

Screen Blade Turbine Impeller에 依한 液體混合 第 2 報

金 容 翊* 申 建 容** 姜 雄 基***

A Study of Liquid Mixing on Screen Blade Turbine Impeller (II)

Yong Eak Kim*, Kun Yong Shin**, Woong Ki Kang***

*,** Atomic Energy Research Institute

*** Research Institute of Mining and Metallurgy

The effect of the screen blade turbine impeller on power requirement in stirred mixer was investigated. Power data were measured by the dynamic method. The range of the impeller rotational speed was from 120rpm to 1,540rpm. In an unbaffled system, power data for the three types (of the impeller) are much the same. In a baffled system, power data for the screen blade turbines are much less than the flat blade turbine.

1. 序 論

攪拌機는 크게 3 types로 分類된다. 液體攪拌에 必要한 impeller mixer, pastes나 plastic solids를 爲한 mixer, dry powder를 混合하는데 使用되는 mixer가 있다. Mixing impeller에는 paddle, turbine, propeller의 three types이 있다. 이 中에서도 turbine impeller는 液體의 粘度뿐만 아니라 vessel geometry의 廣範圍한 領域에서 使用할 수가 있다. 주로 flat blade turbine impeller가 많이 應用되고 있는데 screen blade turbine impeller를 使用할 수 있는가의 與否를 究明하려 한다. Mixing process에서 問題가 되는 것은 所要動力과 mixing effect이다. 本實驗에서는 mixing effect를 取扱치 않고 所要動力만을 測定하려 한다. Flat blade turbine impeller, screen blade turbine impeller, disk(without blades)의 境遇 所要動力을 比較測定하여 flat blade와 screen blade의 effect를 究明한다. 그리고 screen blade는 hole이 32 mesh로부터 200 mesh까지 實驗을 하도록 한다.

攪拌機의 所要動力을 測定하는 方法에는 電力計法, turn-table法, 反作用 torque法, Torsion dynamometer法, 差動齒車法 등이 있다.

電力計法은 motor軸에 攪拌軸을 直結하여 motor의 入力을 電力計로써 測定하는 方法이다.

Turn-table法은 回轉臺 위에 攪拌槽를 얹어서 이 槽의 内壁이 液流에 依한 摩擦때문에 받는 torque를 測定하는 方法이다.

反作用 torque法은 motor自體를 軸과 同心으로 回轉할 수 있게 bearing으로 받아서 이 motor의 stator側에 생기는 反作用의 torque를 測定하는 方法이다.

Torsion dynamometer(捩의 動力計)法은 攪拌軸에 걸리는 torsion moment를 測定하는 方法으로서 軸을 一但 切離하여 bearing으로 받아서 上下軸을 spring으로 連結하는 法과 軸 그 自體의 torsion을 測定하는 歪計法이 있다. 差動齒車法(Differential Gear Method)은 Rushton이 使用한 特殊한 動力測定計이다.

이들 方法中에서 電力計法을 應用하여 motor의 入力을 測定키 위하여 volt meter의 ammeter를 連結하고 攪拌에 必要한 所要動力은 電壓과 電流를 乘하여 얻는다($W=I \times V$).

Liquid mixing system에서 所要動力에 關한 基礎理論을 說明하기로 한다. Rushton, Costich, and Everett가 提案한 dimensional analysis에 依해 求한 式을 表示하면

$$N_p = C (N_{Re})^x (N_{Fr})^y \quad (1)$$

方程式 (1)은 liquid mixing system內에서의 所要動力에 對한 一般方程式이다. 式에서

***原子力研究所

***金屬燃料綜合研究所

N_p =dimensionless power number
 N_{Re} =dimensionless Reynold's number

$$\left(= \frac{\rho N D_a^2}{\mu} \right)$$

N_{Fr} =dimensionless Froude number

$$\left(= \frac{N^2 D_a}{g} \right)$$

C =overall shape factor which represents the geometry of the system

x, y =exponents

ρ =liquid density

μ =liquid viscosity

N =impeller rotational speed (r. p. s.)

D_a =impeller diameter

g =gravitational acceleration

方程式 (1)은 다시 Power function ϕ 를

$$\phi = N_p / (N_{Fr})^y = C(N_{Re})^x \quad (2)$$

로 定義 記述할 수 있다.

渦動(vortexing)이 없는 mixing system에서는 重力 加速度는 無視할 수 있다. 即 $y=0$

$$\therefore (N_{Fr})^y = 1$$

$$\phi = N_p = C(N_{Re})^x \quad (3)$$

方程式 (3)으로 부터 foot pound-mass second system 下에서 power number 를 算出하면

$$N_p = \frac{P}{\rho \cdot N^3 \cdot D_a^5} \quad (4)$$

여기서 P =power(ft · pounds/sec)를 表示한다.

Eq. (4)에서 power number N_p 를 計算하려면 動力 P 를 實測하여야 한다. Log-log paper 에 ϕ (or N_p) vs. N_{Re} 를 plot 한 것이 power curve 이다. 한 개의 mixing system 에 對한 power curve 가 求해지면 일일이 power 를 實測치 않고서도 power number 를 알 수 있다. 이 power curve 는 vessel size 에 無關하게 成立한다. 5 Gal 에서 5,000Gal. tank 內에서 成立可能하다.

2. 實驗裝置 및 過程

Mixing tank 는 直徑이 6 inches, 높이가 8 inches 인 Lucite tank 를 使用했고 impeller 는 6—flat blade turbine impeller, 6—rough screen blade turbine impeller, 6—fine screen blade turbine impeller 와 blade 없는 disk, 이렇게 4 types 를 使用했다. Fig. 1 은 이들 impeller 를 나타낸다. Impeller 는 mixing tank 中心에 垂直으로 設置한다.

Mixing tank diameter 의 1/10 의 width 되는 4 개의 垂直 baffle 은 90°角度로 tank 內壁에 設置한다. 이 baffle number 에 關한 것은 Mack 와 Kroll 이 提案한

“Standard Baffling”을 參考하였다. Fig. 2는 Baffles 의 모양을 나타내어 주고 있다.

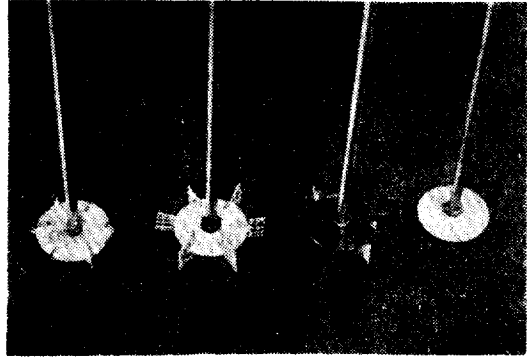


Fig. 1. The picture of the impellers

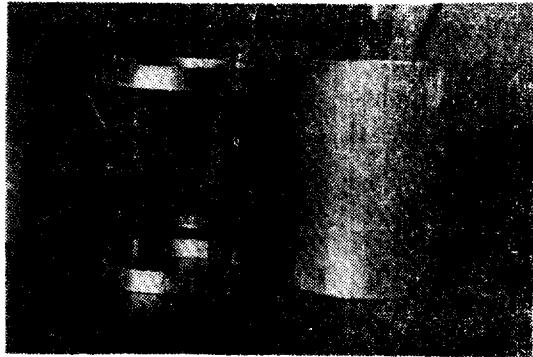


Fig. 2. 4-Baffles and mixing tank

Impeller 를 1/4 H. P. D. C. motor 를 使用하여 回轉시키고 回轉速度는 voltage regulation(0~130V)를 使用하여 調整토록 한다. D. C. ammeter(0~1,000mA) 와 D. C. voltmeter(0~50Volt)를 使用하여 攪拌時 걸리는 voltage 와 ampere 를 reading 하여 記錄한다. Impeller 의 回轉速度는 Asahi hand tachometer(0~10,000 r. p. m.)로 測定한다. Tachometer 의 設置方法은 Fig 3에 있다.

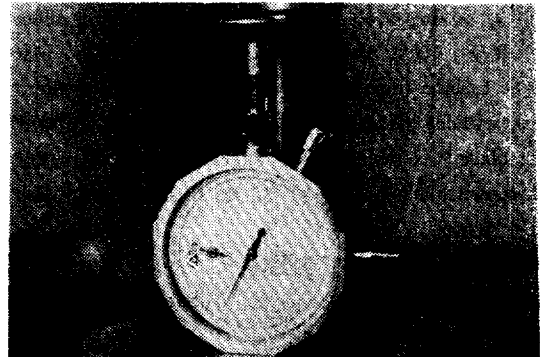


Fig. 3. Asahi hand tachometer installed at the motor shaft

Fig. 4는 全體의 實驗裝置를 表示한다.



Fig. 4. Experimental equipments

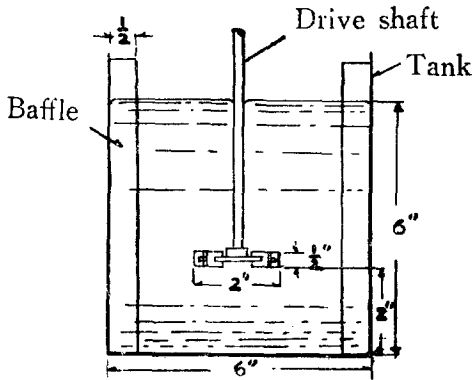


Fig. 5. Schematic diagram of mixing tanks

Mixing tank 에 물을 높이 6 inches 까지 채운 다음 agitator 를 裝置하여 처음에 停止시킨 다음 D.C. volt-meter 와 ammeter 를 點檢(動作與否)한다. 異狀이 없으면 main agitator 를 動作시킨다. Mechanical equilibrium 이 이루어지까지 充分한 時間(約 90sec)을 기다렸다가 各 meter 가 balance 되었을 때 voltage 와 ampere 를 測定(reading)하고 그때의 impeller 回轉速度를 hand tachometer 를 가지고 測定한다. 數次 測定하여 平均한다.

3. 實驗結果

Table 1-1 은 baffle 裝置 안했을 때, Table 1-2 는 4 個의 baffle 을 했을 때의 power data 이다. Impeller rotational speed range 는 120 r.p.m 에서 1,540 r.p.m 사이다. 各各의 graph 는 Fig. 6, Fig. 7 에 表示되어 있다. Mixing 에 소모된 動力은 impeller 의 回轉速度가 增加함에 따라 增加됨을 알 수 있다. Fig. 6 에서는 6-flat blade, 6-rough screen blade, 6-fine screen blade, disk, 이 네 경우에 있어서 baffle 裝置 없을 때의 所要된 動力이 거의 같다는 事實을 表示한다. 結局 baffle 裝置 안한 mixing tank 內에서는 impeller 의 blade 영향이 거의 없음을 나타내주고 있다.

4. Discussion

Fig. 8 은 impeller blade 에 依하여 소모된 動力과

Table 1-1. Agitator Power Without Baffles

6-Flat Blade Turbine		6-Rough Screen Blade Turbine		6-Fine Screen Blade Turbine		Disk (Without Blade)	
Impeller Speed(rpm)	Power (W)	Impeller Speed(rpm)	Power (W)	Impeller Speed(rpm)	Power (W)	Impeller Speed(rpm)	Power (W)
130	0.405	140	0.432	210	0.442	120	0.415
200	0.448	200	0.476	260	0.486	220	0.480
250	0.485	260	0.515	300	0.532	300	0.519
300	0.522	300	0.542	360	0.580	350	0.554
350	0.541	360	0.590	430	0.630	330	0.589
410	0.610	400	0.630	450	0.671	420	0.630
470	0.662	440	0.671	510	0.713	500	0.672
500	0.704	510	0.713	560	0.768	550	0.715
620	0.804	630	0.825	700	1.871	610	0.759
650	0.850	660	0.858	740	0.918	650	0.804
710	0.897	730	0.918	810	0.966	690	0.838
770	0.945	800	0.955	870	1.000	760	0.884
840	0.980	850	1.015	890	1.035	850	0.932
870	1.015	920	1.065	990	1.085	870	0.966
950	1.050	960	1.100	1,050	1.125	950	1.040
1,030	1.085	1,010	1.136	1,110	1.155	1,020	1.100
1,070	1.120	1,080	1.172	1,180	1.190	1,090	1.150
1,120	1.155	1,160	1.207	1,220	1.225	1,130	1.189
1,180	1.207	1,180	1.243	1,280	1.260	1,180	1.250
1,220	1.260	1,270	1.278	1,300	1.295	1,200	1.250

1,300	1.295	1,300	1.314	1,350	1.340	1,240	1.270
1,370	1.365	1,350	1.349	1,390	1.365	1,310	1.330
1,440	1.400	1,370	1.385	1,450	1.400	1,350	1.380
1,500	1.435	1,390	1.420	1,480	1.435	1,410	1.430
		1,450	1.476	1,520	1.470		
		1,500	1.512				

Table 1-2. Agitator Power With 4 Baffles

6-Flat Blade Turbine		6-Rough Screen Blade Turbine		6-Fine Screen Blade Turbine	
Impeller Speed(rpm)	Power (W)	Impeller Speed(rpm)	Power (W)	Impeller Speed(rpm)	Power (W)
120	0.523	120	0.420	210	0.475
130	0.560	130	0.464	250	0.522
180	0.609	200	0.515	290	0.570
210	0.649	240	0.540	340	0.620
220	0.702	280	0.589	370	0.672
260	0.768	330	0.650	390	0.726
330	0.850	360	0.714	430	0.794
230	0.910	390	0.759	460	0.864
360	0.986	420	0.817	500	0.913
380	1.078	440	0.888	530	0.988
430	1.189	470	0.963	550	1.039
470	1.265	510	1.027	580	1.106
490	1.354	540	1.107	620	1.204
520	1.456	560	1.176	650	1.290
540	1.584	580	1.247	690	1.380
570	1.666	600	1.320	710	1.456
590	1.768	630	1.411	740	1.535
600	1.836	670	1.488	770	1.632
620	1.943	700	1.563	780	1.715
650	2.033	720	1.666	810	1.890
660	2.106	730	1.768	850	1.906
680	2.260	770	1.854	870	1.976
710	2.327	800	1.961	900	2.106
720	2.415	830	2.071	930	2.220
740	2.494	850	2.165	950	2.317
760	2.574	880	2.280	970	2.436
770	2.678	900	2.378	990	2.537
800	2.806	920	2.499	1030	2.640
830	2.985	940	2.623	1040	2.745
860	3.144	970	2.728	1090	2.875
870	3.259	990	2.813	1110	2.961
900	3.425	1030	2.944	1140	3.072
930	3.621	1050	3.055	1160	3.185
950	3.768	1070	3.192	1180	3.300
980	3.896	1090	3.308	1210	3.417
1000	4.050	1130	3.425	1240	3.536
1020	4.180	1140	3.545	1260	3.657
1050	4.368	1170	3.640	1280	3.780
1090	4.560	1200	3.763	1310	3.885
1100	4.727	1240	3.942	1330	4.032
1130	4.897	1280	4.125	1350	4.151
1160	5.070	1290	4.228	1380	4.292
1190	5.246	1320	4.332	1400	4.455
1210	5.394	1330	4.495	1410	4.670
1230	5.544	1370	4.632	1450	4.758
1260	5.696	1390	4.770	1470	4.898
1300	5.903	1410	4.880	1500	5.040
1320	6.072	1430	4.991		
1350	6.298	1450	5.134		
1370	6.494	1490	5.312		

1410	6.666	1540	50493
1440	6.860		
1500	7.100		

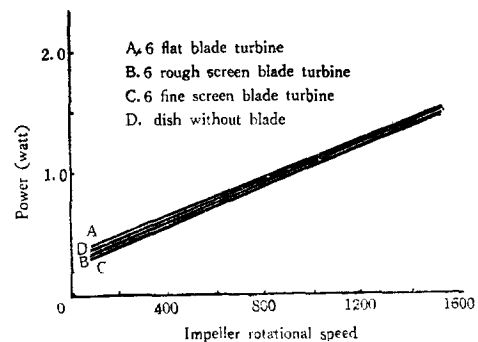


Fig. 6. The power vs impeller rotational speed without baffles

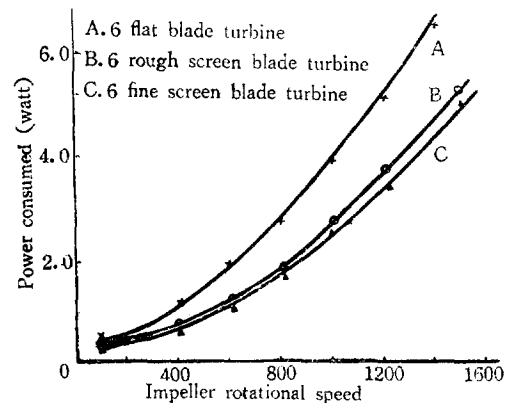


Fig. 7. Power vs impeller rotational speed with 4 baffles

impeller 回轉速度와의 關係를 나타내 주고 있다. 여기서 power data는 Fig. 7에서의 動力値에서 Fig. 6에서의 動力値를 除한 값이다. Single-phase mixing system에서 screen blade turbine을 使用하였을 때의 動力소모가 flat blade turbine을 使用하였을 때에 比하여 훨씬 적다. 그리고 screen의 hole 크기는 32mesh~200

mesh range에서 實驗한 結果 거의 영향을 받지 않음을 알았다. Rushton의 實驗結果와 比較할 때에 power number가 더 컸다. 이는 實驗장치에 있어서 直接 dynamometer를 使用하지 못한 故로 測定誤差가 약간 컸다. 그러나 現在의 目的은 두가지 blade 경우를 比較하는 故로 所要動力에 미치는 effect에는 問題가 되지 않는 것으로 生覺된다. 相對値를 測定하는 故로 測定誤差는 큰 問題가 되지 않을 것으로 생각한다.

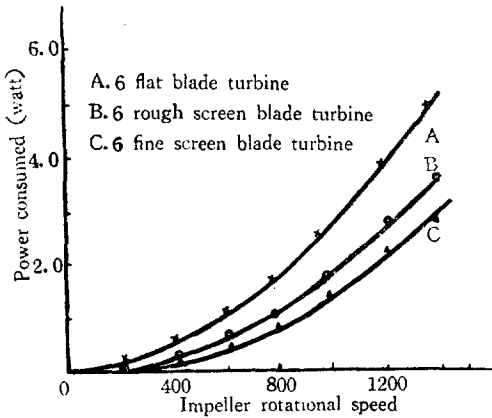


Fig. 8. The net power vs impeller speed

5. Summary

Baffle裝置를 안했을 경우에는 screen blade turbine을 使用하였을 때나 flat blade turbine을 使用하였을 때의 所要動力이 差가 없고 거의 비슷하다. 4個의 Baffle 장치를 한 경우는 screen blade turbine을 使用하였을 때가 flat blade turbine을 使用하였을 때 보다

所要動力이 훨씬 적다. 특히 multi-stage system에서는 screen blade turbine을 使用하면 動力節約을 크게 할 수 있다.

References

- 1) Weber, A. P., Selecting Propeller Mixers, Chem. Eng. Sept. 2, 1963, pp. 91-98
- 2) Weber, A. P., The Design of Commercial Continuous Reactor Systems, Chem. Eng. Progr. Jan. 1953, pp. 26-34.
- 3) Rushton, J. H., Costich, E. W., and Everett, H. J., Chem. Eng. Progr. 46 467 (1950)
- 4) Mack, D. E., and A. E. Kroll : Chem. Eng. Progr. 44 189 (1948)
- 5) F. A. Holland and F. S. Chapman : Liquid Mixing and Processing
- 6) Warren L. McCabe & Julian C. Smith : Unit Operations of Chemical Eng.
- 7) Walter L. Badger and Julius T. Banchero : Introduction to Chemical Eng.
- 8) 永田進治著, 新化學店學講座 VII-2, 攪拌機의 所要動力
- 9) John H. Perry, Chemical Engineering Handbook
- 10) Power requirements and blend-times in the agitation of pseudoplastic fluids, A. I. Ch. E. J. 8 617-20 (1962)
- 11) Analysis of the relation between the degree of mixing and power consumed on mixing liquids, Chem. Stosowana 7 (3) 273-88 (1963)
- 12) Power consumption in helical mixers, Mieczysław, Chem. Stosowana 4 325-57 (1960)