

厚板レーザー溶接金属の組織制御による高靱性化技術の開発 —鋼板へのボロン添加による He-O₂ シールドレーザー溶接金属の高靱性化—

川崎製鉄(株) 技術研究所 ○沖田泰明 黒澤伸隆 安田功一

High Toughness He-O₂ Shielded Laser Weld Metal through Boron Addition in Steel Plate

by Yasuaki Okita, Nobutaka Kurosawa, Koichi Yasuda

キーワード：レーザー溶接、アシキュラーフェライト、靱性

Keywords : Laser Welding, Weld Metal, Acicular Ferrite, Toughness

1. 緒言

レーザー溶接は近年発振器の大出力化が進み、構造用厚鋼板への適用が期待されるようになってきた。しかし、レーザー溶接では溶接部の冷却速度が大きく、溶接金属靱性が低くなりやすいという問題がある。前報¹⁾ではシールドガスに He-O₂ 混合ガスを用いて溶接金属中に酸素を添加することにより、レーザー溶接金属中に低温靱性に優れたアシキュラーフェライト(AF)組織を形成させ、レーザー溶接金属靱性向上の可能性を報告した。しかしながら、酸素の添加は同時に粒界フェライト(GBF)も発達させ、これによる靱性の低下は避けられない。本報告ではこの GBF の発達を B の添加により抑制することを試み、レーザー溶接金属組織の AF 化による高靱性化について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

供試鋼の化学組成を Table 1 に示す。鋼板表面を研削加工し厚さを 6mm とした。これらの鋼板を 5.5kW CO₂ レーザ溶接機により溶接速度 0.5m/min にて貫通溶接を行なった。この時のレーザー溶接条件を Table 2 に示す。シールドガス(センターガス)には He-O₂ 混合ガスを用い、He と O₂ の混合割合を変化させて溶接を行なうことにより溶接金属中に添加される酸素量を変化させた。レーザー溶接金属の靱性はクラックがレーザー溶接金属部分から外れぬよう、0.5mm 深さサイドノッチ付きのハーフサイズシャルピー衝撃試験片を用い評価した。

3. 実験結果および考察

Fig. 1 に鋼板中 B 含有量が 1ppm の試料における溶接金属中酸素量と溶接金属中を占める AF 分率、GBF 分率、破面遷移温度の変化を示す。溶接金属中に酸素を添加しない場合は AF も GBF も少なく、ベイナイト主体の組織であった。酸素を添加することにより AF が形成されているが、同時に GBF が大きく発達しており、GBF の発達に伴い破面遷移温度は上昇し、靱性が低下している。

酸素添加による GBF 発達を抑制するために鋼板に B を添加した場合の溶接金属組織の変化を Fig. 2 に示す。また、Fig. 3 にそれらの溶接金属マイクロ組織の一例を示す。B 含有量が 1ppm の場合、酸素添加により GBF が大きく発達しているが、B 含有量が 31ppm になると、シールドガス中の酸素量が 5%程度までは GBF の発達を抑制でき、溶接金属組織のほとんどが AF 組織となっていた。また、GBF が発達した B 含有量 1ppm の鋼板を He-5%O₂ シールドガスにて溶接した試料ではマトリクスにベイナイト組織が残留し AF にならない領域が多い。これは GBF の形成時にマトリクス中に炭素が排出されマトリクスの炭素量が増加し、AF 変態が生じにくくなったためと考えられ、GBF の抑制は AF 分率を高める点でも有効である。

Fig. 4 に酸素添加による AF 化と B 添加による GBF の抑制がレーザー溶接金属の靱性に及ぼす影響を示す。He シールドの場合ベイナイト主体の組織であるため、鋼板中 B 含有量が多くなるにつれ靱性は低下した。一方 He-12.5%O₂ シールドの場合 AF 組織は得られるものの、酸素

添加量が多すぎるために GBF の発達を抑制できず、低靱性であった。He-5%O₂ シールドガスの場合、B 含有量 1ppm では GBF が発達し高い靱性は得られていないが、B を含有させることにより GBF の発達が抑制され、AF 主体の微細な組織となり、破面遷移温度-114℃と、非常に優れた靱性を持つレーザ溶接金属となった。

4. 結言

B を含有する鋼板を He-O₂ 混合ガスシールド下でレーザ溶接することにより、AF 主体の優れた靱性を持つレーザ溶接金属を得た。鋼への B の添加による GBF 抑制と溶接金属中への酸素添加の併用によりレーザ溶接においても優れた靱性を持つ溶接金属が得られる。

参考文献 1)沖田ら：溶接学会全国大会講演概要 第 69 集(2001), p50-51

Table 1 Chemical composition of steel plates (mass%)

C	Si	Mn	P	S	B
0.04	0.26	1.10	0.001	0.001	0.0001~0.0058

Table 2 Welding conditions

Laser power	Welding speed	Shielding gas	Flow rate
5.5 kW	0.5 m/min	He-0~20%O ₂	30 l/min

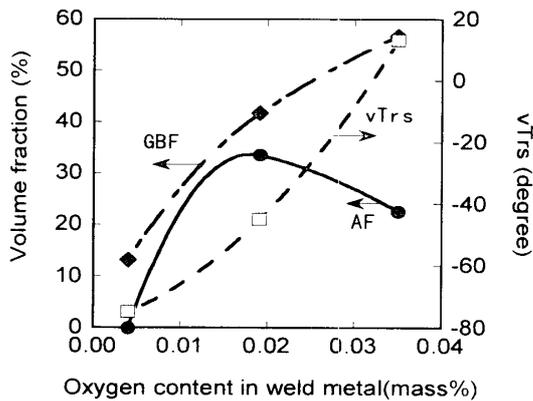


Fig. 1 Effect of oxygen content on microstructure and toughness.

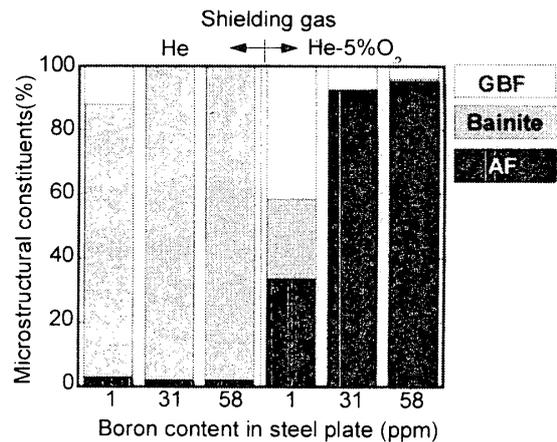


Fig. 2 Effect of boron content on microstructure.

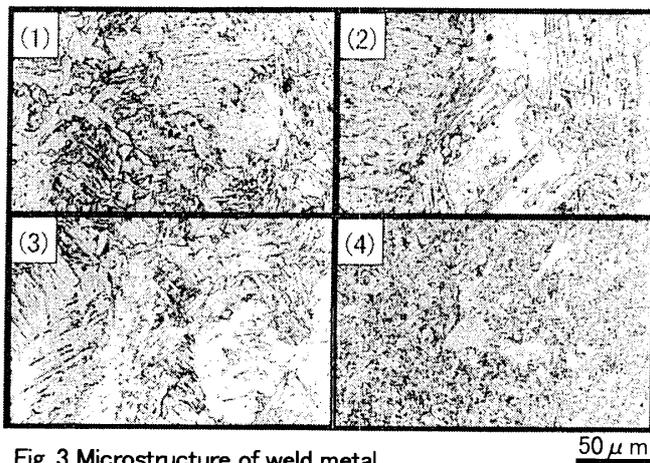


Fig. 3 Microstructure of weld metal.

- (1) B:1ppm, He shielding
- (2) B:31ppm, He shielding
- (3) B:1ppm, He-5%O₂ shielding
- (4) B:31ppm, He-5%O₂ shielding

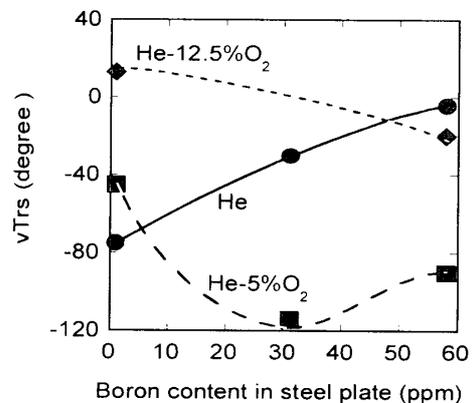


Fig. 4 Effect of shielding gas and boron contents in steel plates on toughness of weld metal.