413

# 8Cr-2W-VTa 鋼溶接継手局所領域のクリープ特性評価

# 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発研究体 (JRCM:(財)金属系材料研究開発センター) 室蘭工大 〇加藤太一朗(院), 駒崎慎一, 幸野 豊, 原子力機構 谷川博康

Creep Property Evaluation of Local Regimes in Welded Joint of 8Cr-2W-VTa Steel

"Fundamental Studies on Technologies for Steel Materials with Enhanced Strength and Functions"

Consortium of JRCM (The Japan Research and Development Center for Metals)

Taichiro KATO, Shin-ichi KOMAZAKI, Yutaka KOHNO and Hiroyasu TANIGAWA

#### 1. はじめに

高 Cr フェライト系耐熱鋼の Type IV 破壊に代表される溶接 継手での強度低下の機序を明らかにするためには、溶接熱 影響部細粒域といった局所領域におけるクリープ特性を高精 度に計測・評価する必要がある。しかし、薄肉部材に適用可 能なスモールパンチ(SP)クリープ試験でも、その試験片サイ ズ(10×10×0.5 mm)<sup>1)</sup>では依然として大きい。また、本研究で 使用した電子ビーム溶接になると熱影響部(HAZ)全体の幅 は2 mm 程度とさらに狭くなり、従来に比べより小さな試験片を 用いた計測法が要求される。本研究では、8Cr-2W-VTa 鋼溶 接継手局所領域(HAZ 細粒域、HAZ 焼戻し域)を対象にし て、TEMディスクサイズ SP試験片(\$3.0×0.25 mm)を用いた クリープ特性評価について検討した。

#### 2. 供試材および実験方法

供試材は、低放射化フェライト鋼 (Fe-8Cr-2W-0.2V-0.04Ta) である。厚さ15 mm の平板に対して、速度400 mm/min、電流 0.2 A、電圧90 kV の条件にて電子ビーム(EB)溶接した。その 後、溶接継手を993 K/1 h の溶接後熱処理に供した。溶接継 手の室温における硬さの分布をFig. 1 に示す。BM は焼戻し マルテンサイト組織であり、この領域の硬さは約200Hv であっ た。FZの硬さがもっとも高く(約250Hv)、THAZでもっとも軟化 (約175Hv)していた。



Fig. 1 Hardness distribution of EB welded joint.



Fig. 2 Examples of SP creep curves measured on the BM.

この EB 溶接継手より $\phi$ 3 mm のロッド状試験片を溶融線に 対し垂直になるようにワイヤーカットにて切出した後、HAZ 細 粒域 (FGHAZ)、HAZ 焼戻し域 (THAZ)、母材部 (BM) のそ れぞれより厚さ 0.35 mm のディスク状試験片をスライスした。こ の試験片を厚さ 0.28 mm まで研磨した後にエッチングを行い、 目標領域から採取できていることを改めて確認した。最終的な 試験片形状は $\phi$ 3×0.25 mm であり、試験片両面をバフ研磨 にて鏡面仕上げとした。

SP クリープ試験は、温度 823~923 K、負荷荷重 50~90 N の条件にて実施した。荷重は φ 1.0 mm のパンチャーと Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>



Fig. 3 Examples of creep deflection rate curves measured on the BM.

ボールを介して試験片表面中央に負荷した。また、変形量は 荷重線上変位として、圧縮ロッドの移動距離より測定した。な お、試験片の酸化を防ぐため、試験雰囲気は Ar ガスとした。

#### 3. 結果および考察

## 3.1 TEM ディスクサイズ試験片の SP クリープ特性

BM で測定された時間-荷重線上変位曲線(SP クリープ曲線)の例を Fig.2 に示す。従来サイズの試験結果 りに比べ変位量は半分程度に小さくなるものの、曲線形状にほとんど違いは見られない。負荷直後の大きな変位は、クリープ変形というよりはむしろ曲げ変形によるものである。破断時間は試験条件に応じて異なるが、破断時の変位にはあまり相違は認められず 1 mm 程度で破断している。負荷時間に対しクリープ変位速度をプロットしたものを Fig.3 に示す。遷移域におけるクリープ速度には差異は認められない。ただし、試験条件がマイルドになるにつれて最小クリープ速度が減少し、結果的に破断時間が長時間側にシフトしている。なお、最小クリープ速度が現れる変位量は試験条件によらずおよそ0.6 mm であった。破断試験片の SEM 観察を行ったところ、破壊はすべてひずみが集中する円周上に沿って生じており、破面はディンプルを伴う粒内延性破壊を呈していた。

## 3.2 HAZ 局所領域の SP クリープ特性

FGHAZ と THAZ で計測された最小クリープ変位速度と破 断時間の関係を、BMのものと併せて Fig. 4 に示す。同図には、 標準の $\phi 6$  mm 丸棒試験片より得られた単軸クリープ試験の 結果も併せてプロットしてある。同図からわかるように、試験片 採取位置による大きな相違は認められない。また、両対数プロ ットした際の傾きはおよそ-1 となり、単軸クリープと同様に Monkman-Grant 則が成立している。

各領域の SP クリープ破断試験結果を、単軸クリープのもの と併せ Larson-Miller パラメータ (C=35)により整理したものを Fig. 5 に示す。多少ばらつきはあるものの、今回の試験条件に おいては、FGHAZ および THAZ の SP クリープ破断強度は BM のそれとあまり大きく違わないのがわかる。この結果は、高 応力側における母材部 (BM)と溶接継手 (WJ)の単軸クリープ 試験結果の関係と良く整合していた。WJ については、もっとも 硬度の低い THAZ 付近で破断した低応力側での試験結果 ( $\Delta$ \*)を除けば、破断はすべて BM 側で生じていた。

#### 3.3 単軸クリープ試験結果との相関

Fig. 4の単軸クリープの最小ひずみ速度( $\varepsilon_{min}$ )とSP クリープの最小変位速度( $\delta_{min}$ )の関係を、Dobešら<sup>2)</sup>の方法にて算出した。その結果、 $\varepsilon_{min} = 0.29 \delta_{min}$ という関係が得られた。この定数 0.29 は、試験片サイズが異なるにもかかわらず Dobešらが報告している定数と比較的よく一致していた。

SP クリープ試験結果を単軸クリープ試験のそれに対応させるためには、荷重を応力に換算する必要がある。本研究では、 BM について、SP クリープと単軸クリープの破断試験結果(Fig. 5 中の破断曲線)が一致する際の荷重(P)と応力(の)の関係を 求めた。その結果、P=0.43 oという関係が得られ、この荷重/応 力変換係数 0.43 は従来サイズの試験片で得られている係数 2.4 に比べ 1/6~1/5 程度小さな値になった。



Fig. 4 Relationship between minimum creep deflection rate and time.



Fig. 5 Results of SP creep test obtained from the BM, THAZ and FGHAZ and uniaxial creep test obtained from the BM and WJ.

#### 4. まとめ

8Cr-2W-VTa 鋼溶接継手局所領域(HAZ 細粒域、HAZ 焼 戻し域)を対象にして、TEM ディスクサイズ SP 試験片( $\phi$ 3.0×0.25 mm)によるクリープ特性評価について検討した。そ の結果、今回行った試験条件においては、FGHAZ および THAZ の SP クリープ特性は BM のそれとあまり大きく違わなか った。これは、高応力側における母材部(BM)と溶接継手 (WJ)の単軸クリープ試験結果の関係と良く整合していた。ま た、母材部において、SP クリープと単軸クリープの破断試験結 果が一致する際の荷重(P)と応力( $\sigma$ )の関係を求めたところ、  $P=0.43\sigma$ という関係が得られた。

本研究の一部は、財団法人金属系材料研究開発センター (JRCM)が新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの業務委託により実施する「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発研究対」の研究成果であることを記し、 謝辞を表する。

#### 参考文献

- T. Nakata, S. Komazaki, Y. Kohno, K. Shiba, A. Kohyama and T. Hashida: J. Japan Inst. Metals. 70 (2006) 130-133.
- 2) F. Dobeš and K. Milička: Materials Science and Engineering A336 (2002) 245-248.