

알루미늄 발포공정의 물리적 모델링

옥성민* · 문영훈*

Physical Modeling of Aluminum-Foam Generation

S. M. Oak, Y. H. Moon

Abstract

Physical modeling technique is applied to investigate foam generation in molten aluminum. By using room temperature water with specially designed equipment, the effects of stirrer type, fluid viscosity(glycerine added to water) and stirring velocity on foam generation behaviors are intensively analysed. The distribution and size of bubbles varied with each process parameters but the most important parameters are stirring velocity and fluid viscosity. The results obtained from physical simulation have been confirmed by actual aluminum foam generation experiment at various process variables.

Key Words : Foamed Aluminum, Physical Modeling, Stirring Velocity, Fluid Viscosity, Stirring Height

1. 서론

발포 금속은 금속을 완전 용융하여 용탕 상태의 금속에 공기, 수소, 아르곤등의 기포를 직접 주입하거나 화학반응에 의해 용융금속의 내부에 기포를 발생시켜 금속의 내부에 기포가 존재하는 다공질의 금속이다. 이러한 발포금속의 특징으로는 우수한 충격·흡음·차음·전자파차폐효과를 가지며 소재의 재활용이 가능하므로 환경친화적인 측면에서도 상당히 주목받는 신소재이다⁽¹⁾. 발포금속의 제조법으로는 크게 금속분말과 발포제를 혼합하여 성형 소결하는 분말 야금법(Metallurgy powder method)과 용융 금속에 적당한 점성과 표면장력 증진능을 부여한 후 점증제와 발포제를 투입하여 잉고트형이나 연속주조판재의 스폰지형 금속 다공질 고품체를 제조하는 주조법(Cast method)^(2,3)이 있다. 본 연구는 위와

같은 용도에 사용 가능한 물질 중 근래 주목을 받고 있는 물질인 발포금속의 제조에 있어서 실제에서 행해지는 용융금속의 유동현상을 근사한 조건의 환경에서 실험하여 실제 실험에서의 이상적인 발포결과를 나타내는 실험조건을 찾기 위해 실제 발포금속의 제조에서와 동일한 조건을 부여하여 실험을 행한 후 실제의 실험에서 그 결과를 응용하여 최적의 발포 금속을 제조하기 위한 교반기 형상 및 속도, 점성 등의 최적조건을 찾아내기 위한 실험이다.

2. 물리적 모델링

2.1 실험장치 및 방법

본 연구의 실험장치의 개략도는 Fig. 1과 같다. 실험은 교반기특성과 유체특성이 발포 특성에 미치는 영향에 중

* 부산대학교 정밀기계공학과 / 정밀정형 및 금형가공 연구센터

점을 두었다. 교반기 자체의 특성평가를 위한 실험 변수는 프로펠러 날개의 크기, 경사 각도, 회전 속도, 유체의 방향성등을 선정하였다. 작동 유체의 점도 및 프로펠러의 작동위치가 기포의 크기, 발생 기포의 수, 기포의 유동 및 분포형태에서 미치는 영향을 관찰하였다. 실험에 사용된 교반기는 위치별 기포의 유동 및 발생효과를 관찰하기 위해 높이조절이 가능한 장치를 사용하였다.

Table. 1에 물리적 모델링을 위한 실험 변수를 나타내었다. 실제 발포금속제조 실험과의 상사조건(similarity conditon)을 만족시키기 위해 물에 적정량의 글리세린을 혼합하여 유체의 점도를 조정하였다. 작동유체의 점성은 9CP 와 물리적 모델링의 이점을 살려 고점도에서의 기포의 발생 및 유동에 관한 현상을 관찰하기 위해서 20CP, 40CP로도 실험을 행하였다^(4,5,6). 교반기는 Fig. 2와 같이 유체의 교반효과를 낼수 있는 프로펠러와 시이버(sieve)형태를 사용하여 각각의 기포형성 및 유동에 대한 영향도를 분석하였다. 위 모델링 실험을 토대로하여 발포알루미늄의 발포현상을 비교 분석하였다.

Fig. 3에서 교반기에 의한 유체의 유동방향은 날개의 기울어진 방향을 조절하여 유체의 유동이 아래로 향하게 하는 방향을 정방향(Right direction:A), 유동이 위로 향하게 하는 방향을 역방향(Reverse direction:B)으로 두어 실험하였다.

2.1 실험 결과 및 고찰

Physical Modeling을 통한 실험에서 관찰된 정성적인 현상인 기포의 크기, 기포의 수 및 기포의 분포상태를

Table. 1 The experimental Factors

	Factors	Value
Stirrer factors	stirring velocity	450,700,1000,1500 (rpm)
	Size of propeller leaf	①:Length=30,Width=25, ②:Length=20,Width=17 (mm)
	direction of bubbles	①:Right direction ②:Reverse direction
	angle of propeller	30° 60°
Fluid factors	viscosity of fluid	9, 20, 40 (CP)
	Height of stirrer	3, 5, 8 (cm)

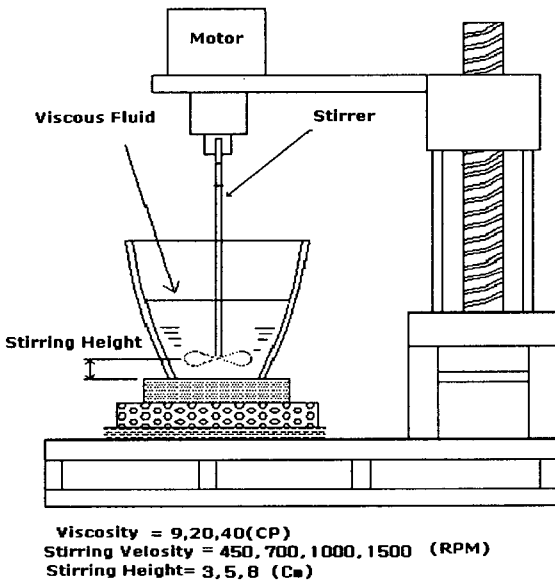


Fig. 1 Experimental setup for physical modeling

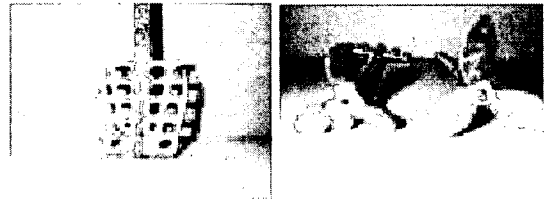


Fig. 2 Photograph of stirrers (A) sieve type (B) propeller type

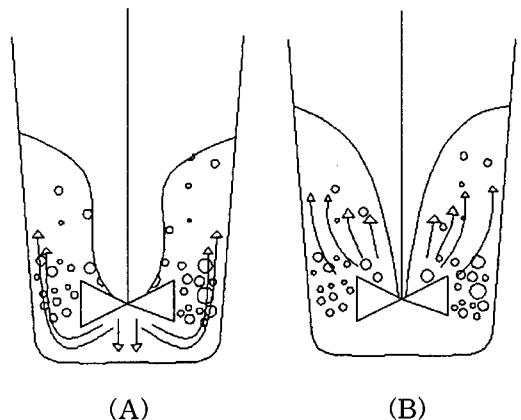


Fig. 3 The flow direction of bubbles and fluid

정량적으로 수치화하여 표현하기 위해 다음 Table 2, Table 3에서와 같이 정의하였다.

Table. 2 The size and Quantity of generated bubbles

	Size(mm)	Quantity(N/cm ²)
1	0~2mm	0~5
2	2~3mm	5~10
3	3~4mm	10~15
4	4~5mm	15~
5	5mm~	

Table. 3 The generating features

	Generation
1	instantaneous generation & extinction
2	local generation (stirrer side)
3	uniform generation (whole inner space)

위의 표를 참고로 교반기의 교반속도, 유체의 점성, 교반 높이, 교반기의 크기, 유체의 방향성 및 교반기의 경사각도의 각 공정인자들에 대한 생성기포의 크기와 수에 대해 관찰된 실험결과를 Fig. 4~Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6에서 나타난 것처럼 기포의 크기와 수는 서로 상반된 경향을 가짐을 알 수 있다. 고속 저점도의 낮은 교반높이에서 작은 기포가 많이 생성되었으며, 저속 고점도의 높은 높이에서는 상대적으로 큰 기포들이 적게 생성됨을 볼 수 있었다^(7,8).

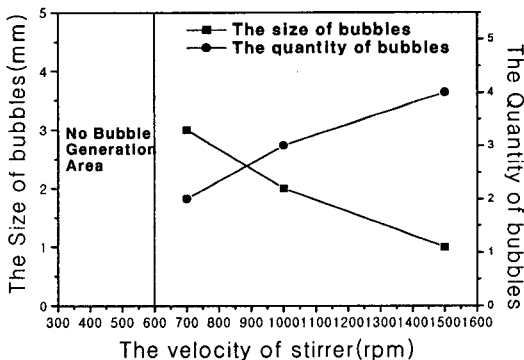


Fig. 4 The size and quantity of bubbles at various stirring velocity

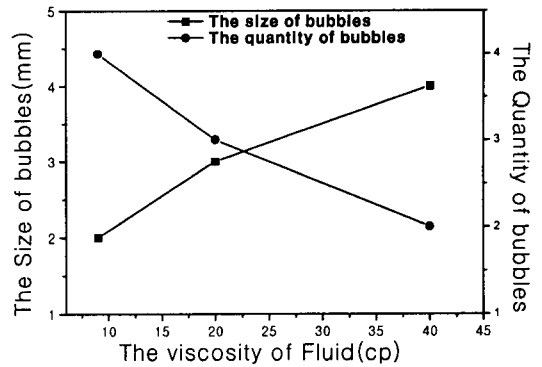


Fig. 5 The size and quantity of bubbles at various viscosity of fluid

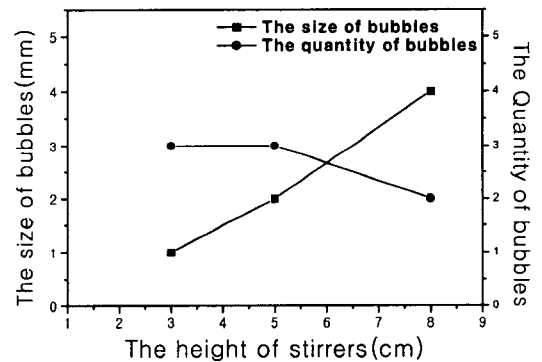


Fig. 6 The size and quantity of bubbles at various stirrer height

기포의 분포면에서는 저점도의 유체에서 고속으로의 교반이 용기의 전면에서 고르게 분포되었으며 생성기포의 크기, 수와 함께 실제 실험에서도 비슷한 경향이 발생함을 알 수 있었다. 상대적으로 고점도의 유체에서 저속으로의 교반시 국부적인 기포의 분포효과가 있었다. 공정인자중 교반높이의 경우 높이가 높을수록 크기는 커지는 만큼 생성된 기포의 수량은 많이 줄어들지 않는다. 발포 금속 제조실험에서 교반기의 교반 높이가 아래부분에서의 발포율이 윗부분에 비해 매우 낮았다. 전체적인 발포 및 발포율 향상을 위해 최대한 아래부분에서의 교반이 필요함을 알 수 있다.

4. 결 론

참 고 문 헌

본 연구에서는 물리적 모델링을 통하여 실제 발포 금속재조를 위한 공정인자들을 연구 분석하였다. 물리적 모델링은 실제 실험의 비가시적인 측면을 가시화 함으로써 다양한 공정변수들에 대한 현상을 규정지을 수 있었다. 물리적 모델링에서 관찰된 결과들을 요약하면 다음과 같다.

(1) 물을 이용한 물리적 모델링 실험이 실제 발포 금속재조 실험에 잘 적용되었다.

(2) 교반 속도, 유체의 점성과 생성된 기포의 방향성이 교반기의 크기, 교반기의 경사각도와 교반위치에 비해 기포의 크기, 기포의 수와 생성된 기포의 분포에 더 큰 영향을 끼쳤다. 유동과 교반기의 크기가 클수록, 교반기 날개의 경사각도가 클수록 큰 기포가 생성됨을 알 수 있다. 큰 기포가 생성되는 조건들에서 생성된 기포의 분포가 교반기 근처에서 국부적으로 생성되었으며, 작은 기포가 생성되는 조건에서의 기포의 분포들은 기포가 생성되기는 하지만 생성이 된 후 빠르게 소멸되는 현상을 나타내었다.

(3) 다량의 기포생성을 위해서는 저점도의 유체에서 고속 교반이 필요하다

(4) 큰 기포의 생성을 위해서는 고점도의 유체에서 역방향의 경사도를 가진 교반기로써 저속 교반이 필요하다.

(5) 생성된 기포들은 저점도의 유체에서 역방향의 경사도를 가진 교반기로써 고속으로 교반을 행함으로 비이커의 전면에 고르게 분포함을 알 수 있다.

- (1) H. Fusheng, Z. Zhengang, 1999 "The mechanical behavior of foamed aluminum", Journal of Materials Science 34 pp. 291~299
- (2) J. C. Elliot, 1956 US Patent No. 2, 751, p. 289
- (3) H. Ueno, S. Akiyama, 1987 Light Metal 37 42, (in Japanese)
- (4) H.Fusheng, Z.Zhengang, 1999 "Mechanical behavior of foamed aluminum", Journal of Materials Science, Volume 34, pp. 291~299.
- (5) Zhen-lun Song, Jin-song Zhu, Li-qun Ma, De-ping He, 2001 "Evolution of foamed aluminum structure in foaming process", Material Science and Engineering A298 pp. 137~143.
- (6) "Gas-Releasing Particle Decomposition in the Melt", Intelligent Processing of Material Laboratory, PM Experimental Research in Virginia Univ.
- (7) C.C. Yang, H. Nakae, 2000 "Foaming characteristics control during of aluminum alloy foam", Journal of Alloy and Compounds, 313, pp. 188~191.
- (8) Song, Zhen-Lun; Ma, Li-Qun; Wu, Zhao-Jin; He, De-Ping, 2000 "Effects of viscosity on cellular structure of foamed aluminum in foaming process", Journal of Materials Science, Volume 35, Issue 1, pp. 15~20.