

多孔質合金의 製造에 關한 研究

崔 性 洙

材料工學科

〈要 約〉

Al-Si-Mg-Ti系 合金의 melt를 600°C 부근에서 機械的으로 攪拌하여 多孔質 金屬材料를 얻었다. 合金의 組成은 Si=5~10%, Mg=5~10%, Ti=1~3% 범위였으며 發泡體의 氣孔度는 최대 77%, 겉보기密度는 최저 0.62g/cm³에 到達되는 것을 얻을 수 있었다.

A Study on the Manufacturing of the Foamed Alloys

Choi, Sung Soo

Dept. of Materials Science and Engineering

〈Abstract〉

An improvement in making a metal foam body is provided which involves mechanical stirring aluminum alloys at 600°C, of which preferred adding elements are Si=5~10%, Mg=5~10%, Ti=1~3%, to the molten mixture from which the foam has max. 77% of porosity and min. 0.62g/cm³ of apparent density.

I. 序 論

多孔質合金은 發泡合金, 氣泡合金 또는 海綿狀合金이라고도 하며 金屬이나 合金의 거품(foam) 또는 스폰지를 指稱한다. 이 多孔質合金은 含油軸受와 같은 氣孔性(porous)金屬材料가 갖고 있는 20v/o 程度의 毛細管이 아니고, 材料의 70v/o 以上이 氣泡(bubble)로서 構成되어 있어 알루미늄과 같은 輕金屬 多孔質合金은 于先 그의 겉보기 密度가 木材보다 가벼워 진다는 것이 特徵이다.

發泡알루미늄의 特性은 輕量性 뿐만 아니라 耐熱性, 剛性 및 加工性이 좋고 衝擊吸收能이 크며, 音響特性에 있어서도 吸音 및 遮音效果가 期待되고 있다.

이와 같이 發泡알루미늄에는 優秀한 特性이 많으므로 廣範圍한 用途가 期待된다.⁽¹⁾ 現在 檢討되고 있는 用途中 重要한 部門은 建材部門, 自動車部門,

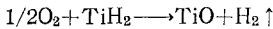
콘테이너部門, 船舶車輛部門 등이 있다. 特히 耐熱性에 있어서 住友化工의 Almag 35는 合金의 熔解溫度 範圍가 560~640°C인데 比하여 그 發泡體는 電氣爐에서 1400°C(大氣中)로 加熱하여도 熔解되지 않는다. 이 特性은 將次 LASER beam을 遮斷할 수 있는 最輕量材料로서 軍事目的으로서도 크게 注目되고 있다.

多孔質合金의 發達은 Metal Hydrides Inc.에서 1946년에 Zirconium hydride의 製造特許⁽²⁾를, 그리고 1947년에 Titanium hydride의 製造特許⁽³⁾를 획득하여 金屬水素化合物의 生産을 본격화한후 그 特性의 學術的 研究 및 利用에 對한 研究가 進行되어 오던 중 1951년에 Elliott⁽⁴⁾가 Al-20Mg合金, Mg-Zn共晶合金 및 純 Al melt에 金屬水素化合物을 使用하여 發泡에 成功한 以來 特히 輕金屬 分野에서 長足の 發展을 이룩하였다. 그 發展過程의 骨子를 一瞥하면 W.S.Fiedler⁽⁵⁾는 Ni-Al 및 Ni-Zn melt에 Zr 水素化合物을 添加하여 發泡시킨 후 Al은 NaOH로 溶

出하고, Zn은 眞空蒸溜하여 Ni觸媒를 製造하였으며, S. O. Fiedler等⁽⁶⁾은 처음으로 粉末金屬과 發泡劑의 混合物를 製造하였다. W. S. Fiedler⁽⁷⁾는 거품을 연속 belt에 받아내어 Al-Mg發泡合金의 量産은 可能케 하였으며, Albright等⁽⁸⁾은 Fe 및 Ti合金을 金屬水素化合物로서 發泡시켰으며 發泡劑의 成能을 向上시키기는 promoter로서 重金屬 또는 그 炭化合物을 使用하였다.

金屬水素化合物을 使用하지 않는 方法으로서 Ba-siyak⁽⁹⁾가 Mg, Cd등의 炭酸鹽을 金屬 pellet에 混合하여 熱間押出하였으며, 大和⁽¹⁰⁾은 NaCl 粉末間隙에 熔融金屬을 壓入하고 凝固後 水中에서 NaCl을 溶出시켰다. Hardy⁽¹¹⁾는 石英質非金屬水和物混合劑를 發泡劑로서 利用하였으며, 藤野⁽¹²⁾는 Al의 粘性을 Ti으로 增加시키고 均一한 氣泡를 얻기 위하여 Mg을 加하고 凝固時 膨脹시키기 위하여 Si을 加하여 適溫에서 攪拌·發泡시켰다.

金屬水素化合物의 發泡機構에 對하여 Graper⁽¹³⁾는 金屬水素化合物이 melt內에서 分解되어 金屬(Zr, Ti, Mg等)은 melt의 成分으로 들어가고 水素는 氣泡를 發生시키는 것이 아니고, 空氣나 酸素의 存在下에서 金屬水素化合物로부터 水素가 發生한다는 것이다. 即



따라서 그는 金屬水素化合物에 依한 發泡時 少量의 MnO₂添加로 金屬水素化合物의 使用量을 1/8로 減少시키고 上記 反應에 依한 發熱로 反應溫度를 維持하고 均一한 거품을 얻었다고 하였다.

Niebylski等⁽¹⁴⁾은 Al合金을 金屬水素化合物로 發泡시키면서 CO₂를 thickening agent로 使用하였다.

Berry⁽¹⁵⁾는 Al-Mg合金을 Zr水素化合物로 發泡하면서 激烈한 攪拌을 實施하였으며 Hall⁽¹⁶⁾은 空氣, 酸素 또는 CO₂를 注入하면서 6,000~10,000rpm의 極甚한 攪拌을 實施하여 매우 均一한 微細 氣泡를 얻었다.

Berry⁽¹⁷⁾는 空氣, 酸素 또는 CO₂가 粘性-強度를 增加시키며 化合物의 均一한 分散을 가지온다고 하였으며, 鉛속수소화물과 함께 dry ice를 添加하여 均一한 氣泡와 높은 強度의 거품을 얻었다.

以上을 綜合하여 보면 알루미늄을 發泡合金의 基地金屬으로 하고, 티타늄을 加하여 粘性을 增加하고, 실리콘을 加하여 收縮을 防止하고, 나그네슘을 加하여 氣孔을 微細化하고, 질코니움水素化合物을 加하여 發泡시킬때 酸素(空氣, 純酸素, 炭酸가스,

MnO₂等)를 加하여 水素化合物의 分解를 觸進함과 同時에 金屬化合物을 基地金屬에 分散시켜 材質의 強化와 氣孔의 微細化를 期한다. 이를 爲하여서는 激烈한 攪拌을 해주어야 한다는 것이다.

이로 미루어 보아 本 研究의 方向은 自명한것 같아 보이기도 하나 諸般 條件上 金屬水素化合物 및 強力한 攪拌機의 使用을 包含시킬 수 없었고, 알루미늄合金의 組成變更에 따르는 發泡體의 密度變化를 調査하기로 하고 低速의 攪拌器를 使用하여 實驗하였다.

II. 研究方法

알루미늄合金의 組成이 發泡體의 겉보기密度에 미치는 影響을 알아보기 爲하여 Table 1과 같이 合金組成을 選定하였으며, 發泡劑를 利用하지 않고 攪拌에만 依存할 때 發泡에 가장 適當한 條件을 調査하였다.

Table 1 研究에 使用된 合金組成

기호	성분(%)			
	Al	Ti	Si	Mg
1-5-5	나머지	1.0	5.0	5.0
1-5-7.5	"	1.0	5.0	7.5
1-5-10	"	1.0	5.0	10.0
1-7.5-5	"	1.0	7.5	5.0
1-10-5	"	1.0	10.0	5.0
2-5-5	"	2.0	5.0	5.0
2-7.5-5	"	2.0	7.5	5.0
2-10-5	"	2.0	10.0	7.5
2-10-7.5	"	2.0	10.0	7.5
3-5-5	"	3.0	5.0	5.0

III. 實驗裝置 및 方法

熔解裝置는 電熱式 pot furnace에 黑鉛도가니(size; #4)를 設置하였고, 攪拌裝置는 化學實驗用 stirrer의 모터(1/16HP, 1550rpm)에 임펠라(直徑 30mm, 두께 2mm 스테인리스 鋼板으로 製作)를 연결하여 使用하였다.

熔解作業은 于先 알루미늄塊(大韓알루미늄工業株式會社 製品: Al>99.9% Si<0.04%, Fe<0.05%)를 熔解하고 여기에 Al-Ti-B 母合金(佛 Pechney社 製品: Ti=5%, B=1%, Si+Fe<0.04%), 실리콘

塊 및 마그네슘塊를 順序로 한가지씩 먼저 裝入한 것이 完全히 熔解된 뒤에 裝入熔解하였다.

攪拌作業은 melt溫度가 600°C에 到達하였을때 도 가니를 炉 밖으로 꺼내서 空冷시키면서 同時に 攪拌하여 溫度가 液相線 以下로 내려가 初晶이 晶出되면 攪拌을 終了하였다.

Ⅳ. 研究結果의 分析

發泡體는 切斷하여 研磨한 後 겉보기 密度를 測定하였다. 그 結果는 Table.2에 실었고 사진은 photo 1~11에 보인다.

Table 2. 發泡體의 겉보기密度

기 호	밀도(g/cm ³)	기 호	밀도(g/cm ³)
1-5-5	1.12	2-5-5	0.81
1-5-7.5	1.37	2-7.5-5	1.00
1-5-10	0.80	2-10-5	0.91
1-7.5-5	0.62	2-7.5-7.5	0.93
1-10-5	0.99	2-10-7.5	0.84
		3-5-5	1.15

Table 2에서 시편 1-7.5-5(Ti=1%, Si=7.5%, Mg=5%)의 알루미늄합금이 가장 結果가 좋았음을 알 수 있다. 0.62g/cm³은 이 發泡體의 體積의 약 77%가 氣孔입을 나타낸다.

Ti은 그密度가 4.5g/cm³으로서 Al의 2.7g/cm³보다 커서 그의 添加量이 많을 수록 合金의 密度를 增加시키기 때문에 1%첨가 하였을 때가 그 이상 첨가 하였을 때 보다 잘 發泡되는 것으로 보여 진다.

Mg은 添加量이 많을 수록 微細한 氣泡를 發生시키나 強度를 低下시키기 때문에 5%가 좋으며 이상의 첨가는 大氣中 熔解作業이 困難 하기도 하다.

Si은 凝固時 收縮을 抑制하는 効果가 있어 發生한 氣泡를 保持하면서 凝固시키기 爲하여 必學的인 添加 元素이기는 하지만 Al에 對한 固溶度가 거의 없으므로 그의 初晶을 微細化시키는 改良處理가 添加限度를 決定한다고 보여진다.

그리하여 Al-1% Ti-7.5% Si-5% Mg 合金이 現在로서는 가장 낮은 密度를 보여 주었으나, 處理方法에 따라서는 더 많은 元素의 添加와 함께 더 좋은 結果를 얻을 수 있는 餘地는 많이 있다고 分析된다

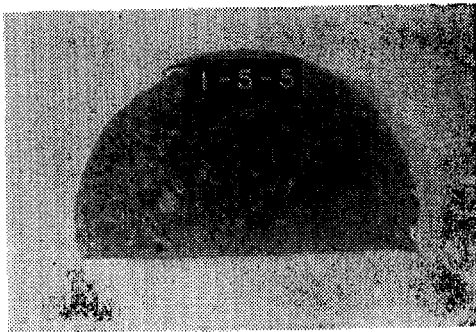


Photo. 1 시편 1-5-5의 사진 × $\frac{1}{2}$

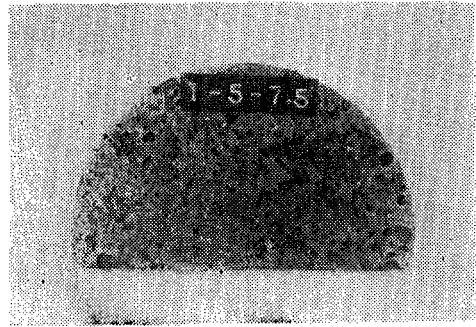


Photo. 2 시편 1-5-7.5의 사진 × $\frac{1}{2}$

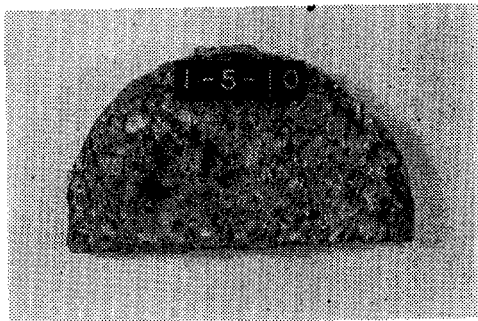
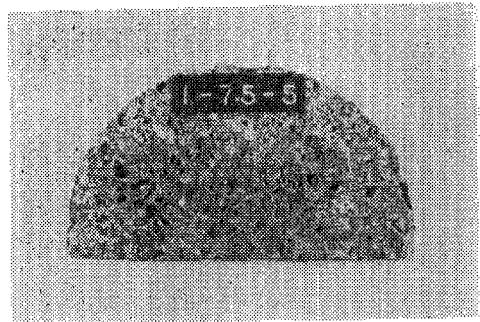


Photo. 3 시편 1-5-10의 사진 × $\frac{1}{2}$



Phot. 4 시편 1-7.5-5의 사진 × $\frac{1}{2}$

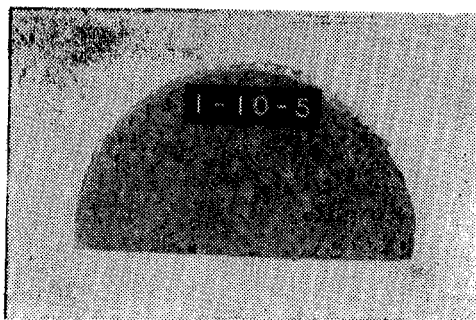


Photo. 5 시편 1-10-5의 사진 $\times \frac{1}{2}$

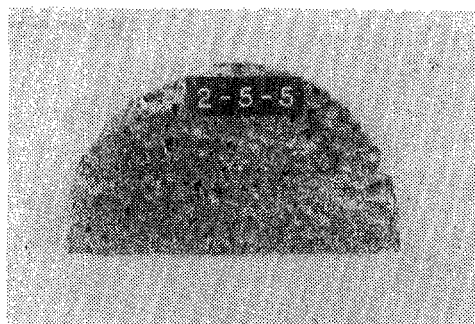


Photo. 6 시편 2-5-5의 사진 $\times \frac{1}{2}$



Photo. 7 시편 2-7.5-5의 사진 $\times \frac{1}{2}$



Photo. 8 시편 2-10-5의 사진 $\times \frac{1}{2}$



Photo. 9 시편 2-7.5-7.5의 사진 $\times \frac{1}{2}$

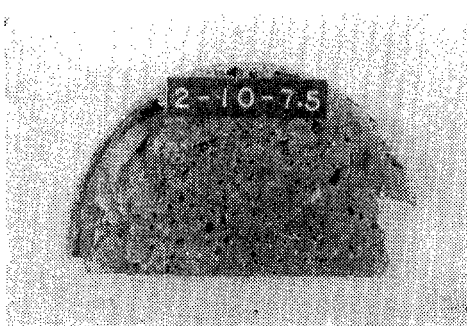


Photo. 10 시편 2-10-7.5의 사진 $\times \frac{1}{2}$

에 依하여 修行되었으며, 本 研究를 爲하여 物心兩面의 協助를 아끼지 않은 大韓알루미늄工業株式會社 金正孝部長에게 深甚한 謝意를 表한다.

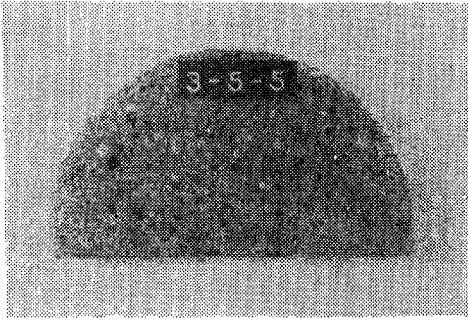


Photo. 11 시편 3-5-5의 사진 $\times \frac{1}{2}$

V. 結 論

Al-1%Ti-7.5%Si-5%Mg 合金을 攪拌에 依한 發泡로서 겔포기密度 0.62g/cm³의 發泡體를 얻을 수 있었다.

後 記

本 研究는 蔚山工科大學 現代獎學會 實驗研究費

參 考 文 獻

1. 鹽谷茂夫, 化學と工學 第25卷 第11號 (88)
2. U. S. Patent 2,411,524
3. U. S. Patent 2,427,338
4. U. S. Patent 2,751,289
5. U. S. Patent 2,895,819
6. U. S. Patent 2,937,938
7. U. S. Patent 3,214,265
8. U. S. Patent 3,360,361
9. 日本特許. 36-19459
10. 日本特許. 39-3652
11. 日本特許. 42-20602
12. 日本特許. 43-12483
13. U. S. Patent 3,379,517
14. France Patent. 2,035,676
15. U. S. Patent 3,671,221
16. U. S. Patent 3,692,513
17. U. S. Patent 3,705,030