

金網翼 攪拌機의 液-液系 多段抽出 裝置에의 活用

姜 雄 基* · 都 東 變*

The Screen Blade Impeller in a Multi-stage Column Extractor

*Woong ki Kang · *Dong Sup Doh

Dept. of Chem. Eng., Korea Univ.

Abstract

The screen blade impeller was compared with the flat blade impeller in a four stage counter current column extractor, where nicotine in water (drop phase) was extracted by kerosene (continuous phase).

The extraction efficiency was measured as a function of the impeller rotation, the flow rate, and the screen opening. The drop size and the drop hold-up were also measured and the results were correlated with the impeller rotation.

Through this investigation, it could be concluded that, when the same power consumed, the screen blade is more effective than the flat blade in the extractor. The above conclusion was well interpreted with the experimental results for the drop size and the hold-up.

1. 緒 論

液體攪拌에 使用되는 가장 보편적인 장치는 넓은 粘度範圍에 걸쳐 使用 가능한 flat blade turbine impeller 이다. 따라서 이 장치에 대한 所要動力¹⁻³⁾, flow pattern, 排出流量과 turbulence, system geometry 등⁴⁻⁸⁾에 관해서는 많은 研究와 詳細한 文獻이 있다.

그러나 turbine impeller 를 抽出操作에 使用하는 경우에는 多段인 경우가 보통이다. 특히 希土類나 高分子物質의 抽出에는 30 段以上の 多段抽出을 해야 할 경우도 있다. 最近 이러한 多段抽出장치로서 Pulse column⁹⁻¹⁰⁾, Scheibel extractor¹¹⁻¹³⁾, rotating disk contactor¹⁴⁾ 등이 開發되어 많이 使用되고 있으나 이것들을 각각 큰 規模의 操業에 不適合, 裝置의 複雜性, 高回轉速度 등의 短點들을 가지고 있다.

上記抽出장치들의 短點을 補完하고 抽出效率를 높일 目的으로 最近, screen blade turbine impeller 가 開發

되어 이에 대한 所要動力^{15,16)}, 混合時間 및 逆混合 등의 기초 研究결과가 이미 發表되었다.

본 연구에서는 위의 기초연구결과를 토대로 하여 4 段連續抽出實驗을 하였고, 이와 並行하여 分散相의 drop size 와 hold-up 을 측정하여 flat blade turbine 의 경우와 比較함으로써 screen blade turbine 의 우수성을 종합적으로 검토하였다.

연속추출의 使用된 液體로는 water-nicotine-kerosene 의 三成分系이고, 分散相의 drop size 測定에는 interfacial polycondensation 의 原理를 適用하였다. 또 分散相의 hold-up 測定은 連續상의 體積變化의 관측에 의한 在來의 方法을 택하였다. Turbine impeller 의 종류로는 flat blade, 50 mesh 및 12 mesh screen blade 의 세 가지를 使用하였다.

2. 實驗裝置 및 方法

(1) Drop size

液-液抽出의 分散相의 drop size 측정에는 몇가지 方

*高大理工大 化學工學科

법이 있으나 본 연구에서는 morgan 等¹⁷⁾ 이 提案하고 madden 等¹⁸⁾ 이 行한 interfacial polycondensation의 原理를 適用하였다. 이들은 槽內에 물과, sebacyl chloride를 CCl_4 에 희석시킨 溶액을 넣고 攪拌하면서 分散시킨 다음, hexamethylene diamine의 70% 수용액 少量을 순간적으로 注入한다고 했으나, 이렇게 하면, chloride 相과 수용액과의 比重差가 너무 크기 때문에 잘 分散되지 않는다. 또한 注入한 hexamethylene diamine이 分散相의 drop 表面 全體와 同時에 接觸되기 어렵기 때문에 drop 表面 全體가 nylon 6-10 film으로 굳어지기前 깨어지는 경향이 있다.

따라서 본 실험에서는 丹筒型攪拌槽內에 hexamethylene diamine의 40% 수용액을 넣고 impeller를 所要 回轉速度로 回轉시키면서 sebacyl chloride를 CCl_4 와 kerosene의 혼합액에 희석시킨 溶액 少量을 순간적으로 注入한후 2~3分間 교반을 계속한다. 이 희석溶액의 組成은 Volume %로 sebacyl chloride 22%, CCl_4 20%, kerosene 58%이다. 이때 分散相인 sebacyl chloride 溶액 表面에는 nylon 6-10의 膜이 形成되므로 이렇게 表面이 굳은 分散相은 연속상과 쉽게 분리시킬 수 있다. 분리된 droplet들을 사진촬영한 후 平均徑을 측정한다.

(2) Hold-up

分散相의 hold-up 측정은 연속추출장치내에서 分散相의 流入, 流出을 停止상태에서 定한 所要流量으로 하였을 때 連續相의 체적팽창율로부터 分散相의 hold-up을 算出하는 再來方法에 의하였다. 分散相의 流量範圍는 50 ml/min부터 250 ml/min 이고 impeller의 回轉範圍는 600 r. p. m. 까지이다.

(3) 多段抽出

본 실험에 사용한 water-nicotine-kerosene 系의 연속추출장치는 Fig. 1과 같다. 100 p. m.의 nicotine 溶액은 tank A로부터 중력에 의하여 valve B와 rotameter C를 거쳐 column 上部의 distributor D를 통하여 column 內에 流入되어 下降한 후 出口 E를 통하여 밖으로 流出된다. 한편 kerosene은 tank G로부터 역시 중력에 의하여 valve H와 rotameter I를 거쳐 column 下部의 distributor J를 통하여 column 內에 流入되어 上昇한 후 出口 K를 통하여 밖으로 流出된다.

Nicotine 溶액 및 kerosene의 流量은 각각 valve B 및 H에 의하여 조절되고 界面의 level은 valve F에 의하여 조절된다.

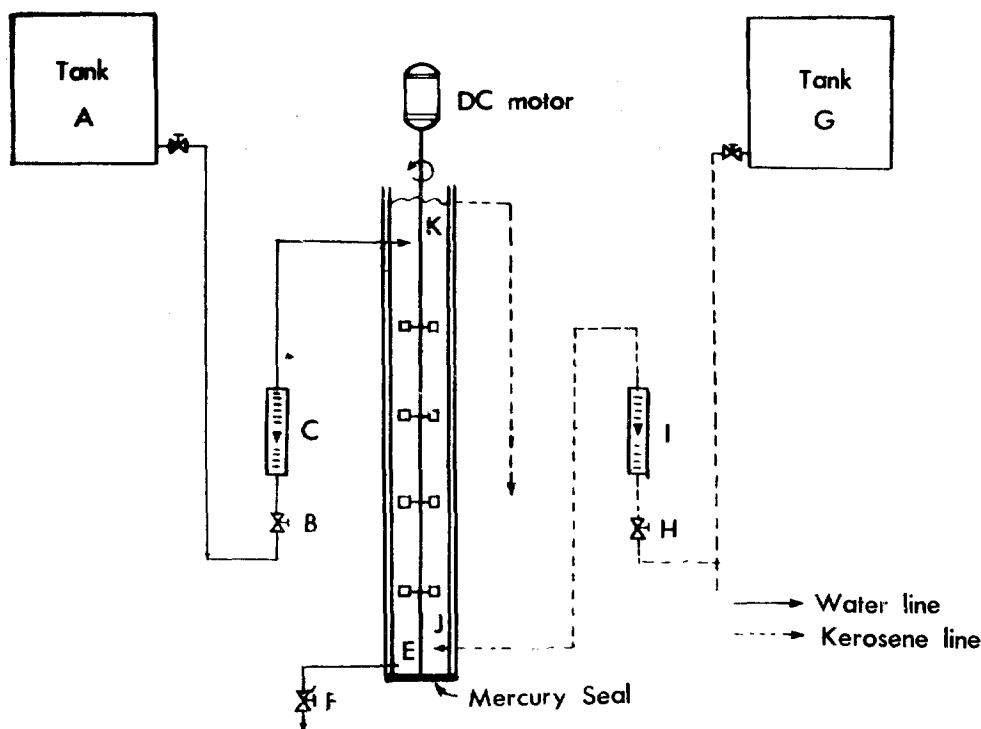


Fig. 1. Extraction Equipment

Column 및 impeller의 dimension은 Table 1에 표시된 바와 같다.

Table 1. Dimension of Extraction Apparatus

Diameter of column (glass)	2 inch
Length of column	22 inch
Number of impeller	4
Distance between two impellers	3 inch
Diameter of impeller	1 inch
Width of impeller blade	$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$ inch
Width of baffle	$\frac{1}{6}$ inch

3. 實驗結果 및 考察

(1) Drop size

Impeller의 回轉速度에 대한 分散相의 drop size를 측정 한 결과는 Fig. 2와 같다.

Drop size는 impeller의 回轉速度가 증가할 수록 작아지며 一定한 回轉速度下에서는 flat blade의 경우가 screen blade의 경우 보다 작다. 그러나 回轉速度가 증가함에 따라 drop size의 差異는 減少하여 500 r. p. m. 以上에서는 거의 일치함을 알 수 있다.

Fig. 3은 drop size를 所要動力에 대하여 plot 한 결과이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 一定한 動力下에

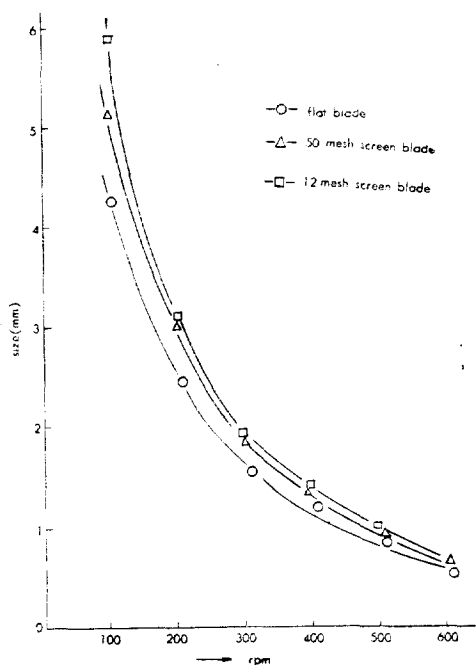


Fig. 2. Drop Size vs. Impeller Rotational Speed

서의 drop size는 flat blade, 50 mesh, 12 mesh screen blade의 順으로 작아진다. 또한 動力증가에 대한 drop size의 減少는 blade의 종류에 관계없이 所要動力의 0.35乘에 比例함을 알 수 있다.

(2) Hold-up

물을 分散相으로 하고 kerosene을 連續相으로 하여 分散相의 流量을 넓은 범위에 걸쳐 變化시키면서 그때의 分散相의 hold-up을 측정하였다. Fig. 4 및 Fig. 5는 流量이 각각 150 ml/min 및 200 ml/min의 경우를 impeller의 回轉速度의 變化에 대하여 plot 한 것이다. Fig. 4와 Fig. 5를 보면 flat blade의 경우가 screen blade

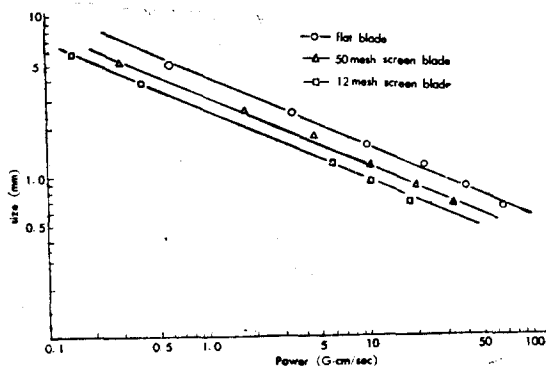


Fig. 3. Drop Size vs. power Consumption

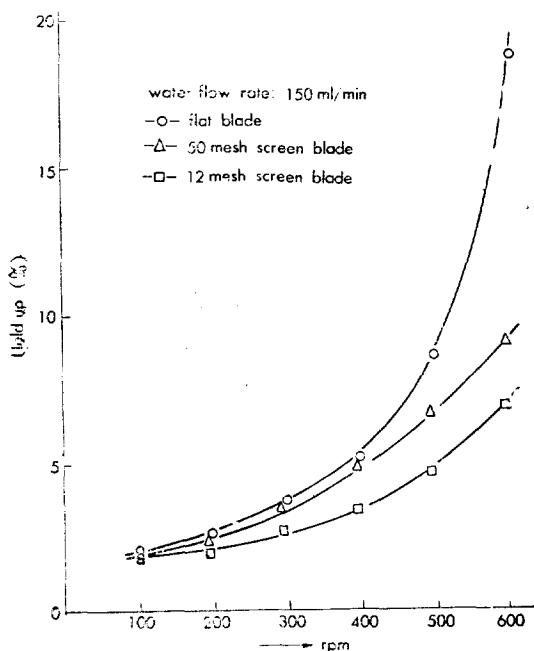


Fig. 4. Drop Hold up vs. Impeller Rotational Speed

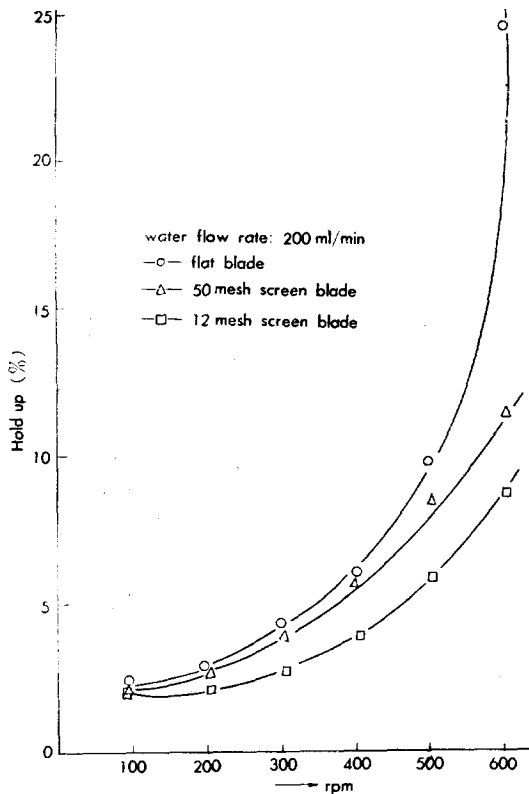


Fig. 5. Drop Hold up vs. Impeller Rotational Speed.

의 경우보다 hold-up이 크고, 더욱이 低回轉에서 보다 高回轉 일수록 그 差異가 점점 커짐을 보여주고 있다. 이 결과를 drop size인 경우의 Fig. 2와 比較하여 보면 正반대의 현상을 나타내고 있다.

이 實事는 다음과 같이 설명할 수 있다.

Flow pattern이 동일한 두개의 장치내에서는 分散相의 drop size가 작을수록 hold-up은 커지고 drop size가 같으면 hold-up도 같아져야 할 것이지만 flow pattern이 相異한 장치내에서는 반드시 그렇지는 않다. 既報¹⁶⁾에서 flat blade와 screen blade turbine impeller의 flow pattern 연구의 하나로 back mixing의 정도를 조사한 결과 flat blade가 훨씬 크다고 밝힌바 있다. Fig. 2와 Fig. 4 또는 Fig. 5와의 比較에서 drop size는 600r. p. m. 전후에서 그 差異가 점점 減少됨에 反하여 hold-up은 그 差異가 점점 顕著해지고 있는 것은 flat blade turbine의 back mixing이 훨씬 크다는 事實을 잘 설명해주고 있다.

(3) 多段抽出

Water-nicotine-kerosene系の 연속추출결과는 Fig. 6

및 Fig. 7과 같다. Fig. 6 및 Fig. 7은 kerosene을 연속 상으로 하였을때 nicotine의 100 p. p. m. water solution에서 부터 nicotine이 kerosene에 의하여 抽出된 量을 所要動力에 대하여 plot한 것이다.

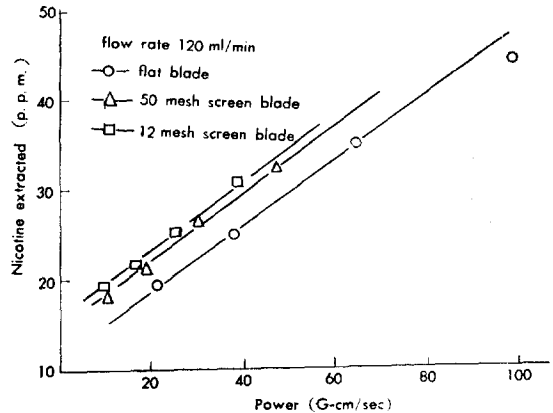


Fig. 6. Drop Hold up vs. Impeller Rotational Speed

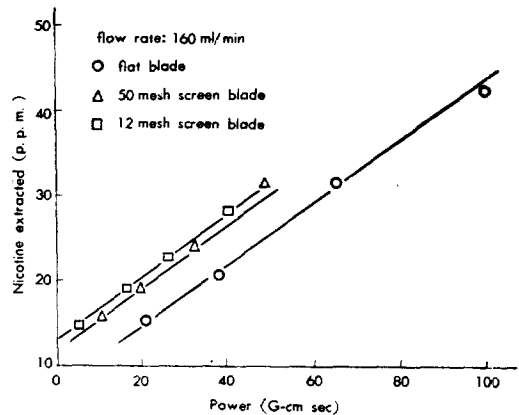


Fig. 7. Nicotine Extracted vs. Power Consumption

連續相의 流量과 分散相의 流量은 서로 같도록 하였으며 Fig. 6은 120 ml/min의 경우이고, Fig. 7은 160 ml/min의 경우이다.

이 결과는 drop size의 경우와 비슷한 경향을 나타낸다. 즉, 一定한 所要動力下에서의 抽出效果는 screen blade가 flat blade보다 훨씬 우수하며 二種의 screen blade 사이에는 별 차이가 없다.

(4) 總括物質移動係數

연속추출 결과値와 Caffey等¹⁹⁾이 報告한 平衡價로부터 물속의 nicotine 농도를 基底로한 overall mass transfer coefficient를 算出하여 impeller의 所要動力에 대

하여 plot 한 것이 Fig. 8 및 Fig. 9 이다. 이 그림 둘에서 一定한 所要動力下에서 screen blade의 mass transfer coefficient가 flat blade의 그것보다 더 크고 두개의 screen blade間에는 거의 差異가 없는 것은 drop size 및 연속多段抽出의 測定결과와 비슷하다.

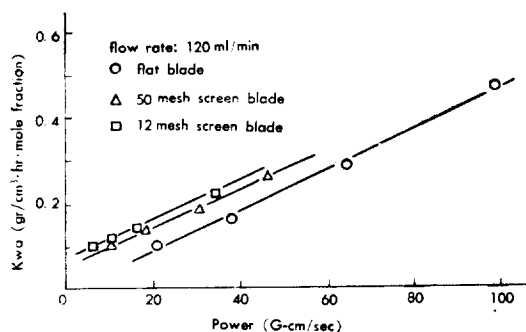


Fig. 8. Mass Transfer Coefficient vs. Power

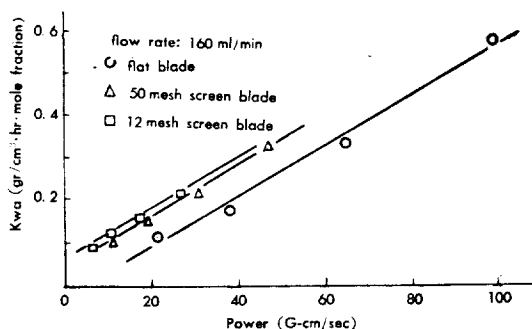


Fig. 9. Mass Transfer Coefficient vs. Power

따라서 screen blade turbine impeller는 在來의 flat blade turbine impeller에 比하여 液體攪拌, 液體混合 및 多段 液-液抽出裝置로서의 우수성이 確認되었다.

4. 結 論

Flat blade turbine impeller와 二種의 screen blade turbine impeller로 液-液系를 攪拌했을 때의 分散相의 drop size 및 hold-up을 測定하고, water-nicotine-kerosene系の 多段抽出을 한결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 分散相의 drop size는 impeller의 同一한 回轉速度下에서는 flat blade의 경우가 screen blade의 경우보다 작으나 回轉速度가 증가할 수록 그 差異는 감소하며, 同一한 動力下에서는 반대로 flat blade, 50 mesh, 12 mesh screen blade의 順으로 작아진다.

(2) Flat blade의 심한 back mixing 때문에 分散相의 hold-up은 오히려 flat blade의 경우가 screen blade의 경우보다 훨씬 크다.

(3) 多段抽出時의 抽出결과가 drop size의 경우와 같은 경향을 나타낸다. 즉, screen blade turbine impeller의 抽出効率が flat blade turbine impeller의 그것보다 훨씬 높고, 二種의 screen blade間에는 mesh number에 거의 無關하다.

(4) Nicotine 수용액의 농도를 基底로 하여 算出한 總括物質移動係數의 결과도 drop size나 多段抽出의 결과와 같은 경향을 나타낸다.

따라서 screen blade turbine impeller는 液體攪拌 液體混合 또는 多段抽出에 効率的으로 活用할 수 있는 裝置이다.

參 考 文 獻

1. Holland, F.A. and F.S. Chapman, "Liquid mixing and Processing in Stirred Tank", Reinhold Pub. Corp. (1966).
2. Chapman, F.S. and F.A. Holland, Trans. *Instn. Chem. Engrs.*, **43**, 131 (1965).
3. Rushton, J.H. and J.Y. Oldshue, Chem. Eng. Prog. Symp. Ser., **55**, No. 2, 181 (1959).
4. Cooper, R.G. and D. Wolf, *Can. J. Chem. Eng.*, **45**, 197 (1967).
5. Cooper, R.G. and D. Wolf, *ibid*, **46**, 94 (1968).
6. Marr, G.B. and E.F. Johnson, *A.I.Ch.E.J.*, **9**, 383 (1963).
7. T. Mizushima, et al, *Kogaku (Japan)* **35**, 471 (1971).
8. Wolf, D. and F.S. Manning, *Can. J. Chem. Eng.*, **44**, 139 (1966).
9. Mar, B.W. and A.L. Babb, *Ind. Eng. Chem.*, **51**, 1011 (1959).
10. Foster, H.R. Jr., R.E. McKee and A.L. Babb, *Ind. Eng. Chem. Process Design and Develop.*, **9**, 272, (1970).
11. Scheibel, E., *A.I.Ch.E.J.*, **2**, 74 (1956).
12. Pollock, G.G. and A.I. Johnson, *Can. J. Chem. Eng.*, **47**, 565 (1966).
13. Pollock, G.G. and A.I. Johnson, *ibid*, **48**, 64 (1970).
14. Strand, C.P., R.B. Olney and G.H. Ackerman,

- A. I. Ch. E. J.*, 8, 252 (1962).
15. Kim, Y. E., K. Y. Shin and W. K. Kang, *J. of K. I. Ch. E.*, 5, 209 (1967).
 16. Doh, D. S., *ibid* 8, 212 (1970).
 17. Morgan, P. W. and S. L. Kwolek, *J. of Polymer Sci.*, 40, 299 (1959).
 18. Madden, A. J. and B. J. McCoy, *Chem. Eng. Sci.*, 19 506 (1964).
 19. Claffey, J. B., C. O., Badgett, J. J. Skalamera and G. W. M. Phillips, *Ind. Eng. Chem.*, 42, 166 (1950).

후 기

본 연구를 수행할 수 있도록 연구장려금을 지급하여
준 연암문화재단에 깊은 감사의 뜻을 표한다.