

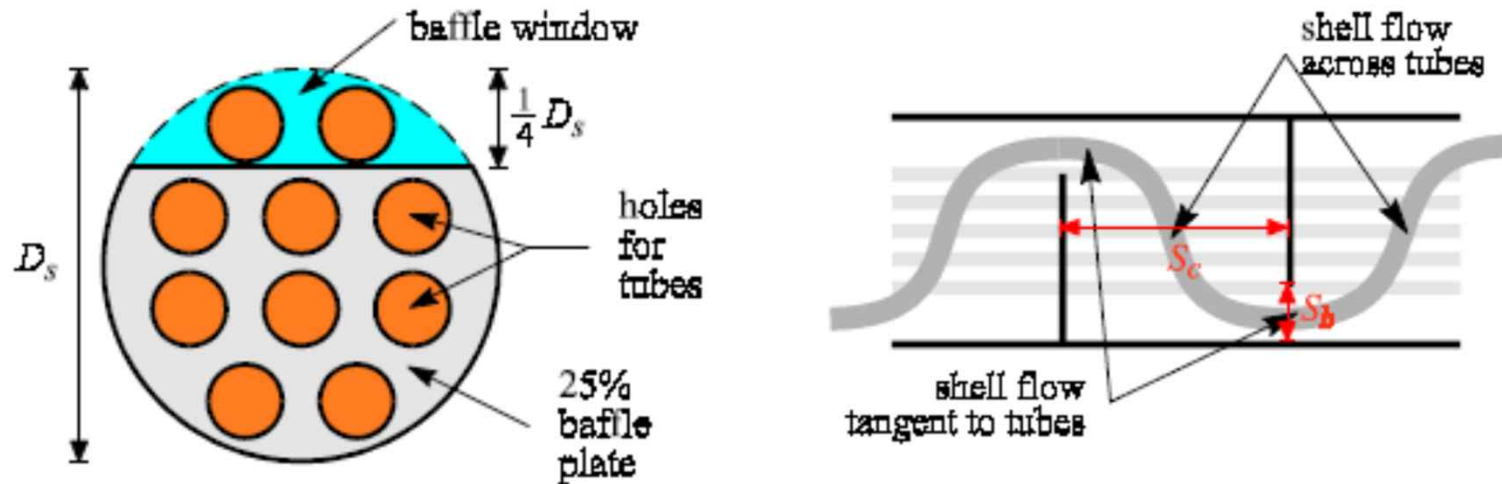
15.1 다관 원통형 열교환기

열교환기의 개별전열계수(h)

내측의 개별전열계수 (h_i) 는 앞선 chapter에서의 방법으로 구함

외측의 흐름의 개별전열계수 (h_o)

baffle과 tube로 인하여 유체의 흐름에 많은 방해를 받같은 방법으로 구할 수 가 없다.



열교환기의 단면도와 바깥쪽 유체의 흐름도

15.1 다관 원통형 열교환기

Donohue equation

$$(Nu =) \frac{h_o D_o}{k} = 0.2 \left(\frac{D_o G_e}{\mu} \right)^{0.6} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{0.33} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

G_e 는 질량유속(mass flux)

- baffle을 거쳐가는 유체의 질량유속인 G_b 와 tube에 수직방향인 G_c 의 기하평균

$$G_e = \sqrt{G_b G_c}$$

$$\text{where, } G_b = \frac{\dot{m}}{S_b}, G_c = \frac{\dot{m}}{S_c}$$

15.1 다관 원통형 열교환기

- S_b : baffle window 면적

$$S_b = f_b \frac{\pi D_S^2}{4} - N_b \frac{\pi D_o^2}{4}$$

where, f_b = baffle에 의해 가려진 면적분율 (25%분활판의 경우 0.1955),

D_S = 전체 shell의 직경,

N_b = 내측 tube의 갯수,

D_o = baffle안의 tube의 외경

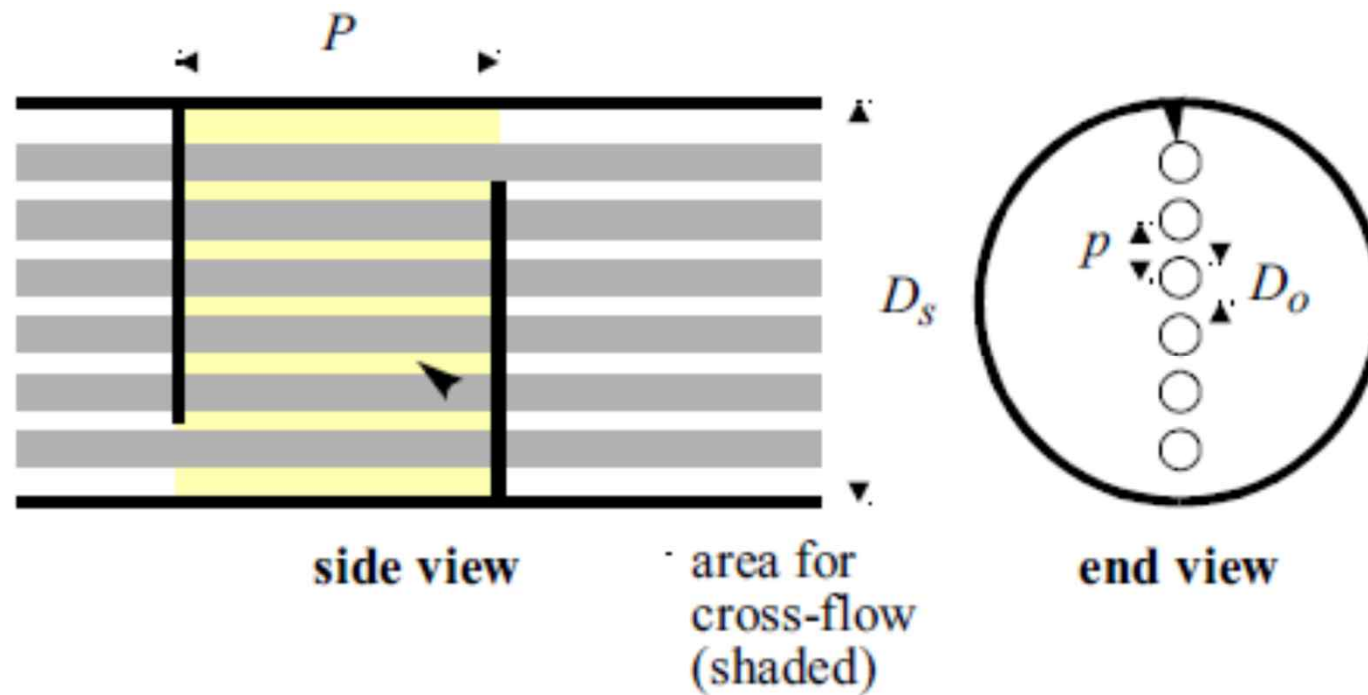
- S_c : tube에 수직으로 흐르는 면적

$$S_c = PD_S \left(1 - \frac{D_o}{p} \right)$$

where, P = baffle사이의 간격 (baffle pitch), p = pipe사이의 간격 (중심간의 거리)

15.1 다관 원통형 열교환기

➤ S_b, S_c



15.1 다관 원통형 열교환기

S_c : tube에 수직으로 흐르는 면적,

$$\text{전체 면적} = P \cdot D_s$$

D_s 는 cell들의 연속된 조합, 각 cell은 pipe간의 간격으로 표현

빈 공간 부분 : $p - D_o$ 이고,

전체적인 빈 공간의 비율:

$$\text{빈공간비율} = \frac{p - D_o}{p}$$

전체면적에 빈공간의 비율을 곱하면, S_c

$$S_c = P D_s \left(1 - \frac{D_o}{p} \right)$$

15.1 다관 원통형 열교환기

S_b : 그림의 검은 부분

$1/4$ 분할판의 경우

열려있는 면적 = 부채꼴의 면적 - 삼각형의 면적 * 2

부채꼴의 면적 = $\frac{1}{2} r^2 (2\theta)$, 삼각형의 면적 = $\frac{1}{2} xy$

$\theta = \cos^{-1} 0.5 = 60^\circ = \pi/3 \rightarrow y = \sqrt{r^2 - x^2} = \frac{\sqrt{3}}{2} r$

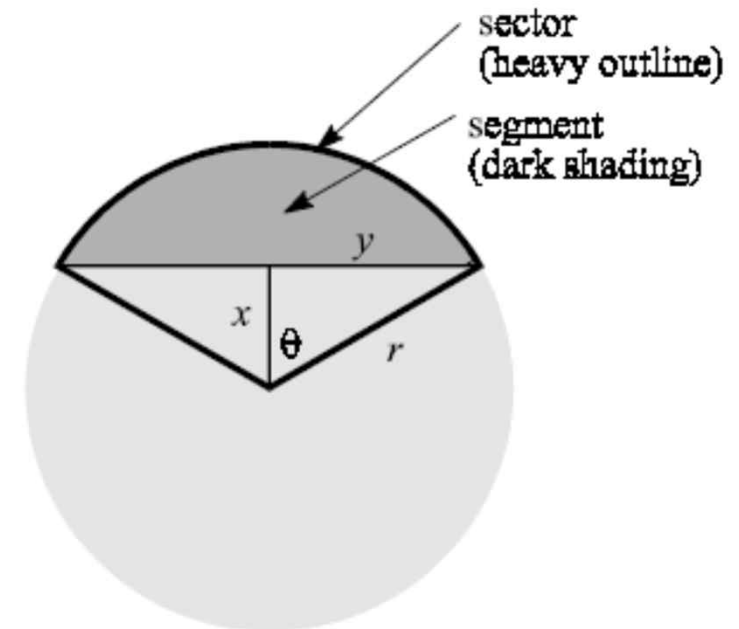
삼각형의 면적 = $\frac{1}{2} \left(\frac{r}{2}\right) \left(\frac{\sqrt{3}r}{2}\right) = \frac{\sqrt{3}}{8} r^2 = 0.217 r^2$

부채꼴의 면적 = $\theta r^2 = \frac{\pi}{3} r^2$

열려있는 면적 = 부채꼴의 면적 - 삼각형의 면적 * 2

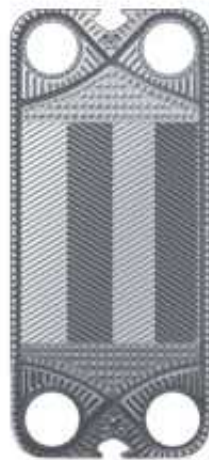
$= \frac{\pi}{3} r^2 - 2 \frac{\sqrt{3}}{8} r^2 = \left(\frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4}\right) r^2 = 0.61418 r^2$

$f_b = \frac{\text{열린면적}}{\text{원의면적}} = \frac{\left(\frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4}\right) r^2}{\pi r^2} = \frac{0.61418}{\pi} = 0.1955$

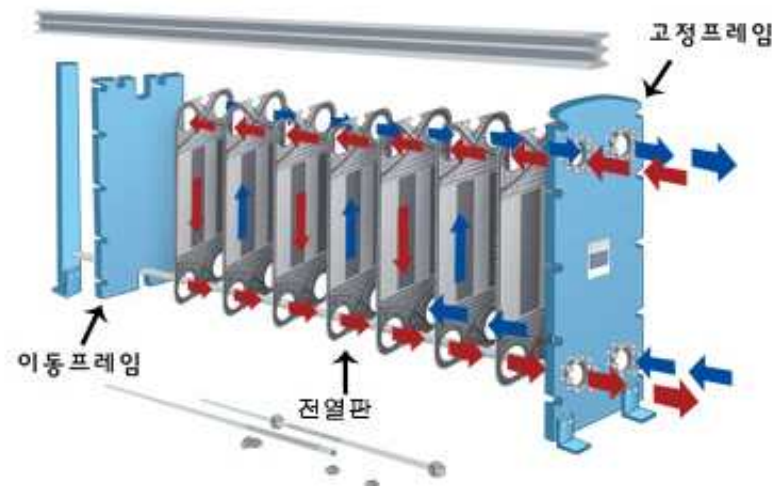


15.2 판형 열교환기

- Gasket, plate, gasket으로 구성된 열교환기
- 장점:
 - 작은 크기로 인한 시스템 설계상의 잇점,
 - 낮은 Re에서도 난류를 유발할 수 있어 전열계수가 커서 우유살균 등의 식품의 응용 분야에 사용할 수 있다.
- 단점:
 - 높은 압력손실로 인한 시스템의 설계의 부담,
 - 청소의 어려움,
 - 부식을 낮출 수 있는 plate의 재질이 고가.



전열판



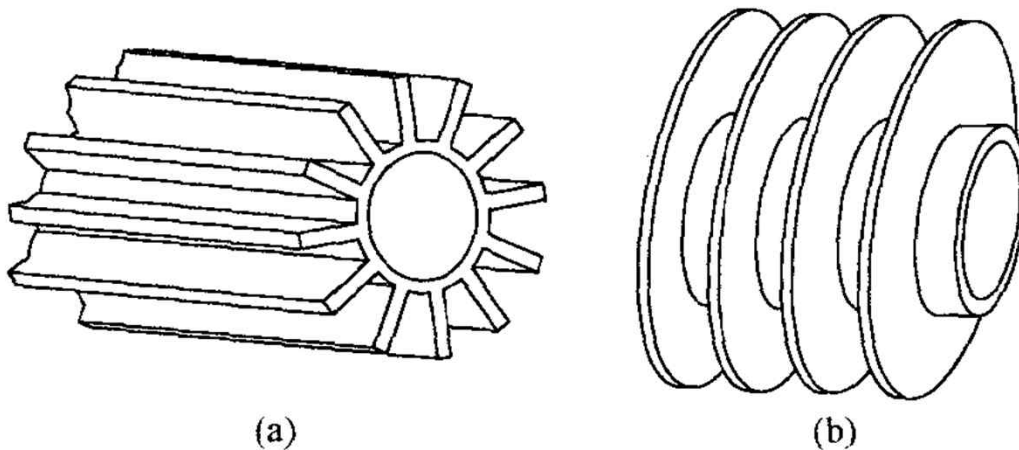
15.2 판형 열교환기

- 일반적으로 액-액 판형열교환기 내에서의 유속은 0.2~1.0 m/s
- 얇은 공간 때문에 $Re < 2100$ 보다 낮은 경우가 있다.
- 판 벽의 주름으로 인하여 실제로 $Re = 100 \sim 400$ 정도 에서도 난류적 특성이 나타난다.
- 일반적으로 판형열교환기의 경우 열전달 상관관계식은 다음과 같다.

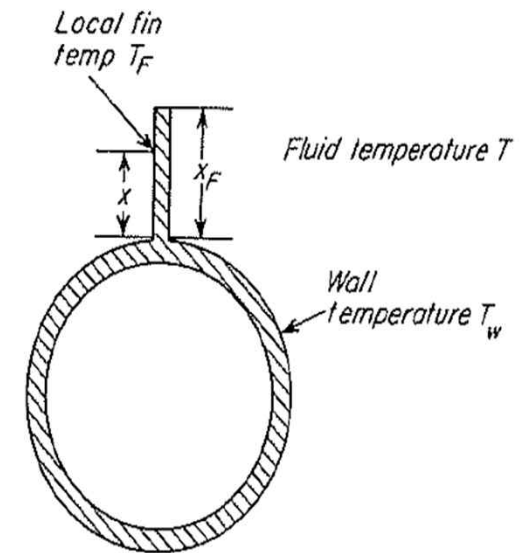
$$Nu = \frac{hD_e}{k} = 0.37Re^{0.67} Pr^{0.33}$$

15.2 확장표면형 열교환기

- 확장된 표면을 이용하여 접촉면적을 넓혀서 열전달효율 증대
- 확장표면은 fin으로 불림
- 유체의 흐름에 따라가는 longitudinal fin 과 유체의 흐름에 대항하는 형태의 transverse fin으로 형태배열



(a) longitudinal fins; (b) transverse fins.



15.2 확장표면형 열교환기

- 일반적으로 확장표면형 열교환기의 총괄열전달계수는 다음과 같다.

$$U_i = \frac{1}{\frac{A_i}{h_o(\eta_F A_F + A_b)} + \left(\frac{x_w D_i}{k_m D_L}\right) + \left(\frac{1}{h_i}\right)}$$

- η_F : fin efficiency, 수학적 방법으로 구함($a_F x_F$ 의 함수)

- x_F : fin의 높이,

- $a_F = \sqrt{\frac{h_o L_p / S}{k_m}}$

- where,

h_o = coefficient outside tube

k_m = thermal conductivity of metal in fin

L_p = perimeter of fin

S = cross-sectional area of fin

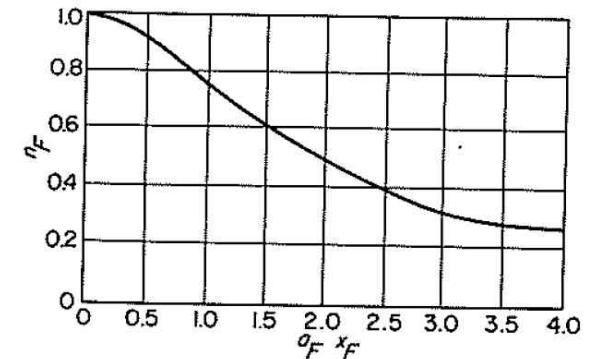


FIGURE 15.16
Fin efficiency, longitudinal fins.