

# 自動車用アルミ電線の端子接続技術の開発

## Development of Terminal Connection Technologies for Automotive Aluminum Conductor Cables

技術本部  
総合研究所

// 芦田 哲哉

■ T. Ashida

電装・光部品事業部  
自動車電線開発部

// 磯野 重樹

■ S. Isono

電装・光部品事業部  
自動車電線開発部

// 小崎 高明

■ T. Kozaki

自動車用電線の軽量化を目的に、導体に軽量のアルミニウムを採用したアルミ電線が注目されている。しかしながら、自動車用電線にアルミニウムを採用する場合、電線導体と端子間の接触抵抗の問題から端子接続技術の確立が必要不可欠となっている。そこで、本報では長期信頼性を有する、導体径に合わせた端子接続技術を紹介するとともに、その接続技術を適用したバッテリーケーブルの性能について紹介する。

【キーワード】自動車, アルミ電線, 端子接続, 超音波溶接, はんだ被覆, 接触抵抗

Light-weighted aluminum is attracting attention as the cable conductor for aluminum cables used in automobiles. However, when aluminum is adopted for cables in automobiles, the establishment of the terminal connection technology is important from the viewpoint of the contact resistance between the cable conductor and the terminal. In this report, we introduce the terminal connecting technologies to various conductor diameters, long-term reliability, and performances of battery cables that uses the connecting technology.

【Key words】Automobile, Aluminum Cable, Terminal Connection, Ultrasonic Welding, Solder Covering, Contact Resistance

### 1 まえがき

近年、自動車産業の活躍がめざましく、それに伴い、省エネルギー、排出ガスの低減など環境への負荷低減を目的に自動車重量の軽量化が望まれている。しかしながら、ますます増える自動車のエレクトロニクス技術による高機能化は、使用回路の増加となり、結果としてワイヤーハーネスを肥大化させ、重量が増加する。そのような背景から、使用電流量に余裕がある制御系電線においては、導体の細径化による重量軽減も検討されている。一方、電力系電線においては使用電流量の関係から導体の細径化による対応が困難である。そのため、導体を従来の銅から軽量のアルミニウムに置き換えたアルミ電線に期待が寄せられている。同じ電流量を流す場合、このアルミ電線の採用により 35% の軽量化を達成することができるが、アルミニウム表面には強固な酸化皮膜が存在するために、端子接続において、圧着などの現行の銅電線と同様の接続方法を採用すると、アルミ電線導体と端子間の接触抵抗が経時的に増加し、発熱などの原因となる。このため、アルミ電線に適応した端子接続技術の開発が必須となる。

当社はアルミ電線の電線サイズに合わせた信頼性の高い端子接続技術を開発した。本報ではその端子接続技術を紹介するとともに、その接続技術を適用したバッテリーケーブルの性能について紹介する。

### 2 アルミバッテリーケーブル

アルミバッテリーケーブルの構造の一例を Table 1 に示す。それぞれ現行の銅バッテリーケーブルの呼び 15 mm<sup>2</sup>、20 mm<sup>2</sup>、30 mm<sup>2</sup> の導体抵抗に相当する。

Table 1 アルミバッテリーケーブルの構造 (一例)  
Structure of the aluminum conductor battery cable

呼び (mm <sup>2</sup> )	導体		絶縁体厚さ (mm)	仕上外径 (mm)
	構成 (本/mm)	外径 (mm)		
22	27/1.0	6.2	1.1	8.4
38	48/1.0	8.2	1.4	11.0
50	61/1.0	9.0	1.6	12.2

### 3 端子接続技術の紹介

アルミ電線導体と端子間の接触抵抗を経時的に増大させないためには、端子接続作業時にアルミニウム表面の酸化皮膜を除去し、かつ使用中に生成させないことが必須である。そこで、我々が確立した端子接続技術を以下に紹介する。

#### 3.1 超音波溶接法

アルミニウム表面の酸化皮膜を生成・増加させない方法として、溶接・接合によりアルミ電線と端子間の界面をなくしてしまうことが有効である。その接合の一手法

として、超音波溶接が挙げられる。

超音波溶接法とは、一般的に用いられている溶接法であり、被溶接体同士を突き合わせて、それらに圧力を加えながら超音波振動を加え、被溶接体の接合界面を相対的に振動させることで接合させる方法である。この方法は材料を熔融させない（融点以下で接合する）ために、材料の特性を変化させないのが特長である<sup>(1)</sup>。

超音波溶接法による端子接続の概略図を Fig. 1 に示す。

電線の末端部を皮剥ぎした後、コの字状に折り曲げた端子受け面に突き合わせて、電線側にホーンにより圧力および超音波振動を加える。

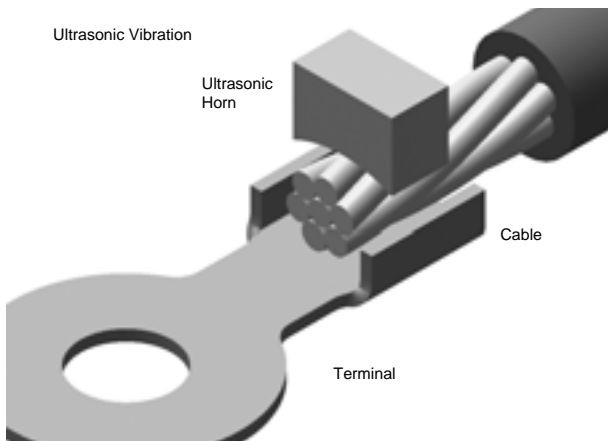


Fig. 1 超音波溶接法による端子接続の概略図  
Schematic figure of the terminal connection using ultrasonic welding

なお、本手法は超音波振動の伝達の関係上、Table 1 に示す 22 mm<sup>2</sup> などのバッテリーケーブルの中でも比較的外径が小さい電線に対して効果的であり、比較的作業工数が少ないのが特長である。

### 3.2 超音波振動を応用したはんだ被覆法

アルミニウム表面の酸化皮膜を増大させない方法として、表面被覆が有効であり、ジンケート処理、めっき、はんだ被覆などが挙げられる。しかしながら、いずれの方法においても強固な酸化皮膜を除去するために薬品の使用が不可欠であり、廃液処理や作業環境を含めた作業性に難があるだけでなく、腐食などの長期的な信頼性が損なわれる可能性がある。

そこで、当社は超音波振動を使用することで薬品（フラックス）を使用せずにアルミニウム表面にはんだを被覆する方法を確立した。

はんだ被覆法の概略図を Fig. 2 に示す。

はんだ浴中に設置した振動板に超音波振動を加え、その振動板に電線末端部の側面あるいは端部を接触させる。その振動により発生したキャビテーションなどにより、アルミニウム表面の酸化皮膜が破壊され、はんだ層

が形成される。なお、はんだは Pb フリーのアルミニウム用はんだを採用した。

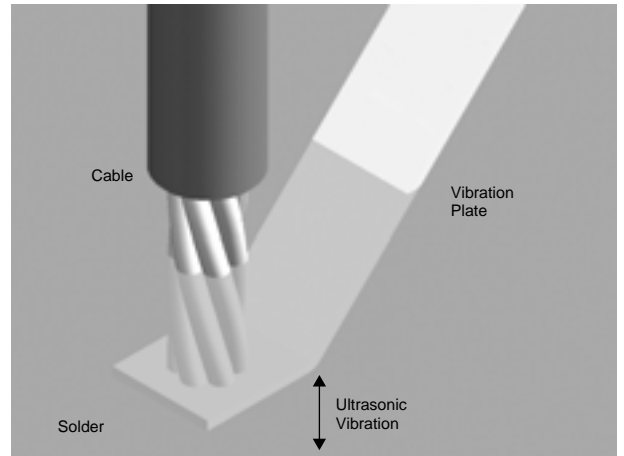


Fig. 2 はんだ被覆方法の概略図  
Schematic figure of soldering with ultrasonic vibration

上記の方法を採用して末端部にはんだ被覆した電線について、圧着により端子接続を行った。なお、この圧着において、圧着形状によっては、はんだにクラックや剥がれなどが起こり、接触抵抗が増大してしまう。そのため、はんだおよび電線導体にダメージを与えにくくするために、Fig. 3 に示すようなできるだけ円形を維持できるような圧着形状を採用した。

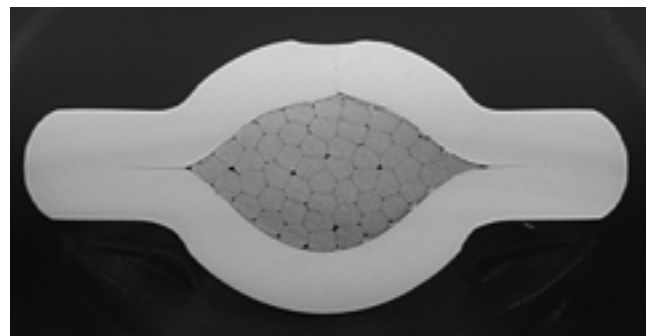


Fig. 3 圧着部の横断面（採用した圧着形状）  
A cross section of the terminal

なお、本手法は電線サイズに関わらず適用可能であるため、Table 1 に示す 38 mm<sup>2</sup> や 50 mm<sup>2</sup> のような外径が大きい電線に対して効果的である。

## 4 アルミバッテリーケーブルの性能

超音波溶接法により端子接続を行った 22 mm<sup>2</sup> 電線、およびはんだ被覆法により端子接続を行った 38 mm<sup>2</sup> 電線についての各種評価結果を以下に示す。

### 4.1 端子固着力

各サンプルの端子固着力測定結果を Fig. 4 に示す。  
 両者とも従来の銅電線とほぼ同等の端子固着力が得られており、十分な強度を確保できることが確認された。

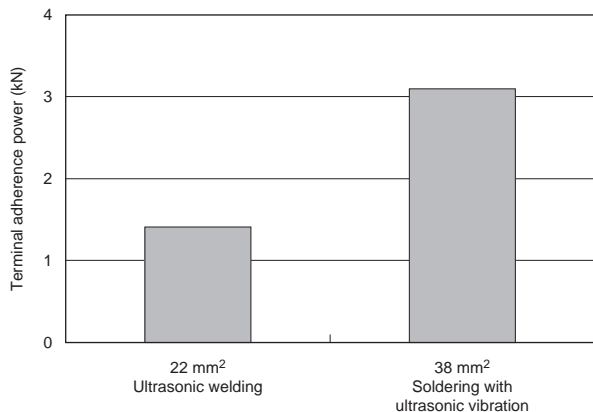


Fig. 4 各サンプルの端子固着力測定結果  
 Measurements of the terminal adherence power

### 4.2 耐熱試験

各サンプルの 120℃ で最長 1000 時間加熱後の接触抵抗測定結果を Fig. 5 に示す。

いずれのサンプルも 120℃ × 1000 時間後においても、初期値に比べて接触抵抗の顕著な増加は見られない。

本接続方法によってアルミニウム表面の酸化皮膜の成長を抑えることができた。

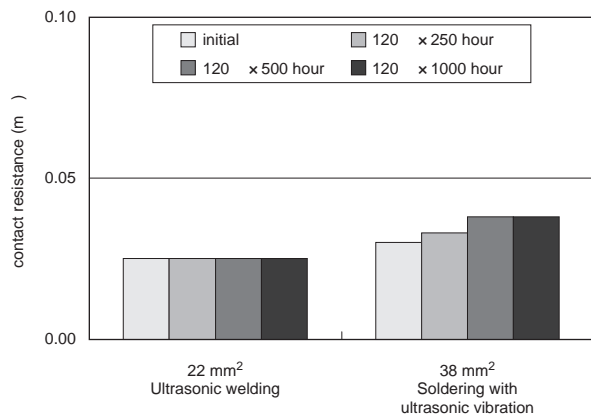


Fig. 5 各サンプルの耐熱試験後の接触抵抗測定結果  
 Measurements of the contact resistance after heat-resistant examination

### 4.3 振動試験

各サンプルについて、加速度 2 ~ 30 G で上下、左右、前後に振動を加え、接触抵抗測定を行った。その結果を Fig. 6 に示すが、振動試験後の接触抵抗の増加は見られない。また、振動試験後サンプルには導体の断線なども見られなかった。

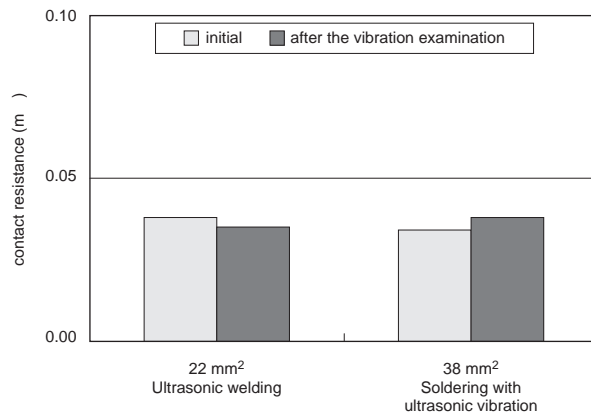


Fig. 6 振動試験後の接触抵抗測定結果  
 Measurements of the contact resistance after the vibration examination

### 4.4 防水性

一般にアルミ導体と端子は異種材料であるため、異種金属接触腐食が促進される。その場合、電気的に卑であるアルミの腐食が進行し、最終的には導体が損傷する。異種金属接触腐食は水分などの存在により顕著に進行するため、端子接続部分の防水性が不可欠である。

そこで、端子接続部の防水性を目的に収縮チューブ被覆を行い、塩水噴霧雰囲気中で通電サイクルを 2500 サイクル繰り返した。なお、より厳しい条件とするため、本サンプルはガソリンに 1 時間浸漬した後に防水性試験を行っている。その結果を Fig. 7 に示すが、試験後の接触抵抗の顕著な増加は見られない。

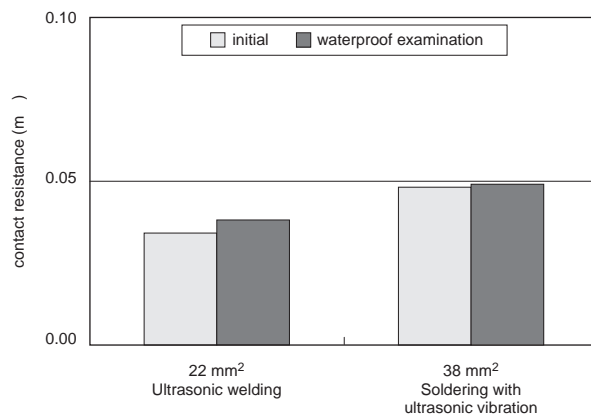


Fig. 7 防水性の確認試験結果  
 Results of the waterproof examination

## 5 むすび

アルミ電線の自動車電線への適用に際して必要不可欠である2種類の端子接続技術を開発し、長期信頼性を有する自動車用アルミ電線を開発した。これら技術を導体サイズに合わせて選択することで効率的な自動車電線を製造することが可能である。同じ電流量を流す場合、このアルミ電線の採用により、従来の銅電線に比べて35%の軽量化を達成することができる。このアルミ電線が自動車重量の軽量化に加えて、省エネルギーや排出ガス低減などの環境への負荷低減を推進するものと期待する。

### 参考文献

- (1) 海老原熊雄. 溶接便覧. 1985, p. 590