

# 抵抗溶接を用いたアルミサッシの接合・組立技術に関する研究

## — 第2報 —

羽地 龍志 泉川 達哉 松元 尚博<sup>1</sup> 松本 修平<sup>1</sup>

### 1. 緒言

アルミサッシの製作工程は材料の切断、穴あけ、切欠、部品付け、組立の順で行われている。組立時には不活性ガスシールドによる溶接法やねじ・ボルトによる接合法が用いられており、組立工程中に新たな接合方法を導入することにより作業時間の大幅な削減に繋がると期待できる。

アルミニウムは比重が2.7と小さく、マグネシウム(1.74)やベリリウム(1.85)を除けば実用の軽金属の中で最も軽い。更に、加工しやすい、耐食性がよいなどの利点があり、鉄の代替として利用することで軽量化を促進できることから、用途に応じた種々のアルミニウム合金が開発されている。また、アルミニウムは酸素との親和性が大きいため大気中において酸素と結合して容易に酸化物を形成し、表面に形成される硬く透明な酸化被膜は優秀な耐食性を示す。しかしながらこれらの特性、特に酸素との親和性は溶接において不利になるため、不活性ガスシールドを用いる溶接法や高真空中における溶接法、活性度の高いフラックスを用いたろう付け法などの方法が用いられている。これらは簡便な方法とはいえ、新たな溶接法の確立が求められている。

今日数多くある溶接法の中で最も広く利用されているのはアーク溶接法と抵抗溶接法であり、抵抗溶接法は各種圧接法の代表的存在である。一般に溶接に必要なとされる温度は、同種金属の接合の場合、接合金属の融点に比例するが、例えば高融点金属と低融点金属の接合の場合、

高融点金属同士の必要温度よりも低くなる。この現象を応用したのが接合金属間にインサート金属および粉末を挿入して接合する方法である。この方法を用いればインサート金属および粉末によって、接合部の合金化、均質化ができ、良好な機械的性質を得ることが期待できる。

本研究は、アルミサッシの簡易的な接合法の確立を目的として、抵抗溶接法を用いた接合を昨年度より継続して行った。接合実験は2本の接合試験片間に金属粉末を充填し、電極間で加圧しながら通電を行い、充填金属粉末部および被接合材に発生するジュール熱を熱源とした。今年度は、昨年度得られた接合条件の検討とアルミニウムと異種金属の接合を行った。

### 2. 実験方法

#### 2.1 実験材料

実験材料は、アルミニウムJIS A 1050 BDおよびタフピッチ銅JIS C 1100W-Hである。表1、表2に実験材料の化学成分および機械的性質を示す。これらを直径

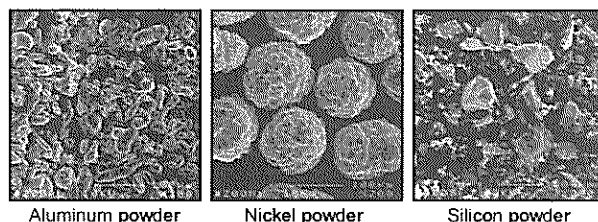


図1 粉末観察写真

表1 化学成分

Material	Chemical compositions (wt%)							
	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
Aluminum (A 1050 BD)	99.78	0.07	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Copper (C 1100W-H)	Cu	As	Sb	Bi	Pb	S	Fe	
	>99.96	<0.003	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.001	

表2 機械的性質

Material	Treatment	Tensile strength(MPa)	Vickers hardness(HV0.1)
Aluminum (A 1050 BD)	Un-annealed	134	49
	Annealed	75	24
Copper (C 1100W-H)	Un-annealed	313	122
	Annealed	226	60

<sup>1</sup>琉球大学 工学部 機械システム工学科

8 mm、長さ30mmに加工し接合試験片とした。また、接合試験片と型枠との絶縁のために外径12mm、内径8 mm、長さ40mmのパイレックスガラス管を用いた。

充填金属粉末は200メッシュのアルミニウム粉末、ニッケル粉末およびシリコン粉末を1種類単独あるいは2種類の粉末を混合して用いた。図1にそれぞれの粉末のSEM写真を示す。

## 2.2 実験装置

実験装置は電源トランスとその制御装置、電極を連動させた加圧装置と油圧ポンプなどから構成される。装置の能力は最大電流容量60kA、最小設定通電時間1/60 sec、最大圧縮加重5 tonである。図2に装置の概略を示す。

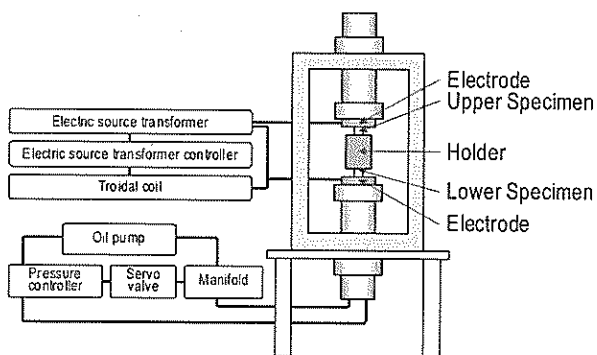


図2 実験装置の概略

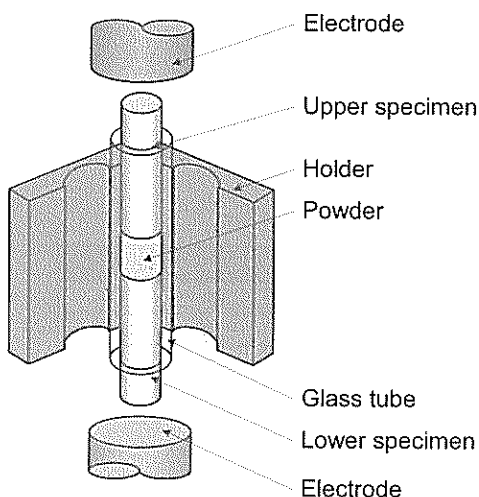


図3 電極間における接合試料状態

## 2.3 実験方法

図3に実験装置の電極間における接合試料の状態を示す。実験の手順は以下のとおりである。(1) 絶縁用ガラス管内で金属粉末を挟み込むように接合試験片を挿入し、これを1組みの接合試料とする。(2) これを型枠で固定後、加圧装置の電極間にセットし、(3) 電極間で接合試料を加圧・保持しながら通電を行い、発生したジュール熱を熱源として接合を行う。(4) 通電後、接合材の変形が無くなるまで保持し、その後電極間から取り外す。なお、接合実験は大気中で行った。

## 2.4 評価

接合状態の良否は、主として接合材の引張試験結果で判断した。すなわち、接合部以外の母材部から破断した場合を良好な接合状態とした。その他、接合部近傍の硬さ試験やマクロ観察などを行って接合条件などを検討した。試験に使用した機器を以下に示す。

引張試験：鳥津製作所製 万能試験機UH-30A

硬さ試験：明石製作所製 マイクロビッカース硬度計 MVK-VL

## 2.5 実験条件

アルミニウムは銅に次いで電気抵抗が小さく、接合に必要な熱量を与えるためには高電流が必要である。また熱伝導がよく、通電時に発生した熱が逃げるので熔融に必要な熱量を短時間に与えなければならない。抵抗溶接、特にスポット溶接における溶接電流、通電時間、電極加圧力は溶接の三大要素と呼ばれる重要な条件である。実験では、加圧力を294Nとし、電流値、通電時間、粉末の種類および粉末量により実験条件を設定した。アルミニウム同士の接合条件およびアルミニウムと銅の接合条件を表3および4に示す。

## 3. 結果および考察

### 3.1 アルミニウム同士の接合

昨年度行った2本のアルミニウム間にアルミニウム粉末を充填した接合では、接合部に強度低下の原因となる空孔が発生し安定した接合条件を見出すに至らなかった。この原因としてはアルミニウムの膨張係数が軟鋼の2倍以上と大きく、材料中にガスを含んでいる可能性も多いため熔融部の凝固過程において収縮や空孔を生じやすいことなどが挙げられる。このような接合部の改善のため以下に示す方法により接合を行った。

表3 アルミニウム同士の接合条件

	Material 1	Material 2	Powder 1 (gf)		Powder 2 (gf)		time (sec)	Current (kA)	Pressing force (N)
1	Aluminum (A 1050 BD)	Aluminum (A 1050 BD)	Aluminum	0.20	Nickel	0.20	0.6~1.4	4	294
						0.40	0.5~1.2		
						0.60	0.5~1.0		
						0.80	0.4~0.7		
2	Aluminum (A 1050 BD)	Aluminum (A 1050 BD)	Nickel	1.00	Silicon	0.02	0.5~1.0	4	294
						0.04	0.4~1.0		
						0.06	0.4~0.7		
						0.08	0.2~0.7		
						0.10	0.2~0.6		

表4 アルミニウムと銅の接合条件

	Material 1	Material 2	Powder 1 (gf)		Powder 2 (gf)		time (sec)	Current (kA)	Pressing force (N)
3	Aluminum (A 1050 BD)	Copper (C 1100W-H)	Aluminum	0.15	Nickel	0.10	0.4~0.8	7	294

3.1.1アルミニウム粉末とニッケル粉末の混合粉末を充填した接合

昨年度行った実験条件をもとに適切な接合条件を得ることを目的に、2本の接合試験片間にアルミニウム粉末0.20gfとニッケル粉末0.20~0.80gfの混合粉末を充填して接合を行った。

図4に充填粉末量、通電時間および引張強度の関係を示す。引張試験片はアルミニウム粉末0.20gfに対してニッケル粉末0.20gfの場合0.6~1.4sec、0.40gfの場合0.5~1.2sec、0.60gfでは0.5~1.0sec、0.80gfは0.4~0.7secの範囲で接合部近傍のアルミニウム母材から破断しており良好な接合状態が得られた。引張強度がアルミニウムの焼鈍

材の強度と同程度を示したことから通電の際に発生したジュール熱によってアルミニウム母材が熱影響を受けたことがわかる。

充填粉末量の増加に伴って通電時間が短くなり、更に接合可能な通電時間範囲が狭くなる傾向が見られる。通電時間が短くなるのは、充填粉末量の増加に伴って充填粉末部の電気抵抗が増加するため通電によるジュール熱の発生が促されるためである。金属は温度上昇に伴って固有抵抗が上昇することから、(発熱量が促される)充填粉末量が多い条件では、接合可能な通電時間の範囲が狭くなると考えられる。母材が受ける熱影響部の範囲を狭く抑えるためには、充填粉末量と通電時間の検討が必要と思われる。

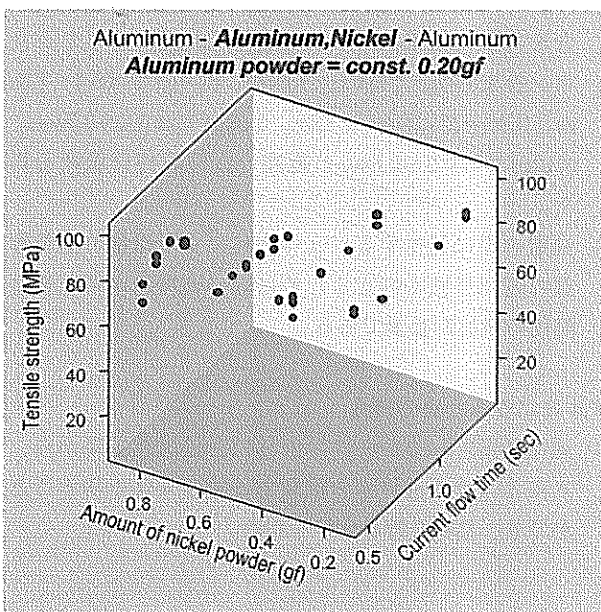


図4 引張試験結果

3.1.2ニッケル粉末とシリコン粉末の混合粉末を充填した接合

前述の接合同様、昨年度の実験より得られた接合条件(充填粉末量と通電時間)の検討を行うため、2本の接合試験片間にニッケル粉末1.00gfとシリコン粉末0.02~0.10gfの混合粉末を充填して接合を行った。

図5に充填粉末量、通電時間および引張強度の関係を示す。引張試験片はニッケル粉末1.00gfに対してシリコン粉末0.02gfの場合0.5~1.0sec、0.04gfの場合0.4~1.0sec、0.06gfでは0.4~0.7sec、0.08gfは0.2~0.7sec、0.10gfは0.2~0.6secの範囲で接合部近傍のアルミニウム母材から破断しており良好な接合状態が得られた。3.1.1の場合と同様、引張強度がアルミニウムの焼鈍材と同程度の引張強度を示したことから、ジュール熱による熱影響を受けたことがわかる。

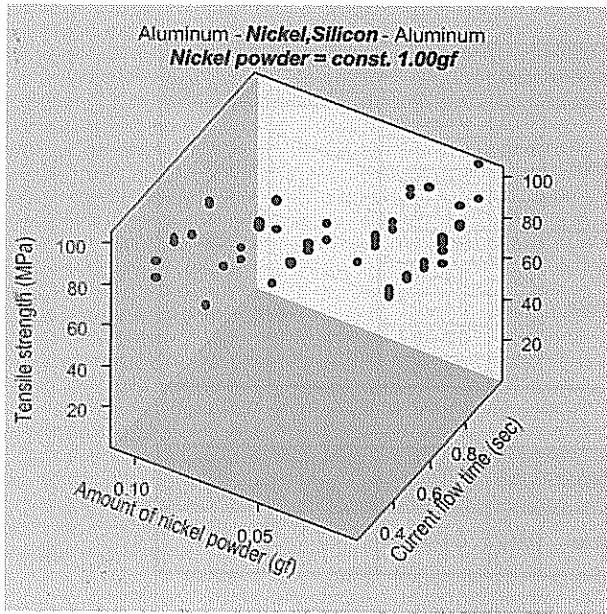


図5 引張試験結果

### 3.2 アルミニウムと銅の接合

アルミニウムと銅の接合試験片間にアルミニウム粉末0.15gfとニッケル粉末0.10gfを混合した粉末を充填して接合を行った。接合部範囲はアルミニウム同士の接合材(3.1.2および3.1.3)と比較すると狭く、アルミニウム母材、銅母材部共に溶融は少なかった。

図6に引張試験結果を示す。図中の○印はアルミニウム母材から破断した接合材を示し、●印は接合部から破断した接合材を示す。通电時間0.6~0.8secにおいて接合材はアルミニウムの母材から破断し、その強度もアルミニウムの焼鈍材と同程度を示していることから良好な接合状態を得られたと判断する。0.4~0.5secにおける接合材はアルミニウム母材から破断したものと接合部から破断したものが共存しており、その破断面には溶融していない充填粉末が観察できるなど接合に必要な温度に達していないことが伺えることから通电時間が短いと思われる。

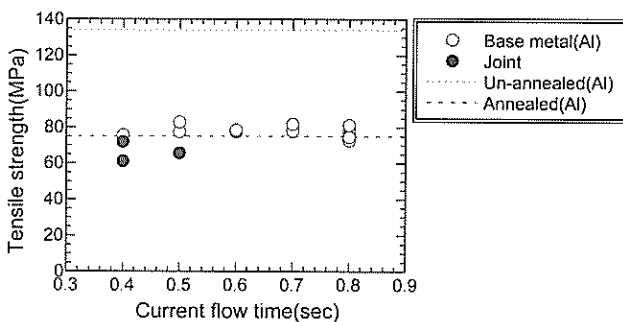


図6 引張試験結果

良好な接合状態と判断した通电時間0.7secの接合材について硬さ試験を行った。図7に硬さ試験結果を示す。接合部がアルミニウム母材や銅母材と比較して高い値を示していることに対し、接合部近傍の母材部はアルミニウム、銅とも熱処理材の硬さと近い値となっていることから、通电の際に発生するジュール熱の影響を受けていることがわかる。

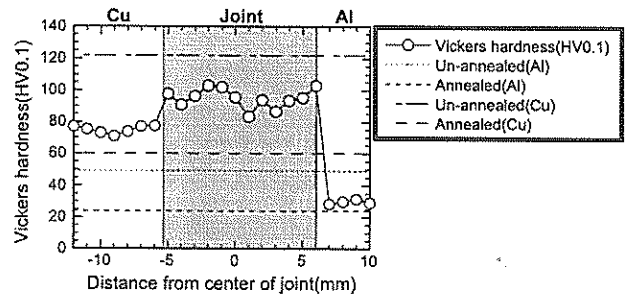


図7 硬さ試験結果

### 4. 結言

アルミサッシの接合・組立技術に関する基礎的実験として、アルミニウム同士の接合およびアルミニウムと銅の接合を行い、以下の結果を得た。

#### アルミニウム同士の接合

- (1) アルミニウム粉末とニッケル粉末の混合粉末を充填した接合の場合、アルミニウム粉末0.20gfに対してニッケル粉末0.20gfでは0.6~1.4sec、0.40gfでは0.5~1.2sec、0.60gfでは0.5~1.0sec、0.80gfでは0.4~0.7secの範囲で良好な接合状態を得た。
- (2) ニッケル粉末とシリコン粉末の混合粉末を用いて接合を行った結果、ニッケル粉末1.00gfに対してシリコン粉末0.02gfでは0.5~1.0sec、0.04gfでは0.4~1.0sec、0.06gfでは0.4~0.7sec、0.08gfでは0.2~0.7sec、0.10gfでは0.2~0.6secの範囲で良好な接合状態を得た。
- (3) 通电の際に発生するジュール熱による母材の熱影響部の範囲を狭く抑えるためには、充填粉末量と通电時間の検討が必要である。

#### アルミニウムと銅の接合

- (4) 通电時間0.6~0.8secの接合材の引張試験結果から、アルミニウム母材から破断する接合条件を得ることができ、良好な接合状態を得た。

5. 参考文献

- (1) 宮川大海 応用機械工学全書5 金属材料工学 森北出版株式会社. 1980
- (2) 吉田亨 異種材料ろう付における母材の溶解—晶出 株式会社アイピーシー
- (3) 中村孝、小林徳夫、森本一 現代溶接技術体系8 産報出版株式会社
- (4) 水野政夫、箕田和之、阪口章 現代溶接技術体系13 産報出版株式会社
- (5) 西川工、副島一雄、猪俣茂男 現代溶接技術体系22 産報出版株式会社
- (6) 日本金属学会編 金属データブック 丸善株式会社
- (7) 日本熱処理技術協会編 入門 金属材料と組織 株式会社大河出版
- (8) 日本塑性加工学会編 接合—技術の全容と可能性— 株式会社コロナ社

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。