

ボイラ用高強度オーステナイト系ステンレス耐熱鋼用溶接材料 New Welding Consumables for Austenitic Stainless Steel for Boiler Tube

1. はじめに

火力発電用ボイラで用いられる耐熱鋼には、フェライト系耐熱鋼とオーステナイト系耐熱鋼がある。オーステナイト系耐熱鋼はフェライト系耐熱鋼と比較して高温強度が優れるため耐圧部材の中でも最も高い温度になる過熱器や再熱器に多く用いられる。

しかし、18-8系オーステナイト系耐熱鋼で高温強度を高めるためにCを添加すると粒界腐食感受性が高くなる。一方、C以外のMo等の強化合金を添加するとコストが高くなる。新日本製鐵(株)は、この様な問題点を克服するため、耐粒界腐食性を確保するためC量を低減させ、且つ、CrNbVの析出強化と、WおよびNの固溶強化により従来材よりも高い高温強度を有する低C-18Cr-9Ni-W-Nb-V系耐熱鋼XA704(火SUS347J1TB)を開発した¹⁾。図1に、XA704の許容応力を従来から使用されているオーステナイト系耐熱鋼SUS347HTBおよび、従来の18-8オーステナイト系より大幅に高温強度の優れた20Cr-25Ni系オーステナイト系耐熱鋼NF709と比較して示す。XA704は、従来のSUS347HTBと比較して約30MPa許容応力が高く、また、625℃および650℃ではNF709とほぼ同等の強度を有する。

しかし、火力発電ボイラは溶接構造物であるため、XA704を実機へ適用する上で溶接技術の開発は不可欠である。オーステナイト系耐熱鋼の溶接には共金系溶接材料あるいはNi基溶接材料が使用される。Ni基溶接材料として

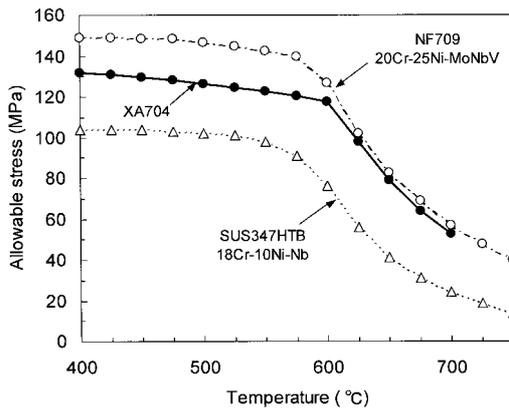


図1 オーステナイト系耐熱鋼の許容応力
Maximum allowable stress of austenitic heat resistant steel

は、例えばAWS ERNiCrMo-3(Inconel625)等があり、これらの溶接材料もXA704に適用できる。しかし、成分の整合性やコスト面を考えると共金系の溶接材料が望ましい。本報告では、この様な背景から開発された、XA704鋼用共金系の溶接材料について解説する。

2. 溶接金属の組成およびその特性

溶接金属中にフェライト相があると、使用中に脆化相に変化し靱性が低下する可能性があり、溶接金属の組織は完全オーステナイト組織であることが望ましい。しかし、一方では完全オーステナイト組織の溶接金属は溶接凝固割れ感受性が高く溶接性が低下する。そのため、新開発の共金系の溶接材料ではオーステナイト生成元素とフェライト生成元素のバランスを最適化し完全オーステナイト組織で且つ、凝固割れを回避した。

表1に、共金系溶接材料により作成された溶着金属の化学組成の一例を示す。溶接方法はGTAWおよびSMAWである。高温強度は母材と同様にWを添加することにより確保している。図2に共金系溶接材料を用いて作成したチューブ継手の溶接金属のマイクロ組織を示す。何れの溶接方法も

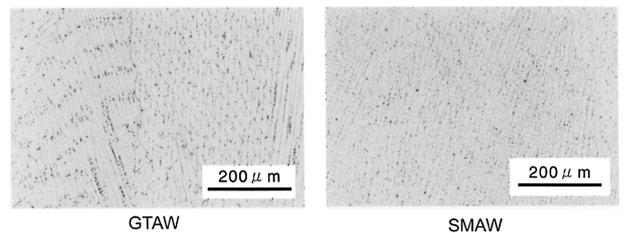


図2 溶接金属のマイクロ組織
Microstructures of weld metals

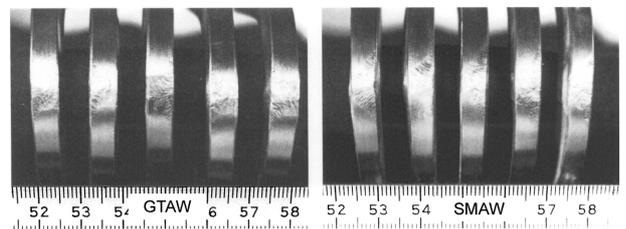


図3 側曲げ試験結果
Macro-appearance of weld joint after side bend test

表1 母材および溶着金属の化学組成の一例
Chemical compositions of base metal and deposited metals (mass%)

| | C | Si | Mn | Ni | Cr | W | Cu | Nb | V | N |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Base metal | 0.03 | 0.27 | 1.69 | 9.85 | 18.5 | 2.13 | - | 0.37 | 0.30 | 0.23 |
| GTAW DM | 0.04 | 0.29 | 1.21 | 13.2 | 18.3 | 2.58 | - | 0.39 | 0.3 | 0.14 |
| SMAW DM | 0.05 | 0.42 | 1.45 | 15.0 | 18.3 | 3.12 | 2.01 | 0.36 | 0.3 | 0.12 |

DM: Deposited metal

ボイラ用高強度オーステナイト系ステンレス耐熱鋼用溶接材料
New Welding Consumables for Austenitic Stainless Steel for Boiler Tube

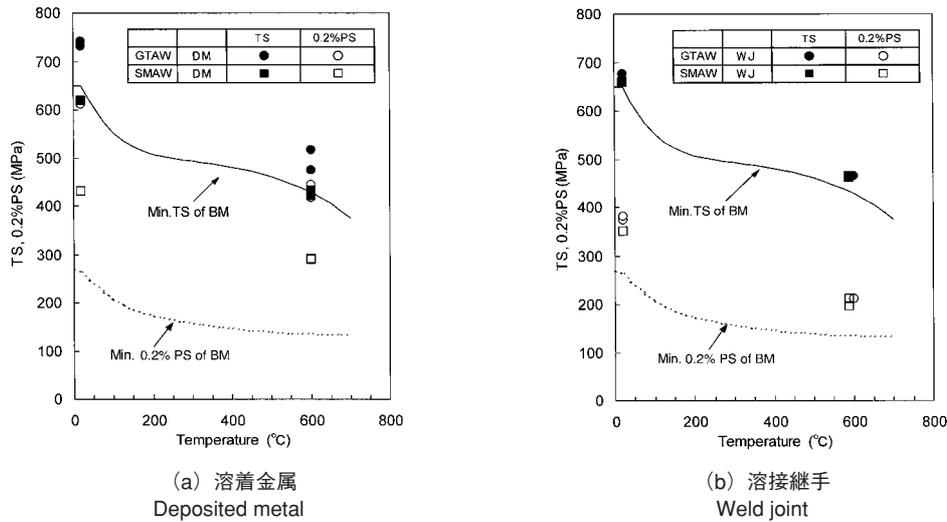


図4 溶着金属および溶接金属の引張強度
Tensile properties of deposited metals and weld joints

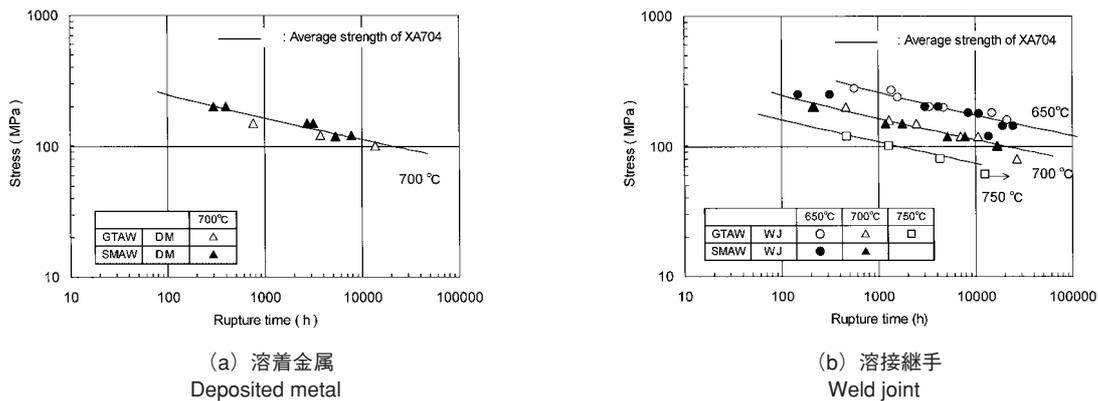


図5 溶着金属および溶接金属のクリーク破断強度
Creep rupture strength of deposited metals and weld joints

表2 溶着金属の靱性
Toughness of deposited metals

| Welding method | Absorbed energy at 20°C (J) |
|----------------|-----------------------------|
| GTAW | 163, 167, 166 Ave. 165 |
| SMAW | 105, 122, 122 Ave. 116 |

完全オーステナイト組織を呈している。

図3は共金系溶接材料を用いて作成した溶接継手の側曲げ試験結果である。何れの溶接方法でも、側曲げ試験後の浸透探傷試験においても割れは認められず、完全オーステナイト組織であるが、高温割れの無い健全な溶接部が得られている。

図4に溶着金属および溶接継手の引張強度を示す。図4(a)に示す様に溶着金属の引張強度は母材と同等以上の値を示す。そのため、図4(b)に示す様に溶接継手の引張試験においても母材と同等以上の引張強度を示している。表2は溶着金属の靱性を示す。良好な値を示している。

図5は溶着金属および溶接継手のクリーク破断強度を示

す。図中実線は母材の平均値である。GTAW, SMAW共に溶着金属は母材と同等のクリーク破断強度を示している。この結果、この溶接材料を用いて作成したチューブ継手から作成した溶接継手のクリーク破断強度も母材と同等の優れた値を示す。

3. まとめ

溶着金属の組成を最適化することにより、新開発のオーステナイト系耐熱鋼XA704に適合した共金系溶接材料を開発した。この溶接材料を用いることにより、健全で且つ母材と同等の高温強度を持つ溶接継手を得ることができた。

参考文献

- 1) 石塚哲夫 ほか：新日鉄技報。(380), 91(2004)