発熱を伴うガス吸収における気液界面温度の測定

池 水 喜 義・諸 岡 成 治
加 藤 康 夫

九州大学工学部[†]

線径 20 μm 可動の熱電対を用いて液柱の気液界面温度を、 NH_3 ガス-HCl, $-\text{HNO}_3$, $-\text{H}_2\text{SO}_4$ 水溶液系および SO_2 ガス-NaOH 水溶液系について測定した。

NH_3 ガス- H_2O 系の物理吸収において、界面温度上昇は液体温度一定のもとでは、液柱生成ノズルからの距離によらずほとんど変化しなかった。液本体温度が増加すると界面温度上昇は漸次減少した。

溶解熱は界面で、反応熱は反応面で発生するとして計算した界面温度と実測値とは、 NH_3 ガス-酸水溶液系では 0~3 mol/l の濃度範囲で、 SO_2 ガス-NaOH 水溶液系では 0~1.5 mol/l の濃度範囲でよく一致した。

緒 言

被吸収ガスの溶解度が大きく、かつ発熱反応を伴うガス吸収系においては、溶解熱および反応熱により気液界面近傍の液温が上昇するため、拡散係数、溶解度などの物性値が液本体温度における物性値に比べて大きく変化する可能性がある。塩酸、硝酸、硫酸水溶液中へのアンモニアガスの反応吸収の場合には、酸濃度が高くなるにしたがって、等温吸収として計算した吸収速度の値は実測値^①よりも大きくなり、3 mol/l の溶液濃度では約 30% の誤差を生ずる。前報^②では、浸透説に基づいて瞬間不可逆反応を伴うガス吸収速度および界面温度を算出し、界面温度における諸物性値を用いて計算した NH_3 ガス-酸水溶液系の吸収速度と実験値とを比較して良好な一致を見た。

ところで、非等温系ガス吸収時の液温上昇に関する実験的研究は従来非常に少ない。特に反応を伴うガス吸収操作の場合、気液界面温度に及ぼす吸収液温度などの諸因子の影響については実験例がほとんどなくきわめて不十分である。小林ら^③、Verma ら^④は静止液中へガスを吸収させながら界面近傍温度の測定を行い、また、Ponter ら^⑤は濡壁塔において気液界面温度を測定し、計算値との比較を行っている。

本報では、液柱による NH_3 ガス-酸水溶液系および SO_2 ガス-NaOH 水溶液系における気液界面温度を測定し、理論との比較を行った。

1. 実験装置および方法

液柱用ノズルはガラス製で、液柱径は約 1.6 mm であ

り、ガスは液と向流にした。熱電対は Fig. 1 のように交差させた直径 20 μm のニクロム-アドバンクス線を交点でハンダ付けして作製した。熱電対は共通すり合わせガラス管の内筒の一端に保持し、すり合わせガラス管外筒はガス吸収塔に固定し、熱電対を前後方向に滑らかに移動できるようにするとともにガスをシールした。熱電対支持器の位置は熱電対素線が液柱に対して直角になるように、さらに熱電対接点液柱中心を通るように調整した。

ガス吸収が定常状態に達した後、熱電対を一定速度 ($v_M \approx 4 \text{ mm/sec}$) で移動させて液柱を通過させ電磁オシログラフにより起電力を測定した。なお、作製した熱電対すべてについて熱起電力の校正を行った。熱電対起電力は電解質濃度には無関係であったので、熱電対は特に被覆せずに使用した。この熱電対の時定数は熱電対が液相内温度境膜を通過する時間の 10 万分の 1 以下である。熱電対部分以外のガス吸収装置およびガス吸収操作法は前報^②と同じである。

物理吸収実験 (NH_3 - H_2O 系) では、ノズルから測定点までの距離、液流量および実験温度などを変化させて界面温度の測定を行った。一方反応を伴うガス吸収操作は、 NH_3 ガスと、HCl, HNO_3 , H_2SO_4 のおのおの水溶液系、および SO_2 ガスと NaOH 水溶液系で行い、それぞれ界面温度を測定した。この場合、実験温度を 20°C とし溶液濃度を 0~3 mol/l に変化させた。

2. 実験結果と検討

2.1 NH_3 - H_2O 系の物理吸収

物理吸収の場合の液相内温度分布および界面温度は、それぞれ次式で与えられる^①。

[†] 〒812 福岡市東区箱崎

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

Fig. 2 An example of recorded temperature for NH_3 gas- H_2O system

$$T = T_0 + (T_i - T_0) \frac{\operatorname{erfc}\left(\frac{y-\delta}{\sqrt{L_e}}\right)}{\operatorname{erfc}\left(\frac{-\delta}{\sqrt{L_e}}\right)} \quad (1)$$

$$T_i = T_0 + (-\Delta H_s) \frac{\rho_s}{\rho_s - C_{Ai}} \frac{C_{Ai} \sqrt{D_A a}}{k} \times \frac{\operatorname{erfc}(-\delta/\sqrt{L_e})}{\operatorname{erfc}(-\delta)} \exp\left\{\left(\frac{1}{L_e} - 1\right) \delta^2\right\} \quad (2)$$

ここに、 $y = \frac{x}{2\sqrt{D_A t}}$, $\delta = \frac{v^*}{\sqrt{D_A t}}$, $L_e = \frac{a}{D_A}$ であり無次元数 δ は次式により求められる。

$$\frac{C_{Ai}}{\rho_s - C_{Ai}} = \delta \sqrt{\pi} \operatorname{erfc}(-\delta) \exp(\delta^2) \quad (3)$$

Fig. 2 は物理吸収 (NH_3 - H_2O 系) 時の液側温度分布の例である。熱電対が図の左方 (気相) から液柱に近づくとき液相界面で温度の最大値 T_i が現れ液柱本体では本体温度 T_0 となり、その後再び気液界面温度 T_i を示し気相へ抜ける。熱電対送り速度と液柱通過時間とから計算される液柱径 d の値は読み取り顕微鏡より実測される値と 0.05 mm 以内で一致した。さらに Fig. 3 に示すように、液相内温度分布も Eq. (1) による計算値とほぼ一致した。

ここに、水中における NH_3 ガスの拡散係数、溶解度は別に報告⁴⁾した値を使用した。

Fig. 4 は、 NH_3 - H_2O 系において軸方向距離 l による界面温度 T_i の変化を測定した結果である。ここに、液本体温度は 25.5°C とした。 l が 0.4 cm から 4.2 cm まで変化しても ΔT はほとんど変わらず気液界面温度は一

Fig. 3 Distribution of temperature in liquid jet for NH_3 gas- H_2O system

Fig. 4 Relations between the distance from liquid jet nozzle and surface temperature rises for NH_3 gas- H_2O system at $T_0 = 25.5^\circ\text{C}$

Fig. 5 Surface temperature rise vs. liquid bulk temperature for NH_3 gas- H_2O system

定値であることが確認された。

Fig. 5 には NH_3 - H_2O 系において、液本体温度 T_0 を変化させた時の界面温度上昇 ΔT の測定結果を示す。実測点は拡散の結果生ずる液流速 v^* を考慮した計算値 (実線) より約 2°C 高めに出現しているが、液本体温度 T_0 の変化に対する傾向は計算値とよく合致している。

2.2 NH_3 -酸水溶液系の反応吸収

NH_3 ガス-酸水溶液系の吸収は次式で示される瞬間不可逆反応である。

ただし、 NH_3 - H_2SO_4 水溶液系での NH_3 1 モルあたりの総発熱量は HSO_4^- イオンの解離熱を考慮し $-\Delta H_R = 18.28 \text{ kcal/mol}$ とした⁵⁾。また、 NH_3 ガスの拡散係数と溶解度は実測値⁴⁾を用い、反応 (i) を伴うガス吸収時の界面温度の算出式は次式による。

Fig. 6 Surface temperature rise for NH_3 gas-aq. HCl system

Fig. 7 Surface temperature rise for NH_3 gas-aq. HNO_3 system

$$T_i = T_0 + \frac{C_{Ai} \sqrt{D_{Ai}}}{k} \frac{1}{\text{erf}(y_1 - \delta) + \text{erf}(\delta)} \times \left[(-\Delta H_s) \frac{\rho_s}{\rho_s - C_{Ai}} \text{erfc} \left(\frac{-\delta}{\sqrt{L_e}} \right) \times \exp \left\{ \left(\frac{1}{L_e} - 1 \right) \delta^2 \right\} + (-\Delta H_R) \text{erfc} \left(\frac{y_1 - \delta}{\sqrt{L_e}} \right) \times \exp \left\{ \left(\frac{1}{L_e} - 1 \right) (y_1 - \delta)^2 \right\} \right] \quad (4)$$

ここに、 $y_1 = x_1 / (2\sqrt{D_{Ai}t})$ であり無次元数 y_1 , δ は前報³⁾の Eqs. (A-10), (A-11) より決定される。

Eq. (4) は拡散による流れの項を考慮し、気液界面で溶解熱、反応面で反応熱が発生するとして導出された式である。

各酸水溶液系についての界面温度上昇の測定結果を Figs. 6, 7, 8 に示す。いずれの系の場合も Eq. (4) による計算値 (実線) とよい一致を示している。

破線は Eq. (4) において拡散にともなう液相内の流れを無視 ($\delta=0$, $\rho_s/(\rho_s - C_{Ai})=1$) した時の計算値であり実測値に近い。

反応熱が気液界面で発生すると仮定した式 (前報³⁾ の Eq. (10) および Eq. (12)) を用いた場合の ΔT の計算値

Fig. 8 Surface temperature rise for NH_3 gas-aq. H_2SO_4 system

(一点鎖線 ($\delta \neq 0$) および二点鎖線 ($\delta=0$)) は、 NH_3 ガス吸収系では $C_{Ai} \ll C_{B0}$ の条件が満足されないため、希薄水溶液ほど実測値よりかなり高くなる。しかし、 NH_3 - H_2SO_4 水溶液系において溶液濃度が高い場合には、界面温度上昇の増大に加え反応生成物である硫酸塩の効果により NH_3 ガスの溶解度 C_{Ai} が小さくなるため、反応熱が気液界面で発生するとした式と反応面で発生するとした式とから算出した ΔT の値は近づいている。

また、 NH_3 - H_2SO_4 水溶液系では HSO_4^- イオンの解離熱を無視 ($-\Delta H_R = 15.68 \text{ kcal/mol}$) すると、Eq. (4) による ΔT の計算値は濃度が高くなるほど実測値からの差が大きくなる。

2・3 SO_2 - NaOH 水溶液系の反応吸収

SO_2 ガス- NaOH 水溶液系のガス吸収は次の2段階逐次瞬間不可逆反応を伴うとされている³⁾。

反応面は Fig. A-1 に示すように $y=y_1$ および y_2 の位置に形成される。液相内温度の導出は Appendix に示す。気液界面温度は Eq. (A-15) によって与えられる。

SO_2 - NaOH 水溶液系の吸収速度は NH_3 -酸水溶液系の吸収速度に比べて約 1/10 程度であり、界面温度の上昇 ΔT もかなり小さい。また、 ΔT に及ぼす液相内流れ v^* の影響も非常に小さい。Fig. 9 に SO_2 - NaOH 水溶液系での ΔT の値と NaOH 水溶液濃度との関係を示す。 NaOH 水溶液濃度が 1.5 mol/l 以下では ΔT の実測値と計算値とはよく一致しているが、高濃度では測定値は計算値よりもかなり大きくなる。

ここに、 SO_2 ガスの液中の拡散係数および溶解度は、前田の実測値⁷⁾を用いた。

Fig. 10 に本実験と同一の吸収装置を用いて測定した SO_2 - NaOH 水溶液系の吸収速度の実測値を示す⁷⁾。この系の吸収速度は等温吸収として計算しても、非等温吸収として計算してもほとんど同じ値となる。吸収速度に及ぼす NaOH 濃度の影響は Fig. 9 と同様である。界面

Fig. 9 Surface temperature rise for SO_2 gas-aq. NaOH system

活性剤 (ニッサンノニオン 0.01 wt%) を加えた水溶液を用いたガス吸収における界面温度および吸収速度の実測値は、いずれもかなり計算値に近づいた。足田らは H_2S -NaOH 水溶液系²⁾および SO_2 -NaOH 水溶液系³⁾について、NaOH 濃度が高くなると吸収速度が理論値より増加することを報告しており、その理由としては界面攪乱が起るためであろうと推論している。本実験においても同様の現象が起きていると推定される。

結 言

直径 20 μm の熱電対を液柱に対し直角方向に移動させ液柱を通過させることによって、ガス吸収を伴う時の気液界面温度を測定した。NH₃ ガス- H_2O 系の物理吸収においては、液本体温度および液柱生成ノズルからの距離を変えて温度を測定し、界面温度は軸方向にはほとんど変化しないことを確かめた。反応を伴うガス吸収においては、拡散の結果生ずる液相内の流れを考慮し、溶解熱は界面で反応熱は反応面で発生するとして計算した界面温度上昇 ΔT と実験値と比較検討した。その結果、NH₃ ガス-HCl, HNO₃, H₂SO₄ 各水溶液系の反応吸収では吸収液の酸濃度が 3 mol/l までの範囲で、 SO_2 ガス-NaOH 水溶液系の反応吸収では吸収液濃度 1.5 mol/l 以下の範囲で、 T_i の測定値は計算値とよく一致した。

Appendix

2 段逐次瞬間不可逆反応を伴うガス吸収において、反応面 1, 2 で反応 (ii), (iii) がそれぞれ起こるとする。液相内の拡散の結果生ずる流れ v^* を考慮すると、温度分布に関する基礎式は Eq. (A-1) となる。

$$\frac{\partial T_m}{\partial t} + v^* \frac{\partial T_m}{\partial x} = a_m \frac{\partial^2 T_m}{\partial x^2} \quad (\text{A-1})$$

$m = \text{I, II, III}$

ここに、座標系については Fig. A-1 に示す。初期条件は、

$$t \leq 0 \quad T_m = T_0 \quad m = \text{I, II, III} \quad (\text{A-2})$$

Fig. 10 Absorption rate of SO_2 gas into NaOH aq. solution

$\rho_S = 56 \text{ mol/l}$, $\delta = 0.025$, $r_{PII} = 0.80$, $r_{EII} = 1.27$
 $r_{EIII} = 1.76$, $r_B = 1.81$

Fig. A-1 Distributions of concentration and temperature for SO_2 gas-aq. NaOH system

境界条件は

$$t > 0$$

$$\text{at } x = 0 \quad T_I = T_i \quad (\text{A-3})$$

$$(-\Delta H_S) \frac{\rho_S}{\rho_S - C_{Ai}} D_A \frac{\partial C_A}{\partial x} = k_I \frac{\partial T_I}{\partial x} \quad (\text{A-4})$$

$$\text{at } x = x_1 \quad T_I = T_{II} \quad (\text{A-5})$$

$$(-\Delta H_{R1}) D_A \frac{\partial C_A}{\partial x} = k_{II} \frac{\partial T_{II}}{\partial x} - k_I \frac{\partial T_I}{\partial x} \quad (\text{A-6})$$

$$\text{at } x = x_2 \quad T_{II} = T_{III} \quad (\text{A-7})$$

$$(-\Delta H_{R2}) \left(-D_B \frac{\partial C_B}{\partial x} \right) = k_{III} \frac{\partial T_{III}}{\partial x} - k_{II} \frac{\partial T_{II}}{\partial x} \quad (\text{A-8})$$

$$\text{at } x = \infty \quad T_{III} = T_0 \quad (\text{A-9})$$

また、境界条件中の C_A , C_B は次式で与えられる。

$$\frac{C_A}{C_{Ai}} = \frac{\text{erf}(y_1 - \delta) - \text{erf}(y - \delta)}{\text{erf}(y_1 - \delta) + \text{erf}(\delta)} \quad 0 \leq y \leq y_1 \quad (\text{A-10})$$

$$\frac{C_B}{C_{B0}} = \frac{\text{erf}\left(\frac{y - \delta}{\sqrt{r_B}}\right) - \text{erf}\left(\frac{y_2 - \delta}{\sqrt{r_B}}\right)}{\text{erfc}\left(\frac{y_2 - \delta}{\sqrt{r_B}}\right)} \quad y_2 \leq y \quad (\text{A-11})$$

これを解いて温度分布は次のように求められる。

$$T_I = T_i - (-\Delta H_S) \frac{\rho_S}{\rho_S - C_{Ai}} \frac{C_{Ai} \sqrt{D_A a_I}}{k_I} \frac{\operatorname{erf}\left(\frac{y-\delta}{\sqrt{L_{eI}}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{\delta}{\sqrt{L_{eI}}}\right)}{\operatorname{erf}(y_1-\delta) + \operatorname{erf}(\delta)} \exp\left\{\left(\frac{1}{L_e} - 1\right) \delta^2\right\} \quad (\text{A-12})$$

$$T_{II} = T_I|_{y=y_1} - \frac{C_{Ai} \sqrt{D_A a_{II}}}{k_{II}} \frac{\operatorname{erf}\left(\frac{y-\delta}{\sqrt{L_{eII}}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{y_1-\delta}{\sqrt{L_{eII}}}\right)}{\operatorname{erf}(y_1-\delta) + \operatorname{erf}(\delta)} \\ \times \left[(-\Delta H_S) \frac{\rho_S}{\rho_S - C_{Ai}} \exp\left\{\left(\frac{1}{L_{eI}} - 1\right) \delta^2 + \left(\frac{1}{L_{eII}} - \frac{1}{L_{eI}}\right) (y_1-\delta)^2\right\} \right. \\ \left. + (-\Delta H_{R1}) \exp\left\{\left(\frac{1}{L_{eII}} - 1\right) (y_1-\delta)^2\right\} \right] \quad (\text{A-13})$$

$$T_{III} = T_{II}|_{y=y_2} - \frac{C_{Ai} \sqrt{D_A a_{III}}}{k_{III}} \frac{\operatorname{erf}\left(\frac{y-\delta}{\sqrt{L_{eIII}}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{y_2-\delta}{\sqrt{L_{eIII}}}\right)}{\operatorname{erf}(y_1-\delta) + \operatorname{erf}(\delta)} \\ \times \left[(-\Delta H_S) \frac{\rho_S}{\rho_S - C_{Ai}} \exp\left\{\left(\frac{1}{L_{eI}} - 1\right) \delta^2 + \left(\frac{1}{L_{eII}} - 1\right) (y_1-\delta)^2 + \left(\frac{1}{L_{eIII}} - \frac{1}{L_{eII}}\right) (y_2-\delta)^2\right\} \right. \\ \left. + (-\Delta H_{R1}) \exp\left\{\left(\frac{1}{L_{eII}} - 1\right) (y_1-\delta)^2 + \left(\frac{1}{L_{eIII}} - 1\right) (y_2-\delta)^2\right\} \right. \\ \left. + 2(-\Delta H_{R2}) \exp\left\{\left(\frac{1}{r_{PII}} - 1\right) (y_1-\delta)^2 + \left(\frac{1}{L_{eII}} - \frac{1}{r_{PII}}\right) (y_2-\delta)^2\right\} \right] \quad (\text{A-14})$$

Eqs. (A-9), (A-14) より界面温度 T_i の次式が得られる。ここで $L_e = L_{eI} = L_{eII} = L_{eIII}$, $a = a_I = a_{II} = a_{III}$ および $k = k_I = k_{II} = k_{III}$ とおいた。

$$T_i = T_0 + \frac{C_{Ai} \sqrt{D_A a}}{k} \frac{1}{\operatorname{erf}(y_1-\delta) + \operatorname{erf}(\delta)} \left[(-\Delta H_S) \frac{\rho_S}{\rho_S - C_{Ai}} \operatorname{erfc}\left(\frac{-\delta}{\sqrt{L_e}}\right) \exp\left\{\left(\frac{1}{L_e} - 1\right) \delta^2\right\} \right. \\ \left. + (-\Delta H_{R1}) \operatorname{erfc}\left(\frac{y_1-\delta}{\sqrt{L_e}}\right) \exp\left\{\left(\frac{1}{L_e} - 1\right) (y_1-\delta)^2\right\} \right. \\ \left. + 2(-\Delta H_{R2}) \operatorname{erfc}\left(\frac{y_2-\delta}{\sqrt{L_e}}\right) \exp\left\{\left(\frac{1}{r_{PII}} - 1\right) (y_1-\delta)^2 + \left(\frac{1}{L_e} - \frac{1}{r_{PII}}\right) (y_2-\delta)^2\right\} \right] \quad (\text{A-15})$$

液相内流れを無視する時は、Eq. (A-15) において $\delta=0$, $\rho_S/(\rho_S - C_{Ai})=1$ として次式が得られる。

$$T_i = T_0 + \frac{C_{Ai} \sqrt{D_A a}}{k} \frac{1}{\operatorname{erf}(y_1)} \left[(-\Delta H_S) + (-\Delta H_{R1}) \operatorname{erfc}\left(\frac{y_1}{\sqrt{L_e}}\right) \exp\left\{\left(\frac{1}{L_e} - 1\right) y_1^2\right\} \right. \\ \left. + 2(-\Delta H_{R2}) \operatorname{erfc}\left(\frac{y_2}{\sqrt{L_e}}\right) \exp\left\{\left(\frac{1}{r_{PII}} - 1\right) y_1^2 + \left(\frac{1}{L_e} - \frac{1}{r_{PII}}\right) y_2^2\right\} \right] \quad (\text{A-16})$$

溶解熱と反応熱がともに気液界面で発生すると仮定して得られる近似式は次式である。

$$T_i = T_0 + \frac{\rho_S}{\rho_S - C_{Ai}} \frac{C_{Ai} \sqrt{D_A a}}{k} \frac{(-\Delta H_S - \Delta H_{R1} - 2 \cdot \Delta H_{R2})}{\operatorname{erf}(y_1-\delta) + \operatorname{erf}(\delta)} \operatorname{erfc}\left(\frac{-\delta}{\sqrt{L_e}}\right) \exp\left\{\left(\frac{1}{L_e} - 1\right) \delta^2\right\} \quad (\text{A-17})$$

無次元数 y_1 , y_2 , δ は次の連立方程式を数値計算して求められる。

$$\frac{C_{B0}}{C_{Ai}} = \frac{2}{r_B} \frac{\operatorname{erfc}\left(\frac{y_2-\delta}{\sqrt{r_B}}\right)}{\operatorname{erf}(y_1-\delta) + \operatorname{erf}(\delta)} \exp\left\{\left(\frac{1}{r_{PII}} - 1\right) (y_1-\delta)^2 - \left(\frac{1}{r_{PII}} - \frac{1}{r_B}\right) (y_2-\delta)^2\right\} \quad (\text{A-18})$$

$$\frac{\sqrt{r_{EIII}}}{\sqrt{r_{EII}}} \left[\left\{ \operatorname{erf}\left(\frac{y_2-\delta}{\sqrt{r_{EII}}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{y_1-\delta}{\sqrt{r_{EII}}}\right) \right\} / \operatorname{erfc}\left(\frac{y_2-\delta}{\sqrt{r_{EIII}}}\right) \right] \\ \times \exp\left\{\left(\frac{1}{r_{EII}} - \frac{1}{r_{PII}}\right) (y_1-\delta)^2 - \left(\frac{1}{r_{EIII}} - \frac{1}{r_{PII}}\right) (y_2-\delta)^2\right\} \\ + \exp\left[\left(\frac{1}{r_{EII}} - \frac{1}{r_{PII}}\right) \{(y_1-\delta)^2 - (y_2-\delta)^2\} - 2\right] = 0 \quad (\text{A-19})$$

$$\frac{C_{Ai}}{\rho_S - C_{Ai}} = \sqrt{\pi} \delta \{\operatorname{erf}(y_1-\delta) + \operatorname{erf}(\delta)\} \exp(\delta^2) \quad (\text{A-20})$$

なお、気液接触時間 t_0 における平均吸収速度は次式で示される。

$$\bar{N} \sqrt{t_0} = \frac{2\rho_S}{\rho_S - C_{Ai}} \frac{C_{Ai} \sqrt{D_A} \exp(-\delta^2)}{\sqrt{\pi} \{\operatorname{erf}(y_1-\delta) + \operatorname{erf}(\delta)\}} \quad (\text{A-21})$$

[謝 辞] 本研究にご助力いただいた九州大学工学部 篠原久教授に深く感謝いたします。

Nomenclature

a	= thermal diffusivity	[cm ² /sec]
C	= concentration	[mol/cm ³]

D	= diffusivity	[cm ² /sec]
ΔH_S	= heat of solution	[cal/mol]
ΔH_R	= heat of reaction	[cal/mol]
k	= thermal conductivity	[cal/cm·sec·°C]
L_e	= Lewis number	[—]
l	= length of liquid jet	[cm]
r	= ratio of diffusivity ($=D/D_A$)	[—]
T	= temperature	[°C]
ΔT	= difference between T_i and T_0	[°C]
t	= time	[sec]
t_0	= exposure time of liquid to gas	[sec]
v^*	= volumetric average velocity of the liquid phase	[cm/sec]
x	= distance in the direction of transfer	[cm]
y	= dimensionless distance ($x/2\sqrt{D_A t}$)	[—]
δ	= dimensionless velocity ($v^*/\sqrt{D_A/t}$)	[—]
ρ_s	= molal density of solution	[mol/cm ³]

<Subscripts>

A, B, E, P = SO_2 , OH^- , SO_3^{--} , HSO_3^-

I, II, III = diffusion region

i	= gas-liquid interface
0	= main body of liquid
1, 2	= reaction plane
m	= m region

Literature cited

- 1) Chiang, S. H. and H. L. Toor: *AIChE J.*, **10**, 398 (1964)
 - 2) Hikita, H., S. Asai, Y. Himukashi and T. Ishiware: *Kagaku Kōgaku*, **32**, 278 (1968)
 - 3) Hikita, H., S. Asai and T. Tsuji: *AIChE J.*, **23**, 538 (1977)
 - 4) Ikemizu, K., K. Sasaki, S. Morooka, Y. Kato and H. Shinohara: *Kagaku Kagaku Ronbunshu*, **4**, 273 (1978)
 - 5) Ikemizu, K., S. Morooka, Y. Kato and H. Shinohara: *Kagaku Kagaku Ronbunshu*, **4**, 277 (1978)
 - 6) Kobayashi, T., H. Inoue and S. Yagi: *Kogyo Kagaku Zasshi*, **70**, 126 (1967)
 - 7) Maeda, T.: M. Eng. Thesis, Dept. of Chem. Eng., Kyushu Univ. (1970)
 - 8) Ponter, A. B., S. Vijayan and K. Craine: *J. Chem. Eng. Japan*, **7**, 225 (1974)
 - 9) Verma, S. L. and G. B. Delancey: *AIChE J.*, **21**, 96 (1975)
- (1977年9月30日受理; 化学工学協会第42年会(広島, 1977年4月)にて発表)

Measurements of Gas-Liquid Interfacial Temperature in Gas Absorption with Heat Generation

Kiyoshi Ikemizu, Shigeharu Morooka and Yasuo Kato

Faculty of Eng., Kyushu Univ., Fukuoka 812

Gas-liquid interfacial temperatures of a liquid jet were measured for the gas absorption systems of NH_3 gas- HNO_3 , HCl and H_2SO_4 aqueous solutions and SO_2 gas- NaOH aqueous solution, using a traversing thermocouple with a tip thickness of 20 μm .

For the physical absorption of NH_3 gas- H_2O , the interfacial temperature rises are independent of the distance from liquid jet nozzle to liquid receiver at each constant liquid bulk temperature, but decrease gradually with increase in liquid bulk temperature.

The measured interfacial temperature rises agree well with the calculated values based on an assumption that the heat of solution and the heat of reaction were released at the interface and the reaction plane, respectively, over the concentration range of 0 to 3 mol/l for the NH_3 gas-acid solution systems and the range of 0 to 1.5 mol/l for the SO_2 gas- NaOH solution system.