



SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ULIBTK'99

Uluslararası Katılımla

12. ULUSAL ISI BİLİMİ ve TEKNIĞI KONGRESİ

28-29 Şubat 2000

BİLDİRİ KİTABI

Cilt 2

12. TURKISH NATIONAL CONFERENCE on THERMAL SCIENCES and TECHNOLOGIES
with International Participation

February 28-29, 2000

CONFERENCE PROCEEDING

VOLUME 2

Editörler

İsmail ÇALLI
Yalçın GÖĞÜŞ
Nedim SÖZBİR

Mesut GÜR
Ö.Ercan ATAER
Mehmet YILMAZ

Sakarya University
Department of Mechanical Engineering
Esentepe Campus
SAKARYA-TURKEY

Sakarya Üniversitesi
Makina Mühendisliği Bölümü
Esentepe Kampüsü
SAKARYA

SAKARYA - ŞUBAT 2000

Development of a Energetic Process Model for the Description of the Melting Behaviour in a Cokeless Natural Gas Fired Cupola Furnace (CLCF) Michael DAVIES, Reinhard SCHOLZ	492
Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Çapraz Akışlı Kompakt Isı Değiştiricilerinde Performans Analizi İbrahim UZUN, Yasin VAROL	499
Üçgen ve Konik Profilli Kanatçıkların Kesiklik Oranına Bağlı Olarak Verim Eğrilerinin Elde Edilmesi ve Karşılaştırılması Adnan TOPUZ, Tahsin ENGİN, Kenan ELİEYİOĞLU	505
Sabit Sıcaklıktaki Eğik Düz Plaka Üzerindeki Doğal Taşınımın Deneysel Olarak İncelenmesi Hakan ÖZCAN, M. Sait SÖYLEMEZ	511
Alternatif Soğutucu Akışkanların Karşılaştırılması Haşmet TÜRKÖĞLU, Ö. Ercan ATAER, Şenol ATAMAN	516
Soğuk Depoculukta Enerji Tasarrufu Sabri SAVAŞ, Bahar BAYBOZ	522
Taze ve Atık Hava Buharlaştırılmalı Isı Geri Kazanımlı İklimlendirme Sistemi Orhan BÜYÜKALACA, M. Akif TOPCUOĞLU, İbrahim TAPAN, Tuncay YILMAZ	528
Döner Rejeneratörlerin Isıl Hidrodinamik Analizi Yasin VAROL, İbrahim UZUN	534
Dönerek Çarpan Jetin Isı Transfer Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi Kadir BİLEN, Kadir BAKIRCI, Tahir YAVUZ	538
İçi Dolu Çubuk Kanatlı Bir Yüzeyde Düz ve Şaşırtmalı Diziliş İçin Isı ve Sürtünme Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi Kadir BİLEN, Uğur AKYOL, Ömer ÇOMAKLI	544
Analysis of High Pressure Jet Pump Hikmet Ş. AYBAR, Nabil BEITHOU	550
Prediction of Reductions in Boiler Energy Losses Through Utilization of Plewa Type Smokestacks Mazhar ÜNSAL	555
Numerical Analysis of the Two-Dimensional Solidification Process within a Square Shaped Domain Bogdan HORBANIUC, Gheorghe DUMITRASCU, Ovidiu Virgil STADOLEANU	560
Design and Operation of a Reactor Heating System for Gas Phase Catalytic Reactions Menderes LEVENT, Donald J. GUNN, Kadir BİLEN	566
Poröz Kaplanmış Yüzeylerin Kritik Isı Akısı Üzerine Etkilerinin Araştırılması Sebiha YILDIZ	572
Isı Aktarım Katsayılarının Kararsız Rejimde İnce Kanatçık Modeliyle Ölçülmesi Murat GÜNGÖR, Firuz BALKAN	578
İçten Kanatlı Dairesel Kesitli Isı Değiştirici Kanallarında Laminer Akışta Giriş Bölgesi Isı Transferi Çözümleri İbrahim UZUN, Yasin VAROL	583
Kalın Cidarlı Borularda Taşınım Sınır Şartı İle Geçici Rejim Birleşik Isı Transferi Şefik BİLİR, Ali ATEŞ	589
Enerji Üretimi ve Güvenliği Açısından UO ₂ ve UF ₄ Yakıtlı Hybrid Blanketlerin Yakıt Zenginleştirme Performansının Analizi Osman İPEK, Uğur ALTINBAĞ	596

ÜÇGEN VE KONİK PROFİLLİ KANATÇIKLARIN KESİKLİK ORANINA BAĞLI OLARAK VERİM EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Adnan TOPUZ
Makina Müh.Böl., Z.K.Ü.,
Zonguldak, Türkiye
Tel: +90-372-2574010
topuz@karaelmas.edu.tr

Tahsin ENGİN
Makina Müh.Böl., Sakarya
Üniv., Sakarya, Türkiye
Tel: +90-264-3460353
engint@esentepe.sau.edu.tr

Kenan ELİEYİOĞLU
Makina Müh.Böl., Z.K.Ü.
Zonguldak, Türkiye
Tel: +90-372-2574010
elieyio@karaelmas.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, ısı geçişi yüzey alanını artırmak üzere kullanılan, geometrik olarak farklı iki kanatçık profili karşılıklı olarak incelenmiştir. Bu, üçgen ve konik profilli kanatçıkların kısaltılması sonrasında verimlerinde nasıl bir değişiklik olduğu incelenmiştir. Kanatçıkadaki ısı geçişi diferansiyel denklemleri Bessel fonksiyonları kullanılarak çözülmüş olup, kesiklik oranlarına bağlı olarak her iki kanatçığın verim eğrileri elde edilmiştir. Daha sonra ekonomik açıdan değerlendirmek üzere aynı hacime sahip iki kanatçık örnek olarak alınmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. (Anahtar kelimeler: Kanatçıklar, üçgen kanatçık, konik kanatçık, kanatçık verimi.)

I. GİRİŞ

Endüstride, yüzeyden ısı enerjisini uzaklaştırmak için değişik yöntemler geliştirilmektedir. Bunlardan birisi de ısı transferi yüzey alanını artırmaktır. Bu yöntemde artırılmış yüzey alanına kanatçık adı verilmektedir. Kanatçıklar ise çok değişik profillere sahip olabilirler. Önemli olan, en yüksek ısı geçişini sağlayacak ve en ekonomik optimum kanatçık profilinin tespit edilmesidir.

Kanatçıklar ve optimum kanatçık profili tespiti üzerine literatürde değişik çalışmalar mevcuttur. Morrison ve Andrew¹ (1992) doğal taşınım ile ısı geçişinde kanat geometrisinin optimizasyonu üzerine çalışma yapmışlardır. Ullmann ve Kalman² (1989) değişik kesit alanına sahip dairesel kanatların optimum boyutları ve verimlerini incelemiştir. Gerencser ve Razani³ (1995) sonlu farklar metodu ile değişik kesit alanına göre optimum kanat sırasının nasıl olacağını araştırmışlardır. Aziz⁴ (1994) dikdörtgen kanatçığı ele alarak, kesit alanının

değiştirilmesiyle optimum tasarımının nasıl olacağı üzerine çalışma yapmıştır. Garimela et al.⁵ (1992), ısı transferinin artırılmasında kanat yüzeyinin etkisinin belirlenmesi üzerine çalışmıştır.

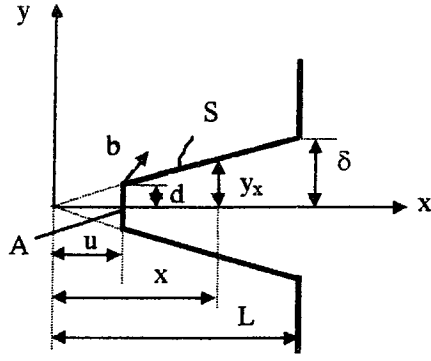
Kanatçıkların uygulama alanları pek çoktur. Uzay araçları, uçaklar, soğutma, ısıtma, iklimlendirme, kimya ve petrokimya endüstrisi, elektronik, endüstri fırınları, plazma tekniği, nükleer enerji, güneş enerjisi ve geleneksel güç teknolojisi bunların sadece bazılarıdır. Bu çalışmada ise, teknolojiye sık kullanılan üçgen ve konik profilli kanatçıklar ele alınacaktır. Bu kanatçıkların ısı geçişi diferansiyel denklemleri Bessel fonksiyonları ile ve kanatçık kesiklik oranları da göz önüne alınarak çözülecektir. Amaç, farklı kesiklik oranlarında bu tip kanatçık profillerinin verimlerinin nasıl değişeceğinin tespit edilmesidir.

II UCU KESİK, ÜÇGEN VE KONİK PROFİLLİ KANATLARIN VERİM EĞRİLERİNİN ELDESİ

Bu bölümde üçgen ve konik profilli kanatçıkların ısı geçişi diferansiyel denklemleri, ısı iletimi genel denkleminin tek boyutlu durumda yazılmasıyla elde edilmiştir. Ayrıca her iki kanatçığın da uçlarının adım adım kesildiği varsayılarak, kesiklik oranında içeren verim ifadeleri elde edilmiştir. Kanatçıkların ısı transferi diferansiyel denklemleri Bessel fonksiyonları kullanılarak çözülmüştür. Diferansiyel denklemlerin çözümünde aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır:

- 1- Isı geçişi tek boyutlu,
- 2- Sürekli rejim,
- 3- Isı iletimi ve ısı geçişim katsayıları sabit,
- 4- Kanatçığın ucundan ısı transferinin olmadığı kabul edilerek, bu kesit alanı yan yüzeylere eklenmiştir.

1. Ucu Kesik, Üçgen Profilli Kanatçık



Şekil 1. Ucu kesik üçgen profilli kanatçık.

Değişken kesit alanlı, tek boyutlu kanatçık için enerji denklemi:

$$\frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{1}{A_x} \frac{dA_x}{dx} \frac{dT}{dx} - \frac{1}{A_x} \frac{h dS}{k dx} (T - T_\infty) = 0 \quad (1)$$

şeklinde yazılır. Ucu kesik, üçgen profilli kanatçığın Denklem (1)'e uyarlanması için gerekli terimler elde edilmelidir. Şekil 1' deki benzerlik kullanılarak;

$$\frac{y_x}{x} = \frac{\delta}{L} \Rightarrow y_x = \frac{\delta}{L} x \quad \text{elde edilir.}$$

Denklem (1)'deki diğer ifadeler ise:

$$A_x = \frac{2b\delta}{L} x ; S = 2b \sqrt{(x-u)^2 + (y_x - y_u)^2}$$

olarak bulunur.

Fakat yapılan kabule göre kanatçığın kesit alanı S yüzey alanına eklenmelidir. (Burada S, kanatçığın alt ve üst yüzey alanlarının toplamını ifade etmektedir.) Buna göre;

$$\xi = \sqrt{1 + \frac{\delta^2}{L^2}} \quad \text{ve} \quad a = \frac{\delta}{L}$$

$$S = 2b(x-u)\xi + 2bax$$

Gerekli türevler alınıp (1) denkleminde yerine yazıldığında:

$$\frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{dT}{dx} - \frac{p^2}{x} (T - T_\infty) = 0 \quad (2)$$

$$\text{Burada: } p^2 = \frac{L h (\xi + a)}{\delta k} \quad \text{alınmıştır.}$$

Denklem (2)'nin çözümünden sıcaklık dağılımı için;

$$T - T_\infty = A I_0(2px^{0.5}) + B K_0(2px^{0.5}) \quad (3)$$

bağıntısı elde edilir. Denklem (3) 'deki integral sabitlerinin belirlenmesinde kullanılacak sınır şartları:

- 1- $x = u \Rightarrow \frac{dT}{dx} = 0$
- 2- $x = L \Rightarrow T = T_b$

Sınır şartları kullanılarak çözüm yapılırsa Denklem (3) şu hale gelecektir:

$$T - T_\infty = \frac{(T_b - T_\infty) (K_0(2px^{0.5}) I_1(2pu^{0.5}) + K_1(2pu^{0.5}) I_0(2px^{0.5}))}{(K_0(2pL^{0.5}) I_1(2pu^{0.5}) + K_1(2pu^{0.5}) I_0(2pL^{0.5}))} \quad (4)$$

Kanatçıktan transfer olan ısı için şu ifade yazılabilir:

$$Q = k A \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=L}$$

Denklem (4)'ün türevi alınıp yerine yazıldığında kanatçığın ısı geçişi ifadesi şöyle olacaktır:

$$Q = \frac{k 2\delta b (T_b - T_\infty) p L^{-0.5} (K_1(2pu^{0.5}) I_1(2pL^{0.5}) - K_1(2pL^{0.5}) I_1(2pu^{0.5}))}{(K_0(2pL^{0.5}) I_1(2pu^{0.5}) - K_1(2pu^{0.5}) I_0(2pL^{0.5}))} \quad (5)$$

Kanatçığın verim ifadesini bulmak üzere,

$$Q = \mu h S (T_b - T_\infty)$$

bağıntısı gereğince işlemler yapılırsa;

$$\frac{u}{L} = c ; A_r = 2pL^{0.5} ; A_r c^{0.5} = 2pu^{0.5}$$

olmak üzere;

$$\mu = \frac{A_T a k (K_1(A_T) I_1(A_T c^{1/2}) - K_1(A_T c^{1/2}) I_1(A_T))}{2 h L ((1-c)\xi + ac) (K_0(A_T) I_1(A_T c^{1/2}) - K_1(A_T c^{1/2}) I_0(A_T))} \quad (6)$$

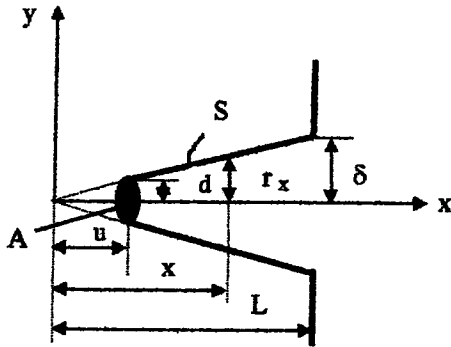
Denklem (6) incelendiğinde: kanat boyutları bilindiği takdirde değişik kesiklik oranlarına (c) göre ucu kesik, üçgen profilli kanatçıkların verim eğrilerinin ($A_T \mu$) çizilebileceği anlaşılmaktadır. Bu eğriler Şekil 2' de sunulmuştur.

Ayrıca şuna dikkat edilmelidir: 4 numaralı kabul gereğince kanadın kesit alanı üst ve alt yüzey alanlarına eklenmiş idi. Aynı zamanda çözümlerin daha gerçekçi olması amacıyla kanatçığın sol ve sağ yan yüzeyleri de dikkate alınarak toplam ısı transferi yüzey alanına (üst ve alt yüzeyler) eklendiğinde, verim ifadesinde herhangi bir değişiklik yapmadan yeni bir kanat genişliği tanımlanmıştır. Denklem (6) incelendiğinde; verim ifadesinin kanat genişliğinden bağımsız olduğu görülmektedir. Böylece; verim değeri Denklem (6)'dan veya Şekil 2'den elde edildikten sonra kanatçığın yeni genişliğinin bulunması gerekmektedir. Yeni kanat genişliğini veren ifade:

$$b_{\text{yeni}} = b_{\text{eski}} + \frac{A_{\text{top}}}{2t}$$

$$A_{\text{top}} = 2\delta L(1-c^2) + 2\delta b c \quad t = \sqrt{(L-u)^2 + (\delta-d)^2}$$

2. Ucu Kesik Konik Profilli Kanatçık



Şekil 3. Ucu kesik konik profilli kanatçık.

1. bölümdeki gibi tek boyutlu ısı transferi genel denklemi herhangi bir profile sahip kanatçık için yazıldığında:

$$\frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{1}{A_x} \frac{dA_x}{dx} \frac{dT}{dx} - \frac{1}{A_x} \frac{h dS}{k dx} (T - T_\infty) = 0 \quad (1)$$

Ucu kesik, konik profilli kanatçığın Denklem (1)'e uyarlanması için gerekli terimler elde edilmelidir. Şekil 3'deki benzerlik yardımıyla:

$$\frac{r_x}{x} = \frac{\delta}{L} \Rightarrow r_x = \frac{\delta}{L} x \quad \text{elde edilir.}$$

Denklem (1)'deki diğer ifadeler ise şöyle elde edilir:

$$A_x = \pi x^2 \frac{\delta^2}{L^2} ; \quad S = \pi \frac{\delta}{L} \xi (x^2 - u^2)$$

Gerekli türevler alınarak Denklem (1)'de yerine yazıldığında ucu kesik, konik profilli kanatçığın ısı transferi denklemi şu hale gelir:

$$\frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{2}{x} \frac{dT}{dx} - \frac{p^2}{x} (T - T_\infty) = 0 \quad (7)$$

$$\text{Burada:} \quad p^2 = \frac{L h \xi^2}{\delta k} \quad \text{alınmıştır.}$$

Yukarıdaki denklem (7) Bessel fonksiyonları ile çözüldüğünde, sıcaklık değişimi ifadesi şöyle olacaktır:

$$T - T_\infty = \frac{1}{\sqrt{x}} (A I_1(2px^{0.5}) - B K_1(2px^{0.5})) \quad (8)$$

A ve B sabitlerini bulmak üzere sınır şartları şöyle tanımlanır:

- 1- $x = u \Rightarrow \frac{dT}{dx} = 0$ (Kabul 4'e bakınız.)
- 2- $x = L \Rightarrow T = T_\infty$

Sınır şartları kullanılarak Denklem (8);

$$T - T_\infty = \frac{1}{\sqrt{x}} \frac{(T_\infty - T_u) \sqrt{L} [2I_1(G) - I_1(G)G] (K_1(G)G I_1(2px^{0.5}) - 2K_1(2px^{0.5}) I_1(G) + K_1(2px^{0.5}) I_1(G))}{(K_1(2pL^{0.5}) G_0(G) - 2I_1(G) K_1(2pL^{0.5}) + K_1(G) G I_1(2pL^{0.5})) (2I_1(G) - I_1(G)G)} \quad (8)$$

şeklinde yazılabilir. Burada $G = 2 p u^{0.5}$ alınmıştır.

Bu sıcaklık dağılımı kullanılarak kanatçık için ısı geçişi ve verim denklemleri elde edilebilir. Ucu kesik, konik profilli kanatçık için verim ifadesi şu şekilde elde edilmiştir:

$$\mu = \frac{A_d^2 (1 - c^2) (K_1(A_d)G I_0(G) - 2I_1(G)K_1(A_d) + K_0(G)G I_1(A_d))}{K_1(G)G I_1(A_d) - 2K_1(A_d)I_1(G) + K_1(A_d)I_0(G)G - K_0(G)G I_0(A_d)A_d + K_0(G)G (A_d) - 2I_1(G)K_0(A_d)A_d - 2I_1(G)K_1(A_d) + I_0(G)G K_0(A_d)A_d + I_0(G)G K_1(A_d)}$$

$$(9)$$

Burada: $A_d = 2pL^{0.5}$ $G = A_d c^{1/2} = 2pu^{0.5}$ olarak alınmıştır.

Denklem (9) incelendiğinde: ucu kesik, konik kanadın fiziksel özellikleri bilindiği takdirde, istenen kesiklik oranında (c) bu kanadın verim eğrilerini ($A_d - \mu$) elde etmek mümkündür. Bu eğriler Şekil 4' de sunulmuştur.

Ayrıca 4 numaralı kabulde konik kanadın ucundan ısı transferi olmadığı ve bu transferin yan yüzeylerden yapıldığı kabul edilmişti. Bu nedenle çözümün gerçeğe yakın olması için kanadın kesit alanının yan yüzeylere eklenmesi gerekmektedir. Bu işlem yapıldığında konik kanat için yeni bir kesiklik oranı tanımlanabilir. Bu yeni kesiklik oranı aşağıdaki (10) denklemde gösterilmiştir. Herhangi bir ucu kesik, konik kanadın verim değerini bulmak için; önce bu kanadın Şekil 4' de veya (9) no'lu verim denklemde kullanılmak üzere yeni kesiklik oranı denklem (10)' a göre tespit edilmeli ve daha sonra bu yeni kesiklik oranına göre verim değeri elde edilmelidir.

$$c_{yeni}^2 = c^2 \frac{\sqrt{L^2 + \delta^2} - \delta}{\sqrt{L^2 + \delta^2}} \quad (10)$$

III. DURUM ÇALIŞMASI

Ekonomik açıdan değerlendirmek üzere, aynı hacime sahip ve çelik malzemeden imal edilmiş olan üçgen ve konik kanatçıklar ele alınarak hesaplama yapıldığında Tablo 1' deki sonuçlar elde edilmiştir:

Tablo 1. Üçgen ve konik profilli kanatların karşılaştırılması.

Boyutlar ve Sonuçlar	Üçgen Kanatçık	Konik Kanatçık
L [m]	2×10^{-2}	2×10^{-2}
U [m]	0.5×10^{-2}	0.5×10^{-2}
δ [m]	0.75×10^{-2}	0.75×10^{-2}
d [m]	0.1875×10^{-2}	0.1875×10^{-2}
b [m]	$b_{eaki} = 0.825 \times 10^{-2}$ $b_{yeni} = 1.8 \times 10^{-2}$	-

Tablo 1. (devam ediyor.)

V (Hacim) [m ³]	1.16×10^{-6}	1.16×10^{-6}
A_T, A_d	$A_T = 0.64$	$A_d = 0.90$
c [m]	0.25	$c_{eaki} = 0.25$ $c_{yeni} = 0.20$
μ (Verim) [%]	96	63
S (Yü.Al.) [m ²]	5.77×10^{-4}	4.83×10^{-4}
Q [W]	4.43	2.43
h [W/m ² K]	80	80
k [W/mK]	45	45
T_b [°C]	120	120
T_∞ [°C]	20	20

IV. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Şekil 2 ve Şekil 4' deki grafikler incelendiğinde, üçgen profilli kanatçığın kesiklik oranı arttıkça verimin düştüğü, fakat konik profilli kanatçığın kesiklik oranı arttıkça verimde farklı değişimler ortaya çıktığı görülmektedir.

Ayrıca örnek değerler incelendiğinde: Ekonomik açıdan değerlendirme yapılırsa, aynı hacme sahip, aynı malzemeden imal edilmiş üçgen ve konik profilli kanatçıkların farklı performans gösterdiği görülmektedir. Örnekteki üçgen kanatçık 4,43 W'lık ısı enerjisi transfer ederken, konik profilli kanatçık 2,43 W'lık ısı enerjisi aktarmaktadır. Bu da ekonomik açıdan üçgen kanatçığın daha uygun olduğunu gösterir.

Aynı kesiklik oranına sahip üçgen ve konik profilli kanatçıklar ele alındığında, üçgen profilli kanatçığın veriminin daha yüksek olduğu Şekil 2 ve Şekil 4'den görülmektedir.

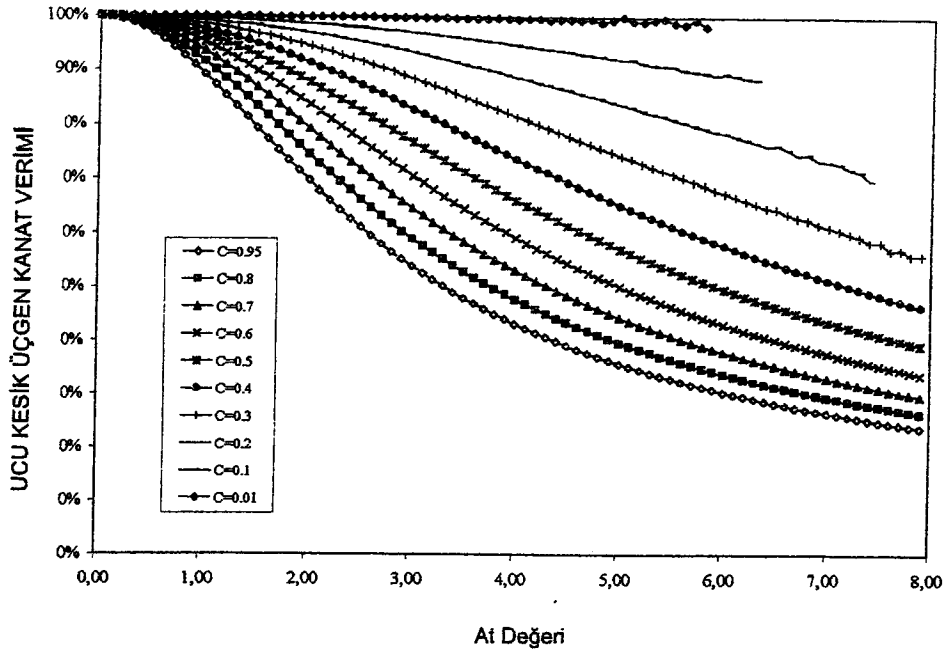
SEMBOLLER

- A_d Konik kanatçık için verim parametresi
- A_T Üçgen kanatçık için verim parametresi
- A_x x yönünde kesit alanı [m²]
- b Üçgen kanadın genişliği [m]
- c Kanatçık kesiklik oranı
- d Kanat ucu yüksekliğinin yarısı [m]
- h Isı taşınım katsayısı [W/m² K]
- I_0 1. tip modifiye Bessel fonksiyonu
- I_1 1. tip modifiye Bessel fonksiyonu
- k Isı iletim katsayısı [W/m K]
- K_0 2. tip modifiye Bessel fonksiyonu
- K_1 2. tip modifiye Bessel fonksiyonu
- L Kanat uzunluğu [m]
- Q Kanatçıktan transfer olan ısı [W]
- r_x x mesafesinde konik kanatçık yarıçapı [m]

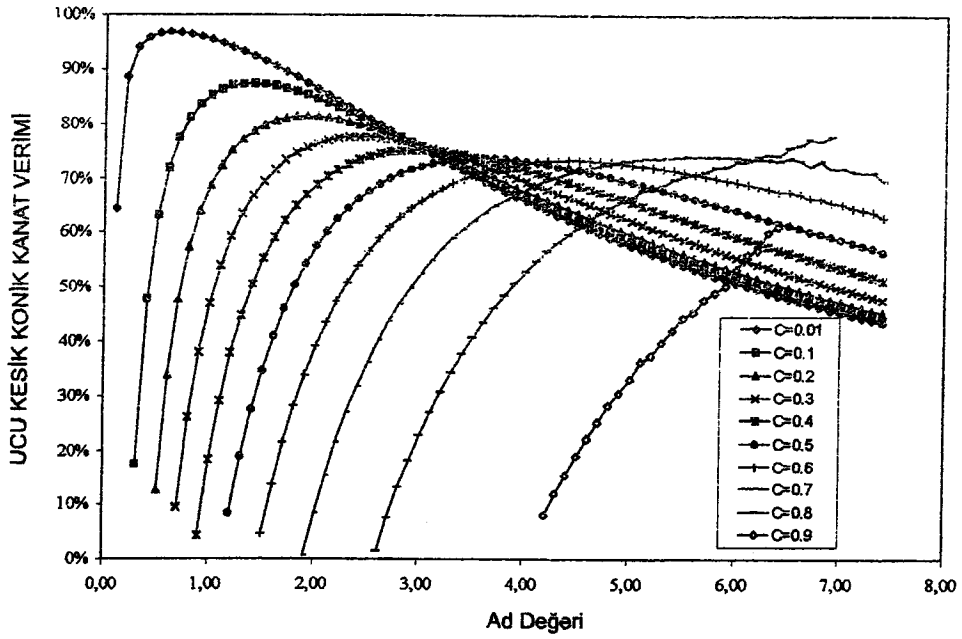
S	Isı transfer yüzey alanı	[m ²]
T	Herhangi bir yerdeki sıcaklık	[°C]
T _∞	Dış ortam sıcaklığı	[°C]
T _b	Kanat dibi sıcaklığı	[°C]
U	Kanat kesiklik uzunluğu	[m]
y _x	x mesafesinde üçgen kanatçık yüksekliğinin yarısı	[m]
δ	Kanat dibi yüksekliğinin yarısı	[m]
μ	Kanatçık verimi	[%]

KAYNAKLAR

1. Morrison Andrew, T., "Optimization of Heat sink fin geometries for heat sinks in natural convection", *Intersoc Conf. Therm. Phenom. Electr. Syst. I. Therm 92.*, Publ by IEEE, s. 145-148., Piscataway, NJ, USA, 1992.
2. Ullmann, A., Kalman, H., "Efficiency and optimized dimensions of annular fins of different cross-section shapes", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, v32, n6, s. 1105-1110, Haz 1989.
3. Gerencser, D.S., Razani, A., "Optimization of radiative-convective arrays of pin fins including mutual irradiation between fins", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, v38, n5, s. 899-907, Mart 1995.
4. Aziz, A., "Optimum design of rectangular fin with a step change in cross-sectional area", *International Communications in Heat and Mass Transfer*, v21, n3, s. 389-401, Mayıs-Haz. 1994.
5. Garimella Suresh, V., Schlitz, Daniel, J., "Influence of fin aspect ratio on heat transfer enhancement", *International Congress and Exposition, SAE Technical Paper Series*, s. 1-6, Publ. By SAE, Warrendale, PA, USA, 1992.



Şekil 2. Ucu kesik üçgen kanadın değişik kesiklik oranlarında verim eğrileri.



Şekil 4. Ucu kesik konik kanadın değişik kesiklik oranlarındaki verim eğrileri.