

采用 Lewis 槽对 W/O 乳状液与料液相界面间传质阻力的测定^{*}

蒋元力 高广颖 吴增刚

(郑州工业大学化工系)

王子镐 傅举乎

(北京化工大学化工学院, 100029)

摘 要 本文采用了研究液-液界面传质阻力较为行之有效的 Lewis 槽, 对乳化液膜传质过程中表面活性剂层的传质阻力进行了研究。本文对所采用的 Lewis 槽进行了改进, 使之更为符合乳化液膜萃取槽的构型, 以期达到完整描述乳化液膜各层传质阻力的目的, 可为乳化液膜传质过程的进一步理论探讨提供重要的实验参数。

关键词 乳化液膜; Lewis 槽; 传质

中图分类号 O 654.16

0 引言

在研究乳化液膜传质分离过程中, 由于表面活性剂分子要在油-水相界面上吸附及定向排列, 使得在界面上形成一层致密的膜。一方面该膜的弹性和牢固程度决定了乳化液膜的稳定性; 另一方面该膜又会对传质产生一定的阻力。

前人对于表面活性剂在相界面上给传质造成的影响曾进行了多方面的研究, Ghanem^[1]曾研究了邻苯二甲酸二乙酯在通过十六烷-水相界面迁移时, 吸附胶体膜对传递所造成的阻碍作用。Surpuriya^[2]对两种离子表面活性剂体系中溶于胶团的甾醇通过油-水相界面时的传质阻力进行了研究。Yotsuyangi^[3]则对溶质扩散通过油-水乳状液相界面时的扩散阻力进行了理论分析。至于(W/O)/W型乳化液膜体系中乳-水相界面上表面活性剂层所造成的传质阻力, 顾忠茂和 Wasan^[4,5,6]采用了一种改进的 Lewis 槽, 以一种类似煤油的烃类化合物作为膜相, ECA 4360(一类非离子聚胺类表面活性剂)为乳化剂, D2EHPA(P204)作为载体来研究萃取 Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} 等金属离子过程中, 表面活性剂层对传质阻力所造成的影响。而 Chan 和 Lee^[7,8]则采用了类似的方法对表面活性剂层传质阻力进行了测定, 并认为只有考虑表面活性剂层对传质所造成的影响才能真实反映乳化液膜的传质机理。Borwanker 等^[9]在研究乳化液膜体系内相渗漏对传质造成的影响时, 将表面活性剂阻力与外相边界层传质阻力合并, 通称之为“膜外相阻力”, 并在其传质模型中以一种边界形式表示出来。

总之, 研究乳化液膜传质过程不可忽视表面活性剂传质阻力, 而研究该传质阻力项较为行之有效的方法则需采用 Lewis 槽对其进行分析、测定。但是前人所述工作要么不是针对(W/O)/W液膜体系, 要么所用 Lewis 槽与实际搅拌萃取槽存在构型差异。本文将采用一种

^{*} 国家自然科学基金资助项目

收稿日期: 1997-04-04

改进的、更为符合乳化液膜萃取槽构型的 Lewis 槽对乳化液膜体系的相界面间传质进行研究,以期达到完整描述乳化液膜各层传质阻力的目的。

1 实验装置及测定方法

如图 1,该 Lewis 槽的直径为 10cm,高为 8cm,中间则被一块具有八个直径为 2cm 圆孔的环形板(聚四氟乙烯)隔开,所以开孔总面积为 25.1cm^2 。鉴于前人^[5]工作中环形挡板与乳化液膜萃取过程采用的标准构型槽不符,故我们采用了四块宽为 1cm 的直形挡板。为了使得 Lewis 槽中的流体力学条件与萃取搅拌槽中达成一致^[10],两相搅拌桨的直径均为 3.5cm,搅拌方向相反。搅拌桨仍采用六平片涡轮式,搅拌转速由一种变速马达控制(上海同济大学机电厂)。

与前人^[5]不同,我们将高速搅拌下已制得的乳状液置于上层槽,而不是仅装入构成膜相的有机溶剂。W/O 乳状液的构型与真实萃取过程中的完全一致,即膜相含有表面活性剂(Span⁸⁰,L113B)及载体(TBP,TOA),内相中有洗脱剂 Na_2CO_3 。而下层槽则置入含有乳酸的稀溶液。由于取样孔在侧壁环形板开孔处,并可抽拉,所以取样时基本不影响槽内的流态。从乳状液中取出的样品采用高速离心破乳,然后测定其内外相中已萃取的溶质浓度。

2 数据处理模型的提出

溶质自料液传递至乳状液内水相过程中,外相传质阻力 r_L 集中于外相边界层中;表面活性剂层传质阻力 τ ;膜相扩散阻力 r_m 。设传递过程中总传质阻力为 R_w :

$$R_w = r_L + r_i + r_m \quad (1)$$

所以总传质系数与各相传质系数具有如下关系:

$$\frac{1}{k_w} = \frac{1}{k_L} + \frac{1}{k_i} + \frac{1}{\alpha k_m} \quad (2)$$

上式中 k_w, k_L, k_i, k_m 分别表示总传质系数,外相边界层,表面活性剂层及膜相传质系数。 α 为溶质在外相与膜相间的分配系数。根据物料衡算:

$$V_{eo}dC_e = k_w A dt (C_i - \alpha C_{et}) \quad (3)$$

$$C_i = C_o - \frac{V_e}{V_c + V_m} C_{et} \quad (4)$$

上式中下标 0 表示起始态,此式取 $V_e = (V_i + V_m)$,所以将式(4)代入式(3),然后积分得:

$$\begin{aligned} k_w &= \frac{V_{eo}}{A t} \int_0^{C_{et}} \frac{dC_e}{C_o - (1 + \alpha) C_{et}} \\ &= \frac{V_{eo}}{A t (1 + \alpha)} \ln \frac{C_o}{C_o - (1 + \alpha) C_{et}} \end{aligned} \quad (5)$$

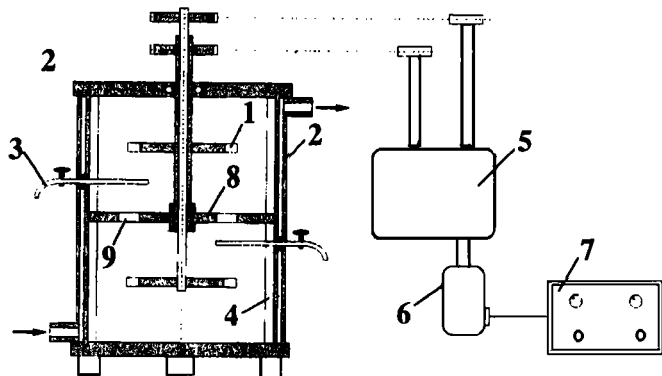


图 1 Lewis 槽测定表面活性剂层传质阻力装置流程图

1 搅拌桨 2 保温夹套 3 取样管(可伸缩) 4 挡板
5 减速箱 6 电机 7 可控硅整流器 8 环形挡板 9 板孔

上式中下标“1”表示终态。 A 为槽孔总面积, V_{∞} 为外相起始体积, C_0 为内水相中起始态浓度, 据此即可计算出 t 时刻的总传质系数。

在给定的上层转速下, 改变下层转速, 并将总传质阻力 R_w 与该转速的倒数关联, 然后将其关联线反向延长至 $1/N_{r2}=0$ 时, 可以假定此处水相中的传质阻力 $r_l \approx 0$, 所以由截距得为 $R_w = r_i + r_m$ 。同样改变上层转速而固定下层转速, 可得出 $1/N_{r1}=0$ 时, $r_m \approx 0$, 而 $R_w = r_i + r_l$ 。要得出乳化液膜体系的表面活性剂层传质阻力, 要求给定转速相等时, 联立上述方程式, 即可得出该速下的表面活性剂层传质阻力。见图 2(a) 和 (b)。

3 测定结果与讨论

根据乳化液膜体系自身的特点, 分别配制了含 2wt%, 4wt% 及 6wt% Span80 的乳状液, 在 300rpm 下测得界面传质阻力为 $4.65 \times 10^4 \text{ s/m}$, 而且 3 种浓度下该值基本一致, 说明一旦表面活性剂在界面上达到饱和和吸附, 就会在界面上形成一层致密的膜, 尽管加入过量的表面活性剂, 对该膜的影响也不大, 即界面传质阻力趋于一共同值。同样 2wt%, 5wt% 浓度下 L113B 所配制的乳状液, 在 300rpm 下测得的界面传质阻力为 $6.26 \times 10^4 \text{ s/m}$, 而且两种浓度下该值仍为一致。后者较 Span80 的传质阻力大的原因应当是分子量及分子结构等因素使得 L113B 在界面上的排列更加整齐、致密从而造成较大的传质阻力, 这一解释也是同文献[5]相一致的。

符号说明

- A 槽孔总面积, m^2
- α 溶质在外相与膜相间的分配系数
- C 溶质的浓度, mol/m^3
- K 传质系数, m/s
- N_r 搅拌转速, rpm
- R 总传质阻力, s/m
- r 传质阻力, s/m
- t 时间, s
- V 体积, m^3

下标

- 0 初始态
- e 外相
- i 表面活性剂层
- m 膜相

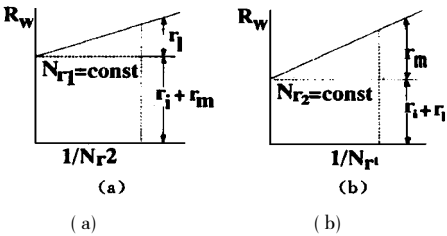


图 2 测定界面阻力实验方法的图解说明

参 考 文 献

- ¹ Ghanem, H · Higuchi, W · I · and Simonelli · A · P · *J · Pharm · Sci* · 58(2) , 165, 1969
- ² Surpuriya, V · and Higuchi, W · I · *J · Pharm · Sci* · 61(3) 3751972
- ³ Yotsuyangi, T · Higuchi, W · I · and Ghanem, H · J · *Pharm · Sci* · 62(1) 411973
- ⁴ 顾忠茂, 张鹤飞, Wasan, D · T · 黎念之 · 化工学报 · 1, 1, 1986
- ⁵ Wasan, D · T · , Gu, Z · M and Li, N · N · *Faraday Discuss Chem · Soc* · 77, 67, 1984
- ⁶ Gu, Z · M , Wasan, D · T · and Li, N · N · *Sep · Sci · Technol ·* , 28(7 - 8) , 599, 1985
- ⁷ Chan, C · C · and Lee, C · J · , *Chem · Eng · Sci ·* , 42(1) , 83, 1987
- ⁸ Lee, C · J · and Chan, C · C · , *Ind · Eng · Sci ·* , 42(1) , 83, 1990
- ⁹ Borwanker, R · P · , Chan, C · C · Wasan, D · T · et al · *AIChE J* · 34(5) , 753, 1988
- ¹⁰ Stowe, L · R · and Shaeiwitz, J · A · *Chem · Eng · Commun ·* 11, 17, 1981

Measurement of the Mass Transfer Resistance between W/O emulsion and External Phase in Liquid Surfactant Membranes with an Improved Lewis Cell

Jiang Yuanli Gao Guangying Wu Zenggang
(Zhengzhou University of Technology, 450002)

Wang Zihao Fu Jufu

(Institute of Chemical Engineering, Beijing University of
Chemical Technology, 100029)

Abstract An improved Lewis cell is utilized to measure the mass transfer resistance between the (W/O) emulsion and the external phase in liquid surfactant membranes (LSMs) · The structure of this Lewis cell is more similar with that of the real extraction vessels during extraction with LSMs since this cell is very suitable for the study of the phase mass transfer · Therefore, the measuring results may offer some useful basic data for the further exploration of the mass transfer mechanisms of LSMs

Keywords liquid surfactant membrane; Lewis cell; mass transfer