

大型部材製造のための直流パルス溶接プロセスを用いたW A A Mによる高速造形技術の研究

松田, 和貴
九州大学大学院

<https://hdl.handle.net/2324/7429161>

出版情報 : Preprints of the National Meeting of JWS, 2026. JAPAN WELDING SOCIETY
バージョン :
権利関係 :



大型部材製造のための直流パルス溶接プロセスを用いた WAAMによる高速造形技術の研究

九州大学 大学院 ○松田 和貴

1 はじめに

ワイヤアーク積層造形 (Wire arc additive manufacturing: WAAM) は既存のアーク溶接技術を活用した低コストな積層造形技術であり、大型かつ曲面形状を有する船舶部材への適用が期待されている。従来の CMT などのワイヤ送給制御方式の溶接プロセスは高精度造形に適するが、大型造形では溶着量が不足し、造形速度に課題がある。一方、CO₂溶接は高溶着速度での溶接施工が可能であるが、スラグやスパッタの発生が多く品質面に懸念がある。本研究では、直流パルス MAG 溶接を用いて、低スパッタ・低スラグかつ高速造形を両立するプロセスの確立を目指す。

2 供試材・試験方法

供試材は MAG 溶接用ソリッドワイヤ SE-A50S (JIS Z3312 YGW15) であり、ワイヤ径は 1.2 mm である。基板は板厚 9 mm の SS400 鋼板 (JIS G 3101) を用いた。溶接電源はダイヘン製の直流パルス MAG 溶接電源 P500L II を用い、DC パルスモードでアーク溶接を実施した。シールドガスは Ar+20%CO₂ で、ガス流量は 20 L/min とした。積層試験は溶接長 150 mm とし、10 層の積層を実施した。放射温度計によりビード長さ中央位置における積層材最上層の表面温度を測定し、積層パス間の冷却温度を 200℃以下に管理した。また、KEYENCE 製の 3D 形状測定機 LJ-V7000 を用いて各層の中央断面プロファイルを測定した。また、積層後は長さ中央で試験体を切断し、マクロ観察による欠陥の有無の確認とナイタール腐食を施した後、ミクロ組織を観察した。実施した積層試験の条件一覧を Table 1 に示す。条件 A1, A2 ではウィービング有無での積層材の変化を検証した。続いて、B1~B4 では、ウィービングを適用し、単位長さ当たりの溶着量を一定とし、造形速度を振って積層試験を実施した。

Table 1 Experimental conditions.

ID	Current [A]	Voltage [V]	Travel speed [cm/min]	Torch manipulation	Wire feed rate [m/min]	Deposition rate [kg/h]	Deposition weight/weld length [kg/m]
A1	200	24.5	30	Stringer	6.7	3.6	20
A2				Weaving			
B1	200	24.5	15	Weaving	6.7	3.6	39
B2	250	26.0	20		8.5	4.5	
B3	300	28.0	25		11.0	5.9	
B4	350	31.0	30		13.2	7.0	

3 結果・考察

条件 A1 および A2 の積層材の外観写真を Fig. 1 に示す。ウィービングの適用により、A2 では A1 と比較して側面の凹凸が低減していることが確認できる。続いて、中央部の断面観察写真を Fig. 2 に示す。断面写真においても (b) A2 では、(a) A1 と比較して積層材側面の凹凸が小さいことが確認できる。マイクロ組織の観察結果として、A1 では (c) に示すように粒径が揃いで粗大なフェライトが多く存在する領域が散見された。一方、A2 ではこの領域は少なく、(d) に示すような微細なフェライトが観察された。これらの微細化されたフェライトは、後続の積層パスによる再熱により $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$ 変態が生じた結果と考えられる。A1 では積層形状が不安定であるため、再熱による変態が生じない領域が各所に存在したと推測される。一方、A2 ではウィービングにより積層形状が安定し、再熱領域も均一に分布した結果、殆どの領域でフェライトの微細化が達成されたものと考えられる。以上より、ウィービングは積層形状の安定化のみならず、マイクロ組織の均質化、および微細化にも寄与することが確認された。



Fig. 1 Appearance of the deposited materials (a: A1 stringer, b: A2 weaving).

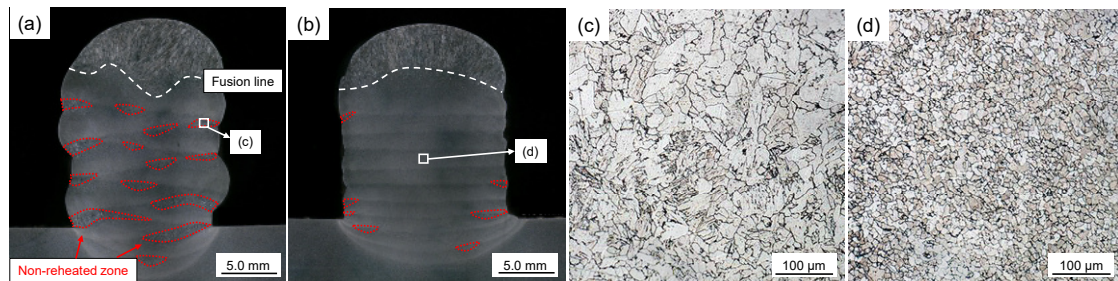


Fig. 2 Cross-sectional micrographs (a: A1 stringer, b: A2 weaving).

表 1 に示した条件 B1~B4 で積層試験を実施した結果、いずれの条件でも安定した積層材が作製された。しかし、マイクロ組織の観察により、造形速度が大きいほど、Fig. 2 で示した赤囲みで示す粗大なマイクロ組織の領域が多く存在することが確認された。これは、トーチ移動速度が速いほど、左右に振動するトーチの経路に疎な領域が拡大し、その部分への再熱が不十分となったためであると考えられる。

4. 結論

直流パルス溶接とウィービングを用いることで、最大 7.0 kg/h の造形速度を実現した。今後は冷却時間短縮のための冷却手法について検討予定である。