

1. まえがき

溶接過程中の溶融金属に与えた磁気攪拌が、凝固組織およびビード形状に及ぼす影響を検討した。さらに有機化合物を用いた凝固モデル実験を行ない、溶接金属の凝固組織と比較検討した。

2. 実験装置および実験方法

図1に示すように、トーチ周囲に空心コイル、試験片下には鉄心入コイルを設け、溶接電源とは別の直流電源に接続し、アークと平行な磁場を発生させる。溶融金属はこれにより回転力を受ける。

試験片として軟鋼SS41とステンレス鋼SUS27を用い、軟鋼TIG溶接では320A, 19V, 100 mm/min, SUS27 TIG溶接では250A 17V, 150 mm/min, 軟鋼CO₂溶接では360A, 32V, 300 mm/minの条件でビード置き実験を行った。励磁電流は0~8Aまで2A毎に変化させ、磁場は一樣磁場と反転周波数が0.5 Hz, 1.0 Hzの3段階に変化させ、実験を行なった。

3. 実験結果と検討

3.1 ビード外観、溶込み形状、溶融池形状の変化

一樣磁場を作用させた場合、ビードの片側にオーバーラップ、他方にはアンダーカットを生じ、ビード形状は非対称となる(図2)。磁場反転周波数が0.5 Hzのものでは図3に示すとおり、この傾向が磁場の反転に対応して交互に現われているのが明瞭である。

一樣磁場を作用させた溶接過程中に溶融金属をショックデカントして得られた凝固面について、その横断面の形状変化から、溶込み形状の時間的な変化を調べた。これよりアーク通過直後にビード片側に新たな溶融を生じていることが明らかに認められる。

3.2 凝固組織の変化

一樣磁場を付加した場合、溶込み形状が著しく非対称となることから、磁場を反転した場合には既に凝固した部分の再溶融が考えられる。凝固組織の変化はこの再溶融による変化と、強制流が存在することによる変化とに大別できる。

3.2.1 再溶融による変化

磁場の反転を受けた凝固前線該当部には、多層溶接における層間のボンドと同様の再結晶帯(以下bandという)を生じており、

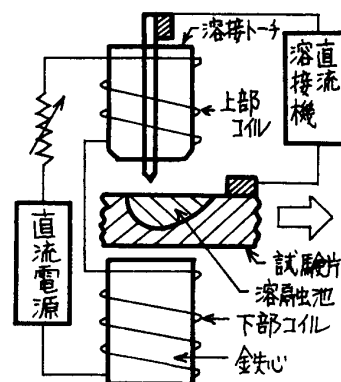


図1 励磁装置

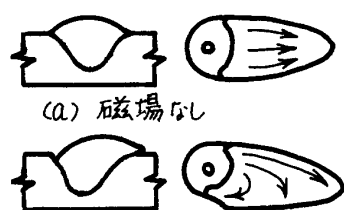
(a) 磁場なし
(b) 200 gauss 一樣磁場
SS41 CO₂溶接

図2 溶込み形状の変化

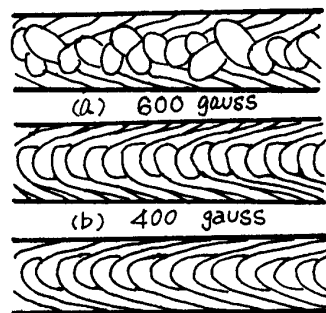
(a) 600 gauss
(b) 400 gauss
(c) 200 gauss
SS41 TIG溶接

図3 ビード外観の変化

長手断面に認められるbandの数は磁場の反転数に等しい。このbandの前後では、セルの成長方向およびその幅が変化している。

3.2.2 強制流の存在による変化

セル組織を呈する場合、セルは強制流の上流側へ向かって屈曲する。反転磁場の場合セルがジグザグに屈曲しているものがある(写真1)。この屈曲の数は磁場の反転数に必ずしも対応していないが、溶融金属の粘性も考え合わせると、溶鋼の流れの変化によると考えられる。

セルデンドライト組織を呈する場合には、主幹は屈曲せず、ただ強制流の上流側へ向かう二次枝の優先成長を生ずる。また写真2に見られるように、周囲の結晶とは方向の異なる一見孤立した結晶が認められた。この生成機構については凝固モデル実験によって検討を試みた。

3.3 凝固モデル実験

図4に示すように間隙0.8mmに設定した2枚のガラス板の間に融点24°Cのシクロヘキサノール($C_6H_{11}OH$)を注入し凝固させる。外部からハンダゴテを用いて熱源とし、下部をドライアイスにより冷却する。熱的な平衡状態に達したのちに熱源を取り除き凝固を開始させ、その進行中に、上部より約25%のシクロヘキサノールを注射針を介して注入する。これにより凝固前線前方に強制流が存在する場合の晶出過程の変化を検討した。

凝固組織はセルデンドライトを呈するが、強制流の存在する場合には上流側へ向かう二次枝が隣接したセルデンドライトの成長を妨げるようにして融液中に進出する結果、強制流の抵抗を強く受け、主幹が曲げ変形を受けたものを写真3に示す。なお融液中をよそから運ばれて来た同質の微結晶片が凝固前線にとらえられ、孤立結晶として成長する場合もある。写真2の孤立結晶がこのモデル実験の示すいずれの機構によって生成されたものかその決定は今後の検討に待りたい。

4 結論

溶込み形状が非対称なため、磁場を反転させた場合に再溶融を生じ、これより多層溶接の効果の一部、すなわち凝固組織の異方性の改善、微細な結晶の晶出などが期待できる。

凝固組織の変化は、再溶融による変化と強制流の存在による変化とに大別できる。前者からは多層盛りの効果が期待される。強制流の影響は凝固組織形態によって異なり、セルを呈する場合には上流側に屈曲し、セルデンドライトを呈する場合には二次枝の優先成長を生じ、主幹は屈曲しない。

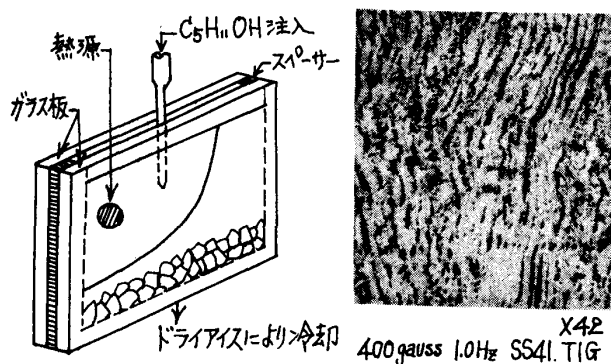


図4 凝固モデル実験装置 写真1 ジグザグに屈曲したセル

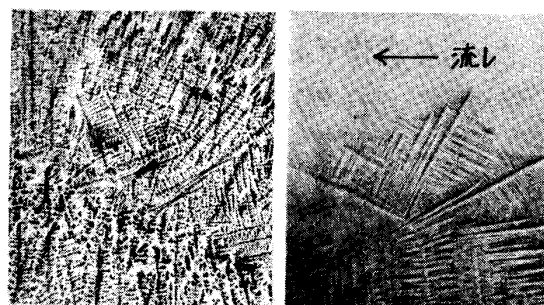


写真2 孤立結晶

写真3 主幹の曲げ変形