

船殻外板自動溶接プロセス

Automatic Welding Process for Ship's Shell Plates

西 泰彦	エンジニアリング研究所 生産技術研究部 主査	Yasuhiko Nishi
佐野 孝信	エンジニアリング研究所 生産技術研究部	Takanobu Sano
水谷 和時	津製作所 船殻プロセス部 船殻プロセス室 室長	Kazutoki Mizutani
上野 充由	津製作所 船殻プロセス部 船殻プロセス室 主査	Atsuyoshi Ueno

船殻ブロック同士の突き合わせ溶接を上向き姿勢ワンラン施工にて完了することのできる新溶接法を開発した。この新溶接プロセスにおけるビード形成モデルの構築とその数値解析を通し、実適用での安定施工と溶接部の健全化を達成した。

Quite new automatic arc welding process and equipment have been developed that can weld ship's shell plates, upwards from the ground. The welding equipment can complete a butt joint of ship's shell plates with one running process. In order to keep the welding process under control, it is important to know formation mechanism of the weld bead in this process. A cont

後行電極は開先ギャップ内を通り、先行ビード上に仕上げビードを形成する。開先形状は 11mm 以上のギャップを有する開先である。溶接ワイヤは 1.6mm のソリッドワイヤを、シールドガスは CO₂100%を用いている。溶接電源は、定格 600A タイプの定電圧直流溶接電源を使用し、先行電極をワイヤマイナス、後行電極をワイヤプラスとしている。また、各電極は開先幅方向にウィーピングする。先行電極と後行電極のアーク間の距離（極間距離）は約 150mm であり、両者の溶融池は完全に分離している。なお、先行電極と後行電極の間にある内面水冷銅板は、先行電極のシールドガス送給口として、また、傾斜部のエレクトロガス溶接時の内面摺動銅板として用いるものである。

3. 先行溶融池のモデル化

本法の先行電極は、カーブした溶接トーチを鋼板裏面から開先ギャップを通して溶接を行うため、形成される溶接ビードの軸と溶接トーチのそれが同軸となる従来にない溶接プロセスである。そこで、特に水平部におけるこの溶接法を「水平同軸アーク溶接」²⁾と呼んでいる。これは、丁度立向きのエレクトロガス溶接を水平にしたような格好であるが、溶融池が開先前方に流れぬよう物理的に保持するための水冷銅板などがないため、溶接ビードの形成速度は溶接現象そのものに依存すると言える。そこで、この水平同軸アーク溶接法の溶接現象を定量的に理解し、溶接を安定に制御する方法を開発するために、本溶接現象のモデル化とモデルによる解析を実施した。

3.1 モデル化における主な仮定

モデル化に際して用いた主な仮定と基本式を以下に示す。

- (1) 溶融池に作用する力は表面張力と重力、およびアーク力のみとする。
- (2) 溶融池先端は開先幅方向に直線とし、裏ビードも板裏面ツライチとする。また、開先壁への溶け込み量も考慮しない。
- (3) アーク力は半径 r_a の円内に均等に分布し、すべて溶融池に働く。

3.2 基本式

上記仮定のもと、溶融池前面全体での水平方向の力のバランスを考えると次式を得る。

$$F_b = F_a + F_s \quad \dots\dots(1)$$

ただし、

F_b : 溶鋼に働く重力、および開先壁との接触角により生じる表面張力との和

F_s : 水平方向の表面張力

F_a : アーク力

ここで、

ただし、

ρ : 溶鋼の密度 (kg/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

T : 溶鋼の表面張力 (N/m)

h : ビード高さ (m)

d : 開先幅 (m)

θ : 溶鋼の開先壁との接触角

α : 溶鋼の前方接触角

P : アーク圧力 (Pa)

r_a : アーク半径 (m)

式(1)～(4)より

$$\rho g h \cos \theta = \rho g h \cos \alpha + T \sin \alpha + P r_a \quad \dots\dots(5)$$

よって、 P がわかれば式(5)より溶融池の高さ h が求まる。

3.3 アーク圧力の推定

式(5)において、 $\theta = 90^\circ$ 、 $\alpha = 180^\circ$ とすると、式(5)は次のように簡素化される。

$$\rho g h = P r_a \quad \dots\dots(5')$$

式(5')は、式(5)から溶鋼の開先壁との接触角に起因する表面張力の影響を無視したものである。

Table 1 に水平同軸アーク溶接における溶接電流変化時のビード高さの実測値を示す。このように水平同軸アーク溶接では、溶接電流の増加に伴いビード高さが上昇する。また、Table 1 にはビード高さの実測値をもとに式(5')より逆算したアーク圧力の推定値も合わせて示す。これは、半径 5mm の円にアーク圧力が均等に作用するものとして求めたもので、溶鋼の密度 $\rho = 7300 \text{kg/m}^3$ 、重力加速度 $g = 9.8 \text{m/s}^2$ 、溶鋼の表面張力 $T = 1 \text{N/m}$ としている。このように、アーク圧力は Table 1 の実験結果より電流の関数として、次式で近似できる。

Fig.3 Static model of molten pool in horizontal coaxial arc welding

今、開先幅が $\pm 2\text{mm}$ 急激に変化した場合のワイヤ突き出し長さの時間的変化を考察する。式(8)に式(7)を代入して次式を得る。

.....(9)

ここで、式(5)、式(6)および Lesnewich

船殻外板自動溶接プロセス