

금망 임펠러를 이용한 기-액 교반조에서의 소요동력

이영세*, 전석일, 현상연, 김응민

경북대학교 응용화학공학부

(ysl@knu.ac.kr*)

Power Consumption in a Gas-Liquid Agitated Vessel Using Wire Gauge Impeller

Young Sei Lee*, Jun Suk Il, Hyun Sang Yeon, Kim Eung Min

School of Applied Chemical Engineering, Kyungpook National University

(ysl@knu.ac.kr*)

I. 서 론

공업적으로 이용되고 있는 화학반응 중에 약 1/4은 산화반응, 수소부가반응 등의 기체와 액체 사이에서 일어나는 반응이다. 그 중 대부분이 교반조형반응기에서 조작[1-6]되어진다. 또한 발효반응 등의 생물화학반응에서도 미생물을 배양하기 위해 산소의 공급이 필요하고 바이오리액트로서 기액교반조가 이용되고 있다.

일반적으로 기액교반에서는 Rushton turbine 임펠러가 이용되고 있는데 Disk turbine 등의 임펠러는 교반시 임펠러 뒷면이 감압되고 통기에 의한 공동이 형성되어 기상의 체적율이 무통기에 비해서 매우 크게 된다. 그 때문에 일종의공회전에 가까운 상태가 된다. 교반소요동력은 무통기시에 비해서 상당히 저하된다. 이와 같은 통기에 의한 동력의 큰폭의 저하는 설계상 바람직하지 않다. 왜냐하면 보통 교반기의 설계에서는 사고 등에 의한 가스의 공급정지에 대비하여 무통기 동력에 맞추어 교반 모터가 선택된다. 그 때문에 통기에 의한 동력저하가 크면 클수록 실질적으로 설비비의 손실이 생기기 때문이다. 그러므로 동력에 관해서는 통기에 의한 저하가 작을수록 보다 바람직하다. 따라서 본 연구에서는 동력저하를 방지하기 위해 금망 임펠러를 이용하여 다른 종류의 임펠러들의 통기동력 특성과 비교하여 금망 임펠러의 통기동력 특성에 미치는 영향을 실험적으로 고찰하였다.

II. 실험 및 장치

2.1 실험장치

본 실험에 사용한 실험 장치를 Fig. 1에 나타내었다. 교반조는 원통조를 이용하였으며 교반조내에 교반조 직경의 1/10의 폭을 지닌 방해판을 4매 설치하였다. 가스는 공기를 사용하고 교반액은 비뉴턴유체인 CMC 수용액을 이용하였으며 액의 온도는 30℃로 일정하게 유지시켰다.

실험에 이용한 임펠러는 금망 임펠러, 금망 임펠러와 같은 크기의 paddle 임펠러 및 Rushton turbine 임펠러 3종류의 임펠러를 이용하였다.

각 임펠러의 형상을 Fig. 2에 나타내었다. 금망 임펠러의 날폭이 70mm로 큰 것은 동일 회전수에서 16mesh의 금망

임펠러의 교반소요동력을 Disk turbine의 동력에 가깝기 때문이다. Fig. 2에 16mesh 금망 임펠러를 WS, 9mesh 임펠러를 WM, 4mesh 임펠러를 WL, 금망 임펠러와 같은 크기의

paddle 임펠러를 L4 Disk turbine 임펠러를 DT라 표기하였다.

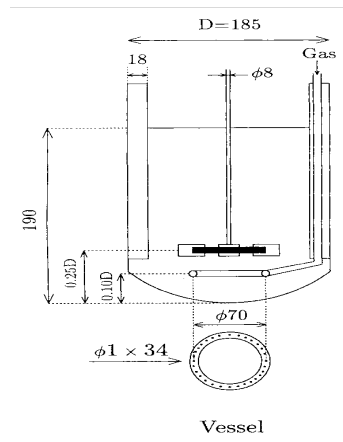


Figure 1. Experimental apparatus for gas-liquid agitation vessel.

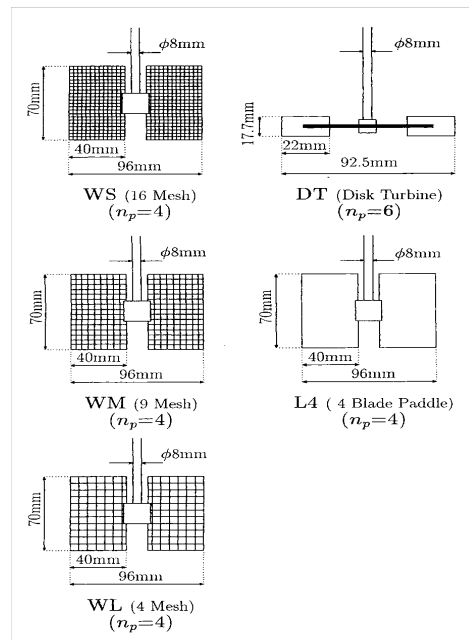


Figure 2. Wire gauge and standard impellers.

2.2 실험방법

본 실험에서 이용한 교반액의 밀도, 점도를 Table 1에 나타내었다. 또한 의소성유체에 대한 점조도와 유동지수를 표에 같이 나타내었다. 그리고 CMC 2.0wt% 수용액과 CMC 3.0wt% 수용액의 겔보기 점도는 각각 0.35[Pa·s] 및 1.50[Pa·s]이다.

Table 1. Value of characteristic for solution at 30°C

solution	density [kg/m ³]	viscosity [Pa · s]	K [Pa · s ⁿ]	n [-]
ion exchange water	996	8.02×10^{-4}	-	-
CMC 1.0wt%	1000	3.84×10^{-2}	-	-
CMC 2.0wt%	1004	-	0.41	0.95
CMC 3.0wt%	1008	-	2.75	0.80

III. 결과 및 고찰

3.1 금망임펠러의 무통기동력

금망임펠러의 무통기동력을 Fig. 3에 나타내었다. 층류영역에서 4매날 paddle 임펠러와 금망 임펠러는 일치하고 mesh의 다름에 의한 차이는 볼 수 없지만 Re수가 크게 될수록 mesh가 작은 임펠러의 동력수가 작게 되고 4매날 paddle 임펠러와의 차이가 분명하게 나타났다. 이것은 Re수가 작은 범위에서는 망눈 사이를 통과하는 흐름이 존재하지 않기 때문에 금망 임펠러도 4매날 paddle 임펠러와 같은 거동을 나타내는 것으로 고찰된다. 그리고 Re수가 크게 됨에 따라서 망눈 사이를 통과하는 흐름이 크게 되기 때문에 금망 임펠러의 동력수는 작아진다. 또한 mesh가 작아짐에 따라서 동력수는 보다 저하된다.

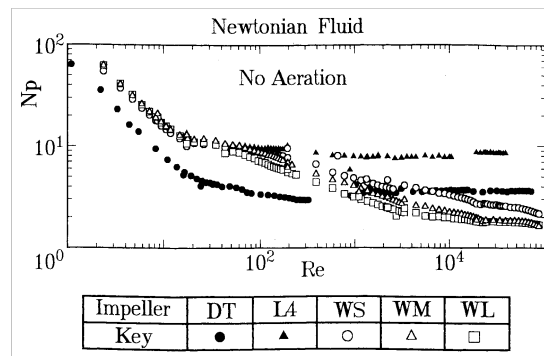


Figure 3. Effect of mesh on power consumption in a baffle vessel.

3.2 통기량의 영향

Disk turbine을 이용하여 통기량 4가지로 일정하게 유지시켜 각각 회전수 N 을 변화시킨 경우를 Fig. 4에 나타내었다. 이 그림으로부터 저회전 영역에서는 통기량이 증가함에 따라서 동력이 조금 저하하는데 회전수가 증가하면 통기량의 차이는 그다지 차이가 없었다. 또한 회전수가 증가함에 따라서 동력은 크게 저하하였다.

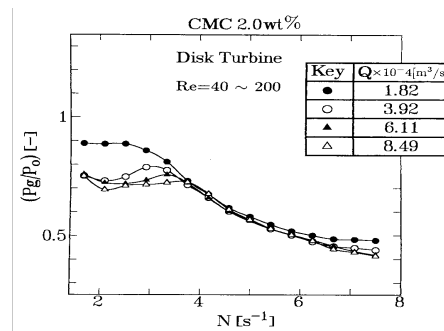


Figure 4. Agitation power input of Disk turbine at gasing condition.

그리고 전이하는 회전수는 통기량이 크게됨에 따라서 보다 큰 회전수인 방향으로 이동하는 것을 알 수 있다. 이것은 스파자로부터 cavity로 공급되는 기체의 양과 토출류에 의해 분산되는 기체량의 발란스에 의존하는 것이라 생각된다. 즉, 공급되는 기체의 양이 작으면 저회전에서 flooding에서 loading으로 전이하지만 공급되는 기체의 양이 많게되면 보다 많은 기체를 토출류로부터 분산하지 않으면 flooding으로부터 loading으로 전이되지 않는다. 그래서 통기량의 증가에 따라서 flooding으로부터 loading으로 전이되는 회전수는 크게 된다.

IV. 결 론

동력저하를 방지하기 위해 금망 임펠러를 이용하여 다른 종류의 임펠러들의 통기동력 특성과 비교하여 금망 임펠러의 통기동력 특성에 미치는 영향을 넓은 레이놀즈수 범위에서 실험적으로 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

금망 임펠러는 Re수 10-1800의 넓은 범위의 비뉴턴유체중 에서도 loading 상태에서 조작할 수 있는데 임펠러 뒷면의 감압상태를 피하면 cavity의 형성을 제어할 수 있기 때문에 paddle 임펠러나 Disk turbine 등에 비해서 통기조건하에서 동력저하가 상당히 작아짐을 알 수 있었다.

참고 문헌

- 1 Bates, R. L., P. L. Fondy, R. R. Corpstein, I&EC Process Design and Development, 2, 310, 1963
- 2 Hixon, A. W. and A. W. Nienow, Chem. Eng. Technol., 16, 102, 1993
- 3 Nagata, S., Mixing; Principles and Applicationa, Kodansha Ltd., p60, 1975
- 4 Nienow, A. W., Chem. Eng. Progress, February, 61, 1990
- 5 Rushton, J. H., W. E. Costich and H. J. Everret, Chem. Eng. Progress, 46, 395, 1950
- 6 Kamei, N., S. Hiraoka, Y. Kato, Y. Tada, H. Sida, Y. S. Lee, T. Yamaguchi and S. T. Koh, Kagaku Kogaku Ronbunshu, 21, 1, 41, 1995
- 7 Metzner, A. B. and R. E. Otto, AIChE J., 3, 3, 1957
- 8 Metzner, A. B. R. H. Feehs, H. L. Ramos and R. E. Otto, AIChE J., 7, 3, 1961