

レーザ・アークハイブリッド溶接を用いた裏当てレス1パス施工に向けた基礎検討

小林, 寛郎
九州大学大学院工学府 : 修士課程

鶴岡, 寿樹
九州大学大学院工学府 : 修士課程

内村, 友哉
九州大学工学部技術部

後藤, 浩二
九州大学大学院工学研究院海洋システム工学部門

<https://hdl.handle.net/2324/6796165>

出版情報 : 溶接学会九州支部講演論文集. (20), pp. 1-3, 2023. 溶接学会九州支部
バージョン :
権利関係 :



レーザ・アークハイブリッド溶接を用いた 裏当てレス 1 パス施工に向けた基礎検討

○小林寛郎*¹, 鶴岡寿樹*¹, 内村友哉*², 後藤浩二*³**Key Words:** レーザ・アークハイブリッド溶接, ギャップ裕度

1. 緒 言

我が国の造船業は激しい国際競争にさらされており、競争力強化のためには船体建造時の生産性向上および高品質化が必要不可欠である。現在、国内の造船所ではアーク溶接が多用されており、船体外板などに使用される板厚 20 mm 級の鋼板を突合せ溶接する際には、裏当て材を使用する多電極サブマージアーク溶接（FCB 法や RF 法）や、炭酸ガスアーク溶接法による多層盛り溶接などの施工法が用いられている。近年研究が盛んになってきたレーザ・アークハイブリッド溶接（以下、ハイブリッド溶接と称す）は、従来のアーク溶接法よりも高速での施工が可能で、深い溶込みが得られることから、板厚 20 mm 級の鋼板に対する裏当てレス 1 パス溶接による生産性の向上が期待される。さらに従来のアーク溶接と比較して入熱が局所的であることから溶接変形が抑制され、品質の向上も見込まれる。

竹下ら¹は、ハイブリッド溶接により板厚 17 mm の鋼板に対する裏当てレス 1 パス溶接が可能であると報告したが、開先加工にレーザ切断を使用していた。一方、国内造船所で多用されている切断法はプラズマ切断であることから、プラズマ切断による加工開先を採用することが望ましい。また、竹下らはスパッタ低減やキーホールの形成促進を目的に、母材同士の間にはフィラゲージを挟むことでギャップを 0.5 mm に管理していたが、長尺施工時のギャップ管理は多大な時間を要するといった課題が残る。

本研究では、国内造船所におけるハイブリッド溶接の導入促進を目的に、プラズマ切断により加工した開先を有する鋼材を、造船所での溶接施工前配材作業を想定してギャップ無に突合せた条件下で、良好な品質を有する溶接継手を製作するための施工法を検討した。

2. 使用材料

供試材はプラズマ加工により I 形開先加工を施した板厚 16.5 mm 及び 20.0 mm の Grade D（LR 規格）鋼板である。溶接材料にはソリッドワイヤ MG-50（JIS Z 3312:YGW11）と MIX-50S（JIS Z 3312:YGW15）を使用した。ワイヤ径は共に 1.2 mm 及び 1.6 mm であり、供試材と溶接材料の化学成分および機械的性質を Table 1 に示す。

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of applied steel plate and weld wire.

	Chemical compositions [mass %]					Mechanical properties		
	C	Si	Mn	P	S	σ_Y [MPa]	σ_B [MPa]	Elong. [%]
Grade D	0.15	0.17	0.66	0.015	0.002	305	435	30
MG-50	0.08	0.51	1.10	0.01	0.01	490	570	31
MIX-50S	0.09	0.37	1.04	0.011	0.009	470	550	28

3. 板厚 16.5 mm における施工条件の探索

3.1 先行研究による施工条件の検証

先行研究¹⁾で導出された施工条件を使用し、プラズマ加工により I 形開先加工を施した板厚 16.5 mm 鋼板を用いて、ギャップ 0 mm で突合せ継手を製作した。施工条件を Table 2 に、得られたビードの外観写真を Fig. 1 に示

原稿受付 2023 年 8 月 18 日

*1 九州大学 大学院工学府 修士課程 Master course, Graduate School of Engineering, Kyushu University

*2 九州大学 工学部技術部 Technician, Technical Division, School of Engineering, Kyushu University

*3 正会員 九州大学 大学院工学研究院 海洋システム工学部門 Member, Department of Marine System Engineering, Kyushu University

す．Fig. 1 より，表裏ともにビード形状が不安定であることがわかる．本研究で使用した鋼板は Fig. 2 に示すように切断面が波打っており，ルートギャップが不均一であったことが不安定なビード形状をもたらした要因と考えられる．

これより，先行研究に示される施工条件は，本供試材のようにギャップが不均一な場合において適切な施工条件でないと判断した．

Table 2 Welding conditions.

Travel speed [cm/min.]	160
Current [A]	450
Voltage [V]	29.2
Laser power [kW]	12.0
Defocused distance [mm]	5.0(Inner)
Welding direction	Arc leading
Shield gas flow rate	100%CO ₂
Welding wire	MG-50 (1.6 mm)



(A) Front side



(B) Back side

Fig. 1 Photograph of Bead appearance.

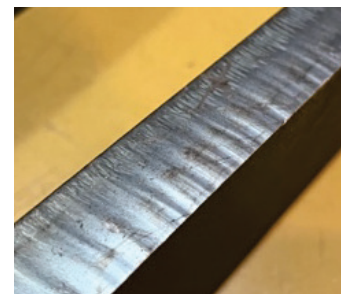


Fig. 2 Plasma cutting surface

3.2 ギャップ裕度向上に向けたシールドガス及びワイヤ径の変更

ギャップ裕度の向上を目的に，アーク溶接で使用するシールドガスを純 CO₂ ガスから混合ガス (80%Ar-20%CO₂) に変更することでアーク形状を上げ³⁾，さらにワイヤ径を 1.6 mm から 1.2 mm に変更することで溶着金属量を増加させた．これにより溶融池幅が広がるため，不均一なギャップから受ける影響が緩和されると予測した．条件探索により得られた施工条件を Table 3，得られたビードの外観写真を Fig. 3，中央断面マクロ観察結果を Fig. 4 にそれぞれ示す．Fig. 3，Fig. 4 より，安定したビード形状が得られ，ギャップ裕度の改善に成功した．また，日本海事協会が発行するガイドライン⁴⁾に規定される溶接ビード外観検査およびマクロ試験を実施した結果，基準を超える欠陥は確認されなかった．同条件での施工を 3 度実施し，いずれも同様の結果が得られたことから，本施工条件はギャップ裕度が高く再現性のある施工条件であるといえる．

Table 3 Welding conditions.

Travel speed [cm/min.]	120
Current [A]	260
Voltage [V]	26.0
Laser power [kW]	10.5
Defocused distance [mm]	5.0(Inner)
Welding direction	Arc leading
Shield gas flow rate	80%Ar-20%CO ₂
Welding wire	MIX-50S (1.2mm)



(A) Front side



(B) Back side

Fig. 3 Photograph of Bead appearance.

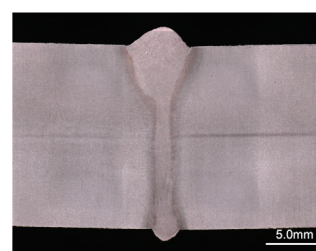


Fig. 4 Microphotographic observation.

4. 板厚 20.0 mm における施工条件の探索

4.1 溶接線 1 mm シフト施工法

プラズマ加工により I 形開先加工を施した板厚 20 mm の鋼板に対し，前述のガス種とワイヤ径の変更を実施したことに加え，安定したビードを得るための新たな施工法として溶接線 1 mm シフト施工法を考案した．従来の施工法ではギャップの中心線上を狙って溶接を行うが，プラズマ加工開先ではギャップ間隔が不均一となるため，レーザ光の母材への照射位置が板厚方向に一定でなくなり，結果としてビード形状が不均一となる．そこで，Fig. 5 に示すように溶接線をギャップの中心線から 1 mm 平行移動させることで，照射位置を母材表面上で一定とし，ビード形状の均一化を図った．得られたビードの外観写真を Fig. 6 に，中央断面マクロ観察結果を Fig. 7 に

それぞれ示す。Fig. 6 より、表裏ともにビード形状が均一であることを確認した。一方、Fig. 7 より、溶接線をシフトさせた方向と反対側の溶融境界部では融合不良が確認された。これは、溶接線をシフトしたことで反対側の母材への入熱が不足したためと考えられる。したがって、本施工法は均一なビードを得られる可能性はあるものの、今後の検討として溶接線のシフト幅を 1 mm より狭め、内部欠陥の生じない施工条件を探索する必要があると考えられる。

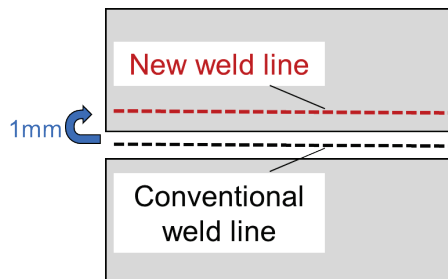


Fig. 5 Shifting weld line 1mm away from the center of gap.

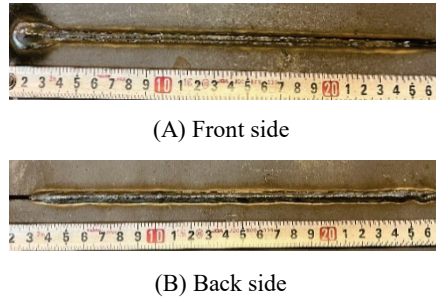


Fig. 6 Photographs of bead appearance.

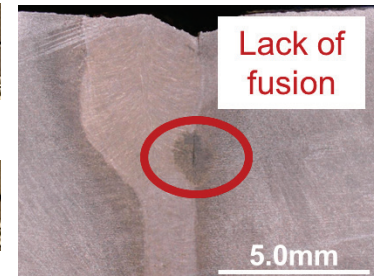


Fig. 7 Micrographic observation.

5. 結 言

本研究では、ハイブリッド溶接の導入促進を目的に、プラズマ加工開先を有する鋼材をギャップ無で突合せた継手における適正な溶接施工条件を探索した。以下に、本研究で得られた知見ならびに考察を示す。

- (1) 板厚 16.5 mm 鋼板の溶接施工においては、アーク溶接に用いるシールドガスを混合ガスとし、ワイヤ径が 1.2 mm の溶接ワイヤを用いることで均一なビード形状が得られた。
- (2) 板厚 20.0 mm 鋼板の溶接施工においては、溶込みの安定化を目的に溶接線 1 mm シフト施工法を考案、実践した。その結果、安定したビード形状が得られたが、中央断面マクロ観察により溶接線をシフトした方向と反対側の溶融境界部において融合不良を確認した。今後は内部欠陥が生じないシフト幅の探索が必要であると考えられる。
- (3) 鋼板の切断精度向上がギャップ裕度に及ぼす影響について検討する必要があると考えられる。

謝 辞

本研究の実施に際して、井手章博 氏（住友重機械工業株式会社）より種々有益なご助言をいただきました。ここに深甚の謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 竹下竜平ら. (2020). レーザ・アークハイブリッド溶接の一般商船建造工程への導入に向けた諸検討, 日本船舶海洋工学会論文集, 32, 231-246.
- 2) 濱田智, 茂木正裕, 神田晋. (2010). プラズマ切断の最新技術, 溶接学会誌, 79(2), 123-135.
- 3) 田中学. (2008). アーク及びティグ溶接, 溶接学会誌, 77(2), 152-162.
- 4) (一財) 日本海事協会. (2017). レーザ・アークハイブリッド溶接ガイドライン (第3版).