

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、エメリー紙で #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℃×2h
火 STPA29 鋼	SMAW	760℃×6h
火 SUS410J3 系鋼	SMAW	740℃×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。

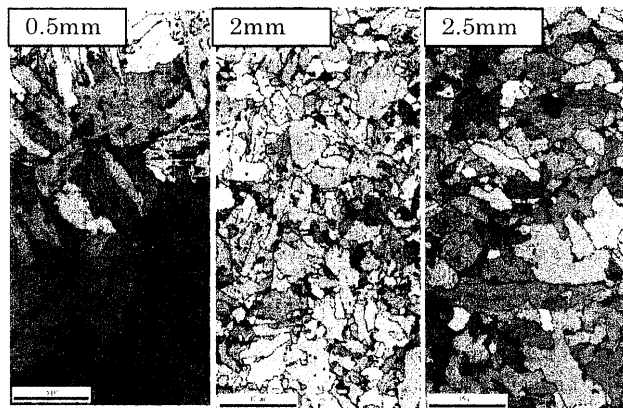


Fig.1 EBSP image in KA-SCVMV28

4 考察

観察結果を定量的に評価するため、結晶粒界の定量化を行った。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 ($\alpha + \gamma$) 2 相領域に昇温された後、一部 $\gamma \rightarrow \alpha$ 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。先ほどの 9Cr 系の耐熱鋼とは異なり、ブロック、バ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。ブロックおよびバ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、バ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.Tsui 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

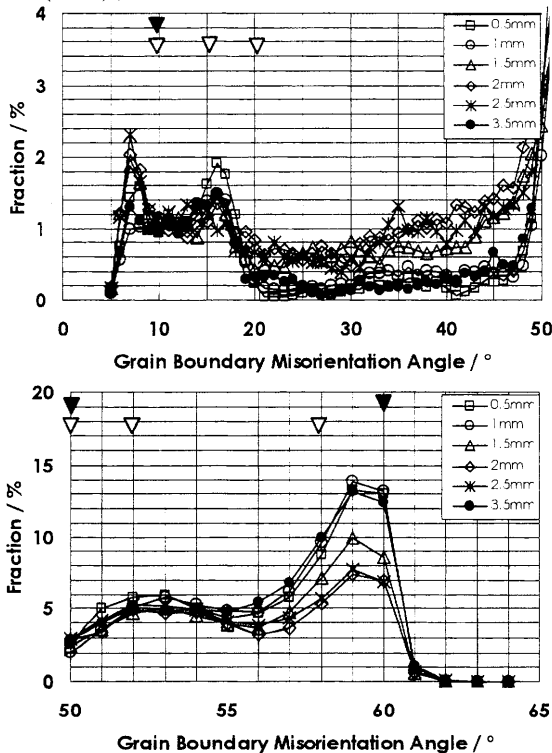


Fig.2 Relationship between grain boundary misorientation and fraction in KA-SCMV28

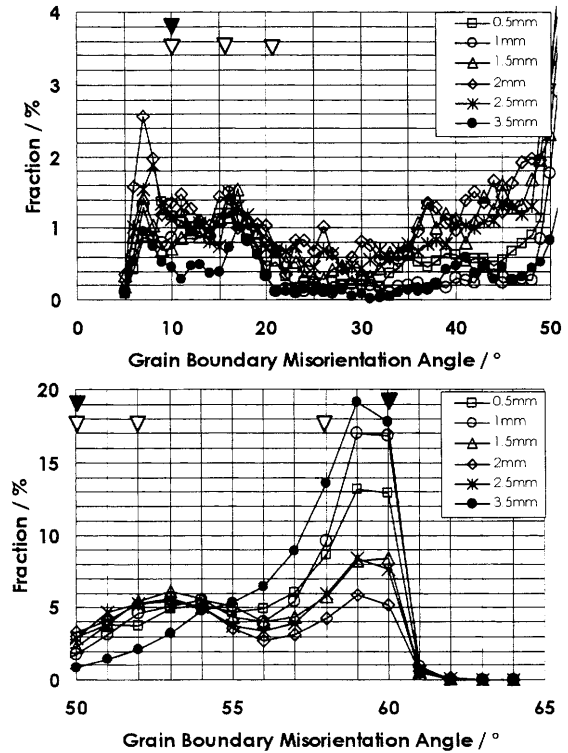


Fig.3 Relationship between grain boundary misorientation and fraction in KA-STPA29

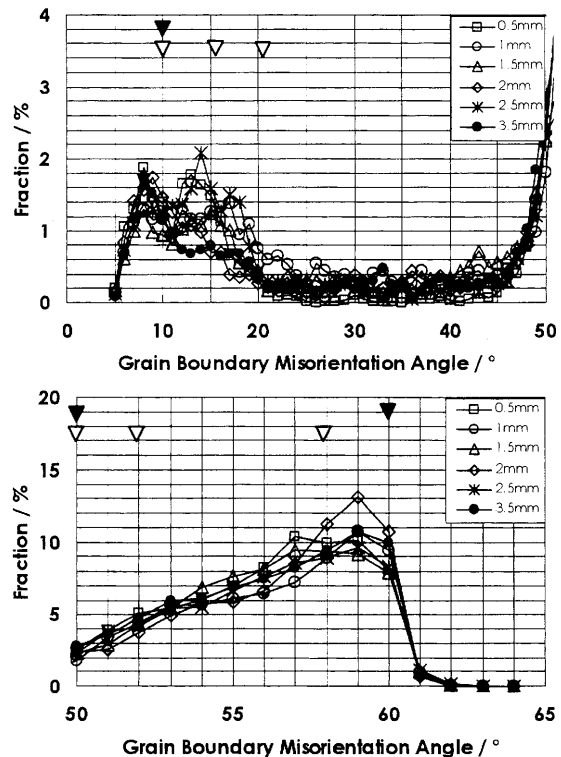


Fig.4 Relationship between grain boundary misorientation and fraction in KA-SUS410