

ノート

ステンレス鋼における最適疲労設計基準の確立

櫻庭 健一郎^{*1)}

Defining the design rule of the fatigue strength of stainless steel

Kenichiro Sakuraba^{*1)}

キーワード：ステンレス鋼，疲労強度，加工硬化

Keywords：Stainless steel, Fatigue strength, Work-hardening effect

1. はじめに

オーステナイト系ステンレス鋼は，非常に加工硬化しやすい性質を有しているため，これら塑性加工製品においては，加工硬化の影響が残留する可能性がある。安全に使用できる製品を設計するうえでは，加工硬化が製品の強度におよぼす影響を明確化する必要がある。これまで，加工硬化が機械的性質および疲労特性におよぼす影響を調査した研究は数多く報告されている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。しかしながら，実製品の疲労強度設計および品質管理に主眼を置き，表面硬さから機械的性質および疲労強度を総合的に推測することを目的とした定量的データを示した研究は少ない。そこで本研究では，SUS304 ステンレス鋼における加工硬化が，機械的性質，疲労強度におよぼす影響を定量化し，最適な疲労設計基準を確立することを目的とした。

2. 実験方法

本研究では，SUS304 鋼板を母材として使用した。機械的性質の測定は，厚さ 1.5 mm の JIS 5号引張試験片を用いて行った。図 1 に疲労試験片の形状を示す。疲労試験片は，平行部の長さ 20 mm，幅 10 mm，厚さ 1.5 mm のダンベル形試験片とした。この供試体において，固溶化熱処理により加工硬化を除去した試料（以下，ひずみ無と称す）および 3%，5%，10%ひずみに相当する応力を加えて加工硬化させた試料を作成し（図 2），機械的性質の測定，疲労試験を行った。疲労試験は，室温大気中にて片振り（引張荷重）の正弦波による応力繰返し試験とし，応力を変化させ，それぞれの応力における破断までの繰返し回数を測定した。

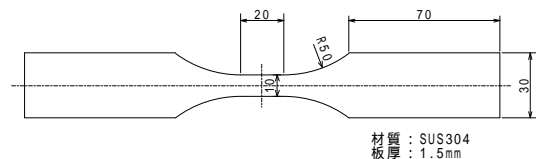


図 1. 疲労試験片形状

3. 結果及び考察

図 3，図 4 に引張強さおよび 0.2%耐力の測定結果を示す。ひずみ無に比較して，ひずみ付加量が増加するにしたがって，引張強さ，0.2%耐力の値も増加する傾向が確認できる。一方，図 3 に観られる破断伸び量は，ひずみ付加量の増加とともに減少しており，ひずみを加えることによって延性が失われていく傾向があることがわかる。

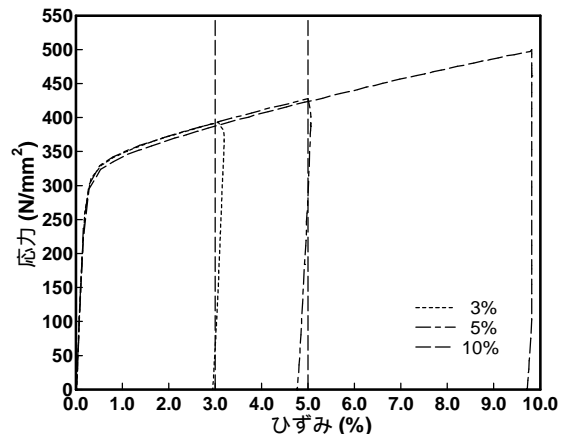


図 2. 疲労試験片作成時（ひずみ負荷時）における応力 - ひずみ線図

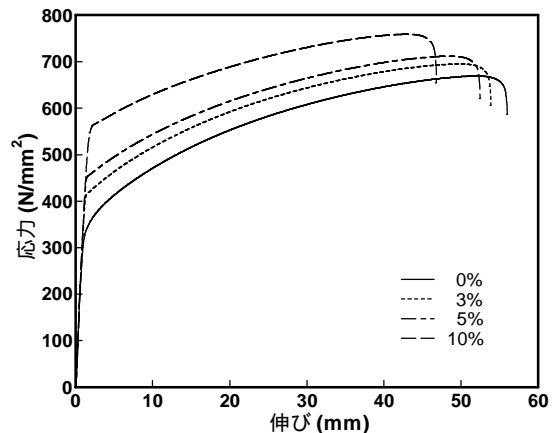


図 3. 各試料の機械的性質（引張強さ）評価における荷重-伸び線図

*1) 技術経営支援室

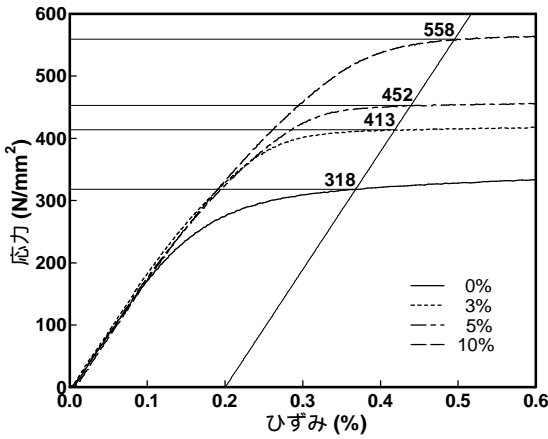


図4. 各試料の機械的性質(0.2%耐力)評価における応力-ひずみ線図

表1. 試料表面ピッカース硬さ

試料	HV0.5
ひずみ無	187
3%ひずみ	211
5%ひずみ	217
10%ひずみ	246

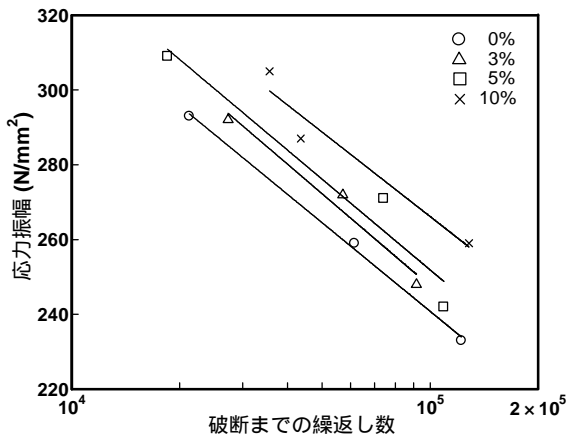


図5. ひずみを付加した SUS304 鋼板の S-N 線図

表1は、試料表面のピッカース硬さを測定した結果である。ひずみ無に対して、ひずみ量が増加するにしたがって、加工硬化により試料表面の硬度が著しく増加することが確認できる。

図5は、各試料において疲労試験を行った結果得られたS-N線図である。ひずみを付加することで引張強度も増加することから、疲労強度においてもひずみ量の増加とともに向上していることが確認された。

図6に、各試料において測定された機械的性質とピッカース硬さの関係を示す。硬度の増加とともに、引張強さ、0.2%耐力、降伏比(=100×0.2%耐力/引張強さ(%))が比例的に増加することがわかる。しかしながら、伸び(=100×(1-l₀)/l₀(%), l: 破断面を突き合わせた時の標点間の長さ, l₀: 標点距離(=50mm))は著しく低下しており、加工硬化により脆性破壊しやすくなる傾向が観察される。

図7に、2×10⁴回、5×10⁴回、2×10⁵回における時間強度、疲労限度比(=100×時間強度/引張強さ(%))とピッカース硬さの関係を示す。

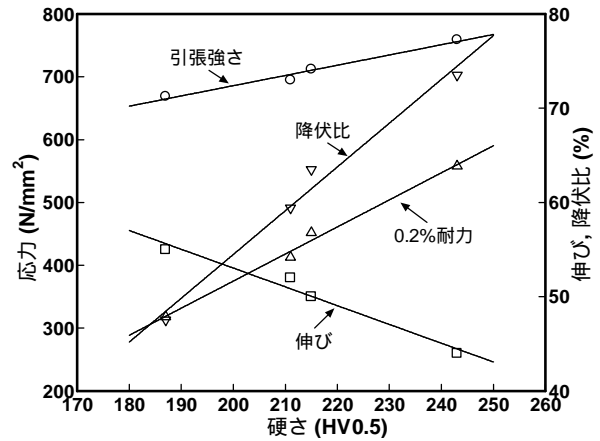


図6. 機械的性質(引張強さ, 0.2%耐力, 伸び, 降伏比)とピッカース硬さの関係

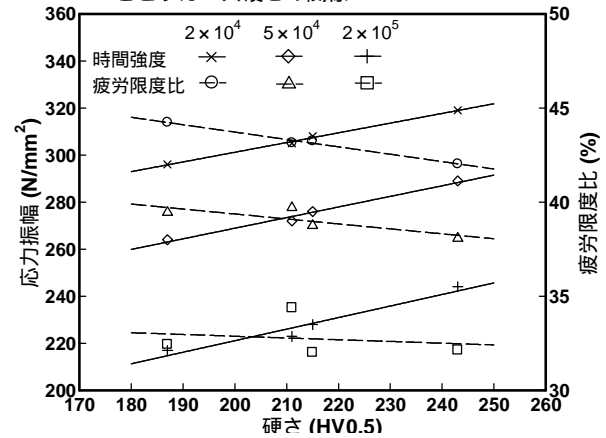


図7. 2×10⁴回, 5×10⁴回, 2×10⁵回における時間強度, 疲労限度比とピッカース硬さの関係

ース硬さの関係を示す。疲労特性においては、ピッカース硬さの増加とともに時間強度の増加および疲労限度比の低下が認められるが、ともに硬さの変化と良い相関性が確認できる。したがって、表面硬さから疲労強度の推測が可能であることがわかる。

4. まとめ

SUS304 鋼板に3%, 5%, 10%ひずみを加え、それぞれの機械的性質、疲労特性の比較を行った結果、加工硬化による硬さの変化と機械的性質、疲労特性に相関性が確認された。実製品の設計において、表面硬さから機械的性質および疲労強度を総合的に推測することが可能となった。

(平成21年7月7日受付, 平成21年9月2日再受付)

文 献

- (1) 中島正貴, 秋田正之, 植松美彦, 戸梶恵郎: 「オーステナイト系ステンレス鋼 SUS316 の疲労挙動に及ぼす予ひずみの影響」, 日本機械学会論文集(A編), 73-731, pp. 796-802 (2007)
- (2) 松岡三郎: 「低炭素オーステナイト系ステンレス鋼 SUS316 の加工硬化材における 0.2%耐力とピッカース硬さの関係」, 日本機械学会論文集(A編), 70-698, pp. 1535-1541 (2004)
- (3) ステンレス協会: 「ステンレス鋼便覧」, 日刊工業新聞社, 194 (1995)