سبق أن عرفنا أن إنتقال الحرارة بالتوصيل لأى مادة يتوقف على قيمة معامل يسمى بمعامل التوصيل الحرارى (k) ومما هو جدير بالذكر أن هذا العامل يعتبر خاصية من الخواص الحرارية المميزة لكل مادة ونجد أن وحداته فى نظام (SI) تكون (وات/متر.كالفن).

أما فى حالة الإنتقال الحرارى بالحمل فإنه يتوقف على معامل آخر يعرف بمعامل الإنتقال الحرارى بالحمل (h) ونجد أن وحداته فى نظام (SI) تكون (وات/متر^{٢}. كالفن).

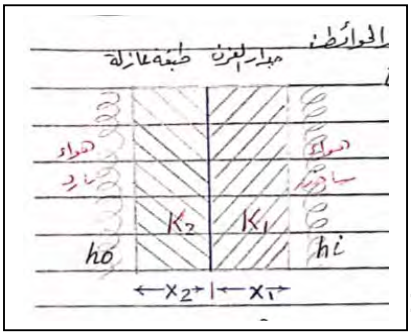
وكما أنه يوجد خلاف فى وحدات كل من (k, h) فنجد أنه يوجد خلاف أيضا بينهما حيث نجد أن قيمة (h) ليست قيمة ثابتة للسائل الواحد كما يحدث فى قيمة (k) للمادة الواحدة - حيث أن قيمة (h) تعتمد على عدة عوامل مثل:

١- معدل إنسياب السائل.
٢- نوع الإنسياب.
٣- كثافة السائل.
٤- لزوجة السائل.
٥- الحرارة النوعية للسائل.
٦- درجة حرارة السطح الساخن.
٧- طول أو قصر السطح الساخن.

ولذلك فإنه يمكن أن نجد جداول تتضمن جداول قيمة معامل التوصيل الحرارى (k) للمواد المختلفة ولكن لا توجد جداول بها قيمة معامل الإنتقال الحرارى بالحمل (h) وإنما توجد عدة معادلات يمكن إختيار المعادلة المناسبة منها لحساب قيمة الـ (h).

يوجد معامل آخر يعرف بالمكافئ الكلى للإنتقال الحرارى (U) وهذا المعامل. وحداته هى نفس وحدات (h) أى (وات/متر^{٢}. كالفن) ويتم حسابه فى حالة الإنتقال الحرارى خلال عدة طبقات أو الإنتقال الحرارى المختلط (أى الإنتقال الحرارى بالتوصيل والحمل معا).

وعموما يوجد عدة معادلات لحساب معدل إنتقال الحرارة فى الحالات المختلفة وسوف نقوم بذكر المعادلة التالية فقط وهى:



$$Q = U\ A\ \Delta T$$

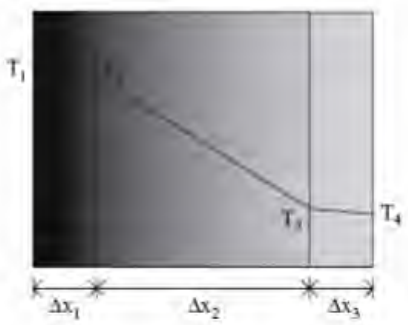
حيث:

(Q) معدل إنتقال الحرارة ووحداته (وات).
(U) المكافئ الكلى للإنتقال الحرارى.
(A) مسافة السطح التى تنقل عليه الحرارة (م^{٢}).
(Δ T) فرق درجات الحرارة (كالفن).

ويمكن حساب (U) بإستخدام إحدى العادلتين الأتيتين:

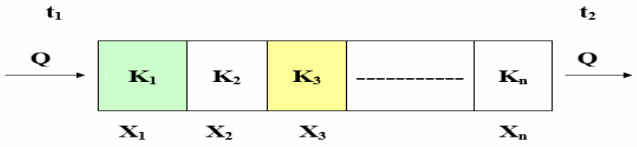
أ- فى حالة إنتقال الحرارة خلال الألواح والحوائط:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h1} + \frac{x1}{k1} + \frac{x2}{k2} + ... + \frac{xn}{kn} + \frac{1}{h2}$$



شكل يوضح إنتقال الحرارة خلال الألواح والحوائط

يتم إستخدام تلك المعادلة السابقة لحساب قيمة المكافئ الكلى لإنتقال الحرارة (U) عندما يتم إنتقال الحرارة عبر حائط مكون من عدة طبقات عددها (n) طبقة - وكل طبقة لها سمك مقدارة (x) ومعامل توصيل حرارى مقدارة(k) وبالتالى فإن - ($x_1, x_2, ...x_n$) هى



$$Q = \frac{A\,(t_1 - t_2)}{\frac{X_1}{K_1} + \frac{X_2}{K_2} + \frac{X_3}{K_3} + ... \frac{X_n}{K_n}}$$

سمك الطبقة الأولى والثانية و.. والطبقة الأخيرة (n) على التوالى- كما أن ($k_1, k_2, ...k_n$) هى معامل التوصيل الحرارى للطبقة الأولى والثانية و... والطبقة الأخيرة (n) على التوالى.

وعندما تكون تلك الحائط يوجد مائعان على وجهيها فإن كل مائع منهم له معامل إنتقال حرارى بالحمل وبالتالى فإن المائع الملامس للوجه الأول له معامل إنتقال حرارى بالحمل (h_1) والمائع الملامس للوجه الثانى له معامل حرارى(h_2).

ب- فى إنتقال الحرارة قطريا عبر الأنابيب:

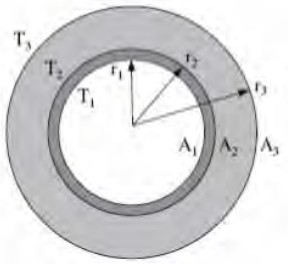
نفترض أنـه توجد ماسورة لها جدار فإن تلك الماسورة يكون لها قطر داخلى وقطر خارجى وسمكها هو الفرق بين نصف القطر الداخلى والخارجى.

نفترض أن تلك الماسورة تم تغطيتها بعدة طبقات حيث أصبح عدد الطبقات متضمنا جدار الماسورة نفسها(n) طبقة وفى هذه الحالة سوف يكون لدينا عدد من انصاف الأقطار مساويا (n+1)

نفترض أنه يمر داخل الماسورة مائع ساخن مثل البخار ويحيط بالماسورة من الخارج الهواء الجوى فنجد أنـه لدينا قيمة (h_i) معامل إنتقال الحرارة للمائع بداخل الماسورة (h_o) معامل إنتقال الحرارة بالحمل للمائع خارج الماسورة عدد من قيم (k) مساوى لعدد الطبقات فإذا تم ترتيب الطبقات من الداخل للخارج برقم (n..،١،٢) فيصبح لدينا (k_n,...k_2, k_1) وهى معـاملات التوصـيل الحـرارى للطبقـة الأولـى والثانيـة و... والطبقـة الأخيـرة (n) علـى التـوالى والرسم السابق يوضح ذلك.

فى مثل هذه الحالة تستخدم المعادلة التالية لحساب قيمة(U):

$$\frac{1}{UiAi} = \frac{1}{hiAi} + \frac{1}{2\pi lk1}\ln\frac{r2}{r1} + \frac{1}{2\pi lk2}\ln\frac{r3}{r2} + ... + \frac{1}{2\pi lkn} + \frac{1}{hoAo}$$



شكل يوضح الماسورة والطبقة العازلة المحيطة بها

ومنها:

$$Q = U_o A_o \Delta T$$

$$Q = U_i A_i \Delta T$$

يمكن حساب المساحة الجانبية للإسطوانة بإستخدام المعادلة التالية:

$$A = 2\pi r L$$

ملحوظة : فى حالة (A_i) فإنـه يتم التعويض عن قيمة نصف القطر (r1) وأحيانا يسمى (r_i) وفى حساب (A_o) فإنه يتم التعويض عن قيمة نصف القطر (r_{n+1}) وأحيانا يطلق عليه r_o.

ويلاحظ أنـه فى حالة المواسير الغير معزولة وذات الجدر الرقيقة نجد أن الفرق بين نصف القطر الداخلى والخارجى فرق ضئيل وبالتالى لحساب قيمة (U) يمكن تطبيق المعادلة التى تستخدم فى حالة الحوائط.