539.431:539.389.2

疲れバウシンガー効果*

(続報, 黄銅の場合)

河本 実**, 柴田俊忍***, 鴻田俊一****

The Fatigue Bauschinger Effect

(Continued Report, The Case of Brass)

by Minoru KAWAMOTO, Toshinobu SHIBATA, and Shun-ichi KODA

One of the authors previously proposed the "Fatigue Bauschinger Effect" based on a new idea. That is, when the materials subjected to the pulsating load in one direction are easy to deform under the pulsating in a reverse direction, the phenomenon is called as the "Fatigue Bauschinger Effect". In this paper, the deformation behaviours of materials under multiple repeated load, multiple creep test and statically repeated load are dealt with, using 4-6 high brass as material, and compared with the results on carbon steel in the previous report. As the test results, the "Fatigue Bauschinger Effect" was observed at the stress both below and above the torsional yield stress. Although in the previous results on carbon steel, the "Fatigue Bauschinger Effect" was not observed at the stress above the yield stress, in the brass it was distinctly observed there.

1. 緒 言

材料に弾性限度以上の応力をかけ、次いで、逆方向の応力を加えたとき、最初のひずみに比べ、逆方向の応力を加えたときの弾性限度が減少し、塑性ひずみが増大するという現象がいわゆるバウシンガー効果である。この静的バウシンガー効果に対して、片振り繰返し荷重を受けた材料の逆方向の繰返し荷重に対する変形抵抗においても静的バウシンガー効果と同じ変形抵抗挙動を示すかどうかを知るために、先に炭素鋼について行なった研究を報告した⁽¹⁾。それによると、弾性限度以上の重複片振りねじり繰返し応力を受けた半硬鋼において逆方向の片振りねじり繰返し応力が降伏点直下の応力であるときに著しい繰返し荷重に対する変形抵抗の減少——すなわち疲れバウシンガー効果——が現われている。しかし降伏点より 10% 大きい繰返し応力では疲れバウシンガー効果は現われていない。

炭素鋼では降伏点がめいりょうに現われるが、降伏点のめいりょうに現われない他の材料に対しても上の疲れバウシンガー効果の傾向が現われるものかどうか

か、また前報においては応力方向を逆にしたとき生ずるひずみと繰返しに伴って生ずるひずみを合わせて考察したが、疲れバウシンガー効果という現象がこれら二つのひずみとどのような関係があるのか、等を更に究明せんがために、本研究ではひずみ時効の少ないと言われる⁽²⁾黄銅を選んで実験を行ない、炭素鋼における実験結果と比較検討した。

2. 実験方法

材料が両振り繰返し応力を受ける際には原則として疲れ変形を生じない。したがって、疲れバウシンガー効果が問題になるのは平均応力を伴った繰返し応力を受ける場合である。本研究においても、前報の炭素鋼の場合と同様に片振りねじり繰返し応力について実験した。重複片振りねじり疲れ試験および重複ねじりクリープ試験の方法については、前報⁽¹⁾と同様なので省略する。ただし、本研究における各応力区間の繰返し数 $n_1=10^6$ 、またクリープ試験の各応力区間における応力保持時間 t_1 は $n_1=10^6$ の繰返しを与える時間に相当する 11 h とした。使用した試験機は西原式高速ねじり疲れ試験機で、その試験装置についてはすでに報告した⁽¹⁾⁽³⁾のでここには省略する。

重複片振りねじり疲れ試験 (以後「重複繰返し試験」)

* 昭和 36 年 11 月 11 日 第 39 期全国大会講演会において論文講演として講演、原稿受付 昭和 36 年 7 月 29 日。

** 正員、京都大学工学部。

*** 准員、京都大学大学院 (京都市左京区吉田本町)。

**** 帝国人網会社。

と略す) および重複クリープ試験の結果と比較するために次のような試験を行なった。すなわち、静的に荷重を加え、最大せん断応力が所定の応力に達したとき荷重を零まで除荷する(第1応力区間がこれで完了したことになる)。次に逆方向に荷重を加え逆方向の最大せん断応力に達したならば再び零まで除荷する(第2応力区間完了)。このように繰返して第8応力区間まで実験を行ない、応力-ひずみ線図を求めた。この試験を「静繰返し試験」と称することにする。静繰返し試験においては、重複繰返し試験における応力繰返しによる影響、重複クリープ試験におけるクリープの影響がはいってこないことになる。

変形の測定は試験片の平行部分の二つの標点に鏡を取付け光てこ法によって行なった。なお本論文における応力はすべて弾性式から計算した見掛けの値である。

実験に供した材料は JIS 引物用黄銅棒第一種で、直径 25 mm の圧延丸棒である。その化学成分を第1表に示した。熱処理は 460°C で 2 時間加熱後炉内冷

第1表 供試材料の化学成分(%)
(JIS H 3422 による)

記 号	Cu	Zn	Pb	不 純 物
BsBM ₁	57.0~62	残 部	1.0~3.5	Fe+Sn<1.0

第2表 供試材料の機械的性質

引 張 試 験						ね じ り 試 験		
降 伏 点 $\sigma_{0.2}$ kg/mm ²	引 張 強 さ σ_B kg/mm ²	真 破 断 力 σ_T kg/mm ²	伸 び ϕ %	絞 り ψ %	縦弾性係数 E kg/mm ²	降 伏 点 $\tau_{0.3}$ * kg/mm ²	ね じ り 強 さ τ_B * kg/mm ²	横弾性係数 G kg/mm ²
23.7	45.6	68.0	28.5	34.0	9 300	15.5	40.9	3 900

* 弾性式 $\tau = 16M/\pi d^3$ より求めた値

第1図 静ねじり試験 τ - γ 曲線

第2図 試験片形状および寸法

第3図 両振りねじり S-N 曲線

却した。焼なまし後における材料の静引張試験結果および静ねじり試験結果を第2表に示した。引張試験は試験片2本、ねじり試験は試験片3本の平均値である。なお本材料はめいりょうな降伏点を示さないから、引張試験では 0.2%，ねじり試験では 0.3%の永久ひずみを生ずる応力を降伏点とした。第1図に静ねじり試験の応力-ひずみ線図を示した。図の中に各試験片のねじり降伏点 $\tau_{0.3}$ 、およびねじり強さ τ_B を記入した。

試験片の形状および寸法を第2図に示した。

重複繰返し試験、重複クリープ試験および静繰返し試験を行なった際の最大せん断応力 τ_{max} は降伏点 (15.5 kg/mm²)、降伏点より 10% 低い応力 (14.0 kg/mm²) および降伏点より若干高い応力 (16.5 kg/mm²) の3種類である。

3. 実験結果および考察

3.1 供試材料の両振りねじり疲れ試験結果 供試材料の両振りねじり疲れ試験の結果を第3図に示した。繰返し数 10^7 の時間強度は 8.8 kg/mm²、 10^6 の時間強度は 12.2 kg/mm²、 10^5 の時間強度は 16.6 kg/mm² であり、繰返し数 2.29×10^7 においても破断しており、めいりょうな耐久限度は現われていない。

3.2 最大せん断応力 $\tau_{\max}$ がねじり降伏点より 10%低い場合($\tau_{\max}=14.0 \text{ kg/mm}^2$) 重複繰返し試験におけるせん断応力 τ -せん断ひずみ γ 線図を第4図に示した。ただし第4図における各応力-ひずみ曲線は各応力区間における最初および最後の静的負荷および除荷の際に観測した応力とひずみの関係を連ねたものであり、各応力区間を示す点は図の下に示した記号で表わした。以下の各応力-ひずみ線図においてもこ

の記号を用いる。また図中最大応力においてひずみ軸に平行なひずみの進行は応力繰返しによって生じた疲れ変形を表わす。疲れ試験の過程における最大せん断ひずみと繰返し数との関係は、炭素鋼の場合と同様な傾向にあるので省略するが、正ひずみ負ひずみとも各応力区間で繰返し数の増加とともにひずみが徐々に増加しており、ことに各応力区間の初期に著しく現われている。

比較のために 行なった 重複クリープ試験の応力-ひずみ線図を第5図に示した。また静繰返し試験の応力-ひずみ線図を第6図に示した。

炭素鋼では降伏点以下の片振りねじり応力の場合、応力-ひずみ曲線は弾性的に変化していたのに対し、降伏点のめいりょうでない黄銅においては永久ひずみ0.3%の耐力よりも低い場合にも明らかに応力-ひずみ曲線は塑性ひずみを生じており、かつ応力区間の増加とともに応力-ひずみ曲線の形状が変化している。

- 第1応力区間, ⊙ 第2応力区間
- 第3応力区間, ⊙ 第4応力区間
- ⊙ 第5応力区間, ⊙ 第6応力区間
- 第7応力区間, ⊙ 第8応力区間

第4図 重複繰返し試験の τ - γ 線図

第5図 重複クリープ試験の τ - γ 線図

第6図 静繰返し試験の τ - γ 線図

第7図 $\tau_{\max}=14.0 \text{ kg/mm}^2$ の各試験の各応力区間における塑性ひずみ量

以上の各試験において各応力区間に生ずる塑性ひずみの量を比較するため、縦軸に塑性ひずみ量を、横軸に各応力区間をとって示したものが第7図である。重複繰返し試験の第1応力区間と第2応力区間における塑性ひずみ量には大差ないが、重複クリープおよび静繰返し試験においてはかなりの塑性ひずみ量の増加がみられる。したがって応力 14.0 kg/mm^2 では疲れバウシinger 効果は第2応力区間ではあまり著しくないと云える。第2応力区間以後、応力区間が増すにつれて重複クリープ試験および静繰返し試験においては各応力区間に生ずる塑性ひずみの量は減少する。これは

第8図 重複繰返し試験の τ - γ 線図 第9図 重複クリープ試験の τ - γ 線図

すべり線の増加に伴うひずみ硬化のため変形抵抗が増すためであると考えられる。これに反して、重複繰返し試験では第3応力区間で塑性ひずみが減少し第5応力区間以後では塑性ひずみ量が増加する傾向にある。すなわち疲れバウシinger 効果によるひずみ量の増加は第5応力区間以後において生ずることがめいりょうになった。

3.3 最大せん断応力 $\tau_{\max}$ が降伏点の場合 ($\tau_{\max} = 15.5 \text{ kg/mm}^2$) 重複繰返し試験における応力-ひずみ線図を第8図に示した。 $\tau_{\max} = 14.0 \text{ kg/mm}^2$ の場合と同様に、最大せん断ひずみは繰返し数とともに徐々に増加しているが、負ひずみは正ひずみに比べてその増加量が非常に少ない。また、 $\tau_{\max} = 14.0 \text{ kg/mm}^2$ の場合には各応力区間で応力-ひずみ曲線の形状が変化していたのに比べて $\tau_{\max} = 15.5 \text{ kg/mm}^2$ の場合には応力-ひずみ曲線の形状はほとんど変化していない。

重複クリープ試験の応力-ひずみ線図を第9図に示した。 $\tau_{\max} = 14.0 \text{ kg/mm}^2$ の場合に比べてかなりクリープ量が大になっているが、これは荷重をかけてほとんど数分間において生じており、その後はほとんど変形していない。重複繰返し試験の時の繰返しとともに徐々に疲れ変形が進行するのは趣を異にする。

静繰返し試験の応力-ひずみ線図を第10図に示した。ひずみ硬化によってヒステリシスループが徐々に応力区間の増加とともにやせていくのがめいりょうである。

以上の各試験において各応力区間に生ずる塑性ひずみの量を図示したものが第11図である。本図に現われ

第10図 静繰返し試験の τ - γ 線図

たひずみ量の変化の傾向は前述の $\tau_{\max}=14.0 \text{ kg/mm}^2$ の結果とほとんど同じ傾向を示している。しかし重複クリープ試験および静繰返し試験において応力区間の増加に伴うひずみの減少量は $\tau_{\max}=14.0 \text{ kg/mm}^2$ の場合よりわずかに大である。また重複繰返し試験の第3応力区間の塑性ひずみの減少量は少ない。かつ第2応力区間以後の塑性ひずみ量はいずれも第1応力区間のそれよりも大であり、第5応力区間以後塑性ひずみ量が増加の傾向にあることから、 $\tau_{\max}=14.0 \text{ kg/mm}^2$ の場合よりも疲れバウシinger効果が著しいと言える。

$\tau_{\max}=14.0 \text{ kg/mm}^2$ および $\tau_{\max}=15.5 \text{ kg/mm}^2$ の場合(第7図および第11図)に、第1応力区間および第2応力区間において、静繰返し試験塑性ひずみのほうが重複クリープ試験のそれよりも大になってい

第11図 $\tau_{\max}=15.5 \text{ kg/mm}^2$ の各試験の各応力区間における塑性ひずみ量

第12図 重複繰返し試験の τ - γ 線図

る。試験片の材質が全く均一であるとすれば、このことは重複クリープ試験のクリープを考慮してみても矛盾であることがわかる。しかるに静繰返し試験の第1および第2応力区間の応力-ひずみ曲線(第6図および第10図)を見ると、重複クリープ試験の応力-ひずみ曲線に比べて降伏点が非常に低いこと——換言すれば同一応力に対する塑性ひずみが静繰返し試験のほうが大になっている。これは材料の強度のばらつきによるものではないかと考えられる。第3応力区間以後においては $\tau_{\max}=14.0 \text{ kg/mm}^2$ の場合にも $\tau_{\max}=15.5 \text{ kg/mm}^2$ の場合においても重複クリープ試験のひずみ量のほうが静繰返し試験のそれよりも大になり、そのひずみ量の差はクリープ試験において生ずるクリープ量よりはるかに大きい。このことはクリープ試験を行なったとき、材料が金属の組織学的変化を起し逆の応力を加えたときの変形抵抗が静繰返し試験に対するものよりも減少するためであると考えられる。

3.4 最大せん断応力 $\tau_{\max}$ が降伏点より若干高い場合 ($\tau_{\max}=16.5 \text{ kg/mm}^2$) 重複繰返し試験における応力-ひずみ線図を第12図に示した。前二つの応力の場合と比べて繰返しに伴う変形は非常に大きい。この応力の場合には、繰返しの初期にそのほとんどが現われた。最大せん断応力を 17 kg/mm^2 まで上げると、塑性変形量は 16.5 kg/mm^2 の場合の数倍に達し測定不可能になった。最大応力が 17 kg/mm^2 のときは応力振幅が $\pm 8.5 \text{ kg/mm}^2$ であって第3図に示したS-N曲線と考えあわせると疲れ寿命が非常に小さいことが予想される。また前二つの応力においては正ひずみ量に比べ負ひずみの量が少なかったが、 $\tau_{\max}=$

16.5 kg/mm^2 では正負ひずみの量が第3応力区間後ほとんど一致している。前報の炭素鋼の場合には降伏点より大なる応力では塑性ひずみが第1応力区間で多く現われ、それによる硬化のためほとんど負ひずみを生じなかったのに対し、黄銅の場合にはめいりような降伏点がなく、第12図の第2応力区間の応力-ひずみ曲線に示されているようにひずみ硬化性が少ないために負ひずみが大きく現われてくるのである。

重複クリープ試験における応力-ひずみ線図を第13図に示した。重複繰返し試験の疲れ変形に比べてクリープ量は非常に少ない。

静繰返し試験における応力-ひず

み線図を第 14 図に示した。

以上の各試験において各応力区間に生ずる塑性ひずみの量を図示したものが第 15 図である。ひずみ量の変化の現象は $\tau_{\max}=14.0 \text{ kg/mm}^2$, $\tau_{\max}=15.5 \text{ kg/mm}^2$ の場合と同じ傾向を示しているが、重複繰返し試験の第 3 応力区間において塑性ひずみの量は急激に減少するが、第 5 応力区間以後塑性ひずみ量は急に増加する。すなわち第 2 応力区間および第 5 応力区間以後疲れバウシinger 効果が顕著である。

半硬鋼の場合にはねじり降伏点を越した片振り応力を加えたときには各応力区間ごとに塑性ひずみの量は減少して行った。このことは疲れによる硬化が顕著になっているからであり、黄銅の場合にはひずみ時効が

第 13 図 重複クリープ試験の τ - γ 線図

第 14 図 静繰返し試験の τ - γ 線図

少ないため応力の低い場合と同様に疲れバウシinger 効果による塑性変形が多量に現われるものであると考えられる。

3.5 三つの $\tau_{\max}$ の場合の結果の比較 重複繰返し試験の各応力区間に生ずる塑性ひずみ量を、最大せん断応力をパラメータとして図示したものが第 16 図である。ただし第 1 応力区間のひずみ量を 2 倍にし

第 15 図 $\tau_{\max}=16.5 \text{ kg/mm}^2$ の各試験の各応力区間における塑性ひずみ量

第 16 図 各応力区間における塑性ひずみ量

たものをも図示し、第2応力区間のひずみ量と点線で結んだ。 $\tau_{\max}=15.5 \text{ kg/mm}^2$ の第2応力区間以後のひずみ量はあまり変化していない。しかし各応力を通して、第2応力区間においておよび第5応力区間後塑性ひずみ量が増大する傾向がめいりょうであり、ここで疲れバウシinger効果が疲れ(応力繰返し)による硬化の現象より大きく現われてくるものと考えられる。特に $\tau_{\max}=16.5 \text{ kg/mm}^2$ においてこの現象が著しい。しかし本実験で行なった応力区間の範囲では第2応力区間で生じた塑性ひずみ量を越えるほど大きなひずみ量は生じていない。ただ本実験で行なった以上の応力区間において、第2応力区間において生じたひずみ量を越すのではないかと考えられる。

重複クリープ試験および静繰返し試験の各応力区間において生ずる塑性ひずみの量を最大せん断応力をパラメータにして図示したものが第17, 18図である。両図においても第1応力区間のひずみ量を2倍にしたものを図示し、第2応力区間のひずみ量と点線で結んだ。両試験とも応力区間の進むにつれて塑性ひずみ量は減少している。しかし静繰返し試験のほうが重複クリープ試験の場合に比べてその減少の割合は大になっている。

またクリープ試験は室温で行なっているためクリープ変形はそのほとんどが荷重をかけ終わったときから2~3分以内に生ずる一時変形であって、各応力区間の全塑性ひずみ量に比べれば10%以下である。しかるに応力区間の数が進むにつれて、重複クリープ試験の塑性ひずみ量からクリープによるひずみを差引いた塑性

ひずみの量は静繰返し試験のひずみ量よりも大になっている。このことは前にも述べたようにクリープ試験では静荷重が加えられている間に生ずる金属の組織学的な変化のために、逆方向の荷重を加えたときの変形抵抗が減少するのであらうと考えられる。それに対して、静繰返し試験の場合にはひずみ硬化がただちに次の応力区間の応力-ひずみ曲線に影響しているものと考えられる。

したがって当然のことではあるが、重複クリープ試験と静繰返し試験の応力-ひずみ線図、換言すればバウシinger効果——すなわち逆方向の応力を加えたときの変形抵抗を同一視することはできない。かつバウシinger効果あるいは疲れ変形等を研究する際には、本研究に用いた黄銅のごときひずみ時効性の少ない材料においても、試験を連続して行なうかあるいは時間を経て行なうかによって上述のごとき影響の存在することに注意すべきである。

4. 結 言

新しい概念に基いて提案した「疲れバウシinger効果」現象について、先に報告した炭素鋼の結果と比較するため、降伏点のめいりょうに現われない、かつひずみ時効の少ない黄銅について実験を行なった。その結果、ねじり降伏点(0.3%の永久ひずみを生ずる応力)より低い応力の場合にも応力区間が進むにつれて疲れバウシinger効果がめいりょうに現われ、炭素鋼の場合とは異なって降伏点より高い応力において著しいことがわかった。

第17図 各応力区間における塑性ひずみ量

第18図 各応力区間における塑性ひずみ量

また同時に行なった重複クリープ試験および静繰返し試験では第2応力区間でバウシinger効果が現われるが、それ以後の応力区間では変形抵抗が増大し塑性ひずみ量は減少する。しかしその変形抵抗の増加の割合は静繰返し試験の場合が大であって、これは応力-ひずみ曲線にひずみ硬化がただちに作用して、クリープ試験において現われる金属組織的な変化が生じない

ためであろうと考えられる。

文 献

- (1) 河本・高木・岸本, 機械学会論文集, 26-170 (昭 35-10), 1333.
- (2) G.M. Sinclair, *Proc. ASTM*, 52 (1952), 744.
- (3) 河本・高木・笠井, 機械学会論文集, 26-167 (昭 35-7), 958.

討

【質問】 バウシinger効果および疲れ過程中的の変形を考える上に重要な研究だと思う。一、二著者の意見を伺いたい。

(1) 著者が788ページ右欄15行めで「クリープ試験中に生ずる金属の組織学的な変化」と呼んでいるものは、研究の結果を見るとバウシinger効果の原因になるものと考えられるが、著者はどのような組織学的な変化を考えているか。

(2) 疲れバウシinger効果の原因についてはどのように考えるか。

(3) ねじり降伏点を越した片振り応力を加えたときに、「半硬鋼の場合に疲れバウシinger効果があらわれないのは疲れによる硬化が顕著になっているからであり、黄銅の場合にはひずみ時効が少ないために疲れバウシinger効果があらわれるものと考えられる(789ページ左欄10行め)」としているが、鋼の場合の疲れによる硬化には疲れ過程中的の時効の影響が含まれていると考えてよいか。

(熊倉重典)

【回答】 (1) クリープ試験中に生ずる軟化現象、たとえばポリゴニゼーションを考えている。すなわちポリゴニゼーションにより転位の拘束が薄れることによってすべりやすくなる。

(2) 疲れとは硬化と回復のエネルギーの競争であって、本研究に用いたようなひずみ硬化の少ない材料においては、片振り応力を加えた際に応力区間の進むにつれて塑性ひずみ量の増加するのは、回復現象が硬化現象よりまさってくるからであると考えている。筆者たちは、たとえ本研究で得られたような結果を説明できる機構を考え得たとしても、それがあらゆる材料について、またあらゆる現象を説明できるものとは考えていない。したがって更に今後の研究をまって疲れバウシinger現象の原因をつかんでいくつもりである。

(3) 筆者たちはそう考えている。

【質問】 (1) 重複繰返し試験において生ずる塑性変形量が第2応力区間できわめて大きく、第3応力区間以後は減少し、第5応力区間あたりからまた増し

論

始めるという実験結果に対する機構的な説明があったら伺いたい。

(2) 第16~18図において第1応力区間に得られた塑性ひずみ量を2倍して、それを第2応力区間以後の点と結ばれた理由を伺いたい。

(3) 重複クリープ試験における塑性ひずみ量からクリープによるひずみを差引いた塑性ひずみの量が静繰返し試験のひずみ量より大なることは、長時間静荷重が加えられている間に生ずる金属の組織学的変化のためであるとの考えであるが、この組織学的変化とはいかなるものと考えているか。

(4) 結言において「第2応力区間ではバウシinger効果が現われるが、それ以後の応力区間では変形抵抗が増大し、塑性ひずみ量は減少する」との表現を使っている。材料にある応力、ひずみを与え、次にそれを除荷する場合およびそれにさらに逆向きの応力、ひずみを与える場合に生ずる塑性ひずみを一般にバウシingerひずみと呼び、それを生ずる現象、特にそれが早くから現われ、弾性限度が処女材のそれに比べ低下して現われる現象をバウシinger現象と呼ぶものと私は解釈している。この解釈によれば、何回応力を繰返しても、バウシinger効果は繰返すごとに現われるものであって、単に第2応力区間のみに現われるものではない。これは単に表現の問題に過ぎないかも知れないが、あるいはバウシinger効果そのものに対する解釈が違うかとも感ぜられるので、著者のバウシinger効果に対する定義または解釈を伺いたい。

(鶴戸口英善)

【回答】 (1), (3) 熊倉氏の質問と同義だと考えるので省略する。

(2) 付図1のヒステリシスループよりわかるように、正負のひずみOA, OBがほぼ等しくでている。鋼の場合には降伏点において踊り場が生じ、ひず

ヒステリシスループ

付図 1

みが最初の負荷側にかたよってしまうが、黄銅の場合には、そのようにならないで、正負のひずみがほぼ等しくでていることによって、第1応力区間のひずみを2倍して、第2応力区間のひずみと結んでみた。もちろんこのことには物理的な理由は何もないが、このようにすると第16~18図の曲線は材料の片振り荷重の繰返しに伴う硬化の現象を示すのに都合良いのではないかと考えられる。

(4) 静的なバウシinger効果の定義は鶴戸口氏の定義と同じように考えている。疲れバウシinger現象をも静的バウシinger現象と同じ定義とすれば本研究

の結果では第2応力区間以後バウシinger現象が生じ、議論の対象はバウシinger効果の大小のみとなる。筆者らが問題とする疲れバウシinger効果は各応力段階において順次生ずる変形を問題としている。したがって第2応力区間で疲れバウシinger効果が現われるのは第7, 11および15図から明らかであり、また第2および第3応力区間における塑性ひずみ量を比較すれば第3応力区間のそれが減少しているから第3応力区間では疲れバウシinger現象が見られない、あるいはバウシinger効果が負になると言えると思う。

539.434:620.178.38

18-8 Cb 鋼および 2¹/₄ Cr-1 Mo 鋼の 熱疲れと定ひずみ高温疲れ*

平 修二**, 大南正瑛***, 皆田日出男****, 白石忠司****

Thermal Fatigue and Cyclic Strain Fatigue at Elevated Temperature of 18-8 Cb Steel and 2.25Cr-1 Mo Steel

by Shuji TAIRA, Masateru OHNAMI, Hideo MINATA, and Tadashi SHIRAISHI

In the previous paper the authors discussed the prediction of lifetime for thermal fatigue of heat-resistant metals from the information of cyclic strain fatigue at high temperature basing on the analysis and the experiments. In the present paper, interests were placed on confirming the criterion on prediction of lifetime for thermal fatigue, from the tests of both thermal fatigue and cyclic strain fatigue at elevated temperature on AISI 347 type stainless steel and 2.25Cr-1 Mo steel, and the following conclusions were obtained from the present study; (1) In order to relate thermal fatigue strength with cyclic strain fatigue strength, an equivalent temperature was introduced as steady temperature at which the material endures the same strain amplitude, for the same lifetime as under thermal stress cycling. The equivalent temperature for AISI 347 type stainless steel was approximately equal to the mean temperature of cyclic temperature and on the other hand, for 2.25Cr-1 Mo steel it was approximately equal to the upper temperature. (2) According to the analysis, material subjected to cyclic thermal stress at different frequencies fractures after the same number of thermal strain cycles. However, from the tests of AISI 347 type stainless steel, it was found that the lifetime at 0.1 c/min was slightly smaller than that at 1 c/min.

1. 本研究の目的

筆者らはすでに熱疲れ試験結果を定ひずみ高温疲れ試験結果から推定するための基準を確立するために、

AISI 318 ステンレス鋼に対する実験⁽¹⁾および筆者らと小寺沢によるその解析⁽²⁾を進めてきたが、このような推定基準がはたして他の多くの耐熱合金に対して成り立つかどうかを実験的に確かめることは実際問題としてきわめて必要なことがらである。本論文では高温高圧ボイラの過熱器や蒸気管などに広く使用される AISI 347 ステンレス鋼および 2¹/₄ Cr-1 Mo 鋼を試験材料に選び両試験結果の相関性を論じたものである。

* 昭和36年3月17日 関西支部第36期定時総会講演会において講演, 原稿受付 昭和36年10月2日。

** 正員, 京都大学工学部。

*** 正員, 立命館大学理工学部(京都市北区等持院北町)。

**** 准員, 京都大学大学院。