

高Cr鋼溶接継手の溶接熱影響部の組織

株式会社 IHI ○久布白圭司 森島敬子 伊藤拓哉 吉澤廣喜

Microstructure of Heat Affected Zone in High Cr Steel Weldment

Keiji KUBUSHIRO

1 緒 言

高Cr系耐熱鋼は火力発電ボイラの配管等に非常に多く用いられている。最近では、火STPA28に加え、火STPA29、火SUS410J3系の適用も多く進んでいる。この3鋼種の材料組織は焼戻しマルテンサイト組織であり、微細なマルテンサイト組織に炭化物を析出させ、クリープ強度を得ている。このクリープ強度は、溶接を施すと母材よりも低下し、かつ溶接熱影響部のHAZ細粒域で破壊するタイプIVクラックが発生する。本研究では、HAZ細粒域の形成の違いを明らかにすることを目的とし、火SCMV28鋼、火STPA29、火SUS410J3系鋼の溶接継手の組織を比較した。

2 実験方法

供試材は、火SCMV28鋼(9Cr鋼)、火STPA29(9Cr鋼)、火SUS410J3系鋼の3鋼種である。溶接方法とPWHT条件をTable.1に示す。火SCMV28鋼については、溶接後熱処理時間による変化を観察するため、4条件にて熱処理を施した。溶接後の組織観察には、光学顕微鏡、SEMを用い、結晶方位測定には、EBSP法を用いた。EBSP法で観察する試料は、エメリーペーパー#1500まで仕上げ、OPA(アルミナ懸濁液)にて30min化学研磨を行った。その後、溶接線から0.5mmピッチでビッカース硬さにて圧痕を加え、圧痕を目印に0.5mm間隔で、HAZから母材まで測定した。

Table.1 溶接方法と熱処理条件

鋼種名	溶接方法	PWHT条件
火SCMV28鋼	SAW	740°C×2h
火STPA29鋼	SMAW	760°C×6h
火SUS410J3系鋼	SMAW	740°C×8h

3 実験結果

火SCMV28鋼溶接継手の溶接熱影響部のEBSP観察結果をFig.1に示す。ブロック境界およびバケット境界を薄い線、旧オーステナイト粒界を含むランダム粒界を黒色に示す。ランダム粒界には、回転角が10°以上のものを選定した。ブロック境界およびバケット境界の同定は、計算から得られたマルテンサイト晶の回転角と回転軸¹⁾を用いて同定した。ただし、今回の測定では、マルテンサイトをBCC構造として取り扱っているため、ブロック境界には、4通り、バケット境界には11通りの回転軸と回転角の組み合わせを用いた。回転角の許容度を5°としている。溶接線から0.5mmの領域の観察結果では、バケット境界の中に、ブロック境界が観察される。また、

いくつかのブロック境界、バケット境界を含めたランダム粒界が観察されるため、この粒界が旧オーステナイト粒界であると考えられる。溶接線の1.5mmから2.5mmの領域では、溶接線近傍で観察された直線的なブロックおよびバケット境界はほとんど観察されなかった。逆に、ランダム境界は多く観察され、そのサイズは非常に微細であった。同様の観察を他の2鋼種についても行った。

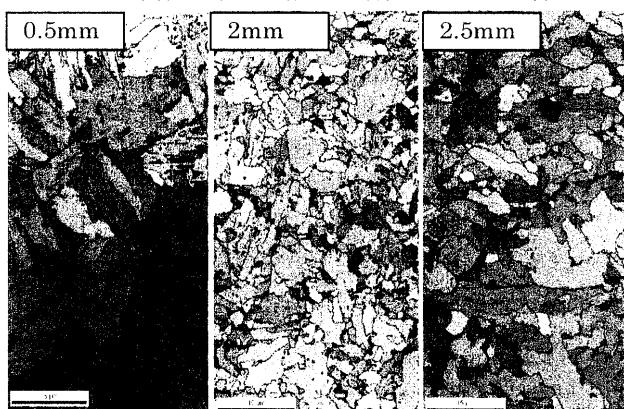


Fig.1 EBSP image in KA-SCVMV28

4 考察

観察結果を定量的に評価するため、結晶粒界の量化を行った。火SCMV28鋼溶接継手の粒界の回転角をFig.2に示す。この回転角には、回転軸が考慮されていないため、全ての粒界の割合となる。また60°近傍に大きなピークがあるため、5~50°、50~64°までに分けて示す。回転角のみから予想されるブロック境界の回転角には▼を、バケット境界と予想される回転角には▽をマークしている。回転角の結果からは、ブロック境界およびバケット境界と予想される領域の一部にピークが認められる。この割合は、溶接線近傍および母材領域に多い。一方、HAZ細粒域であると想定される1.5~2.5mmの間では、マルテンサイト組織ではほとんど存在しない22~46°の間の粒界が多く観察される。この領域が先ほど観察されたランダム粒界であると推定される。このことから、溶接線から1.5~2.5mmの領域では、溶接時に(α+γ)2相領域に昇温された後、一部γ→α変態が生じ、マルテンサイト変態しない領域があったと推察される。

火STPA29溶接継手の評価結果をFig.3に示す。先ほどの火STPA28と同様に、HAZ粗粒域では、ブロック、バケット境界のピークしか観察されなかった。一方溶接線から2~3mmの領域では、多数のランダム粒界が観察されることから、マルテンサイト組織では、ない領域が存在すると推察される。長谷川ら²⁾は、Gr.92を用いて、

HAZ 細粒域では、溶接まで回復サブグレイン領域が観察されると報告している。今回のEBSP観察では、装置の精度上サブグレインは観察されなかったが、結晶粒内にも細かな回復サブグレインが形成されていると推察される。

火SUS410J3TP鋼溶接継手の評価結果をFig.4に示す。先ほどまでの9Cr系の耐熱鋼とは異なり、ブロック、パケット境界以外の割合は、溶接線から離れている領域においても、変化しなかった。このことは、他の2鋼種とは異なり、HAZにおいても、ほぼ全面焼戻しマルテンサイト組織であると推察される。ブロックおよびパケット境界はクリープ中でも非常に安定であるため³⁾、組織観察結果だけから考えると、火SUS410J3TP鋼溶接継手が最も組織的に安定であると推察される。

4 結論

最近開発された高Cr系耐熱鋼の溶接継手を製作し、溶接熱影響部の観察を行った。得られた結果を列挙する。
 1) 9Cr系耐熱鋼では、溶接熱影響部に、ランダム境界が多数観察される領域が観察された。
 2) 火SUS410J3TP鋼溶接継手では、9Cr鋼に見られたブロック境界、パケット境界以外の粒界はほとんど観察されなかった。

参考文献

- 1) H.Kitahara, R.Ueji, N.Tsuji and Y.Minamino: Acta Mater., 54, (2006), 1279.
- 2) 長谷川泰士、村木太郎、大神正浩：鉄と鋼, 92(2006), 618
- 3) 光原昌寿、盛岡真也、波多聰、池田賢一、中島英治；耐熱金属材料第123委員会研究報告, 50 (2009), 37

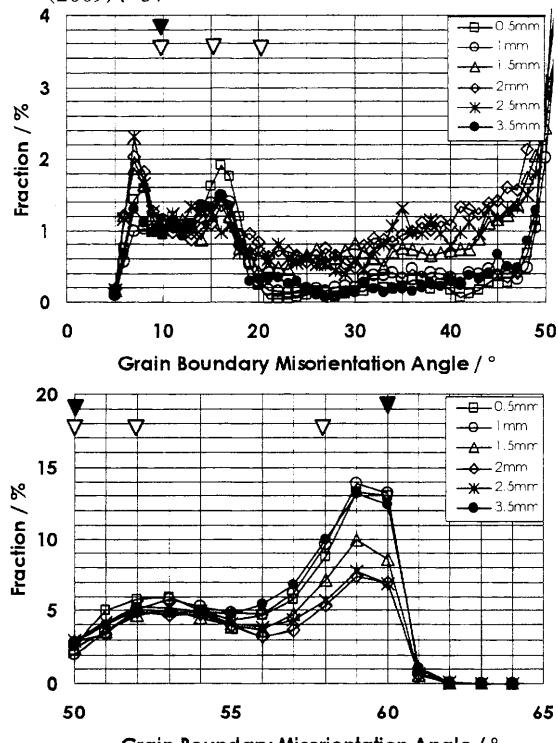


Fig.2 Relationship between grain boundary misorientation and fraction in KA-SCMV28

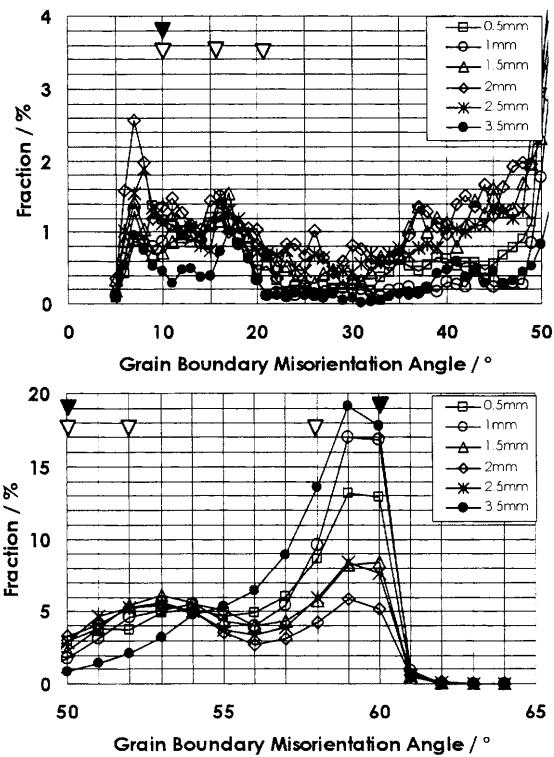


Fig.3 Relationship between grain boundary misorientation and fraction in KA-STPA29

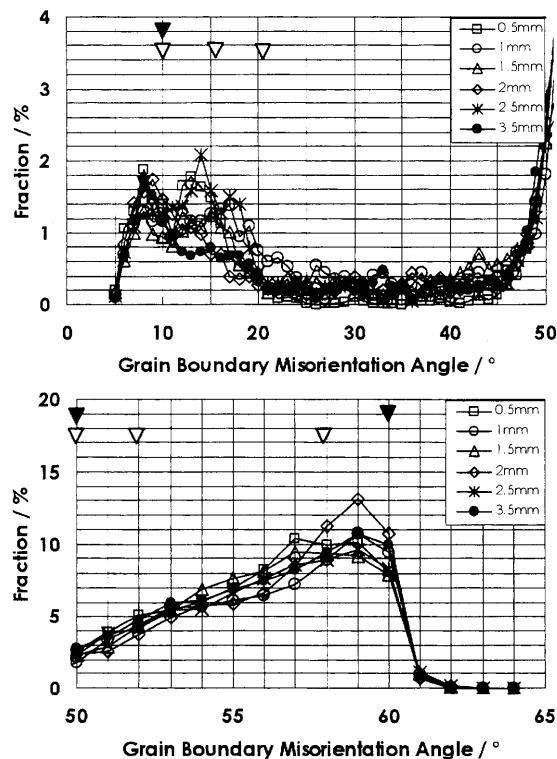


Fig.4 Relationship between grain boundary misorientation and fraction in KA-SUS410