

(606) 大入熱溶接低温用鋼の継手靱性改善の基本検討

- Si-Mn系低温用鋼の継手靱性改善に関する研究(Ⅰ) -

新日鐵(株) 基礎研究所 ○川島善樹果, 松田昭一
八幡製鐵所 大野恭秀, 岡村義弘
佐藤健夫

1. 緒言

最近、氷海域海構材や LPGタンカー用鋼材など大入熱低温用鋼に対する要求品質は極めて苛酷なものとなりつつあり、溶接継手靱性と母材特性を含めた総合的な材質改善が重要な研究課題である。そのため当社においては、(1)HAZ靱性のみを考慮した成分設計と、(2)加工熱処理による母材の強度靱性確保を製造法の基本原理として開発を進め、低Ceq-Si-MnにB-Tiを複合添加した大入熱、低温用50キロHTを開発した。第(Ⅰ)報においては、継手靱性を中心に開発鋼の基本思想について述べる。

2. HAZ靱性改善の基本思想

Fig. 1にSi-Mn鋼溶接再現熱サイクル材の靱性概念図を示す。大入熱溶接時には針状フェライト(F_A)と上部ベイナイト(B_u)の生成による有効結晶粒(d)の粗大化と脆化組織〔高炭素島状マルテンサイト(M^{*})〕の混在により靱性が著しく低下する。靱性改善の具体的対策として、(1)低Ceq化によるポリゴナルフェライト(F_p)化、(2)低N化、Ti, Al, B

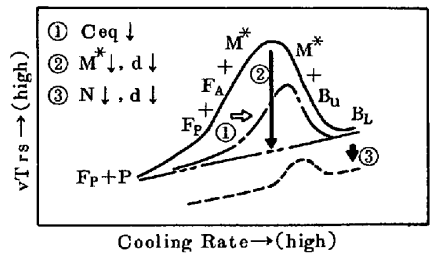


Fig. 1 Schematic representation of the relation between vTrs and cooling rate of simulated thermal HAZ

などの添加による固溶Nの減少、(3)B添加によるM^{*}の生成抑制、(4)Tiなど窒化物によるオーステナイト(γ)の細粒化とF_p変態促進による有効結晶粒の微細化などが考えられる。特に、低N化を前提にした場合にはγ粒の微細化が不可能なためγ→α変態時の組織制御による有効結晶粒の微細化とM^{*}の軽減がHAZ靱性の改善に対して重要なポイントになる。以上の考えに基づき、低N-低Ceq-Si-Mn鋼とそれをベースにB-Tiを複合添加させた鋼(Table. 1)について、1400℃ 130KJ·cm⁻¹相当の溶接再現熱サイクルを施し、靱性を比較した。

Table 1. Chemical compositions of steel (wt%) and main results of simulated thermal HAZ

Steel	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Ti	N	Ceq	vTrs(°C)	γ grain size(μ)	effective grain size (×10 ³ μ)	number of M [*]
Low N	0.06 ~0.08	0.20 ~0.30	1.20 ~1.25	0.010 ~0.015	0.001 ~0.003	0.02 ~0.06	-	-	0.0020 ~0.0030	0.27 ~0.30	-29 ~25	≈600	≈300(μ)	≈0.20
LowN-B-Ti	0.06 ~0.08	0.20 ~0.30	1.20 ~1.25	0.010 ~0.015	0.001 ~0.003	0.02 ~0.06	0.0005 ~0.0030	0.005 ~0.015	0.0020 ~0.0030	0.27 ~0.30	-40 ~45	≈500	≈150(μ)	≈0

3. 実験結果

(1)低N材に比較してB-Ti複合添加材の方が、靱性(vTrs)がすぐれている(Table 1)。(2)低N材のHAZ組織は粒界F_pと粒内F_Aから構成されている(Photo 2)。それに対して、B-Ti複合添加材では、粒界F_pは低N材に比べて厚さが薄く、それとは別に粒内に析出したIntragranular Ferrite Plate (IFP)が顕著に発達していることが極めて大きな特徴として挙げられる(Photo 1, 2) (3)B-Ti複合添加材の有効結晶粒径は低N材に比較して非常に細かい(Table 1)。

以上の結果から、低N-低Ceq-Si-Mn鋼へのB-Ti複合添加は大入熱溶接時のHAZ靱性の改善に非常に有効であり、靱性改善の原因はγ粒内に形成されるIFP組織による有効結晶粒の微細化によると考えられる。

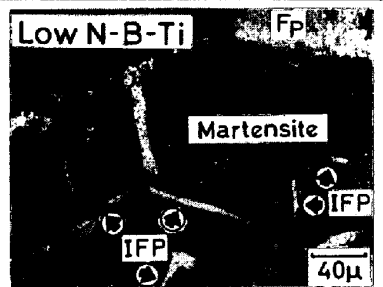


Photo. 1. Microstructure of simulated thermal HAZ quenched from 650°C of α-γ two phase regions

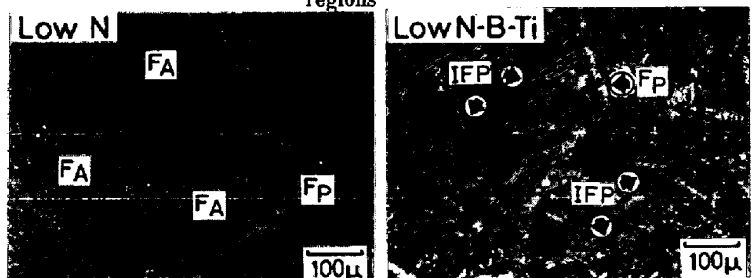


Photo. 2. Microstructures of simulated thermal HAZ