部分には、低溶融点の共晶（主として β 相： Al_3Mg_2 ）が認められた。

(4) 0.12% Ti を添加した Al-5% Mg 合金鋳物は母材及び熱影響部の結晶粒が微細で、電子ビーム溶接を用いた場合の溶接性がすぐれていることを示した。

謝辞

本研究における研究費の一部は昭和56年度文部省科学研究費（奨励研究）の補助を受けたものである。なお、供試材の鋳造に関しては日本大学生産工学部金子純一教授並びに菅又信助教授よりご指導をいただいた。また、実験にあたっては日本大学生産工学部機械工学科溶接研究室の昭和54, 55, 56年度の卒研生の諸君が熱心に協力された。ここに厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) A. A. Bondarev, V. Yu Chernov and D. M. Rabkin; The Weldability of Cast Aluminum Alloys by Electron

- Beam Welding, Automatic Welding, 31-7 (1978), 17-19
- 2) V. Yu Chernov, A. A. Bondarev and D. M. Rabkin; Fatigue Strength of AL25 and AL30 Aluminum Alloys and of Electron Beam Welded Joints in Them, Automatic Welding, 31-11 (1978), 13-15
- 3) 森田, 大峯, 村上, 佐々木, 安永; アルミニウム合金鋳物の電子ビーム溶接, 第37回電子ビーム溶接研究委員会資料, EBW-287-82 (1982), 1-12
- 4) 塩田, 臼井, 山口; アルミニウム合金鋳物の電子ビーム溶接, 軽金属溶接, 11-3 (1973), 107-114
- 5) 松本, 小林; ダイカスト製品の電子ビーム溶接について, 軽金属溶接, 13-3 (1975), 12-19
- 6) P. V. Mara; EB Welding Combined with Die Cast Aluminium, Welding Journal, 58-3 (1979), 33-36
- 7) M. M. Schwartz; Modern Metal Joining Techniques, John Wiley & Sons, 25-26
- 8) Y. Arata, K. Terai and S. Matsuda; Study on Characteristics of Weld Defect and Its Prevention in Electron Beam Welding (Report 1), Transactions of JWRI, 2-1 (1973), 102-112
- 9) M. V. Loncker; Metallurgy of Aluminum Alloys, Chapman and Hall LTD, 89
- 10) 有田, 知地, 井沢, 中村, 田中; A5083-O 厚板溶接部のミクロ開れについて, 軽金属溶接, 14-7 (1976), 9-17

電子ビーム溶接の欠陥発生及び防止に関する研究(第7報)*

—貫通ビーム電流制御による電子ビーム溶接部の裏波ビード形成—

岡村 久宣**, 小倉 慧**, 志田 朝彦***, 喜多 久直****, 中崎 隆光****, 山下 善孝*****

A Study on Occurrence and Prevention of Defects of Electron Beam Welding (Report 7)*

—Desirable Reverse Side Bead Formation in Electron Beam Welding by Piercing Beam Current Control—

by Hisanori Okamura**, Satoshi Kokura**, Tomohiko Shida***, Hisanao Kita****, Takamitsu Nakazaki****, Yoshitaka Yamashita*****

Possibility of controlling the reverse side bead formation during electron beam welding by detection and control of the electron beam current which pierces through the base plate (the piercing beam current) has been investigated.

Three types of electron beam welding machines were used in this study. The first one is a 6 kW (150 kV $\times$ 40 mA) high vacuum type, the second is a 15 kW (30 kV $\times$ 500 mA) low vacuum type, and the third is a 42 kW (60 kV $\times$ 700 mA) high vacuum type machine respectively. All welding were per-

*原稿受付 昭和58年2月7日 (第35回電子ビーム溶接研究委員会 (1981.10.9) にて発表)

**正 員 (株)日立製作所日立研究所 Member, Hitachi Ltd. Hitachi Research Laboratory

***正 員 (株)日立製作所本社研究開発部 Member, Hitachi Ltd.

****正 員 (株)日立製作所日立工場 Member, Hitachi Ltd. Hitachi Work.

***** 日立精工(株) Hitachi Seiko Ltd.

formed in the flat position.

It was concluded from the study that,

- (1) It is possible to form smooth and stable reverse side bead by controlling the piercing beam current.
- (2) There is a large fluctuation in the wave form of the piercing beam current. When the piercing beam current signal is integrated by an integrator with appropriate time constant, the mean value of the signal can be adopted as the monitoring signal for the formation of appropriate reverse side beads.
- (3) A test controller of the piercing beam current was attached to the 15 kW (30 kV × 500 mA) EB welding machine, and bead-on-plate welding tests were performed on carbon steel pipe (SGP) of 15 mm in thickness. Smooth and stable reverse side beads are formed when the mean of the piercing beam current is 15 to 20 mA, the focus coil current is 2.94 A and welding speed is 400 to 500 mm/min.

1. 緒 言

筆者らは厚鋼板の深溶込み電子ビーム溶接部に生ずる溶接欠陥の発生原因と対策について一連の研究を行ってきた¹⁻³⁾。その結果, 下向姿勢の非貫通溶接の場合は, 被溶接母材の化学組成 (特に C×O の含有量) 並びに溶接条件 (特に焦点位置と速度) が溶接欠陥の発生傾向を大きく支配すること, また, 横向姿勢の貫通溶接の場合は, 被溶接材の裏側に貫通する貫通ビーム電流の大きさによって, 溶接欠陥の発生傾向が大きく影響されることを明らかにした¹⁻³⁾。

本報告では引き続き, 下向姿勢の貫通溶接における裏波ビード形成を被溶接材の裏側に貫通する貫通ビーム電流を制御することによって行う方法について検討した。この貫通溶接における裏波ビード形成の良否は, 溶接部の品質を大きく支配し, 健全な溶接部を得るためには常に安定した裏波ビードを形成する必要がある。しかし, 特に下向姿勢の電子ビーム溶接の場合は常に安定した裏波ビードを形成することは極めて難しく, これまで主に溶接条件の選定面から研究が行われてきた⁴⁻⁷⁾。

本報告では電子ビーム溶接における裏波ビードの形成状況が貫通ビーム電流によって大きく影響される⁸⁾ことに着目し, 先ず貫通ビーム電流の特徴並びに貫通ビーム電流と裏波ビード形成との関係について検討した。次いでこの検討結果をもとに貫通ビーム電流制御装置を試作し, 本制御装置を用いた場合の裏波ビード形成の効果について検討したので, それらの実験結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 供試材の化学組成

Table 1 は供試材の化学組成を示す。Table 1 の SB42, SUS 304, Al (5083) は主に貫通ビーム電流と裏波ビード形成との関係を検討するための基礎実験に用いた。SGP は外径 267 mm, 板厚 15 mm の配管用炭素鋼管で主に貫通ビーム電流制御装置を用いた場合のその効果の検討実験に用いた。

Table 1 Chemical composition of materials.

No	Material	Plate thickness (mm)	Wt. (%)									
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mg	Al
1	SB42 steel	4~13	0.12	0.25	0.52	0.009	0.013	—	—	—	—	—
2	SUS304 steel	10	0.06	0.56	0.95	0.015	0.018	17.56	8.77	—	—	—
3	Al 5083	10	—	<0.040	0.3~1.0	—	—	—	—	<0.040~4.9	—	Bal.
4	SGP steel	15	0.19	0.29	0.36	0.021	0.012	—	—	—	—	—

* Carbon steel pipe

2.2 電子ビーム溶接機及び溶接方法

Fig. 1 は貫通ビーム電流 (I_p) の特性調査及び貫通ビーム電流と裏波ビード形成との関係を検討するために行った実験方法を示す。本実験に用いた電子ビーム溶接機は最大ビーム出力 6 kW (150 kV, 40 mA) の高電圧高真空タイプである。被溶接材は Table 1 の No. 1~3 を用い, 溶接条件は溶接速度 500 mm/min, a_b パラメータ⁹⁾ は 0.68~0.82 (焦点位置 = -100 mm~-50 mm) として下向姿勢のビード溶接を行った。なお, a_b パラメータ及び焦点位置はビーム電流 20 mA, 加速電圧 150 kV における値である。また, 貫通ビーム電流の測定は被溶接材の裏側に設置した C_u ブロックのアンテナで検出し, それを電磁レコーダ (振動子の固有振動数 500 Hz) で記録した。

Fig. 2 は試作した貫通ビーム電流制御装置による裏波ビード形成の効果を検討するための実験方法を示す。Fig. 2 に示すように試作制御装置を最大ビーム出力 15 kW (30 kV, 500 mA) の低電圧, 低真空 (1×10^{-3} Torr 以上) タイプの電子ビーム溶接機に取り付け, 内径 237

Fig. 1 Measuring method of piercing beam current.

Fig. 2 Experimental method for reverse bead formation with piercing beam current controller.

mm の鋼管 (SGP) の内部から下向姿勢でビード溶接を行った。なお、この 15 kW 機による実験の場合は、ビームの焦点位置を測定できなかったため、Fig. 3 に示すようにビームの集束コイル電流と表面ビード幅との関係を求め、表面ビード幅が最も狭くなる集束コイル電流よりわずかに大きい 2.94 A で行った。更に裏波ビード形成に及ぼす焦点位置の影響を検討するため、焦点位置の測定が可能なビーム出力 42 kW 機 (60 kV, 700 mA) にも本制御装置を取り付け下向姿勢でビード溶接を行った。ただし、この場合、溶接時の真空度は 1×10^{-4} Torr 以下の高真空中で、溶接は鋼管の外側から行った。溶接後は表及び裏ビードの形成状況並びにビード横断面のアンダカット深さ、及び裏ビード高さ等を調査した。

Fig. 3 Relation between focus current and width of surface bead.

3. 実験結果

3.1 貫通ビーム電流の特性

Fig. 4 は Fig. 1 に示した方法で測定した貫通ビーム電流 (I_p) の代表的な波形を示す。Fig. 4 に示すように貫通電流の波形はいずれの材質の場合も大きく変動している。この変動は電子ビームによって形成されたキャビティ内の熔融金属並びに金属蒸気の挙動を現わしているものと考えられる。すなわち、貫通ビーム電流の瞬間値が最大値を示す時は、キャビティ内の熔融金属並びに金属

Fig. 4 Typical examples of piercing beam current wave forms.

蒸気の量が最少になっている時であると考えられる。また、貫通ビーム電流の瞬間値が最小値を示す時はこの逆と考えられる。

Fig. 5 は SB 42 及び SUS 304 の場合の貫通ビーム電流の平均値 (I_p) とその変動周波数との関係を示す。ここで、貫通ビーム電流の平均値は、最大値と最小値との間の中央値を示す。いずれの材質の場合も貫通ビーム電流の平均値 (I_p) が 3 mA まではその増加にともなって、貫通ビーム電流の変動周波数も増加しているが、5 mA 以上ではほぼ一定となっている。この場合、材質によって周波数に差が認められ、 I_p が約 5 mA における変動周波数は SB 42 の場合、最高 120 Hz、SUS 304 の場合は最高 160 Hz である。このように材質の差による貫通ビーム電流の変動周波数の違いは各材質の物理的性質、特に熔融金属の蒸気圧及び粘性等の違いによるものと考えられる。なお、Al (5083) の場合は周波数を正確に測定することが困難であったので、Fig. 5 には示していない。

以上の結果より、貫通ビーム電流の最大周波数は最高 160 Hz 以下であり、キャビティ内の熔融金属の挙動は比較的緩やかであると推察された。この I_p を常に安定

Fig. 5 Relation between piercing beam current and frequency of Piercing beam current.

I_p (mA)	I_p/I_B (%)	Surface	Reverse	Cross section
0.2	1.0 ($I_B=20\text{mA}$)	Sound bead	Irregular bead
0.5	2.0 ($I_B=25\text{mA}$)	Burn through bead	Humping bead
2.5	8.3 ($I_B=30\text{mA}$)	Sound bead	Sound bead
3.8	9.5 ($I_B=40\text{mA}$)	Undercut bead	Excess bead

Note, Welding machine : 150kV×40mA, Material : SB42

($V=500\text{mm/min}$
F.P. = -100mm
 $a_b=0.69$)

Fig. 6 Typical example of bead appearance and cross section.
($V=500\text{mm/min}$, F.P. = -100mm, $a_b=0.69$)

した裏波ビード形成のための制御用の情報源として利用するためには、変動している I_p を積分回路等により、平均化または平滑化することが望ましい。

3.2 貫通ビーム電流と裏波ビード形成との関係

Fig. 6 は板厚 10mm の SB42 を下向姿勢で溶接した場合の貫通ビーム電流の平均値 (I_p) と表及び裏ビード形成状況との関係を示す。なお、Fig. 6 にはビームの貫通率 (貫通ビーム電流の平均値 (I_p)/ビーム電流 (I_B)×100%) 及びビード横断面も示す。Fig. 6 に示すように表及び裏ビード形成状況、更に溶接部のビード横断面形状とも I_p または貫通率 (I_p/I_B) に大きく影響されている。電子ビーム溶接における表及び裏ビード並びにビード断面形成の特徴については、すでに報告⁵⁻⁶⁾ されているので省略するが、Fig. 6 において、表及び裏ビード形成状況とも良好で、かつビード横断面のアンダカットも小さいのは I_p が 2.5mA, I_p/I_B が 8.3% の場合である。以上の結果より、 I_p または I_p/I_B を適正值に管理することにより、常に健全で安定した裏波ビードを形成

Fig. 7 Effects of plate thickness and piercing beam current on bead appearance.

することができると考えられる。Fig. 7 は SB42 の場合の表及び裏波ビード形成に及ぼす板厚と貫通ビーム電流の影響を示す。板厚によって健全な裏波ビードが形成される I_p の値は異なり、板厚が厚いほど適正な I_p の値も小さくなり、また、適正範囲も狭くなっている。この原因は板厚の増加により、溶融金属量が増加し、溶湯の表面張力と固体との界面張力のバランスがくずれやすくなるためと考える。その他に本溶接機の焦点位置がビーム電流の大きさによって変化することも原因の1つと考えられる。また、各々、電子ビームの集束特性の異なる溶接機を使用する場合には、安定した裏波ビードが形成される I_p の値が異なると

考えられるので、溶接機の機種ごとに Fig. 7 の関係を調査する必要があると考える。

3.3 試作した貫通ビーム電流制御装置の概要と特徴

Fig. 8 は以上の基礎的検討結果のもとに試作し、実際に使用した貫通ビーム電流制御装置のブロックダイアグラムを、Fig. 9 は本制御装置の外観を示す。本装置では被溶接材の裏側に貫通する貫通ビーム電流 (I_p) を Cu ブロック製の簡単なアンテナで検出し、電圧信号に変換後これを調整可能な時定数を持つ積分回路により平均化

Fig. 8 Schematic diagram of piercing beam current controller.

Fig. 9 Appearance of piercing beam current controller.

処理する。この平均化された貫通ビーム電流をあらかじめ設定した貫通ビーム電流値と比較し、その差が零になるように制御しようとするものである。

ところで、貫通ビーム電流値つまり、電子ビームの貫通力をフィードバック制御する方法としては次の 3 つが考えられる。すなわち、

- (1) 電子ビームの電流値 I_B を増減することにより、貫通ビーム電流値 I_p を増減させる方法
- (2) 集束コイル電流値を増減させ、貫通ビーム電流値が不足の時は電子ビームの出力密度を大に（つまり貫通力を大に）、貫通ビーム電流値が過剰の時は出力密度を小に（つまり貫通力を小に）する方法
- (3) 電子ビームに対して溶接の進行方向に直角な方向に振動を与え、ビードの溶融幅を調整する⁹⁾。つまり、貫通ビーム電流値が小さい時は振動の振幅を小さく、貫通ビーム電流値が大きい時は振幅を大きくする方法。

本報告では (1) の方法についてのみ詳細に検討したの

で、以下その実験結果について述べる。

3.4 貫通ビーム電流制御による裏波ビード形成の効果

前節で述べた貫通ビーム電流制御装置を最大ビーム出力が各々 15 kW (500 mA, 30 kV) 及び 42 kW (700 mA, 60 kV) の電子ビーム溶接機に取り付け、裏波ビード形成の効果を検討した。Fig. 10 は Fig. 2 に示した SGP を貫通ビーム電流制御装置を使わないで溶接した場合の裏波ビード外観、貫通ビーム電流 (I_p) 波形並びにビーム電流 (I_B) 波形を示す。Fig. 10 に示すように裏波ビードの一部にハンピングビードが形成され、この部分はビード横断面のアンダカット深さも深くなっている。このハンピングビードが形成されている部分は、貫通ビーム電流 (I_p) が大きく変動している部分に対応し、この場合は貫通ビーム電流制御装置を使用していないため、貫通ビーム電流の変動に関係なく、ビーム電流 (I_B) は一定である。なお、この場合のハンピングビードの発生原因

は低真空 (10^{-3} Torr 以上) 中での実験のため、一時的に金属蒸気がたまり、それによって電子ビームの貫通力が弱められたものと考えられる。この他に板厚が厚いために、溶湯の表面張力と固体との界面張力のバランスがくずれやすくなり、適正範囲が狭いことも考えられる。一方、Fig. 11 は貫通ビーム電流制御装置を使用した場合の裏波ビード外観、貫通ビーム電流 (I_p) 波形並びに積分回路によって平均化された貫通ビーム電流 ($\bar{I}_p$) 波形を示す。なお、この場合の積分回路の積分時定数 (T.C) は 250 ms、貫通ビーム電流 (I_p) の設定値は 15 mA である。この場合は外径 267 mm の全周にわたり、健全な裏波ビードが形成され、ビード横断面のアンダカット深さも、Fig. 10 の本制御装置を使用しない場合に比べて小さい。ただし、Fig. 11 の場合も貫通ビーム電流の一部に大きく変動している部分が見られる。これは貫通ビーム電流制御装置の応答性は 1 ms 以下であるが、溶融状態の応答が

Fig. 10 Reverse bead appearance without piercing beam current controller.

Fig. 11 Reverse bead appearance with piercing beam current controller.

1~2s かかるためと考える。しかし、その変動している時間は Fig. 10 に比べて極めて短く、Fig. 10 の変動時間の約 1/6 以下である。これは貫通ビーム電流制御装置により、貫通ビーム電流 (I_p) があらかじめ設定した適正值 (15 mA) になるようにもとのビーム電流 (I_B) そのものが制御されているためで、貫通ビーム電流に対応して、ビーム電流も変化していることがわかる。以上述べたように貫通ビーム電流制御装置による裏波ビード形成の効果は顕著なことが明らかになったが、本制御装置を使用した場合でも被溶接材の材質、寸法、形状等に適した溶接条件の選定によってはじめてその効果を著しいものにすることができる。以下、本制御装置を使用した場合の裏波ビード形成に及ぼす溶接条件の影響についての 2~3 の実験結果を示す。

Fig. 12 は貫通ビーム電流制御装置を使用し、配管用炭素鋼管 (SGP) のビード溶接を Fig. 2 に示した実験方法で行った場合の裏波ビード高さ (h) 及び表ビードのアンダカット深さ (d) に及ぼす平均貫通電流 (I_p) の影響を示す。Fig. 12 の場合は I_p が 15~20 mA の場合に裏波ビード高さ (h) 及びアンダカット深さ (d) が最も小さく、この場合の適正な貫通ビーム電流 (I_p) は 15~20 mA である。

Fig. 13 は平均貫通ビーム電流 (I_p) を 20 mA 一定とした場合の裏波ビード高さ及びアンダカット深さ (d) に及ぼすビームの焦点位置の影響を示す。この場合は焦点位

Fig. 12 Effects of piercing beam current on height of reverse bead and depth of undercut.

Fig. 13 Effects of focus position on height of reverse bead and depth of undercut.

Fig. 14 Effects of welding speed on height of reverse bead and depth of undercut.

置が+50 mm (a_b 値=1.7) の場合に最も裏波ビード高さ及びアンダカット深さが小さくなっている。この原因は焦点位置が+50 mm の場合にビード幅が最も狭くなっているためと考えられる。

Fig. 14 は裏波ビード高さ (h) 及びアンダカット深さ (d) に及ぼす溶接速度の影響を示すが、溶接速度が早いほど両者は小さくなっている。ただし、溶接速度が 700 mm/min 以上になると再びハンピングビードになった。

以上述べたように貫通ビーム電流制御装置を使用した場合でも均一な裏波ビードを形成するためには被溶接材に応じて溶接条件を適正に選定する必要がある。

4. 結 論

以上、貫通ビーム電流制御による裏波ビード形成方法について検討した結果を要約すると次の通りである。

(1) 貫通ビーム電流制御を行うことにより、均一な裏波ビードが安定して形成され、本制御を行わない場合に比べて、溶接部の高品質化が図れる。この場合、被溶接材の材質、形状、寸法等に適した溶接条件の設定によってその効果を最大に発揮させることができる。

(2) 被溶接材の裏側で検出した貫通ビーム電流値は大きく変動しているが、この貫通ビーム電流を適正な時定数を持つ積分器によって平均化処理をすることにより、均一な裏波ビード形成のためのモニタ信号として利用できる。

(3) 貫通ビーム電流制御装置を最大ビーム出力 15kW (30 kV, 500 mA) の電子ビーム溶接機に取り付け、板厚 15 mm の配管用炭素鋼管 (SGP) をビード溶接した場合、平均貫通ビーム電流 (I_p) が 15~20 mA、集束コイル電流 2.94 A、溶接速度 400~500 mm/min の条件において最も安定した良好な裏波ビードが形成された。

終りに本研究の遂行に当たり、実験装置の電気設計をしていただいた日立エンジニアリング (株) 塚本昭弘氏、また実験に御協力いただいた当社日立工場、坪洋二氏、上原壮夫氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 志田, 岡村, 喜多, 中崎: 電子ビーム溶接の欠陥発生及び防止に関する研究(第4報) 本誌 Vol. 48, No. 7, 476~481 (1979)
- 2) 志田, 岡村, 喜多, 連井: 電子ビーム溶接の欠陥発生及び防止に関する研究(第6報) 本誌 Vol. 49, No. 7, 440~446 (1980)
- 3) 志田, 岡村, 喜多: 電子ビーム溶接の欠陥発生及び防止に関する研究(第5報) 本誌 Vol. 48, No. 10, 813~820 (1979)
- 4) 荒田, 寺井, 永井, 服部: 電子ビーム溶接における適正裏波溶接条件範囲の設定について(1): 第12回電子ビーム溶接研究委員会資料 EBW-99-74 (1974-2)
- 5) 寺井, 永井, 松田, 安田: 電子ビーム溶接における適正裏波溶接条件範囲の設定. 第20回同研究委員会資料 EBW-160-75 (1977-10)
- 6) 松田, 永井, 服部, 森: 電子ビーム溶接による各種材料の裏波溶接について 第34回同研究委員会資料 EBW-262-81 (1981-5)
- 7) 荒田, 永井, 松田, 安田: 電子ビーム溶接における適正裏波溶接条件範囲設定について(2), 溶接学会全国大会講演概要第13集 昭和48年9月 174-175
- 8) 荒田, 富江, 寺井, 永井, 服部: 高エネルギー密度ビード形状の設定について(その2), 第9回電子ビーム研究委員会資料 EBW-76-73 (1973-2)
- 9) P. Prews, B. Shpies: Prozeßregelung der Durchschweißung mit dem Elektronenstrahl, DVS-Berichte Band 44, Lectures of the 8th BeamWelding Colloquium, Mannheim, 1977.

抵抗スポット溶接における被溶接材の表面温度と ナゲット成長過程との関連性*

志田 朝彦**, 梶原 良一**, 小園 裕三**, 小倉 慧**

Relationship between Surface Temperature of Weld Specimens and Process of Nugget Growth in Resistance Spot Welding*

by Tomohiko Shida**, Ryōichi Kajiwara**, Ūzō Kozono** and Satoshi Kokura**

Surface temperature of specimen at the central axis of the welding electrode was measured by a Pb. S optical pyrometer in resistance spot welding of mild steel. The measured value was related to process of nugget growth. The relationship between them was investigated under various welding conditions and with or without shunt current for various thickness specimens.

The results of this study are as follows;

- (1) Temperature measuring technique with optical fiber and infrared detector is an effectual method for investigation of transient thermal phenomena in resistance welding, because it is less sensitive to electric noise.
- (2) The maximum surface temperature of specimen at the central axis of the electrode, the rate of temperature rise and the time when the rise in temperature is saturated are closely related to process of nugget growth qualitatively.
- (3) Surface temperature of specimen in welding is fluctuated at twice the frequency of the weld current. The delay angle of the phase of temperature fluctuation by the weld current increases with weld time in resistance spot welding of 1.2 mm thickness sheet.

1. 緒 言

抵抗スポット溶接は急激な熔融凝固を含む熱的現象であるにもかかわらず、溶接部の温度を実測して溶接現象と関連付けた報告は少ない。これは大電流が流れかつ急

激な温度変化を呈する溶接部の温度測定が難しいことに起因している。中根らは熱電対を埋め込んだ電極を用いて被溶接材表面の中心部の温度を計測しているが¹⁾、熱電対を用いると接触状態の再現性と電気的ノイズの対策が問題である。また Bobo らは、赤外線温度計測法を用いてパラレルギャップ溶接部の温度変化を検出し、通電の終了判定に用いているが²⁾、スポット溶接では検討し

*原稿受付 昭和55年10月31日(第29回抵抗溶接研究委員会にて発表)

**正 員 (株)日立製作所日立研究所 Member, Hitachi Ltd.
Hitachi Research University