



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ενότητα 4: Πτερύγια

Χατζηαθανασίου Βασίλειος

Καδή Στυλιανή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



Πτερύγια



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Μορφές πτερυγίων
2. Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο
3. Αποτελεσματικότητα
4. Απόδοση πτερυγίου
5. Αριστοποιημένα πτερύγια
6. Απόδοση συνολικής επιφάνειας



Πτερύγια (1/3)

- Αύξηση θερμορροής: $\dot{Q} = hA(T_s - T_\infty)$
 - αύξηση h
 - μείωση T_∞ (μη πρακτική λύση)
- Αύξηση A : με τοποθέτηση πτερυγίων
- Επίδραση λ πτερυγίου στη θερμοροή: \dot{Q}
μεγάλος συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ
συνεπάγεται μικρές θερμοκρασιακές κλίσεις στο πτερύγιο.



Πτερύγια (2/3)

$$\dot{Q} = kA(T_s - T_\infty) = hA(T_s - T_\infty)$$

$$k(=h) = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\ell}{\lambda} + \frac{1}{h_2}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \ell / \lambda : \text{αμελητέο} \\ h_2 > h_1 \end{array} \right\} k(=h) = \frac{h_1}{1 + \frac{h_1}{h_2}} < h_1$$

Άρα αύξηση k συνεπάγεται αύξηση h_1



Πτερύγια (3/3)

$$\dot{Q} = \frac{T_s - T_\infty}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{1}{h_2 A}}$$

- Αύξηση της θερμοροής \dot{Q} : όταν αυξηθεί η επιφάνεια A στην πλευρά του h_1 . Αυτό γίνεται με τοποθέτηση πτερυγίων.
- Πτερύγια: στα αέρια φυσικής κυκλοφορίας.

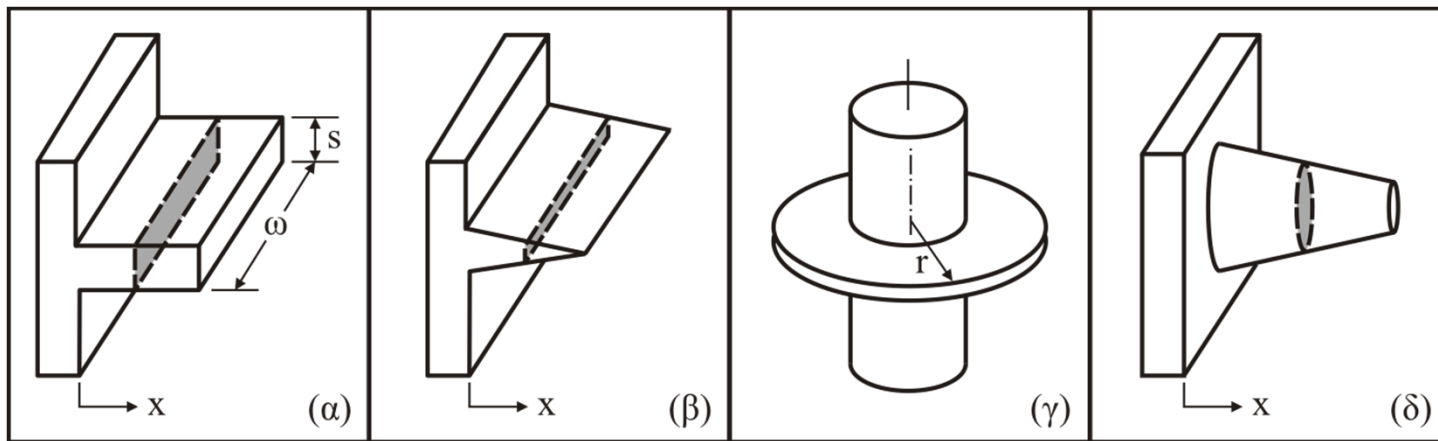


Χρήση πτερυγίων

- ηλεκτρικές μηχανές.
- ψυγεία αυτοκινήτων.
- κινητήρες μοτοσυκλετών.
- θερμαντικά σώματα.
- προθερμαντές νερού.



Μορφές πτερυγίων

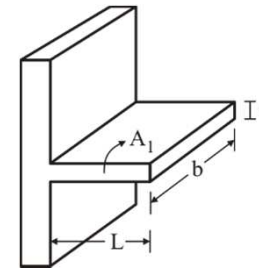


Εικόνα 1: Τύποι πτερυγίων (α) πτερύγιο – πρόβολος σταθερής διατομής (β) πτερύγιο – πρόβολος μεταβλητής διατομής (γ) περιφερειακό πτερύγιο (δ) βελονοειδές πτερύγιο

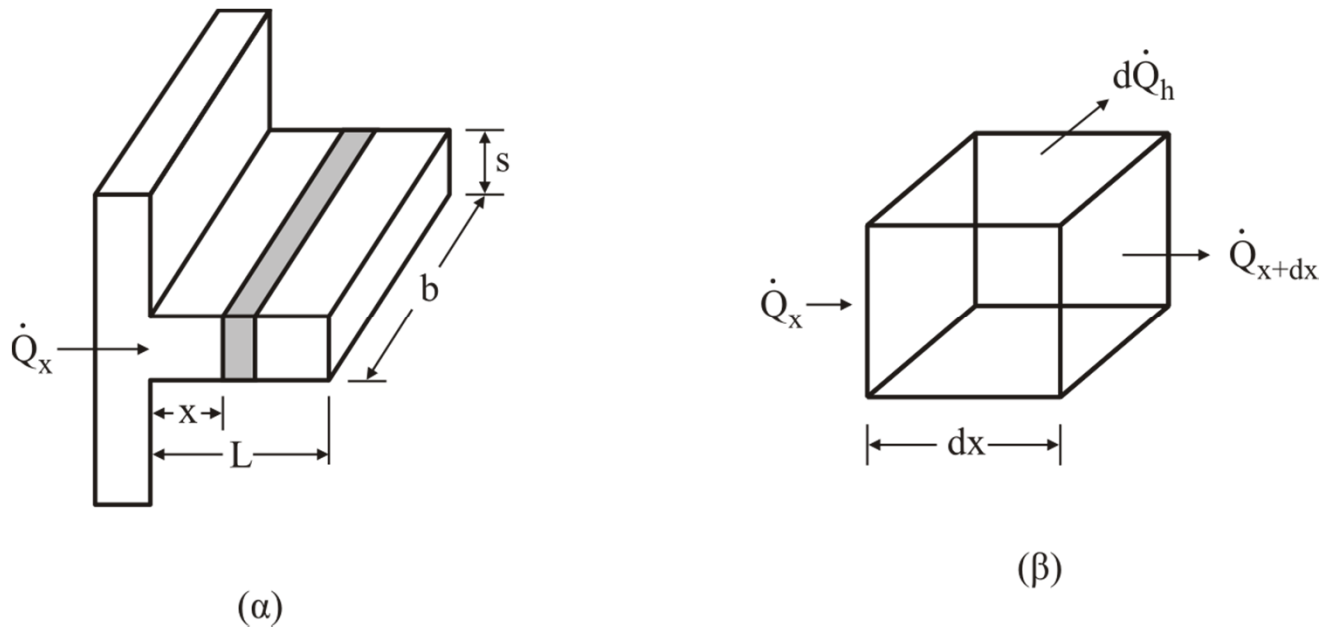


Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (1/13)

- Η μεθοδολογία γενική
- Παραδοχές:
 - σταθερή κατάσταση.
 - λ : ct.
 - αμελητέα ακτινοβολία.
 - παραγωγή μηδέν.
 - ομοιόμορφο h σ' όλο το πτερύγιο.



Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (2/13)



Εικόνα 2: Ορθογώνιο πτερύγιο σταθερής διατομής



Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (3/13)

- Αν $t \ll b$ τότε η θερμοκρασία συνάρτηση μόνο του x : $T = T(x)$.

$$\begin{aligned}\dot{Q}_x &= \dot{Q}_{x+dx} + d\dot{Q}_h \\ &= \dot{Q}_x + \frac{d\dot{Q}_x}{dx} dx + dQ_h \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{d\dot{Q}_x}{dx} dx + dQ_h = 0\end{aligned}$$



Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (4/13)

$$\left. \begin{aligned} \dot{Q}_x &= -\lambda A_c \frac{dT}{dx} \\ \frac{d\dot{Q}_x}{dx} dx &= -\lambda A_c \frac{d^2T}{dx^2} dx \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$dQ_h = h(T(x) - T_\infty) p dx, \quad p = 2b + 2t$$



Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (5/13)

$$\Rightarrow -\lambda A_c \frac{d^2 T}{dx^2} dx + h(T(x) - T_\infty) p dx = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{d^2 T}{dx^2} - m^2 (T(x) - T_\infty) = 0, \quad m^2 \equiv \frac{ph}{\lambda A_c}$$

• Αν:

$$\theta(x) \equiv T(x) - T_\infty \rightarrow \frac{d\theta(x)}{dx} = \frac{dT(x)}{dx}$$



Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (6/13)

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} - m^2\theta = 0 \quad \theta(x) = C_1 e^{mx} + C_2 e^{-mx}$$

Οριακές συνθήκες

a. $x = 0$

$$\theta(0) = T_b - T_\infty \equiv \theta_b, \quad \theta_b = C_1 + C_2$$

b. $x = L : 4$ Διαφορετικές φυσικές συνθήκες



Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (7/13)

- 1. Συναγωγή από το άκρο του πτερυγίου

$$h A_c (T(L) - T_o) = -\lambda A_c \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=L} \quad \text{ή}$$

$$h \theta(L) = -\lambda \left. \frac{d\theta}{dx} \right|_{x=L}$$



Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (8/13)

- 2. Αμελητέα απώλεια λόγω συναγωγής από το άκρο (αδιαβατικές συνθήκες).

$$\left. \frac{d\theta}{dx} \right|_{x=L} = 0$$



Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (9/13)

- 3. Δεδομένη θερμοκρασία στο άκρο

$$\theta(L) = \theta_L$$

- 4. Πολύ μεγάλο πτερύγιο

$$L \rightarrow \infty, \quad \theta_L \rightarrow 0$$



Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (10/13)

- Για αδιαβατικές συνθήκες

$$C_1 e^{mL} - C_2 e^{-mL} = 0$$

- Προκύπτει:

$$\frac{\theta(x)}{\theta_b} = \frac{\cosh m(L-x)}{\cosh mL}$$

$$\frac{\theta(L)}{\theta_b} = \frac{1}{\cosh mL}$$



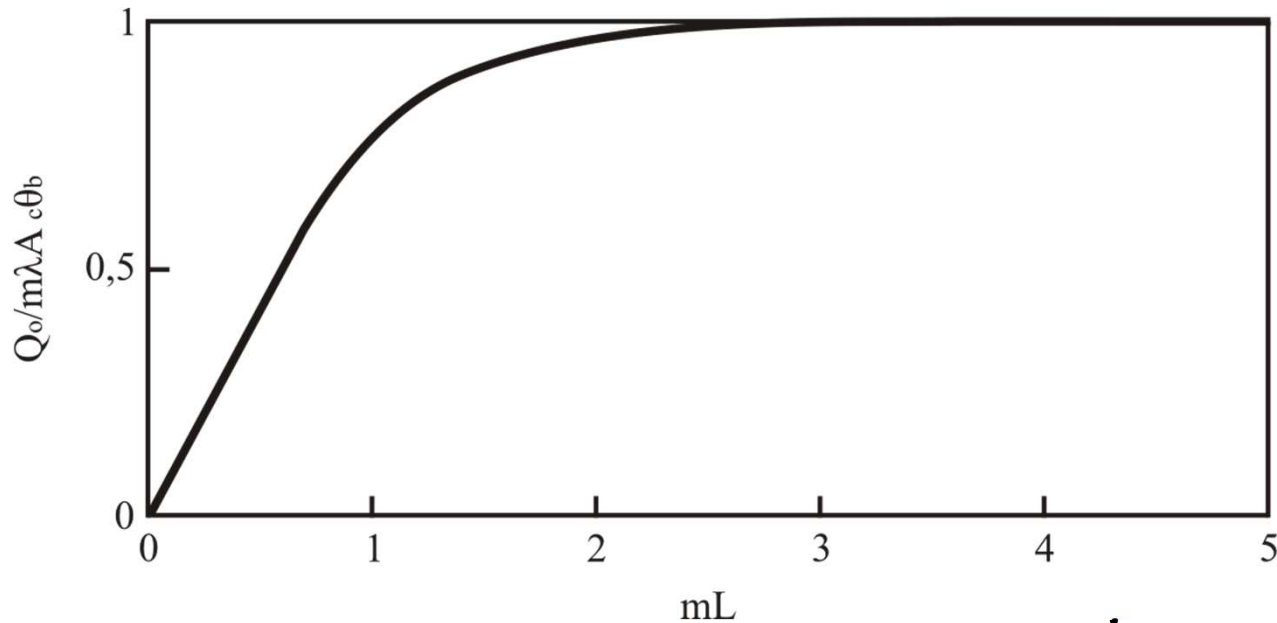
Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (11/13)

- Ροή θερμότητας από τον κορμό στο πτερύγιο:

$$\begin{aligned}\dot{Q}_o &= -\lambda A_C \left. \frac{d\theta}{dx} \right|_{x=0} = \\ & m \lambda A_C \theta_b \left. \frac{\sinh m(L-x)}{\cosh(mL)} \right|_{x=0} = \\ & m \lambda A_C \theta_b \tanh(mL) = \\ & \sqrt{h \cdot p \cdot A_C \cdot \lambda} \cdot \theta_b \tanh(mL)\end{aligned}$$



Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (12/13)



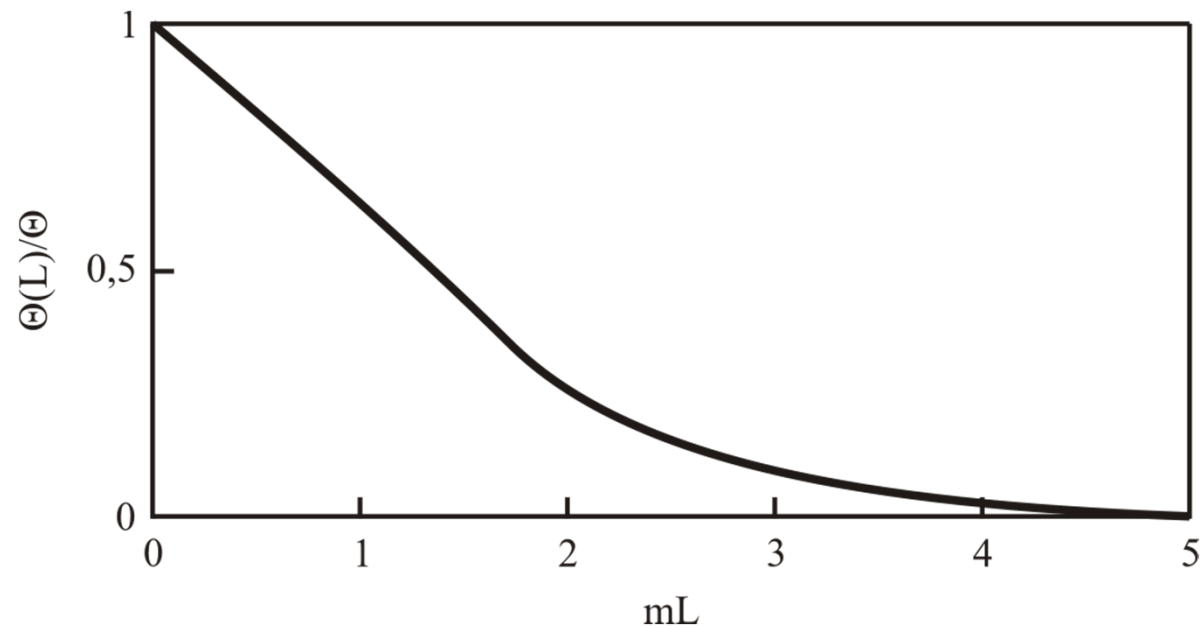
$$\dot{Q}_{o\max} = m \lambda A \theta_b$$

$$m L = 2.3 \rightarrow 98\% \dot{Q}_{o\max}$$

Εικόνα 3: Θερμότητα (ανηγμένη) που μεταφέρεται προς το περιβάλλον από ορθογωνικό πτερύγιο σταθερής διατομής (με μονωμένο άκρο)



Ορθογώνιο πρισματικό πτερύγιο (13/13)



Εικόνα 4: Ανηγγμένη θερμοκρασία στο άκρο ορθογωνικού πτερυγίου σταθερής διατομής με μονωμένο άκρο



Αποτελεσματικότητα (1/3)

- Θερμότητα που μεταφέρεται από το πτερύγιο προς αυτή που θα μεταφερόταν αν έλειπε το πτερύγιο.



Αποτελεσματικότητα (2/2)

- Για ορθογώνιο, με αδιαβατικό άκρο:

$$\varepsilon \equiv \frac{\dot{Q}_o}{\dot{Q}_A} = \frac{m\lambda A_c \theta_b \tanh h(mL)}{h \cdot A_c \theta_b} = \frac{m\lambda}{h} \tanh h(mL)$$

<
Γενική σχέση

- Καμπύλη: ίδια με Q_o (Το 98% της μέγιστης πιθανής θερμοροής για $mL=2.3$).



Αποτελεσματικότητα (3/3)

- Μεγάλο ε :
 - καλή αγωγιμότητα υλικού (χαλκός, κράματα αλουμινίου)
 - λεπτά πτερύγια, τοποθετημένα κοντά (αύξηση λόγου P/A)
 - μικρός h (αέρια)

 - $\varepsilon: > 2$



Απόδοση πτερυγίου (1/3)

- Λόγος θερμότητας που μεταφέρεται προς τη μέγιστη που θα μπορούσε να μεταφερθεί.



Απόδοση πτερυγίου (2/3)

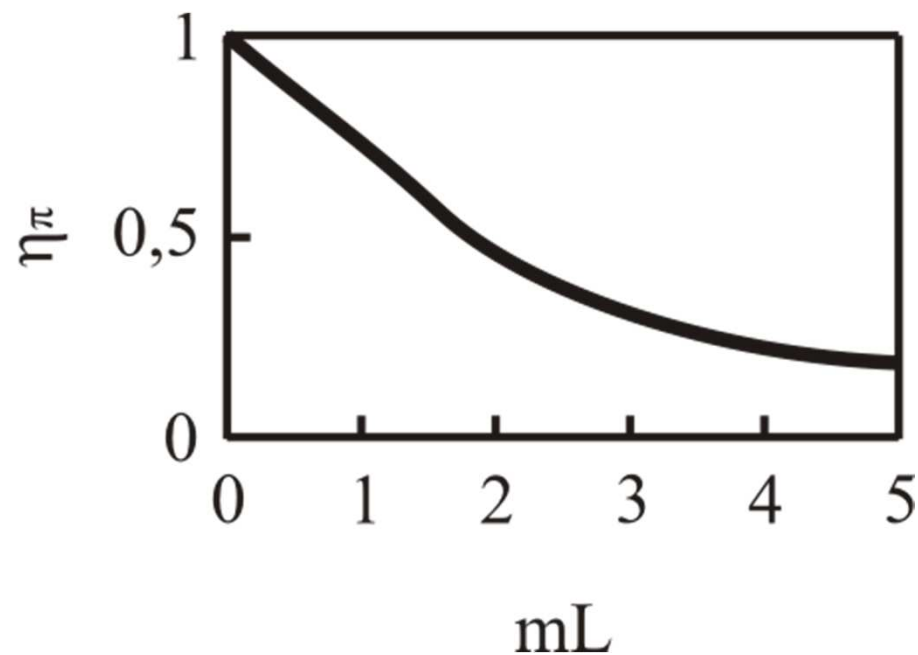
- Αν $T(x) = T_b$ ($\theta(x) = \theta_b$) τότε

$$\dot{Q}_{\max} = h \theta_b p L$$

$$\eta \equiv \frac{\dot{Q}_o}{Q_{\max}} = \frac{m \lambda A_c \theta_b \tanh(m L)}{h \theta_b P L} = \frac{1}{m L} \tanh(m L)$$



Απόδοση πτερυγίου (3/3)



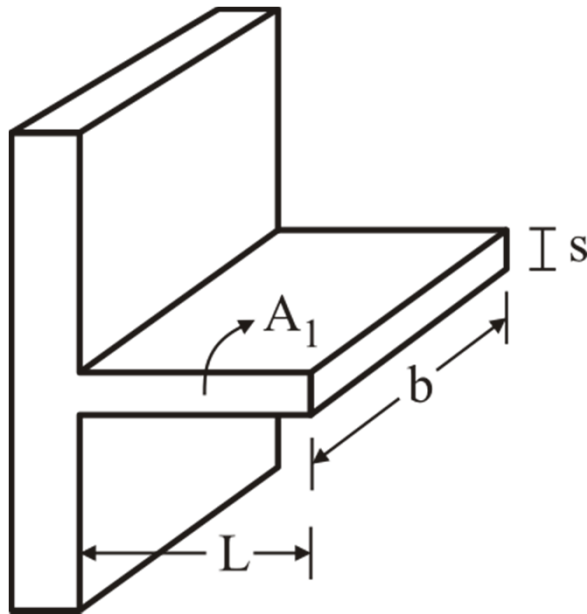
Συνήθως $\eta > 0.35$
(mL < 3)

Εικόνα 5: Καμπύλη απόδοσης πτερυγίου



Αριστοποιημένα πτερύγια (1/3)

- Στόχος η ελαχιστοποίηση της μάζας



$$A_1 = L \cdot t$$

$$M = \rho V = \rho A_1 b$$

A_1 : δεδομένο

Σχέση L, t

για μεγιστοποίηση

\dot{Q}_o



Αριστοποιημένα πτερύγια (2/3)

$$t \ll b: P = 2(t + b) \cong 2b$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{p}{A_c} &\cong \frac{2b}{b \cdot t} = \frac{2}{t} \\ m^2 &= \frac{hp}{\lambda A_c} = \frac{h2b}{\lambda bt} = \frac{2h}{\lambda t} \end{aligned} \right\}$$

$$\dot{Q}_o = m \lambda A_c \theta_b \tan h(m L) = b \theta_b \sqrt{2h\lambda t} \cdot \tan h(h)$$

$$u \cong \frac{A_1}{t} \sqrt{\frac{2h}{\lambda t}}$$



Αριστοποιημένα πτερύγια (3/3)

$$\dot{Q}_{o\max} : \frac{d\dot{Q}_o}{dt} = 0 \rightarrow u = 1,419$$

$$\acute{\eta} \quad \frac{L}{t/2} = 1,419 \sqrt{\frac{\lambda}{ht/2}}$$

$$\frac{h(t)^2}{\lambda} :$$

Biot modulus

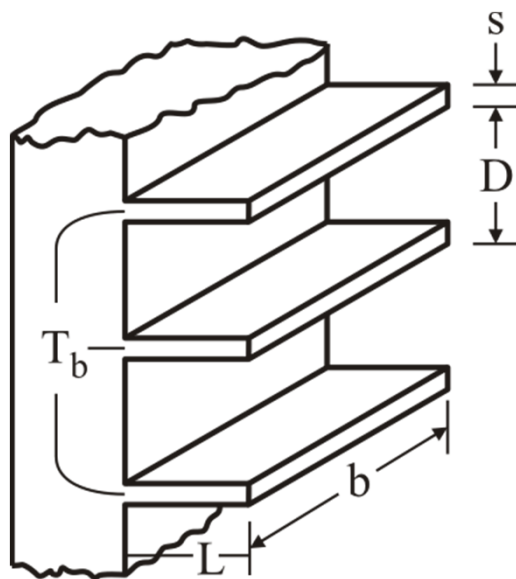


Απόδοση συνολικής επιφάνειας (1/3)

- Απόδοση της συνολικής επιφάνειας η_o , είναι ο λόγος της πραγματικής συνολικής θερμότητας που μεταφέρεται από μια διάταξη πτερυγίων και την επιφάνεια στην οποία είναι τοποθετημένα τα πτερύγια προς την μέγιστη θερμότητα που θα μπορούσε να μεταφερθεί.



Απόδοση συνολικής επιφάνειας (2/3)



$$n_o = \frac{\dot{Q}_{o\lambda}}{\dot{Q}_{\max}} = \frac{Q_{o\lambda}}{h A_{o\lambda} \theta_b} \quad (1)$$

Εικόνα 6: Διάταξη με ορθογώνια πτερύγια

$$\dot{Q}_{o\lambda} = h A_k \theta_b + n_\pi h A_\pi \theta_b \quad (2)$$



Απόδοση συνολικής επιφάνειας (3/3)

- ή

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{ολ} &= h[(A_{ολ} - A_{\pi}) + A_{\pi} \cdot n_{\pi}] \theta_b = \\ h A_{ολ} &\left[1 - \frac{A_{\pi}}{A_{ολ}} (1 - n_{\pi}) \right] \theta_b \quad (3)\end{aligned}$$

$$(1,3) \rightarrow n_o = 1 - \frac{A_{\pi}}{A_{ολ}} (1 - n_{\pi})$$



Παράδειγμα

Ράβδος αλουμινίου ($\lambda_1=220 \text{ W/mK}$) κυκλικής διατομής διαμέτρου $D=0,02 \text{ m}$ και μήκους $L_1=0,5 \text{ cm}$ είναι πακτωμένη σε θερμοδοχείο σταθερής θερμοκρασίας $\theta_0=200^\circ\text{C}$.

Στο ελεύθερο άκρο της είναι κολλημένη χαλύβδινη ράβδος ($\lambda_2=50\text{W/mK}$) της ίδιας διατομής και μήκους $L_2=0,3 \text{ cm}$. Το ελεύθερο άκρο της ράβδου αυτής είναι πλήρως μονωμένο.

Το σύστημα είναι εκτεθειμένο σε ρεύμα αέρος θερμοκρασίας $\theta_\pi=20^\circ\text{C}$ ($h=15 \text{ W/m}^2\text{K}$ - σταθερό σε όλο το μήκος των δύο ράβδων).

Να προσδιορισθεί η θερμοκρασία θ_e του μονωμένου άκρου της ράβδου 2, η θερμοκρασία και η θερμορροή στην διαχωριστική επιφάνεια και η συνολική θερμορροή από το δοχείο.

Να προσδιορισθούν τα ίδια μεγέθη αντιστρέφοντας τα υλικά των ράβδων και να συγκριθούν με τα πρώτα.



Λύση (1/14)

Το θερμοκρασιακό πεδίο, για την περίπτωση μονοδιάστατου προβλήματος, δίνεται από την εξίσωση:

$$\theta(x) = C_1 e^{mx} + C_2 e^{-mx}$$

όπου

$$m^2 = \frac{hP}{\lambda A_c}$$

και

$$\theta(x) = T(x) - T_\infty$$



Λύση (2/14)

- Αν οι θέσεις στις δύο ράβδους προσδιορίζονται από τις μεταβλητές x και y όπου:

$$0 \leq x \leq L_1$$

$$0 \leq y \leq L_2$$

- τότε οι δύο μεταβλητές $\theta_1(x)$ και $\theta_2(y)$ του θερμοκρασιακού πεδίου θα ορίζονται από τις σχέσεις (εξ. 4.8).

$$\theta_1(x) = T_1(x) - T_\infty$$

$$\theta_2(y) = T_2(y) - T_\infty$$



Λύση (3/14)

$$\theta_1 = C_{11} e^{m_1 x} + C_{12} e^{-m_1 x} \quad 0 \leq x \leq L_1$$

$$\theta_2 = C_{21} e^{m_2 y} + C_{22} e^{-m_2 y} \quad 0 \leq y \leq L_2$$



Λύση (4/14)

- Οριακές συνθήκες:
 - 1. Η θερμοκρασία στο πακτωμένο άκρο της ράβδου είναι ίση με τη θερμοκρασία του θερμοδοχείου:

$$\theta_1(x=0) = \theta_b \Rightarrow T_b - T_\infty = C_{11} + C_{12}$$

- 2. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια επαφής των δύο ράβδων είναι κοινή:

$$\theta_1(x=L_1) = \theta_2(y=0) \Rightarrow C_{11}e^{m_1L_1} + C_{12}e^{-m_1L_1} = C_{21} + C_{22}$$



Λύση (5/14)

- Οριακές συνθήκες (συν.):
 - 3. Η θερμορροή στην επιφάνεια επαφής είναι ίδια

$$\dot{Q}_1(x = L_1) = \dot{Q}_2(y = 0) \Rightarrow -\lambda_1 A_c \left. \frac{d\theta_1}{dx} \right|_{x=L_1} = -\lambda_2 A_c \left. \frac{d\theta_2}{dy} \right|_{y=0}$$

$$- \text{ή} \quad \lambda_1 m_1 [C_{11} e^{m_1 L_1} - C_{12} e^{-m_1 L_1}] = \lambda_2 m_2 (C_{21} - C_{22})$$



Λύση (6/14)

- Οριακές συνθήκες (συν.):
 - 4. Στο μονωμένο άκρο της δεύτερης ράβδου, η θερμοροή είναι μηδέν:

$$\dot{Q}_2(y = L_2) = 0 \Rightarrow -\lambda_2 A_c \left. \frac{d\theta}{dy} \right|_{y=L_2} = 0$$

$$\Rightarrow C_{21} e^{m_2 L_2} - C_{22} e^{-m_2 L_2} = 0$$



Λύση (7/14)

- Οι σταθερές m_1 και m_2 είναι:

$$m_2 = \sqrt{\frac{hP}{\lambda_2 A_c}} = \sqrt{\frac{4h}{\lambda_2 D}} = \sqrt{\frac{4 \times 15}{50 \times 0,02}} = 7,74 \text{m}^{-1}$$

$$m_1 = \sqrt{\frac{hP}{\lambda_1 A_c}} = \sqrt{\frac{h\pi D}{\lambda_1 \frac{\pi D^2}{4}}} = \sqrt{\frac{4h}{\lambda_1 D}} =$$

$$\sqrt{\frac{4 \times 15 \text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}}{(220 \text{W} / \text{m} \cdot \text{K}) \times 0,02 \text{m}}} = 3,69 \text{m}^{-1}$$



Λύση (8/14)

- Λύνοντας το σύστημα υπολογίζουμε τις σταθερές:

$$C_{11} = 1,65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_{12} = 178,35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_{21} = 0,37 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_{22} = 38,21 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Λύση (9/14)

- Αποτελέσματα:
 - 1. Θερμοκρασία στο άκρο της ράβδου:

$$\theta_{2,L} = T_{2,L} - T_{\infty} \Rightarrow T_{2,L} = \theta_{2,L} + T_{\infty}$$

$$\begin{aligned} T_{2,L} &= C_{21} e^{m_2 L_2} + C_{22} e^{-m_2 L_2} + T_{\infty} \\ &= 0,37^{\circ} \text{C} \times e^{7,74 \times 0,3} + 38,21^{\circ} \text{C} \times e^{-7,74 \times 0,3} + 20^{\circ} \text{C} = 27,5^{\circ} \text{C} \end{aligned}$$



Λύση (10/14)

- Αποτελέσματα (συν.):
 - 2. Θερμοκρασία στην επιφάνεια επαφής των δύο ράβδων:

$$T_{2,0} = C_{21} + C_{22} + T_{\infty} = 0,37^{\circ}\text{C} + 38,21^{\circ}\text{C} + 28^{\circ}\text{C} = 58,58^{\circ}\text{C}$$



Λύση (11/14)

- Αποτελέσματα (συν.):
 - 3. Θερμορροή στην επιφάνεια επαφής:

$$\dot{Q}_2(y=0) = -\lambda_2 A_c \left. \frac{d\theta_2}{dy} \right|_{y=0}$$

$$\dot{Q}_2 = \lambda_2 A_c m_2 (C_{22} - C_{21}) =$$

$$50 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \times \frac{\pi \times 0,02^2 \text{ m}^2}{4} \times 7,74 \text{ m}^{-1} \times (38,21 - 0,37)^\circ \text{C} = 4,6 \text{ W}$$



Λύση (12/14)

- Αποτελέσματα (συν.):
 - 4. Συνολική θερμορροή

$$\dot{Q}_{ολ} = \dot{Q}_1(x=0) = -\lambda_1 A_c \left. \frac{d\theta_1}{dy} \right|_{x=0}$$

$$\dot{Q}_{ολ} = \lambda_1 A_c m_1 (C_{12} - C_{11}) =$$

$$220 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \times \frac{\pi \times 0,02^2 \text{ m}^2}{4} \times 3,69 \text{ m}^{-1} \times (178,35 - 1,65)^\circ \text{C} =$$

$$44,8 \text{ W}$$



Λύση (13/14)

- Αν αντιστρέψουμε το υλικό των ράβδων τότε:

$$m_1 = 7,74 \text{ m}^{-1} \quad \text{και}$$

$$m_2 = 3,69 \text{ m}^{-1}$$



Λύση (14/14)

- Τα αποτελέσματα τώρα είναι:

$$T'_{2,L} = 24,1^{\circ}\text{C}$$

$$T'_{2,0} = 29,6^{\circ}\text{C}$$

$$\dot{Q}'_2 = 1,4\text{W}$$

$$\dot{Q}'_{\text{ολ}} = 21,5\text{W}$$



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Εικόνα 1:

Τύποι πτερυγίων (α) πτερύγιο – πρόβολος σταθερής διατομής (β) πτερύγιο – πρόβολος μεταβλητής διατομής (γ) περιφερειακό πτερύγιο (δ) βελονοειδές πτερύγιο: Σελίδα 54, Εισαγωγή στη Μετάδοση θερμότητας, Βασίλης Χατζηαθανασίου, εκδόσεις Σοφία

- Εικόνα 2:

Ορθογώνιο πτερύγιο σταθερής διατομής: Σελίδα 55, Εισαγωγή στη Μετάδοση θερμότητας, Βασίλης Χατζηαθανασίου, εκδόσεις Σοφία

- Εικόνα 3:

Θερμότητα (ανηγμένη) που μεταφέρεται προς το περιβάλλον από ορθογωνικό πτερύγιο σταθερής διατομής (με μονωμένο άκρο): Σελίδα 59, Εισαγωγή στη Μετάδοση θερμότητας, Βασίλης Χατζηαθανασίου, εκδόσεις Σοφία



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

- Εικόνα 4:

Ανηγμένη θερμοκρασία στο άκρο ορθογωνικού πτερυγίου σταθερής διατομής με μονωμένο άκρο: Σελίδα 60, Εισαγωγή στη Μετάδοση Θερμότητας, Βασίλης Χατζηαθανασίου, εκδόσεις Σοφία

- Εικόνα 5:

Καμπύλη απόδοσης πτερυγίου: Σελίδα 62, Εισαγωγή στη Μετάδοση Θερμότητας, Βασίλης Χατζηαθανασίου, εκδόσεις Σοφία

- Εικόνα 6:

Διάταξη με ορθογώνια πτερύγια: Σελίδα 65, Εισαγωγή στη Μετάδοση Θερμότητας, Βασίλης Χατζηαθανασίου, εκδόσεις Σοφία



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Χατζηαθανασίου Βασίλειος, Καδή Στυλιανή. «ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ. Πτερύγια». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS421/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>





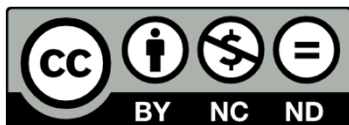
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Σβάρνα Κωνσταντίνα
Θεσσαλονίκη, Εαρινό εξάμηνο 2014-2015





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

