

알루미늄 材料技術(I)

黃 昌 奎
韓國에너지研究所 工作室長



● 1932년생
● 기관학을 전공하였으며, 현재 연구·개발장치의 설계·제작분야와 특히 용접분야에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

알루미늄 材料의 수요는 近年에 와서 눈에 떠만큼 급성장하였다. 그 수요구조를 보면 日用品을 중심으로 하는 輕工業用 재료중심에서 토목, 건축, 운송산업, 금속기계 部門으로 확대되어 철강재료와 마찬가지로 기초금속재료로서 광범위하게 使用되고 있음을 알 수 있다.

알루미늄 材料가 근래에 와서 급성장한 배경에는 生産技術과 應用技術面에서의 向上도 있었지만 경제적 有效性이 갈려 있기 때문이 아닌가 생각한다. 이는 포장용 재료의 보급과 자동차용 재료의 動向을 생각할 때 앞으로도 開發의 餘地가 많은 材料인 것은 확실하며 開發에 대한 노력의 重要性을 실감해 주고 있다.

한 때 알루미늄 産業은 에너지 소비형 산업이라는 의혹도 있었으나 現在에 와서는 省 에너지의 관점에 있어서도 장래가 밝고 有用性이 큰 材料라고 評價하고 있다. 이러한 상황 속에서 이 분야에 종사하는 業界나 現場 사람들이 알루미늄 材料에 대한 개략적이고 상식적인 問題들을 다시 한 번 검토하는 노력도 必要하리라 생각이 들기 때문에 알루미늄 材料의 特徵, 種類, 呼稱, 性質, 加工方法(成形加工만 소개), 用途등에 관해서 부족한 감은 있지만 나름대로 정리하여 기술하고자 한다.

2. 알루미늄 材料의 特徵

알루미늄 材料는 다음과 같은 特徵을 가지고 있다.

(1) 比重

알루미늄의 비중은 銅이나, 鐵의 1/3밖에 되지 않기 때문에 航空機, 船舶, 차량 등의 交通기관, 건축, 토목등의 輕量化 分野에 應用되고 있다.

(2) 耐蝕性

大氣中에서 자연히 酸化皮膜이 形成되어 自己防護를 하고 있기 때문에 우수한 耐蝕性을 가지고 있다.

(3) 加工性

展延性이 풍부하고 板, 棒, 管, 線, 型材 등과 같은 여러가지 形狀의 제품을 容易하게 제조할 수 있기 때문에 成形加工 등이 順조로워 많은 用途에 使用된다.

(4) 表面處理

無色透明의 酸化被膜을 表面에 形成하는 알마이트 處理에 의하여 보기 좋은 銀白色의 金屬光澤을 갖는 상태에서 耐蝕性, 耐摩滅性을 改善할 수가 있고 梁色, 자연發色, 電解發色 등의 方法에 의해서 여러가지 着色이 可能하므로 家庭用品, 建築物의 内外裝에도 많이 使用된다.

(5) 強度

알루미늄 합금의 種類에 따라서 인장강도가 7~60kg/mm²으로 변화할 수 있기 때문에 用途에 應하여 알맞게 선택할 수가 있다.

(6) 低溫特性

溫度가 低下 될수록 強度는 상승 되므로 低溫 프랜트장치에 많이 使用된다.

(7) 電氣 傳導性

銅의 약 60%의 전도율을 갖기 때문에 銅의 半分程度의 무게를 갖는 알루미늄 재료를 사용하여 銅과 同量의 電流를 통과 시킬수 있어 送電線, 配電線에 적합하다.

(8) 熱 傳導性

열의 전도가 좋기 때문에 열 교환기, 엔진, 部品, 가정용품, 냉·난방장치에 사용된다.

(9) 反射性

알루미늄 재료의 表面은 光, 熱, 電波등의 反射가 양호하기 때문에 非磁性을 필요로 하는 각종 전기기구에 사용된다.

(10) 無毒性

독성이 없고 食品類와의 反應도 없기 때문에 식품포장용기, 가정용기물에 적합하다.

(11) 再生

스크랩(scrap)의 재생이 다른 금속에 비하여 아주 容易하기 때문에 스크랩 가격이 비싸고 이로 인하여 資源의 有效活用, 폐기물에 의한 公害방지도 좋다.

3. 알루미늄 材料의 種類와 呼稱

3.1 種類

알루미늄 材料는 軟하고 展伸性이 풍부하며 用途에 應해서 強度를 높혀줄 수 있도록 재료의 성질을 개선할 필요가 있을 때는 여러가지 元素를 첨가한 알루미늄 합금을 제조할 수가 있다. 알루미늄 합금은 板材, 形材, 管材, 棒材, 線材, 鍛造品과 같은 展伸材와 金型鑄物 다이캐스트 鑄物材 등으로 大別할 수가 있고 이것을 分類하면 다음과 같이 表示할 수 있다.

(1) 展伸材

(가) 非熱處理型 合金 { 純 알루미늄 (1000계)
Al-Mn계 합금 (3000계)
Al-Si계 합금 (4000계)
Al-Mg계 합금 (5000계)

(나) 熱處理型 合金 { Al-Cv-Mg계 합금 (2000계)
Al-Mg-Si계 합금 (6000계)
Al-Zn-Mg계 합금 (7000계)

(2) 鑄物材

(가) 非熱處理型 合金 { 純粹 알루미늄
Al-Si계 합금
Al-Mg계 합금

(나) 熱處理型 合金 { Al-Cu-Si계 합금
Al-Cu-Mg계 합금
Al-Mg-Si계 합금

展伸材와 鑄物은 각기 非열처리형 합금과 열처리형 합금으로 大別이 된다. 非열처리형 합금은 제조한 그대로, 또는 압연, 抽伸등의 냉간가공에 의해서, 열처리형 합금은 담금질(quenching)과 뜨임(tempering) 作業에 의하여 각각 소정의 강도를 얻을 수가 있다. 그러나 열처리 합금의 경우라도 열처리에 의하여 얻어진 강도보다도 높은 강도를 얻기위해서 냉간 가공을 할 때도 있고 비열처리 합금이라도 불림(annealing)이나 안정화 처리와 같은 열처리 작업을 수행하는 경우가 있다. 이런 경우의 합금은 主要 첨가원소의 종류에 의하여 분류할 수가 있다. 그리고 각각의 합금특성은 각 합금속에서 유사성을 표시하는 것으로 이 분류는 재료를 이해하고 사용재료를 선택하는데 편리할 때가 많다.

3.2 呼稱

각종 알루미늄 합금은 그 分類와 같이 呼稱이 붙어 있다.

(1) 展伸材의 呼稱

JIS 규격에는 個個의 알루미늄 합금재료에 다음과 같은 記號로 呼稱을 붙이고 있다.

· 비열처리형 합금의 例(A5052P-H34)

· 열처리형 합금의 例(A6063TE-T5)

첫 자리 A는 알루미늄 합금을 表示, 다음 4

자리 숫자는 국제 알루미늄 합금명으로 표시가 되고, 그 중 제 1자리 숫자는 합금계를, 제 3,4자리 숫자는 각각의 합금 識別을 표시하고 있으나 합금계 표시의 제 1자리가 1일 경우 純 알루미늄계 재료에서는 純度를 표시하고 있다. 제 2자리 숫자는 제 3,4 자리에서 식별된 합금의 개량, 또는 派生合金을 나타내고 있으나 국제 알루미늄 합금에 상당한 합금을 낼 수 없을 경우에는 제 2자리 숫자 대신 N을 사용하게 된다. 4자리 숫자에 있어서 1~3個의 로마문자가 붙게 되는데 이것은 재료의 형상을 나타내는 형상기호와 寸法許容度를 나타내는 等級記號를 표시하고 있다.

“—” 다음에 H 또는 T를 머리로 한 숫자는 재료의 가공경화 상태 또는 열처리상태등의 調質을 나타내는 質別記號인데 이 밖에 F, O 등의 문자를 사용하고 있다. 展伸材의 形狀을 나타내는 呼稱의 記號는 표 1에서 보는 바와 같다.

표 1 제품형상을 나타내는 記號

記號	區分	記號	區分
P	板, 条, 圖版	TW	熔接管
PC	겹친板	TWA	아아크熔接管
BE	抽出棒	S	抽出形材
BD	引拔棒	BR	리벳材
W	引拔線	FD	型打鍛造品
TE	抽出繼目無管	FH	自由鍛造品
TD	引拔繼目無管		

(2) 鑄物材의 呼稱

JIS 규격에서는 鑄物材의 呼稱을 다음과 같이 나타내고 있다.

- 非熱處理型 合金의 例(AC3A-F)
- 熱處理型 合金의 例(AC4C-T6)

첫 자리 A는 展伸材인 알루미늄 합금을 나타내고 A다음 C, DC, J의 기호는 제품기호로 각각의 주물, 다이캐스트, 軸受鑄物을 표시하고 있다. 제품기호에 이어서 다음 숫자는 첨가 원소에 의한 種別을 1, 2, 3...의 숫자는 1중, 2

중, 3중...을 나타내고 “—” 앞에 있는 A,B,C 등의 기호는 同一 합금계이면서 첨가량이 相異한 것을 표시하고 있다.

4. 알루미늄 材料의 一般的 性質

알루미늄 재료의 주된 성질은 첨가원소의 종류와 量에 의하여 영향을 받기 때문에 材料의 선택에 있어서는 각각의 使用目的에 應해서 最 適한 성질을 갖는 합금을 선택해야 한다.

4.1 展伸材

알루미늄 합금 展伸材의 一般的인 性質은 표 2에서 보는 바와 같다.

표 2 알루미늄 합금 展伸材의 一般的 性質

合金	質別	(1) 耐蝕性	(1) 耐蝕力	(1) 成形性	(2) 切削性	(1) 韌性	(1) 熔接性			(1) 鍛造性
							가스	알콘	抵抗	
1050	H24	A	A	A	D	A	A	A	A	
1100	0	A	A	A	E	A	A	A	B	A
	H24	A	A	A	D	A	A	A	A	A
	H18	A	A	C	D	A	A	A	A	A
2011	T3	D	C	C	A	D	D	D	D	—
	T8	D	A	D	A	D	D	D	D	—
2014	T4	D	C	C	B	D	D	B	B	C
	T6	D	C	D	B	D	D	B	B	C
2017	T4	D	C	C	B	D	D	B	B	—
2018	T61	C	C	—	B	D	D	B	B	C
2024	T4	D	C	C	B	D	D	B	B	—
2025	T6	D	C	—	B	—	—	—	—	D
2117	T4	C	A	B	C	C	C	B	B	
2218	T72	D	C	—	B	D	D	B	B	D
2N01	T61	C	A	—	C	—	—	—	—	—
3003	O	A	A	A	E	A	A	A	B	A
	H24	A	A	B	D	A	A	A	A	A
	H18	A	A	C	D	A	A	A	A	A

4032	T6	C	B	-	-	D	D	B	C	-
5005	O	A	A	A	E	B	A	A	B	-
	H34	A	A	B	D	B	A	A	A	-
	H38	A	A	C	D	B	A	A	A	-
5052	O	A	A	A	D	C	A	A	B	-
	H34	A	A	B	C	C	A	A	A	-
	H38	A	A	C	D	C	A	A	A	-
5154	O	A	A	A	D	D	C	A	B	-
	H34	A	A	B	C	D	C	A	A	-
	H38	A	A	C	C	D	C	A	A	-
5454	O	A	A	A	D	D	C	A	B	-
5083	O	A	B	B	D	D	C	A	B	-
5056	O	A	B	A	D	D	C	A	B	-
	H38	A	C	C	C	D	C	A	A	-
5N01	O	A	A	A	E	A	A	A	B	-
	H24	A	A	A	D	A	A	A	A	-
6063	T5	A	A	C	C	A	A	A	A	-
	T6	A	A	C	C	A	A	A	A	-
6N01	T5	A	A	C	C	A	A	A	A	-
	T6	A	A	C	C	A	A	A	A	-
6061	T4	B	B	B	C	A	A	A	A	D
	T6	B	A	C	C	A	A	A	A	-
7003	T5	B	B	C	B	D	D	A	A	D
7N01	T4	B	B	C	B	D	D	A	A	B
	T5	B	B	C	B	D	D	A	A	D
	T6	B	C	C	B	D	D	A	A	-
7075	T6	C	C	D	B	D	D	C	B	D

표 2에서 (1)을 표시한 항목의 A와 B는 실용상 대부분 문제가 없으나 C와 D는 무엇인가 대책이 必要하던가, 制約條件에 주의를 해야한다. 成形性, 軋질性, 熔接性이, D인 경우에는 一般的으로 시공을 하지 않는 것이 좋다.

(2)를 표시한 項에서 A는 切屑處理가 아주 쉽지만 下位등급 (E)로 갈수록 切削速度등 조건 的 制約을 잘 지켜야 한다. 그리고 알루미늄 합금은 냉간가공, 담금질, 뜨임, 풀림 등의 열처리에 의하여 강도, 성형성, 그 밖에 성질을

조정 할 수가 있는데 이와같은 조작에 의해서 소정의 성질을 얻는 것을 調質이라 하고 調質의 종류를 質別이라 한다.

(1) 1000系列 알루미늄

1000번 代는 工業用 純 알루미늄을 나타내고 1100과 1200이 代表적이며 99.0%이상의 순 알루미늄계 재료이다. 1100은 陽極酸化處理 後 光澤을 좋게하는 Cu가 미량 첨가되어 있다.

이 계열의 재료는 가공성, 내식성, 용접성이 우수하나 강도가 낮기 때문에 구조재료는 부적합하고 강도가 要하지 않는 가정용품, 일용품, 전기용품등에 많이 사용되고 있다.

순 알루미늄에 함유되어 있는 불순물은 Fe, Si이지만 불순물이 적을수록 耐蝕性은 向上되고 陽極酸化處理 後의 表面光澤이 改善이 된다. 이 때문에 化學, 食品, 工業用 탱크, 장식품, 反射板등에 使用이 된다. 또 Fe, Si의 量에 의해서 프레스 성형성에 영향이 있기 때문에 그의 量과 比를 합금원소와 같이 조정해야 한다는 것을 알 수가 있다. 그리고 전기전도성, 열전도성이 우수하기 때문에 1060, 1070은 送配電用材料 放熱材 등에 많이 사용되고 있다.

(2) 2000系列 合金

듀랄루민, 超 듀랄루민의 名稱으로 알려진 2017, 2024가 代表적인 것으로 鋼材와 匹敵할 수 있는 強度를 가지고 있으나 비교적 많은 銅을 함유하고 있기 때문에 耐蝕性이 약해서 腐蝕環境에 적용하기 위해서는 충분한 防蝕處理를 해야 한다. 항공기용 재료는 표면에 防蝕을 目的으로 純 알루미늄을 壓着시킨 재료를 사용하고 있다.

熔融熔接性은 다른 알루미늄 합금에 比하여 弱하기 때문에 接合에는 주로 리벳, 볼트적합, 저항 스폿용접 등으로 처리를 하고 있고 절삭성은 양호하여 특히, Pb, Bi를 첨가한 2011은 아주 좋은 쾌삭성합금으로 기계부품에 많이 사용된다.

(3) 3000系列 合金

3003은 이 系列의 代表적 合金으로 Mn의

첨가에 의해서 純 알루미늄의 가공성, 내식성을 저하 하는 일이 없이 강도가 조금 증가되기 때문에 器物, 建材, 容器 등에 사용된다.

3030에 상당한 합금에 Mg을 1% 정도 첨가한 3004는 강도가 증가되기 때문에 갈라 알루미늄, 電球口金 등의 材料로 그 수요가 증가되고 있다.

(4) 4000系列 合金

4032는 Si의 첨가에 의해서 열팽창율을 얻어 내마멸성이 개선된 것으로 Cu, Ni, Mg등을 미량 첨가해서 耐熱성을 向上시켜 단조 피스톤 재료로 사용된다.

4043은 熔融溫度가 낮기 때문에 용접 와이어나 브레이징용 땀납으로 사용을 한다. 또, 이 합금은 Si 입자의 분산에 의하여 陽極酸化處理 皮膜이 灰色으로 되어 건물의 외장재료에 사용된다.

(5) 5000系列 合金

Mg 첨가량이 비교적 적은 것은 장식재나, 器物用材에 많은 것은 구조용재로 사용된다. Mg 첨가량이 적은 합금으로는 장식용재, 高級器物材로 使用되는 5N01과 차량용, 內裝天井板 建材, 器物材로 사용되는 5005가 대표적인 것으로 되어있다. 中程度의 Mg을 함유한 것으로는 5052가 대표적으로 되어 있고 中程度의 強度를 갖는 재료로도 알려져 있다. 5083은 Mg 함유량이 많은 합금으로, 비열처리 합금으로는 아주 우수한 강도를 가지고 용접성도 양호하다. 그러기 때문에 용접구조재료로 선박, 차량, 화학 플랜트등에 사용된다.

이 系列의 합금은 냉간가공 그대로는 강도가 조금 저하되고 신율이 증가한다는 經年變化를 나타내기 때문에 安定化 處理를 하고 있다. 그리고 海水나 工業地帶의 汚梁霧圍氣에 강하고 외관을 고려하지 않을 경우에는 防蝕處理를 할 必要가 비교적 적다. 또 5083처럼 Mg을 많이 함유한 것은 溫度의 냉간가공을 한 그대로 고온으로 사용하게 되면 應力腐蝕 균열을 일으킬 때가 있기 때문에 항상 구조재료는 軟質材가 사용된다.

(6) 6000系列 合金

이 系列의 합금은 강도, 耐蝕性이 모두 양호하여 대표적인 구조용 재료로 사용이 된다. 그러나 용접시공은 이음의 효율이 낮기 때문에 비스, 리벳, 볼트 등의 접합에 의해서 構造組立을 하는 것이 많다.

6061-T6 耐力 25kg/mm^2 이상에서 SS41 鋼과 비슷하여 設計上 同等한 許容應力을 가질 수 있는 利點이 있기 때문에 鐵塔, 크레인 등에 사용된다.

6063은 우수한 抽出性을 가지고 있기 때문에 건축용 사시를 중심으로 6061 보다 강도를 必要로 하지 않는 구조재에 사용된다.

6N01은 6063과 6061의 中間의 강도를 갖는 합금으로 1982년에 JIS에 등록되었다.

(7) 7000系列 合金

알루미늄 합금 중에서도 아주 높은 강도를 갖는 Al-Zn-Mg-Cu系 合金과 Cu를 함유하지 않은 용접구조용 Al-Zn-Mg 합금으로 분류가 되는데 後者를 三元合金이라 한다.

Al-Zn-Mg-Ci系 합금의 대표적인 것은 7075로 항공기, 스포츠용품류에 사용이 되고 있다.

Al-Zn-Mg 합금은 비교적 높은 강도를 갖고 용접후의 열영향부도 自然時効에 의해서 母材에 가까운 강도로 回復이 되기 때문에 우수한 이음효율을 얻을 수가 있다. 7N01이 대표적인 합금으로 용접구조용 재료로 철도차량 등에 사용이 되고 있다. 그런데 이 系列의 합금은 열처리가 적절하지 않을 경우에는 應力腐蝕 균열이 일어날 수 있기 때문에 주의할 필요가 있다.

4.2 鑄物材

주물재는 展伸材에 比하여 사용되고 있는 합금성분이 나라에 따라 틀리는 경우가 많다. 그리고 첨가원소에 의해서 서로 다른 種類로 보는 경우도 있다.

(1) 砂型, 셸, 金型用 鑄物材

(가) Al-Cu系

4.5% Cu를 함유한 재질로서 내열성이 있고

강도와 延性도 높고 절삭성도 좋지만 주조균열이나 응고수축의 점에서 可鑄性이 뒤진다.

(나) Al-Cu-Si系

(가)의 결점을 보완하기 위해서 Si를 첨가한 것으로 주조성, 내기밀성, 용접성이 좋기 때문에 근래에 널리 사용된다.

(다) Al-Si系

13% Si를 함유한 것으로 Na를 미량 첨가해서 조직을 미세화 함으로써 기계적 성질을 개선하였다.

(라) Al-Mg系

Mg을 함유한 것으로 뛰어난 내식성을 지닌 것이 특징인데 그러기 위해서는 高純度의 알루미늄 地金を 사용해야 하고 용해와 주조에는 숙련이 필요하다. 이 재료는 Mg의 함유량에 따라서 기계적성질의 개선, 강도, 연성, 내식성, 절삭성 등을 좋게 할 수가 있다.

(마) 耐熱合金

Ni, Cu, Fe, Mg, Si와 같은 結晶粒界에 금속간 화합물을 析出하는 금속을 합금하면 내열합금을 얻을 수가 있다. 또 2% Ni을 첨가하면

Al₅Cu₂Mg₂가 硬化要素로 되는 대표적 합금이 되고 Al-12%Si 합금과 Al-9%Si 합금에 각각 Cu, Mg, Ni을 첨가하면 내열성이 좋을 뿐 아니라 열팽창계수가 작으므로 강과 짝지워 사용하는 내열기관 부품에 적합하다.

(바) 메어링 합금

6~13% Sn이 함유된 합금원소로 하고 거기에 Cu, Ni, Mg 등을 첨가한 합금은 베어링 성능이 우수하므로 케르멧 대신에 사용된다.

(2) 다이캐스트用 鑄物材

이 재료는 Al-Si系, Al-Si-Mg系, Al-Mg系 및 Al-Si-Cu系가 있고 純 알루미늄이 사용된다. Fe는 다이스에의 粘着과 熔湯이 다이스를 부식하는 경향을 감소시키므로 다이캐스트용 합금에 첨가하고 있다. 또 Mg은 Al-Si系 合金에 대해서 건전한 다이캐스트를 얻으려면 0.1% 이하로 억제 하는것이 좋다. Zn 열간취성을 수반하고 내식성을 감소시키는 것으로 생각되었지만 1.0% 이하의 첨가와 인정되고 있다. (다음호에 계속)



• 正誤表(大韓機械學會誌 第28卷 第6號, 1988. 12)

面	行	誤	正
573	右 8	ETZ-10	ETA-10
575	左10	인용하고	이용하고
576	左17	변화의 하나는 컴퓨터	변화의 하나는 슈퍼컴퓨터와 컴퓨터 그래픽의 연결로 종래의 풍
		로	동실험, 충돌실험을 컴퓨터로
576	右 4	ETZ	ETA
578	左27	운영비용으로	운영예산도 정부의 계속적인 지원으로 마련되어 가능한 한 많은
			사람들이 적은 비용으로
578	左29	대략 1-200불의	대략 1-2000불의