

403 スモールパンチクリープ試験と単軸・内圧クリープ試験の関係

(住金テクノ) ○小林 十思美 伊崎 暢 (九州電力) 楠元 淳一 金谷 章宏

Residual Life Evaluation of Boiler Pipe by SPC, Uni-axial and Internal pressure Creep test

(Sumitomo Metal Technology) Toshimi KOBAYASHI and Toru IZAKI (Kyushu Electric Power) Junichi KUSUMOTO and Akihiro KANAYA

1 緒 言

スモールパンチクリープ (以下, SPC という) 試験は, 実機対象部位の表面から薄いサンプルを採取してクリープ試験を実施するもので, クリープ余寿命を非破壊的かつ高精度に評価するものである。

しかし, 本試験の力学パラメータは荷重であり, 応力をパラメータとする実機の評価にはそのまま適用できない。そこで, STPA24 (2.25Cr-1Mo 鋼) に関して破断時間同一となる SPC 試験の荷重と単軸クリープ試験の応力の相関性について検討し, 広範囲にわたり試験温度・破断時間に影響されない荷重-応力の換算式の存在を見出した。この結果, 単軸応力下の部位の余寿命を簡単な換算式を用いた SPC 試験により高精度に評価できる目処を得た^{1) 2)}。

本研究では, 内圧応力下の実機部材の評価に SPC 試験を適用するため, STPA23 (1.25Cr-0.5Mo 鋼) に関して SPC 試験と単軸試験の荷重-応力の換算式を使用して内圧試験片の余寿命を検討した。また, 破断した内試験片の破断部近傍について SPC 試験を行い, 経年劣化部材の評価精度について検討した。

2 試 験

2.1 供試材

外径 50mm×肉厚 10mm の STPA23 新材を供試材として使用した。

2.2 試験片

SPC 試験片は長さ 10mm×幅 10mm×厚さ 0.5mm とし, エメリー紙研磨仕上 (#1200) とした。単軸試験片は平行部が直径 6mm×標準距離 30mm とした。内圧試験片は外径 50mm×肉厚 10mm×長さ 200mm を 2 本を突合周溶接 (Tig 溶接, 共金溶接材料) して製作した。

2.3 試験方法

SPC 試験装置の概要を Fig.1 に示す。試験要領は試験片を上下ダイに固定し, 試験片に直径 2.4mm のアルミナ製ボールを通して荷重を負荷した。なお, 下側ダイ方向から試験片に変位計を接触させ, 試験片変位 δ の測定を

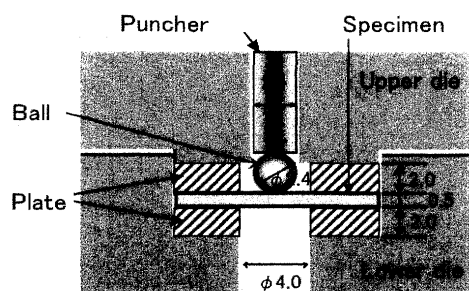


Fig.1 Small punch creep apparatus

行なった。また, SPC 試験片は酸化の影響を受けやすいので, アルゴンガス雰囲気中で試験を実施した。

2.3 試験結果

(I) SPC 試験と単軸試験

SPC 試験荷重を 175N~350N とし, それぞれの荷重レベルで温度を変化させた SPC 試験を行なった。また, 単軸試験の応力は 50MPa~100MPa とし, それぞれの応力レベルで温度を変化させた単軸試験を行った。

Fig.2 はこれらの試験データをラルソンミラーパラメータ (以下, LMP という) で整理したものである。Fig.3 は Fig.2 から SPC 試験の LMP_{SPC} と単軸試験の LMP_{uni} が同じになる荷重と応力を求め, 同一破断時間の荷重-応力の換算を調査したものである。Fig.3 には, これまで行なった 2.25Cr-1Mo のデータ²⁾ も記載した。

以上の結果から, STPA23 に関する同一破断時間となる SPC 試験荷重と単軸試験応力の換算は, 2.25Cr-1Mo 鋼の経年母材等の場合と同じであることがわかる。

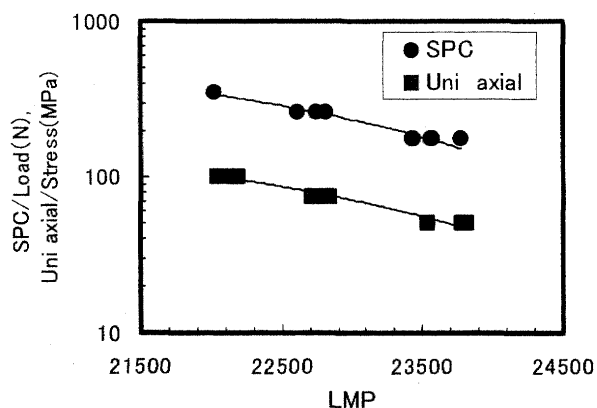


Fig.2 Results of SPC test and uni-axial creep test on STPA23

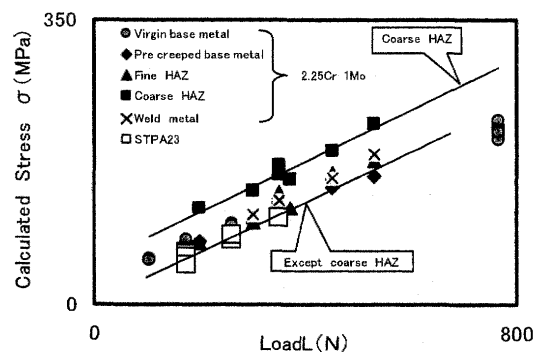


Fig.3 SPC test load that give the same rupture time as uni-axial creep test.

2.4 SPC 試験と内圧試験

突合溶接した STPA23 の内圧試験片を用い、試験温度 636℃ と平均径式による周応力 49MPa の内圧クリープ試験を行なった。Fig.4 は 1409.6hr で母材破断した内圧試験片である。破断までに 4 回中断して外径を測定し、外径歪み-消費率 (中断時間/破断時間) の関係も調査した。Fig.3 から求めた STPA23 の同一破断時間となる SPC 試験荷重と単軸試験応力の換算式を用いて、Fig.2 に記載されたデータと内圧試験データを整理した (Fig.5)。内圧試験データは SPC 試験データの曲線上にある。SPC 試験により内圧試験の破断データを推定することが可能と考えられる。

破断した内圧試験片の破断部近傍で SPC 試験片を採取した。外径歪み-消費率の関係よりこの部分の消費率は 87% と推定された。この SPC 試験片を用いて荷重は 280N 一定とし、試験温度を変化させたアイソストレスタイプの試験を行った。破断データと変位を Fig.6 と Fig.7 にそれぞれ示す。Fig.6 には、新材の荷重-LMP の SPC 試験データ (Fig.2) より計算した 280N における新材の破断データも記載した。消費率 87% 部分の SPC 試験の破断時間 t_{r_s} と新材の破断時間 t_{r_n} の比 t_{r_s}/t_{r_n} は概ね 20% であり消費率は 80% 程度である。消費率が進んだ内圧試験片は SPC 試験により高い精度で評価できると考えられる。Fig.8 に示す通り SPC 試験片採取部分は結晶が変形しているがボイドは観察されなかった。

3 まとめ

STPA23 の同一破断時間となる SPC 試験荷重と単軸応力の換算は、STPA24 の場合の同じであることを確認した。

荷重-応力の換算式により新材の内圧試験片の破断時間を予測できることが明らかとなった。

また、消費率が進んだ内圧試験片は SPC 試験により高い精度で寿命評価できることが判明した。

参考文献

- 1) 金谷章宏ら、M&M2004, 04-6, 179 (2004)。
- 2) 楠元淳一ら、耐熱金属材料 123 委員会, 49No1, 32(2008)

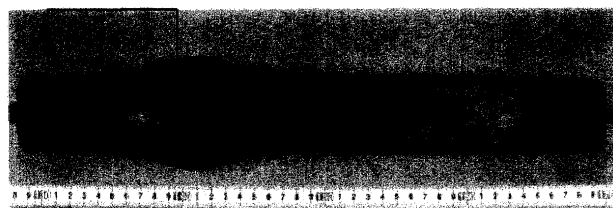


Fig. 4 Ruptured internal pressure test specimen.
(636℃, 49MPa, $t_r=1409.6$ hr)

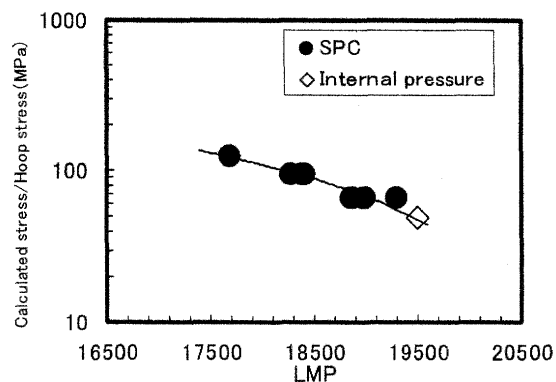


Fig.5 Results of calculated SPC test and internal pressure test on STPA23

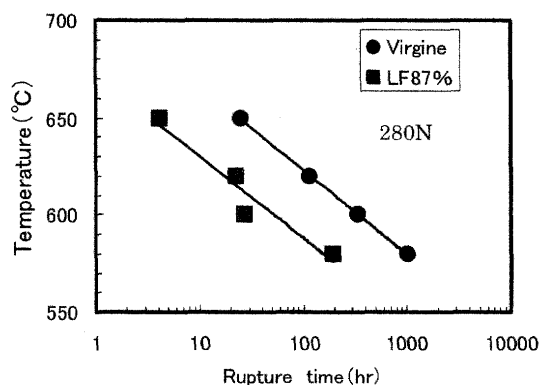


Fig.6 SPC test on 87% life fraction portion and virgin portion of internal pressure test specimen

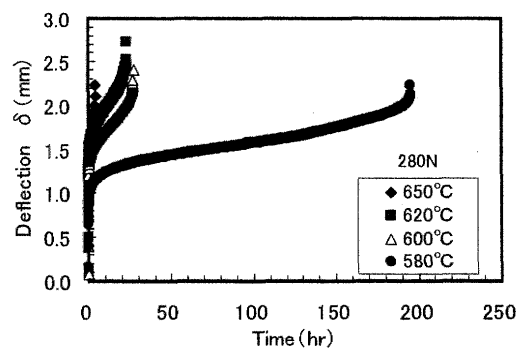


Fig.7 Deflection δ in SPC test on 87% life fraction portion of internal pressure test specimen

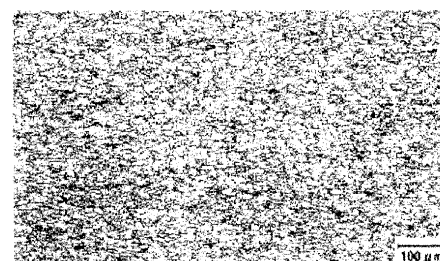


Fig.8 Microstructure on 87% life fraction portion of internal pressure test specimen