

最近のアルミニウムおよび銅合金

KK神戸製鋼所、軽合金伸銅事業部 開発部* 平 松 剛 毅**

1. ま え が き

最近各種の工業の進歩と共にこれに適した金属材料が要望されるようになり、わが国においても主として民需用として建設、陸運、機械、化学工業方面に新しいアルミニウムおよび銅合金が開発されている。

アルミニウム合金は戦時中主として航空機用材料として使用されていたが、最近では器物、陸運車両、建築などの各方面にその特性を生かし、軽量、加工性、耐食性、美観の優れた点により需要は増加の一途をたどり、昨年わが国においても43万tonの需要があり、各社共設備の新設、増強を行っている。

表1に昭和38、39年度のアルミニウム1次製品の需要

表1 わが国のアルミニウム1次製品の需要構成
(昭和39年度) 圧延工業会

需 要 部 門	38年度	39年度		
	数量(t)	数量(t)	構成比(%)	対前年比(%)
輸 出	31,099	41,630	9.7	133.9
日 用 品	51,421	49,712	11.5	96.7
食 料 品	6,478	7,812	1.8	120.6
機 械 金 属	69,189	80,739	18.8	116.7
土 木 建 築	25,815	37,233	8.6	144.2
電 力	12,478	14,881	3.5	119.3
電 気 通 信	58,063	50,806	11.8	87.5
陸 運	64,767	76,598	17.8	118.3
農林、水産、繊維	8,149	8,088	1.9	99.3
精 密 機 械	7,833	7,830	1.8	100.0
医 療、衛 生	1,310	1,534	0.4	117.1
化 学	4,459	4,869	1.1	109.2
た ば こ	2,083	2,165	0.5	103.9
船 舶	1,364	1,599	0.4	117.2
航 空	354	224	0.1	63.3
そ の 他	38,298	44,528	10.3	116.3
合 計	383,160	430,248	100.0	112.3

* 下関市長府港町1

** 第2開発課長、工博

構成を示すが、昭和39年度は38年度に比較し12.3%の伸びがあり、土木建築、陸運車両、機械金属、食料品などの需要部門の伸びが著しい。従って当然これらの需要の著しい分野において従来使用されていた鉄鋼材料の代りにアルミニウム合金が使用されるようになり、この内最近開発されたアルミニウム合金の数種を紹介したいと考える。

まづ器物、自動車部品方面では光輝陽極処理用アルミニウム合金があり、土木建築、陸運車両方面には溶接構造用強力アルミニウム合金、自然発色合金などがある。その他従来使用されているアルミニウム合金についても改良がされているが、紙面の都合で割愛する。

伸銅品については昨年度わが国では37万tonの需要があり、表2に示すように機械、金属製品、電気機械などが主要需要分野である。銅合金は熱伝導、耐食性、加工性が金属材料の中でも優れた点より熱交換器用材料としては主要な地位を占めており、電気機械工業、化学工業、陸運車両などの各方面の熱交換器用部品に使用されている。

表2 わが国の伸銅品の需要構成
(昭和39年度) 日本伸銅協会

需 要 部 門	38年度	39年度		
	数量(t)	数量(t)	構成比(%)	対前年比(%)
織 維 工 業	1,468	1,516	0.4	103.3
化 学 工 業	3,799	4,160	1.1	109.5
金 属 製 品	44,904	59,670	16.2	132.9
日 川 品	31,729	38,316	10.3	120.8
電 気 機 械	51,154	63,647	17.1	124.4
通 信 機 械	17,179	22,805	6.2	132.7
陸 運 車 両	16,027	23,614	6.4	147.3
船 舶	5,705	8,307	2.3	145.6
その他の機械	21,466	26,776	7.2	124.7
そ の 他	63,390	88,521	24.0	139.6
建 設 業	10,657	13,318	3.6	125.0
輸 出	14,682	19,107	5.2	130.1
合 計	282,160	369,757	100.0	131.0

銅管はわが国では昨年31,744ton生産され昭和38年度に比較して20.8%増加し、2,768ton輸出されている。

この中で冷暖房および冷凍機用に使用する ACR銅管 (Air Conditoning and Refrigeration Copper tube) の需要は年々増加している。これは一般の銅管に比較して高度の品質を要求されるため、合理的な製造工程と品質管理により需要に供し、米国などにも輸出されている。その他熱伝達性を増加せしめるためアルミニウム合金のフィンを銅管に挿入した特殊な熱交換器部品としてインナーフィンチューブが開発され、熱交換器の小型軽量化が可能になっている。その他従来各方面に使用されている銅合金についてもアルミニウム合金と同様、機械特性、加工性、耐食性の優れた材料が開発、改良されているが、今回は上記 2 製品の紹介にとどめる。

2. 光輝陽極処理用アルミニウム合金

装飾用器物、ネームプレート、家庭用電化製品の装飾品、自動車用装飾部品としては従来の銀白色のアルミニウム色調に対してクロム鍍金調の深味のある光沢を要求するようになってきている。光輝陽極処理用アルミニウム合金は電解研磨、化学研磨、陽極処理などの表面処理後の光沢が優れ、更に染色性、耐食性が優れている。また深絞り、曲げ加工、溶接性も容易で用途に応じて複雑な押出型材も製作可能である。

これらの各種の用途に対して欧州では 99.99% の高度純度アルミニウム地金を使用した AlRMg 0.5, AlRMg 1, AlRMg 2 などの Al-Mg 系および 99.8%, 99.99% の高純度地金を使用した BT 3, BT 6 などの Al-Mg-Si 系があり、アメリカにおいては 99.85% の 5×57, 5252 などの光輝合金が市販されている。また最近では Al-Mg-Si 合金よりも更に強力な光輝アルミニウム合金としてカナダの CA-×1148 およびドイツの Al 99.9 ZnMg なる Al-Zn-Mg 系光輝合金の規格が発表されている。

2-1 光輝アルミニウム合金の特性

わが国においても最近表 3 に示す一連の光輝アルミニウム合金が開発され、クロム鍍金光沢あるいは金鍍金光沢を必要とするあらゆる装飾部品に使用されている。

2-2 表面処理法

光輝アルミニウム合金は一般に図 1 の如き工程の表面処理を行う。

光輝アルミニウム合金は光輝性を与えることが重要であるため一般のアルミニウムの電解研磨、化学研磨の条件中次の条件が最適である。

電解研磨法

浴組成	磷酸 (d.1.7)	75w/o	温度 85°C
	硫酸 (d.1.84)	5w/o	電圧 15~20 V
	クロム酸	6.5w/o	時間 5 分
	水	13.5w/o	

化学研磨法

浴組成	磷酸 (d.1.7)	温度 90°C
	硝酸 (d.1.4)	時間 5~8 分
	水 15%	
	硝酸銅 0.5g/l	

電解研磨、化学研磨処理のままのアルミニウム表面には研磨浴成分と反応して出来たごく薄い膜が附着しているのでそのまま陽極処理すると白っぽいくもりを生じ、良好な光輝面を得ることが出来ないため磷酸、クロム酸、硝酸、苛性ソーダなどで皮膜剥離が必要である。

陽極処理

光輝アルミニウム合金の陽極処理は皮膜透明度の高い無色の硫酸法が最適で、光輝性、耐磨耗性などの点よりその膜厚は 5 μ 程度がよい

陽極処理条件は

電解浴	硫酸	15w/o	電流密度	/A/dm ²
	水	85w/o	温度	22~25°C
			時間	15~20 分

さらに金色、ブロンズ、赤、青、緑、黄、黒色などの光沢ある色彩を与えるため染色処理、封孔処理が行われる。

2-3 光輝性の経時変化

上記の如き光輝陽極処理を施したアルミニウム合金の膜厚は 5 μ 程度であるにもかかわらずクロム鍍金品の如く使用中に光沢が劣化することがない。これについては図 2 の如く National Physical Laboratory で各種の光

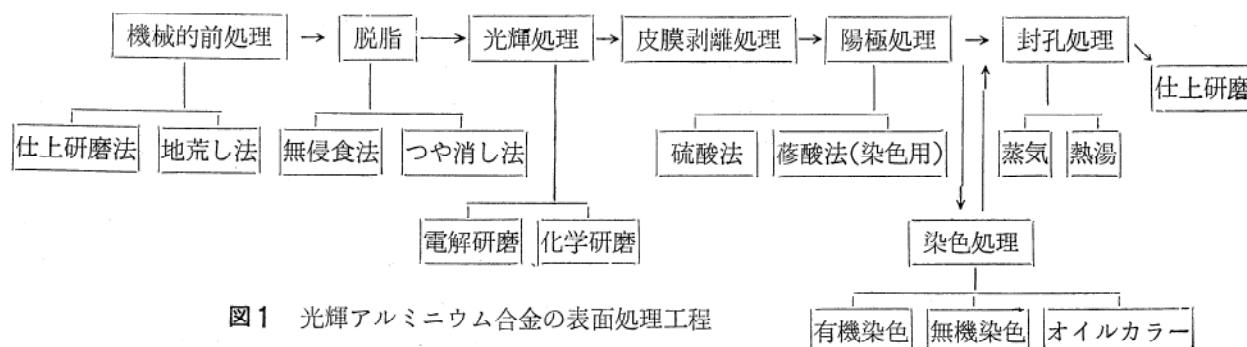


図1 光輝アルミニウム合金の表面処理工程

表3 光輝陽極処理用アルミニウム合金の種類およびその特性

品 種	形 状	特 性	調 質	機 械 的 性 質				光 輝 性 (電研後アルマイト) 5 μ (%)	深 絞 り 性	用 途
				引張強 さ (Kg/ mm ²)	耐 力 (Kg/ mm ²)	伸 び (%)	曲げ限 界 (t)			
G I S	板・形	電解および化学研 磨性が最もよい。 表面処理後黒光り 性の光沢がある。	O	12.5	4.5	34	0	79~85	ポンチ先 端の丸味 半径 4 $\frac{m}{m}$ 52.4	ネームプレート 自動車用装飾用部 品, 万年筆キャップ
			$\frac{1}{4}$ H	14.5	8.6	25	0			
			$\frac{1}{2}$ H	17.5	14.0	17	2			
			H	26.4	—	5	—			
G I M	板・形	電解および特に化 学研磨性がよい。	O	10.3	3.8	33	0	75~80	4 $\frac{m}{m}$ 52.4	装飾用器物 ネームプレート 自動車用装飾部品 化粧品ケース
			$\frac{1}{4}$ H	13.0	8.5	24	0			
			$\frac{1}{2}$ H	16.0	14.0	12	2			
			H	23.0	—	5	—			
A G I M	板・形	電解および特に化 学研磨性がよい。 G I Mより腰が強い。	O	12.7	4.5	34	0	72~77	4 $\frac{m}{m}$ 52.4	同 上
			$\frac{1}{4}$ H	14.9	8.6	28	0			
			$\frac{1}{2}$ H	17.3	14.0	20	2			
			H	26.5	—	4	—			
T I A	板	電解研磨法がよい	O	7.0	2	51	0	77~82	4 $\frac{m}{m}$ 51.8	ネームプレート, 化粧品ケース, 化 粧品用キャップ
			$\frac{1}{4}$ H	11.0	8	22	0			
			$\frac{1}{2}$ H	13.5	13	8	2			
			H	17.0	—	5	—			
G 3 B	板・形	強度が強い。 腰が強く疵が付き にくい。	O	19.2	8.2	25	0	70~75	4 $\frac{m}{m}$ 51.2~ 51.8	自動車飾付部品, 電化成品のトップ 飾りテーブルエフ ジ
			$\frac{1}{4}$ H	23.1	15.4	21.5	0			
			$\frac{1}{2}$ H	25.5	20.2	18.0	2			
W I B	形・管	強度が強く, 非常 に腰が強い, 形材 が自由	H	32.5	—	5	—	71	—	同 上
			F	18	8.5	20	—			
W I B	形・管	強度が強く, 非常 に腰が強い, 形材 が自由	T _s	22	16.8	15.5	—	71	—	同 上
			F	14.6	8.0	23	—			

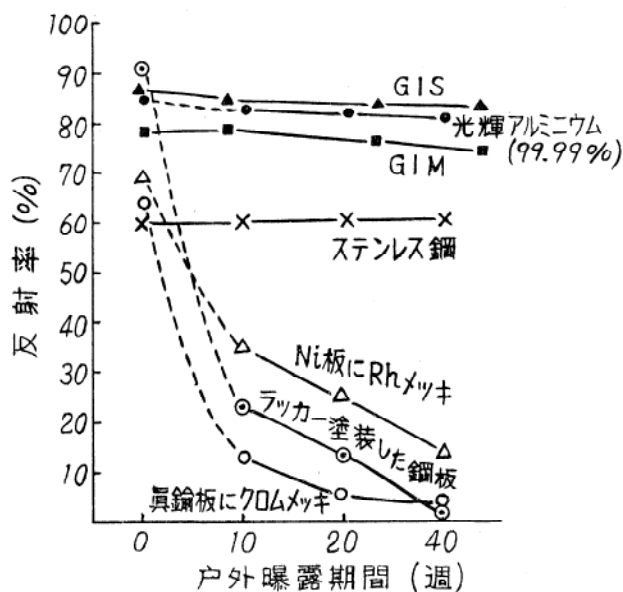


図2 各種光輝材の戸外曝露における反射率の経時変化

輝材を戸外に曝露試験により反射率の経時変化を求めたものが発表されているが、光輝アルミニウム合金はステンレス鋼と同様、長期間光沢を維持している。G I S, G I Mについても図2に示す如く N. P. L. の試験結果と同様である。

3. 溶接構造用強力アルミニウム合金

最近車両、トラック、橋梁、天井走行クレンなどは軽量化と加工技術の高速化による溶接技術の進歩によりアルミニウム合金の溶接構造物が広く採用されるようになった。従来溶接構造用アルミニウム合金としては Al-Mg₂合金5083が用いられてきたが、5083は非熱処理型合金であるため、溶接強度は引張強さ 30Kg/mm² 耐力 15 Kg/mm²程度で鉄鋼の代りに溶接構造物に用いることに制限があった。

Al-Zn-Mg 合金には従来 7075系, DTD683 などの高

力アルミニウム合金があるが、溶接性は考慮されていない。溶接構造用 Al-Zn-Mg 合金としては先ずヨーロッパ大陸特にスイス、ドイツ、フランスなどで研究され、最近アメリカ、日本においても実用化されつつある。わが国においてはこの Al-Zn-Mg 合金の実用化のために現在WA委員会（溶接構造用強力アルミニウムの開発研究特別委員会）が軽金属協会、材料、機械メーカ共同で研究が進められており、JIS化のための委員会も持たれている。

3-1 Al-Zn-Mg 合金の組成および物理的性質

表4に Al-Zn-Mg 合金の代表的組成を示す。

物理的性質

比重 2.792

熔融温度範囲：624～641℃

電気伝導度：T₄ 35.3%，T₆ 37.7%（1ACS）

熱伝導度：T₆ 0.35 CGS 単位25℃，

熱膨脹係数：T₆ 23.6×10⁻⁶（20～100℃）

弾性係数：T₄ 引張 7799Kg/mm²

圧縮 8295 //

T₆ 引張 7760 //

圧縮 7792 //

ポアッソン比：T₄ 0.36

T₆ 0.36

剪断強度：T₄ 20.9Kg/mm²

T₆ 21.3 //

溶接部 17.5 //

3-2 Al-Zn-Mg 合金の機械的性質

Al-Zn-Mg 合金の母材および溶接材の代表的拡張特性を表5、6に示す。この合金は従来の5083の溶接材の強度と比較して引張強さが10%，耐力で50%向上している。

表4 Al-Zn-Mg 合金の化学組成（%）

Zn	Mg	Mn	Cr	Cu	Fe	Si	other		Al
							each	total	
3.8～5.5	0.5～2.0	<0.9	<0.3	<0.2	<0.4	<0.3	<0.2	<0.3	Bal

表5 母材の抗張特性

形状	調質	熱処理条件	引張強さ (Kg/mm ²)	耐力 (Kg/mm ²)	伸び (%)
圧延板 (8mm板)	O	400℃×2hrs 冷却 25℃/hr	21.5	12.5	20.5
	T ₄	450℃CW. Q _{30日} →	38.2	25.0	18.0
	T ₆	450℃CW. Q _{10日} →130℃×24hrs	39.7	34.0	14.6
押出形材 (5×60×60mm) (L型アングル)	F	押出後30日目	37.5	23.0	15.9
	T ₄	450℃CW. Q _{30日} →	39.0	24.2	15.8
	T ₅	押出後130℃×24hrs	39.5	32.5	14.5
	T ₆	450℃CW. Q _{3日} →130℃×24hrs	39.3	33.2	13.5

表6 溶接材の拡張特性

板厚 (mm)	母材の 調質	溶接法	層数	溶接後の放置 日数 (日)	引張強さ (Kg/mm ²)	耐力 (Kg/mm ²)	伸び (%)
6	T ₆	MIG	1	1	27.9	16.2	8.9
				3	28.5	17.4	7.3
				7	29.5	19.6	6.8
				15	31.5	20.0	8.1
				30	32.1	21.5	8.3
				90	33.8	22.8	7.0
	T ₄	MIG	1	30	32.5	21.2	8.5

注) 溶接材は Al-Zn-Mg 系合金 (Z4M)

Al-Zn-Mg 合金の衝撃特性、疲労特性、加工性、高温加工性を表7に示す。

3-3 Al-Zn-Mg 合金の耐食性

Al-Zn-Mg 系合金で Zn および Mg を多量に含んだ合金は応力腐食ワレを起し易い。これに関しては多数の人々の研究結果、Zn が約 4~4.5% 以上、或は Zn+Mg 量が 7% 以上含んだ合金は母材の溶接による熱影響部は応力腐食の危険性があるといわれている。

また或る種の Al-Zn-Mg 系合金は海水中に裸で使した場合、層状腐食を起すことも報告されている。

従って以上の見地より Al-Zn-Mg 合金の組成を表4の如く選び応力腐食ワレ試験の結果、表8に示す如く母材、溶接材共応力腐食ワレは生じない。

一般腐食については屋外大気中、静止水道水中、静止海水中で1年間試験した結果、孔食はほとんど生じておらず陸上関係の構造材として実用可能である。Al-Zn-Mg 系合金は他のアルミニウム合金より電位が低く、Noble metal に対しては一般の構造用アルミニウム合金よりも anodic になるので海水中などで使用する場合は塗装および電気防食をして使用する必要がある。

3-4 Al-Zn-Mg 合金の熱処理特性

Al-Zn-Mg 系合金が他のアルミニウム合金と異なる特性は溶接により溶接部附近の熱影響部および溶接後の普通の空冷で溶接部はいわゆる焼が入った状態となり、常温

時効で溶接部の強度が自然に恢復する。この理由として挙げられることは Al-Zn-Mg 合金が次の熱処理特性をもっていることにあるといえる。

1). Al-Zn-Mg 合金は溶体化温度が非常に低く 350°C で完全に溶体化をするが、6061, 2024などの合金の溶体化温度は約 500°C である。

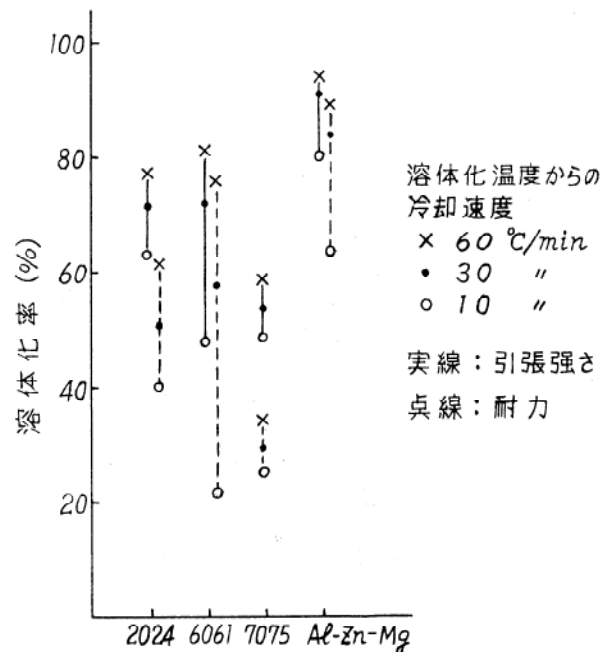


図3 各種アルミニウム合金の溶体化率

表7 Al-Zn-Mg 合金の機械的諸特性

材 種	調 質	衝撃特性	疲労特性	加工性	高温加工性
		シャルピ衝撃値 (Kg/mm ²)	耐 人 限 (Kg/mm ²)	曲 げ 半 径 (6mm 板)	変 形 抵 抗 450°C (Kg/mm)
Al-Zn-Mg 合金	T ₄	2.4	14	3 T	10.7
	T ₆	1.8	16	3 T	10.7
	溶 接 材	2.3	7~8	—	—

表8 Al-Zn-Mg 合金の応力腐食ワレ試験

供 試 材	調 質	負 荷 応 力	
		耐力 × 80%	耐力 × 100°C
6mm板 — T ₄	30日 450°C W. Q →	ワレ発生せず	ワレ発生せず
6mm板 — T ₆	3日 450°C W. Q → 130°C × 24hrs	"	"
押出材 — F	30日 押 出 →	"	"
押出材 — T ₅	30日 押 出 → 130°C × 24hrs	"	"
6mm 板 M I G 溶接材	30日 溶 接 →	"	"

注) 腐食媒: 3% NaCl + 0.3% H₂O₂

試験日数: 母材 620日, 溶接材 420日

2). Al-Zn-Mg 合金は 6061, 2024などに比較すると溶体化温度にごく短時間加熱されても簡単に溶体化される上に溶体化温度より除冷しても焼が充分入る。

図3に各種のアルミニウム合金の溶体化率を示すが、Al-Zn-Mg 合金は 2024, 6061, 7075に比較してはるかに焼入感度が鈍く、30°C/min の速度で冷却しても水焼入材の91.5%の引張強さ、85%の耐力が得られる。

3). Al-Zn-Mg 合金は常温時効性が良好で、焼入後常温に放置して強度は自然に向上する。

4. 自然発色合金

最近アルミニウム合金個有の銀白色の外観よりも着色されたアルミニウム合金の需要が増加し、特に建築分野においてその傾向が大きい。カーテンウォール工法の発達に伴ない軽量、耐食性、美観、複雑な押出形が容易にえられる点などからアルミニウム合金が注目されてきた。

建築用アルミニウムの着色法としては表9に示す各方法があるが、着色材の中で最も要求される性能は色の均

一性と耐候性である。着色陽極処理被膜（有機染色法は除く）は他の着色法に比べて色の均一性を得ることにやや困難性を伴うが、アルミニウム個有の素地を生かすことと、耐候性が優れている点より最近建築関係に注目され現在大都市の高層ビルの内外装に使用されている。

そこで内外の発色処理法の概要と神戸製鋼所で開発した自然発色合金について述べる。

4-1 内外の発色処理法

自然発色合金は一般のアルミニウムの陽極処理後着色する方法と異なりアルミニウム合金の組成を適当に選定し、陽極処理を施すことにより陽極酸化皮膜自身着色するものである。表10に現在使用されている代表的発色陽極処理法を挙げる。これらは何れも固溶型と金属間化合物の析出による型の合金組成と電解浴組成ならびに電解条件の組合せにより構成されており、その色調は次の条件により変化する。

- 1). 合金元素の配合量
- 2). 合金の熱処理履歴
- 3). 電解浴組成

表9 建築用アルミニウム合金の着色法およびその性能

着色方法		耐候性	表面硬度	色の均一性	建築分野の適応性
化成処理 (MB V, アロジン, ボーデライト)		×	×	△	屋根板
塗装		△～○	△	○	内, 外装
合成樹脂板のラミネート		×	×～○	○	内装
珪瑯		○	○	○	内, 外装
着色陽極処理	陽極処理後有機染色	×	○	△	内装
	" 無機染色	△～○	○	△	内, 外装
	" 電解着色	○	○	△	"
	自然発色	○	○	△	"

表10 内外の発色処理法

	会社名	方法	電解浴	電解条件			
				温度(°C)	電圧(V)	電流密度(A/dm ²)	膜厚(μ)
外国	ALCOA	Duranodic 100	硫酸	0	20～75	2.6～5.2	25～100
	ALCOA	Duranodic 300	スルホフタル酸	20	<120	非常に大	25～100
	KAISER	Kalcolor	スルホサリチル酸	20～30	< 80	3.3	15～50
	V.A.W.	Veroxal	スルホサリチル酸	15～25	< 80	1.6～3.3	15～60
	ALCAN	Alcandox	蔞酸	20	< 75	1.6～2.0	25～35
日本			硫酸	10～20	15～50	1～2	15～50
			蔞酸	20～35	<100	1～2	10～50
			蔞酸-硫酸	20	<100	1～6	10～50
			フェノールスルホン酸	10～30	20～100	2～3	10～40

生産と技術

4). 電解浴中のアルミニウムの含有量

5). 電解条件

6). 前処理条件

一般に電解発色において膜厚が同一でも電流密度、電

圧の高い方が発色度が大きい、同一色調における色の濃淡は皮膜の厚みにも関係する。また通電方式による皮膜の色調も変動する。したがって電解発色における色の安定性を向上せしめるためには上記の諸条件を厳重に管

表11 自然発色合金の機械的性質

発色合金名	形 状	調 質	機 械 的 性 質		
			引 張 強 さ (Kg/mm ²)	耐 力 (Kg/mm ²)	伸 び (%)
Y-210 Y-220	板	O	19	9	25
		1/2H	25	20	10
		H	28	25	8
B-223	板	O	11	—	30
		1/4H	16	—	12
		1/2H	18	—	10
	形	F	15	9	15
		T ₅	20	15	12
G-212 O-222	板	O	11	—	37
		1/2H	17	—	15
		H	24	—	4
G-212	形	F	14	8	28
K-221	板	O	12	5	28
		1/2H	19	—	8
		H	27	21	5
	形	O	14	6	32
		F	21	9	23
		T ₆	35	30	14

注) 記号: Y:ゴールド, B:ブロンズ, G:グレイ, O:オリーブグレイ, K:ブラック

100桁の数字:色の濃淡, 10桁の数字:電解浴の種類, 1桁の数字:合金品種

表12 自然発色合金の性能

色 調	品 種	ウエザオメータ耐候試験の試験前後の色差(ΔE)			海岸地区1年間の曝露試験による試験前後の色差(ΔE)	耐摩耗性(mg) Table 試験機 荷重 500gr, 1000rpm ホイール H-38
		500hrs	1000hrs	2000hrs		
ゴ ー ル ド	Y-210	1.2	1.6	1.8	1.0	70.0
	Y-220	1.0	1.4	1.6	0.8	16.5
ブ ロ ン ズ	B-223	0.7	1.0	1.2	0.5	19.0
グ レ イ	G-212	1.2	1.5	1.5	0.6	50.0
オリーブグレイ	O-222	0.5	0.8	1.5	0.5	35.0
ブ ラ ッ ク	K-221	0.3	0.7	1.2	0.5	20.0

理することおよび電解浴組成の維持法に特別の工夫が必要となる。現在種々のプロセスが発表されているが、そのカラーマッチには非常な努力が払われている。

神戸製鋼所で開発した自然発色合金としてはゴールド、ブロンズ、グレイ、オリーブグレイ、ブラックなどがあり、その品種および性能を表11、12に示す。

一般に電解発色処理は厚膜、作業管理の煩雑さ、電解浴の経済性、処理歩留、高価な初期設備、高価な処理費などの点より再びアルミニウム塗装板の需要が認識されつつある。

5. A C R 銅 管

ACR銅管は冷暖房および冷凍機に使用されるため一般の銅管と異なり高品位が要求されると共に溶接、ロー付け性などを考慮して表13に示す脱酸銅管第1種を選定し、次に挙げるフィンを銅管に装着固定する加工法により表14に示す種別を選定する。

- 1). フィンを圧入する方式
- 2). プラグ抽伸で拡張する方式
- 3). 圧力拡張する方式
- 4). セートルで拡張する方式

ACR銅管は熱交換器のフィンチューブとして使用さ

れるため、外径、肉厚のバラツキが大きいとフィンと銅管の接着を悪くし、熱貫流率に大きく影響するため、表15に示す如き厳密な寸法精度が要求される。

従ってこのように重要な品質特性を与えるためにACR銅管の製造工程には次の如き管理が要求される。

先づ質別については抽伸加工率と光輝焼鈍の温度、時間（速度、装入量）の管理を行えばバラツキは少なくなる。寸法精度については抽伸工具（ダイス、プラグ）の管理を行う。銅管内に汚れた切粉が附着すると腐食などの重大な原因となるので、完全脱脂、洗滌を行って清浄試験を行う。銅管の変色、異物の混入を防止するため、管端キャップ、クランクシール、ポリエチレン袋包装をする。

6. インナーフィンチューブ

冷凍系統における水の如き流体とフロンの如き液体気体混合体の冷媒の間の伝熱については冷媒側の熱伝達率は水側のそれより相当劣るので、冷媒が管内を流れる時には管内の伝熱面積を大きくする必要が生ずる。

このため神戸製鋼所ではアルミニウム合金製形材を銅管内に挿入する型のインナーフィンチューブを製作し、主として乾式シエルエンドチューブ型冷却器に使用している。著者等はフィンの形状と伝熱性能との関係につい

表13 ACR 銅管の品種

品 種	適 用 規 格	化 学 成 分 (%)	
		Ca	P
脱 酸 銅 管 1 種	JIS H 3603	99.9以上	0.0004~0.040
Seamless Copper Tube Bright Annealed	ASTM B-68-60 DHP	min 99.90	0.015~0.040

表14 ACR 銅管の質別による機械的性質

質 別	引 張 強 さ (Kg/mm ²)	伸 び (%)	結 晶 粒 度 (mm)	曲 げ 加 工 性
H	40~48	3~15	—	不 適
1/2H	26~32	15~30 (10φ×1未満) 25~40 (10φ×1以上)	—	適
1/4H	24~30	35~50	0.015~0.040	最 適
O	21~27	40~55	0.040~0.070	〃

表15 ACR 銅管の代表寸法ならびに寸法公差

外径(mm) 肉厚(mm) 公差(mm)	5		6		10		20	
	外 径	肉 厚	外 径	肉 厚	外 径	肉 厚	外 径	肉 厚
0.4	±0.07	±0.05	±0.07	±0.05	±0.07	±0.05	—	—
0.6	〃	〃	〃	±0.07	〃	±0.07	±0.10	±0.07
0.8	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

て実際使用環境に近い装置を作成し測定を行ったのでこれについて述べる。

フィンの形状としては図4に示すようにA, B, Dは5本足で, A, Dは足に鋸歯状のひだをつけ伝熱面積を大きくしたものでそれぞれの形状は若干異なる。Cは10本足である。またフィンを振ることによりその性能の向上をはかれるので10本足の中0°~13°程度振ったものを製作した。

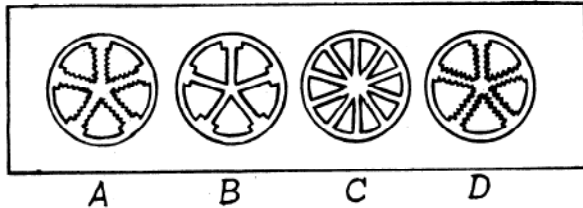


図4 フィンの形状

先づ熱貫流率については表16に示す如く10本足のC型は5本足のA, B, D型より明に優れており, C型でも

表16 各試料の熱貫流率

供試材	内外面積比	熱貫流率KCal/m ² °Chr (水の流速2m/secの場合)
A	2.2	390
B	2.0	360
D	2.2	400
C —0°	2.7	420
3°		440
5°		440
8°		440
13°		410
銅管	1.0	250

表18 インナーフィンチューブの寸法

フィン数	記号	管外径 (mm)	管肉厚 (mm)	管内表面積 (mm ² /mm)	管内外面積比	流水断面積 (mm ²)
5本	19×0.8	19	0.8	135	2.2	182
	16×0.8	16	0.8	112	2.2	117
10本	19×1.0	19	1.0	167	2.8	140
	16×0.8	16	0.8	137	2.7	107

7. あとがき

以上最近わが国および諸外国で開発されつつあるアルミニウムおよび銅合金の一部を記述したが, 紙面の都合で総てを紹介することは出来なかったので別の機会に譲る。神戸製鋼所で最近開発した上記の光輝アルミニウム

さらにフィンを若干(3~8°)振った方がよい傾向が見られる。5本足ではA, D型は大差はないが, 足のひだのないB型はこれより劣っている。しかし何れもフィンのない銅管に比べて1.6倍の性能を持っている。

フィンチューブの性能を論ずる場合, その伝熱性能と共に圧力損失も重要である。圧力損失が大きくなると圧力降下のために吸入ガスの比容積が増大すると共に圧縮比が高くなるため容積効率が低下し, 従って吸入量が減少して圧縮機の能率を阻害する。

各試料の圧力損失を表17に示す。この結果圧力損失の絶対値が低く, フィンの形状との関係について明瞭な差はない。現在製作されているインナーフィンチューブの寸法は表18の通りで主として管外が水, 管内が冷媒の場合効率のよい熱交換器管でこれを使用することにより熱交換器の軽量化, 小型化が可能になり多くの利点がある。

表17 各試料の圧力損失

供試材	圧力損失 (Kg/cm ²)
A	0.005 ~ 0.010
B	"
D	"
C — 0°	0.005 ~ 0.010
3°	"
5°	"
8°	0.010
13°	0.005 ~ 0.015
銅管	0 ~ 0.005

注) 試料の長さ 2 m

合金(ハイブライト), Al-Zn-Mg合金(Z5A), 自然発色合金(カラーファイン), ACR銅管, およびインナーフィンチューブなどの代表的実用例を写真1~4を示す。

今後更にアルミニウムおよび銅合金はその優れた特徴を生かした新合金が開発され, 各種の工業分野においてますますその需要は増加するものと確信する次第である。

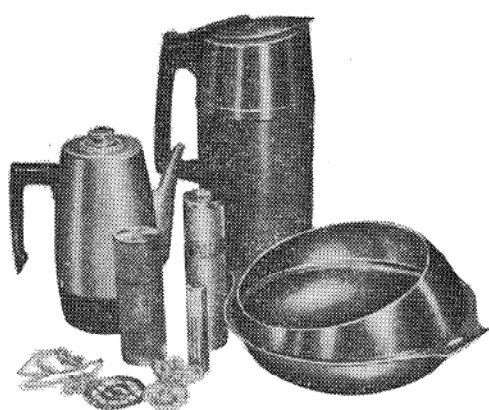


写真1 光輝アルミニウム合金
(ハイブライト)を使用した家庭用器物

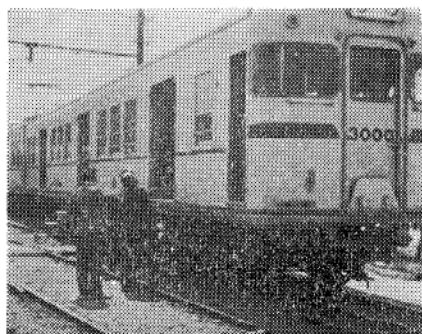


写真2 Al-Zn-Mg 合金を使用した全軽合金製電車
わが国で始めて電車の台枠の中はり、枕
はりなどの部材に軽量化のため鋼の代りに
溶接構造用として Al-Zn-Mg 合金(Z 5 A)
が使用され、本年初めより山陽電鉄で運転
されている。



写真3 自然発色合金(カラーファイン K-221)
を採用した本格的なカーテンウォール方式
の山口銀行本店内外装合計120tonのカラー
ファインが使用されている。

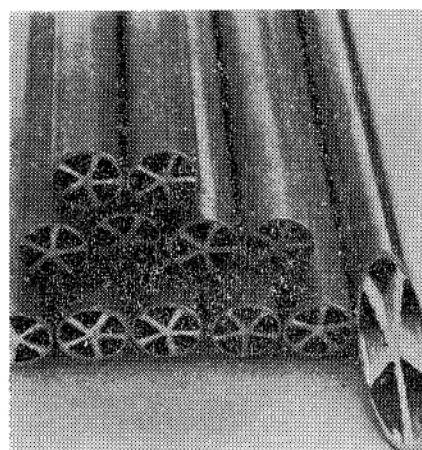


写真4 インナーフィンチューブ