

大阪大学大学院 ○大垣信二（現：日立造船）
平田好則、廣瀬成一、
浅井康広、黄地尚義

Analysis of Penetration Process in Stationary TIG Welding
by S.Ohgaki, Y.Hirata, S.Hirose, Y.Asai and T.Ohji

1. 対流現象と溶込み形成

Fig.1は、溶融池における対流方向と溶込み形状の関係を示している。(a)では対流が溶融池の中心から周辺部へと流れる外向きの流れを形成することにより溶融池周辺部に熱が伝わり浅い溶込み形状になる。(b)ではその逆に内向き対流が起り深い溶込み形状になる。このような対流の駆動力として、電磁力、表面張力およびプラズマ気流によるせん断力を考慮し、数値解析を行った。

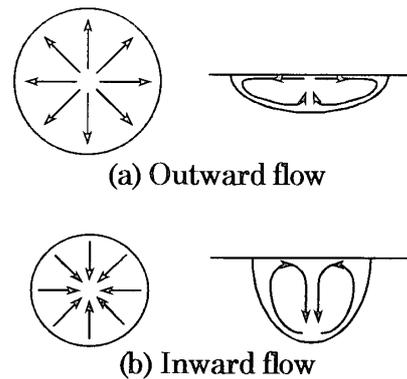


Fig.1 Relation between convection pattern and penetration shape

2. 計算モデルと基礎方程式

計算モデルには溶融現象を軸対称問題と仮定し、円筒座標系を用いた。基礎方程式として、次の連続の式とナビエ・ストークスの式およびエネルギー方程式を用い、溶込み形状の時間的变化を求めた。

$$\nabla \cdot \vec{u} = 0 \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla P + \eta \nabla^2 \vec{u} + \vec{g} + \frac{1}{\rho} \vec{F} \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \nabla) \vec{H} = -\nabla \cdot (-K \nabla T) \quad (2.3)$$

H : エンタルピー(J/kg)、 $\vec{u} = (u, 0, v)$: 速度ベクトル(m/s)、 T : 温度(K)、 $\vec{F} = (F_r, 0, F_z)$: 外力ベクトル(N/m³)、 ρ : 密度(kg/m³)、 $\vec{g} = (0, 0, g)$: 重力加速度ベクトル(m/s²)、 η : 動粘性係数(m²/s)、 P : 流体の圧力(Pa)、 K : 熱伝導率(J/msK)

3. GTA 静止溶融実験

Fig.2 は実験に用いた装置の構成を示す。ヘリウムガスシールドの GTA 静止溶融実験を行い、2 台の CCD カメラを用いてアーク外形、アノード輝部を観察し、併せてアーク圧

力の測定も行った。これらの観測から入熱分布、電流分布およびプラズマ気流によるせん断力を推定し、溶込み形状に影響を与える因子の複合的な影響を考察した。Fig. 3にアノード輝部の時間的変化を示す。HS 材 (S 量:80ppm) はアノード輝部が常に緊縮しており、LS 材(S 量:10ppm)はアノード輝部が時間の経過とともに広がる様子が観測された。このアノード輝部の輝度分布から母材陽極に流入する電流分布を推定した。

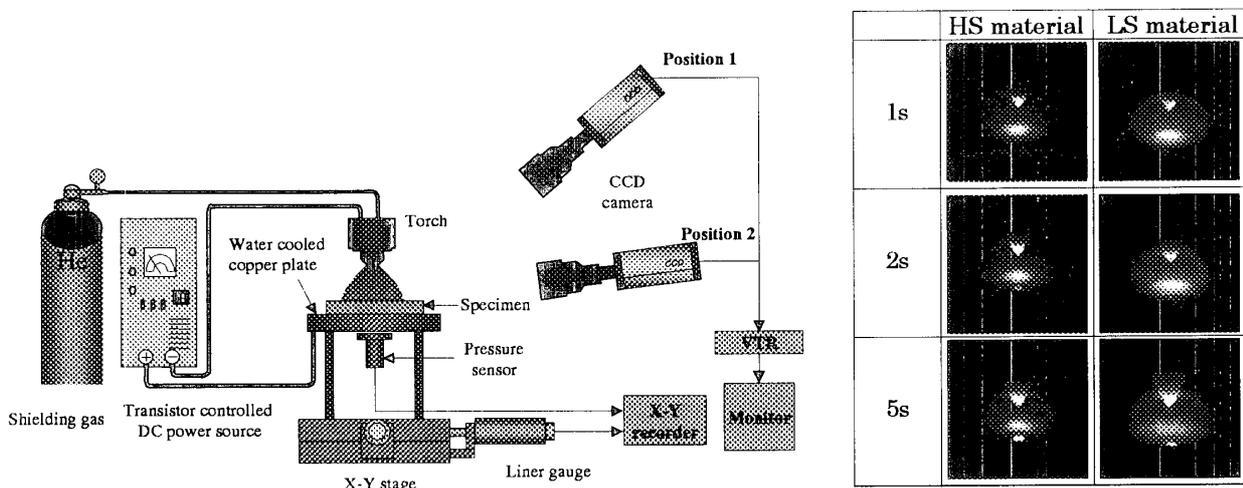
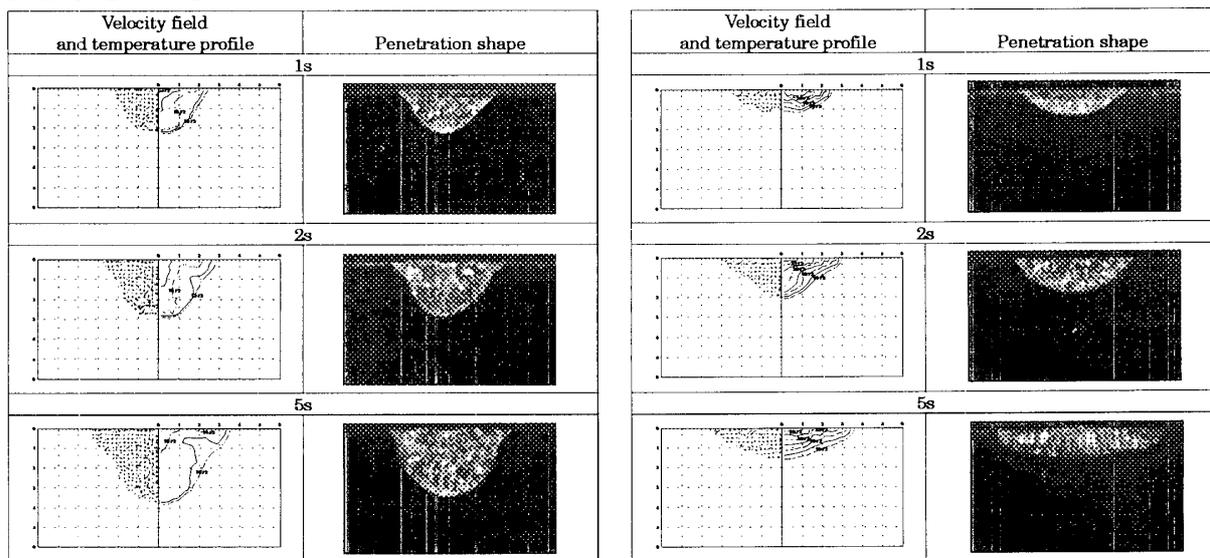


Fig.2 Experimental apparatus of GTA welding

Fig.3 Change of anode luminous zone (Shielding gas : He 15 l/min, Arc length : 3mm)

4. 実験と計算の比較

Fig. 4 に実験と計算による溶込み形状を示す。HS 材は中心へ向かう表面張力対流と強い電磁対流による内向き対流を発生させて、深い溶込みを形成する。一方、LS 材は周辺部へ向かう表面張力対流と弱い電磁対流により外向き対流が発生し、浅い溶込みを形成すると考えられる。



(a) HS material

(b) LS material

Fig.4 Comparison between prediction and experiment in weld pool penetration by 100A arc