4-9

溶接・接合技術の適用(自動車)*

近藤 正恒**

Applications of Welding and Jointing Technology (Automobile)*

by KONDO Masatsune**

キーワード 自動車, ボデー, 組立, 抵抗スポット溶接, アーク溶接, レーザ溶接, FSW

1. わが国の自動車産業の現状

世界の自動車生産は2008年9月のリーマンショックを契機とする金融危機と世界同時不況により大幅に減少した。日米欧の先進国の新車販売台数は一時急激に落ち込んだが、その後のスクラップインセンティブなど各国の需要刺激策により2010年には回復傾向になったもののその世界的シェアは縮小しつつある。一方新興国では、販売需要の回復は早く市場規模は急速に拡大している。図1に主要生産国の自動車生産台数の最近10年間の推移を日本自動車工業会資料から示すが、日本の国内生産は07年のピーク1160万台から09年793万台と減少した。また海外での日本メーカーの生産台数は07年に1186万台で国内生産を上回り、

今後も現地生産化拡大の傾向は変わらないものと思われる。09年の国別生産台数を図2に示すが、世界で約6000万台の生産の内上位4カ国で50%以上を占め、中国、日本、アメリカ、ドイツの順番で生産台数が多い。特に中国の生産が急速に拡大し、06年以来アメリカに代わり世界で最大の自動車生産国であった日本を09年初めて大幅に上回り、様変わりの様相を呈している。

こういった状況変化とあい俟って、地球環境保護の観点から地球温暖化の原因とされるCO₂排出量を抑制するため、自動車燃費改善の動きや化石燃料依存度低減に向けた取り組みが自動車産業の大きな課題となっている。新しい動力源としてHV車やEV車の生産が増加しつつあり、部品メーカーや素材メーカーまで含めた産業構造の変革が今後起こっていくものと思われる。これに伴い自動車の生産工

図1 主要自動車生産国の自動車生産台数

*原稿受付 平成22年9月13日

**正員 トヨタ自動車株 Member, Toyota Motor Corporation

程も変わるが本項では従来の内燃機関を動力源とした自動車、特に乗用車の生産工程を紹介することにし、HV、EV、燃料電池車等については次回に譲ることとする。

図2 2009年国別自動車生産割合

2. 自動車に要求される性能と構成部材

乗用車の外観とボデー構造の典型例を図3に示す²⁾。現在のボデー構造の主流はユニットボデーと呼ばれる単体

図3 自動車ボデー構造

特性 部 類	板 厚 決 定 要 因					部 品 例
	張り剛性	耐デント性	部材剛性	耐久強度	大変形 衝撃強度	
外板	◎	○		△	○	フードアウター ドアアウター トランクリッドアウター
内板	◎	△	○	○	○	フロア ダッシュ フッドリッジ
部 造 部 材 (注1)	A		◎			ボデーサイドメンバー クロスメンバー カウルボックス
	B			○		サイドメンバー デフマウントメンバー
	C				○	ドアガードバー サイドメンバー レインフォースシートベルト
基 礎 式 (注2)	$S \propto E \cdot t^3$ $P_b \propto E \cdot t^3$ $f_p \propto t \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	$P_d \propto \sigma_{ys} \cdot t^2$ $E_d \propto \frac{\sigma_{ys}^2 \cdot t^4}{S}$	$K_b \propto E \cdot t$ $f_b \propto \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	$\sigma_d \propto \sigma_{TS}$	$P_c \propto t^{1.85} \cdot \sigma_{ys}^{0.8375}$	

(注1) A : 主として剛性に支配される構造部材
B : 主として耐久性に支配される構造部材
C : 主として強度に支配される構造部材

(注2) S : 張り剛性
E : 縦弾性係数
t : 板厚
m : パネル形状による定数 (1 ~ 3)
P_b : 飛移座屈荷重
f_p : パネルの固有振動数
ρ : 密度
P_d : 耐デント性 (荷重)

☒ : 高強度鋼板が特に有効と考えられる特性
◎ : この特性により支配される対象部品 多
○ : " 中
△ : " 少
σ_{ys} : 完成部品の降伏強さ
E_d : 耐デント性 (エネルギー)
K_b : 部材の曲げ剛性
f_b : 部材の固有振動数
σ_d : 耐久強度
σ_{TS} : 引張強さ
P_c : 静的圧壊荷重

図4 ボデー各部位の板厚を決定する材料定数

構造で、詳細は自動車工学便覧を参照願いたい³⁾。基本構造は1900年代半ばから大きく変わっておらず、約300～350点の薄板プレス部品を約3500～5000点の抵抗スポット溶接でボデーに組み立てている。機能としては、車室空間を形造る剛性と強度を確保するとともに、薄板構造での長期の耐久性を確保する防錆性能が必要で、これらの性能と燃費向上の為の軽量化を目指した薄板化とを両立させる設計が要求されている。

自動車ボデーの防錆性能を確保する為、1960年代から北米で始まった冬季の道路への融雪塩散布に対して亜鉛めっき系防錆鋼板が世界の主要な自動車でボデー鋼板として使われている。亜鉛めっき系鋼板として、日本では合金化溶融亜鉛めっき鋼板が溶接性の良い鋼板として独自に開発されたが、合金化溶融亜鉛めっき鋼板であっても裸鋼板に比較すれば抵抗スポット溶接で連続的に溶接出来る打点数が少ない。これに関しては2008年11月に発行された「薄鋼板及びアルミニウム合金板の抵抗スポット溶接」⁴⁾の詳述を参照願いたい⁵⁾が、近年のボデー溶接工程での継続的な開発課題となっている。一方軽量化に関しては軟鋼板から高張力鋼板に変更することによる薄板化、鋼板に替わる軽量代替材料としてのアルミニウム合金板の採用が進みつつある。ここで、自動車ボデーの各部位の板厚決定要因を図4に示す⁶⁾。各部位ごとに必要な特性が異なる為、それに合わせた材料選択が肝要である。各社が共通的に外板にアルミニウム合金板を採用し、ドアガードバー等に高張力鋼板を採用する理由は各部位ごとの必要特性に適した材料選択にあることが理解できる。すなわち、材料を適材適所に使い分けるマルチマテリアルのハイブリッド構造が、これまで鋼板のみで主に作られてきたボデーにおいて必要となっている。

3. 自動車に使われる材料と接合技術

図5に自動車全体の材料構成を重量比で60年代からの推移として示す⁶⁾。従来は圧倒的に鉄系材料の使用割合が多く約75%を占めていたが、現在ではアルミニウム合金を中心とした非鉄と樹脂部品の比率が'03年のトヨタクラウンでみると、重量全体の26%に占めるまでに高まっている。割合は車種によって異なり、铸铁製のエンジンプロックで出来たエンジンを搭載する小型車のヴィッツでは車全体が軽量であることもあり、現時点でも鉄系の比率が高い。この図は重量比である為、軽量材の採用が変化量としては少なく見えるが、近年では多くの部品が鉄系材料から軽量材料である非鉄、樹脂へ変更され、軽量化が着実に進んでいる。前項で述べたように、自動車の各部位に必要な特性が異なるため、今後は各部位ごとに最適な材料の採用が設計的に要求される。しかし、自動車という製品の構成部材としては出来るだけ一体部材の方が最終的に組立て易いことから、一体化の為にそれぞれの材料を繋ぐ、溶接・接合技術が重要になる。材料技術は日々進化しており、マグネシウム合金、CFRP等の軽量材料だけでなく、多様な材料が今後のHV、EV、燃料電池自動車には使われると考えられており、それらを使いこなす接合組付け技術の開発が最重要課題として注目されている。

図5 自動車材料構成比の推移

4. 自動車ボデー組付け工程概要

自動車ボデーの組付け工程概要を図6に示す⁷⁾。大きく分けてエンジン、駆動系、シャシ部品を取り付けるベースとなるアンダーボデー、車室の両側となるサイドメンバーを組み合わせて骨格のメインボデーを組み立て、それらにシェル部品と呼ばれるドア、フード、ラゲージ等の外板蓋物部品をボルトで組み付けることにより塗装前のホワイトボデーとなる。まず数十点のプレス部品を集めさせ、小サブアッセンブリーと呼ばれる、例えばエンジンコンパートメント、フロントフロア、リヤフロア等のパーツ部品を作る。これらの小サブアッセンブリーはメインラインとは離れた場所又は外注部品メーカーで生産されることが多い。これらの小サブアッセンブリーをメインラインの近くに運搬し、メインラインへ投入する単位部品、例えばサイドメンバーファイナル、アンダーボデーファイナル部品を作る。最後にロボットを多数台配置した連続的に搬送されるメインボデーファイナルに投入し、多数の抵抗スポット溶接を実施し、剛性と強度を兼ね備えたボデーを完成させる。

このようなボデーの製造工程はボデー製造メーカー各社で夫々特徴があり、海外メーカーでは連続的にボデーを搬送するライン方式ではなく、AGV台車に乗せたボデーを並列式のステーションに搬入して組付ける図7に示すロボゲート方式も取られている。ここで、日本でのボデー組付け方式の変遷を概略紹介する。

まだ多くの生産を人手に頼っていた1960年代では、図8に示すように各ステーションで、人が治具内にプレス品をセットし、手でポータブル式溶接ガンを操作し抵抗スポット溶接によるボデー組付けを実施していた。当時の工場の様子を図9に示す。このステーションナリ方式の生産性を向上させる為、1970年代にループ状にライン化を図ったものが図10に示すループ方式で、治具台車を車種ごとに造ることにより、いろいろな車種をひとつのラインに投入できる、多車種混流生産を可能にした。これを発展させ大規模な生産ラインとしたものがゲートトラック方式で1970年代後半には1分タクトで多車種の生産に対応するこの方

図6 ボデー組付工程

図7 ロボゲート方式

図8 ステーションナリ手動溶接方式

図10 ループ方式

図9 1960年代のボデー工程

図11 マシンバック方式

図12 FBL方式

式の生産ラインが各社で構築された。しかし、この方式はトラック台車とゲートの組合せが1車種で多数出来てしまうことから、1車種でのボデー組付け精度のばらつきが発生しやすい。そこで1車種の組付けは単一治具で実施するようにし、ボデー精度の安定化を図った図11⁹⁾に示すマシンバック方式に1980年代に移行した。マシンバック方式は1車種ごとに専用組付け治具があることから精度確保は容易であるが、多車種を一つの治具で組付けることは困難で、ラインの多車種対応とボデー組付け精度の確保を両立させる方式が必要となった。この要望に答える方式として、トヨタでは1985年に図12に示すFBL (Flexible Body Line) 方式を開発し、多車種を生産出来る汎用ラインとして世界中の工場に設置した⁹⁾。現在ではこのFBL方式の発展形として、車種ごとに必要な搬送パレット、治具を簡略化したGBL (Global Body Line) 方式がボデー組付け方式としてトヨタでは一般的に使われている。

5. ボデー組付け工程に主に採用されている接合技術

1) 抵抗スポット溶接

プレス部品をボデーとして一体化する組付け技術には、生産コストが安価なことから主に抵抗スポット溶接が使われることが多い。通常の自動車ボデー溶接ラインでは、図13に示すポータブル式の溶接機が使われる。溶接機の電源としては図14のような各種方式があるが、最近では図15

に示すインバータ方式が日本では採用されている⁹⁾。従来の図13に示したガン・トランス分離型の交流通電方式では、工場送電の高電圧から架台に取り付けた交流トランスで溶接電圧に降圧し、ロボットに搭載した溶接ガンとの間を二次ケーブルで連結する。この際トランス二次側は大電流通電の為、必要なケーブル径が大きくなり、ロボットの動きがこのケーブルで制約され且つその動きからケーブルが破断する不具合が多かった。それに対しインバータ方式は一次側で直流化した後高周波交流に変換する為降圧トランスを小型化出来、溶接ガンと一体化しロボットに搭載が可能である。この方式では電源とトランス付き溶接ガンを繋ぐ一次ケーブルが低電流であることにより細く出来る為、ケーブル切断不具合が無くなるメリットからロボット溶接工程で急速に普及した。本方式は二次側で再度整流し、溶接ガンのふところ深さで決まる交流回路でのインダクタンスに左右されない直流で溶接されることが多い。直流溶接では溶接電極が連続溶接打点に伴い+側では凸状に-側では凹状に変形することが知られているが、実用上は電極変形が連続溶接性に及ぼす影響は少なく、従来の交流溶接とほぼ同等である⁹⁾。

溶接設備での最近のもうひとつの大きな変化は溶接ガンの加圧方式の電動化である。従来抵抗スポット溶接の電極加圧には空圧又は油圧が使われてきた。これを図16に示すようにACサーボモータの電動加圧式に置き換える溶接ガンが1995年頃から導入された。本方式の詳細は参考文献^{9),10)}を参照願いたい。図17に示すようにロボットと溶接

図13 抵抗スポット溶接機の構成

構成方法		定置形	ポータブル形		スタッド形
			分離形	一体形	
交流式	単相交流式	○	○	○	△
	三相低周波式	○	×	×	×
直流式	単相整流式	○	○	×	○
	三相整流式	○	×	×	△
	インバータ式	○	○	○	○
コンデンサ式		○	×	×	×

○：好ましい組合せ
△：好ましくないが、可能な組合せ
×：好ましくない組合せ

図14 装置構成と電源方式の組み合わせ

図15 インバータ溶接機の設備概要

ガンの協調制御によりロボットの移動中に溶接ガンの開放ストロークを任意に保ち、ロボットが打点位置に来た時に直ぐに溶接動作に入れることから一定時間内にスポッ

ト溶接出来る打点数を増加出来る。生産性を極限に高めた量産ラインには必須技術になっている。

最近では溶接現象のシミュレーション技術の進歩により、抵抗スポット溶接の発熱や、継手近傍の変形を予測することが可能になった。1961年にGreenwoodによって始まった抵抗スポット溶接のシミュレーション技術は今日では例えばSwantec社のソフトウェアSorpasとして市販されている。しかし、単に熔融部径（ナゲット径）を推定出来るだけでは実用上の効果は少なく、実際の溶接現場での品質モニタリング、溶接条件のアダプティブコントロールに応用出来ることが重要である。連続溶接中の電極先端形状の変化、すなわち通電径を溶接中のモニタリングデータからナゲット径のシミュレーションに組み込むハイブリッドシミュレーション技術の実用化に期待したい¹⁰⁾。

抵抗スポット溶接の品質モニタリング技術の実用度が低い現状から、出荷品質の最終検査法として従来からの図18に示すがねチェックが使われている⁹⁾。しかし、高張力鋼板をたがねチェックすると、それにより母板へのきれつを誘発する危険性が指摘され、前述したようにボデーに高

図16 電動加圧式ガンの構造と制御

図17 空圧加圧式と電動加圧式ガンの動作比較

図18 たがね破壊チェック

No.	スポット品質検査方法	検査内容概要		品質判別信頼性
		特徴	図示	
1	目視	スポット打痕焼け具合より、ナゲット径の大きさを判断する。		×
2	タガネハナレチェック(破壊)	打点近傍にタガネを打ち込み、ハナレの有無またはナゲット径の大きさを測定する。		○
3	ナゲット断面チェック	特に正確なナゲット径、ナゲット内性状(ブローホール、バクヒ等)を知る目的で打点中心線より細片カッティング切出し後、樹脂埋込み→研磨→エッチング実施。		◎
4	非破壊検査法(超音波探傷)	ボデー(含む部品)を全く傷つけることなくナゲット径の大きさを判別する。		△

図19 スポット溶接品質の検査方法

図20 電極チップドレッサーの例

張力鋼板の採用が拡大しつつある背景から、図19に示した超音波探傷法に代表される非破壊検査法の採用が検討されている⁴⁾。大量の溶接打点を短時間に確実に検査する実用化技術の確立が望まれている。

ボデーの防錆性能向上の為に亜鉛めっき鋼板が採用されて以来、被溶接材めっき亜鉛と抵抗スポット溶接の電極主成分の銅が合金化し、電極が変形することにより先端径が拡大し、一定電流で連続的に溶接出来る打点数は大幅に減少した¹²⁾。これに対し亜鉛と合金化し難い電極材料や電極表面処理等いろいろな工夫が従来から試されてきたが、コストに見合う方策は未だ見つかっていない。最近では変形する電極を初期の形状に戻す方策の検討が逆に進み、図20に示すような電極チップドレッサーを設置する工程が増加している。この装置はロボットが一周期の仕事を終了し、原点位置に戻った時に上下の変形した電極を初期形状化する。これにより電極先端形状を常に一定に保ち、連続打点に伴う電極先端径の拡大に連動した溶接電流値のステップアップ等の電流値を増加させる制御を省略することが出来つつある。

2) レーザ溶接

自動車生産へのレーザ溶接の適用はCO₂レーザの黎明期である1980年代に電子ビーム溶接に替わってミッションギヤに適用されたものが最初と思われる。その後1985年にトヨタがプレス加工前の素材結合/テラードブランク工法に採用した。図21に実用化したボデーサイドパネルアウト用結合素材を示す¹³⁾。1990年代に入ると設備維持管理がガスレーザに比べて容易な固体YAGレーザの大出力化が進み、光ファイバーによる伝送方式と合わせてロボットに出射光学系を搭載したシステムとしてボデー溶接ラインに導入された。1996年にVolkswagenがルーフとサイドパネルのシーム溶接に実用化し、1994年にはOpelがトランクリッドの溶接と切断に採用した。またアルミニウム合金板製ボデーにも全長で30mのレーザ溶接がAudiA4で採用されている。現在VolkswagenのTouranとGolf Vでは車体当り全長70mのレーザ溶接が適用されている¹⁴⁾。レーザ溶接はスポット溶接に比較して溶接継手に必要なフランジ長さが短く出来、またスポット溶接に

図21 サイドパネルアウト用結合素材

図22 溶接継手突合せギャップ量の限界

比較して連続溶接のメリットもある。しかし日本では初期投資額が高いこと、プレスパネルの隙間管理が厳しいことから、まだ適用車種が限られている。図22に示す例では、溶接速度が4 m/minの場合溶接部板厚比を80%以上確保するには突合せ隙間量は0.15 mm以下が必要となる¹³⁾。特に適用拡大を阻害している隙間に対する良品条件範囲を広げる為に、アーク溶接とのハイブリッド溶接化の工夫やレーザーブレイジングの検討も進められている。今後抵抗スポット溶接の生産コストを下回り適用部位を拡大する為に、より安価で小規模設備であるファイバーレーザや、遠距離からレーザをスキャン照射し、すばやく溶接点を移動出来る為生産性の高い、リモートレーザの採用¹⁵⁾が検討され拡大していくものと思われる。

3) 摩擦攪拌接合 (FSW)

摩擦攪拌接合は英国のTWIによって1991年に特許出願された比較的新しい接合法である。自動車部品への日本での適用は2001年にアルミニウム合金製サスペンションアームへ採用されたことが報告されている。ボデー部品に対しては2008年に燃料電池自動車のアルミニウム合金製サブフレームへの採用が報告されているが、これらの適用例の連続接合に対し、自動車では点接合 (FSSW) としてアルミニウム合金板のドア他外板蓋物部品に採用されることが多い。図23にFSSWの工程説明図、図24にその溶接部断面を示す¹⁶⁾。2004年にマツダのRX-8リヤドアへの採用例が報告されているが、外板へのアルミニウム合金板の採用拡大に伴い、日本では自動車各社が標準工法として採用するに至った。最近ではボデーシェル部品のラゲージで鋼製ボルトとアルミニウム合金板の異材接合に採用されるなどアルミニウム合金板を対象にした、品質安定性の高

図23 フリクションスポット溶接の工程

図24 フリクションスポット溶接部断面

い接合法として普及が進んでいる¹⁷⁾。本技術は摩擦攪拌ツールの耐久性が課題であり、銅板への FSSW の適用拡大に向けて、この課題の解決が期待されている。

6. ユニット部品組立工程に主に採用されている接合技術

自動車の構成部材としてボデーの他に図25に示す主要な部材がプレス部品を溶接して組立てられ、完成車組立てラインへユニット単位で組付けられる部品として供給されている。これらのユニット部品に使われる溶接技術と生産工程を代表的な部品で紹介する。

1) アーク溶接

自動車の骨格部品でエンジンや駆動系部品を搭載するフレーム、タイヤが取り付けられるリアアクスルや振動を吸収するサスペンション部品はボデーと同様、板プレス品を溶接で一体化組付け、製品とする構造が取られる場合が多い。しかし使われる板厚がボデーに比べ厚く、高い剛性強度も必要な為、ボデーで多用される抵抗スポット溶接ではなく連続溶接のアーク溶接を採用することが通常である。構造の例として図26にレックス系リヤサスペンションメンバーを示すが、パイプと板プレス品の組付けで、部品点数45点、アーク溶接長さ約 8.1 m である。板厚が 3 mm 以下の場合は防錆能力の高い亜鉛めっき鋼板、それ以上は裸鋼板が使われる場合が多く、ベース鋼板には高張力鋼板が主に採用されている。

適用されるアーク溶接法として旧来は造船・建築等厚板部品と同じ CO_2 アーク溶接で、溶接ワイヤが母材と短絡して溶融移行する電流領域が用いられていたが、近年では薄板に対する良品条件範囲の広い MAG ($\text{Ar}80\%-\text{CO}_2 20\%$) アーク溶接が日本では普通となっている。アーク電源がインバータ化され制御速度が速く出来るようになったことからいろいろな電流波形が工夫されているが、1 パルス 1 溶滴移行の中周波数パルス溶接が基本電流波形である。溶接ワイヤを送給しワイヤからアークを出す、GMA 溶接の課

図25 自動車の主要な板金構造のユニット部品

図26 リヤサスペンションメンバーの構造例

図27 溶接ワイヤすれ検出ゲージの例

題であるスパッタを低減する試みが最近では進みつつある¹⁸⁾。これに関し溶接ワイヤの送給モータに AC サーボモータを採用することにより、溶接ワイヤの送り制御を精密に行い、電流制御と合わせた総合制御が可能になっている。この技術は低電流短絡移行の領域でスパッタを減らすことが可能で薄板のアーク溶接に適用範囲が広い。現在ではこれらのアーク溶接技術の進歩によって、溶接トーチをロボットに搭載し自動溶接するアーク溶接では無人化が進みつつあるが、完全無人化には品質検査の自動化が今後の課題である。アーク溶接工程で溶接ビードの溶込み品質を決める大きな因子としてワークへの溶接ワイヤ狙いずれがある。最近の自動溶接工程には図27に示すような検出ゲージが設置されることが多く、ワイヤ位置を監視することにより、一定の品質が確保できる工夫がなされている¹⁹⁾。

2) 抵抗シーム溶接

自動車のフュエルタンクは欧米では樹脂製が多い。日本においても量産車用は樹脂製へ素材転換が進みつつある。しかし、樹脂製は成形設備や型への投資額が高額な為、少量生産の4輪駆動車用や多種少量生産工場向けには鋼板製が引き続き採用されている。これに使用される鋼板は最近の内燃機関用燃料の多様化に対応し、製品の防錆性能確保の観点から、耐食性に優れたSn-Znめっき鋼板やAl系メッキ鋼板が使われる。その為、抵抗溶接性が裸鋼板に比べて著しく悪く、溶接条件の維持管理が重要である。製品構造としては薄鋼板のプレス品のアップパーとロアパネルを外周でシーム溶接し一体化する。この外周溶接に抵抗シーム溶接を用いるが、溶接機の電極輪で挟んだワークを回転駆動させつつ、電極輪の軌跡を常に外周に沿わせる特殊なアイアンマン治具を従来は付設していた。しかしこの治具は形状が異なる種類ごとに専用であり、多種類対応が困難な為、近年ではロボットがワークを把持駆動し、上下のシーム溶接電極輪は挟むだけで駆動しない、図28のようなロボットシーム溶接システムが実用化されている。シーム溶接に使用される溶接電源は最近では抵抗スポット溶接と同様なインバータ方式で、直流溶接ではなく一定周期で極性を反転する交流矩形波で溶接を実施する場合が多い。交流溶接化により直流溶接時にプラス極とマイナス極で発生する電極変形の異形化と生成する溶融ナゲットの極性による生成位置の偏りを防止する。

3) 電子ビーム溶接 (EBW)

自動車の駆動系トランスミッションのギア類では高強度の継手が必要で、長い継手長さに対応出来る深溶け込みの電子ビーム溶接が適用されてきた。1980年代初めに真空を必要としないレーザ溶接への転換が一時進んだが、EBWで用いられる電子線は磁気制御が容易で、予熱、後熱処理を可能とする熱源分散やビード位置、溶け込み形状を制御出来る為、近年でも採用されている。また、EBWに必要な真空引き時間を短縮する為、被溶接物を予めカセット内に収め、そのカセットを循環させて溶接するカセット式EBW機も開発され生産性の向上に寄与している。EBWを適用したギア類のような強度部品では溶接部の全数検査が実施される。検査は継手線が完全に溶かされ無くなっていることをチェックする目的で、ワーク全体を水中に沈め超音波の探触子で継手線からの反射波が無いことを検査している。

図28 ロボットシーム溶接システム

7. あとがき

自動車は約30,000点の部品で構成されている。乗員用のシート、タイヤ、空調用のエアコンといった大物部品から、ボルト、ナットなどの小物部品まで多種多様の部品があり、溶接・接合技術が使われている部品も多い。今回はその中で、板プレス品組付け構造のボデーを中心に、生産工程と使われる溶接技術について概略を紹介した。地球温暖化に対し世界中で環境保護の施策が採られるなかで、身近な交通手段である、自動車も大きく変わろうとしており、そこで使われる各種材料を組立て、製品とする溶接・接合技術の重要性は益々増大しているといえる。今後自動車の溶接分野には多くの方々が係わられると思うが、本項が少しでも参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) トヨタの概況 2010, pp.25-26.
- 2) 田村, 近藤: 溶接施工管理—自動車, 溶接学会誌, Vol.49, No.12, 1980, pp.7-14.
- 3) 「新編 自動車工学便覧」第6編車体, 自動車技術会, 1983. 9. 30.
- 4) 「薄鋼板及びアルミニウム合金板の抵抗スポット溶接」, 溶接学会軽構造接合加工研究委員会, 2008. 11. 1.
- 5) 齊藤: 鋼板による車体の軽量化, 車体の軽量化に関するシンポジウム資料5, 溶接学会「車体の軽量化」特別研究会: 1992. 2. 21.
- 6) 藤根: 自動車の軽量化加工技術の動向と課題, 第256回塑性加工シンポジウム資料, 日本塑性加工学会, 2007. 5. 26.
- 7) H. Tobita, M. Arai, Y. Sibata, H. Muta: Development of flexible production system for body welding, JSAE Review Vol.13, No.1, 1992, pp.76-81.
- 8) 近藤, 小西, 野村, 粉川, 合金化溶融亜鉛めっき鋼板と裸鋼板を混合打点した抵抗スポット溶接の電極消耗変化, 溶接学会論文集, Vol.27, No.4, 2009, pp.352-359.
- 9) 新井, 井上: ボデー少量生産ラインの構築と新技術, 自動車技術, Vol.55, No.12, 2001, pp.38-43.
- 10) 瀬渡: 電動加圧式抵抗スポット溶接ガンの適用事例, 溶接学会誌, Vol.72, No.7, 2003, pp.35-38.
- 11) 松山: 抵抗溶接用統合型品質保証システムについて, 溶接学会軽構造接合加工研究委員会資料, MP-441-2008.
- 12) 近藤, 小西, 野村, 粉川, 合金化溶融亜鉛めっき鋼板の抵抗スポット溶接における電極先端形状の消耗変化, 溶接学会論文集, Vol.27, No.3, 2009, pp.230-239.
- 13) 定村, 戸田, 夏見: 結合素材によるボデーパネルの一体化, 自動車技術, Vol.48, No.11, 1994, pp.27-32.
- 14) K. Mann: 自動車のボデー製造における高出力固体レーザ, 溶接学会誌, Vol.73, No.8, 2004, pp.19-22.
- 15) 森, 樽井, 長谷川, 吉川: 自動車ボデーへのリモート溶接技術の適用, 溶接学会誌, Vol.77, No.3, 2008, pp.11-15.
- 16) M. Fujimoto, et al.: Friction Spot Joining for Automotive Industry, JAAA2005, pp. 173-180.
- 17) 佐藤, 粉川, 藤本: 自動車へのFSWの適用, 溶接技術, Vol.57, No.9, 2009, pp.64-67.
- 18) 恵良, 上山: 電流波形制御によるGMA溶接のスパッタ低減, 溶接学会誌, Vol.75, No.7, 2006, pp.19-23.
- 19) 松井, 自動車の溶接・接合技術にかかわる生産現場力, 溶接学会誌, Vol.76, No.1, 2007, pp.17-21.