

(II-15) 回転噴出孔からの液流による断熱増湿

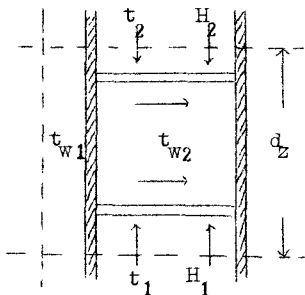
京都大学工学部 正員 高松 武一郎

京都大学工学研究所 正員 ○高橋 照男

充填塔、泡鐘塔、多孔板塔を用いて断熱増湿実験をおこなつて、ガス境膜抵抗のみが存在する場合の容量係数や段効率を考察した研究は多いが、回転噴出孔から半径方向に噴出する液流を十字流れに空気流が横切る場合の空気中への水の蒸発すなわち、増湿に関する研究は全く見当らない。

したがつて、回転円筒にあげた小孔から噴出する液流にたいして、二重円筒が形成する環状の間隙を軸方向にガスを流して、気液を十字流れに接触させる機構をもつ遠心式気液接触装置¹⁾の物質移動に関する基礎的研究として、かかる場合の断熱増湿実験をおこなつてガス境膜抵抗の考察をおこなつた。

理論的考察、不飽和の空気がその空気の湿球温度にある水面と接触すると空気は顕熱を水に与えて温度が下り、一方その熱のため水の蒸発をうながし空気の温度が増加する。この場合液の温度は変化しないから水蒸気の移動に際し液側にはなんら抵抗がなくガス境膜にのみ抵抗が存在する。



第 1 図

第 1 図に示す断面積 F なる環状部の軸方向の微小長さ dz について、温度 $t^\circ\text{C}$ の空気と $t_w^\circ\text{C}$ の気液界面との間の水蒸気の移動速度と伝熱速度を考えれば

$$-G C_s dt = h_g a (t - t_w) F dz \quad \dots (1)$$

断熱増湿であるから $t_i = t_w$ したがつて軸方向の有効気液接触長さを L であらわし、 $h_g a, C_s$ 一定として積分

$$\begin{aligned} G C_s (t_1 - t_2) &= h_g a F L \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{t_1 - t_w}{t_2 - t_w}} \\ &= h_g a F L (\Delta t)_{l.m.} \quad \dots (2) \end{aligned}$$

よつて、 $h_g a$ は環状部における単位時間の伝熱量を環状部容積 F 、 L および温度差の対数平均で除せば求めることができる。

界面から空气中への水蒸気の移動速度についても同様にして

$$G dH = k_{G'} a (H_1 - H) F dz \dots\dots (3)$$

断熱増湿では H_1 は湿球温度における飽和湿度であるから $H_1 = H_w$ とし、噴出液流の直前、直後の空氣の絶体湿度を H_1, H_2 とすれば

$$\begin{aligned} G (H_2 - H_1) &= k_{G'} a \cdot F \cdot L \frac{H_2 - H_1}{\ln \frac{H_w - H_1}{H_w - H_2}} \\ &= k_{G'} a \cdot F \cdot L (\Delta H)_{lm} \dots\dots (4) \end{aligned}$$

なお断熱増湿においては伝熱量は

$$G \cdot C_s (t_1 - t_2) = G \gamma_w (H_2 - H_1) \dots\dots (5)$$

であらわすことができる。したがつて(2)(4)および(5)式から

$$\frac{k_G}{k_{G'}} = \frac{\gamma_w (H_2 - H_1) \ln \frac{t_1 - t_w}{t_2 - t_w}}{(t_1 - t_2) \ln \frac{H_w - H_1}{H_w - H_2}} \dots\dots (6)$$

をうる。なお断熱増湿においては $k_G/k_{G'} \cong C_s$ となる。

また、絶体湿度差を推進力とすれば Murphree 効率

$$E_{MV} = \frac{H_2 - H_1}{H_w - H_1} \dots\dots (7)$$

であらわすことができる。

有効接触装置容積を V であらわせば(3)式から

$$V = F \cdot L = \frac{G}{k_{G'} a} \int_{H_1}^{H_2} \frac{dH}{H_w - H} \dots\dots (8)$$

したがつて、ガス相基準の移動単位容積 $V \cdot T \cdot U_G$ は

$$V \cdot T \cdot U_G = \frac{G}{k_{G'} a} = \frac{V}{\int_{H_1}^{H_2} \frac{dH}{H_w - H}} \dots\dots (9)$$

で与えることができる。

実験装置および操作範囲：実験は液流速、空気流速、回転数および装置形状をかえてこれら諸因子の h_G^a 、 k_G^a および E_{MV} におよぼす影響をしらべた。第1表に装置の主要寸法操作の範囲を示す。

第1表 操 作 範 囲

回 転 円筒径	孔 径	孔 数			円筒 間隙	液 流 速	空気流速
		軸方向	円周方向	総 数			
5・1	0.928	2	32	64	2	140~240	135~340
5・1	0.928	1	32	32	2	325~375	130~310
5・1	0.928	1	16	16	3	125~475	100~106
5・1	1.186	2	32	64	2	20~230	150~325
5・1	1.525	2	32	64	2	116~123	86~310
5・1	1.525	1	32	32	2	25~225	90~300
5・1	1.525	1	32	32	3	90~250	70~210

実験結果： k_G^a 、 $k_G'^a$ および E_{MV} におよぼす影響は空気流速、回転数の影響が著るしく、実験結果を整理して実験式として次式をえた。

$$k_G'^a = 0.422 \times 10^{-3} N_h \cdot (R)^{0.3} G^{0.8} \dots (10)$$

また、 $k_G^a/k_G'^a$ を求めると0.24~0.26となり、平均の C_s とよく一致し、水-空気系では同じ空気境膜の h_G^a と $k_G'^a$ との間に $h_G^a/k_G'^a$ がほぼ湿潤比熱 C_s にひとしいといふLewisの関係²⁾を満足する。

なお移動単位高さ $H \cdot T \cdot U \cdot G$ は数 cm となるから、かゝる接触機構の装置は充填塔などの装置容積と比べてかなり小さい装置となる。

使用記号

C_s	： 空気の湿潤比熱	[$\text{Cal/g dry air } ^\circ\text{C}$]
E_{MV}	： ガス側基準のMurphree 効率	[-]
F	： 環状部断面積	[cm^2]
G	： 空気流量	[g dry air/sec]
$H_1 \cdot H_2$	： 噴出液流を横切る前後の空気の絶対湿度	[g/g]

H_w	: 湿球温度における飽和湿度	[g/g]
h_{ga}	: ガス境膜の伝熱容量係数	[$\text{ca } \ell / \text{cm}^2 \text{ sec } ^\circ\text{C}$]
$k_{g'a}$	: 絶体湿度差を推進力とする空気境膜の水蒸気移動係数	[$\text{g} / \text{cm}^2 \text{ sec } \cdot \Delta H$]
L	: 軸方向の有効接触長さ	[cm]
N_h	: 回転円筒に設けた孔数	[-]
n	: 回 転 数	[r.p.s]
R	: 内側回転円筒の半径	[cm]
t_1, t_2	: 噴出液流を横切る前後の空気の温度	[$^\circ\text{C}$]
t_i	: 気液界面の温度	[$^\circ\text{C}$]
t_w	: 空気の湿状温度	[$^\circ\text{C}$]
V	: 有効接触装置容積	[cm^3]
$V.T.U.G$	: ガス相 1 移動単位容積	[$\cdot \text{cm}^3$]
d_z	: 軸方向の微小長さ	[$\cdot \text{cm}$]
γ_w	: 湿球温度における水の蒸発潜熱	[$\text{ca } \ell / \text{g}$]

参 考 文 献

- 1) 高橋: 化学工学 25 23 (1961)
- 2) Lewis: Mech. Eng., 44 445 (1922)