

화학소재 생산용 반응 모듈의 혼합 성능 해석

서정현*(LG 화학 기술연구원), 김유석(LG 화학 기술연구원), 최재훈(LG 화학 기술연구원)

Characterization of Mixing in Reaction Modules for the Production of Chemical Materials

J. H. Seo(LG Chem), Y. S. Kim(LG Chem), J. Choe(LG Chem)

ABSTRACT

Split and recombine type reaction module was made by electrical discharge machining. The reaction module has special features to well mix the two reactants which have high flow ratio or high concentrations difference. It could be achieved by deviding one flow equally by two and inserting second flow in between. The mixing performance was measured by a parallel competing reaction with iodide-iodate system. The result shows that the developed three inlets micromixer has better mixing efficiency than comercialized Y type micromixer.

Key Words : EDM(방전가공), mixer(혼합기), iodide-iodate reaction(요오드화염-요오드산염의 반응)

1. 서론

미세 구조의 혼합기 또는 반응기는 그 구조의 특성상 반응물 간의 확산거리를 매우 짧게 유지시켜 줌으로써 혼합시간을 크게 단축시켜 화합물의 반응 시간을 크게 단축시킬 수 있으며 또한 열 전달 측면에서도 높은 열 전달 효율의 장점을 가지고 있다. 따라서 이러한 특성의 미세 구조의 혼합기는 화학소재 생산용 반응기로 많이 이용되고 있는 추세이다.

미세구조의 혼합기는 그 혼합방식에 따라 두 가지로 구분해 볼 수 있다. 전기나 자기력 등의 외부로 부터의 힘에 의하여 구동되는 혼합 소자를 내재한 능동형 혼합기가 있으며 다른 한가지는 두 개 또는 그 이상의 다른 유체가 혼합될 수 있도록 유로를 설계하거나 유로 내에 혼합을 유도하는 구조물을 설치하는 방식의 수동형 혼합기가 있다.¹ 본 연구에서는 수동형 혼합기를 제작하여 입구 형태를 개선함으로써 반응의 효율을 증대시켰다.

2. 반응 모듈의 제작

반응 모듈 내부의 유로는 좁은 폭과 수십 마이크로 크로의 라운딩 변화를 가지고 있으며 이러한 음각의 유로를 구현하기 위하여 양각의 방전 팁을 이용하여 방전가공을 하였다. 반응모듈의 재질은 부식 저항성이 높은 SUS316 을 사용하였다. 혼합채널은 흐름을 분리하고 재결합시키는 것을 반복하는 형태의 구조를 채택하였다.

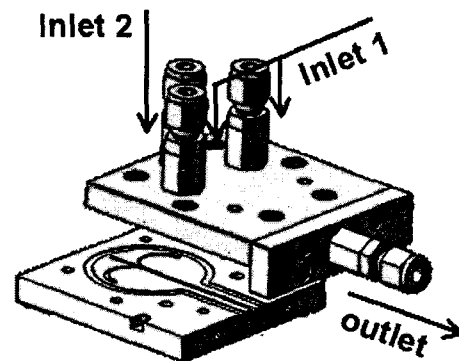


Fig. 1 Split and recombine type micromixer with three inlets.

3. 반응 모듈의 특성 및 성능 평가

제작한 반응 모듈의 성능 평가를 위하여 요오드화염-요오드산염의 반응을 이용하였다.^{3,4,5} 이 반응은 경쟁적 평행 반응으로 그림 2 에서 설명하는 바와 같이 혼합이 잘되어서 염산의 수소 이온이 용액 내에 골고루 섞여 있을 때에는 수소 이온이 아세테이트와 매우 빠르게 결합하여 용액의 색이 맑아 지며 혼합이 안되어 수소 이온들이 모여 있을 경우 여러 개의 요오드 이온들과 함께 반응을 하여 용액의 색이 노란색으로 바뀌게 된다. 따라서 분광광도계를 사용하여 노란색의 진하기를 측정하여 혼합의 정도를 예측할 수 있다.

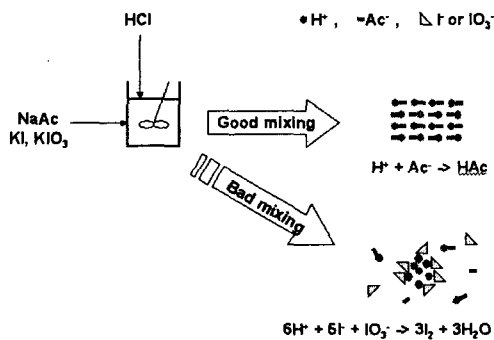


Fig. 2 Reaction scheme of the iodide-iodate reaction system for test reaction.

그림 1의 반응 모듈은 다른 혼합기와 다르게 3개의 입구를 가지고 있다. 이는 실제 화학 반응에 있어서 대부분 양쪽의 입구로 들어오는 반응액의 농도와 유속이 같지 않으며 이에 따라 혼합의 성능에 차이가 나게 되고 따라서 반응 결과에 영향을 미치게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 입구를 3개로 제작하였다. 두 개의 다른 용액을 섞을 경우에 그림 1에서와 같이 첫번째 용액을 돌로 나누어 흐르게 하고 두번째 용액을 그 가운데로 흐르게 하여 두 용액이 어떤 경우에도 항상 양쪽에서 같은 유속으로 흐르게 하여 혼합성능을 향상 시켰다. 그림 2의 반응을 사용하여 유속의 차이가 반응에 미치는 영향을 살펴보았다. 이때 염산은 필요한 양의 13배로 투입하여 높은 농도차이를 유지하였다.

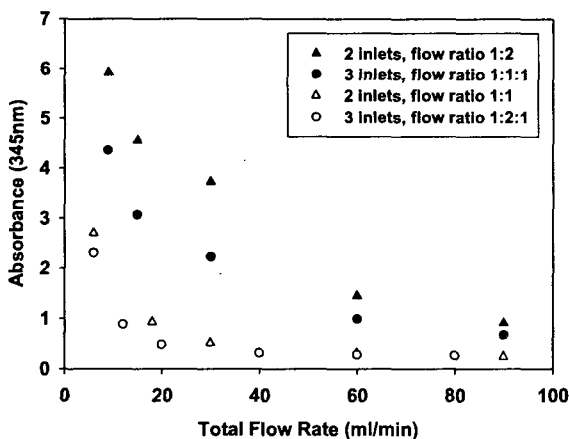


Fig. 3 Test of different flow ratio shows that 3 inlet reaction module has better mixing performance than binary inlet module.

먼저 유속의 차이가 나지 않는 경우에도 Y자 형태

의 혼합기 보다 3개의 입구를 이용하는 혼합기가 우수함을 보여 주고 있으며 두 유속의 차이가 2배가 되는 경우도 3개의 입구를 이용하면 유체를 1:1:1로 나누어 흘러줌으로써 혼합 성능이 1:2의 경우 보다 흡광도가 낮게 나오며 이는 혼합이 매우 우수함을 보여준다.

4. 결론

입구가 세 개인 구조를 가진 혼합기를 방전가공 기법을 사용하여 제작하였다. 기존의 Y자 형태의 혼합기와 성능 비교를 위하여 요오드화염-요오드산염의 반응을 이용하여 비교 실험을 한 결과 세 개의 입구를 이용하는 방식이 혼합채널 내에 같은 유속비로 반응물을 주입할 수 있으므로 어떤 조건에서도 높은 혼합효율을 가질 수 있음을 확인하였다.

5. 후기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대 신기술 개발 사업 중 한국기계연구원이 주관하고 있는 “고기능 마이크로 광열유체 부품기술 개발사업”의 세부과제로서 수행중이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Y. Wang and J. K. Holladay, *Micromixer Technology and Process Intensification* pp. 334-359
2. 최재훈 외 6명, ‘마이크로 혼합기’, 대한민국 특허 출원번호 KR10-2005-0089301
3. W. Ehrfeld, K. Golbig, V. Hessel, H. Lowe, and T. Richter, “Characterization of Mixing in Micromixers by a Test Reaction: Single Mixing Units and Mixer Arrays” *Ind. Eng. Chem. Res.* 1999, 38, pp. 1075-1082
4. P. Guichardon, L. Falk, “Characterization of micromixing efficiency by the iodide-iodate reaction system. Part I: experimental procedure” *Chem. Eng. Science* 2000, 55, pp. 4233-4243
5. P. Guichardon, Laurent Falk, J. Villermaux “Characterization of micromixing efficiency by the iodide-iodate reaction system. Part II: kinetic study” *Chem. Eng. Science* 2000, 55, pp. 4245-4253