

大阪大学 溶接工学研究所

荒田吉明
○阿部信行
安部栄一

東京都立工業技術センター

はじめに 電子ビーム溶接法は、そのエネルギー密度が非常に高いという点に基本的な特長をもっている。そのため薄板では高速度溶接、厚板では深着け込み溶接が可能になった。しかしその反面、高速度溶接におけるハンピングや深着け込み溶接におけるスパイクングおよびポロシティ等の特有の溶接欠陥がしばしば生じることが知られている。そのような欠陥を抑制するためにビーム振動法が開発されてきている。しかし、それによっても従来の単一ビーム溶接法でそのような欠陥を抑制するのはなお困難を伴うものが多い。著者らは、欠陥を効果的に抑制する方法として2本のビームを同時に用いるタンデム電子ビーム(TEB)溶接法を開発し、その特性及び応用の研究を行ってきた。その結果、ハンピングの場合には第2ビームを適当な位置に入射して溶融金属流をコントロールすることにより抑制することができ、スパイクングの場合には第2ビームを第1ビームによって作りかゝるビーム孔に入射して第1ビームと第2ビームのパワー比を適当な値に設定することにより抑制することができた。さらにビーム孔X線によるビーム孔前壁の動態を観察し、欠陥の形成機構やその抑制機構の解析を行った。今報告では、TEB溶接法の最適条件特に第2ビームの適当な入射角度、位置およびパワーを明らかにするために、ビーム孔の形状および挙動を透過X線法を用いて観察した。

2. 実験装置

実験装置の配置図を図1に示す。X線管から放射されたX線は試料を透過してX線コンバータに入射し可視イメージに変換される。その像の変化を高速度カメラで撮影した。X線管の印加電圧は 75 kVp である。試料等で散乱されたX線は画質を低下させるので、X線管と試料の間に3枚の鉛スリットをもうけてビーム孔が形成されている部分にのみX線が照射されるようにして散乱の減少をはかった。電子ビーム溶接機としては、著者らによって開発されたTEB溶接機を用いた。試料は 12 mm 厚の7075 Al合金を用いた。電子ビーム溶接中の試料からは電子ビームと金属との相互作用によって生じるビーム孔X線が放射され画質を低下させるので、 12 mm 厚の真鍮板を吸収材として観測窓のうしろに置きこの望ましくないX線を減少させた。高速度カメラのフィルム速度は $100\sim 150\text{ fps}$ である。ビーム孔X線を減少させるために加速電圧はできる限り低くすることが望ましくこの実験では 36 kV に設定した。

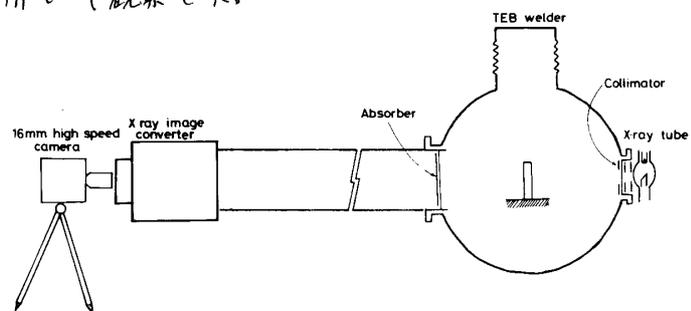
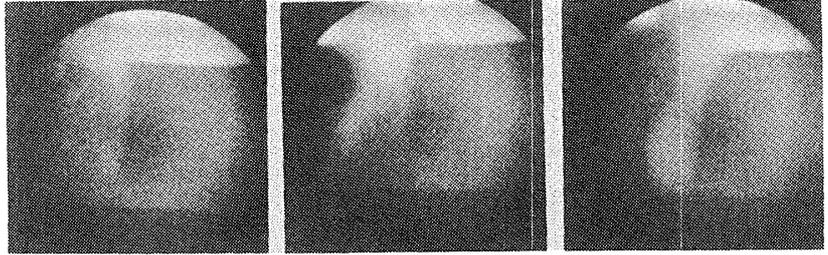


図1 実験装置

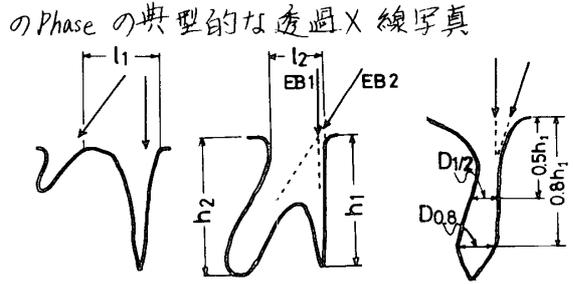
3. 実験結果 まず最初に第1ビームと第2ビームのパワー比をすでに報告したスパイクングが抑制される領域に設定し、第2ビームの入射位置のみを変えて実験を行った。その結果、第2ビームの入射位置によって写真1に示したような3つの種類

に分類された。これらを図示すると図2のようになる。第2ビームと第1ビームの交点が第1ビームによって作られたビーム孔の上部にある時は2つのビーム孔が形成され、これら2つは互いに独立にふるまう(Phase I)。



Phase I Phase II Phase III

交点が表面に近づいてくると2つのビーム孔はしだいに近づき1つのビーム孔となり、第2ビームが第1ビームのビーム孔に入射する(交点が試料表面になる)時にはビーム孔の形状は以前に推測した²⁾典型的なタニデムの形となり、広い開口部と2つのルート部をもつ形となる(Phase II)。交点がさらに下がるとルート部も合体して完全に1つのビーム孔となる(Phase III)。各々のPhaseを高速カメラで観察した結果を図3に示す。ここではビーム孔の変動の程度を評価するために、溶け込み深さ、開口部の直径、50%深さのビーム孔径、80%深さのビーム孔径、ルート半径を測定した。その結果を表1に示す。表1でわかるように、この実験における入射角(約6°)とパワーではPhase IIが最も安定である。Phase IIは溶け込み深さと開口部の径では不安定であるが他のパラメータ(パワー比、入射角)の変化で安定になれば、2つのビームが1つのビーム孔を作るため、溶け込みが深いので有効な形だと思われる。



Phase I Phase II Phase III

図2 写真1の模式図

結論 透過X線観察法をTEB溶接中のビーム孔に適用することにより、ビーム孔の動

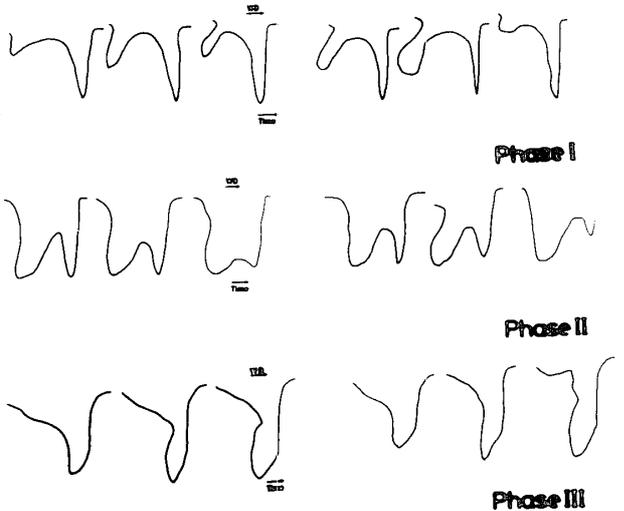


図3 各Phaseの変動

態観察を行った。ビーム孔の形は第2ビームの入射Phaseにより変化し、2つのビームが試料表面で交差するPhaseがTEBとして有効であることがわかった。

| Phase | h_1 | σ_{h_1} | h_2 | σ_{h_2} | $D_{1/2}$ | $\sigma_{D_{1/2}}$ | $D_{0.8}$ | $\sigma_{D_{0.8}}$ | l_1 | σ_{l_1} | l_2 | σ_{l_2} | r_R | σ_{r_R} |
|-------|-------|----------------|-------|----------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|
| 1 | 14.4 | 0.9 | 7.1 | 2.0 | 2.3 | 0.5 | 1.9 | 0.7 | 8.6 | 0.5 | 5.6 | 0.6 | 0.5 | 0.2 |
| 2 | 14.3 | 1.8 | 16.3 | 0.6 | 8.8 | 2.4 | 4.4 | 0.8 | — | — | 13.4 | 0.8 | 1.9 | 0.4 |
| 3 | 16.0 | 1.9 | — | — | 4.3 | 1.4 | 3.3 | 0.8 | — | — | 14.4 | 1.6 | 1.0 | 0.2 |

表1 各Phaseの変動パラメータは図2に示すのは標準偏差。

参考文献 1) Y. Arata and E. Nabegata : Trans. of JWRI, Vol. 7 (1978), pp. 101-109.
 2) Y. Arata, Nabegata and N. Iwamoto : Trans. of JWRI, Vol. 7 (1978), pp. 223-233.
 3) Y. Arata, N. Abe and S. Yamamoto : Trans. of JWRI, Vol. 9 (1980), pp. 1-10.