解 説

車両における抵抗スポット溶接部の品質保証とその現状*

塔 本 徹** 阪 口 章**

Present Situation of Quality Assurance for Resistance Spot Welding in Manufacturing Railway Rolling Stock*

by Tohru Tohmoto** and Akira Sakaguchi**

1. は じ め に

昨今のわが国交通体系の整備方針は新幹線網の建設、および新幹線に接続するローカル線の強化、並びに大都市における近郊通勤線の強化と地下鉄網の建設など鉄道輸送を中心としたものであるといえよう。

これに伴ない、近年新製される鉄道車両は新幹線用、在来線特急用、地下鉄用、近郊通勤用の電車が主体となっており、またその性能も新幹線用車両を頂点として年々改良が加えられ、高性能化の一途をたどっている。すなわち鉄道車両（電車）の構体についていえば高性能化と相まって、軽量化の追求がはかられ、各部材の合理的な薄肉化とともに、耐候性高張力鋼、アルミニウム合金、ステンレス鋼など軟鋼に比して強度重量比が大きく、腐蝕代を小さくし得る各種の材料を適用して、製作されるようになっていく。中でも耐候性高張力鋼は新幹線用車両を始めとして、在来線特急、急行型電車などほとんどの鋼製車の外板に採用されるところとなっている。また構体の構成材料のすべてをアルミニウム合金化した車両（以下軽合金車両という）は地下鉄車両のみならず、381系特急電車、961形新幹線試験電車にも採用され、車両の軽量化の上で重要な役割を果たしている。

このような各種の材料を用いた鉄道車両構体を製作する際、全溶接で組み立てられていることはもちろんであるが、その適用溶接方法としては、外板と骨組の接合には抵抗スポット溶接、その他の骨組同志の接合、各構の結合などには鋼製車両の場合 CO_2 溶接、軽合金車両の

場合ミグ溶接が主体であるということができる。

一方鉄道車両の使用条件は鉄道の高速度とともに苛酷さの度を加え、上述の使用材料の高級化、薄肉化とも相俟って、とりわけ溶接部に対する品質要求は従来にも増して厳しいものとなってきている。

そこで本報では鉄道車両構体の主要溶接方法である抵抗スポット溶接を取り上げ、構体組み立てに対する適用状況、並びに品質保証の現状と新しい試みについて紹介したい。なお各種の鉄道車両のうち近年の鉄道輸送の主役である電車を対象として説明を行ないたい。

2. 鉄道車両における抵抗スポット溶接について

2.1 鉄道車両の組み立てにおける抵抗スポット溶接の特徴

鉄道車両の構体を構成している材料は表1に示すように、他の構造物に比して薄板であるといえる。従ってその溶接組み立て、とりわけ外板と骨組の溶接に対しては溶接歪軽減の観点から可能な限り、抵抗スポット溶接を採用することが常識となっており、現在では抵抗スポット溶接を使用しないで鉄道車両を製作することは不可能といっても過言ではない。このため1両当りの抵抗スポット溶接点数は表2に示すように一般の車両で5～6000

表1 車両の材料と板厚の組合せ

材 料	板 厚 (mm)		
	軟 鋼	ステンレス鋼	アルミニウム合金
部 位			
外 板	0.8, 1.2, 1.6, 2.3	0.8, 1.0, 1.5	1.6, 2.5, 3.0
屋 根 板	1.2, 1.6	0.8, 1.0	1.2, 1.6
骨 組	1.6—6.0	1.6—6.0	1.6—6.0

*原稿受付 昭和50年8月8日

**正 員 川崎重工(株) Member, Kawasaki H.I., Rolling Stock Div.

表2 車両における抵抗スポット溶接点数

車 種	部 位	側 構	妻 構	屋根構	合 計
国鉄通勤電車 (103系)		3,250	600	1,100	4,950
国鉄中距離電車(115系)		5,290	690	1,420	7,400
国鉄遠距離電車(165系)		4,460	610	1,630	6,700
国鉄新幹線		5,340	690	3,720	9,750

点, 新幹線級の車両の場合には10000点にも上る。

また構体の製作にあたっては鋼製車両, 軽合金車両を問わず, 作業能率の点から屋根構, 側構などを一体とした後, 外板と骨組の抵抗スポット溶接を行なうという方式が採られるため, 溶接時に一般の車両の場合で約 $2,500\text{ mm} \times 18,000 \sim 20,000\text{ mm}$, 新幹線級の車両の場合には約 $3,000\text{ mm} \times 25,000\text{ mm}$ 程度の大型構造物を対象としなければならない。

さらに車両構体の構成材料の板厚は表1に示したように他の構造物に比して薄板ではあるが, 抵抗スポット溶接の被溶接物としてはかなり部厚いといえる。また材質については鋼製車両の場合は軟鋼級の骨材と耐候性高張力鋼の外板が主体であり, 軽合金車両の場合は Al-Mg 系合金 (5005, 5052, 5083 など) の骨組と外板が主体である。これらの材質はいずれも抵抗スポット溶接性の良好なものであるが組合せ板厚が部厚いこと, および板厚, 合金元素量の異なる材料の溶接が多いことなどは, 特に軽合金車両の場合にその溶接を難かしいものとしている。

2.2 鉄道車両用抵抗スポット溶接機

2.1項で述べたように比較的組合せ板厚の厚い, 大型構造物の多数の溶接点を能率良く施工するために, 写真1に示すような機動式と呼ばれる方式の鉄道車両用の抵抗スポット溶接機が開発されている。これは溶接機本体を第1台車, および第2台車上に搭載して, 左右, 前後方向に移動し得るようにしたものであり, さらに溶接ヘッドは上下方向の移動, 仰伏運動が可能となっている。

写真1 機動式抵抗スポット溶接機

すなわち被溶接物を治具上に定置して, 溶接機自体が駆動し, 溶接施工するものである。表3は筆者らの工場に設置している上記の機動式抵抗スポット溶接機の主要諸元を取まとめたものである。いずれもフトコロ径, フトコロ間隔の非常に大きなかつ大容量の溶接機となっている。表中3, 4号機は単相交流方式の溶接機であり, 鋼製車両専用で使用している。5, 6, 7号機は三相低周波方式の溶接機であり, 軽合金車両の打点に使用されるものである。これは衆知のごとく, アルミニウム合金の抵抗スポット溶接はその良好な熱伝導性, 電気伝導性のために大電流, 短時間通電が原則とされており, 単相交流式では溶接変圧器, 受電設備などが膨大なものとなるためである。すなわち三相低周波方式では単相交流式に比して数分の1の溶接変圧器, 受電設備などで同一の2次電流を得ることが可能であるとともに, 溶接機のフトコロ内に磁性材をそう入した際の溶接電流降下がほとんどないことなどの利点を有している。また最近では三相低周波方式の他に三相整流式, コンデンサー式の溶接機も開発され, 実用されるようになっていく。

上述のように鉄道車両用の抵抗スポット溶接機は電源方式の違いはあるにせよ, 被溶接物を治具上に固定し, 大型, 大容量の溶接機を移動しながら, 1点ずつ打点するというやり方が一般であった。最近このような従来のパターンを脱却する試みが行なわれるようになってい

表3 機動式抵抗スポット溶接機主要諸元

項 目	名 称	3 号 機	4 号 機	5 号 機	6 号 機	7 号 機
製 作 所		大 阪 電 気	大 阪 電 気	三 菱 電 機	三 菱 電 機	三 菱 電 機
型 式		SL-ASP	SL-ASP	WT-250-SB	WT-400-SB	WT-300-SB
容量(50%使用率)		270kVA	450kVA	250kVA	400kVA	300kVA
“ (最大入力)		700kVA	800kVA	2,000kVA	3,000kVA	2,500kVA
一次電圧(無負荷)		440V	440V	400V	440V	440V
“ (負 荷)		360V	360V	380V	380V	380V
相 数		単 相	単 相	3 相	3 相	3 相
二 次 短 絡 電 流		25,000~7,000A	30,000~15,000A	最大 150,000A	最大 150,000A	最大 150,000A
フ ト コ ロ 径		1,500mm	1,500mm	1,650mm	2,200mm	1,650mm
フ ト コ ロ 間 隔		500mm	500mm	600mm	800mm	750mm
設 置 年 度		昭 和 31 年	昭 和 34 年	昭 和 34 年	昭 和 41 年	昭 和 44 年

る²⁾。すなわち1つは東急車両製造K.K.でロサンゼルス市電の車体の製作に際して実用化された、2点を同時に打点するというマルチスポット溶接機であり、もう1つは日本車両製造K.K.で開発された被溶接物の受台車をX軸方向(左右方向)に走行させ、溶接機本体はY軸方向(前後方向)、Z軸方向(電極支持部の上下)およびθ軸方向(電極アーム部の回転)の3方向に移動させる方式である。さらにすべての軸の移動は数値制御化されている(写真2参照)。

写真2 NC装置付抵抗スポット溶接機
(日本車両)

これらの新構想による溶接機は、いずれも実際の車両に対して実用され、成果を納めたものであり、今後の鉄道車両用の抵抗スポット溶接機の進むべき方向を示すものといえよう。

3. 品質保証の現状

抵抗スポット溶接部の品質は通常のアーク溶接と異なり、溶接機の性能に大きく依存することはいうまでもない。また多数の溶接点を溶接後非破壊検査することも事実上困難であるため、抵抗スポット溶接部の品質保証の第1は溶接機の性能のレベルアップとその維持であり、次いで各溶接部毎の打点条件の慎重な選定とその確認であるといえる。具体的には関連技術の進歩発展を取り入れ、常に溶接機の性能の向上に努めると同時に、実際の作業においては定められた溶接機の整備点検基準、並びに作業基準を遵守することである。

すなわち現在の車両業界においては、後述するように一部で打点時の諸条件をフォローすることが行なわれている他は、溶接機の性能の維持に努め、作業基準通り、あるいは予め選定した溶接条件通り打点を行なうことにより、品質を保証しようとする方法によっている。いいかえると周辺条件を可能な限り一定に保ち、それを日常試験により確認しつつ作業を進めるということである。

以下、本項では最近の新しい溶接機に組み込まれている品質保証上の諸機構、並びに作業基準のあらましの紹介を行ないたい。

3.1 品質保証上の諸機構

(1) 数値制御装置による自動定ピッチ送り機構と定ピッチインチング機構

一般に車両構体の抵抗スポット溶接は定ピッチで打点することが多い。一例を軽合金車両の場合について見ると図1に示すように、側構の外板と骨組の接合部分は

図1 抵抗スポット溶接の標準ピッチ

75 mm、窓隅部、出入口付近などの強度のかかる部分は50 mm、屋根構の屋根板と骨組の接合には100 mmが用いられる。この溶接ピッチの誤差は、特に軽合金車両の場合は外板が無塗装のまま使用される関係上、できるだけ少ないことが望ましい。従来の機動式抵抗スポット溶接機ではCRタイマーによって電磁開閉器または電磁クラッチの動作時間を決め、誘導電動機を動かすことにより、この定ピッチ送りの移動距離を定めていた。この方式では長時間使用するうちに電氣的、機械的な原因により、誤差が大きくなるという欠点とともに溶接機重量の増加につれ、精度上の問題がでてくるため、数値制御方式による定ピッチ送り機構が開発され、採用されるようになっていく。すなわち表3の6号機に採用されている

方式を例にとりて説明すると、図2に示すブロック図のように送り距離をプリセットカウンタにあらかじめ

図2 数値制御ブロック図

記憶させ、写真3に示す移動距離検出器によって距離を検出し、停止位置の35 mm手前より、送り速度の約1/3の速度に減速し、さらに停止位置の直前でブレーキ装置

写真3 移動距離検出器

を動作させ、停止位置検出と同時に電動機停止信号を出して、ピッチ送りを完了するシステムである。さらにこの溶接機では上記のピッチ送りを完了した後、溶接作業を行ない、終了後次の溶接点へ定ピッチだけ移動するといった一連の動作をまったく自動的に行なわせることができる。この溶接機での定ピッチ送りの設定距離は第1、第2台車とも50 mm から100 mm まで5 mm 単位に選定できるようになっており、その精度は設定距離に無関係に1 mm 以内に押えることが可能である。

また実際の作業においては溶接位置を設定距離よりいくぶんずらす場合もでてくるので、この場合のために定ピッチインテング装置が設けられている。この装置は従来の溶接機では作業者の感によりインテング距離を定めていたのをインテング指令によりあらかじめ設定された距離だけインテングさせることができるようにしたものである。設定距離は3、4、5 mm の3種類を選ぶことができ、その精度も定ピッチ送りの場合と同様の方法により1 mm 以内に押えることができる。

以上のような方式をさらに発展させ、治具（被溶接物受台）を含めた溶接機全体を数値制御することも実用化されている。写真2で紹介した溶接機もこの例である。

また写真4は貨車量産工場で稼働中の溶接機で、1台のNC制御装置により、2台のコンデンサー式抵抗スポット溶接機を動かしている例である。

写真4 NC装置付抵抗スポット溶接機
(川崎重工)

(2) 電極自動做装置

被溶接物に対して電極を常に垂直に保つことは、スポ

ット溶接部の強度のバラツキを押え、圧こん深さを浅くするためにきわめて重要なことである。従来の溶接機では作業者の手によって適宜、溶接機本体を上下、あるいは溶接ヘッドを仰伏させることにより、被溶接物と電極との垂直性を保持しなければならなかった。このことは

図3 961形新幹線試験電車側構

図4 電極自動做装置のブロック図

の向上をはかっている。この装置は図4のブロック図に示すように被溶接物の高さ、および角度を検出するトレーサーヘッドを（写真5参照）ごく軽く接触させ、その検出力により差動増巾器を介して溶接機本体上下軸、および溶接ヘッドの仰伏軸を自動的に調整し、常に電極を被溶接物に垂直に保持するものである。またトレーサーヘッドの被溶接物との接触部はテフロン製のフリーアクションベアリングを使用しているため、アルミニウム合金のような軟かい材質のものに対しても傷をつける恐れはない。この装置の採用により、図3に示したような彎曲部分も安定した、しかも圧こんの少ない溶接部を得ることが可能となっている。

写真5 トレーサーヘッド

(3) 工業用テレビカメラによる打点状況の監視

機動式抵抗スポット溶接機はオペレーターが溶接機に乗って操作する方式となっているため、打点位置、特に被溶接物裏面の監視が不可能である。このため打点位置

の確認とチリの発生など打点状況の監視を目的として、写真6に示すごとく工業用テレビカメラを設備することが行なわれるようになっていく。

写真6 工業用テレビカメラ

3.2 作業基準について

抵抗スポット溶接用の作業基準としては、従来から JIS Z3611「点溶接作業標準（軟鋼）」並びに JIS Z3612「点溶接作業標準（軽合金）」が定められており、鉄道車両の製作においてもこれらの標準を用いてきた。しかしこれらの標準、特に JIS Z3612 はもともと米軍規格を下敷としており、その適用材質、板厚範囲、溶接品質に対する要求度など車両工業と大きく異なり、不都合な点が多い。このため日本溶接協会車両部会内に設けられた点溶接委員会が鉄道車両用の点溶接作業標準の検討が行なわれ、一応の成案を得ている。現在のところ JRS 規格として（日本国有鉄道規格）正式制定の運びとなっていないが、筆者らの工場では車両製作時にこれらの規格を適用している。本項では抵抗スポット溶接の難かしいとされている軽合金車両の抵抗スポット溶接作業標準のあらましについて紹介したい。

(1) 適用材質

軽合金車両に主としている 5000 シリーズ、(Al-Mg 系)、6000 シリーズ (Al-Mg-Si 系) の合金、および 7N01 材 (Al-Zn-Mg 系) を対象としている。

(2) 電極チップ

抵抗スポット溶接部の強度および外観は電極チップの材質、先端形状、寸法、冷却水の状態などによって大きく影響される。本規格では電極チップの先端径として $5\sqrt{T}$ (T は薄板側板厚) 以上と定め、先端の曲率半径については平行または 200 R 以上の電極の使用をすすめている。また冷却水管の先端は冷却効果の点から斜めに切り、チップの冷却穴の先端近く (15 mm 以下が望ましい) までその入することとし、その冷却水量については出入口の温度差を 10°C 以下に保つことで規制している。

(3) 被溶接物

被溶接物の組合せ板厚の異なる場合の組合せ全板厚は

外側の薄板側の板厚の 4 倍以内と制限している。また被溶接物の溶接前処理は溶接品質に影響を及ぼす重要なファクターである。化学的または機械的な方法で表面の酸化被膜を入念に除去することが決められている。

(4) 溶接部の等級および溶接機の級別

先に述べたように抵抗スポット溶接部の品質に最も大きく影響するのは溶接機の性能である。従って溶接部の部位別重要度に応じて適用する溶接機の性能をクラス分けすることは、抵抗スポット溶接部の品質保証の根本的な考え方である。本規格の場合は表4に示す通り具体的に定められている。

表4 溶接の級別適用範囲および適用溶接機

項目 級別	適用範囲	適用溶接機
A 級	1. 側構骨組の主要部分（柱および長手方向部材など）と外板の取付 2. 妻構骨組の主要部分（柱および横手方向部材など）と外板の取付 3. 外板と外板の取付 4. その他付指定された部分	A 級
B 級	1. 屋根骨組の主要部分（たる木、縦桁など）と屋根板との取付 2. 引戸、開戸類 3. 仕切類 4. 床板 5. 外板と外板補強との取付 6. 通風器 7. 車体外板取付品（上屋根、スカートなど） 8. その他比較的重要な部分	A 級および B 級
C 級	1. 電気装置のケース、泥よけ、防熱板など 2. 各種裏地類の取付 3. その他 A 級、B 級を除く一般部品	A 級、B 級および C 級

(5) 最小ふち距離および最小溶接ピッチ

実際の溶接作業にあたってはふち距離が小さすぎると板の剛性が少なくなって電極加圧力に耐えられないので溶接時に変形を生じ、ちりが発生すると同時に継手強さも低下する。また溶接ピッチが小さいほど、すでに完成された点を通る短絡電流が多くなり、第1点目に比べ、第2点目以降の強さが低下する。上述のような理由により、常に安定した溶接部の品質を保つためには最小のふち距離および溶接ピッチを定める必要がある。本規格では表5のように定め、設計時、施工時の規制を行なっている。

表5 最小ふち距離と最小溶接ピッチ（単位 mm）

呼び板厚	最小ふち距離 (E)	最小溶接ピッチ (P)
1.0	10	30
1.5	12	40
2.0	14	40
2.5	16	50
3.0	18	50

表 6 試験材の作成方法および試験片の種類

試験の種類	等級	試験材の作成方法		試験片の種類と個数		
		溶接方法	打点数	外観試験	引張せん断試験	断面試験
溶接機の級別試験	A 級	溶接条件を変えない	58	58	50	8
	B 級	同一試験材で10点	55	55	50	5
	C 級	以上連続溶接する	25	5	20	5
溶接条件の選定試験	A 級	同上	25	25	20	5
	B 級		15	15	10	5
	C 級		5	5	3	2

表 7 外部欠陥の許容率 (単位 %)

欠陥の種類	欠陥の状態	許容率		
		A 級	B 級	C 級
われ ビ ッ ト	表面まで現われたもの	0	0	0
	直径 1.5 mm をこえるもの	0	0	0
	直径 1.5 mm 以下のもの	2	5	10
板の浮上り	薄板側の板厚の10%または 0.1 mm 以上のもの	5	10	15
表 ち り		5	10	15
中 ち り	外部に現われたもの	5	10	15
過大なくぼみ	深さが板厚の10%または 0.15 mm をこえるもの	5	15	20

(備考) 許容率は外部欠陥を生じた溶接点数と全溶接点数との百分比で示す。

表 8 引張せん断試験の最小値および最小平均値 (Kg/点)

呼び板厚 (mm)	母材の引張強さ 20kg/mm ² 以上		母材の引張強さ 20kg/mm ² 未満	
	最小値	最小平均値	最小値	最小平均値
1.0	140 (7.1)	170 (8.7)	130 (6.6)	165 (8.4)
1.5	250 (8.6)	315 (10.7)	235 (8.0)	290 (9.9)
2.0	380 (9.7)	475 (12.1)	340 (8.7)	425 (10.8)
2.5	520 (10.6)	650 (13.4)	420 (8.5)	530 (10.8)
3.0	670 (11.4)	835 (14.2)	465 (7.9)	580 (9.9)

備考 1) 母材の引張強さはその規格の最小値によること
 2) 熱処理“0”状態の母材では最大引張強さによる
 3) () 内はナゲット断面積当りの荷重を表わす (kg/mm²)
 (但し、ナゲット径を $5\sqrt{T}$ とした場合)

(6) 溶接機の級別試験

(i) 試験片の作成数および種類

JIS Z3612 では溶接機の級別試験の試験片数は各級とも105個とし、100個は引張せん断試験を行ない、5個は断面マクロ試験を行なうよう規定しており、さらにA級溶接機では全数放射線試験を課している。本規格では最近の溶接機の信頼性の向上に鑑み、試験片数と試験の種類を表6のように定め、放射線試験を省略している。

(ii) 外観試験

外部欠陥の許容率は表7に示すように定められている。表中の過大なくぼみ(圧こん深さ)については軽合金車両の場合、組合せ板厚比の大きい溶接、合金元素量の異なる異種材の溶接(例えば5005と6061など)が多く現われるため、必ずしも容易に満足し得る規格値ではない。

(iii) 引張せん断荷重および均一さ

引張せん断荷重については表8のように定められている。またその均一さはA、B級溶接とも50個のうち40個が平均値の $\pm 12.5\%$ 以内、残り10個が平均値の $\pm 25.0\%$ 以内と定め、C級溶接については規制を設けていない。

(iv) 断面マクロ試験

ナゲット径については一律 $5\sqrt{T}$ (T は薄板側板厚) 以上とし、溶込み率については各級によらず20~80%と

定められている。また内部欠陥については図5のように欠陥の存在してはならない領域を定めるとともに、欠陥の存在が許容される領域での許容率は欠陥の長さの総和がナゲット径の10%以内(A級)、

class	degree of permission
A	$\sum d_i \leq 0.1D$
B	$\sum d_i \leq 0.15D$
C	$\sum d_i \leq 0.25D$

図 5 内部欠陥の許容率

15%以内(B級)、25%以内(C級)、とそれぞれの級に応じて定められている。

(7) 溶接条件の選定試験

試験片の作成数、およびその種類は表6に合せて示した通りであり、引張せん断試験、外観試験、断面マクロ試験はそれぞれ溶接機の級別試験に準じて行なうことになっている。

(8) 日常管理のための試験

常に良好なスポット溶接部の品質を得るためには、日常の管理がきわめて重要である。本規格ではA級溶接の場合1日2回以上、B級溶接の場合1日1回以上、3点連続試験材を作成し、溶接機の作動状態、選定した溶接条件の確認などを行なわねばならないと決められている。試験方法としては引張試験、断面マクロ試験のいずれでも良いが、その判定基準は溶接機の級別試験、あるいは溶接条件の選定試験、準じて行なうことになっている。ただし引張せん断試験のバラツキは35%以内と定められている。

(9) その他

軽合金車両の場合は外観がきわめて重要視されるため、ピッチの不揃い、溶接線の通りについて規定が設けられている。すなわちピッチの不揃いは定められた寸法に対して $\pm 10\%$ 以内、溶接線の通りは1mについて1D(Dはくぼみ直径)以下と定められている。

4. おわりに—品質保証の新しい試み—

3項で説明したように車両業界における抵抗スポット溶接部の品質保証の現状は一言でいえば消極的な方法に頼っているといわざるを得ない。すなわち日常試験で確認した時の条件がすべて実際の打点について再現されているという前提に立って品質保証を行なっているもので、不測の変動によりその前提条件が満たされない場合は、品質は保証されないという危険をはらんでいる。またテストピースと実際の構造物とのギャップをどう考えるかも明確にされていない。このような不都合な点をカバーするため、先に写真2で紹介した新しい溶接機には実際の打点時の溶接条件を監視する装置(モニタリング装置)が運転操作室内に設置されている。

このモニタリング装置は図6に示す各位置でチップ間電圧、板間電圧、2次端子電圧、2次端子整形電圧を測

図 6 モニタリング説明図

定すると同時に、トロイダルコイルを用いて溶接電流を、ひずみゲージを用いて加圧力をそれぞれ測定し、自動的にチャートに記録させる方式である。このチャートを予め選定しておいた標準波形と対比することにより、実際の打点条件が管理限界内におさまっているかどうかを確認し、必要であれば打点条件に修正を加えることが可能となっている。

またこの溶接機では上記のモニタリング装置と3.2項で説明したテストピースによる日常管理を併用して作業を行ない、品質保証上大きな効果を上げていると報告されている。

車両構体の組み立てにおいては歪軽減の見地から抵抗スポット溶接の比重は今後ますます増加する傾向にあり、加えて新幹線車両のような苛酷な使用条件にされている車両がアルミニウム合金化されようとしている事情もあり、抵抗スポット溶接部の品質保証はより一層重要な問題となって来ている。従ってこれまでのような消極的な方法に満足せず、上述のような新しい試みを手がかりとして、より積極的な方法を開発し、実用化して行くことが車両メーカーに課された課題であるといえよう。

参 考 文 献

- 1) 塔本, 阪口: アルミニウム合金製車両について. 本誌, 40—6 (1971)
- 2) 溶接学会編集委員会: 日本における溶接の展望 IV—4 鉄道車両. 本誌, 44—5 (1975)
- 3) 日本車両: 車両用NC装置付抵抗スポット溶接機の概要. 車両部会SA委員会資料 SA-101 (1975-1)