

自動車用アルミニウムパネルの ウェルディングバックアップについて

青 木 恒 夫

1 はじめに

自動車の車体重量軽減は、燃料消費量及び排気ガスの低減、走行性能の向上等に寄与するが、近年飛躍的に重量を軽減する手段として、アルミニウム合金パネルのアウトパネルへの採用が一部国産車に見られるようになった。冷延鋼板に比べ、重量が約1/2、耐食性、通電性、回収性などに優れているが、材料単価や製造コストが未だ高額のため、一部のスポーツタイプ車に限定されているのが現状である。しかしながら、一般市販車に採用されたことから、今後損傷車の補修要求が末端の車体整備業界に寄せられるのは必至に思われる。

アルミニウムの材料的特徴から、板金作業、特に溶接作業が困難である。今回、中厚板のジョイント溶接用に開発された「ウェルディングバックアップ」(裏当て)を自動車用アルミニウムアウトパネルの突き合わせ溶接部に適用することにより、比較的熟練を要さず、既存の設備が利用でき、良好な溶接部を得ることが確認されたので、その報告を行なう。

2 アルミニウムパネルの一般的な性質

車体用アルミニウム合金には、アルミニウムに Mg のみ、及び Mg と Mn を添加した非熱処理合金5000系(JIS5052, 5083等)と Mg₂Si が合金要素となっている熱処理合金の6000系(同6061, 6063等)の2種類が用いられている。それぞれの機械的性質を表1に、物理的性質及び軟鋼との比較を表2に示す。

表1 車体用アルミニウム合金の機械的性質

アルミニウム合金系列	引張り強度(kgf/mm ²)	耐力(kgf/mm ²)	焼付け後耐力(kgf/mm ²)	伸び(%)	エリクセン値(mm)	ランクフォード値	180曲げ(内径半径)
5000系 (Al-Mg系)	25以上	10以上	14以上	27以上	9以上	0.6以上	0.8 t
6000系 (Al-Mg-Si系)	22以上	10以上	20以上	24以上	9以上	0.6以上	0.8 t

表2 アルミニウム合金の物理的性質と軟鋼との比較

種類	密度 (g/cm ³)	熔融温度 (温度範囲) (°C)	平均比熱 (0~100°C) (cal/g/°C)	膨張係数 (20~100°C) (×10 ⁻⁶ /°C)	熱伝導度 (20~100°C) (cal/cm ² s/°C)	弾性係数 (kgf/mm ²)	剛性率 (kgf/mm ²)	固有抵抗 (Ω/mm ² /m)	伝導度 (%)	熔融潜熱 (cal/g)
>99.9%A1	2.7	660	0.22	24	0.52~ 0.54	6000~7000	2500	0.028	62	97
5 0 5 2	2.68	595~650	0.23	23	0.33	7100	2750	0.050	35	—
5 0 8 3	2.66	595~640	0.23	25	0.31	7000	2650	0.062	29	—
6 0 6 1	2.71	580~650	0.22	24	0.37	7000	2650	0.038	47	—
6 0 6 3	2.71	605~650	0.21	23	0.48	7000	2650	0.031	58	—
軟鋼 (SS41)	7.86 [2.7×2.9]	1500~1527 [660×2.3]	0.11 [0.22×0.5]	12 [24×0.5]	0.12 [0.53×0.2]	21000 [7000×3]	8400 [2500×3.4]	0.120 [0.028×4]	16 [62×0.4]	66 [97×0.7]

[] は高純度アルミニウム (>99.9%A1) との比率

アルミニウムは鋼板と比較し次のような特徴を持つ。

① 軽量である

密度は1/3であるが、同等の剛性を確保するには板厚を約1.4倍にすることが知られており、この場合でも全体の重量は約1/2に軽減できる。今回試用したニッサンR32系のフロントフェンダー（アルミ合金、平均板厚1.0mm、重量1550g）と、ほぼ同じ車格のニッサンA31系の同部品（新デュラスティール鋼板、0.75mm、3080g）とを比較すれば明らかである。（写真1）

② 耐食性が良い

大気中のアルミニウム表面は図1のような自然生成の酸化膜を持ち、さらに酸化膜は、上層が水分を含む多孔質のバルク層（結晶性ペーマイト、Al₂O₃・H₂O）、下層が緻密なアクティブバリア層（不定型アルミナ、Al₂O₃）で構成されている。通常、この酸化膜が深層

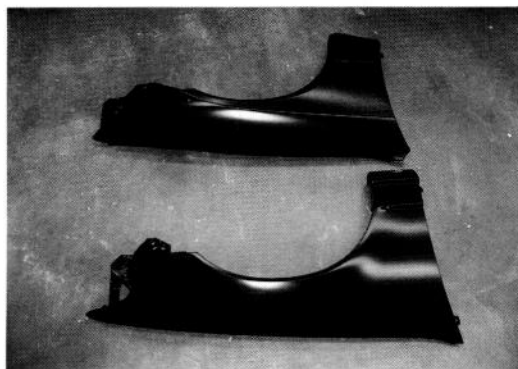


写真1 R32用（上）とA31用フロントフェンダー

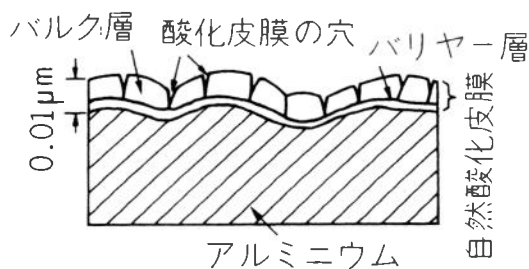


図1 アルミニウム表面酸化膜の構造模型

アルミニウム地金の腐食を防ぐが、表面パルク層が破壊された場合、下層バリヤ層で自己再生的に新たなパルク層を生成するため、酸やアルカリで酸化膜が溶解しない限りアルミニウム自体が常に良好な耐食性を持つ。なお、有機被覆のアルミニウム材の表面にしばしば観察される「糸錆現象」は、外観を損う表面錆であるが、Cuの添加が多いと成長しやすいことが分かったため、Cu添加量の低減、Mg等合金元素添加量の調整によって素地を改良したり、クロム酸クロメート処理を施すなどして改善されている。

③ 軟鋼との接触により電食（ガルバニック腐食）を起こす

一般に金属及び合金は、電解質溶液中で独自の電極電位を持つことが知られる。したがって、軟鋼のような電位の高い「貴」な金属とアルミニウムのような電位の低い「卑」な金属を電氣的に結合した状態で溶液中に放置すると、図2のように卑な金属が陽極（アノード）となり陽イオンを放出し、その跡が

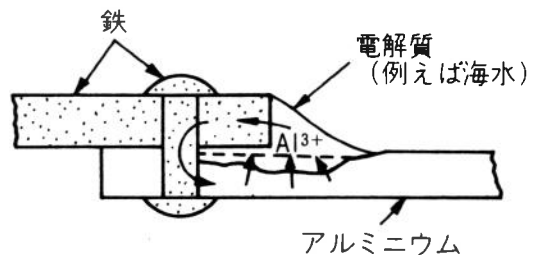


図2 電食によるアルミニウム合金の浸食

結果的に浸食となる。アルミニウムと軟鋼とのボルトによる締結は避けて通れないが、樹脂ワッシャの採用、軟鋼の表面処理（・Zn, Alフレック及びクロム酸バインダからなるダクロ被膜、・Zn-Niめっき上のSi系有機被膜、・合金化溶融亜鉛めっき鋼板上のカチオン電着塗装）などの解決策が実施されている。

④ 弾性及び剛性が低い

表2によると、弾性、剛性は共に軟鋼の約1/3である。パネル全体的な剛性を軟鋼と同等に保つため、板厚を約1.4倍にすることは前述したが、この場合でも部分的な強度は低く、軽微な打撃や擦過により、凹みや延びの発生が軟鋼より多く認められる。

⑤ 電気、熱の伝導が良好

電気抵抗、熱伝導度は軟鋼の約1/4と良好な伝導体であり、電気抵抗によるエネルギー損失も小さい。

以上、軟鋼と比較した特徴を列挙したが、5000系は成形性に優れるため、フードインナ、ドアインナ等のプレス加工の難しい部位や、インナパネルの多くに用いられる。6000系は塗装の焼付乾燥加工後に耐力が向上する焼付け硬化性を有するため、フードアウトやフロントフェンダー等のアウトパネルに用いられる。

なお、今回試用したニッサン車のアルミニウム合金パネルの採用部位及び種類を表3に示す。

3 アルミニウムパネルの溶接性

アルミニウムの溶接は軟鋼に比べ困難とされるが、その要因には次のようなものが上げられる。

① 酸化物の溶融温度が母材溶融温度より高い

表3 アルミニウム合金パネルの採用部位及び種類

材料名称	メーカー	適応車種	採用部位
5030	神戸製鋼所	Z32全車	フードアウト
		R32 GT-R車	フードアウト, フロントフェンダ
TG06-T4	スカイアルミニウム	Z32全車	フードインナ
		R32 GT-R車	フードインナ, フロントフェンダ

酸化鉄の融点は母材である軟鋼の融点に比べ低いが、アルミニウムは反対に表面酸化被膜の融点がアルミニウム母材に比べはるかに高い。(Fe: 1530℃ / Fe₂O₃: 1360℃ に対し Al: 660℃ / Al₂O₃: 2020℃) したがって、表面加熱の場合、内部アルミニウムが完全に熔融しているにもかかわらず、表面に強固な酸化膜が存在し、熔融金属の流れを阻害する。酸化膜の除去には、フラックスやアークのクリーン作用が必要である。

② 赤熱による加熱状況の判定ができない

軟鋼と異なり、アルミニウムは赤熱温度以下で熔融するため、赤熱による温度確認ができない。そのため、作業者が加熱状況を確認するのが難しく、加熱過多による局所的な溶け落ち(Melt-down)の可能性がある。

③ 高い熱密度が必要

比熱、溶接潜熱が大きく、熱伝導が良いため、溶接部に局所的に熱を投入する必要がある。熱集中の悪い熱源を選択すると、溶接部が熔融しないばかりか溶接部以外の領域まで熱伝導し、歪の発生、応力の集中などを起こす可能性が大きい。また、裏当てなどに熱伝導性の良い材質(銅など)を選択すると、伝導損失する熱量が大きく、熱効率が著しく下がる。

④ 熱膨張が大きい

熱膨張は軟鋼の約2倍であり、前述の熱伝導と共に、歪の発生、応力の集中が起こりやすい。

以上のようなアルミニウム独特の要因に加え、実際の自動車用アルミニウムパネル溶接を車体整備工場で行なうには、

- ① 平均肉厚が約1mmと薄く、溶け落ちの危険が大きい
- ② 切り継ぎ工法の場合を除いて、溶接部のルート間隔が0mmにならず、溶加材の添加や適当なバックアップが必要
- ③ 板金作業を伴う場合が多い
- ④ アウタパネルとしての美観を損ってはいけない

- ⑤ 作業性の良い水平下向き姿勢を常時確保できるとは限らない
- ⑥ 需要が少ないアルミニウム溶接に高額の特用機器を導入できないなどのマイナス要因が多い。

4 ウェルディングバックアップの適用

ウェルディングバックアップ（Welding Back Up）とは、突き合わせ溶接部の裏側から適当な「裏当て」を行なうことで、①良好な裏波ビードを生成させる ②ルートパスを減少させる ③溶け落ちを防止する ④工期を短縮する などの目的で、中厚肉のマンホール、タンク等の片面突き合わせ溶接部に従来から用いられていた。

自動車用アルミニウムパネルに適用するにあたり、3章で述べた各種の要因に対応出来ることが重要なテーマであると共に、バックアップ材がアルミニウムに適しており、パネル各部の形状に対応でき、施工が簡単などの理由から住友スリーエム株式会社の「ウェルディングバックアップシステム」を採用することにした。同社のウェルディングバックアップは、従来「バックアップパー」などの高価で、施行が困難であった「裏当て」を不燃焼バックアップ材とアルミニウム粘着テープで行なうもので、自由な形状の裏当てができる特徴を持っている。

バックアップ材にはセラミックを用いた SJ-8074（中央に裏波用小型溝を持つ）と SJ-8075（溝なし）の2種類がアルミニウム溶接に適しているが、SJ-8074を用いる場合は、中央溝をルート面から外すことで薄板溶接に対応できる。（写真2、3）両者とも1ピース 6.4t×25×25mmのセラミック製裏当てが、幅113mm、長さ500mmのアルミニウム粘着テープへ直列に並べて貼られている。裏当て同士の接触部は互に凹凸がかみ合うようになっており、局面へ施工した場合も、漏れのない十分なバックアップが得られるように工夫されている。

自動車用パネルの場合、アルミニウムパネルに限らず「切り継ぎ工法」以外はルート間隔を0にすることが難しく、接合面の溝が開いた状態で薄板の溶接を行なわなければならない。そのため、溶加材を適量添加しないと溶け落ち状態になってしまい、満足な溶接結果が得られない。

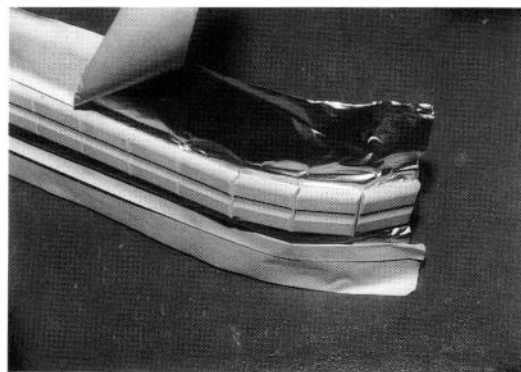


写真2 SJ-8074（小型溝付き）

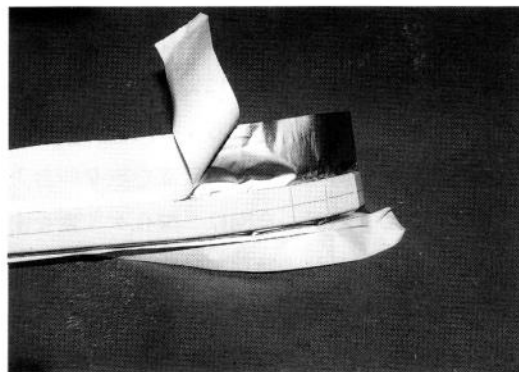


写真3 SJ-8075（溝なし）

また、添加した溶加材の母材との溶着がなければ、溝を埋めて接合するという本来の目的も果たせない。こういった意味で薄板の溶接は難しいのであるが、ウェルディングバックアップを採用すると溶け落ちの心配がないため、添加した溶加材がルート溝の間に落下することなく充填され、容易に接合できる。このため作業者が余裕を持って作業を行え、無駄な加熱による歪等の発生も極力押さえられる。

5 溶接作業の実際

今回、ニッサンR32系の6000系アルミニウム合金製フロントフェンダーをサンプルにノコ刃切断部の突き合わせ溶接を行なった。なお、溶接法には特別な設備を要求しないことを前提に、日本アルミット株式会社のアルミニウムハンダ「AM-350」を選択した。AM-350はZnとAlをベースとする融点350~400℃のアルミニウムハンダであるが、抗張力が28.6kgf/mm²と溶接に匹敵する強度が得られ、各種自動車用アルミニウム合金の部品組み立て等に採用されている。以下、写真を掲示して作業工程を説明する。なお、参考として、TIG、MIGによる溶接接合の場合の溶接条件を表4に示す。

表4 TIG,MIGによる一般的な溶接条件 (t=1mmの場合)

溶接法	電極棒径 (mm)	フィラワイヤ径 (mm)	電流値 (A)	電圧値 (V)	アルゴンガス流量 (l/min)
TIG	1.6	0~1.6	AC50~60	*****	5~6
MIG	*****	0.8~1.0	DCRP50~60	13~14	15

- ① 接合部を#100~120程度のディスクサンダーで研磨、素地調整を行なう。アルミニウムは鋼板に比較して柔らかいので、粒度に注意し、研ぎ傷が深くないように注意しなければならない。今回はメタルコンディショニングディスク (3M製) を用いた。(写真4)
- ② 接合部裏側をシリコンオフ等で脱脂清掃後、ウェルディングバックアップを溶接線に沿って貼り付ける。溶接中の高温によりアルミニウム粘着テープがはく離する恐れがあるので、ローラ等を用い特に入念に接着する。(写真5)
- ③ 熱の分散を防ぐため、溶接部を取り囲むように断熱処理を行なう。簡易的には「濡れウエス」等でも対処できるが、今回は二酸化ケイ素を主成分とする「断熱剤」(クールミット, 銚増田滑石工業所) を使用した。断熱部に幅30~50mm, 厚さ3~5mm塗り付けることにより、十分な断熱効果が得られ、特に熱伝導の大きいアルミニウムに適している。(写真6)
- ④ 溶接は熱拡散による影響を少なくするため、出来るだけすばやく行なう。ガス炎は若干「炭化炎」になるよう調整し、ハンダ、ロウ付けの場合は火口径を1~2ランク大きなものを使用す

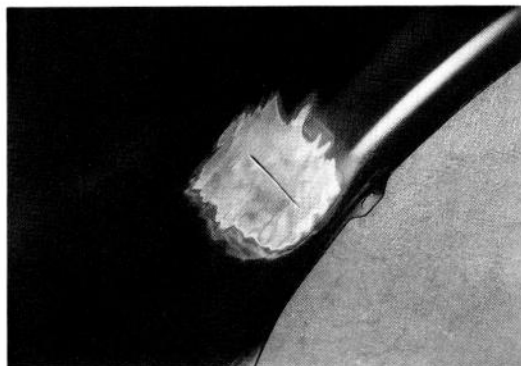


写真4 #100～120による溶接前の研磨

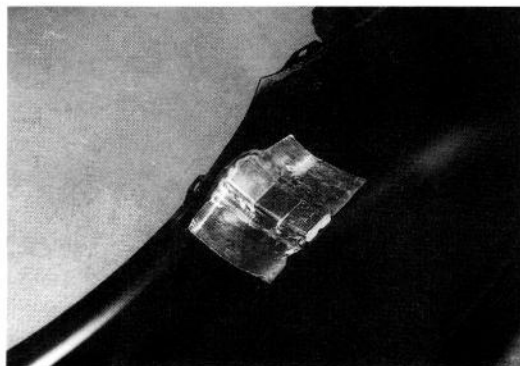


写真5 ウェルディングバックアップの貼付

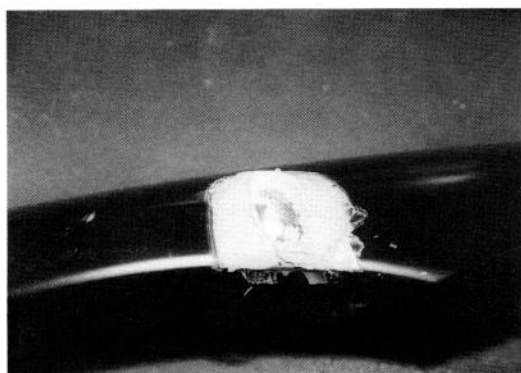


写真6 クリーム状断熱剤の塗布

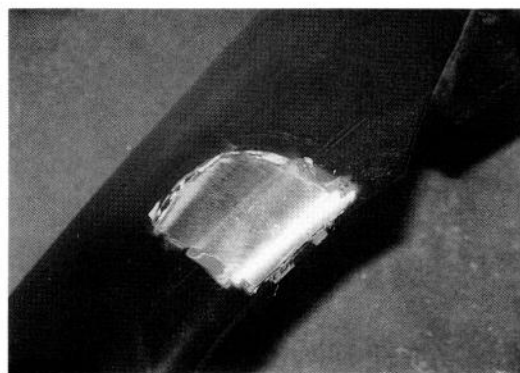


写真7 溶接後の研磨と素地調整

る。アークを熱源とする TIG, MIG では、アークが先行すると十分な溶融池が確保できないので、アークの先行を起こさないよう十分注意する。

⑤ 溶接後は#80～120程度のディスクサンダーで研磨を行ない、#120～240度のダブルアクションサンダーで素地調整を行なう。この場合も、研磨による熱影響を減らすため、できるだけ速やかに行なう。(写真7)

溶接補修後は塗装工程に入るが、一般にアルミニウム合金パネルは普通鋼板に比べ付着性が若干落ちる。そのため、板金パテ付けを行う前にウォッシュ・プライマを塗布し、前処理を行なうが、塗料メーカーにより幾分処理方法が異なるため、各メーカーの処理手順に従わなければならない。

6 おわりに

既存の技術を自動車用アルミニウムパネルの溶接に適用することにより、従来困難であったアルミニウムパネルの溶接作業が身近なものとなった。アルミニウムパネルの溶接は、「溶け落ちとの戦い」と言っても過言でなく、板金技術者にとって今回のウェルディングバックアップは朗報

と言える。また、アルミニウムパネルに限らず薄板溶接を主体とする板金溶接では、ウェルディングバックアップが有効に作用することが期待できる。今後、アルミニウム合金パネルの採用が漸次増加することが予想される中、今回のレポートが板金技術者の参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| アルミ合金パネルの板金・塗装補修要領 | 日産自動車サービス部技術課 |
| アルミニウム溶接のかんどころ | 産報出版 |
| アルミニウムのおはなし | 小林藤次郎 日本規格協会 |
| 自動車オールアルミニウムボデーの開発 | 小松他(株)本田技術研究所)自動車技術V○1.45, N○.6, 1991 |
| 自動車オールアルミニウムボデーの
表面処理・防錆技術 | 小松他(株)本田技術研究所)自動車技術V○1.45, N○.6, 1991 |
| 車体用アルミ材料 | 自動車技術ハンドブック② (社)自動車技術会 |
| 最近のアルミハンドの種類とその応用 | 沢村経夫(日本アルミ(株))溶接技術1966年8月号 |
| 低温アルミニウムのろう付 | 西村誠(エーカスジャパン(株))溶接技術1966年8月号 |
| 軽合金のろう付技術 | 川勝一郎(東京大学)溶接技術1969年4月号 |