금속 분말을 이용한 합금폼 제조 및 특성

최내현* · 김구환
주식회사 알란텀

Fabrication and Properties of Alloy Foam Materials using Metal Powders

James Choi* and Kuhwan Kim

Alantum corp., #801 Starwood Plaza, 5439-1 Sangdaewon 2-Dong, Joongwon-Gu,
Seongnam, Gyeonggi-Do 462-819, Korea

(Received November 11, 2010; Revised December 3, 2010; Accepted December 13, 2010)

Abstract Nickel-based and iron-based alloys have been developed and commercialized for a wide range of high performance applications at severely corrosive and high temperature environment. This alloy foam has an outstanding performance which is predestinated for diesel particulate filters, heat exchangers, and catalyst support, noise absorbers, battery, fuel cell, and flame distributors in burners in chemical and automotive industry. Production of alloy foam starts from high-tech coating technology and heat treatment of transient liquid-phase sintering in the high temperature. These technology allow for preparation of a wide variety of foam compositions such as Ni, Cr, Al, Fe on various pore size of pure nickel foam or iron foam in order for tailoring material properties to a specific application.

Keywords : Porous material, Metal alloy foam, Base foam, Coated foam

1. 서 론

다공질 재료란 체적의 15-95% 정도가 기공으로 이루어진 재료로 기존의 치밀한 재료가 갖지 못하는 새로운 특징을 가지고 있는 혹은 부여할 수 있는 재료이다. 또한 전 세계적으로 환경, 에너지 문제가 중요한 issue가 되고 있으며, 환경, 에너지 관련 핵심 부재는 다공질 재료이다. 예로서 각종 폐기물 처리 설비, 유해물질 제어 설비, 자동차용 매연 제거 장치, 이차전지 등의 핵심 부재로서 다공질 재료가 개발, 적용되고 있다.

다공질 재료에 대한 연구는 재료 내 기공을 도입하여 기공의 특성을 적극적으로 응용하는 기술, 즉 분리, 비표면적 확대, 유속조절, 저장, 차단 등의 기공특성을 이용하는 기술과 재료 내 기공의 크기, 형상, 기공율, 배향성, 분포 등을 제어하여 기존의 재료가 갖지 못하는

새로운 특성을 부여하는 기술로 구분할 수 있다.

최근 열 충격에 강하고 열전도도가 높으며 유연성이 뛰어난 스폰지 형태의 첨단 다공성 alloy foam이 (주) 알란텀 및 독일 Fraunhofer연구소 등에서 개발되었다[1-3]. 그림 1은 Ni을 기본 골격으로 한 base foam과 이를 이용하여 제조한 alloy foam의 전형적인 미세조직 사진을 보여준다. 이러한 alloy foam은 엔진 배기가스 정화장치, 산업용 촉매장치, 기타 대체 에너지분야에 널리 쓰일 것으로 기대하고 있다.

본 논문에서는 alloy foam의 제조 공정과 공정변수에 따른 특성변화를 분석하고 최종적으로 활용분야에 관하여 고찰하고자 하였다.

2. Alloy foam 제조 방법

Alloy foam의 제조 공정은 크게 3가지로 나눌

*Corresponding Author : [Tel : +82-31-737-0923; E-mail : nhchoi@alantum.com]

Fig. 1. SEM images of (a) pure Ni foam and (b) alloy foam.

수 있다. 첫째는 alloy foam의 기초가 되는 순수한 Ni, Fe, Cu를 기본 골격으로 하는 base-foam을 제조하는 것이고 둘째는 제조된 순수 base foam에 alloy powder를 도포하여 metal based alloy foam으로 제조하는 것이다. 마지막으로 이렇게 제조된 alloy foam에 각 분야에 필요한 귀금속을 코팅하는 과정으로 이 과정이 완료되면 coated foam으로 완성되어 다양한 분야에서 사용이 가능해진다.

2.1. 순수 base-foam 제조

순수 base-foam은 폴리우레탄(PU) foam을 이용하여 제조되는데, 그 세부 공정은 PU foam에 물리적 증기 증착법(PVD)에 의해 얇은 니켈(Ni) 층이나 철(Fe) 층, 구리(Cu) 층을 코팅하는 공정, 전기도금 공정을 포함한 열처리 공정으로 구성된다.

최종적으로 생산된 순수 base-foam은 높은 균일도를 가지며 배터리(battery) 분야에 광범위하게 적용되

고 있다. base-foam의 표면은 매우 매끄러우며 표면적이 넓고, base-foam의 지지대(strut)는 내부가 비어 있는 공동(空洞) 구조를 가지게 된다.

2.2. Alloy foam으로 변환

Alloy foam은 2.1절에서 설명한 순수 base-foam으로부터 제조된다. 먼저 coil 형태로 입고된 순수 base-foam 표면에 바인더(binder)를 분사 도포하여 이후 분사, 도포되는 합금분말이 안정적으로 base-foam 표면에 고정될 수 있도록 한다. 이후 alloy foam의 최종 완성품 규격에 따라 시트(sheet) 형태로 절단하여 열처리 공정으로 이송하게 된다. 열처리 공정은 binder 물질을 제거하기 위한 공정과 alloy foam을 형성하기 위한 1,200°C에서의 소결 공정을

Fig. 2. Manufacturing process for a metal based alloy foam (schematic).

Fig. 3. Schematic illustration of processes occurring during transient liquid phase sintering with increasing temperature and time.

거쳐 최종적으로 균일한 alloy foam이 완성되게 된다. 이러한 일련의 과정을 그림 2와 3에 각각 나타내었다.

제조된 alloy foam은 매우 넓은 표면적을 가질 뿐만 아니라 기계적 강도가 우수하고 고온에서 높은 안정성을 가지게 된다. Alloy foam은 그 기공 크기 최소 250 μm 에서 최대 2 mm까지 제어할 수 있으며, 최대 95%의 공극률(porosity)을 가질 수 있다. 소재의 밀도는 filter sheet의 두께에 따라 300 g/m^2 에서 5000 g/m^2 까지 제조될 수 있다. Sheet의 두께는 공극률에 따라 15 mm까지 제조가 가능하다.

2.3. Coated foam으로 변환

Alloy foam으로부터 coated foam을 제조하는 공정은 귀금속(PGMs)을 포함한 wash-coat를 alloy foam에 코팅한 후 건조 및 하소하는 공정으로 구성된다.

3. Alloy foam의 특성

본 논문에서 제시한 공정을 이용하면 금속폼은 Ni, Fe, Cu등 다양한 metal based alloy foam이 제조가 가능하나, 여기에서는 Ni를 기본 골격으로 하는 alloy foam의 특성에 관하여 고찰하였다. Ni based alloy foam의 일반적인 내부 형상을 그림 4에 나타내었고, 금속폼의 비표면적, 수력직경, 밀도 등을 측정하여 표 1에 정리하였다. Alloy foam의 기공구조는 넓은 비표면적(specific surface area)을 가지고

Fig. 4. Internal structure of alloy foam.

Table 1. Specification of the metal foam

Pore size	450 μm	580 μm	800 μm	1200 μm
Porosity (%)	87	88	90	93
Specific Surface area (m^2/L)	12.7	10.8	6.88	7.31
Strut Hydraulic diameter (μm)	54	54	60	73
Foam density (g/cm^3)	0.695	0.581	0.448	0.351
Thickness (mm)	1.5	1.7	2.4	2.9

Fig. 5. Graph of thermodynamic restrictions.

있고 금속을 기반으로 하고 있기 때문에 폼 내부에서의 물질 전달 및 열 전달이 그림 5에서 나타난 바

와 같이 세라믹 담체에 비해 뛰어나다.

4. Alloy foam의 활용 분야

Alloy foam은 앞서 설명한 바와 같이 고내열성, 내부식성 제품이기 때문에 그림 6과 같이 수송기 및 에너지 등 다양한 분야에 활용이 가능하다. 또한 두께가 1~5 mm로 얇고 유연성이 뛰어나 그림 7과 같이 배기가스 분야에서 다양한 형상을 구현할 수 있다. Ni based alloy foam은 내부식성 제품으로 주로 화학공업 및 연료전지 분야, 일부 배기가스 관련 분야에 적합하다. Fe based alloy foam은 고려아연과 알란티움에서 개발하여 최초로 상용화에 성공한 제품이다. Fe based alloy foam은 고내열성 제품으로 고

Fig. 6. Application of metal alloy foam.

Fig. 7. Various design of metal foam DPF.

온에서 사용이 가능하여 배기가스 관련 분야에 적합할 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] G. Walther, B. Klöden, T. Büttner and Th. Weissgärber: Adv. Eng. Mater., **10** (2008) 803.
- [2] Bhattacharya, V. V. Chlmidi and R. L. Mahajan: Int. J. Heat Mass Transfer, **45** (2002) 1017.
- [3] G. C. Koltsakis, D. Katsaounis, I. Markomanolakis, Z. C. Samaras, D. Naumann, Sh. Saberi and A. Böhm: SAE Transactions: Int. J. Fuels Lubr. (2007-01-0659), 2007.