

발포금속의 제조기술과 응용전망

리 광 일

발포금속재료는 견고한 골격구조와 함께 내부가 수많은 기공들로 구성되어있어 다공성이면서 가볍고 밀도가 작다. 발포금속재료의 이러한 구조적특성으로부터 높은 비세기, 진동감쇠, 소리흡수, 열발산, 에네르기흡수 및 전자기차폐 등의 좋은 특성들을 나타내며 그것은 공업 및 첨단기술분야들에서 금속전극, 흡착재료, 구조재료 등으로 널리 쓰이고있다.

현재 발포금속재료에 대한 연구가 진행됨에 따라 발포금속재료의 구조와 성능에 대하여 보다 높은 요구가 제기되고있으며 발포금속재료의 제조기술을 완성하고 발포금속재료의 특이한 성능을 얻어내기 위한 연구가 경쟁적으로 진행되고있다.

론문에서는 발포금속재료의 제조방법들과 그 우결함, 여러가지 류형의 발포금속재료의 특이한 성능과 응용실태에 대하여 소개하였다.

발포금속재료의 제조기술

발포금속재료의 제조방법은 기본적인 제조기술에 따라 소결법, 침적법, 가압주조법과 발포법으로 분류할수 있다.

1) 소결법

분말소결법 일정한 크기의 금속분말을 압착성형하고 가열소결하는 방법을 분말소결법이라고 한다. 이 방법의 우점은 제조가 간단하고 제조원가가 낮은것이며 결함은 제조한 발포금속재료의 세기가 낮은것이다.

이 방법은 주로 발포철, 발포동, 발포몰리브덴 등을 만드는데 쓰인다.[2, 5, 14]

지지체소결법 금속분말과 폴리비닐알콜을 배합하면 일정한 점도를 가진 파스타로 되는 데 유기물발포체를 립시적인 지지체로 리용하여 거기에 금속분말이 들어있는 파스타물질을 충분히 흡수시키고 그것을 건조시킨 다음 가열하여 유기물지지체를 분해, 소결한다. 그 다음 랭각공정을 거치면 발포금속재료가 얻어진다. 이 방법의 우점은 제조가 간단하고 기공률이 높으며 기공크기가 규칙적인것이다. 결함은 발포금속재료의 구조가 유기물지지체의 기공구조에 의해 결정되므로 제조에서 제한을 받는것이다.

이 방법은 주로 발포알루미늄, 발포티탄, 발포니켈 등을 만드는데 쓰인다.[15]

2) 침적법

기상침적법 기상침적법은 규격화된 형태의 유기물발포체를 기질로 하여 진공속에서 액체상태의 금속을 휘발시켜 유기물발포체의 옷면에 침적시키고 랭각한 다음 소결공정을 거쳐 유기물기질을 제거하여 발포금속재료를 얻는 방법이다. 이 방법의 우점은 제조한 발포금속이 정밀하고 기공률이 높으며 기공크기가 규칙적인것이며 결함은 투자가 많이 들고 생산원가가 높으며 제조조건에 대한 요구성이 높은것이다.

이 방법은 주로 전극재료를 제조하는데 쓰인다.

전해침적법 이 방법은 유기물발포체를 기질로 하여 거칠음화, 증감화, 활성화, 화학도금, 전해도금, 열처리공정을 차례로 거쳐 발포금속재료를 얻는 방법이다.

거칠음화공정에서는 강한 산화제의 작용으로 유기물발포체의 표면이 친수성으로 변화되고 미세한 흠집들이 생기게 된다. 증감화공정에서는 유기물발포체의 표면에 환원성을 가진 한 층의 금속이온들이 흡착된다. 활성화공정에서는 유기물발포체의 표면에 촉매적성질을 가진 금속이온들이 재흡착된다. 화학도금공정에서는 유기물발포체표면에 균일한 금속층이 형성되어 전도성을 띠게 되며 전해도금공정에서는 일정한 두께의 해당한 금속층이 얻어진다. 마지막으로 열처리공정에서 유기물발포체를 분해시켜 발포금속재료를 얻는다.

이 방법의 우점은 기공률이 높고 기공크기가 규칙적인것이며 결함은 조작이 복잡하고 투자가 많이 들며 생산원가가 높은것이다.

이 방법은 주로 발포니켈, 발포알루미늄, 발포동, 발포은 등을 제조하는데 리용된다.[4, 8, 15, 16]

3) 가압주조법

삼투흐름주조법 삼투흐름주조법은 용융상태의 금속을 다음단계에서 충분히 제거할수 있는 무기물 혹은 유기물립자들로 쌓아 만든 주조모형속으로 스며들게 하고 굳힌 다음 적당한 용매처리나 열처리방법으로 그 립자들을 제거하여 발포금속재료를 얻는 방법이다.

이 방법의 우점은 제조원가가 낮고 립도분포에 따라 발포재료의 구멍크기 및 분포를 조종할수 있는것이다. 결함은 삼투흐름과정에 용융상태의 금속이 립자사이의 기공틈에 완전히 채워지지 못하므로 큰 빈구멍들이 생길수 있는것이다.

이 방법은 알루미늄, 마그네시움, 아연, 연 등의 발포금속재료를 제조하는데 리용된다.

정밀주조법 발포성가소물을 발포성형시키고 그 주위에 액체상태의 내화재료를 넣어 경화시킨 다음 가열하여 발포성가소물을 기화시키면 원래 발포성가소물이 가지고있던 형태를 가지게 된다. 다음 용융상태의 금속을 모형안에 주입하고 팽각시켜 내화재료와 금속을 갈라내면 처음 발포성가소물의 형태와 일치한 발포금속재료를 얻을수 있다.

이 방법의 우점은 제품의 기공률이 높은것이며 결함은 형태가 모형의 제한을 받고 제조가격이 높으며 생산량이 낮은것이다.

이 방법은 발포알루미늄, 발포연 등의 제조에 리용된다.[15]

4) 발포법

기체취입법 용융된 금속속에 알갱이상태의 증점제를 넣은 다음 진동하는 1개의 분사구를 통하여 기체를 들여보내면서 부단히 교반해주면 용융상태의 금속속에 미세하고 작은 기포들이 생겨나 분산되게 되는데 이때 그것을 팽각하면 발포금속재료가 얻어진다.

이 방법의 우점은 생산효율이 높고 크기가 큰 발포금속재료도 연속생산할수 있는것이며 결함은 발포과정을 조종하기 힘들고 기포의 크기와 분포가 불균일하며 가공성이 나쁘고 취성이 큰것이다.

이 방법은 일반적으로 발포알루미늄을 제조하는데 리용된다.[15, 16]

금속액직접발포법 이 방법은 발포제를 직접 용융상태의 금속속에 넣고 발포제의 열분해로 기체를 생성시켜 금속발포재료를 만드는 방법이다.

이 방법의 우점은 흑색금속발포체의 생산에 적용할수 있는것이며 결함은 금속내부의 기체분포가 불균일하고 국부적으로 기포크기가 지나치게 커서 불균일한 발포구조가 쉽게 형성될수 있는것이다.

이 방법은 발포알루미늄, 발포연 등을 만드는데 쓰인다.[10, 11]

분말가압발포법 이 방법은 금속분말과 발포제분말을 혼합하고 다져 치밀한 압착성형체를 얻은 다음 금속의 녹음점부근에서 열처리를 진행하여 발포제가 열분해되어나오는 기체로 다져진 압착성형체를 팽창시킴으로써 발포금속재료를 생성시키는 방법이다.

이 방법의 우점은 공업적인 대량생산에 적용할수 있고 안정하고 기포분포가 균일한 발포금속을 쉽게 얻을수 있는것이다. 결함은 제조과정에 조종을 잘못하면 대량적인 오작이 생길수 있는것이다. 이 방법은 일반적으로 발포알루미늄, 발포티탄, 발포연, 발포동, 발포몰리브덴 등을 만드는데 쓰인다.[14, 17]

몇가지 발포금속재료의 제조와 응용전망

발포알루미늄 발포알루미늄은 알루미늄합금기질속에 수많은 기공들이 균일하게 분포된 새로운 경질알루미늄합금재료이다. 그것의 제조방법에는 지지체소결법, 삼투흐름주조법, 정밀주조법, 기체취입법, 금속액직접발포법, 분말가압발포법 등 여러가지가 있는데 그 가운데서 지지체소결법, 기체취입법, 금속액직접발포법이 가장 많이 쓰인다.[6, 7]

발포알루미늄은 적은 량의 알루미늄용골격에 수많은 벌집모양의 기공으로 구성된 련속금속상과 분산된 공기상구조를 가지고있어 밀도가 작고 충격에너르기흡수량이 많으며 연성이 좋고 력학적성능이 좋을뿐아니라 방음, 방열과 전자기차폐 등의 특이한 성능을 가지고있다.[22, 24] 또한 발포알루미늄은 환경에 대하여 2차오염을 조성하지 않는 녹색환경보호형의 새로운 지적제품으로서 발포알루미늄재료를 제조할 때 생기는 부산물 및 폐품들은 전부 회수이용할수 있다.

발포알루미늄은 다루기가 쉽고 수명이 길며 소리흡수성능이 좋고 음향성능이 안정하므로 소음방지설비, 공공장소나 도로철길들에서 소음처리와 소리흡수설비를 만드는데 리용할수 있다. 발포알루미늄은 가볍고 높은 비세기를 가지며 보기에도 좋고 불에 타지 않을뿐아니라 소리흡수[21], 열차단, 전자기차폐 등의 특성을 가지고있으므로 건축 및 장식재료로, 전자계기의 전자기차폐재료로 쓸수 있다. 또한 특이한 충격에너르기흡수성능을 가지고있으므로 우주, 항공 및 자동차공업에서 커다란 응용전망을 가진다.[27]

발포니켈 발포니켈은 금속액직접발포법, 기상침적법, 삼투흐름주조법, 전해침적법 등 많은 방법으로 만들수 있다. 현재 공업적인 생산에서는 주로 전해침적법을 리용한다. 전해침적법으로 제조한 발포니켈은 기공률이 높고 기공구조를 쉽게 조종할수 있으며 통기도가 높은 특징을 가지고있다.

발포니켈은 높은 기공률을 가지고있으면서 밀도가 낮고 순도가 높은 3차원그물구조를 가지고있는 발포금속재료로서 20세기 80년대초에 수소니켈전지와 니켈카드미움전지에 적용되기 시작하였으며 그때로부터 급속한 발전이 이룩되였다.

발포니켈은 좋은 전자기차폐, 소리흡수, 내충격성과 류체투과성 등을 가지고있어 금속러파기, 열교환, 보온, 진동감쇠와 임폴스전원 등에서 쓸수 있다.[8, 14]

발포니켈은 전지에서 활성물질을 충전하는 담체 및 양극전도체로서 전지성능을 높이는 판견적인 재료이며 수소니켈전지, 니켈카드미움전지와 니켈아연전지의 전극기관으로 주로 쓰이고있다.[9, 12, 13, 23, 25]

이밖에 발포니켈은 화학공업설비를 만드는 재료로도 응용전망이 크다.

발포리탄 티탄은 녹음점이 높고 기체와의 친화력도 매우 높으며 대부분의 주형재료와 반응을 일으키므로 현재 분말소결법과 지지소결법 등 분말야금의 방법으로 발포티탄을 제조하고있다. 일반적으로 티탄합금분말을 원료로 하고 성형과 고온처리, 팽각을 거쳐 발포금속재료를 얻는다.[17, 26]

발포티탄은 다공성경금속재료로서 밀도가 작고 비표면적이 크며 비세기가 높고 내부식성이 좋을뿐만아니라 특이한 생물상용성과 생물부착성 등의 성질을 가지고있어 재료의 구조적인 성능과 기능적인 성능이 하나로 결합되어있는 새로운 기능성재료이다. 발포티탄의 이런 특이한 성능으로 하여 그것은 항공우주, 생물의학공학, 화학공업촉매 등과 같은 일부 특수한 분야들에서 커다란 응용전망을 가지고있다.

발포티탄은 높은 생물상용성과 력학적성능, 내부식성능을 가지고있는것으로 하여 의료부분에서 뼈조직의 이식에 리용할수 있다. 또한 가볍고 높은 비세기를 가지고있으므로 우주비행선의 부분품, 자동차의 차체와 부분품, 선박의 선체제작 등에 널리 응용된다.

발포티탄은 매우 높은 녹음점을 가지고있고 내부식성능이 좋으며 충격에 견디는 성능이 우월한것으로 하여 열교환기나 작업조건이 가혹한 환경에서 리용되는 설비들, 자동차의 보호대, 우주비행선의 리착륙다리 등의 재료로 리용할수 있다.[18]

발포동 발포동은 분말소결법, 분말가압발포법, 전해침적법 등을 리용하여 만들수 있으며 그 가운데서 전해침적법으로 만든 발포동은 기공률이 높고 구조가 균일하며 기계적성능이 좋은 특징을 가지고있어 현재 기본방법으로 되고있다.[1, 19]

발포동은 금속동기질속에 수많은 련통 및 불련통구멍들이 균일하게 분포되어있는 가벼운 다기능성재료로서 밀도가 작고 기공률이 높으며 비표면적이 큰 특징을 가지고있다.[20]

발포동의 제조원가는 발포니켈에 비하여 대단히 낮고 전도성이 훨씬 좋으므로 현재 발포니켈을 대신하여 전지의 음극재료, 상변환에너르기저장장치의 충전재료, 촉매담체와 전자기차폐재료를 만드는데 쓰인다.[1-3]

발포연 발포연은 삼투흐름구조법, 전해침적법과 분말가압발포법 등 많은 방법으로 만들수 있다. 발포연은 일반적으로 연산축전지의 격자재료로 쓰이는데 전해침적법으로 만든 발포연은 표면균일성이 좋고 기공분포가 균일하며 기공률이 높고 비표면적이 크다.

발포연은 3차원그물구조를 가진 발포금속재료로서 그것은 아주 큰 기공률과 비표면적을 가지며 세기가 높고 수명이 길뿐만아니라 내부저항이 작고 전도률이 높은 특성을 가지므로 리상적인 전극으로 쓰일수 있다.[10]

발포연으로 전극격자를 제조하면 격자의 질량이 훨씬 가벼워지고 활성물질의 충전에 유리할뿐만아니라 전류와 전극포텐셜이 발포연전극우에 보다 균일하게 분포되게 하여 전지의 비에너르기와 비출력을 높일수 있다. 또한 기공률이 크므로 보다 많은 활성물질을 충전할수 있어 전지의 용량을 높일수 있다.[11] 따라서 발포연은 높은 효율과 보다 정교하고 높은 비에너르기와 비출력을 가진 전원을 요구하는 자동차, 기차, 배, 전기자동차, 혼합동력차와 전기자전거 등에서 쓰는 전지를 만드는데 리용된다.

맺는 말

발포금속재료는 금속자체의 성질을 가지고있으면서 동시에 다공재료의 특성을 가지고 있는것으로 하여 그 응용분야가 더욱더 넓어지고있다. 현재 발포금속재료들에 대한 연구는 대부분 실험실적단계에 있으며 실제응용과는 아직 많은 거리를 두고있다.

이러한 발포금속재료에 대한 연구를 보다 심화시켜 실용화하며 그 응용범위를 확대하는것은 새재료개발과 에네르기기술, 첨단기술산업창설에서 중요한 의의를 가진다.

참고 문헌

- [1] Tan Kai et al.; Thin Solid Films, 518, 18, 5159, 2010.
- [2] J. Tao et al.; Electrochemical and Solid-State Letters, 11, 5, 50, 2008.
- [3] J. H. Kim et al.; Electrochemistry Communications, 10, 8, 1148, 2008.
- [4] S. Cherevko et al.; Electrochemistry Communications, 12, 3, 467, 2010.
- [5] John Banhart; Prog. Mater. Sci., 46, 559, 2001.
- [6] I. Duarte et al.; Acta. Materialia, 48, 2349, 2000.
- [7] T. Nieh et al.; Materials Science and Engineering, 283, 105, 2000.
- [8] Campbell Roger, et al.; Journal of Porous Materials, 11, 2, 63, 2004.
- [9] H. He et al.; Surface & Coatings Technology, 201, 3, 958, 2006.
- [10] E. Gyenge et al.; Journal of Applied Electrochemistry, 32, 287, 2002.
- [11] Dai Changsong; Materials Chemistry and Physics, 99, 431, 2006.
- [12] K. F. Chen et al.; Journal of Nanoengineering and Nanomanufacturing, 4, 50, 2014.
- [13] F. E. Atalay et al.; Acta Physica Polonica A, 125, 224, 2014.
- [14] A. N. Ishchenko et al.; Russian Physics Journal, 60, 1811, 2018.
- [15] 刘柏雄 等; 有色金属科学与工程, 2, 3, 28, 2011.
- [16] 曲文生 等; 稀有金属材料与工程, 38, 1, 76, 2009.
- [17] 牛文娟 等; 粉末冶金技术, 4, 301, 2009.
- [18] 白珍辉 等; 金属功能材料, 16, 3, 62, 2009.
- [19] 吴成 等; 材料与工程, 38, 4, 721, 2009.
- [20] 乔瑞华 等; 材料工程, 6, 30, 2010.
- [21] 段翠云 等; 北京信息科技大学学报, 29, 4, 1, 2014.
- [22] 康锦霞 等; 振动与冲击, 34, 9, 189, 2015.
- [23] 段琪昱 等; 哈尔滨商业大学学报, 33, 4, 426, 2017.
- [24] 段翠云 等; 京信息科技大学学报, 30, 5, 1, 2015.
- [25] 原诗瑶 等; 现代化工, 8, 67, 2017.
- [26] 蒋玉龙 等; 制冷学报, 36, 5, 65, 2015.
- [27] 冯彦科 等; 集成技术, 6, 1, 53, 2017.

Manufacturing Technology and Application Prospect of Foamed Metals

Ri Kwang Il

Since the foamed metal materials have the properties of metal as well as the character of porous material, they are used as metal electrode, adsorption material and structural material, etc.

We reviewed the manufacturing methods of the foam metal materials, its merits and demerits, the special performance of various foam metal materials and its application real situation.

Key words: foamed metal, manufacturing technology