

技術資料

# 육상차량용 급속응고 알루미늄합금

조성석

## Use of Rapidly Solidified Aluminium Alloys in Land Vehicles

S. S. Cho

### 서론

이 글은 "Rapidly Solidified Powder Aluminium Alloys, ASTM STP 890, M. E. Fine and E. A. Stark. Jr., Eds., American Society for Testing and materials, Philadelphia, 1986. pp. 39-43"에 게재된 "Use of Rapidly Solidified Aluminium Alloys in Land Vehicles"를 번역 소개한 것이다. 급속응고 알루미늄합금은 항공기용<sup>1,2)</sup>에 대하여 연구 소개된 것은 많으나, 일반기계구조용에 대하여는 매우 적으므로, 도움이 될까하여 육상차량용 급속응고 알루미늄합금에 대하여 소개하고자 한다.

현재 사용하고 있는 육상차량용 주괴야금알루미늄합금, 사용가능한 급속응고 알루미늄합금기술 및 육상용차량에의 급속응고 알루미늄합금의 응용으로 나누어 고찰하고자 한다.

### 1. 현재 사용되고 있는 육상차량용 알루미늄합금

육상차량을 상용 및 군용으로 나누어 논의하겠다. 알루미늄합금을 사용하는 주된 상용육상차량은 자동차이고, 군용차량은 장갑차(armored personnel carrier)로서 M113은 주된 예이다.

#### 1.1. 자동차

자동차에 사용되는 알루미늄합금<sup>3)</sup>에 대해 연구된 것은 거의 없다. 자동차는 연료소모가 적어야 되므로, 재료선택시 주된 인자는 알루미늄과 같은 경량재료이어야 한다.

재료 선택에는 물론 다른 인자도 고려돼야 한다. 즉 재료관련인자와 비재료관련인자로 나눌수 있다. 중요한 비재료관련인자로는 재료의 비용, 시장의 요구, 자원의 제한 및 통제적인 요구조건 등을 들 수 있고, 재료관련인자로는 가공성, 내식성, 회수의 용이성, 내흔성(dent resistance)과 같은 성질과 강도, 연성, 인성, 내피로성과 같은 성질이 있다. 이들 성질은 재료가 특정 자동차의 응용에 적합한지 여부를 결정하는데 매우 중요하다.

현재 자동차산업에서 사용되는 단련용 알루미늄합금의 주된 용도는 방열기(radiator), 支柱부품(suspension components), 범퍼(bumper), 차의 덮개(hood), 차문, 피스톤 및 차체판(body sheet)으로 사용된다.

사용하고 있는 단련용 알루미늄합금은 2000, 5000, 6000 및 7000계열의 열처리용 및 비열처리용합금 모두로 광범위하게 사용된다. 주로 사용되는 합금은 2036, 2117, 5020, 5056, 5085, 5182, 6009, 6010, 6061, 6151, 7016, 7029 및 7046이다. 이들 합금의 대부분은 소위 말하는 "표준" 단련용 알루미늄합금이 아니고, 자동차산업에 사용하기 위하여 특별히 설계한 합금이다.

#### 1.2. 장갑차(Armored Personnel Carriers)

장갑차용 개량 알루미늄합금 분야에서 상당량의 연구가 수행되었다.<sup>4)</sup> 이 분야의 주된 공격목표는 항공기에 의해 쉽게 운반될수 있도록, 가벼운 차량을 만드는것에 있다. 또한 이 알루미늄합금은 방탄성이 좋아야 되고, 특정구조용으로 용접성이 좋아야 된다. 박락(exfoliation) 및 응력부식저항이 좋아야 하며, 강도, 연성, 인성 및 내피로성의 조합이

우수해야 한다.

장갑차에서 알루미늄합금의 주된 사용은 차체(hull) 건설용재료로서 사용된다. 장갑기능을 갖는 이 재료는 용접이 가능해야 하며 우수한 방탄성을 가져야 한다. 장갑차에서의 알루미늄합금의 또다른 용도는 road wheel, track shoes 및 rocker bar 로 쓰인다.

장갑차에 사용하는 4가지 알루미늄합금은 2014, 5083, 7039 및 7075이다. 5083과 7039는 용접이 가능한 차체구조용(hull construction) 재료로 사용된다.

## 2. 사용가능한 급속응고 알루미늄합금기술

급속응고 알루미늄합금에 현재 이용되는 기술은 두개의 주된 분야에 집중되어 있다. 즉 합금개발과 재료가공분야가 그것이다. 이들 분야에는 수많은 문헌이 있다. 따라서 여기서는 짧게 종합정리하기로 하겠다.<sup>1,2,5)</sup> 이미 언급한 바와같이 급속응고 알루미늄합금에 대한 기술은 항공기와 우주선에 응용하기 위하여 개발되어 왔다. 육상차량용으로는 합금개발이나 재료가공법 개발이 없었기 때문에 급속응고 알루미늄합금기술은 육상차량용 기술에 적합해야 한다는 것을 염두에 두어야 한다.

### 2.1. 합금개발

급속응고 알루미늄합금은 3가지 범주로 구분할 수 있다. 고강도(high strength), 경량고강도비(high modulus/low density) 및 고온용합금으로 나뉜다. 고강도합금중에는 현재 사용가능한 급속응고 알루미늄합금으로 Alcoa의 7090 및 7091 합금과 Kaiser Al and Chemical Co가 개발한 MR64를 들 수 있다. 이들 합금은 7050과 같은 주괴야금(ingot metallurgy, I/M)합금보다 성질면에서 훨씬 더 뛰어나 지를 양기때문에, 현존하는 고강도 급속응고 알루미늄합금보다 매우 우수한 성질을 갖는 차세대합금개발에 박차를 가하고 있다. 현재 이용할 수 있는 고강도합금의 또다른 형태는 INCO에서 개발한 기계적 합금법(mechanical alloying process)으로 만든 합금이다. IN9051로 표시하는 이 합금은 또 다른 실행가능한 고강도 급속응고형 알루미늄합금이다.

알루미늄합금의 두번째 범주는 경량고강도(high modulus/low density)를 갖는 합금으로 Al-Li-X

에 기본을 두고 있다. Al-Li-X 합금의 주괴야금화(I/M version)는 가까운 시일내에 상업화될 수 있기때문에, 급속응고 Al-Li-X 합금에 대한 연구는 I/M으로 할 수 없는 합금조성과 성질을 갖는 것에 집중되어야 할 것이다.

세번째 범주는 고온용합금이다. 알루미늄합금의 경우 약 350°C 이상의 온도가 이에 해당된다. 고온용 알루미늄합금은 급속응고 기술을 사용하므로써만 생산할 수 있다. 사용할 수 있는 합금은 Al-Fe 계를 기본으로 하여 Ce(Alcoa합금 CU78)나 Mo (Pratt and Whitney Aircraft합금)를 제 3 원소로 첨가하는 것이다. INCO의 기계적합금도 고온용으로 사용할 수 있다.

### 2.2. 재료가공

두가지 중요한 재료가공기술분야가 급속응고 알루미늄합금에 응용되도록 개발중에 있다.

첫번째분야는 열기계적처리(TMT)를 이용하여 재료의 성질 및 성형성을 개선시키는 것이다. 이것은 중간열기계적처리(ITMT)에 기초를 둔 기술에 의해 입자크기조절을 사용하므로써 가능하다. 또다른 가능한 방법은 석출경화반응에 영향을 주는 열기계적처리를 사용하는 것이다. 이처리는 최종열기계적처리(FTMT)에 기초를 두고있다.

두번째 분야는 급속응고 합금의 사용에 커다란 충격을 줄 수 있는 것으로서, 초소성가공법(SPF)이다. 이 기술은 7075 및 7475와 같은 I/M 알루미늄합금에 최근 성공적으로 응용되고 있다.

SPF기술의 적당한 사용으로 육상차량용 급속응고 알루미늄합금의 사용은 촉진될 수 있다. 자동차용 판재합금을 가공하는데, 급속응고 알루미늄합금의 SPF기술의 사용은 하나의 예라고 할 수 있다.

## 3. 육상차량에의 가능한 응용

육상차량용 재료의 요구사항을 기초로 하여 볼 때, 급속응고 알루미늄합금을 특정용도에 저렴하게 사용할 수 있다.

그러나 재료를 선택하기전에 새로운 I/M 알루미늄합금, 플라스틱, 복합재료 및 고강도강과 같은 다른 첨단재료의 사용을 고려해야만 한다. 고려해야 할 이들 모든 다른 재료와 함께, 육상차량용 급속응고 알루미늄합금에 대한 여러가지 응용이 아직도 상존하고 있으므로 이에 대하여 논의하겠다.

3.1. 자동차

현재 사용되고 있는 재료보다 비용상승이 있을 때, 이것이 정당화될 수 있다면, 괄목할만한 성능 개선에 급속응고 알루미늄합금을 응용할 수 있는 분야는 3가지가 있다.

첫째는 엔진피스톤분야이다. 급속응고 알루미늄합금을 사용함으로써 현재 사용되고 있는 피스톤 재료(E332)보다 우수한 고온성능 또는 사용온도를 증가시킬 수 있다.

두번째는 범퍼분야이다. 급속응고 알루미늄합금은 강도, 인성, 탄성계수의 조합이 더욱 우수하기 때문에, 현재 사용되고 있는 알루미늄합금보다 그 성능이 더 우수하다. 세번째는 액슬(axle)분야이다.

급속응고 알루미늄합금은 표준 알루미늄합금보다 더 좋은 피로성질을 갖기 때문에 수명이 길다.

3.2. 장갑차(APC)

장갑차에서 급속응고 알루미늄합금의 주된 용도는 구조용 차체재료로서, 현재 사용되고 있는 5083과 7039 알루미늄합금을 대체할 수 있다. 급속응고 알루미늄합금의 용접이 가능하면, 5083 및 7039 현존 알루미늄합금보다 방탄성이 더 좋을 뿐만 아니라, 강도, 인성 및 응력부식저항의 조합이 더욱 우수할 수 있다.

Scientific Solutions to Engineering Problems : An Invited Review." *Materials Science and Engineering*. Vol. 29. 1977, pp. 99-115.

2. Spangler, G. E., Ashton, R. F., and Thompson, D. S., "Advances in Aircraft Alloy Technology and Fabrication Practice," *Proceedings, Second International Symposium on Aluminum Transformation Technology and Applications - 1981*, American Society for Metals, Metals Park, OH, 1982, pp. 483-519.
3. G. F. Bolling. "Aluminum in the Automobile and Truck Industry," *Proceedings. Second International Symposium on Aluminum Transformation Technology and Applications - 1981*. American Society for Metals. Metals Park, OH. 1982, pp. 91-116.
4. "The Military Uses of Aluminum," G. W. Budd, Ed., Alcan Booth Sheet Ltd., Birmingham, England, 1973.
5. *Proceedings. Symposium on Thermomechanical Processing of Aluminum Alloys*. J. G. Morris, Ed, The Metallurgical Society of the American Institute of Mining, Metallurgical. and Petroleum Engineers, St. Louis. MO, 18 Oct. 1978.

참 고 문 헌

1. Starke, E., "Aluminum Alloys of the 70's :