

148 電子ビーム溶接における溶融金属の挙動 (オ1報)

—— 縦割れの形成機構 ——

金属材料技術研究所

○塚本 進
入江 宏定

1. 緒言

電子ビーム溶接では、深溶込みを得る機構として、常に細長いビーム孔を形成しつつ溶接が進行するため、溶融凝固過程が非常に複雑となり、これに関連した欠陥もしばしば観察されてきた。本研究の目的は、このような溶融金属の挙動を把握することにある。本報においては、凝固形態に及ぼす溶接パラメータの影響を調べ、これと関連の深い縦割れの形成機構について検討を行った。

2. 凝固形態並びに縦割れの発生に及ぼす溶接パラメータの影響

本研究においては、溶接構造用鋼S M 50 Aを用い、メルランで溶接を行った。まず、種々の条件下で溶接を行い、凝固形態の変化並びに縦割れ発生領域を調べた。なお試験片には、あらかじめNiワイヤを添加し、溶接後のNiの分布状況から凝固壁の形態を調べた。Fig. 1には、縦断面における凝固壁の形態を示した。凝固壁は、溶接速度の増大に伴い、斜め後方へと傾斜する傾向にある。またこの傾斜は、defocusになる程大きくなる。一方低速になると、ビーム軸とほぼ平行な凝固壁が形成されるが、条件によっては局部的に凝固壁が遅れる現象を生じた。その位置は、 $a_b = 1.0$ では溶込み中央よりやや上部に、また $a_b > 1.0$ では底部に観察された。

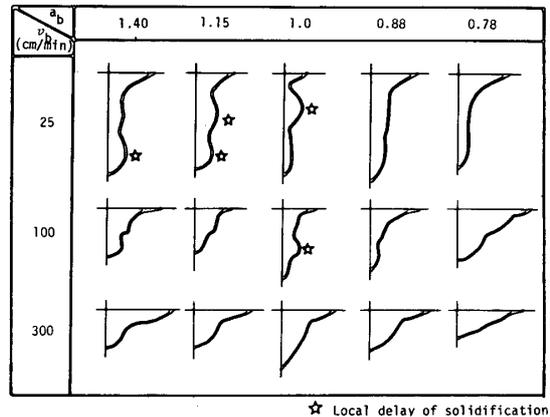


Fig.1 Schematic diagrams of solidification walls

Fig. 2 (a)には、本実験で得られた縦割れ発生領域を示した。この発生領域は、Fig. 2 (b) に示した凝固壁の形態並びに溶込み形状により、3つの領域に分類することができた。低速で $a_b = 1.0$ のA領域では、溶込み中央よりやや上部に、局所的な凝固の遅れ並びにビードのふくらみがあり、この位置で割れが生じていた。 $a_b > 1.0$ となったB領域では、底部に凝固の遅れが存在し、この位置で割れが発生していた。一方高速で defocus のC領域では、凝固の遅れと無関係に割れが発生していた。

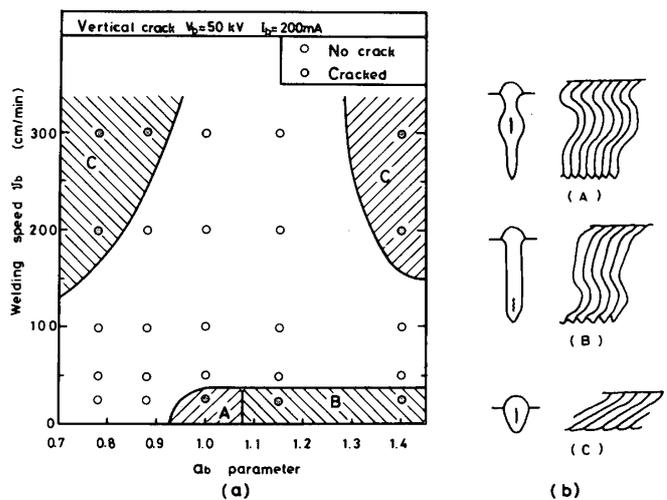


Fig.2 Vertical crack sensitive regions

3. 縦割れの発生機構

Fig.3には、C領域で割れが生じた場合の水平断面を示した。ビード中央部付近の凝固壁は、非常に狭く、しかもかなり後方まで伸ばされている。またこの時の割れ破面は、全面に渡って二次三次のデンドライトが発達し、かなり高温で一時に割れたことが推察される。以上の結果より、高速での割れは、細長く伸びた凝固壁の後端まで溶湯が行き渡らず、その結果生じた引け集的な割れと考えられた。

一方低速で生じた割れの破面を観察すると、高温域から低温域まで観察され、前述した高速での割れとは異なり、典型的な凝固割れといえる。Fig.4には、 $Q_b = 1.0$ における水平断面を示したが、凝固の遅れの中央もしくは底部では、約1Hzの周期でビード幅が凹凸を繰り返すナゲット状凝固形態を呈している。Fig.5(a)

には、この時の凝固組織を模式的に示した。ナゲット中央では、多くの場合デンドライトがぶつかり、割れはこの最終衝合部から溶接線方向に伸びたデンドライトの粒界を伝って、後方へと伝播していた。Fig.5(b)には、 $Q_b > 1.0$ での水平断面を示した。この場合、中央部にはストレイクリスタルが発達しており、割れはこの粒界で生じていた。しかしながら、全く割れが生じない $Q_b < 1.0$ の領域でも、ほぼ同様な凝固組織が観察され、凝固組織だけでは割れの発生傾向を決定できない。一方、低速で割れが生じた場合には、必ず凝固壁が局部的に遅れており、これが割れ発生に大きく関係していると考えられる。すなわち、凝固の遅れ部で溶湯が凝固する際には、すでに凝固した周囲から大きな拘束を受ける。このため、最終凝固層にはひずみが集中し、割れが発生し易くなったと考えられた。特にナゲット状凝固形態を呈する場合には、ナゲットの周辺から凝固が進むため、中央部付近では、ビードの両サイドからの拘束が大きい。Fig.6にはこの時の凝固壁を示したが、新しいナゲットが形成された時点では、前段階に形成されたナゲットの中央部が凝固しておらず、両サイドからの拘束の大きさがわかる。

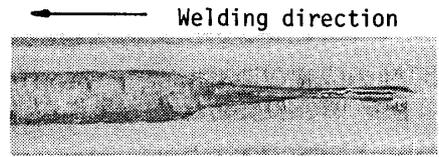


Fig.3 Horizontal section of EB welds in case C type crack occurred

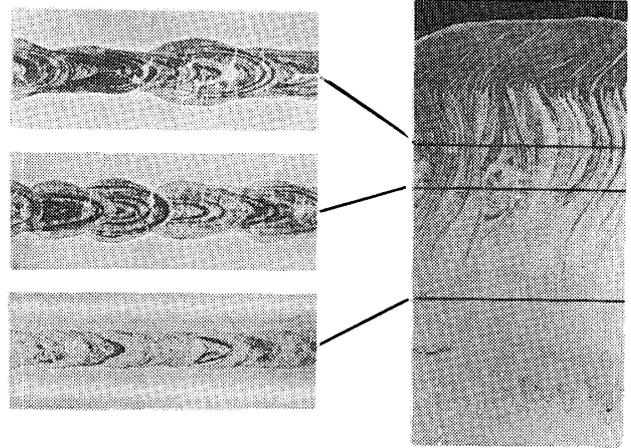


Fig.4 Horizontal sections of EB welds in case A type crack occurred

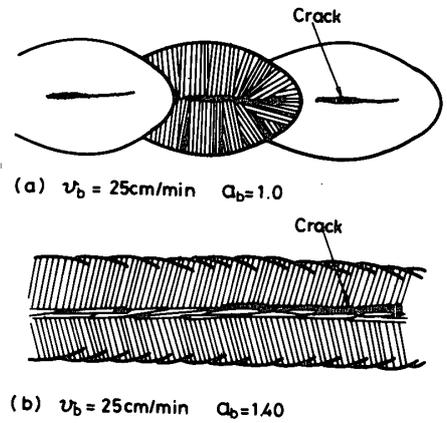


Fig.5 Schematic diagrams of solidification structures in horizontal sections

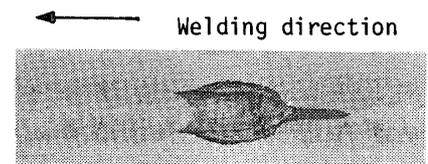


Fig.6 Solidification wall in case of nugget type solidification pattern