

日立アルミニウム低温溶接棒“Hi-Bral”の諸特性

Some Properties of Hitachi Brazing Filler Metal “Hi-Bral”

西山進一* 三宅保彦*
Shin'ichi Nishiyama Yasuhiko Miyake
大貫光明* 山路賢吉**
Mitsuaki Onuki Kenkichi Yamaji

要 旨

日立アルミニウム低温溶接棒“Hi-Bral”の機械的性質、流動性、耐食性、陽極酸化処理性などについて検討した。

機械的性質、流動性はNo.0~4 (JIS規格のもの)に比べてNo.110系統のものがすぐれており、耐食性についても塩水噴霧試験90日後の結果ではNo.0 (4043)とほとんど差がなく総合的にみて使用しやすいろう材であることが明らかとなった。またNo.111は陽極酸化処理により色が変わらず皮膜厚も母材の90%以上となり器物、サッシなどへの適用が考えられる。

1. 緒 言

アルミニウム工業は製錬法の進歩、合金の性能、加工技術ならびに表面処理法などの著しい向上によりその需要量は驚異的に伸張している。

しかし問題点が多々残されており、特にここで取り上げる接合に関しては使用上の大きな問題点といえることができる。すなわち、アルミニウムは本来の性質として著しく酸化しやすく、高温ではもちろんのこと、常温でも表面が緻密で強固な酸化物におおわれていることが主要な原因となり、ときにはアルミニウムおよびその合金使用上の大きな障壁とさえなっている。

アルミニウムおよびその合金の接合法として現在最も一般的なものは次の三種に大別することができる。

- (1) Welding (溶接).....TIG法, MIG法, 各種抵抗溶接
- (2) Brazing (ろう接)
- (3) Soldering (はんだ付)

アルミニウム溶接においてたいせつなことは溶接後の機械的強さ、耐食性および陽極酸化処理性(アルマイト)などの表面処理性であるが、この観点からみるとSoldering⁽¹⁾は耐食性の点で十分なものは存在せず電極電位の点から理論的にも無理と考えられる。

Weldingは溶接部の特性という点では最良で現在アルミニウムおよびその合金の溶接はTIG法およびMIG法の発達とともにその大部分がこの方法によっているといえるが、Inert Gasを使用することと仕上げ加工に時間を要する関係上溶接費が高くつくことが欠点である。この点Brazingは機械的性能、耐食性ともすぐれかつ作業温度も溶接より低くあと仕上げが簡単である。したがって作業性がよく経済的であるうえに自動化しやすいなど多くの利点を有する接合法といえることができる。Brazingは従来その用途もかなり限定されていたが、工業用材料としてのアルミニウムおよびその合金の用途拡張とともにその適用範囲は着実に拡大しつつある現状で、特に最近ではBrazingに最適のAl合金が開発されたとの報告⁽²⁾もある。

日立電線株式会社でもこれにかんがみ前述の諸性能を満足するろう材(Brazing filler metal)の市場提供の必要性を感じ研究に着手してきたが、ここに日立アルミニウム低温溶接棒“Hi-Bral”と命名製品化した。

日立アルミニウム低温溶接棒には用途に応じて種々のものがあるが、なかでも陽極酸化処理可能なNo.111が応用分野の広さでは最

表1 素材引張試験結果

合金	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)
1100-H18	15.5	1.0
3003-H18	21.8	3.0
5052-H34	27.0	10.0
6061-T6	29.7	9.0
6063-T6	21.5	10.7

たるものであろうと思われる。そこで本報告ではNo.111を中心にHi-Bralの諸性質、応用について取りまとめて報告し、需要者各位の参考に供する次第である。

2. 供 試 材

本実験に用いた供試材は次のとおりである。

2.1 素 材

供試素材としては1100-H18, 3003-H18, 5052-H34, 6061-T6, および6063-T6の5種類として2mm厚の板を用いた。

それらの機械的性能は表1に示すとおりである。

2.2 ろ う 材

供試ろう材は日立アルミニウム低温溶接棒10種類であるが耐食性試験、陽極酸化処理試験ではこれらのうち1部または、No.111のみについて試験している。

表2はこれらのろう材の特長、溶融温度および作業温度などを総括して示したものである。

3. 試 験 方 法

3.1 機械的性能(引張試験)

試験は重ね合せ継手、突き合せ継手について行なわれたが、ここでは突き合わせの場合についてのみ報告する。突き合せ継手においては、引張試験時できるだけろう付け部で破断するようにするため接合部分を一定寸法に切削して細くし表面に残ったろうはすべてやすりで平滑に仕上げた。引張試験は標点距離50mmで行なった。

3.2 流動性試験

流動性を試験する方法として広がり試験を採用した。

まず鉛浴槽を一定温度に保ち、トリクレン洗浄後、5% NaOH(70℃)洗浄→水洗→15% HNO₃(常温)中和処理した100×100×1tの1100板上にこれと同一処理した2.4φ+30lの試料をフラックスとともにセットし鉛浴槽に浮かべる。ろう材は数秒後に溶融し1100板上にひろがる。

これは15~20秒後に止まるが30秒後これを取り出し放冷したの

* 日立電線株式会社研究所

** 日立電線株式会社研究所 工学博士

表2 供試材の種類と特長

種類	特長	溶 融 温 度 (°C)			
		固相線温度	液相線温度	作業温度	
No. 0 係	No. 0	JIS Z3263 BAl-0 相当 溶融温度が低い	515	560	560~580
	No. 1	JIS Z3263 BAl-1 相当 主に炉中ろう付用	575	630	620~640
	No. 2	JIS Z3263 BAl-2 相当 Brazing Sheet 用	575	610	605~615
	No. 3	JIS Z3263 BAl-3 相当 流動性やや悪い	520	585	570~640
	No. 4	JIS Z3263 BAl-4 相当 流動性良好, 耐食性良好	575	585	585~640
No. 110 係	No. 110	JIS 規格ろうを改良し, 機械的性能, 耐食性よく, 流動性を良好にしてある。	560	590	570~620
	No. 111	陽極酸化処理後の皮膜色が母材と同じになるほか, 機械的性能, 耐食性にすぐれ, 作業性もよい。	560	595	605~620
	No. 112	No. 111, No. 110 に準ずる性能をもつが, 流動性が特によい。	560	580	590~620
No. 120 係	No. 120	融点低く, 流動性にすぐれている。	510	545	540~580
No. 130 係	No. 130	融点を特に低くしたもので, 流動性も著しく良好である。しかも作業温度により流動性が悪い範囲があることに注意。薄物などに便利	400	460	460~500

ち水洗し面積計を用い広がり面積を算出した。

この結果から次式により広がり率を計算した。

$$\text{広がり率} = \frac{A - A_0}{A_0} \times 100 \quad (\%)$$

ここに, A_0 : 試料の断面積

A : 試料の広がり面積

3.3 耐食性試験

3.3.1 塩水噴霧試験

引張試験に用いたのと同じ形状, 寸法のもをトーチろう付けしその半量を陽極酸化処理し陽極酸化処理の有無による差を調べた。

塩水噴霧試験条件としてはアメリカ軍規格の QQ-M-15 a 法を用い 20±1% NaCl の 5 μ Fog 噴霧で行なった。噴霧温度は 35±1°C で 8h 噴霧, 16h 保持を 90 日間くり返し, 試験前後の継手強さを引張試験により比較した。

3.3.2 腐食電流

腐食電流の測定には真空管電圧電流計を用いた。試験面を正確に 10×10 mm 残し, ほかを樹脂塗料で完全にシールした母材と Hi-Bral No. 111 を 0.1N NaCl+0.3% H₂O₂ 溶液および水道水中に 20 mm 離して平行に対向させたのち母材と Hi-Bral No. 111 で構成される電池につき腐食電流の時間変化を測定した。

3.4 陽極酸化処理性

試料としての 2 mm 厚の 1100 板に 27φ (外径)×23φ (内径) のパイプをろう付けしたものをを用いた。フラックスを除去したのち次の条件で陽極酸化処理を行ない皮膜の状況ならびに色を観察した。

- 電 解 液: 15% H₂SO₄
- 電 流 密 度: 0.85 A/dm² DC
- 電 解 時 間: 45 min
- 温 度: 20~21°C

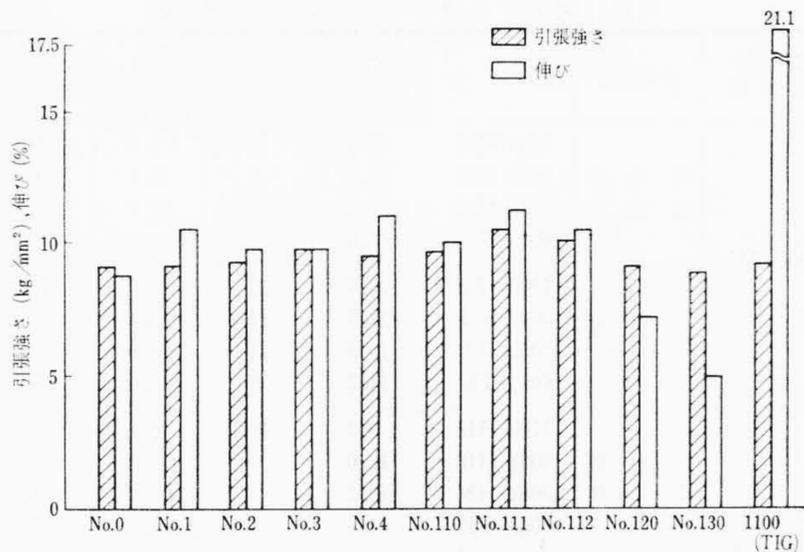


図1 各種 Hi-Bral による継手の引張試験結果 (母材 1100-H18)

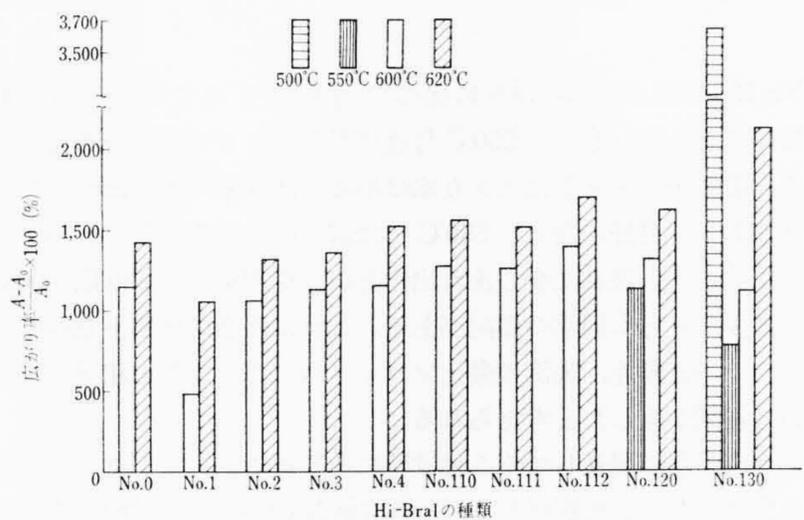


図2 各種 Hi-Bral の広がり性試験結果

4. 実験結果

4.1 機械的性質

図1は母材の代表的な例として 1100-H18 につき各種 Hi-Bral でろう付けした突き合せ継手の引張試験結果を示したものである。

突き合せ継手は好ましい継手とはいえないがろう部の強さを調べるには好都合である。1100-H18 は他の合金板と比較すると素材, ろう付け継手とも引張強さは最も小さいが継手効率は最良である。伸びは他の合金に比べて最も大きい。

Hi-Bral の種類別にみると No.111 が高い引張強さを示し, このろうの機械的性質の優秀なこと, ろう付け性のよいことが明らかである。No. 120, No. 130 はあまり強くなく JIS に規格されている No. 0~4 はほぼこれらの中間に位している。

これら Hi-Bral による継手強さを TIG 溶接と比較してみると TIG 溶接では伸びは高いが引張強さはほぼ同程度である。

この結果からみても Hi-Bral によるトーチろう付けの継手の強さは良好なろう材を選べば TIG 溶接にまさるとも劣らないものが得られる。

このような結果は 1100-H18 のみにかぎらず 3003, 5052, 6061, 6063 などについても同様である。

4.2 流動性

図2は各種 Hi-Bral の広がり試験結果を示したものである。

図から明らかなように No. 110, 111, 112 などの広がり率は概して JIS 規定の No. 0~4 に比べてすぐれている。特にこの 110 系のなかでは No. 112 が良いことがわかる。引張試験において No. 111 系統のものの強さが大きかったこともこれと深い関係があるものと考えられる。

表 3 突き合せ継手の塩水噴霧試験結果

Hi-Bral の 種 類	表面処理	母 材	30 日 後		90 日 後	
			引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)	引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)
No. 111	陽 極 酸 化 処 理	1100-H18	10.3	11	9.8	10
		3003-H18	12.3	7	12.3	8
		5052-H34	14.1	2	13.7	2
		6063-T6	15.0	6	14.9	5
	無 処 理	1100-H18	10.4	12	10.0	10
		3003-H18	12.5	7	12.1	7
		5052-H34	13.8	1	13.3	2
		6063-T6	14.7	5	15.0	5
No. 1 (JIS 規格 No. 1)	陽 極 酸 化 処 理	1100-H18	9.2	10	9.1	9
		3003-H18	12.0	9	12.4	7
		5052-H34	13.2	3	12.8	3
		6063-T6	14.6	6	14.7	7
	無 処 理	1100-H18	9.0	10	8.9	9
		3003-H18	11.9	8	11.4	8
		5052-H34	13.9	3	13.1	2
		6063-T6	14.8	5	14.5	6

No. 130 の広がり率はほかに比べて一段とすぐれており特に500°Cにおいて著しい。しかし 550°C 付近で最低となりこれ以上の温度になると温度上昇とともに広がり率は増加し、620°Cで再びほかのろうよりも著しく良好になる。550°C では溶融時いったん球状に縮まり最後にその皮が破れて少し流れ出すという様相を呈し 580°C, 600°Cでも多少なりとも同様の傾向がある。これは合金の性質上 550°C 付近でろうの流動性、表面の酸化フラックスの作用などの相乗効果において谷間が生じたと考えられる。

また流動性に関連してろう付け時にろう材によって母材が侵食される虫食いについて観察した。その結果 No. 1~4 の一般的なろう材よりも No. 110 系統のろうのほうが侵食が少なく母材をそこなうことはなかった。

これは流動性の良好なこととあいまって作業性のすぐれていることを示すものである。

4.3 耐 食 性

4.3.1 塩水噴霧試験

表 3 は突き合せ継手について塩水噴霧試験結果を示したものである。これからわかるとおり、いずれも継手強さの低下は少なく90日後においてもその低下率はごくわずかである。

陽極酸化処理したのも無処理のものも引張試験結果で大差がみられない。外観上は陽極酸化処理の有無で腐食生成物の発生状況などある程度の差がみられるがこれを除去した場合ろう付け部には著しい蝕食はみられず、差となって現われるには至らない。

この実験結果より特殊な腐食環境以外では耐食性の心配はまずないと考えてよい。

4.3.2 母材合金/Hi-Bral No. 111 電池における腐食電流

図 3 は 240 時間まで測定したときの各種母材と Hi-Bral No. 111 の間に流れる腐食電流を測定した結果を示したもので、NaCl と H₂O₂ の混合溶液中の場合 1100 および 6063 では Hi-Bral のほうが less noble でこれが優先的に腐食していくことを示すものである。

しかし時間の経過とともに腐食電流は低下し腐食速度が低下していくことがよくわかる。一方 7072 では母材のほうが Hi-Bral よりも less noble となり傾向は全く逆となる。いずれの場合も時間の経過とともに腐食電流は徐々に小さくなり腐食が軽減されていくのが一般的傾向であり、水溶液の不純物、試料表面状態にも関係するが、分極などにより Anode, Cathode の逆転することなどかなり複雑な挙動を示すのが普通である。すなわち本試料におけるろう付け部と母材の接触腐食はそれほど大きなものではな

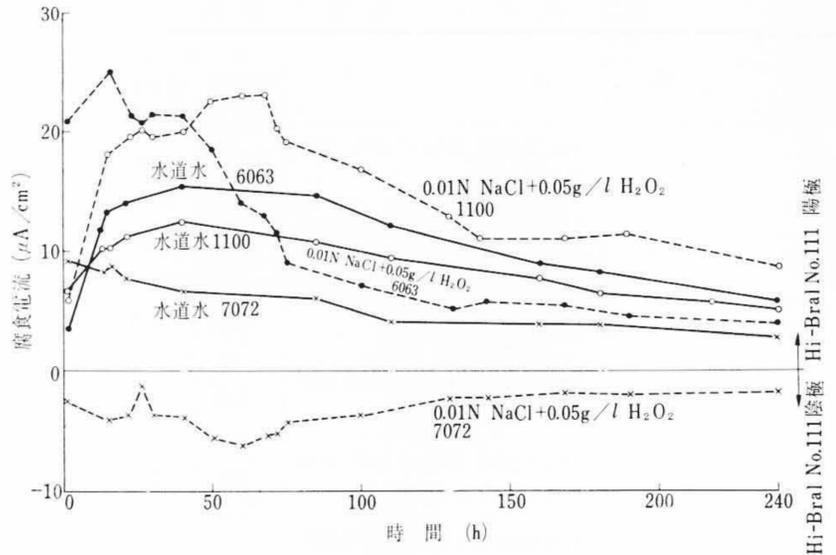


図 3 Hi-Bral No. 111 に対するアルミ合金の接触腐食電流

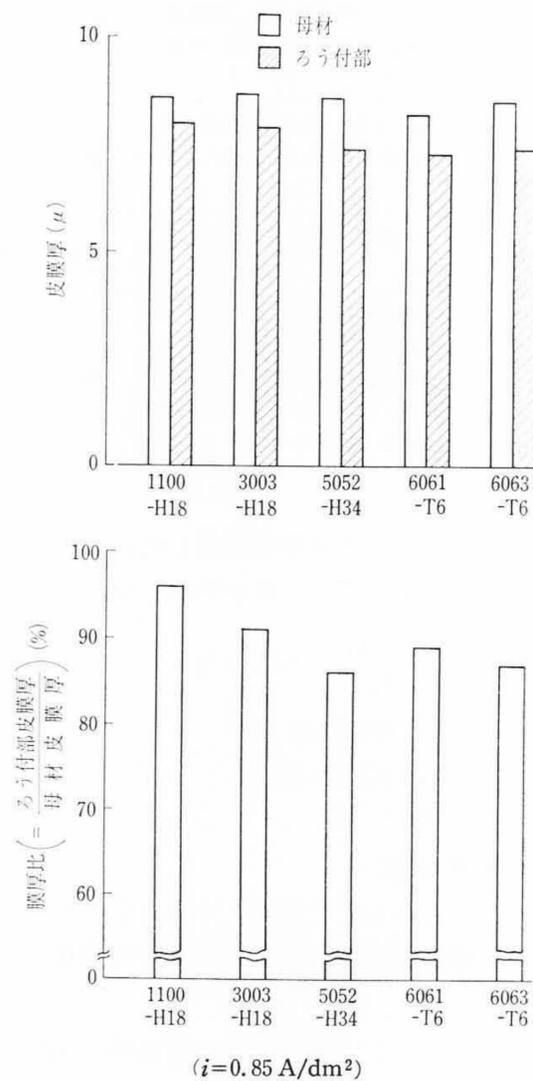


図 4 各種アルミ合金の母材およびろう付け部の陽極酸化皮膜厚、膜厚比の比較

く、かりに起こっても母材が腐食される心配はほとんどなく、ろう付け部の腐食もわずかで普通の腐食環境ならば著しい腐食は起こらないことを示しており、これは塩水噴霧試験の結果ですでに明らかとなったところで、ほかのたいていのアルミニウム合金母材についても共通していえることである。

4.4 陽極酸化処理性

Hi-Bral 10 種類のうち陽極酸化処理可能のものは No. 111 のみである。

陽極酸化処理可能という内容には陽極酸化処理後の色調が母材とほとんどかわらないということも含まれている。

一般にアルミニウム合金はその合金元素の種類によって陽極酸化皮膜の厚さ、色調の変換ることが古くから知られており、この意味から色が変わらないという利点は特筆すべき特長といえよう。

色調に関する金属組織学上の考察は検討の項で詳述するのでここでは皮膜厚さと母材合金の関係について述べたい。図 4 は電流密度

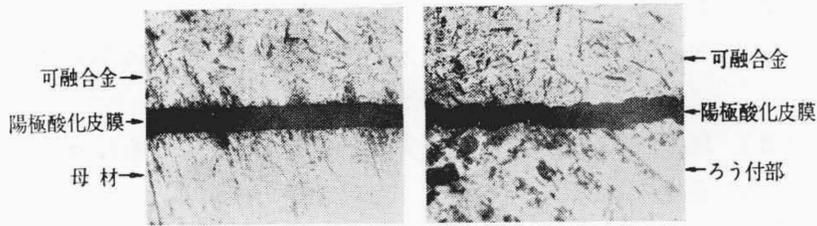


図5 母材とろう付け部の陽極酸化皮膜 (×400)

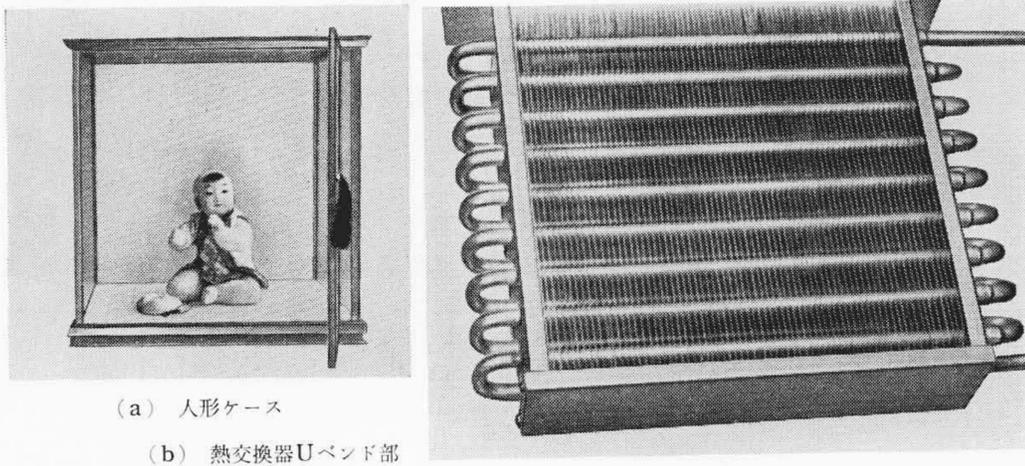


図6 Hi-Bral の 応 用 例

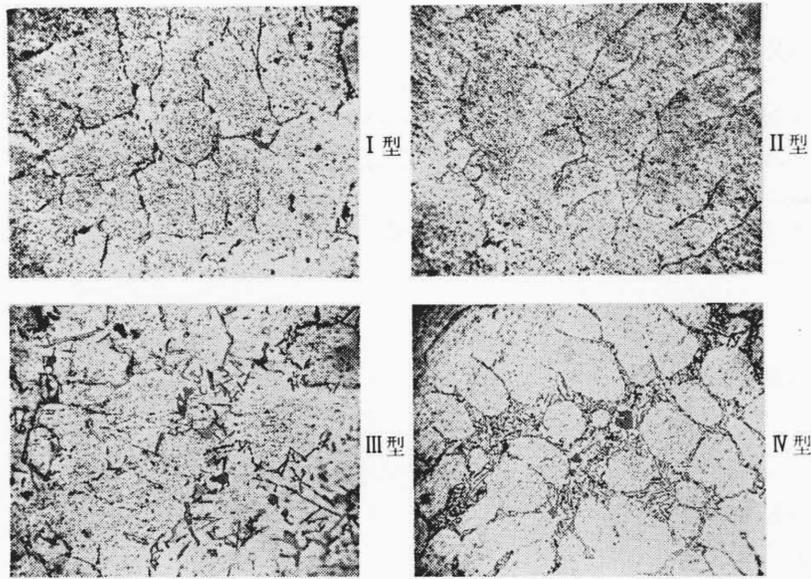


図7 各種ろう材によるろう付け部組織の分類 (×400)

0.85 A/dm² の場合の母材およびろう付け部の皮膜厚さとろう付け部皮膜厚さの母材のそれに対する比を示したものである。

母材の皮膜厚さは6061が薄いほかはほとんど差がみられない。

ろう付け部のそれもほぼ同傾向でいずれにしても母材材質による差は認められない。

膜厚比の場合はいくらか明確になり1100, 3003, 6063などではろう付け部の皮膜厚も母材のその90%以上に達し、耐食性も母材と同程度に期待が持てるが5052, 6061では膜厚比が若干低くなる傾向がみられる。

図5は1100を用いて電解した場合の母材とろう付け部の陽極酸化皮膜を示したもので中央の黒い帯が皮膜その下が基材である。

皮膜厚さは母材で21.5μ ろう付け部で19.9μ となっており、ろう付け部皮膜厚さが母材の92.5%に達しており十分厚いものである。

5. Hi-Bralの応用例

アルミニウムのろう付け法の発達はアルミニウムの用途拡大に大いに役立ち小は家庭用器物から大はTOプラントの熱交換器にまで及んでいる。ここに紹介したHi-Bralは陽極酸化処理性、流動性、すぐれた機械的特性など種々の特長をもち、新しい応用分野を開拓しつつある。たとえば人形ケース、飾わくなどのコーナーのろう付け、やかんやなべ、ポットなど器物への適用、さらに熱交換

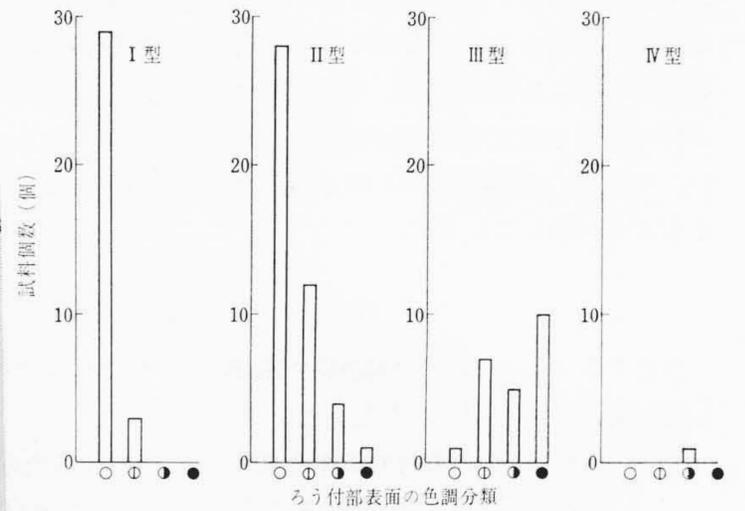


図8 ろう付け部組織と陽極酸化色の関係

器のUベンド部、アルミサッシなどにも応用されている。

図6はこれらのうち人形ケースと熱交換器Uベンド部のろう付け例を示したものである。

今後ろう付けの採用によるあと仕上げの省略とあいまって高度の自動化が考えられ、加工費の大幅低減とともに応用分野も広範なものとなることが期待される。

6. 検 討

種々の組成のろう材でのろう付け組織を分類してみると大別して四つの型になる(図7参照)。

I型およびII型では初晶が多角形にはほぼ同程度の大きさに並び第2相はその粒界に細かく並んでいる。I型では整然としておりII型ではやや乱れている点に若干の相違がある。

III型は初晶の形状が明確でなく、したがって第2相も全くランダムに晶出している。またIV型は初晶の形状は明確であるが第2相が粒界に共晶となって幅広く晶出している。これらの型は組成によってはもちろん異なるが同一組成の場合でもろう付け時の加熱条件によっても異なってくる。

種々のろうを用いて100個のろう付けを行ない、これらの組織と陽極酸化処理後のろう付け部の色調とを調べ次の4種類に分類してその相関関係をみた。

色調の分類

- 母材と同一色調のもの
- ① ほぼ○に近いがごくわずかに灰色がかったもの
- やや灰色がかったもの
- 灰色

図8は組織の型別にどのような表面皮膜色のものが何個発生したかを示したものである。

図から明らかなように組成とは無関係に次のような傾向があることがわかる。すなわちI型では大部分が母材と同一色調となり、組織がやや乱れたII型になるとわずかずつではあるが着色したものが出てくる。III型になると大部分に色がついている。またIV型は1個しかなかったが着色していた。この実験には種々の組成のろうを用いたが組織がI型なら間違いなく着色せず、これが乱れてII型、III型などに变化するに従って灰色に着色していくことがわかる。

したがって良好な陽極酸化皮膜を得るためには組織がI型でなけ

ればならないが、これについては次の実験結果も付加して考えるべきである。すなわちある組織のろうではろう付け時の加熱条件によって組織が異なり、ろう付け直後にろう付け温度に保持すればその時間が長いほどI型の組織に近くなり同時に色も母材に近くなる。この傾向はほとんどのろうに共通な性質でHi-Bral No. 111を用いる場合でもこの原理に従って温度調整が比較的容易にできる自動ろう付け機などによりろう付け後若干の温度保持を行なうのが望ましい。このような結果はAl-Si合金で実験したH. Richaud氏の結果ともよく一致している⁽³⁾。

7. 結 言

日立アルミニウム低温溶接棒“Hi-Bral”の諸特性について検討した結果次の点が明らかとなった。

- (1) No. 111 がどの母材に対しても高い引張強さを示す。TIG溶接に比較して引張強さはほとんど差はないが伸びはTIGのほうがすぐれている。

- (2) 作業温度近くでの流動性はNo. 130が特にすぐれ次いでNo. 110系, No. 0~4系となっている。またNo. 110系には虫食い現象がほとんどない。
- (3) 90日間の塩水噴霧結果ではNo. 0, No. 111ともにほとんど差がない。
- (4) No. 111に対する陽極酸化皮膜は母材の皮膜厚の90%以上であり色も母材とほとんど変わらない。ろう付け後の色と組織の間には密接な関連性のあることが明らかとなった。
- (5) Hi-Bralは種類(No.)によって特長を持たせてあるので用途に応じた使い分けが必要であるが、No. 111では器物、サッシなどへの応用分野がきわめて広いと思われる。

参 考 文 献

- (1) アルミニウム合金展伸材解説書： 接合(1)溶接, ろう接 256 (昭-37 軽金属匠延工業会)
- (2) J. H. Dudes: Welding J'l 44, 358 (1965)
- (3) H. Richaud: Mem. Sci. Rev. Met. 56, 30 (1959)

Vol. 29

日立造船技報

No. 3

目 次

■ 論 文

- 水蒸気脱離式活性炭法による排ガス中の亜硫酸ガスの回収
- 風洞試験による摩擦抵抗形状影響係数の系統的計測
- 塗装鋼板の塗膜がガス切断に及ぼす影響
- 片面自動溶接(RF-1方式)の実用化(第2報)

- 鉄鋼の疲れ強さに及ぼすNiメッキの影響
- Al-Zn-Mg合金溶接部の加工と強さ(第2報) — 塑性加工と時効 —
- すぐ歯平歯車の疲れ試験(その2) — 歯の摩損強さについて —

.....本誌に関する照会は下記に願います.....

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町60 郵便番号554

第30巻

日 立

第11号

目 次

- 特集・国鉄第3次計画の成果を見る
グラフ/みちのく再開発の夜明け
図解/新しい幹線網
解説/花々しい国鉄
- 話をする機械の話
- 鉄砲からロケットへ

- 米どころ津軽をひらく
- 随想/日本人の英語.....坪井忠二
- 万博シリーズ/びわこ大博覧会
- 話のロビー/P R 映画の製作
- サイエンス・ジョッキー

発行所 日立評論社

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
郵便番号100

取次店 株式会社オーム社書店

振替口座 東京71824番
東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
郵便番号101
振替口座 東京20018番