

149 電子ビーム溶接における溶融金属の挙動 (オ2報)  
 —— 溶接姿勢の影響 ——

金属材料技術研究所

○塚本進  
 入江宏定

1. 緒言

前報においては、下向溶接での凝固形態並びに縦割れ形成機構を調べ、低速における欠陥の発生が、局所的な凝固壁の遅れに依存することを指摘した。本報においては、各種溶接姿勢下で溶接を行い、凝固形態に及ぼす重力の影響を調べ、凝固の遅れの形成機構に関する二、三の検討を行った。

2. 実験結果及び考察

各種溶接姿勢(横向、立向上進及び立向下進)下で溶接を行った結果、100 cm/min以上の高速では、溶込み深さ並びに凝固形態に及ぼす溶接姿勢の影響がほとんど観察されなかった。一方、50 cm/min以下の低速になると、特に $Q_b \geq 1.0$ でその影響が現われた。Fig. 1には、低速での凝固形態の比較を示した。 $Q_b < 1.0$ では、下向溶接とほぼ同様な凝固壁であるのに対し、 $Q_b \geq 1.0$ では、凝固の遅れの形成位置に若干の相違が観察された。すなわち、 $Q_b > 1.0$ では、横向及び立向上進溶接において、底部での遅れが消失し、中央部付近に若干の遅れが形成された。 $Q_b = 1.0$ では、横向及び立向上進溶接において、中央部付近に不規則な遅れが形成され、ポロシティーの発生が顕著となっていた。しかしながら、下向溶接で遅れが生じた条件では、姿勢を変えてもその存在が認められ、遅れの形成に及ぼす重力の寄与は、比較的小さいことが考えられる。

Fig. 2には、低速での溶込み深さの比較例を示した。この場合も、 $Q_b \geq 1.0$ において、姿勢の影響が観察される。すなわち、横向溶接では、下向溶接より深溶込みとなる傾向を示し、この傾向は、立向上進溶接においてさらに顕著となっていた。このような溶込み深さの差は、溶湯の持つ重力ヘッドが、ビームの進行を妨げる方向に働くか否かにより決定される。下向溶接で溶融金属量が多い場合には、この効果が大きく、その結果溶込み深

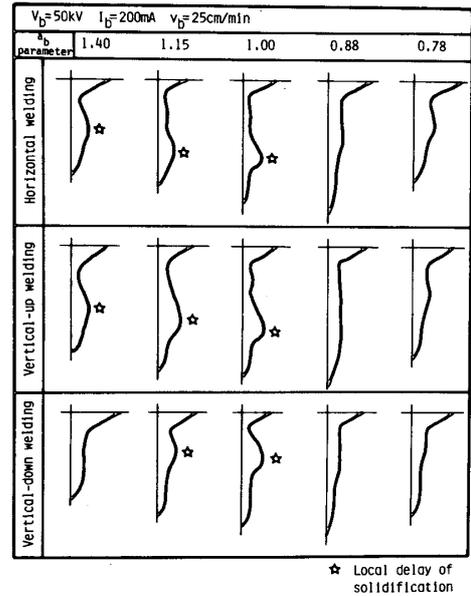


Fig.1 Schematic diagrams of solidification walls at various welding positions

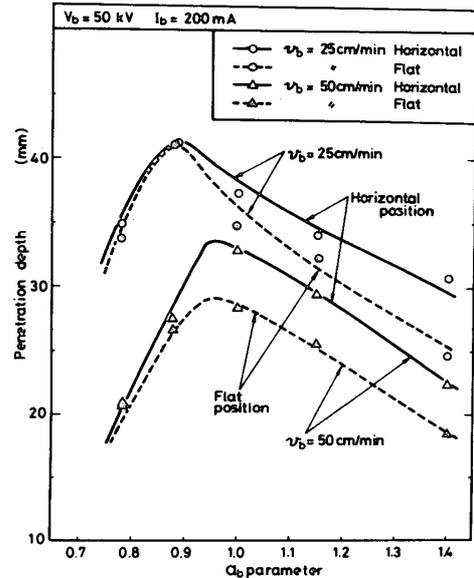


Fig.2 Comparison of penetration depth between flat and horizontal welding at low welding speed

さが低下する。しかしながら、溶融金属量が少ないと、下向溶接においてもその低下がほとんど無く、ほぼ同等な溶込み深さとなる。このため、低速で  $a_b \geq 1.0$  の領域では、ビーム孔内に溶融金属のたまりが多い状況にあると推察される。

この原因については、以下のように考えられる。 $a_b < 1.0$  では、Fig.3に示したように、表面でのビーム径が大きく、底部でのエネルギー密度が高いため、ビーム孔出口が大きく、溶融金属を噴出する推進力が大きくなる。その結果、溶湯はスムーズにビーム孔外へと排出される。 $a_b = 1.0$  では、溶湯の出口が小さく、また底部でのエネルギー密度が若干低下するため、ビーム孔内に溶湯がたまり易くなる。 $a_b > 1.0$  になると、ビーム孔出口は大きいが、底部でのエネルギー密度がさらに低下するため、底部に溶融金属がたまり易くなる。

このような溶融金属のたまりは、凝固の遅れの形成に大きく影響していることが考えられる。たとえば、 $a_b > 1.0$  では、下向溶接において、底部にたまった溶融金属が凝固壁を二次溶融し、その結果遅れが形成されたものと考えられた。一方、 $a_b = 1.0$  においては、その形成機構が若干複雑となる。Fig.4には、 $a_b = 1.0$  における表面での溶融金属の挙動を示した。既に報告したように、表面では、(a)に示した静かな湯流れと、(b)に示した大量の溶融金属の噴出が周期的に繰り返されている。また、この周波数は約1 Hzで、前報で述べたナゲット状凝固の周波数と一致する。さらにナゲットの周辺を観察してみると、表面に添加したNiの偏析が少なく、溶融金属が上昇する際にナゲットが形成されたと考えられる。以上の結果より、 $a_b = 1.0$  における遅れの形成機構を図示すると、Fig.5のようになる。この条件では、溶融金属がたまる量は必ずしも一定でなく、静かな湯流れの状態では、しだいに溶融金属がビーム孔内にたまっていく状態(1)及び(2)と考えられる。このたまりがある程度以上の量に達すると、ビームと衝突し、急激に加熱され、大量の蒸気を伴って溶融金属が噴出される(3)及び(4)。この際、大量の溶融金属の保有熱もしくは急激な湯流れにより、凝固壁が二次溶融され、凝固の遅れが形成されたと考えられた。

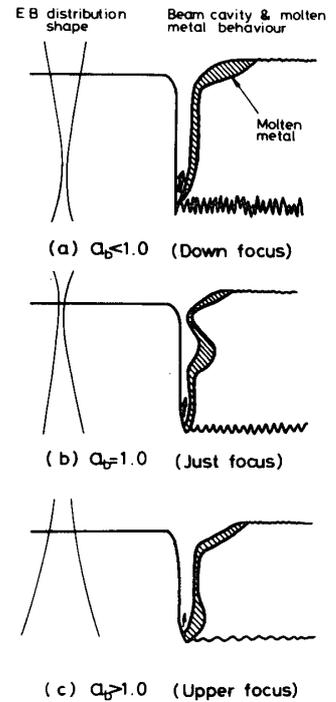


Fig.3 Beam distribution pattern and molten metal behavior

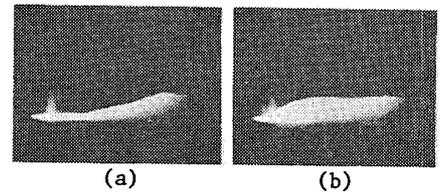


Fig.4 Molten metal behavior at weld surface

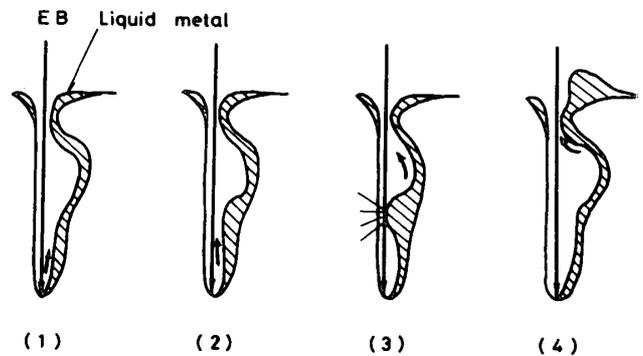


Fig.5 Formation mechanism of delayed solidification pattern