Chap 12. 열교환기

12-1. 분류

열교환기의 분류 방법에는 여러 종류가 있으나 흐름 형태에 의한 분류가 가장 일반적이다.

병류(paral1el flow), 향류(counter flow), 직교류(cross flow)

12-2. 온도 분포

단일 통로 열교환기에서 열교환기 길이에 따른 전형적인 온도 분포가 그림 12-6에 주어져 있다.

병류형 열교환기와 향류형 열교환기를 비교해보면, 병류형 열교환기에서 저온부의 출구 온도는 고온부의 출구 온도 보다 높을 수 없고, 열역학적인 관점에서 보아도 공정의 가역성이 향류형 열교환기 보다 떨어진다. 따라서 향류형 열교환기가 병류형 열교환기 보다 더 효율적이라 할 수 있고, 실제 모든 해석은 향류형 열교환기를 기준으로 한다.

12-3. 총괄 열전달 계수

이중관 열교환기에서 열전달 저항은 내부 흐름에서의 대류에 의한 열전달 저항, 내부 관에서의 전도에 의한 저항, 외부 관에서의 대류에 의한 저항의 합으로 주어진다.

$$R = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{t}{kA_{lm}} + \frac{1}{h_o A_o}$$

총괄 열전달 계수는 기분 면적에 따라 다르지만 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$U_o A_o = U_i A_i = \frac{1}{R}$$

만약 내부 관의 두께가 얇고, 열전도도가 큰 경우에는 관에서의 전도 저항이 무시되고 $A_o \approx A_i$이 되므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$U_i = \frac{1}{1/h_i + 1/h_o}$$

- 오염계수(Fouling coefficient)

열 교환기를 오래 사용하다 보면 부식, 침전물에 의한 열전달 저항이 열교환이 일어나는 양쪽 면에 더해지게 된다. 이러한 저항은 오염 계수로 고려된다. 따라서 총괄 열전달 저항은 다음과 같이 수정된다.

$$R = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{F_i}{A_i} + \frac{t}{kA_{lm}} + \frac{F_o}{A_o} + \frac{1}{h_o A_o}$$

12-4 대수평균 온도차 법

고온부 질량 유속을 w_h, 고온부 유체의 비열을 $c_{p,h}$, 고온부의 입구 온도를 $T_{h,in}$, 고온부의 출구 온도를 $T_{h,out}$, 저온부 질량 유속을 w_c, 고온부 유체의 비열을 $c_{p,c}$, 저온부의 입구 온도를 $T_{c,in}$, 저온부의 출구 온도를 $T_{c,out}$이라 하면 다음과 같은 수지식이 성립된다.

$$Q = w_h c_{p,h}\left(T_{h,in} - T_{h,out}\right) = w_c c_{p,c}\left(T_{c,out} - T_{c,in}\right)$$

위와 같은 열교환이 일어나는 열교환기의 면적은 다음과 같이 주어진다.

$$Q = UA\Delta T_{lm}$$

여기서 ΔT_{lm}은 대수 평균 온도차(log mean temperature difference)로 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_0 - \Delta T_L}{\ln\left(\Delta T_0 / \Delta T_L\right)}$$

$$\Delta T_0 = T_{h,in} - T_{c,out}$$

$$\Delta T_L = T_{h,out} - T_{c,in}$$

따라서 위의 관계를 이용하면 열교환기의 면적 A를 구할 수 있다.
위의 해석은 향류형 이중관 열교환기에 대한 해석이다. 실제 열교환기는 열교환기 설치 면적을 줄이기 위하여 다양한 접촉 형태가 쓰인다. 이러한 경우에는 수정인자 F를 사용하여 접촉 형태의 효과를 보정한다.

$$Q = UAF\Delta T_{lm}$$

여러 흐름 형태에 대한 수정인자들이 그림 12-8에 주어져 있다.

예제 12-6

풀이 과정에서 $\Delta T_L = T_{h,out} - T_{c,in} = 200 - 80 = 120$ 임에 주의할 것. 교과서의 풀이 과정이 틀린 것 같음.