第Ⅱ部 産業界の最近の動向と溶接工学

Ⅱ 溶接・接合及び関連機器

3. 抵抗・圧接

市川 欣也*, 三野 政信*, 福澤 毅*, 古川 浩人*

Resistance Welding

by ICHIKAWA Kinya*, MITSUNO Masanobu*,
FUKUZAWA Takeshi* and FURUKAWA Hirohito*

キーワード：抵抗溶接，単相交流式，直流インバータ式，交流インバータ式，インバータ技術，サーボ加圧，トランス搭載型ガン，板厚比，多段通電，多段加圧

3.1 市場動向

図1に，日本溶接協会電気溶接機部会の過去8年間の生産金額と生産台数の実績¹⁾，及び今年度の予測を示す²⁾。2002年度を最低に2005年度まで順調に増加したが，その後は生産金額が約115億円，生産台数が約1万台とほぼ横ばいで推移し，1台当たりの価格は約115万円と低くなっている。この理由は抵抗溶接機メーカーが，単価の高い専用機やライン製品の比率を低下させ，定置式のスポット，プロジェクション，シーム溶接機や溶接トランス，溶接制御装置，ガンなど抵抗溶接機の心臓部を担うと云った経営方針の現れと推測される。自動化・無人化は更に高度化し，トランス搭載型ガンの更なる小型・軽量化，ハイト材対応の溶接ソフトウェアの確立などが要求され，需要の伸びが期待される。

この他，海外の鉄鋼製品の需要拡大に伴うプロセスライン用板継ぎシーム溶接機や，鉄道車両用スポット溶接機は堅調を維持し，工作機械関連を始めとするその他業界向けが増加傾向である。

今年度の各溶接機市場を取り巻く環境は，円高による自動車の輸出台数減少など若干の懸念材料はあるものの，ユーザー業種の生産が高原状態をほぼ継続し，設備投資も一定水準をキープできると予測されている³⁾。

3.2 電源方式と電流制御

直流インバータ式が開発・市販・普及して20年経過し，インバータ技術は図2に示すように全ての電源方式に適用され，溶接法もスポット，プロジェクション，シームは当然としてフラッシュやバット更に抵抗加熱の分野に

図1 年度別生産金額と生産台数の推移

図2 抵抗溶接の電源方式

も採用されている。単相交流式は製品が安価で電氣的に堅牢であることから当分主流であると思われるが，溶接の難しい材料の増加，交流インバータ式の普及に伴う量産効果による低価格化，電力会社の電圧フリッカ規制強化などによって，暫時減少するものと推測される。

三相交流（低周波）式は鉄道車両，航空機，大型プロジェクションなど大容量機に採用されてきたが，溶接機メーカーの技術者不足や整流器の大型化などにより，一時期三相整流式に代替され，現在では直流インバータ式制御装置の大容量化と並列運転技術の向上により 300 kA が

可能となっている。

交流インバータ式はインバータ制御の特長を継承し、直流式共通の短所である高価な専用トランス、ダイオードでの比較的大きな電力損失、陽極側電極の凹状消耗などを解消する目的に開発された。

この方式は三相入力で商用周波数の单相電圧を出力することから、既存の単相交流式スポット、プロジェクション、シーム溶接機に、溶接品質の安定・向上を目的に採用され、特にめっき鋼板に威力を発揮している。シーム溶接用は休止時間（クールタイム）を1/1000秒単位として、高速溶接化と溶接品質の安定・向上更に電極寿命の長期化に寄与している。

単相整流式と三相整流式は、インバータ直流式の普及に伴って現在ではほとんど生産されていない。

トランス搭載型ガンに使用されるインバータ直流式は、トランスの更なる小型・軽量化の要求により、制御周波数は従来の700~1000 Hz程度から1500~2000 Hzと高周波化されてきている。

蓄勢式は抵抗溶接の究極である高加圧力・短時間・大電流により、安定した溶接強度が確保され、更に歪・焼け・圧痕が小さい特徴がある。しかし、従来のサイリスタ式では溶接電流のピーク値及び電流波形が負荷の状況に左右され、充電した全てのエネルギーを放電するなどの短所があった。

インバータ式では負荷変動により溶接電流の立ち上がり時間は影響されものの、電流のピーク値と通電時間は精密に制御され、不必要なエネルギーを放出しない特長があり、大型・精密プロジェクション溶接やアルミニウム合金のスポット溶接に応用分野を拡大している³⁾。

溶接電流制御方式は、定電流、定電圧、定エネルギー制御などが研究開発され実用化されている。主流は従来からの定電流制御であるが、通電初期や通電中の一部を定電圧制御として、プロジェクション溶接の強度の確保・散りの抑制に効果を発揮しつつある。

3.3 溶接施工の新技術

薄板の新たな接合方法としてレーザ溶接とFSWが一部実用化されているが、抵抗溶接法は設備が比較的安価で、部材の合いが多少悪くとも良好な品質が得られ、生産性も高くしかも操作と施工が簡単・容易であることから、先進技術に奪われる反面アーク溶接を抵抗溶接に変更する機運もある。

溶接機器の新技術は残念ながら見当たらないが、溶接施工面では下記の成果が報告されている。

3.3.1 Intelligent Spot 溶接の開発⁴⁾

自動車車体の三枚重ねの部材溶接で、薄板-厚板-厚板の板組みでは、板厚比（=板組の総板厚/板組みの中で外側に配置された薄板の板厚）が大きい場合、薄板-厚板間に安定してナゲットを確保するのは困難で、一般的には板厚比は4~5以下に制限されていた。

本研究では、板厚0.7 mmの軟鋼板および板厚2.3 mmの780 MPa級ハイテンを用い、高板厚比の三枚重ね板組として、0.7 mm+2.3 mm+2.3 mmの板厚比7.6について

実施した。鋼板は全て、目付量45 g/m²、両面合金化溶融亜鉛めっき鋼板である。この新溶接の基本的な考え方は、1段目の低加圧力・短時間通電・高電流で薄板-厚板間にナゲットを確実に形成させ、2段目の高加圧力・長時間通電で厚板-厚板間にナゲットを形成させるプロセスで、板厚比の緩和に期待される。

3.3.2 高張力鋼板とウエルドナットの溶接⁵⁾

定置式溶接機などで行われている高張力鋼板とナットなどのプロジェクション溶接では、溶接後ナットをハンマで軽く打つだけでナットが簡単に剥れる。強度を上げようと電流を高くすると大粒の散りの発生や、過剰入熱でナットのネジを傷める。単相交流式とインバータ式コンデンサ溶接機で、高張力鋼板3.2 mmにM12のナットを溶接したときの押出し破断荷重で評価・比較した結果、最小値は前者では10.6 kN、後者では15.4 kNと約1.5倍の強さとなっている。この理由は明らかにされていないが、高張力鋼板とウエルドナットの溶接には、高加圧力・短時間通電・高電流が適している事を示唆し、納入実績も増加傾向と聞いている。また、単相交流式のタイマをナット溶接対応に改良し、界面破断ではなく母材破断を確実にしその強度は従来の1.5~2倍と報告されている。こちらの理由も明らかにされていないが、加圧力には触れられていないことから電流制御方式又は電流波形にノウハウがあるものと推測される。

3.3.3 鉄鋼プロセスライン用シーム溶接機

図3は、亜鉛めっきや錫めっき、酸洗・焼鈍などのプロセスラインにおいて、先行板と後行板を数mm重ねてマッシュシーム溶接する装置である。溶接装置への要求は遠方操作による自動化とライン停止時間の短縮、先行板と後行板の板巾方向の芯合せ、ライン制御からの板厚と鋼種情報での溶接条件の自動選択制御、円板電極の整形と高さ調整の自動化、溶接電流と溶接部の温度モニタなどである。溶接部への要求では、安定した溶接強度は当然として、接合部の板厚増加分の最小化、ラインによっては繰り返し曲げ耐力などである。これまでの実績と経験をベースに機械、制御、溶接を一体化させた総合技術とラインとの協調を図り、これらの要求をほぼ満たしてきたが、今後は高張力鋼の高硬化化に対応する努力が必須と推測される。

図3 プロセスライン用シーム溶接機

3.4 ウエルディングショー

第20回目となる2008国際ウエルディングショーが4月8日から11日までインテックス大阪で開催され、大阪会場として過去最高の十万人以上の入場者数であった。国内から207社が出展し抵抗溶接機関連は9社で、前回東京開催時の226社中28社と比較して激減した。新技術は見当たらなかったが、従来からの単相交流式用タイマの制御方式や操作方法の改良、制御装置とパソコンの通信によるデータ管理、低入力インバータ制御装置、アップ・ダウンスロープ+強弱パルス化通電と加圧力の可変制御を組合せた「進化した多彩な入熱制御」などが提案された。

3.5 今後の展望

抵抗溶接の三大要素、加圧力・通電時間・溶接電流の

制御は、サーボ加圧とインバータ制御によって高速制御が可能となってきた。多段通電と多段加圧力の組合せにリアルタイム制御を加味した、新しい制御方式の研究開発と実用化・普及に期待したい。

二年前の本誌⁶⁾で紹介した新技術である「抵抗溶接におけるリアルタイム制御」、「可変加圧力制御によるスポット溶接法」、「スポット溶接の非破壊検査」に関する新たな情報は無いが、今後の研究に期待したい。何れの課題もハードルが高く、鋼板メーカと溶接機メーカとユーザーに研究機関が一体となって溶接システム・プロセスの研究・開発が望まれる。

文 献

- 1) 経済産業省調べ。
- 2) 溶接新報 2008.03.03.
- 3) 市川ほか；軽構造接合研究委員会，MP378-2005.
- 4) 池田ほか；溶接技術，56-03 (2007) pp78-82.
- 5) 三野；溶接技術，57-03 (2008) pp69-72.
- 6) 市川ほか；溶接学会誌，75-05 (2006) pp57-58.