

JAERI - M
93-144

短期過大負荷を伴う条件下におけるニッケル基
耐熱合金ハステロイ XR のクリープ特性

1993年7月

辻 宏和・田辺 龍彦*・中曾根祐司* 中島 甫

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1993

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 (株)原子力資料サービス

短期過大負荷を伴う条件下におけるニッケル基耐熱合金
ハステロイXRのクリープ特性

日本原子力研究所東海研究所材料研究部
辻 宏和・田辺 龍彦*・中曾根祐司*・中島 甫

(1993年6月14日受理)

高温工学試験研究炉の高温構造用部材として開発したニッケル基耐熱合金ハステロイXRを供試材料として、一連の荷重一定クリープ試験及び短期過大負荷を伴うクリープ試験を900～1000℃域の高温ガス炉1次冷却材模擬ヘリウムガス中で行い、そのような条件下におけるこの合金のクリープ特性を調べた。過大荷重の水準は、高温工学試験研究炉高温構造設計方針の材料強度基準に定められているハステロイXRの設計応力強さ S_m とし、その負荷時間は、1回当たり30秒とした。

5～6回程度の過大負荷は、ハステロイXRの最小クリープ速度及び3次クリープ開始時間のいずれにも本質的な変化を与えなかった。また、10回程度の過大負荷は、ハステロイXRのクリープ破断時間及びクリープ破断伸びのいずれにも本質的な変化を与えなかった。これは、設計応力強さ S_m の設定が妥当であったことを示唆している。

Creep Properties with Short Period Excessive Loadings
on a Nickel-base Heat-resistant Alloy Hastelloy XR

Hirokazu TSUJI, Tatsuhiko TANABE*, Yuji NAKASONE*
and Hajime NAKAJIMA

Department of Materials Science and Engineering
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received June 14, 1993)

A series of constant load & temperature creep tests and constant temperature creep tests with short period excessive loadings was carried out on a nickel-base heat-resistant alloy Hastelloy XR, which was developed for applications in the High-Temperature Engineering Test Reactor (HTTR), at temperatures ranging from 900 to 1000°C in order to examine the creep behaviors of the alloy under such conditions. The excessive loading levels were the design stress intensity values S_m for Hastelloy XR indicated in the HTTR high-temperature structural design code.

Five to six time excessive loadings did not cause significant changes of the minimum creep rate or the time to onset of tertiary creep. About ten time excessive loadings did not cause significant changes of the time to rupture or the rupture elongation. The above-mentioned results suggest that the design stress intensity values S_m for Hastelloy XR have been determined reasonably.

Keywords: HTGR, Heat-resistant Alloy, Nickel-base Alloy, Hastelloy XR, Creep, Creep Rate, Excessive Loading, Helium Coolant, High-temperature Structural Design Code, Design Stress Intensity Value

* National Research Institute for Metals

目 次

1. 緒 言	1
2. 実験方法	1
2.1 供試材料	1
2.2 クリープ試験	2
3. 実験結果及び考察	2
3.1 クリープ曲線	3
3.2 クリープ破断時間	4
3.3 クリープ破断伸び	5
4. 結 言	5
謝 辞	6
参考文献	7
付 録	33

Contents

1. Introduction	1
2. Experimental Procedures	1
2.1 Material	1
2.2 Creep Tests	2
3. Results and Discussion	2
3.1 Creep Curve	3
3.2 Creep Rupture Life	4
3.3 Rupture Elongation	5
4. Conclusion	5
Acknowledgment	6
References	7
Appendix	33

1. 緒 言

我が国の高温ガス炉 (High-Temperature Gas-Cooled Reactor, HTGR) 開発においては、原子炉出口冷却材温度950℃の高温工学試験研究炉 (High-Temperature Engineering Test Reactor, HETR) を最初に建設することが計画され、既に日本原子力研究所大洗研究所においてその建設が開始されている⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾。このHETRの高温構造用部材としては、ハステロイXの原子炉用改良合金であるハステロイXR⁽⁶⁾⁽⁷⁾を使用することが予定されており⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾⁽⁸⁾⁻⁽¹¹⁾、現在までにこの合金の総合確性試験が日本原子力研究所、材料応用工学研究室を中心として実施されてきた⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾⁽⁹⁾。

クリープ領域で使用される高温構造物は、しばしば地震等に起因する短期過大荷重を受けることになる。そうした条件下でのハステロイXRのクリープ挙動に関する報告はほとんど無いのが現状である。

そこで、ハステロイXRを供試材料として、一連の荷重一定クリープ試験及び短期過大荷重を伴うクリープ試験を900～1000℃で行い、そのような条件下におけるクリープ特性をHTGRの1次冷却材を模擬した不純ヘリウムガス中で調べた。

2. 実 験 方 法

2.1 供試材料

供試材料は、工業規模(2トン)での溶製の後、熱間押し出し、冷間圧延の工程を経て製造されたハステロイXRの管材(外径58.5mm, 肉厚9mm)であり、その化学組成及び引張性質(室温並びに本研究でクリープ試験を行った900, 950及び1000℃)をTable 1及びTable 2にそれぞれ示す。供試材料の管には、1190℃で1時間保持後急速冷却の熱処理を施した。

1. 緒 言

我が国の高温ガス炉 (High-Temperature Gas-Cooled Reactor, HTGR) 開発においては, 原子炉出口冷却材温度950℃の高温工学試験研究炉 (High-Temperature Engineering Test Reactor, HTR) を最初に建設することが計画され, 既に日本原子力研究所大洗研究所においてその建設が開始されている⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾。このHTRの高温構造用部材としては, ハステロイXの原子炉用改良合金であるハステロイXR⁽⁶⁾⁽⁷⁾を使用することが予定されており⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾⁽⁸⁾⁻⁽¹¹⁾, 現在までにこの合金の総合確性試験が日本原子力研究所, 材料応用工学研究室を中心として実施されてきた⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾⁽⁹⁾。

クリープ領域で使用される高温構造物は, しばしば地震等に起因する短期過大荷重を受けることになる。そうした条件下でのハステロイXRのクリープ挙動に関する報告はほとんど無いのが現状である。

そこで, ハステロイXRを供試材料として, 一連の荷重一定クリープ試験及び短期過大荷重を伴うクリープ試験を900~1000℃で行い, そのような条件下におけるクリープ特性をHTGRの1次冷却材を模擬した不純ヘリウムガス中で調べた。

2. 実 験 方 法

2.1 供試材料

供試材料は, 工業規模(2トン)での溶製の後, 熱間押し出し, 冷間圧延の工程を経て製造されたハステロイXRの管材(外径58.5mm, 肉厚9mm)であり, その化学組成及び引張性質(室温並びに本研究でクリープ試験を行った900, 950及び1000℃)をTable 1及びTable 2にそれぞれ示す。供試材料の管には, 1190℃で1時間保持後急速冷却の熱処理を施した。

2.2 クリープ試験

クリープ試験は、平行部直径6mm、平行部長さ30mmの試験片を用いて、レバー式クリープ試験機で行った。試験雰囲気はHTGRの1次冷却材を模擬した不純ヘリウムガスであり、クリープ試験機に備えた雰囲気槽に、Table 3に示すような組成の不純物を含むヘリウムガスを循環式ループで供給した。ここで用いた不純ヘリウムガスは、我が国のHTGR開発における材料試験用標準ヘリウムガスとして広く用いられているHe-2'という標準仕様のものである。この雰囲気の特徴を不純物ガス組成の酸素分圧と炭素活量を用いて解析すると、ハステロイXR中のクロムが酸化し、わずかな浸炭が生じるという点で、He-2'と同様に我が国のHTGR開発における材料試験用標準ヘリウムガスとして広く用いられている原研B型ヘリウムガスとほぼ等価な特性といえる⁽¹²⁾。試験温度は900、950及び1000℃の3水準であり、最長試験時間が10000時間以下となるように応力水準を選んだ。過大荷重の水準はHTTR高温構造設計方針の材料強度基準に定められているハステロイXRの設計応力強さ $S_m^{(11)}$ とした。HTTRの耐震設計で想定されている設計用最強地震 S_1 及び設計用限界地震 S_2 の特性はFig. 1⁽²⁾及びFig. 2⁽²⁾に示すようなものであることから、過大負荷の時間は、1回当たり30秒とした。過大負荷の回数は、クリープ試験中に1回とした場合とほぼ等間隔に約10回とした場合の2種類である。いずれの場合にも、1回目の過大荷重は、クリープひずみが1%に到達した時点で与えた。

3. 実験結果及び考察

本研究で得たクリープデータをTable 4～Table 7に示す。Table 4は、荷重一定クリープ試験結果のまとめであり、Table 5～Table 7は、短期過大負荷を伴うクリープ試験結果のまとめである。Table 6にある回帰直線とは、後述の式(7)～式(12)のことである。

2.2 クリープ試験

クリープ試験は、平行部直径6mm、平行部長さ30mmの試験片を用いて、レバー式クリープ試験機で行った。試験雰囲気はHTGRの1次冷却材を模擬した不純ヘリウムガスであり、クリープ試験機に備えた雰囲気槽に、Table 3に示すような組成の不純物を含むヘリウムガスを循環式ループで供給した。ここで用いた不純ヘリウムガスは、我が国のHTGR開発における材料試験用標準ヘリウムガスとして広く用いられているHe-2'という標準仕様のものである。この雰囲気の特徴を不純物ガス組成の酸素分圧と炭素活量を用いて解析すると、ハステロイXR中のクロムが酸化し、わずかな浸炭が生じるという点で、He-2'と同様に我が国のHTGR開発における材料試験用標準ヘリウムガスとして広く用いられている原研B型ヘリウムガスとほぼ等価な特性といえる⁽¹²⁾。試験温度は900、950及び1000℃の3水準であり、最長試験時間が10000時間以下となるように応力水準を選んだ。過大荷重の水準はHTTR高温構造設計方針の材料強度基準に定められているハステロイXRの設計応力強さ $S_m^{(11)}$ とした。HTTRの耐震設計で想定されている設計用最強地震 S_1 及び設計用限界地震 S_2 の特性はFig. 1⁽²⁾及びFig. 2⁽²⁾に示すようなものであることから、過大負荷の時間は、1回当たり30秒とした。過大負荷の回数は、クリープ試験中に1回とした場合とほぼ等間隔に約10回とした場合の2種類である。いずれの場合にも、1回目の過大荷重は、クリープひずみが1%に到達した時点で与えた。

3. 実験結果及び考察

本研究で得たクリープデータをTable 4～Table 7に示す。Table 4は、荷重一定クリープ試験結果のまとめであり、Table 5～Table 7は、短期過大負荷を伴うクリープ試験結果のまとめである。Table 6にある回帰直線とは、後述の式(7)～式(12)のことである。

3.1 クリープ曲線

本研究で得た荷重が一定の場合のクリープ曲線をFig. 3～Fig. 5に、短期過大荷重を伴う条件下におけるクリープ曲線をFig. 6～Fig. 8に示す。このようなクリープ曲線から最小クリープ速度及び3次クリープ開始時間を求めた。最小クリープ速度及び3次クリープ開始時間を求めるに当たっては、著者らの一部が提案した方法を適用した⁽¹³⁾。

Fig. 9に、最小クリープ速度を応力の関数として示す。図中の数字は、最小クリープ速度を求める時点までの過大荷重の回数を示している。また、図中に示した直線は、過大荷重を伴わないクリープ試験データ（オープン・シンボル）と、短期過大荷重を伴う条件下における試験データのうちの1回目の短期過大荷重を経験する前のもの（セミ・ソリッド・シンボル）に対する回帰直線であり、以下の式で表される。

$$900^{\circ}\text{Cの時} \quad \dot{\epsilon}_{\min} = 1.924 \times 10^{-12} \sigma^{6.439} \quad (1)$$

$$950^{\circ}\text{Cの時} \quad \dot{\epsilon}_{\min} = 5.878 \times 10^{-10} \sigma^{5.400} \quad (2)$$

$$1000^{\circ}\text{Cの時} \quad \dot{\epsilon}_{\min} = 5.246 \times 10^{-9} \sigma^{5.235} \quad (3)$$

ここで、 $\dot{\epsilon}_{\min}$ は最小クリープ速度 (%/h) , σ はクリープ荷重を初期断面積で除した公称応力 (MPa) である。この図から分かるように、過大荷重を受けた後の最小クリープ速度は、過大荷重前のそれや過大荷重を伴わないクリープ試験のそれとほとんど差は無い。すなわち、ハステロイXRの最小クリープ速度は、5～6回程度の S_m に相当する水準の過大荷重の影響を本質的に受けていない。

Fig. 10に、クリープ応力と3次クリープ開始時間の関係を示す。図中の数字は、3次クリープ開始までの過大荷重の回数を示している。また、図中に示した直線は、過大荷重を伴わないクリープ試験データ（オープン・シンボル）に対する回帰直線であり、以下の式で表される。

$$900^{\circ}\text{Cの時} \quad t_3 = 2.248 \times 10^{11} \sigma^{-5.878} \quad (4)$$

$$950^{\circ}\text{Cの時} \quad t_3 = 5.385 \times 10^6 \sigma^{-3.257} \quad (5)$$

$$1000^{\circ}\text{C} \text{の時 } t_3 = 1.359 \times 10^6 \sigma^{-3.027} \quad (6)$$

ここで、 t_3 は3次クリープ開始時間(h)、 σ はクリープ荷重を初期断面積で除した公称応力(MPa)である。この図から分かるように、過大負荷を伴うクリープ試験における3次クリープ開始時間と、過大負荷を伴わないクリープ試験におけるそれとはほとんど差が無い。すなわち、5~6回程度の S_m に相当する水準の過大負荷は Hastelloy XR の3次クリープ開始時間に本質的な影響を与えていない。

3.2 クリープ破断時間

Fig. 11に、クリープ応力とクリープ破断時間の関係を示す。図中に示した直線は、過大負荷を伴わないクリープ試験データ(オープン・シンボル)に対する回帰直線であり、以下の式で表される。

$$900^{\circ}\text{C} \text{の時 } t_R = 2.944 \times 10^9 \sigma^{-4.272} \quad (7)$$

$$950^{\circ}\text{C} \text{の時 } t_R = 1.550 \times 10^8 \sigma^{-3.891} \quad (8)$$

$$1000^{\circ}\text{C} \text{の時 } t_R = 1.013 \times 10^7 \sigma^{-3.466} \quad (9)$$

ここで、 t_R は破断時間(h)、 σ はクリープ荷重を初期断面積で除した公称応力(MPa)である。この図から分かるように、過大負荷を伴うクリープ試験におけるクリープ破断時間と、過大負荷を伴わないクリープ試験におけるそれとの間に大きな差は無い。

Fig. 12に、過大負荷を伴わないクリープ試験データの回帰直線、すなわち、式(7)~式(9)から求めたクリープ破断時間に対する各試験で得たクリープ破断時間の比を過大負荷回数関数の関数として示す(Table 6参照)。この図で、オープン・シンボルがソリッド・シンボルよりも低い位置にきている。すなわち、その比は、クリープ応力の低下に伴って小さくなる傾向が認められる。また、その比は、過大負荷回数の増加に伴って小さくなっているが、その傾向は必ずしも明瞭なものではない。

3.3 クリープ破断伸び

Fig.13に、クリープ破断伸びをクリープ応力の関数として示す。図中に示した直線は、過大負荷を伴わないクリープ試験データ（○印）に対する回帰直線であり、以下の式で表される。

$$900^{\circ}\text{Cの時} \quad \epsilon_R = 71.426 \log_{10} \sigma - 83.761 \quad (10)$$

$$950^{\circ}\text{Cの時} \quad \epsilon_R = 26.519 \log_{10} \sigma - 12.766 \quad (11)$$

$$1000^{\circ}\text{Cの時} \quad \epsilon_R = 37.343 \log_{10} \sigma - 22.757 \quad (12)$$

ここで、 ϵ_R はクリープ破断伸び（%）、 σ はクリープ荷重を初期断面積で除した公称応力（MPa）である。この図から分かるように、過大負荷を伴うクリープ試験におけるクリープ破断伸びと、過大負荷を伴わないクリープ試験におけるそれとの間に大きな差は無い。

Fig.14に、過大負荷を伴わないクリープ試験データの回帰直線、すなわち、式(10)～式(12)から求めたクリープ破断伸びに対する各試験で得たクリープ破断伸びの比を過大負荷回数の関数として示す（Table 6参照）。この図で、オープン・シンボルがソリッド・シンボルよりも高い位置にくる傾向が認められる。すなわち、その比は、クリープ応力の低下に伴って大きくなっているが、その傾向は必ずしも明瞭なものではない。また、その比と過大負荷回数の間には明瞭な相関は認められない。

4. 結 言

H T T Rの高温構造用部材として開発したニッケル基耐熱合金ハステロイXRを供試材料として、一連の荷重一定クリープ試験及び短期過大負荷を伴うクリープ試験を900～1000℃域の高温ガス炉1次冷却材模擬ヘリウムガス中で行い、そのような条件下におけるこの合金のクリープ特性を調べた。過大荷重の水準はH T T R高温構造設計方針の材料強度基準に定められているハステロイXRの設計応力強さ S_m とし、その負荷時間は、1回当たり30秒とした。

3.3 クリープ破断伸び

Fig.13に、クリープ破断伸びをクリープ応力の関数として示す。図中に示した直線は、過大負荷を伴わないクリープ試験データ（○印）に対する回帰直線であり、以下の式で表される。

$$900^{\circ}\text{Cの時} \quad \varepsilon_R = 71.426 \log_{10} \sigma - 83.761 \quad (10)$$

$$950^{\circ}\text{Cの時} \quad \varepsilon_R = 26.519 \log_{10} \sigma - 12.766 \quad (11)$$

$$1000^{\circ}\text{Cの時} \quad \varepsilon_R = 37.343 \log_{10} \sigma - 22.757 \quad (12)$$

ここで、 ε_R はクリープ破断伸び（%）、 σ はクリープ荷重を初期断面積で除した公称応力（MPa）である。この図から分かるように、過大負荷を伴うクリープ試験におけるクリープ破断伸びと、過大負荷を伴わないクリープ試験におけるそれとの間に大きな差は無い。

Fig.14に、過大負荷を伴わないクリープ試験データの回帰直線、すなわち、式(10)～式(12)から求めたクリープ破断伸びに対する各試験で得たクリープ破断伸びの比を過大負荷回数の関数として示す（Table 6参照）。この図で、オープン・シンボルがソリッド・シンボルよりも高い位置にくる傾向が認められる。すなわち、その比は、クリープ応力の低下に伴って大きくなっているが、その傾向は必ずしも明瞭なものではない。また、その比と過大負荷回数の間には明瞭な相関は認められない。

4. 結 言

H T T Rの高温構造用部材として開発したニッケル基耐熱合金ハステロイXRを供試材料として、一連の荷重一定クリープ試験及び短期過大負荷を伴うクリープ試験を900～1000℃域の高温ガス炉1次冷却材模擬ヘリウムガス中で行い、そのような条件下におけるこの合金のクリープ特性を調べた。過大荷重の水準はH T T R高温構造設計方針の材料強度基準に定められているハステロイXRの設計応力強さ S_m とし、その荷重時間は、1回当たり30秒とした。

5～6回程度の過大負荷は、ハステロイXRの最小クリープ速度及び3次クリープ開始時間のいずれにも本質的な変化を与えなかった。また、10回程度の過大負荷は、ハステロイXRのクリープ破断時間及びクリープ破断伸びのいずれにも本質的な変化を与えなかった。これは、ハステロイXRの設計応力強さ S_m の設定が妥当であったことを示唆している。

今後、さらに過大荷重の水準を上げた場合の挙動についても調べる予定である。

謝 辞

本研究の遂行に当たり、科学技術庁金属材料技術研究所第2研究グループ総合研究官白石春樹氏及び日本原子力研究所東海研究所副所長近藤達男氏のご支援を頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

5～6回程度の過大負荷は、ハステロイXRの最小クリープ速度及び3次クリープ開始時間のいずれにも本質的な変化を与えなかった。また、10回程度の過大負荷は、ハステロイXRのクリープ破断時間及びクリープ破断伸びのいずれにも本質的な変化を与えなかった。これは、ハステロイXRの設計応力強さ S_m の設定が妥当であったことを示唆している。

今後、さらに過大荷重の水準を上げた場合の挙動についても調べる予定である。

謝 辞

本研究の遂行に当たり、科学技術庁金属材料技術研究所第2研究グループ総合研究官白石春樹氏及び日本原子力研究所東海研究所副所長近藤達男氏のご支援を頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 日本原子力研究所：高温工学試験研究の現状(1991)
- (2) Japan Atomic Energy Research Institute : Present Status of HTGR Research & Development (April 1991)
- (3) 高温ガス炉研究会実行委員会（編）：日本原子力研究所レポート JAERI-M 90-078 (May 1990)
- (4) 高温ガス炉研究会実行委員会（編）：日本原子力研究所レポート JAERI-M 92-090 (July 1992)
- (5) (Ed.) Executive Committee of The 2nd JAERI Symposium on HTGR Technologies : Proc. 2nd Symp. on HTGR Technologies, Oarai / Japan, Japan Atomic Energy Research Institute Research Report JAERI-M 92-215(January 1993)
- (6) T. Kondo, M. Shindo, T. Ohmura, N. Yonezawa, A. Kawagoe and T. Kojima : United States Patent No.712760 (1976)
- (7) M. Shindo and T. Kondo : Proc. Conf. on Gas-Cooled Reactors Today, Bristol / UK, 1982 (British Nuclear Energy Society) Vol.2, p.179
- (8) 大洗研究所高温工学試験研究炉設計室，東海研究所燃料・材料工学部，東海研究所高温工学部：日本原子力研究所レポート JAERI-M 89-005(February 1989)
- (9) H. Tsuji, H. Nakajima and T. Kondo : Proc. of a Specialists Meeting on High Temperature Metallic Materials for Gas-Cooled Reactors, Cracow / Poland, 1989 (IAEA) p.81
- (10) K. Hada, I. Nishiguchi, Y. Muto and H. Tsuji : Nuclear Engineering and Design, 132(1991)p.1
- (11) 羽田一彦，元木保男，馬場 治：日本原子力研究所レポート JAERI-M 90-148 (September 1987)
- (12) 岡田雅年，田辺龍彦，阿部富士雄，坂井義和，近藤達男，中島 甫，小川 豊，辻 宏和，倉田有司：日本原子力研究所レポート JAERI-M 87-193(November 1987)

- (13) H. Tsuji, and H. Nakajima : Proc. of Second Inter. Conf. & Exhibition on Computer Applications to Materials and Molecular Science and Engineering, Yokohama / Japan, 1993 (Elsevier Science Publishers B.V.) p.89

Table 1 Chemical composition of the material tested (mass%).

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Co	Mo	W	Fe	B	Al	Ti	N	Ni
T	0.07	0.32	0.96	<0.001	<0.001	22.00	0.02	9.11	0.49	18.59	0.0002	0.01	0.01	0.007	Bal.
B	0.07	0.33	0.93	<0.001	<0.001	21.96	0.03	9.11	0.49	18.62	0.0001	0.02	<0.01	0.006	Bal.

T : Top side of the ingot, B : Bottom side of the ingot

Table 2 Tensile properties of the material tested at room temperature and at temperatures where creep tests were conducted.

Test Temp.	Strain Rate	0.2% Proof Stress	Ultimate Tensile Strength	Total Elongation	Reduction of Area
R T	5×10^{-3} %/s (first stage)	301 to 323 MPa	688 to 697 MPa	57.1 to 62.8 %	62.8 to 64.6 %
	1.25×10^{-1} %/s (second stage)				
Strain rate was changed at a strain of 1.5 %.		Frequency was four.			
900°C	5×10^{-3} %/s	153 MPa	172 MPa	126.2 %	69.2 %
	1.25×10^{-1} %/s	149 MPa	195 MPa	101.1 %	82.5 %
	2.5×10^{-1} %/s	146 MPa	217 MPa	101.5 %	78.5 %
950°C	5×10^{-3} %/s	117 MPa	137 MPa	94.6 %	67.2 %
	1.25×10^{-1} %/s	136 MPa	172 MPa	122.3 %	83.8 %
	2.5×10^{-1} %/s	143 MPa	171 MPa	101.7 %	80.7 %
1000°C	5×10^{-3} %/s	81 MPa	103 MPa	86.7 %	64.1 %
	1.25×10^{-1} %/s	123 MPa	136 MPa	132.7 %	84.0 %
	2.5×10^{-1} %/s	129 MPa	145 MPa	100.4 %	79.6 %

Table 3 Impurity levels in simulated HTGR helium gas (vol ppm).

H ₂	H ₂ O	CO	CO ₂	CH ₄
300	3	100	1	15

Table 4 Summary of constant load and temperature creep test results.

Temp. (°C)	Stress (MPa)	Time to onset of tertiary creep (h)	Time to rupture (h)	Rupture elongation (%)	Reduction of area (%)	Minimum creep rate (%/h)
900	19.8	3936	9331.3	11.7	9.9	4.0×10^{-4}
	23.8	1176	3488.6	17.6	10.2	1.7×10^{-3}
	28.4	744	1576.0	15.7	12.6	5.1×10^{-3}
	33.3	624	1067.4	16.5	15.8	9.5×10^{-3}
	43.2	40.5	308.2	40.0	25.5	4.6×10^{-2}
950	14.7	960	4544.3	18.7	12.9	1.2×10^{-3}
	15.2	720	3600.5	17.7	11.0	1.1×10^{-3}
	19.6	312	1491.3	21.5	13.5	4.8×10^{-3}
	22.8	129	871.5	24.0	13.8	7.5×10^{-3}
	32.1	105	203.6	26.8	21.8	8.9×10^{-2}
1000	8.2	2640	7063.3	11.3	6.2	3.7×10^{-4}
	9.8	1200	3312.2	16.7	8.2	8.1×10^{-4}
	14.4	384	1120.7	16.0	9.3	4.2×10^{-3}
	22.0	129	214.8	29.5	16.9	7.6×10^{-2}

Table 5 Results of creep tests with short period excessive loadings.
 (time to onset of tertiary creep, time to rupture,
 rupture elongation and reduction of area)

Temp. (°C)	Creep stress (MPa)	Exces. stress (MPa)	Number of exces. loadings (time)	Time to onset of tertiary creep (h)	Time to rupture (h)	Rupture elongation (%)	Reduction of area (%)
900	23.8	92.2	1	1368	3594.6	14.0	8.5
			10	888	3067.7	17.3	12.3
	33.3		1	600	1092.2	25.5	14.4
			10	588	926.5	21.3	13.5
950	15.2	77.5	1	576	2953.5	18.7	9.7
			11	1404	3348.3	18.2	11.3
	19.6		1	432	1380.6	16.0	12.7
			13	168	1243.8	22.3	11.7
1000	9.8	62.8	1	792	2903.2	13.2	9.8
			8	852	2695.9	21.3	10.7
	14.4		1	600	1296.1	16.2	10.6
			10	184.5	1053.9	17.5	10.7

Table 6 Results of creep tests with short period excessive loadings.
 (ratio of t_R to value of regression equation and ratio of ϵ_R to value of regression equation)

Temp. (°C)	Creep stress (MPa)	Exces. stress (MPa)	Number of exces. loadings (time)	Ratio of t_R to value of regression equation	Ratio of ϵ_R to value of regression equation
900	23.8	92.2	1	0.93	0.96
			10	0.79	1.19
	33.3		1	1.18	1.02
			10	1.00	0.85
950	15.2	77.5	1	0.76	1.01
			11	0.86	0.98
	19.6		1	0.95	0.82
			13	0.86	1.15
1000	9.8	62.8	1	0.78	0.93
			8	0.73	1.49
	14.4		1	1.32	0.79
			10	1.08	0.95

Table 7 Results of creep tests with short period excessive loadings.
(minimum creep rate)

Temp. (°C)	Creep stress (MPa)	Minimum creep rate (%/h)						
		Before 1st excess. loading	After 1st excess. loading	After 2nd excess. loading	After 3rd excess. loading	After 4th excess. loading	After 5th excess. loading	After 6th excess. loading
900	23.8	1.07×10^{-3}	9.60×10^{-4}	—	—	—	—	—
900	23.8	2.44×10^{-3}	2.00×10^{-3}	2.24×10^{-3}	(2.54×10^{-3})	(2.74×10^{-3})	(2.89×10^{-3})	(3.76×10^{-3})
900	33.3	6.67×10^{-3}	1.21×10^{-2}	—	—	—	—	—
900	33.3	2.44×10^{-2}	1.32×10^{-2}	1.18×10^{-2}	1.32×10^{-2}	1.48×10^{-2}	1.61×10^{-2}	1.46×10^{-2}
950	15.2	1.55×10^{-3}	2.55×10^{-3}	—	—	—	—	—
950	15.2	3.33×10^{-3}	1.27×10^{-3}	1.58×10^{-3}	1.94×10^{-3}	2.54×10^{-3}	2.07×10^{-3}	(5.75×10^{-3})
950	19.6	4.47×10^{-3}	6.36×10^{-3}	—	—	—	—	—
950	19.6	5.92×10^{-3}	3.79×10^{-3}	(1.38×10^{-2})	(9.29×10^{-3})	(8.00×10^{-3})	(9.00×10^{-3})	(1.08×10^{-2})
1000	9.8	1.03×10^{-3}	6.80×10^{-4}	—	—	—	—	—
1000	9.8	9.00×10^{-4}	9.50×10^{-4}	1.47×10^{-3}	(2.26×10^{-3})	(3.59×10^{-3})	(4.03×10^{-3})	(5.47×10^{-3})
1000	14.4	5.45×10^{-3}	6.50×10^{-3}	—	—	—	—	—
1000	14.4	4.37×10^{-3}	4.27×10^{-3}	(6.91×10^{-3})	(8.33×10^{-3})	(9.92×10^{-3})	(9.92×10^{-3})	(1.26×10^{-2})

The values in the parentheses were obtained in the tertiary creep stage.

Table 7 Results of creep tests with short period excessive loadings. (Continued)
(minimum creep rate)

Temp. (°C)	Creep stress (MPa)	Minimum creep rate (%/h)										
		After 7th excess. loading	After 8th excess. loading	After 9th excess. loading	After 10th excess. loading	After 11th excess. loading	After 12th excess. loading	After 13th excess. loading				
900	23.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
900	23.8	(4.28×10 ⁻³)	(6.55×10 ⁻³)	(8.62×10 ⁻³)	—	—	—	—	—	—	—	—
900	33.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
900	33.3	(1.96×10 ⁻²)	(2.35×10 ⁻²)	(3.65×10 ⁻²)	—	—	—	—	—	—	—	—
950	15.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
950	15.2	(4.36×10 ⁻³)	(4.98×10 ⁻³)	(5.63×10 ⁻³)	(7.06×10 ⁻³)	—	—	—	—	—	—	—
950	19.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
950	19.6	(8.65×10 ⁻³)	(1.10×10 ⁻²)	(1.35×10 ⁻²)	(1.63×10 ⁻²)	(2.06×10 ⁻²)	(3.91×10 ⁻²)	—	—	—	—	—
1000	9.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	9.8	(7.86×10 ⁻³)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	14.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	14.4	(1.29×10 ⁻²)	(1.61×10 ⁻²)	(2.79×10 ⁻²)	—	—	—	—	—	—	—	—

The values in the parentheses were obtained in the tertiary creep stage.

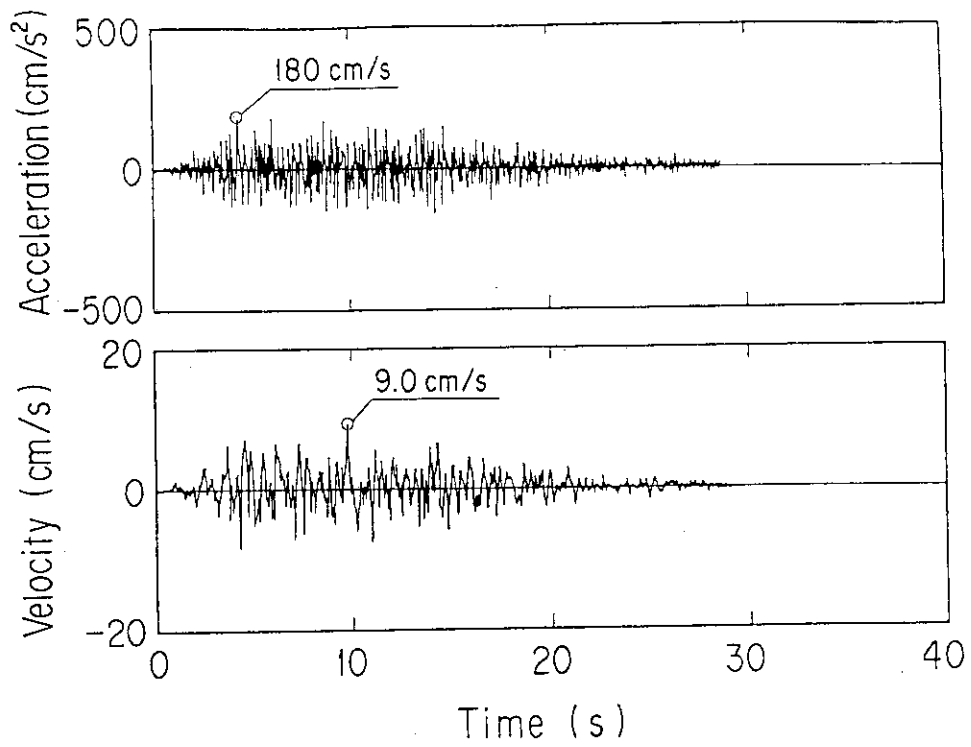


Fig. 1 Strongest design earthquake S_1 for the HTTR ⁽²⁾.

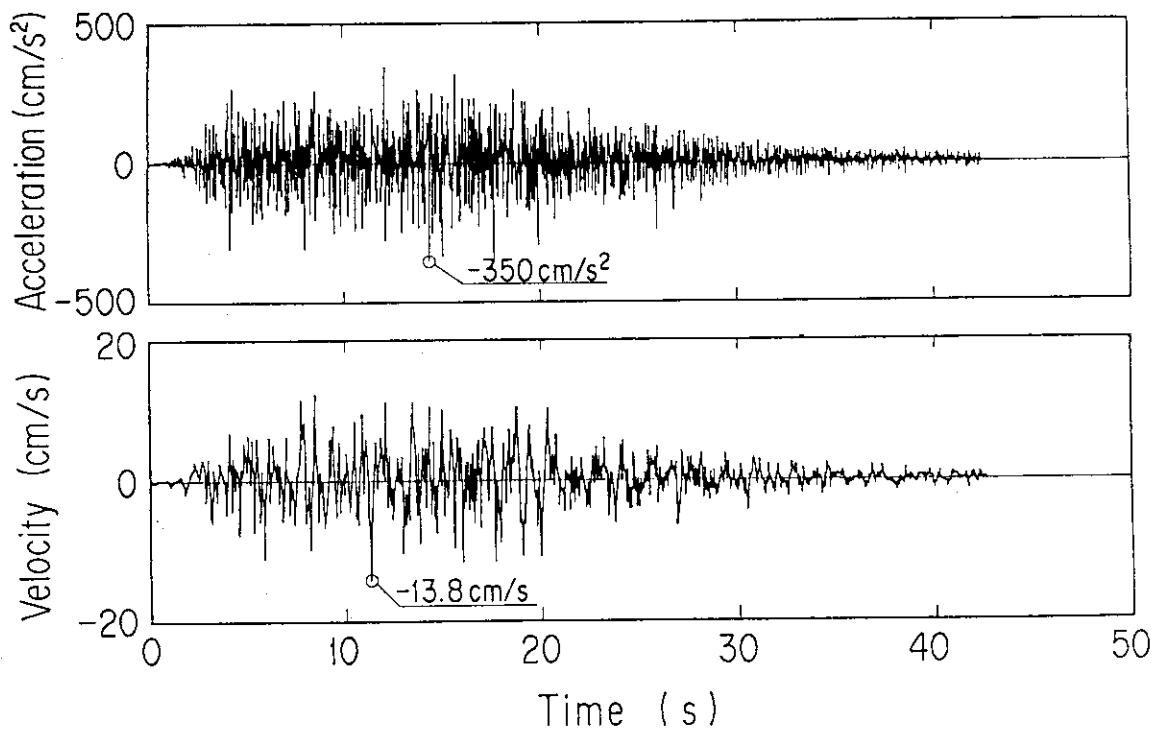


Fig. 2 Extreme design earthquake S_2 for the HTTR ⁽²⁾.

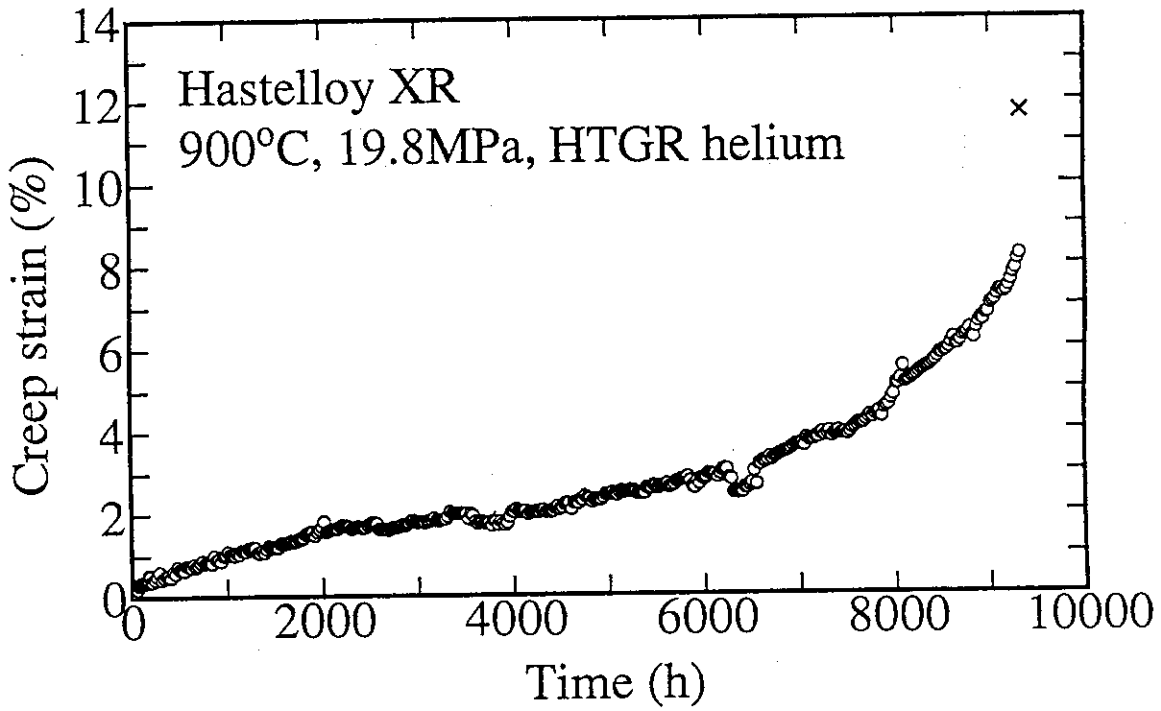


Fig. 3.1 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (900°C, 19.8MPa)
The cross indicates the rupture point.

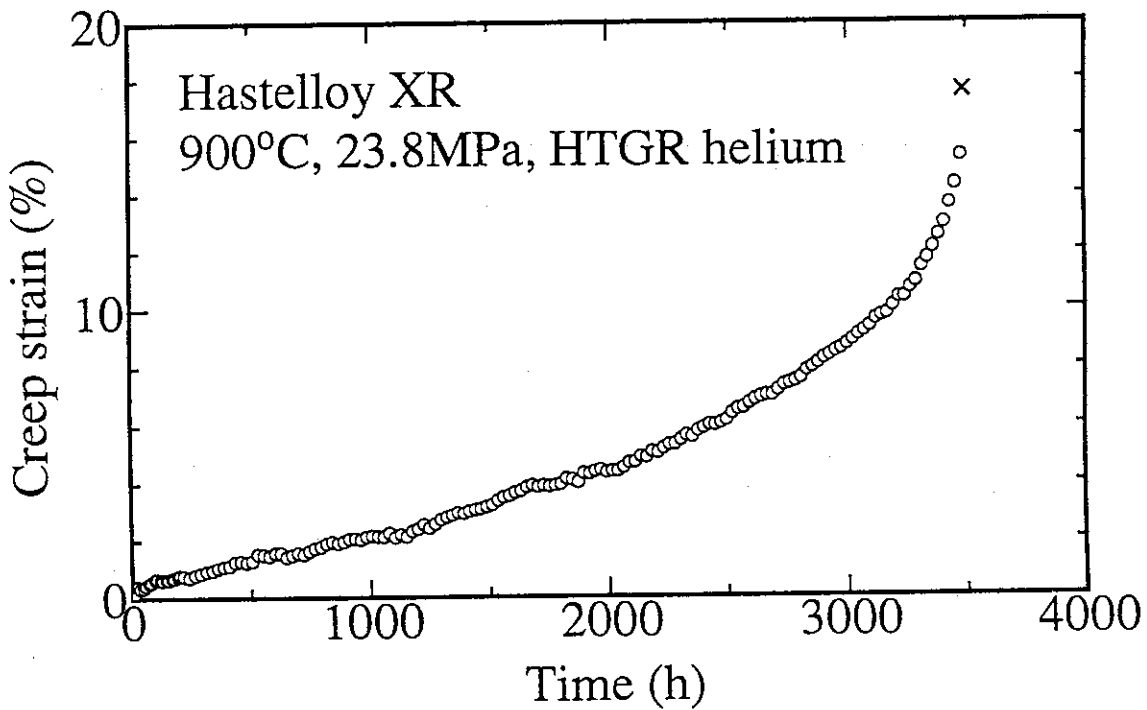


Fig. 3.2 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (900°C, 23.8MPa)
The cross indicates the rupture point.

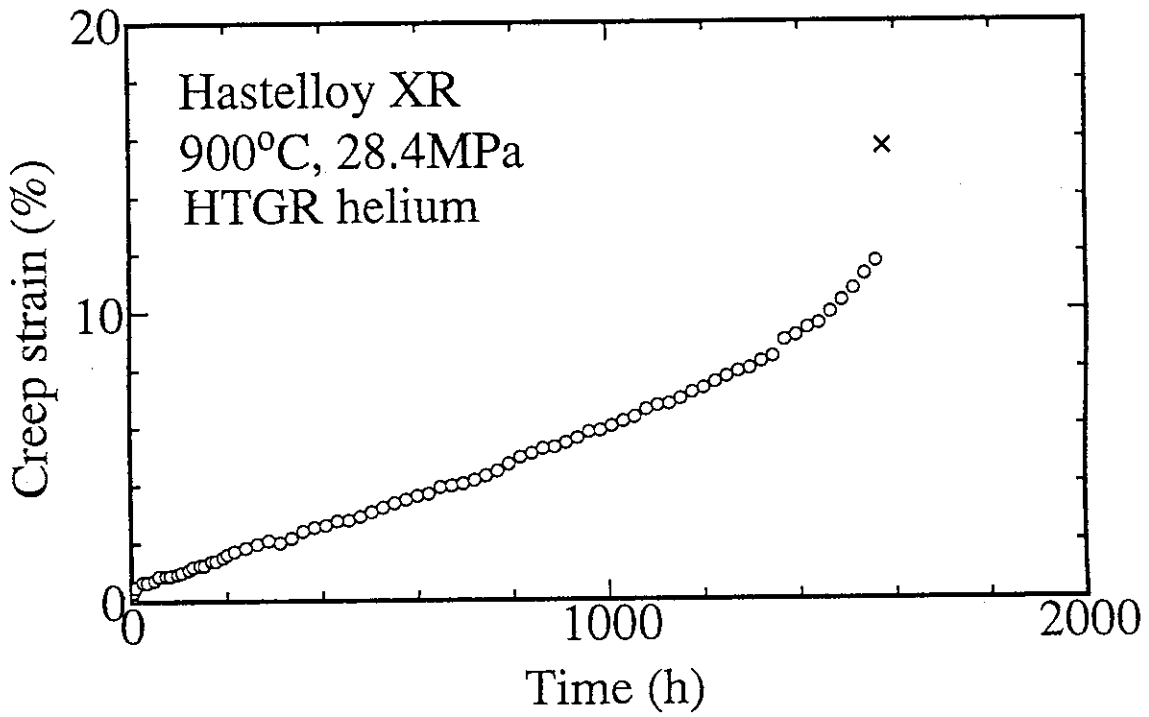


Fig. 3.3 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (900°C, 28.4MPa)
The cross indicates the rupture point.

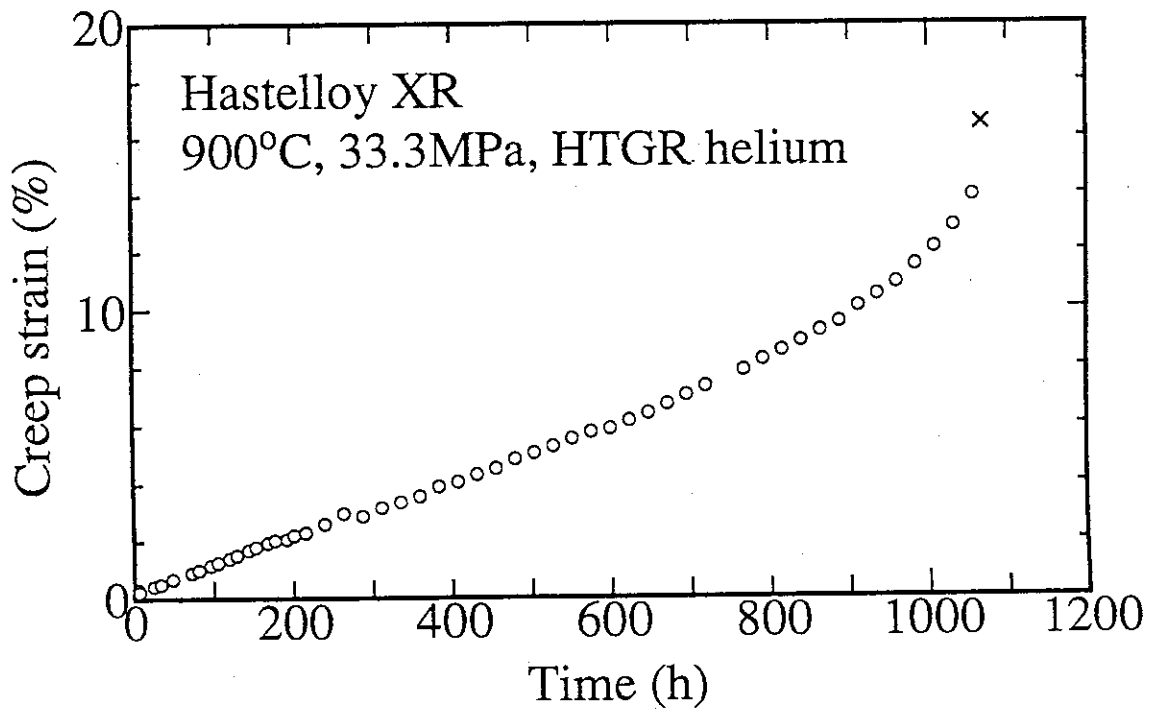


Fig. 3.4 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (900°C, 33.3MPa)
The cross indicates the rupture point.

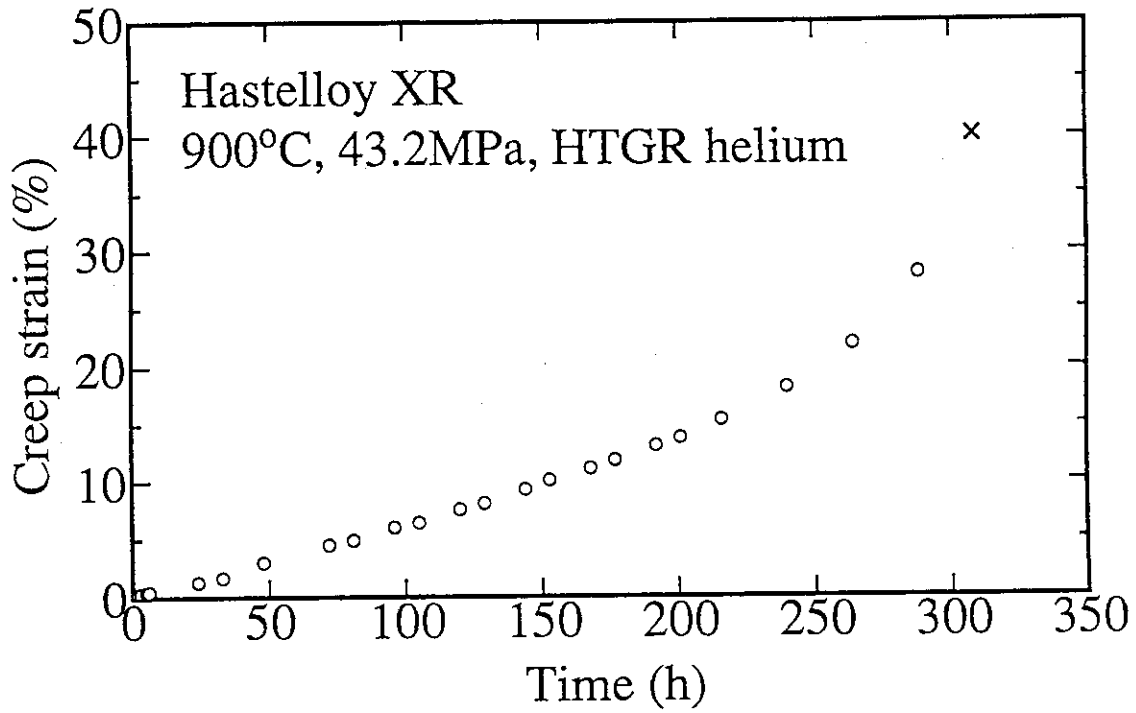


Fig. 3.5 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (900°C, 43.2MPa)
The cross indicates the rupture point.

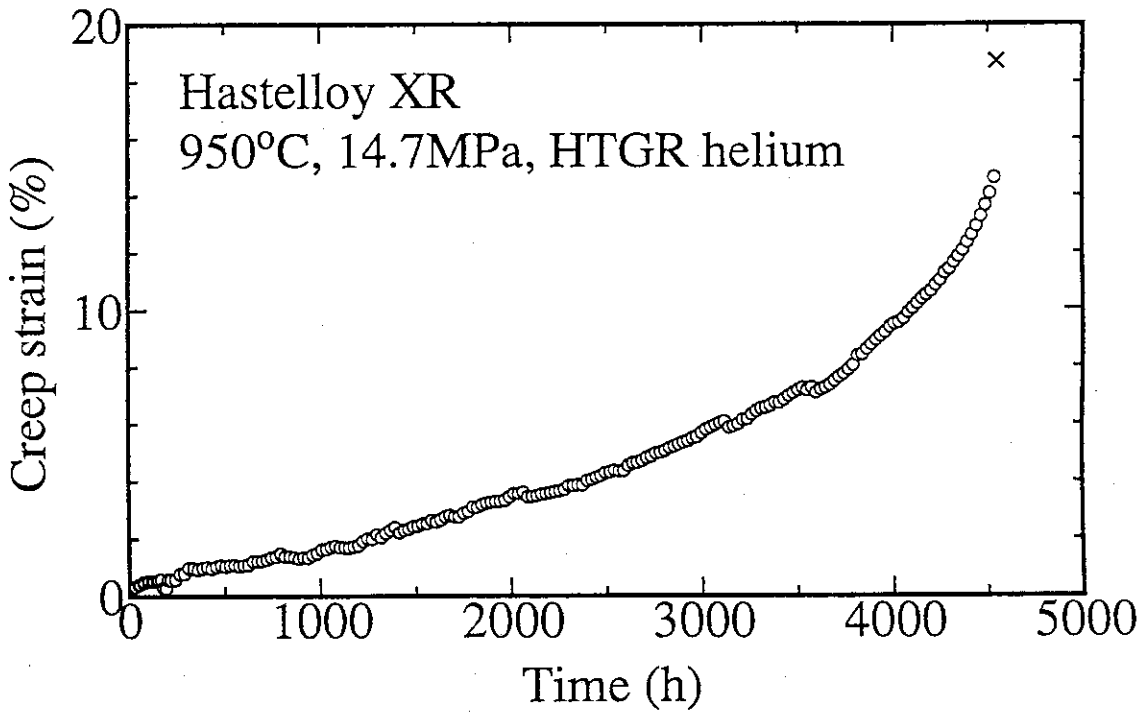


Fig. 4.1 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (950°C, 14.7MPa)
The cross indicates the rupture point.

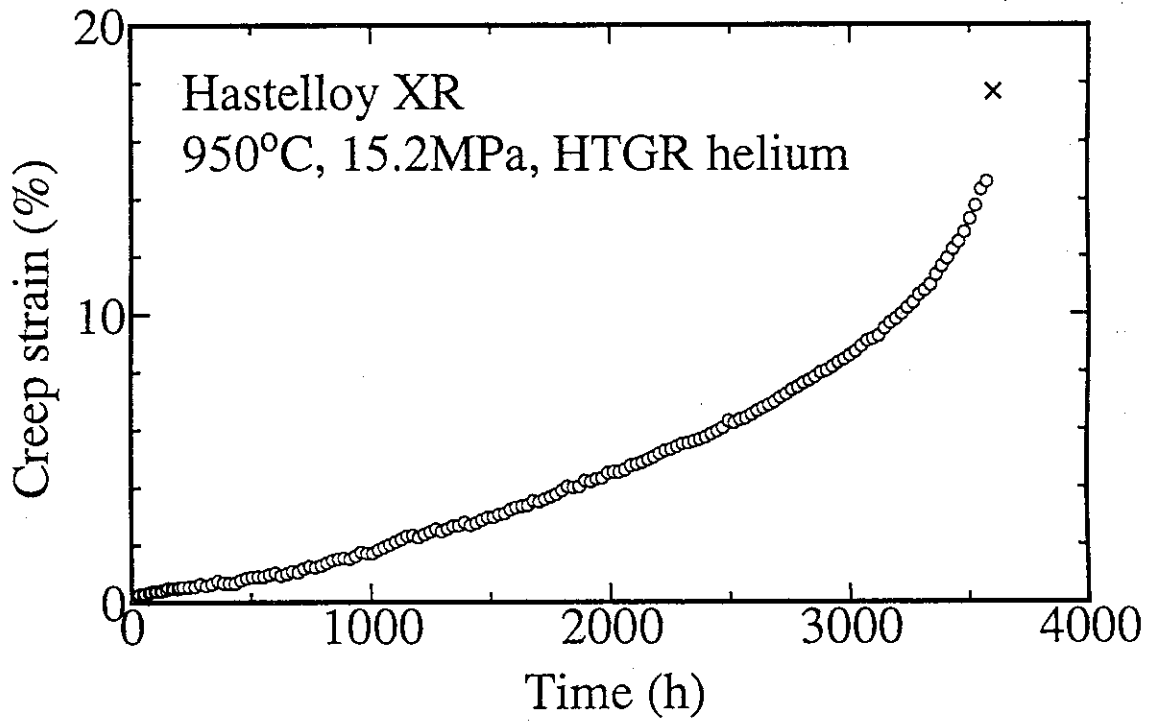


Fig. 4.2 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (950°C, 15.2MPa)
The cross indicates the rupture point.

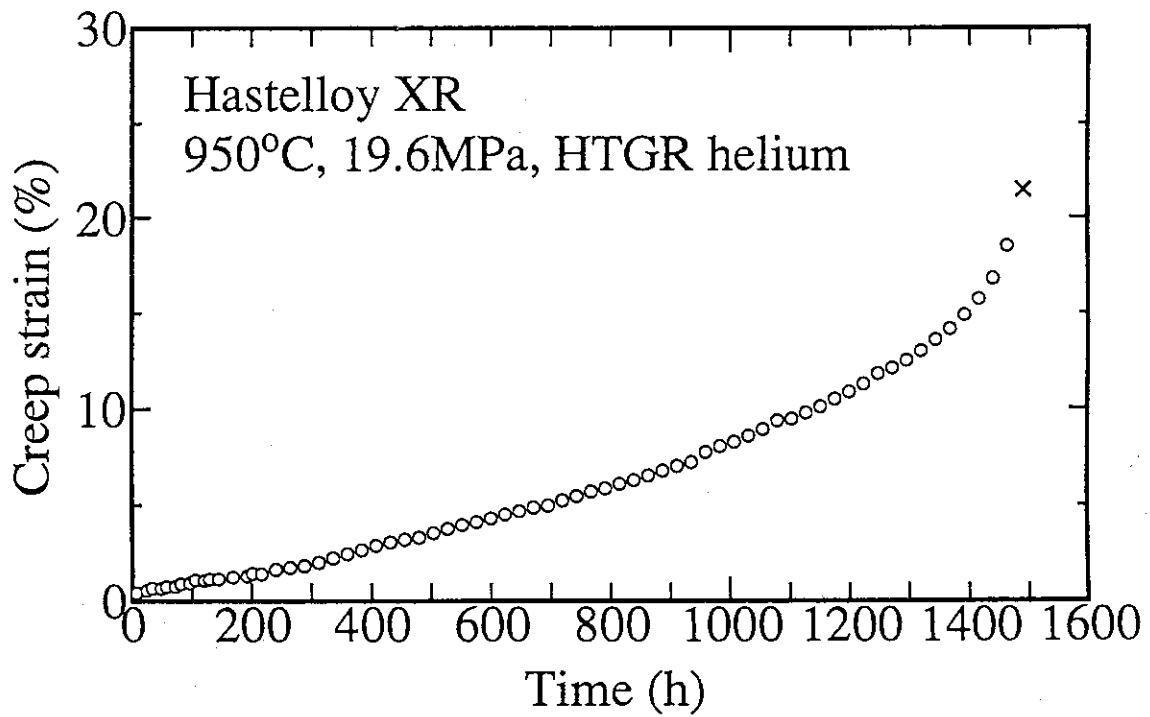


Fig. 4.3 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (950°C, 19.6MPa)
The cross indicates the rupture point.

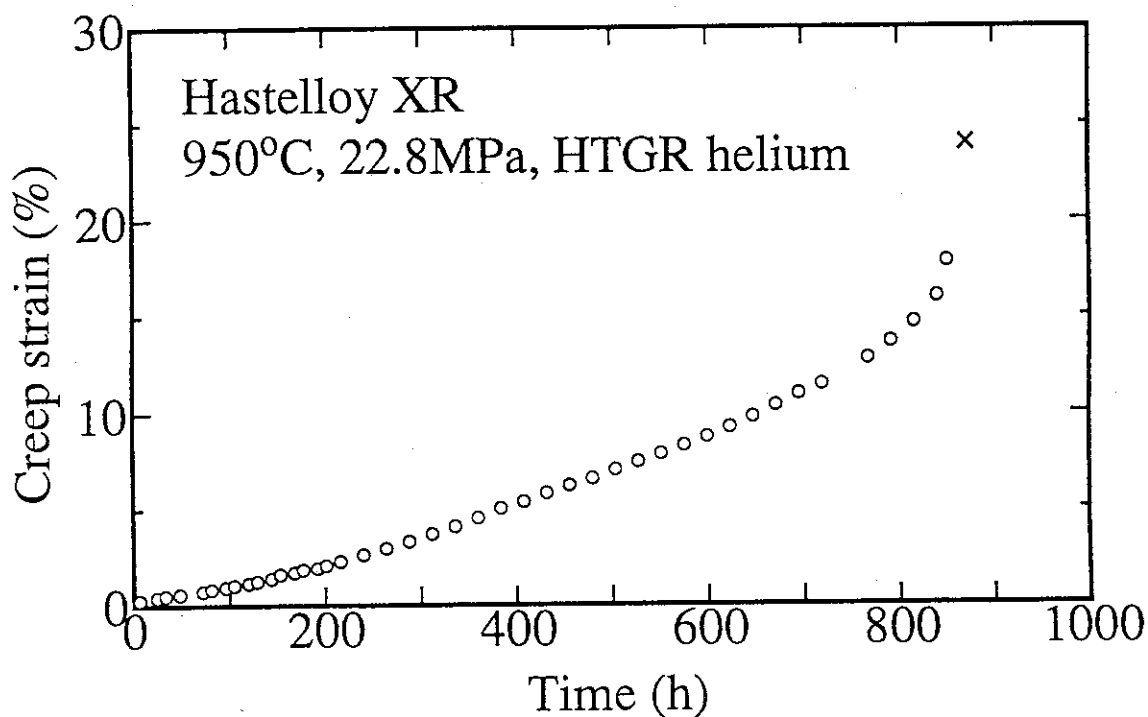


Fig. 4.4 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (950°C, 22.8MPa)
The cross indicates the rupture point.

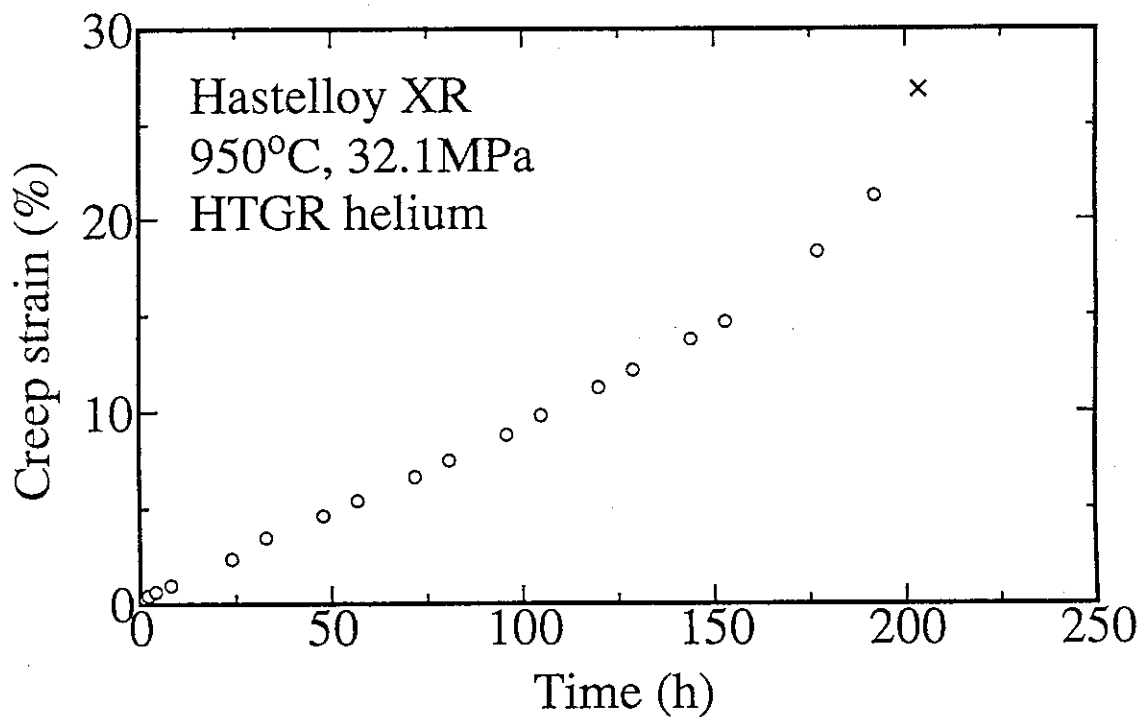


Fig. 4.5 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (950°C, 32.1MPa)
The cross indicates the rupture point.

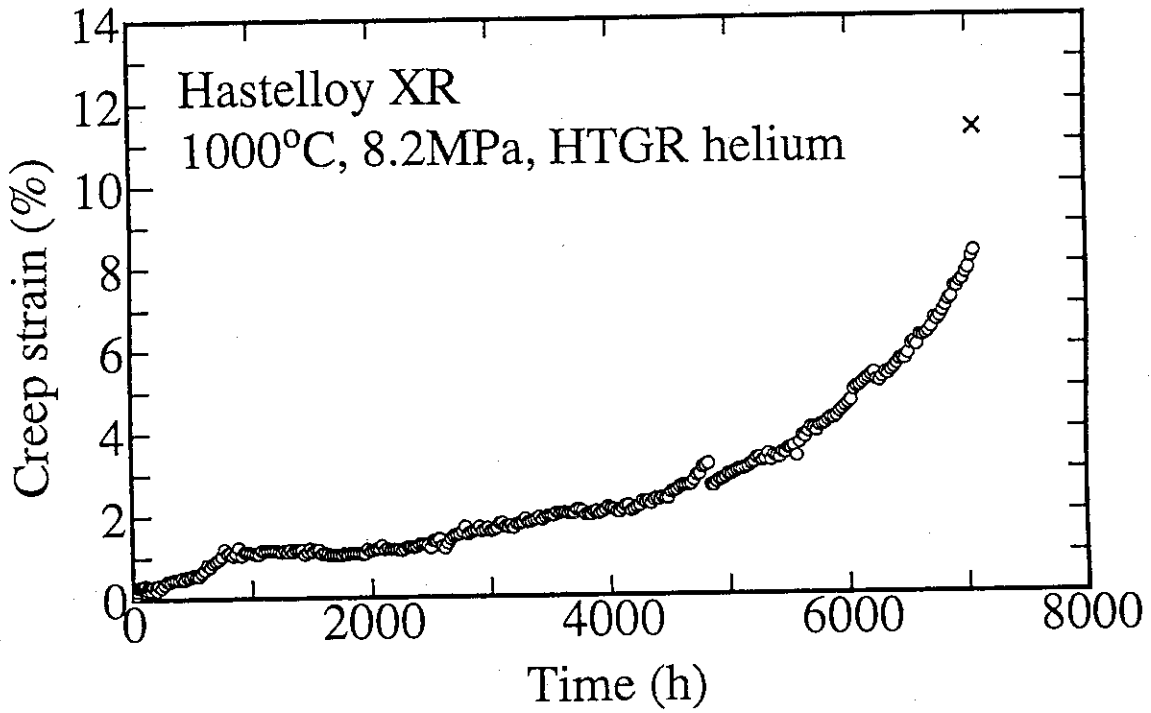


Fig. 5.1 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (1000°C, 8.2MPa)
The cross indicates the rupture point.

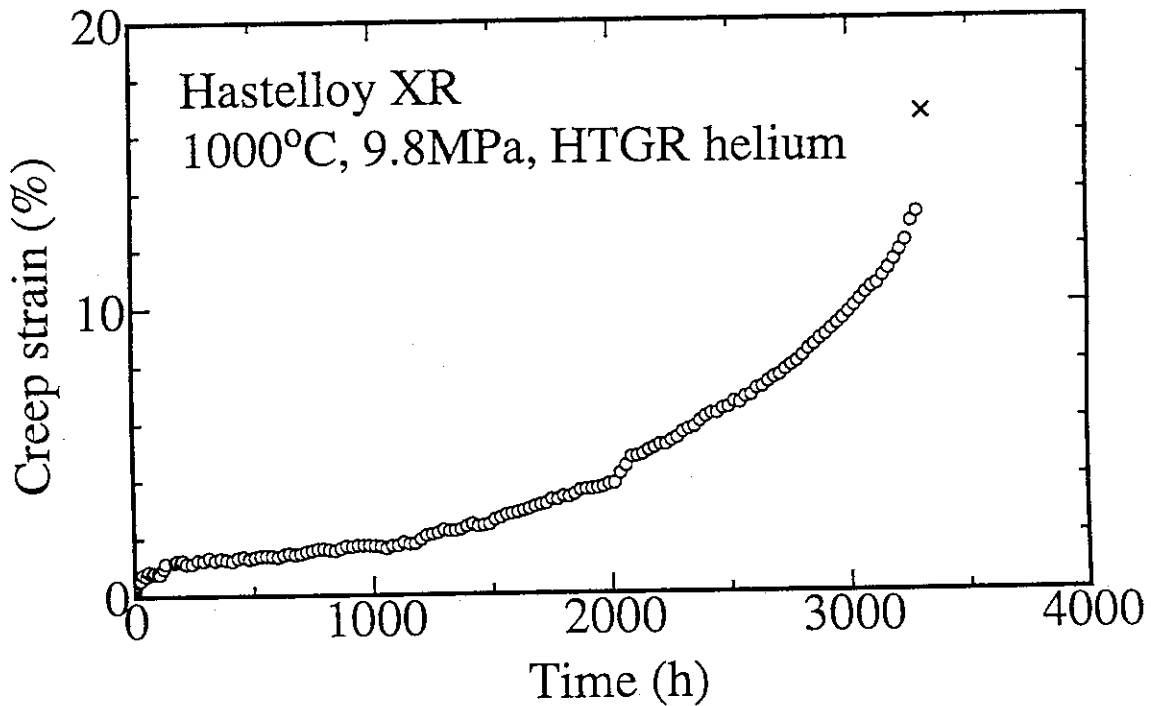


Fig. 5.2 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (1000°C, 9.8MPa)
The cross indicates the rupture point.

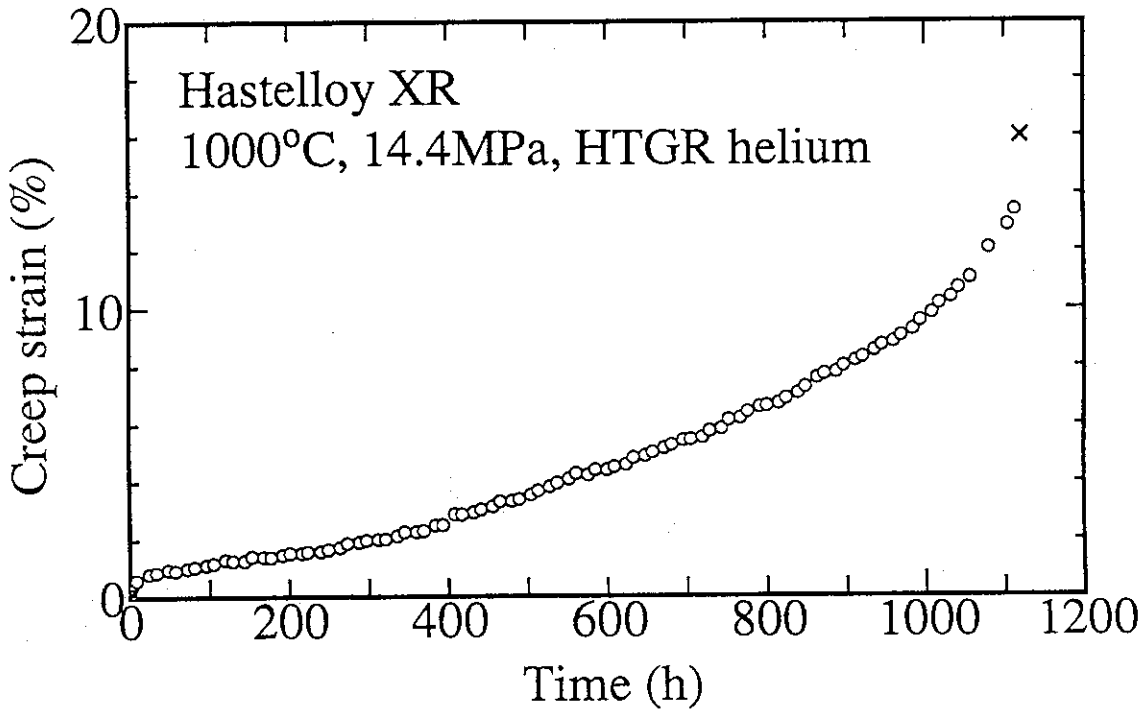


Fig. 5.3 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (1000°C, 14.4MPa)
The cross indicates the rupture point.

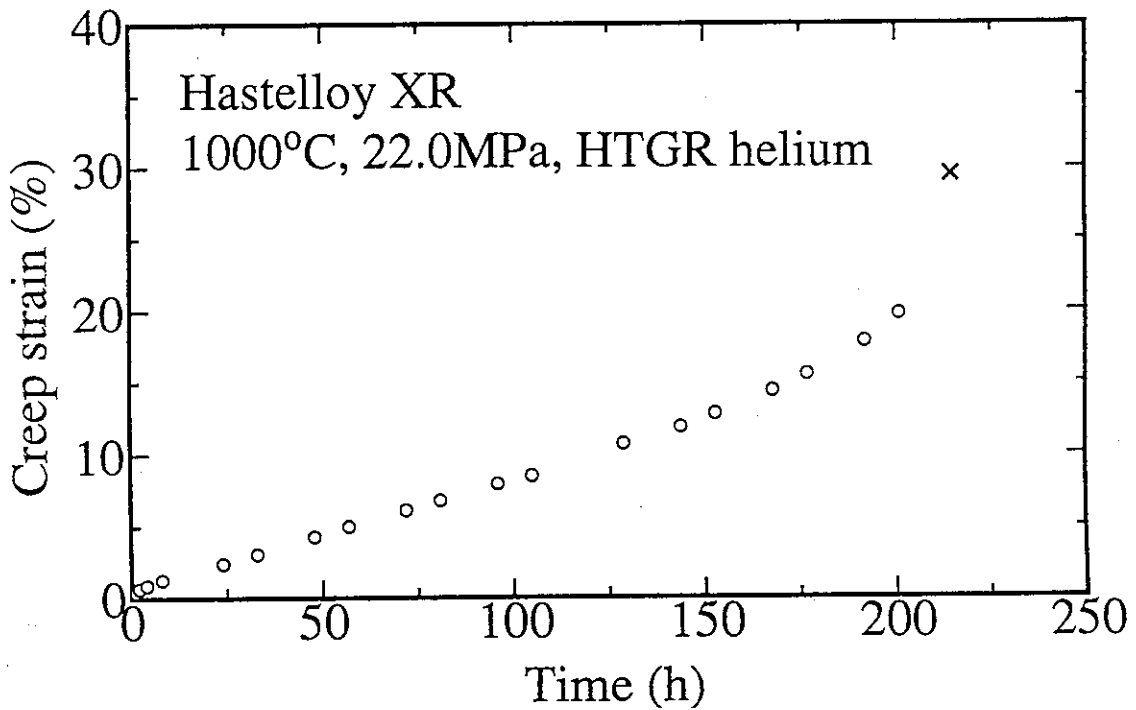


Fig. 5.4 Creep curve obtained by constant temperature and load creep test. (1000°C, 22.0MPa)
The cross indicates the rupture point.

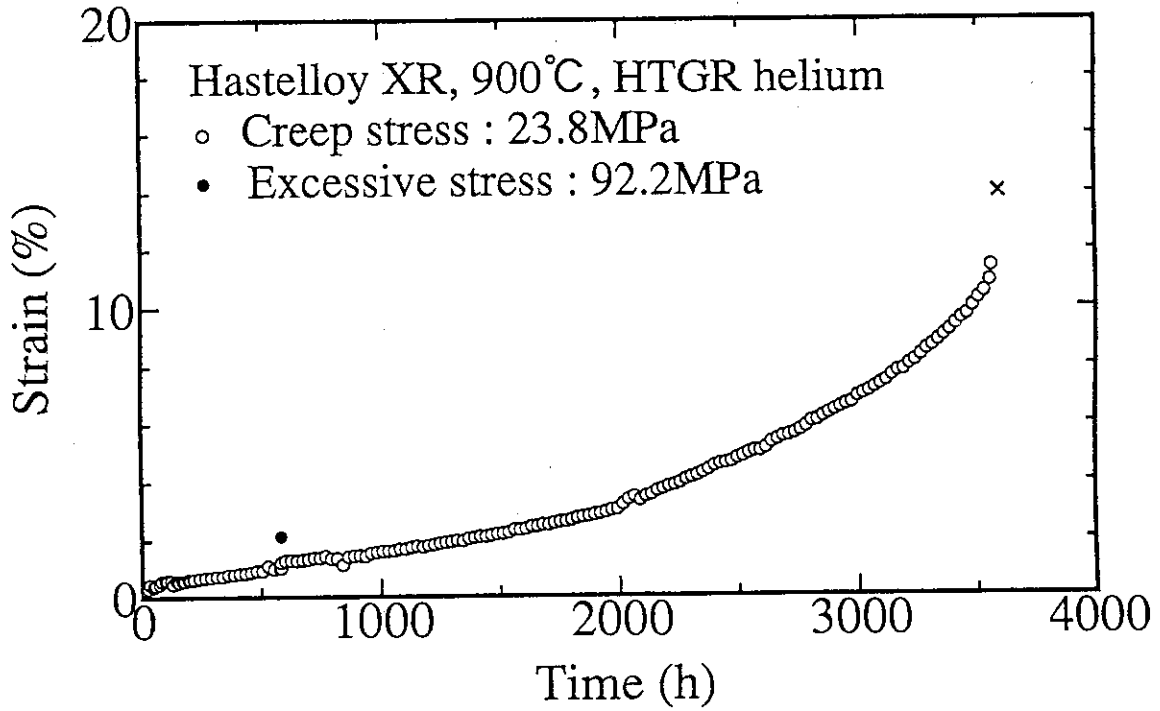


Fig. 6.1 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loading.
 (Temperature; 900°C, Creep stress; 23.8MPa,
 Excessive stress; 92.2MPa)
 The cross indicates the rupture point.

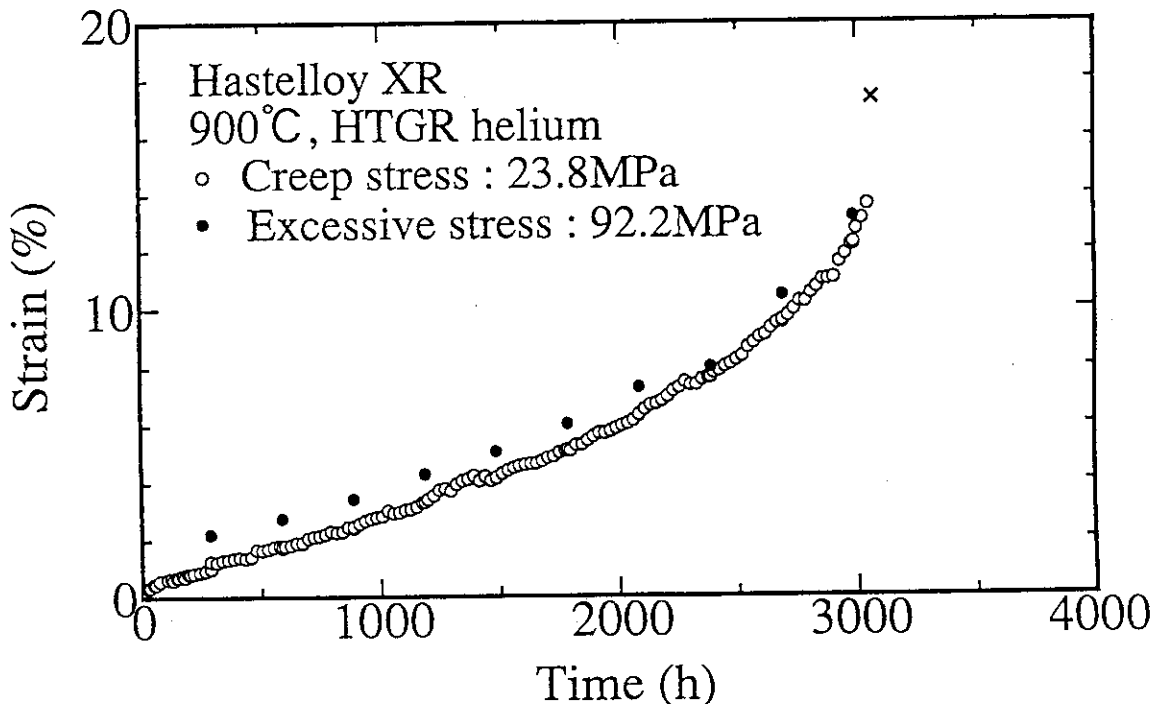


Fig. 6.2 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loadings.
 (Temperature; 900°C, Creep stress; 23.8MPa,
 Excessive stress; 92.2MPa)
 The cross indicates the rupture point.

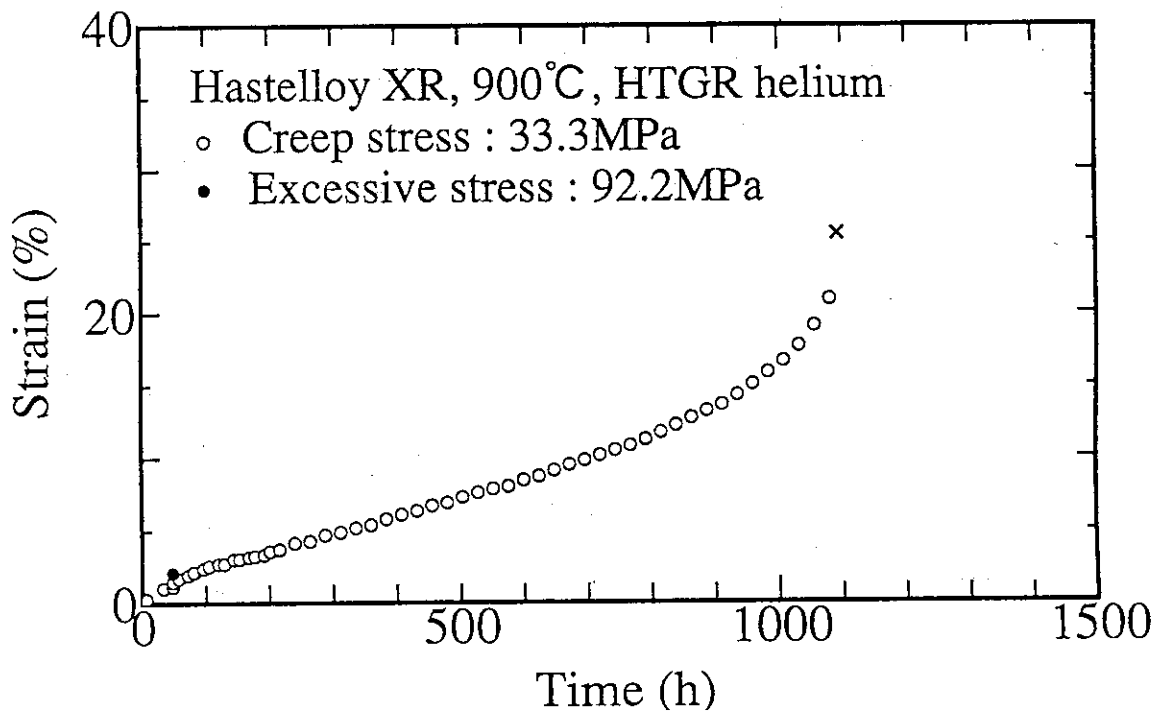


Fig. 6.3 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loading.
 (Temperature; 900°C, Creep stress; 33.3MPa,
 Excessive stress; 92.2MPa)
 The cross indicates the rupture point.

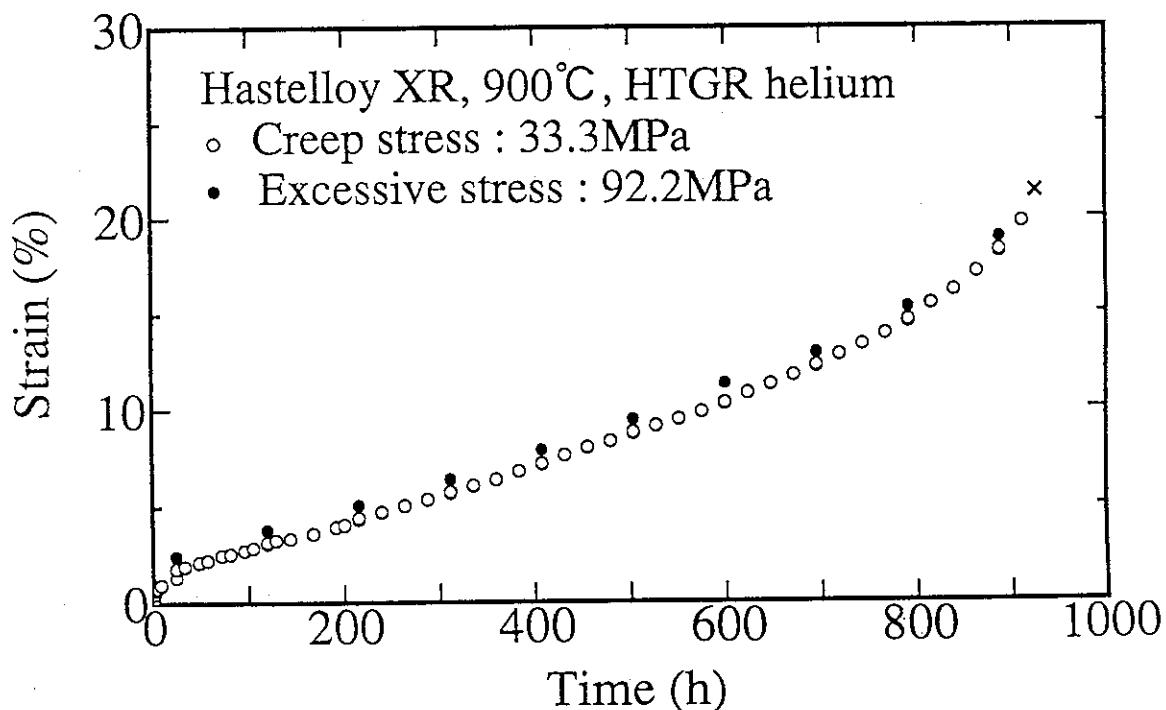


Fig. 6.4 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loadings.
 (Temperature; 900°C, Creep stress; 33.3MPa,
 Excessive stress; 92.2MPa)
 The cross indicates the rupture point.

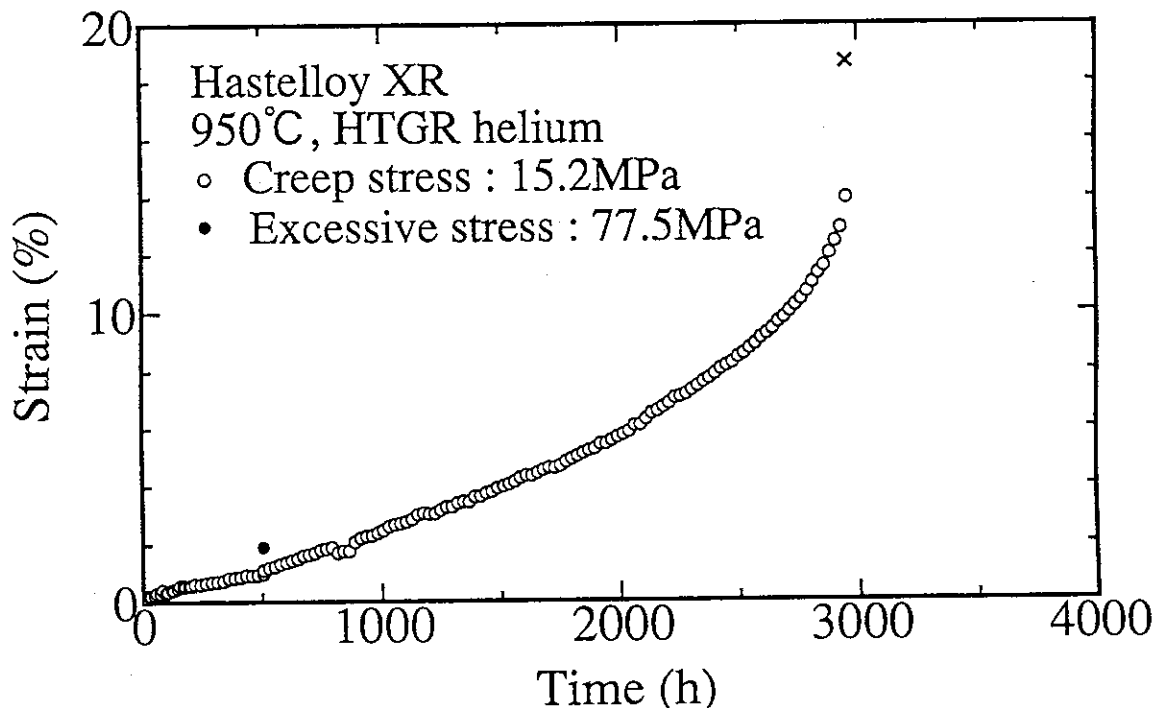


Fig. 7.1 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loading.
 (Temperature; 950°C, Creep stress; 15.2MPa,
 Excessive stress; 77.5MPa)
 The cross indicates the rupture point.

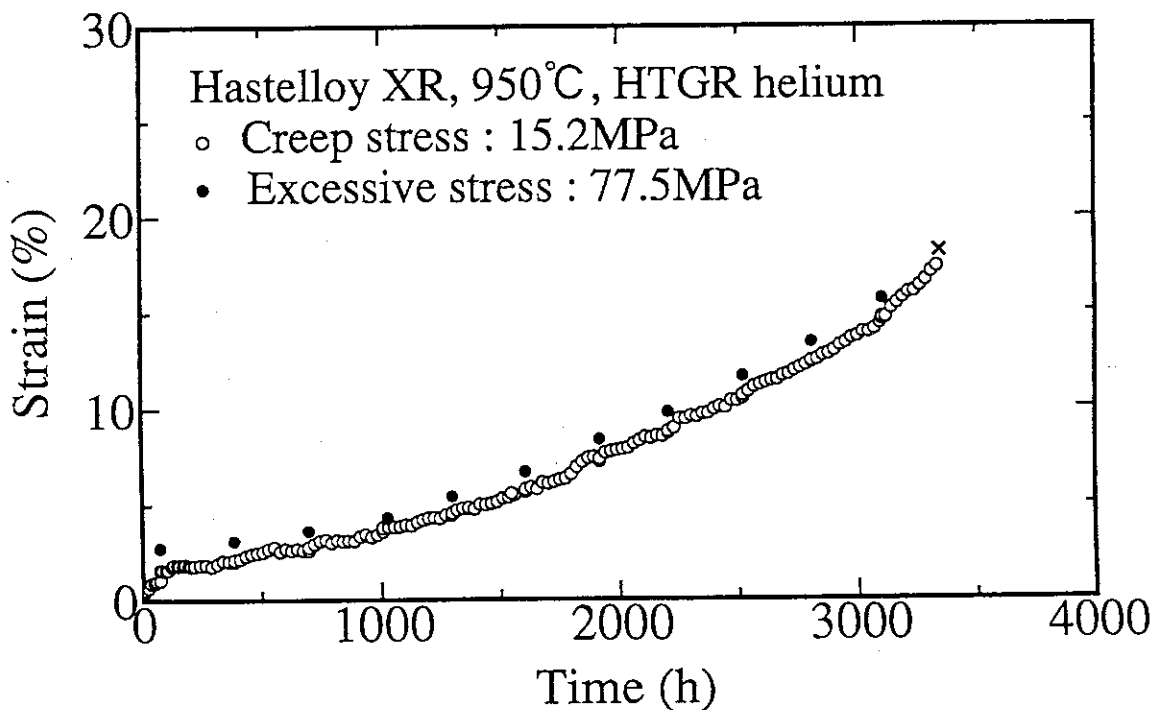


Fig. 7.2 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loadings.
 (Temperature; 950°C, Creep stress; 15.2MPa,
 Excessive stress; 77.5MPa)
 The cross indicates the rupture point.

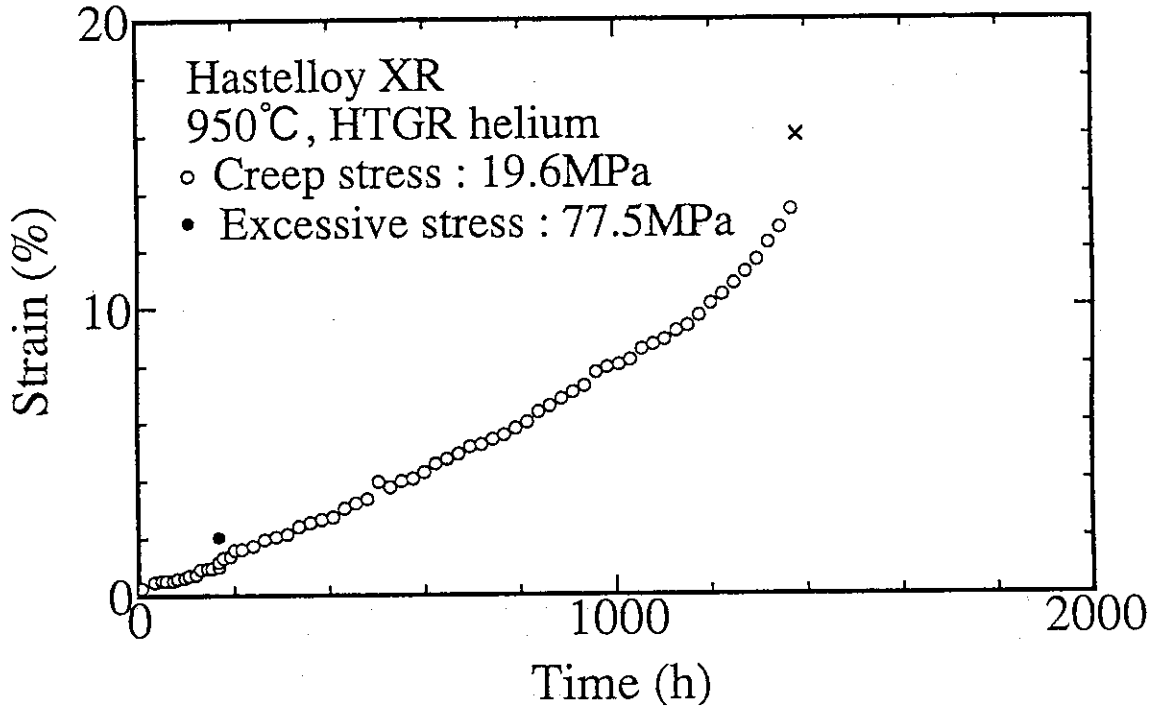


Fig. 7.3 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loading.
 (Temperature; 950°C, Creep stress; 19.6MPa,
 Excessive stress; 77.5MPa)
 The cross indicates the rupture point.

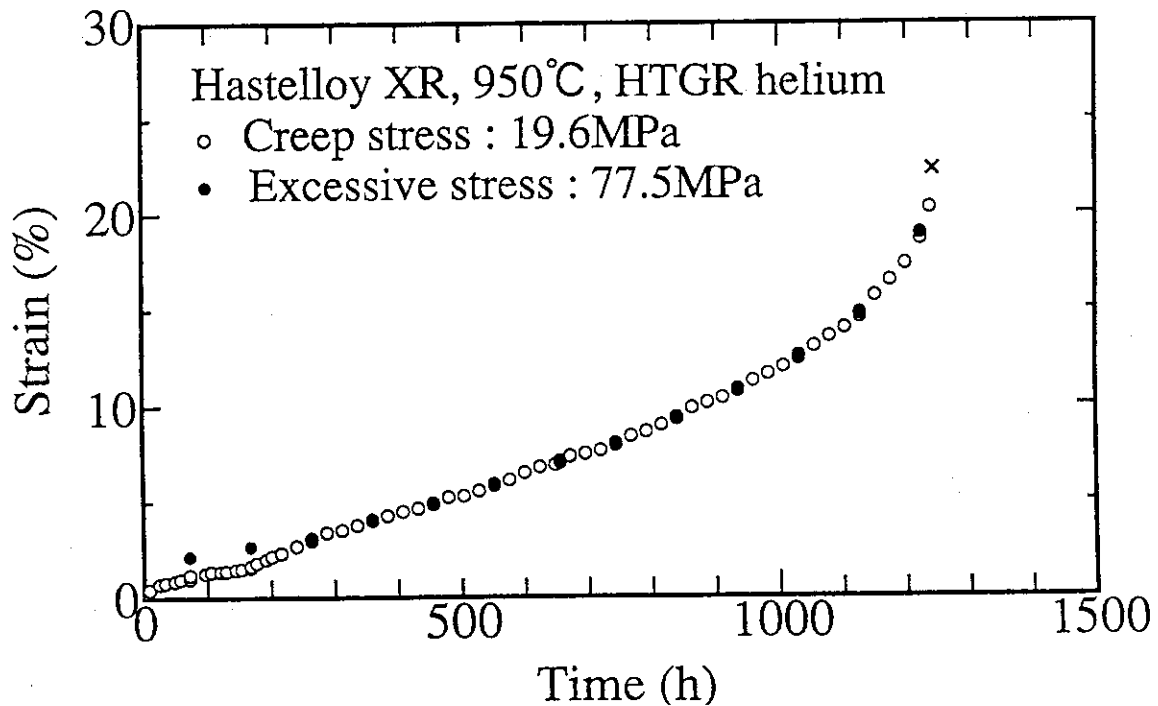


Fig. 7.4 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loadings.
 (Temperature; 950°C, Creep stress; 19.6MPa,
 Excessive stress; 77.5MPa)
 The cross indicates the rupture point.

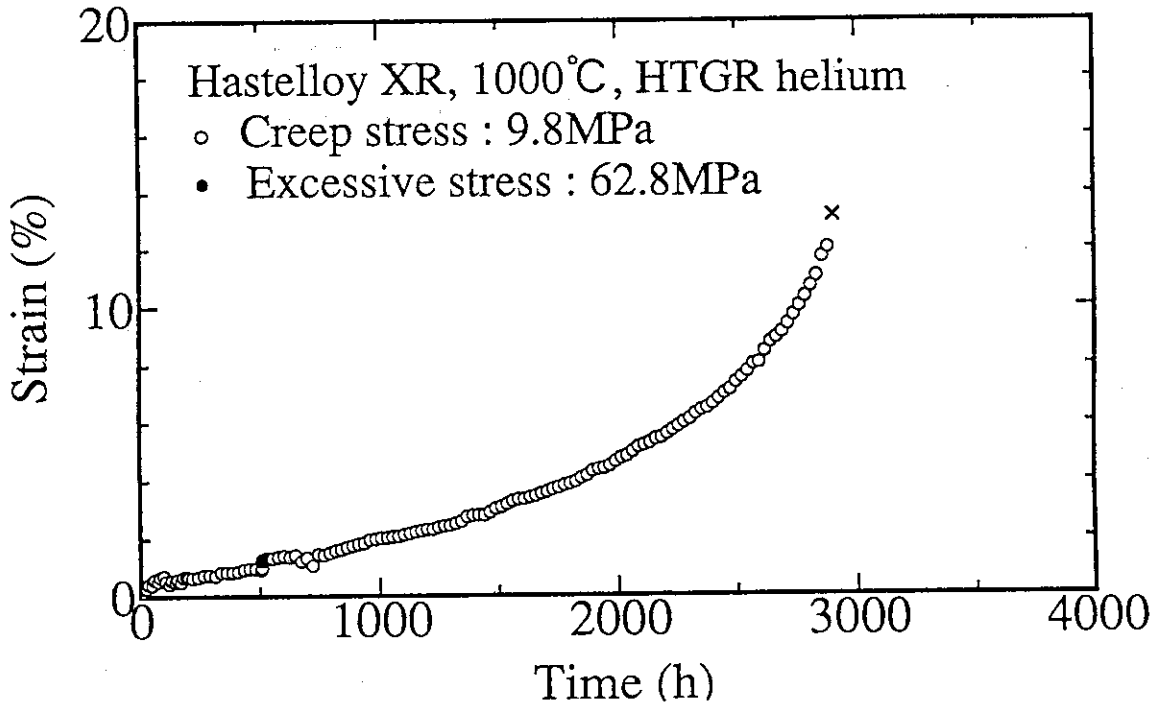


Fig. 8.1 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loading.
 (Temperature; 1000°C, Creep stress; 9.8MPa, Excessive stress; 62.8MPa)
 The cross indicates the rupture point.

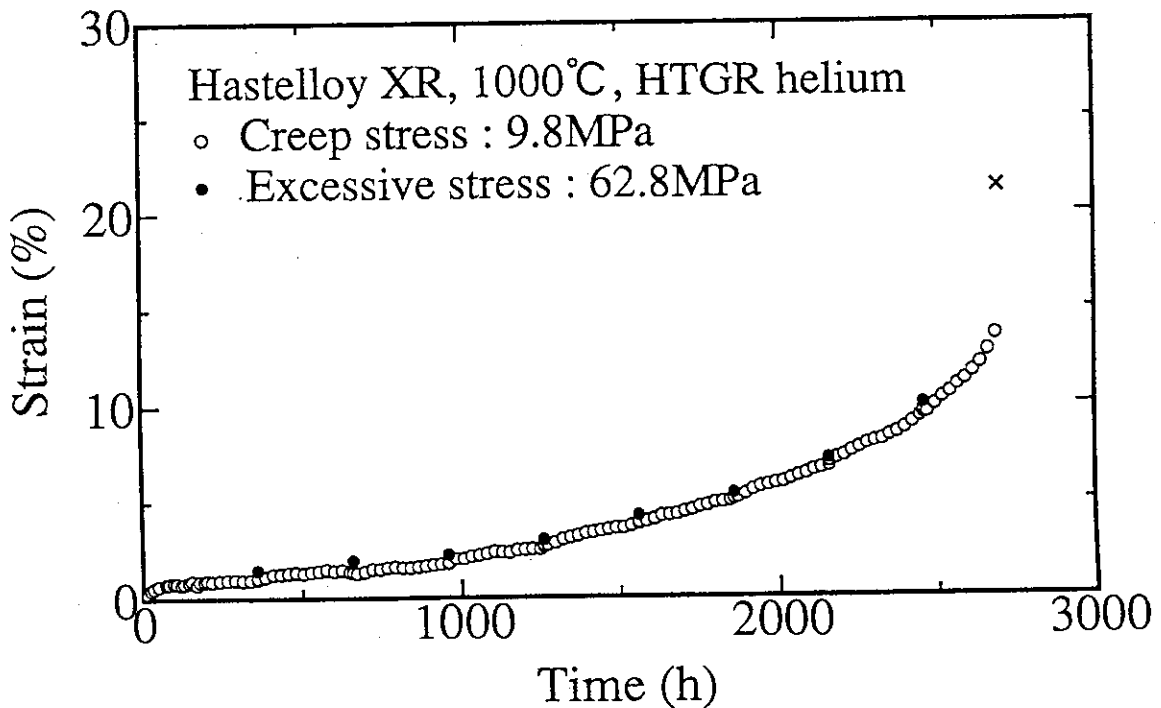


Fig. 8.2 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loadings.
 (Temperature; 1000°C, Creep stress; 9.8MPa, Excessive stress; 62.8MPa)
 The cross indicates the rupture point.

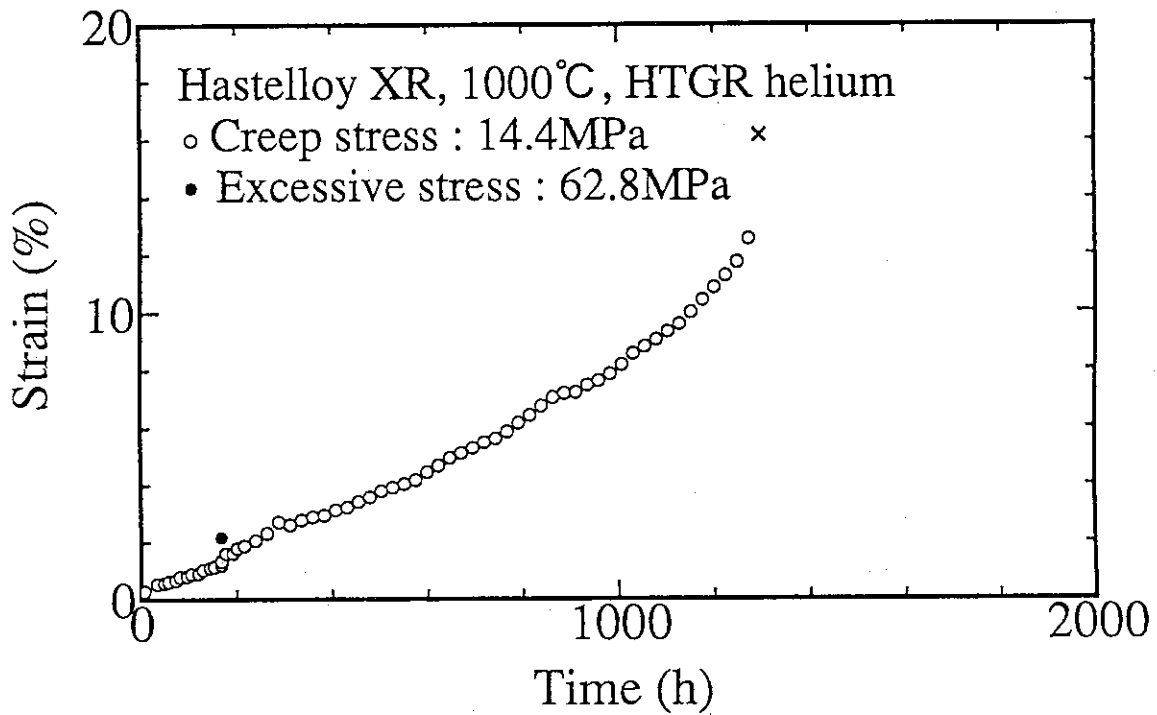


Fig. 8.3 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loading.
 (Temperature; 1000°C, Creep stress; 14.4MPa,
 Excessive stress; 62.8MPa)
 The cross indicates the rupture point.

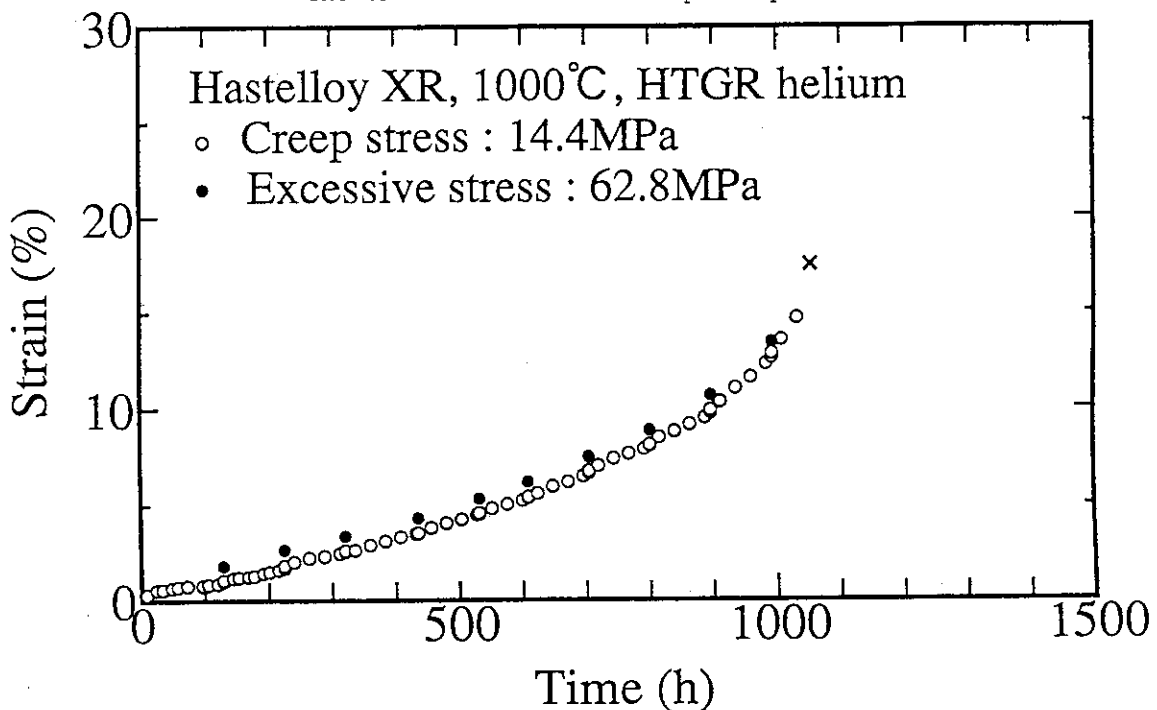


Fig. 8.4 Creep curve obtained by constant temperature creep test with short period excessive loadings.
 (Temperature; 1000°C, Creep stress; 14.4MPa,
 Excessive stress; 62.8MPa)
 The cross indicates the rupture point.

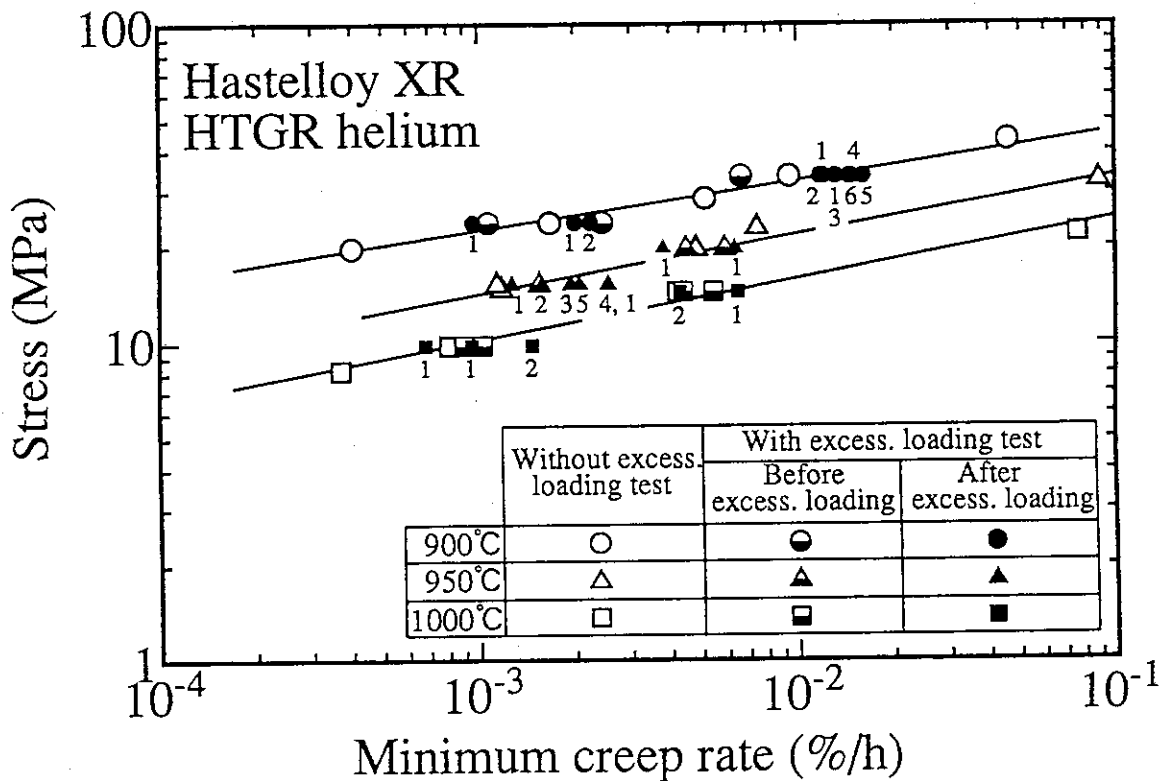


Fig. 9 Minimum creep rate as a function of applied stress. Figures indicate the number of applied excessive loadings before the minimum creep rate was measured.

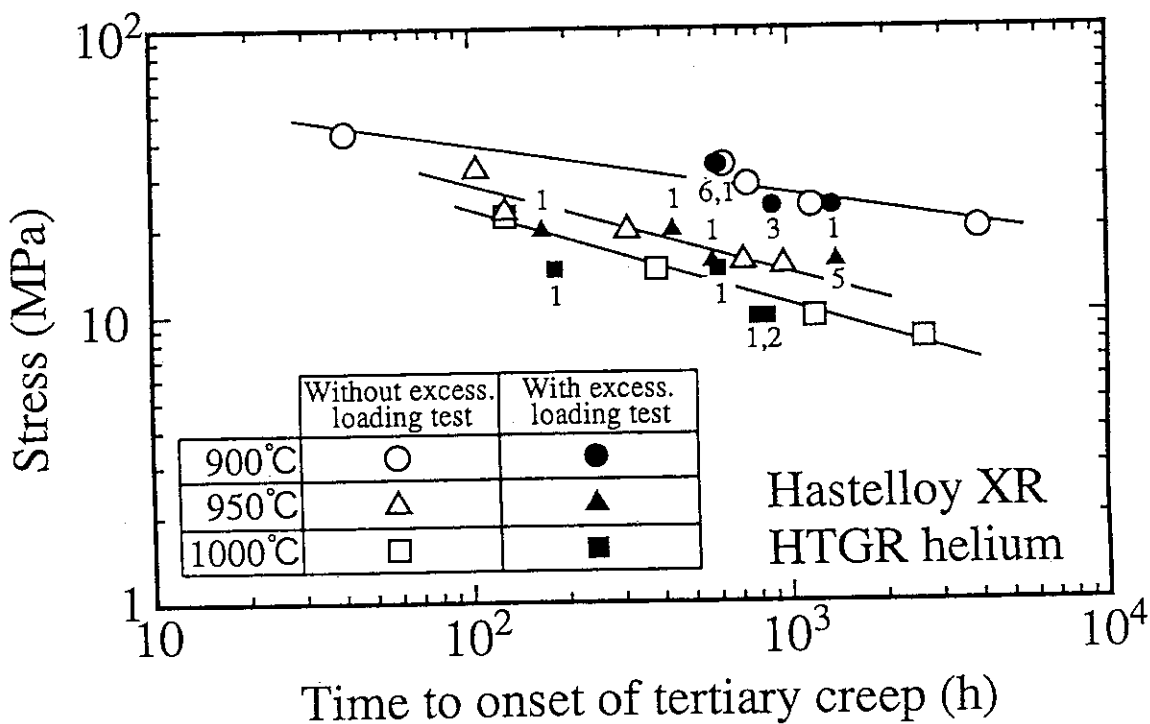


Fig. 10 Relation between applied stress and time to onset of tertiary creep. Figures indicate the number of applied excessive loadings before onset of tertiary creep.

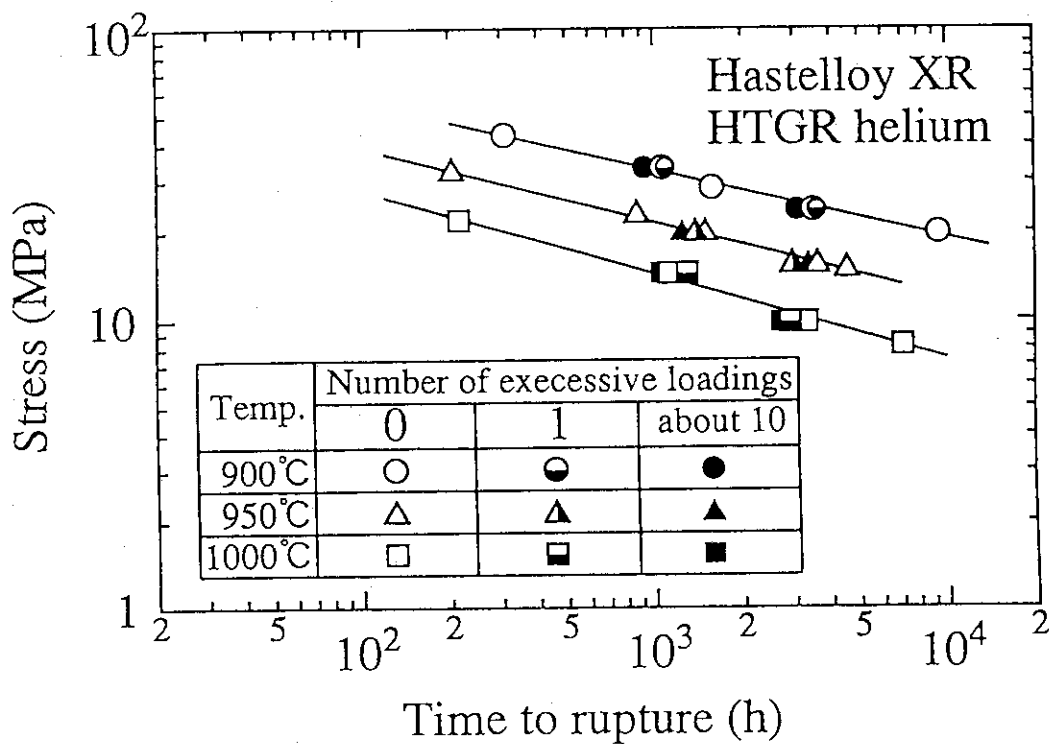


Fig. 11 Relation between applied stress and time to rupture.

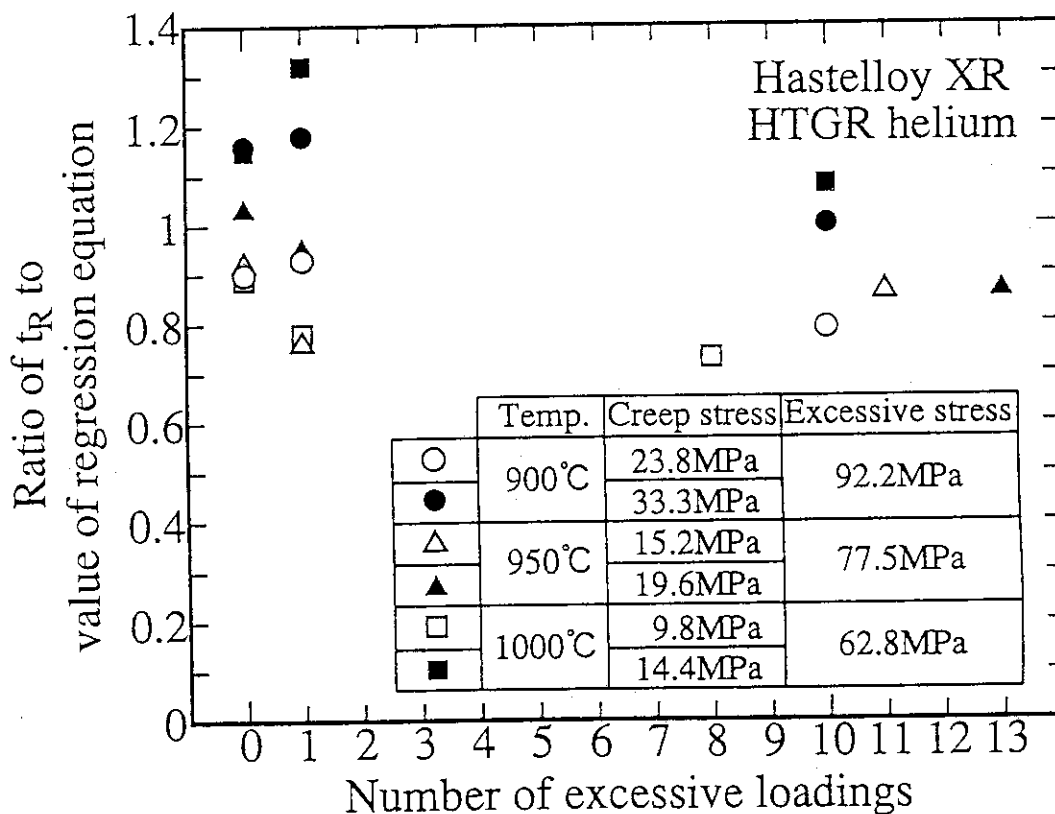


Fig.12 Ratio of t_R to values of regression equations as a function of the number of excessive loadings.

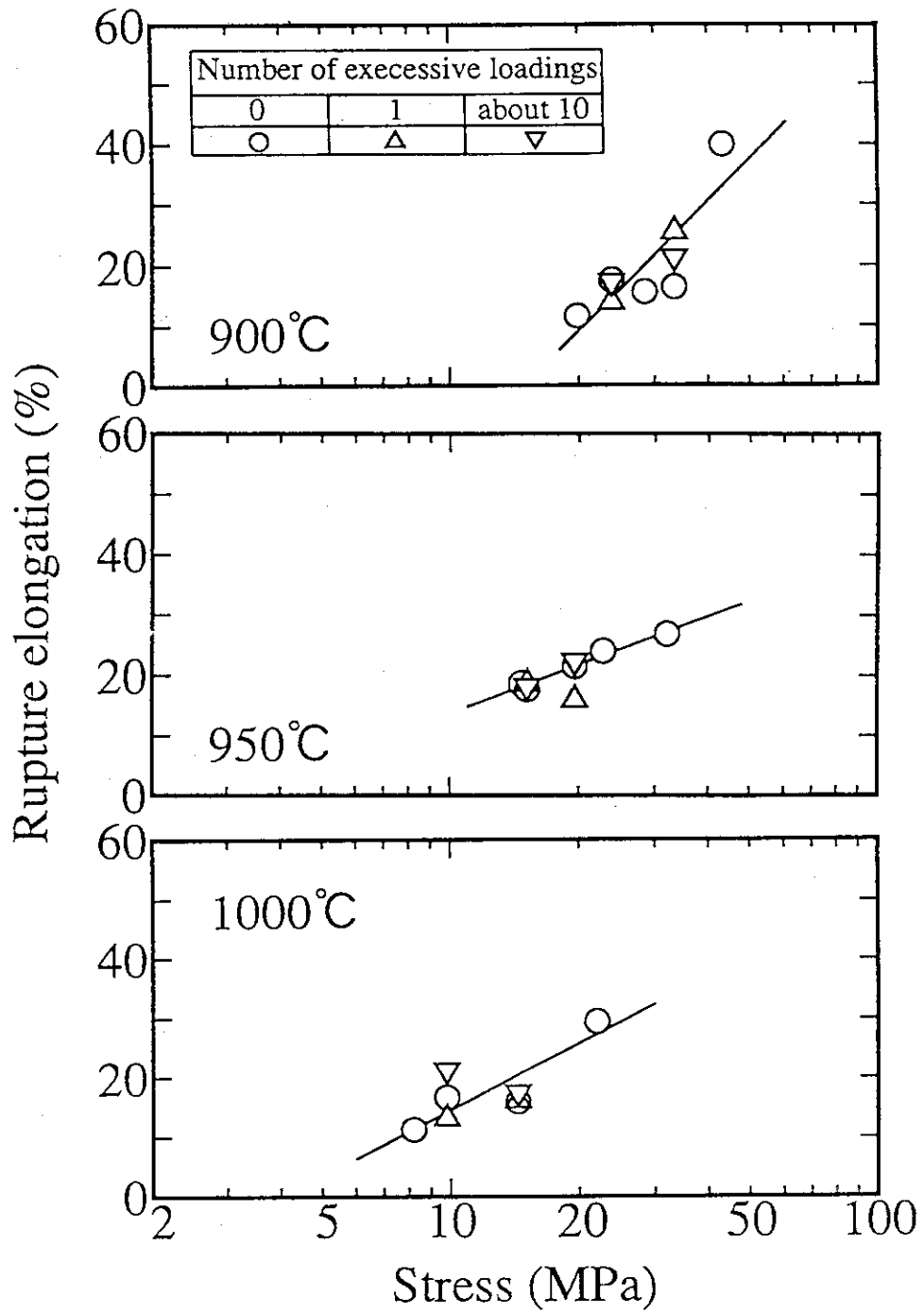


Fig.13 Rupture elongation as a function of applied stress.

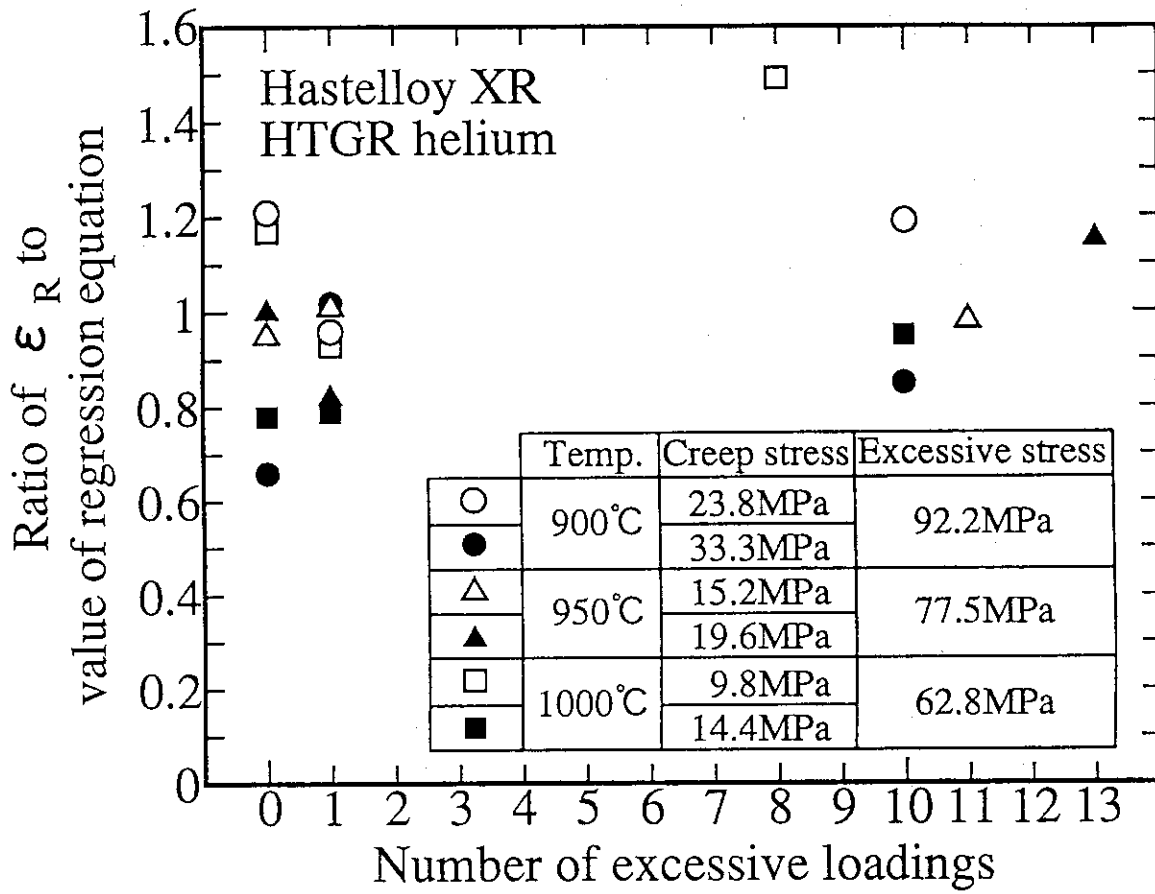


Fig.14 Ratio of ϵ_R to values of regression equations as a function of the number of excessive loadings.

付 録

本研究で得た時間とクリープひずみの関係をTable A.1~Table A.26に示す。Table A.1~Table A.14は、荷重一定クリープ試験で得た時間とクリープひずみの関係を示したものであり、Table A.15~Table A.26は、短期過大負荷を伴うクリープ試験で得た時間とひずみの関係を示したものである。

Table A.1 Time versus creep strain. (900°C, 19.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00	744	0.88	1776	1.40	2808	1.70
1	0.10	768	0.82	1800	1.43	2832	1.73
2	0.13	792	0.84	1824	1.51	2856	1.70
4	0.20	816	0.83	1848	1.54	2880	1.74
8	0.20	840	0.81	1872	1.57	2904	1.78
24	0.30	864	1.00	1896	1.57	2928	1.83
33	0.30	888	0.90	1920	1.48	2952	1.84
48	0.29	912	0.93	1944	1.57	2976	1.80
57	0.20	936	0.87	1968	1.63	3000	1.78
72	0.29	960	1.00	1992	1.70	3024	1.80
81	0.33	984	1.03	2016	1.82	3048	1.80
96	0.34	1008	1.10	2040	1.57	3072	1.78
105	0.36	1032	1.03	2064	1.60	3096	1.82
120	0.37	1056	1.02	2088	1.62	3120	1.81
129	0.33	1080	1.00	2112	1.63	3144	1.85
144	0.38	1104	1.07	2136	1.64	3168	1.89
153	0.37	1128	1.04	2160	1.64	3192	1.83
168	0.42	1152	1.13	2184	1.70	3216	1.82
177	0.53	1176	1.13	2208	1.73	3240	1.84
192	0.50	1200	1.11	2232	1.72	3264	1.86
201	0.37	1224	1.18	2256	1.72	3288	1.87
216	0.37	1248	1.16	2280	1.69	3312	1.93
240	0.43	1272	1.20	2304	1.64	3336	2.04
264	0.50	1296	1.19	2328	1.65	3360	1.99
288	0.60	1320	1.07	2352	1.67	3384	2.00
312	0.42	1344	1.06	2376	1.70	3408	2.01
336	0.47	1368	1.13	2400	1.67	3432	2.00
360	0.52	1392	1.08	2424	1.65	3456	2.01
384	0.53	1416	1.16	2448	1.67	3480	2.00
408	0.47	1440	1.23	2472	1.73	3504	2.00
432	0.61	1464	1.19	2496	1.76	3528	1.87
456	0.57	1488	1.20	2520	1.79	3552	2.00
480	0.73	1512	1.21	2544	1.79	3576	1.95
504	0.67	1536	1.20	2568	1.76	3600	1.80
528	0.67	1560	1.29	2592	1.63	3624	1.75
552	0.64	1584	1.31	2616	1.62	3648	1.80
576	0.76	1608	1.29	2640	1.63	3672	1.80
600	0.74	1632	1.31	2664	1.62	3696	1.76
624	0.72	1656	1.34	2688	1.60	3720	1.76
648	0.79	1680	1.36	2712	1.64	3744	1.78
672	0.73	1704	1.33	2736	1.67	3768	1.70
696	0.77	1728	1.35	2760	1.67	3792	1.82
720	0.83	1752	1.40	2784	1.67	3816	1.80

Table A.1 Time versus creep strain. (900°C, 19.8MPa)(Continued)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
3840	1.72	4872	2.31	5904	2.60	6936	3.59
3864	1.80	4896	2.33	5928	2.76	6960	3.63
3888	1.75	4920	2.32	5952	2.69	6984	3.64
3912	1.71	4944	2.38	5976	2.83	7008	3.65
3936	1.77	4968	2.45	6000	2.80	7032	3.65
3960	1.92	4992	2.45	6024	2.85	7056	3.60
3984	2.04	5016	2.47	6048	2.94	7080	3.79
4008	2.03	5040	2.49	6072	2.93	7104	3.74
4032	2.10	5064	2.45	6096	2.92	7128	3.74
4056	2.06	5088	2.43	6120	2.92	7152	3.76
4080	2.03	5112	2.50	6144	2.85	7176	3.81
4104	2.03	5136	2.53	6168	2.94	7200	3.81
4128	2.06	5160	2.50	6192	3.02	7224	3.90
4152	1.98	5184	2.51	6216	3.04	7248	3.93
4176	2.03	5208	2.51	6240	3.04	7272	3.85
4200	2.03	5232	2.54	6264	2.83	7296	3.90
4224	2.04	5256	2.53	6288	2.80	7320	3.95
4248	2.05	5280	2.50	6312	2.48	7344	3.83
4272	2.03	5304	2.46	6336	2.50	7368	3.89
4296	2.07	5328	2.47	6360	2.47	7392	3.93
4320	2.08	5352	2.46	6384	2.48	7416	3.96
4344	2.03	5376	2.47	6408	2.49	7440	3.89
4368	2.06	5400	2.60	6432	2.60	7464	3.91
4392	2.03	5424	2.57	6456	2.59	7488	3.93
4416	2.05	5448	2.60	6480	2.66	7512	3.88
4440	2.12	5472	2.66	6504	2.71	7536	3.94
4464	2.16	5496	2.65	6528	3.00	7560	4.02
4488	2.10	5520	2.60	6552	2.67	7584	4.06
4512	2.14	5544	2.64	6576	3.16	7608	4.11
4536	2.22	5568	2.66	6600	3.16	7632	4.16
4560	2.25	5592	2.67	6624	3.23	7656	4.14
4584	2.24	5616	2.70	6648	3.22	7680	4.16
4608	2.09	5640	2.62	6672	3.26	7704	4.23
4632	2.25	5664	2.64	6696	3.33	7728	4.29
4656	2.26	5688	2.68	6720	3.27	7752	4.34
4680	2.24	5712	2.75	6744	3.33	7776	4.29
4704	2.33	5736	2.76	6768	3.36	7800	4.36
4728	2.31	5760	2.80	6792	3.40	7824	4.40
4752	2.41	5784	2.80	6816	3.43	7848	4.43
4776	2.36	5808	2.83	6840	3.46	7872	4.30
4800	2.35	5832	2.86	6864	3.47	7896	4.51
4824	2.27	5856	2.76	6888	3.50	7920	4.56
4848	2.33	5880	2.63	6912	3.54	7944	4.60

Table A.1 Time versus creep strain. (900°C, 19.8MPa)(Continued)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
7968	4.73	9000	7.01				
7992	4.83	9024	7.06				
8016	5.10	9048	7.11				
8040	5.10	9072	7.23				
8064	5.21	9096	7.33				
8088	5.52	9120	7.33				
8112	5.13	9144	7.28				
8136	5.17	9168	7.33				
8160	5.20	9192	7.44				
8184	5.26	9216	7.58				
8208	5.29	9240	7.76				
8232	5.33	9264	7.86				
8256	5.38	9288	8.08				
8280	5.43	9312	8.21				
8304	5.46	9331.3	11.70				
8328	5.50						
8352	5.52						
8376	5.56						
8400	5.61						
8424	5.66						
8448	5.74						
8472	5.83						
8496	5.83						
8520	5.89						
8544	5.90						
8568	5.97						
8592	6.08						
8616	6.19						
8640	6.04						
8664	6.05						
8688	6.13						
8712	6.25						
8736	6.29						
8760	6.33						
8784	6.41						
8808	6.23						
8832	6.19						
8856	6.44						
8880	6.57						
8904	6.66						
8928	6.63						
8952	6.77						
8976	6.80						

Table A.2 Time versus creep strain. (900°C, 23.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00	768	1.73	1800	3.95	2832	7.83
1	0.08	792	1.78	1824	4.13	2856	7.94
2	0.08	816	1.89	1848	4.10	2880	8.09
8	0.17	840	1.95	1872	4.01	2904	8.26
24	0.42	864	1.90	1896	4.33	2928	8.37
33	0.34	888	1.96	1920	4.31	2952	8.50
48	0.36	912	2.05	1944	4.39	2976	8.59
57	0.45	936	2.06	1968	4.44	3000	8.74
72	0.53	960	2.03	1992	4.36	3024	8.89
81	0.57	984	2.12	2016	4.40	3048	9.07
96	0.67	1008	2.15	2040	4.40	3072	9.20
105	0.67	1032	2.13	2064	4.52	3096	9.36
120	0.65	1056	2.12	2088	4.69	3120	9.61
129	0.63	1080	2.25	2112	4.71	3144	9.72
144	0.67	1104	2.10	2136	4.90	3168	9.79
153	0.65	1128	2.19	2160	4.88	3192	10.06
168	0.71	1152	2.12	2184	5.07	3216	10.36
177	0.70	1176	2.31	2208	5.04	3240	10.37
192	0.77	1200	2.39	2232	5.19	3264	10.69
201	0.80	1224	2.54	2256	5.31	3288	10.91
216	0.77	1248	2.42	2280	5.33	3312	11.42
240	0.72	1272	2.56	2304	5.48	3336	11.71
264	0.81	1296	2.72	2328	5.63	3360	12.09
288	0.87	1320	2.80	2352	5.58	3384	12.52
312	0.94	1344	2.87	2376	5.79	3408	12.95
336	0.97	1368	2.95	2400	5.89	3432	13.63
360	1.05	1392	2.93	2424	6.00	3456	14.31
384	1.10	1416	3.01	2448	5.99	3480	15.31
408	1.13	1440	3.06	2472	6.06	3488.6	17.60
432	1.27	1464	3.09	2496	6.16		
456	1.29	1488	3.16	2520	6.40		
480	1.25	1512	3.23	2544	6.54		
504	1.30	1536	3.38	2568	6.59		
528	1.53	1560	3.49	2592	6.73		
552	1.51	1584	3.55	2616	6.86		
576	1.47	1608	3.66	2640	6.94		
600	1.57	1632	3.72	2664	7.00		
624	1.57	1656	3.84	2688	7.00		
648	1.43	1680	3.91	2712	7.17		
672	1.50	1704	3.86	2736	7.34		
696	1.57	1728	3.90	2760	7.40		
720	1.53	1752	3.87	2784	7.47		
744	1.63	1776	3.90	2808	7.58		

Table A.3 Time versus creep strain. (900°C, 28.4MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00	744	4.30				
1	0.27	768	4.46				
2	0.27	792	4.70				
4	0.32	816	4.93				
8	0.47	840	5.06				
24	0.65	864	5.23				
33	0.64	888	5.28				
48	0.72	912	5.43				
57	0.85	936	5.59				
72	0.87	960	5.81				
81	0.87	984	5.85				
96	0.92	1008	6.01				
105	0.98	1032	6.17				
120	1.07	1056	6.31				
129	1.17	1080	6.57				
144	1.23	1104	6.71				
153	1.23	1128	6.76				
168	1.37	1152	6.94				
177	1.38	1176	7.16				
192	1.50	1200	7.31				
201	1.60	1224	7.52				
216	1.71	1248	7.71				
240	1.83	1272	7.89				
264	1.96	1296	7.99				
288	2.08	1320	8.23				
312	2.00	1344	8.40				
336	2.16	1368	8.96				
360	2.40	1392	9.12				
384	2.53	1416	9.39				
408	2.60	1440	9.54				
432	2.75	1464	9.93				
456	2.77	1488	10.33				
480	2.90	1512	10.74				
504	3.06	1536	11.24				
528	3.21	1560	11.68				
552	3.36	1576	15.70				
576	3.48						
600	3.61						
624	3.68						
648	3.91						
672	3.96						
696	4.03						
720	4.15						

Table A.4 Time versus creep strain. (900°C, 33.3MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00	768	7.86				
1	0.07	792	8.23				
2	0.17	816	8.54				
3	0.19	840	8.87				
5	0.32	864	9.22				
6	0.23	888	9.52				
24	0.43	912	10.07				
33	0.50	936	10.47				
48	0.69	960	10.89				
72	0.91	984	11.50				
81	1.00	1008	12.09				
96	1.17	1032	12.85				
105	1.27	1056	13.92				
120	1.41	1067.4	16.50				
129	1.52						
144	1.70						
153	1.80						
168	1.95						
177	2.04						
192	2.07						
201	2.21						
216	2.30						
240	2.60						
264	2.97						
288	2.87						
312	3.17						
336	3.36						
360	3.56						
384	3.90						
408	4.06						
432	4.31						
456	4.51						
480	4.83						
504	5.04						
528	5.27						
552	5.53						
576	5.76						
600	5.87						
624	6.14						
648	6.39						
672	6.70						
696	7.01						
720	7.31						

Table A.5 Time versus creep strain. (900°C, 43.2MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00						
1	0.18						
2	0.29						
3	0.33						
5	0.46						
6	0.47						
24	1.32						
33	1.68						
48	3.00						
72	4.50						
81	4.90						
96	6.02						
105	6.42						
120	7.56						
129	8.08						
144	9.28						
153	10.08						
168	11.08						
177	11.79						
192	13.06						
201	13.75						
216	15.32						
240	18.12						
264	21.89						
288	28.00						
308.2	40.00						

Table A.6 Time versus creep strain. (950°C, 14.7MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00	744	1.34	1776	2.94	2808	5.06
1	0.09	768	1.37	1800	3.09	2832	5.15
2	0.13	792	1.47	1824	3.09	2856	5.21
4	0.20	816	1.38	1848	3.17	2880	5.28
8	0.27	840	1.37	1872	3.23	2904	5.35
24	0.32	864	1.34	1896	3.26	2928	5.40
33	0.35	888	1.30	1920	3.28	2952	5.49
48	0.41	912	1.34	1944	3.30	2976	5.54
57	0.43	936	1.33	1968	3.33	3000	5.68
72	0.49	960	1.43	1992	3.44	3024	5.79
81	0.50	984	1.49	2016	3.56	3048	5.87
96	0.53	1008	1.61	2040	3.56	3072	5.95
105	0.53	1032	1.63	2064	3.60	3096	6.03
120	0.52	1056	1.70	2088	3.45	3120	6.07
129	0.53	1080	1.73	2112	3.46	3144	5.86
144	0.54	1104	1.69	2136	3.49	3168	5.91
153	0.57	1128	1.69	2160	3.54	3192	5.98
168	0.58	1152	1.68	2184	3.56	3216	6.13
177	0.30	1176	1.72	2208	3.59	3240	6.16
192	0.30	1200	1.76	2232	3.63	3264	6.32
201	0.59	1224	1.90	2256	3.66	3288	6.44
216	0.57	1248	1.99	2280	3.71	3312	6.53
240	0.59	1272	1.98	2304	3.84	3336	6.56
264	0.77	1296	2.13	2328	3.84	3360	6.62
288	0.79	1320	2.04	2352	3.86	3384	6.73
312	0.97	1344	2.18	2376	3.86	3408	6.73
336	0.97	1368	2.29	2400	4.02	3432	6.83
360	0.93	1392	2.38	2424	4.06	3456	6.96
384	0.97	1416	2.20	2448	4.13	3480	7.06
408	1.01	1440	2.29	2472	4.19	3504	7.15
432	0.97	1464	2.33	2496	4.29	3528	7.23
456	1.03	1488	2.41	2520	4.32	3552	7.15
480	1.07	1512	2.43	2544	4.37	3576	7.24
504	1.04	1536	2.51	2568	4.35	3600	7.07
528	1.07	1560	2.53	2592	4.37	3624	7.18
552	1.08	1584	2.63	2616	4.54	3648	7.25
576	1.05	1608	2.58	2640	4.63	3672	7.35
600	1.07	1632	2.65	2664	4.65	3696	7.48
624	1.09	1656	2.76	2688	4.71	3720	7.62
648	1.21	1680	2.80	2712	4.81	3744	7.73
672	1.21	1704	2.76	2736	4.87	3768	7.88
696	1.23	1728	2.76	2760	4.97	3792	8.03
720	1.27	1752	2.88	2784	5.00	3816	8.37

Table A.6 Time versus creep strain. (950°C, 14.7MPa)(Continued)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
3840	8.41						
3864	8.60						
3888	8.76						
3912	8.92						
3936	9.06						
3960	9.19						
3984	9.37						
4008	9.48						
4032	9.53						
4056	9.66						
4080	9.87						
4104	10.02						
4128	10.19						
4152	10.36						
4176	10.49						
4200	10.62						
4224	10.83						
4248	11.00						
4272	11.26						
4296	11.40						
4320	11.63						
4344	11.83						
4368	12.05						
4392	12.33						
4416	12.59						
4440	12.90						
4464	13.25						
4488	13.64						
4512	14.06						
4536	14.61						
4544.3	18.70						

Table A.7 Time versus creep strain. (950°C, 15.2MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00	744	1.24	1776	3.76	2808	7.59
1	0.03	768	1.21	1800	3.89	2832	7.69
2	0.07	792	1.27	1824	4.03	2856	7.81
4	0.08	816	1.36	1848	4.00	2880	7.96
8	0.14	840	1.45	1872	4.03	2904	8.03
24	0.22	864	1.50	1896	4.23	2928	8.16
33	0.27	888	1.53	1920	4.20	2952	8.31
48	0.27	912	1.50	1944	4.29	2976	8.42
57	0.30	936	1.60	1968	4.32	3000	8.56
72	0.33	960	1.74	1992	4.50	3024	8.70
81	0.37	984	1.70	2016	4.53	3048	8.89
96	0.40	1008	1.70	2040	4.53	3072	9.07
105	0.38	1032	1.82	2064	4.61	3096	9.14
120	0.41	1056	1.91	2088	4.75	3120	9.24
129	0.39	1080	2.00	2112	4.79	3144	9.49
144	0.43	1104	2.10	2136	4.86	3168	9.69
153	0.50	1128	2.19	2160	4.95	3192	9.82
168	0.48	1152	2.30	2184	5.04	3216	10.00
177	0.47	1176	2.32	2208	5.16	3240	10.21
192	0.46	1200	2.25	2232	5.26	3264	10.39
201	0.52	1224	2.36	2256	5.31	3288	10.66
216	0.52	1248	2.45	2280	5.40	3312	10.81
240	0.53	1272	2.54	2304	5.50	3336	11.01
264	0.54	1296	2.46	2328	5.53	3360	11.35
288	0.62	1320	2.55	2352	5.59	3384	11.64
312	0.57	1344	2.65	2376	5.65	3408	11.91
336	0.63	1368	2.66	2400	5.73	3432	12.24
360	0.73	1392	2.77	2424	5.84	3456	12.49
384	0.66	1416	2.67	2448	5.94	3480	12.83
408	0.65	1440	2.75	2472	6.05	3504	13.30
432	0.65	1464	2.86	2496	6.29	3528	13.77
456	0.76	1488	2.95	2520	6.23	3552	14.34
480	0.83	1512	2.96	2544	6.34	3576	14.61
504	0.87	1536	3.05	2568	6.39	3600.5	17.70
528	0.88	1560	3.09	2592	6.51		
552	0.88	1584	3.22	2616	6.63		
576	0.95	1608	3.30	2640	6.73		
600	1.01	1632	3.34	2664	6.83		
624	0.92	1656	3.37	2688	6.94		
648	0.98	1680	3.53	2712	7.09		
672	1.06	1704	3.50	2736	7.20		
696	1.03	1728	3.59	2760	7.36		
720	1.17	1752	3.67	2784	7.45		

Table A.8 Time versus creep strain. (950°C, 19.6MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00	792	5.84				
1	0.20	816	6.08				
2	0.23	840	6.27				
4	0.32	864	6.51				
6.5	0.43	888	6.76				
24	0.57	912	7.00				
33	0.68	936	7.20				
48	0.66	960	7.73				
57	0.77	984	8.03				
72	0.78	1008	8.26				
81	0.92	1032	8.58				
96	0.96	1056	8.92				
105	1.12	1080	9.37				
120	1.10	1104	9.46				
129	1.17	1128	9.77				
144	1.17	1152	10.09				
168	1.27	1176	10.49				
192	1.32	1200	10.86				
201	1.46	1224	11.26				
216	1.43	1248	11.80				
240	1.67	1272	12.09				
264	1.77	1296	12.49				
288	1.86	1320	13.00				
312	2.03	1344	13.59				
336	2.25	1368	14.16				
360	2.46	1392	14.89				
384	2.66	1416	15.73				
408	2.89	1440	16.80				
432	3.06	1464	18.48				
456	3.20	1491.3	21.50				
480	3.30						
504	3.54						
528	3.75						
552	3.95						
576	4.10						
600	4.29						
624	4.50						
648	4.67						
672	4.86						
696	4.96						
720	5.23						
744	5.45						
768	5.68						

Table A.9 Time versus creep strain. (950°C, 22.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00	768	12.82				
1	0.00	792	13.69				
2	0.07	816	14.68				
3	0.13	840	16.00				
5	0.26	850.5	17.82				
6	0.27	871.5	24.00				
24	0.42						
33	0.50						
48	0.58						
72	0.73						
81	0.83						
96	0.93						
105	1.03						
120	1.14						
129	1.24						
144	1.38						
153	1.60						
168	1.70						
177	1.85						
192	1.93						
201	2.07						
216	2.28						
240	2.63						
264	2.96						
288	3.32						
312	3.71						
336	4.10						
360	4.54						
384	5.04						
408	5.38						
432	5.83						
456	6.23						
480	6.59						
504	7.05						
528	7.46						
552	7.87						
576	8.31						
600	8.77						
624	9.26						
648	9.79						
672	10.38						
696	10.98						
720	11.47						

Table A.10 Time versus creep strain.(950°C, 32.1MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00						
1	0.32						
2	0.43						
4	0.63						
8	0.97						
24	2.35						
33	3.46						
48	4.62						
57	5.40						
72	6.63						
81	7.47						
96	8.80						
105	9.79						
120	11.22						
129	12.12						
144	13.72						
153	14.64						
177	18.29						
192	21.23						
203.6	26.83						

Table A.11 Time versus creep strain.(1000°C, 8.2MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00	744	1.03	1776	1.08	2808	1.53
1	0.08	768	1.19	1800	1.06	2832	1.57
2	0.08	792	1.09	1824	1.08	2856	1.60
4	0.10	816	1.11	1848	1.08	2880	1.63
5	0.09	840	1.04	1872	1.08	2904	1.70
8	0.07	864	1.10	1896	1.07	2928	1.60
24	0.11	888	1.23	1920	1.07	2952	1.63
33	0.20	912	1.04	1944	1.07	2976	1.67
48	0.28	936	1.13	1968	1.18	3000	1.60
57	0.31	960	1.13	1992	1.13	3024	1.62
72	0.31	984	1.11	2016	1.15	3048	1.67
81	0.31	1008	1.09	2040	1.18	3072	1.78
96	0.30	1032	1.07	2064	1.19	3096	1.79
105	0.33	1056	1.07	2088	1.26	3120	1.70
120	0.23	1080	1.16	2112	1.17	3144	1.68
129	0.30	1104	1.14	2136	1.19	3168	1.73
144	0.27	1128	1.16	2160	1.17	3192	1.67
153	0.22	1152	1.17	2184	1.17	3216	1.76
168	0.30	1176	1.17	2208	1.17	3240	1.77
192	0.27	1200	1.16	2232	1.17	3264	1.80
201	0.22	1224	1.13	2256	1.14	3288	1.89
216	0.33	1248	1.12	2280	1.18	3312	1.80
240	0.28	1272	1.16	2304	1.23	3336	1.82
264	0.35	1296	1.13	2328	1.23	3360	1.86
288	0.43	1320	1.18	2352	1.21	3384	1.88
312	0.42	1344	1.13	2376	1.23	3408	1.93
336	0.46	1368	1.17	2400	1.28	3432	1.86
360	0.47	1392	1.17	2424	1.30	3456	1.92
384	0.47	1416	1.17	2448	1.29	3480	1.96
408	0.51	1440	1.06	2472	1.27	3504	1.96
432	0.47	1464	1.13	2496	1.20	3528	1.96
456	0.53	1488	1.20	2520	1.37	3552	2.03
480	0.53	1512	1.13	2544	1.36	3576	2.01
504	0.57	1536	1.18	2568	1.41	3600	2.03
528	0.55	1560	1.17	2592	1.24	3624	2.03
552	0.55	1584	1.07	2616	1.19	3648	2.01
576	0.63	1608	1.10	2640	1.31	3672	2.02
600	0.70	1632	1.07	2664	1.41	3696	2.01
624	0.82	1656	1.03	2688	1.48	3720	2.10
648	0.77	1680	1.04	2712	1.51	3744	2.10
672	0.86	1704	1.04	2736	1.53	3768	2.06
696	0.91	1728	1.04	2760	1.59	3792	1.97
720	0.95	1752	1.04	2784	1.70	3816	1.98

Table A.11 Time versus creep strain.(1000°C, 8.2MPa) (Continued)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
3840	1.97	4872	2.65	5904	4.31	6936	7.54
3864	2.04	4896	2.73	5928	4.40	6960	7.60
3888	2.06	4920	2.79	5952	4.46	6984	7.75
3912	2.00	4944	2.80	5976	4.54	7008	7.86
3936	2.04	4968	2.85	6000	4.60	7032	8.13
3960	2.10	4992	2.92	6024	4.67	7056	8.27
3984	2.16	5016	2.92	6048	4.93	7063.3	11.30
4008	2.12	5040	2.96	6072	5.00		
4032	2.10	5064	3.00	6096	5.03		
4056	2.04	5088	3.03	6120	5.09		
4080	2.03	5112	3.03	6144	5.16		
4104	2.11	5136	3.06	6168	5.22		
4128	2.18	5160	3.10	6192	5.28		
4152	2.19	5184	3.16	6216	5.33		
4176	2.06	5208	3.20	6240	5.16		
4200	2.10	5232	3.30	6264	5.13		
4224	2.15	5256	3.31	6288	5.23		
4248	2.19	5280	3.23	6312	5.33		
4272	2.29	5304	3.27	6336	5.30		
4296	2.26	5328	3.40	6360	5.39		
4320	2.29	5352	3.24	6384	5.46		
4344	2.23	5376	3.36	6408	5.55		
4368	2.32	5400	3.33	6432	5.65		
4392	2.36	5424	3.30	6456	5.69		
4416	2.33	5448	3.43	6480	5.67		
4440	2.38	5472	3.42	6504	5.79		
4464	2.36	5496	3.53	6528	6.03		
4488	2.36	5520	3.53	6552	6.07		
4512	2.50	5544	3.58	6576	6.00		
4536	2.53	5568	3.33	6600	6.24		
4560	2.56	5592	3.67	6624	6.23		
4584	2.62	5616	3.83	6648	6.27		
4608	2.66	5640	3.80	6672	6.33		
4632	2.66	5664	3.93	6696	6.43		
4656	2.67	5688	4.03	6720	6.65		
4680	2.69	5712	3.99	6744	6.61		
4704	2.78	5736	3.95	6768	6.69		
4728	2.90	5760	4.07	6792	6.82		
4752	2.93	5784	4.10	6816	6.95		
4776	3.09	5808	4.13	6840	7.10		
4800	3.12	5832	4.20	6864	7.16		
4824	3.17	5856	4.25	6888	7.42		
4848	2.66	5880	4.25	6912	7.42		

Table A.12 Time versus creep strain.(1000°C, 9.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00	768	1.60	1800	3.39	2832	8.43
1	0.23	792	1.61	1824	3.37	2856	8.59
2	0.27	816	1.58	1848	3.46	2880	8.79
3	0.34	840	1.54	1872	3.60	2904	8.93
4	0.42	864	1.62	1896	3.62	2928	9.13
7	0.53	888	1.70	1920	3.63	2952	9.31
24	0.57	912	1.68	1944	3.66	2976	9.49
33	0.76	936	1.72	1968	3.71	3000	9.70
48	0.71	960	1.72	1992	3.80	3024	9.92
57	0.86	984	1.72	2016	3.83	3048	10.14
72	0.77	1008	1.70	2040	4.17	3072	10.37
81	0.83	1032	1.68	2064	4.43	3096	10.56
96	0.80	1056	1.62	2088	4.74	3120	10.67
105	0.77	1080	1.70	2112	4.76	3144	10.93
120	0.97	1104	1.71	2136	4.82	3168	11.19
129	1.14	1128	1.82	2160	4.96	3192	11.49
168	1.18	1152	1.76	2184	5.05	3216	11.82
177	1.23	1176	1.78	2208	5.16	3240	12.15
192	1.19	1200	1.92	2232	5.16	3264	12.82
201	1.24	1224	2.06	2256	5.29	3288	13.15
216	1.13	1248	2.10	2280	5.39	3312.2	16.70
240	1.13	1272	2.15	2304	5.59		
264	1.24	1296	2.25	2328	5.69		
288	1.23	1320	2.21	2352	5.76		
312	1.32	1344	2.22	2376	5.96		
336	1.23	1368	2.26	2400	6.12		
360	1.29	1392	2.36	2424	6.23		
384	1.25	1416	2.45	2448	6.23		
408	1.21	1440	2.36	2472	6.39		
432	1.31	1464	2.39	2496	6.44		
456	1.35	1488	2.43	2520	6.62		
480	1.28	1512	2.59	2544	6.59		
504	1.33	1536	2.66	2568	6.79		
528	1.37	1560	2.76	2592	6.85		
552	1.38	1584	2.80	2616	7.07		
576	1.37	1608	2.84	2640	7.13		
600	1.34	1632	2.90	2664	7.30		
624	1.41	1656	2.96	2688	7.45		
648	1.45	1680	3.04	2712	7.53		
672	1.41	1704	3.10	2736	7.71		
696	1.44	1728	3.14	2760	7.87		
720	1.51	1752	3.29	2784	8.00		
744	1.55	1776	3.28	2808	8.19		

Table A.13 Time versus creep strain.(1000°C, 14.4MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00	465	3.30	984	9.27		
0.5	0.26	480	3.32	993	9.57		
1	0.30	489	3.38	1008	9.84		
2	0.39	504	3.54	1017	10.17		
4	0.49	513	3.68	1032	10.38		
8	0.60	528	3.82	1041	10.70		
24	0.82	537	3.95	1056	11.04		
33	0.87	552	4.09	1080	12.07		
48	0.97	561	4.27	1104	12.87		
57	0.93	576	4.22	1113	13.41		
72	1.01	585	4.40	1120.7	16.00		
81	1.06	600	4.40				
96	1.13	609	4.50				
105	1.18	624	4.58				
120	1.31	633	4.82				
129	1.27	648	4.89				
144	1.27	657	5.01				
153	1.42	672	5.16				
168	1.40	681	5.27				
177	1.39	696	5.43				
192	1.47	705	5.46				
201	1.53	720	5.53				
216	1.53	729	5.75				
223	1.57	744	5.83				
240	1.59	753	6.13				
249	1.65	768	6.20				
264	1.73	777	6.41				
273	1.87	792	6.58				
288	1.90	801	6.61				
297	1.97	816	6.70				
312	2.00	825	6.87				
321	2.01	840	7.05				
336	2.12	849	7.26				
345	2.26	864	7.58				
360	2.26	873	7.71				
369	2.30	888	7.78				
384	2.49	897	8.00				
393	2.50	912	8.18				
408	2.87	921	8.30				
417	2.86	936	8.54				
432	2.93	945	8.72				
441	3.02	960	8.84				
456	3.13	969	9.05				

Table A.14 Time versus creep strain.(1000°C, 22.0MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Time (h)	Creep strain (%)
0	0.00						
1	0.43						
2	0.67						
4	0.89						
8	1.28						
24	2.39						
33	3.05						
48	4.28						
57	4.99						
72	6.13						
81	6.80						
96	7.94						
105	8.49						
129	10.72						
144	11.89						
153	12.82						
168	14.39						
177	15.54						
192	17.83						
201	19.75						
214.8	29.50						

Table A.15 Time versus strain.

(Temperature; 900°C, Creep stress; 23.8MPa, Excessive stress; 62.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		672	1.30	
1	0.10		696	1.33	
1.8	0.23		720	1.37	
4	0.23		744	1.37	
8	0.27		768	1.43	
9	0.28		792	1.35	
24	0.33		816	1.35	
33	0.45		840	1.13	
48	0.38		864	1.41	
57	0.43		888	1.44	
72	0.48		912	1.45	
81	0.57		936	1.43	
96	0.60		960	1.54	
105	0.59		984	1.57	
120	0.59		1008	1.60	
129	0.47		1032	1.61	
144	0.58		1056	1.62	
153	0.53		1080	1.67	
168	0.59		1104	1.67	
177	0.57		1128	1.73	
192	0.63		1152	1.77	
201	0.60		1176	1.74	
216	0.63		1200	1.79	
240	0.66		1224	1.82	
264	0.68		1248	1.87	
288	0.70		1272	1.90	
312	0.73		1296	1.92	
336	0.73		1320	1.96	
360	0.79		1344	1.95	
384	0.80		1368	2.03	
408	0.83		1392	2.06	
432	0.84		1416	2.10	
456	0.88		1440	2.10	
480	0.93		1464	2.14	
504	0.93		1488	2.19	
528	1.09		1512	2.20	
552	0.99		1536	2.24	
576	1.03		1560	2.33	
582.8	1.03		1584	2.33	
582.8	1.22	2.13	1608	2.36	
600	1.28		1632	2.44	
624	1.29		1656	2.45	
648	1.28		1680	2.50	

Table A.15 Time versus strain. (Continued)
 (Temperature; 900°C, Creep stress; 23.8MPa, Excessive stress; 62.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
1704	2.50		2736	5.64	
1728	2.56		2760	5.74	
1752	2.60		2784	5.87	
1776	2.62		2808	6.05	
1800	2.66		2832	6.09	
1824	2.73		2856	6.22	
1848	2.77		2880	6.33	
1872	2.80		2904	6.43	
1896	2.84		2928	6.53	
1920	2.88		2952	6.63	
1944	2.93		2976	6.70	
1968	3.00		3000	6.91	
1992	3.03		3024	7.00	
2016	3.20		3048	7.09	
2040	3.37		3072	7.22	
2064	3.46		3096	7.34	
2088	3.33		3120	7.45	
2112	3.47		3144	7.64	
2136	3.53		3168	7.78	
2160	3.66		3192	7.83	
2184	3.73		3216	8.02	
2208	3.82		3240	8.14	
2232	3.87		3264	8.33	
2256	3.95		3288	8.53	
2280	4.06		3312	8.65	
2304	4.13		3336	8.82	
2328	4.20		3360	9.00	
2352	4.30		3384	9.17	
2376	4.40		3408	9.38	
2400	4.52		3432	9.59	
2424	4.59		3456	9.72	
2448	4.62		3480	10.00	
2472	4.67		3504	10.27	
2496	4.79		3528	10.49	
2520	4.86		3552	10.87	
2544	4.96		3559	11.39	
2568	5.03		3594.6	14.00	
2592	5.04				
2616	5.14				
2640	5.33				
2664	5.42				
2688	5.53				
2712	5.57				

Table A.16 Time versus strain.
 (Temperature; 900°C, Creep stress; 23.8MPa, Excessive stress; 92.2MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		720	2.11	
1	0.13		744	2.14	
2	0.17		768	2.20	
4	0.19		792	2.30	
8	0.26		816	2.26	
24	0.33		840	2.29	
33	0.37		864	2.44	
48	0.47		888	2.40	3.43
57	0.46		888	2.46	
72	0.57		912	2.56	
105	0.63		936	2.67	
120	0.67		960	2.74	
129	0.61		984	2.79	
144	0.71		1008	2.83	
153	0.70		1032	3.01	
168	0.77		1056	2.93	
177	0.71		1080	2.96	
192	0.83		1104	3.04	
201	0.82		1128	3.07	
216	0.84		1152	3.15	
240	0.88		1176	3.29	
264	0.93		1188	3.32	4.29
288	1.00	2.21	1188	3.32	
288	1.26		1200	3.40	
312	1.23		1224	3.54	
336	1.30		1248	3.73	
360	1.33		1272	3.78	
384	1.37		1296	3.70	
408	1.40		1320	3.93	
432	1.37		1344	4.05	
456	1.42		1368	4.11	
480	1.67		1392	4.22	
504	1.65		1416	4.05	
528	1.70		1440	4.20	
552	1.76		1464	4.06	
576	1.81		1488	4.14	5.07
588	1.73	2.76	1488	4.16	
588	1.78		1512	4.30	
600	1.80		1536	4.41	
624	1.83		1560	4.49	
648	1.90		1584	4.56	
672	1.91		1608	4.60	
696	2.06		1632	4.63	

Table A.16 Time versus strain. (Continued)
 (Temperature; 900°C, Creep stress; 23.8MPa, Excessive stress; 92.2MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
1656	4.65		2568	8.82	
1680	4.73		2592	9.00	
1704	4.84		2616	9.09	
1728	4.89		2640	9.32	
1752	5.03		2664	9.49	
1776	5.09		2688	9.52	
1788	5.10		2688	9.59	10.45
1788	5.14	6.03	2712	9.74	
1800	5.10		2736	9.96	
1824	5.29		2760	10.22	
1848	5.31		2784	10.22	
1872	5.45		2808	10.52	
1896	5.59		2832	10.72	
1920	5.70		2856	10.98	
1944	5.70		2880	11.00	
1968	5.77		2904	11.04	
1992	5.87		2928	11.59	
2016	5.96		2952	11.85	
2040	6.03		2976	12.17	
2064	6.14		2988	12.19	13.20
2088	6.31		2988	12.27	
2088	6.34	7.29	3000	12.73	
2112	6.52		3024	13.11	
2136	6.66		3048	13.62	
2160	6.71		3067.7	17.33	
2184	6.81				
2208	6.96				
2232	7.15				
2256	7.27				
2280	7.46				
2304	7.36				
2328	7.37				
2352	7.55				
2376	7.63				
2388	7.63				
2388	7.64	7.99			
2400	7.79				
2424	7.86				
2448	8.00				
2472	8.09				
2496	8.23				
2520	8.36				
2544	8.66				

Table A.17 Time versus strain.

(Temperature; 900°C, Creep stress; 33.3MPa, Excessive stress; 92.2MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		768	10.82	
2	0.21		792	11.24	
4	0.25		816	11.74	
6	0.27		840	12.23	
33	1.03		864	12.73	
48	1.13		888	13.22	
48	1.46	2.10	912	13.64	
57	1.71		936	14.31	
72	1.93		960	15.07	
81	2.14		984	15.88	
96	2.38		1008	16.67	
105	2.56		1032	17.72	
120	2.70		1056	19.10	
129	2.70		1080	20.92	
144	3.02		1092.2	25.50	
153	3.04				
168	3.16				
177	3.23				
192	3.32				
201	3.57				
216	3.70				
240	4.14				
264	4.26				
288	4.69				
312	4.86				
336	5.16				
360	5.36				
384	5.77				
408	6.07				
432	6.32				
456	6.69				
480	6.89				
504	7.28				
528	7.59				
552	7.85				
576	8.03				
600	8.46				
624	8.72				
648	9.12				
672	9.51				
696	9.82				
720	10.16				
744	10.51				

Table A.18 Time versus strain.

(Temperature; 900°C, Creep stress; 33.3MPa, Excessive stress; 92.2MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		624	10.80	
1	0.47		648	11.26	
2	0.67		672	11.72	
4	0.77		696	12.19	12.90
8	0.93		696	12.25	
24	1.32	2.44	720	12.80	
24	1.80		744	13.34	
33	1.91		768	13.89	
48	2.12		792	14.52	15.27
57	2.22		792	14.60	
72	2.48		816	15.45	
81	2.55		840	16.15	
96	2.73		864	17.10	
105	2.86		888	18.15	18.92
120	3.09	3.80	888	18.25	
120	3.16		912	19.72	
129	3.26		926.5	21.33	
144	3.34				
168	3.60				
192	3.93				
201	4.04				
216	4.33	5.04			
216	4.40				
240	4.70				
264	5.02				
288	5.33				
312	5.67	6.36			
312	5.71				
336	6.03				
360	6.33				
384	6.76				
408	7.12	7.88			
408	7.16				
432	7.60				
456	8.00				
480	8.32				
504	8.74	9.44			
504	8.78				
528	9.10				
552	9.45				
576	9.83				
600	10.26	11.30			
600	10.30				

Table A.19 Time versus strain.

(Temperature; 950°C, Creep stress; 15.2MPa, Excessive stress; 77.5MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		696	1.64	
1	0.04		720	1.70	
2	0.08		744	1.80	
4	0.10		768	1.84	
8	0.17		792	1.88	
24	0.23		816	1.70	
33	0.23		840	1.76	
48	0.26		864	1.76	
57	0.33		888	2.07	
72	0.33		912	2.20	
81	0.43		936	2.26	
96	0.33		960	2.29	
105	0.38		984	2.38	
120	0.44		1008	2.47	
129	0.44		1032	2.60	
144	0.50		1056	2.66	
153	0.57		1080	2.70	
168	0.58		1104	2.76	
177	0.56		1128	2.84	
192	0.57		1152	3.00	
201	0.58		1176	3.05	
216	0.63		1200	3.02	
240	0.62		1224	3.04	
264	0.66		1248	3.16	
288	0.69		1272	3.26	
312	0.71		1296	3.27	
336	0.74		1320	3.40	
360	0.83		1344	3.45	
384	0.84		1368	3.44	
408	0.87		1392	3.61	
432	0.93		1416	3.63	
456	0.92		1440	3.74	
480	0.94		1464	3.80	
504	0.98		1488	3.92	
505	1.00		1512	3.99	
505	1.11	1.90	1536	4.06	
528	1.19		1560	4.14	
552	1.23		1584	4.28	
576	1.32		1608	4.36	
600	1.38		1632	4.36	
624	1.44		1656	4.46	
648	1.50		1680	4.56	
672	1.60		1704	4.63	

Table A.19 Time versus strain. (Continued)
 (Temperature; 950°C, Creep stress; 15.2MPa, Excessive stress; 77.5MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
1728	4.62		2760	10.42	
1752	4.70		2784	10.68	
1776	4.84		2808	11.00	
1800	4.94		2832	11.32	
1824	5.04		2856	11.56	
1848	5.14		2880	12.00	
1872	5.23		2904	12.42	
1896	5.29		2928	12.89	
1920	5.45		2952	13.95	
1944	5.47		2953.5	18.67	
1968	5.58				
1992	5.69				
2016	5.78				
2040	5.88				
2064	6.09				
2088	6.11				
2112	6.31				
2136	6.52				
2160	6.60				
2184	6.73				
2208	6.86				
2232	7.05				
2256	7.09				
2280	7.18				
2304	7.32				
2328	7.46				
2352	7.61				
2376	7.73				
2400	7.88				
2424	8.05				
2448	8.16				
2472	8.26				
2496	8.45				
2520	8.57				
2544	8.75				
2568	8.90				
2592	9.11				
2616	9.25				
2640	9.41				
2664	9.65				
2688	9.79				
2712	10.02				
2736	10.22				

Table A.20 Time versus strain.

(Temperature; 950°C, Creep stress; 15.2MPa, Excessive stress; 77.5MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		696	2.63	
1	0.33		696	2.80	3.65
2	0.43		720	2.96	
4	0.48		744	3.13	
8	0.58		768	3.19	
24	0.68		792	3.03	
33	0.91		816	3.16	
48	0.94		840	3.10	
57	1.02		864	3.13	
72	1.07		888	3.12	
72	1.60	2.76	912	3.36	
81	1.60		936	3.46	
96	1.60		960	3.33	
105	1.62		984	3.45	
120	1.80		1008	3.61	4.32
129	1.86		1008	3.81	
144	1.82		1032	3.86	
153	1.86		1056	3.86	
168	1.84		1080	3.87	
177	1.89		1104	3.95	
192	1.85		1128	3.93	
201	1.80		1152	4.10	
216	1.81		1176	4.22	
240	1.85		1200	4.30	
264	1.86		1224	4.32	
288	1.78		1248	4.30	
312	1.93		1272	4.46	
336	2.08		1296	4.46	
360	2.06		1300	4.50	5.44
384	2.05	3.12	1300	4.58	
384	2.13		1320	4.72	
408	2.18		1344	4.80	
432	2.33		1368	4.83	
456	2.43		1392	4.77	
480	2.50		1416	5.01	
504	2.55		1440	4.99	
528	2.69		1464	5.05	
552	2.78		1488	5.14	
576	2.56		1512	5.32	
600	2.70		1536	5.37	
624	2.63		1560	5.48	
648	2.70		1548	5.57	
672	2.63				

Table A.20 Time versus strain. (Continued)
 (Temperature; 950°C, Creep stress; 15.2MPa, Excessive stress; 77.5MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	
1608	5.65	6.69	2544	10.86		
1608	5.79		2568	11.10		
1632	5.88		2592	11.22		
1656	5.80		2616	11.33		
1680	6.13		2640	11.43		
1704	6.09		2664	11.46		
1728	6.17		2688	11.67		
1752	6.28		2712	11.76		
1776	6.35		2736	11.95		
1800	6.56		2760	12.10		
1824	6.93		2784	12.24		
1848	7.19		2808	12.39		13.42
1872	7.38		2808	12.45		
1896	7.43		2832	12.53		
1920	7.23	8.36	2856	12.73		
1920	7.36		2880	12.82		
1944	7.66		2904	12.99		
1968	7.73		2928	13.25		
1992	7.79		2952	13.40		
2016	7.85		2976	13.64		
2040	7.91		3000	13.73		
2064	8.13		3024	13.95		
2088	8.29		3048	13.95		
2112	8.46		3072.1	14.11		
2136	8.41		3096	14.42		
2160	8.53		3105	14.63	15.68	
2184	8.52		3105	14.71		
2208	8.71		9.78	3120	14.72	
2208	8.77	3144		15.17		
2232	8.94	3168		15.46		
2256	9.42	3192		15.74		
2280	9.42	3216		16.00		
2304	9.56	3240		16.06		
2328	9.54	3264		16.35		
2352	9.69	3288		16.65		
2376	9.71	3312		17.08		
2400	9.92	3336		17.35		
2424	10.06	3348.3		18.17		
2448	10.00					
2472	10.37					
2496	10.36					
2520	10.50	11.66				
2520	10.66					

Table A.21 Time versus strain. (Continued)
 (Temperature; 950°C, Creep stress; 19.6MPa, Excessive stress; 77.5MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		744	5.41	
1	0.17		768	5.56	
2	0.21		792	5.79	
4	0.28		816	6.00	
6	0.26		840	6.35	
33	0.48		864	6.56	
48	0.53		888	6.81	
57	0.52		912	7.04	
72	0.52		936	7.25	
81	0.59		960	7.73	
96	0.62		984	7.91	
105	0.70		1008	8.00	
120	0.73		1032	8.16	
129	0.92		1056	8.53	
144	0.95		1080	8.69	
153	0.96		1104	8.86	
168	1.00		1128	9.16	
168	1.18	2.04	1152	9.34	
177	1.31		1176	9.70	
192	1.37		1200	10.11	
201	1.59		1224	10.42	
216	1.61		1248	10.81	
240	1.72		1272	11.21	
264	1.94		1296	11.62	
288	2.04		1320	12.22	
312	2.13		1344	12.75	
336	2.40		1368	13.39	
360	2.53		1380.6	16.00	
384	2.64				
408	2.72				
432	3.02				
456	3.20				
480	3.35				
504	3.95				
528	3.76				
552	3.97				
576	4.05				
600	4.27				
624	4.57				
648	4.73				
672	4.91				
696	5.16				
720	5.23				

Table A.22 Time versus strain.
(Temperature; 950°C, Creep stress; 19.6MPa, Excessive stress; 77.5MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		624	6.79	
1	0.10		648	6.91	
2	0.19		656	7.02	7.12
4	0.31		656	7.11	
8	0.43		672	7.35	
24	0.73		696	7.49	
33	0.79		720	7.66	
48	0.87		744	7.93	8.06
57	0.97		744	8.05	
72	1.00	2.17	768	8.40	
72	1.20		792	8.63	
96	1.28		816	8.97	
105	1.36		840	9.29	9.41
120	1.37		840	9.39	
129	1.39		864	9.86	
144	1.47		888	10.14	
153	1.50		912	10.39	
168	1.58	2.67	936	10.75	10.88
168	1.66		936	10.86	
177	1.82		960	11.27	
192	2.01		984	11.64	
201	2.16		1008	12.02	
216	2.34		1032	12.44	12.60
240	2.70		1032	12.59	
264	2.99	3.14	1056	13.07	
264	3.10		1080	13.58	
288	3.41		1104	14.02	
312	3.53		1128	14.59	14.83
336	3.78		1128	14.76	
360	4.03	4.09	1152	15.68	
360	4.08		1176	16.48	
384	4.28		1200	17.33	
408	4.49		1224	18.63	18.98
432	4.64		1224	18.93	
456	4.86	4.93	1239	20.29	
456	4.92		1243.8	22.33	
480	5.23				
504	5.29				
528	5.55				
552	5.84	5.93			
552	5.92				
576	6.12				
600	6.49				

Table A.22 Time versus strain.

(Temperature; 1000°C, Creep stress; 9.8MPa, Excessive stress; 62.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		696	1.34	
1	0.04		720	1.07	
2	0.07		744	1.47	
4	0.14		768	1.44	
8	0.27		792	1.52	
24	0.30		816	1.59	
33	0.42		840	1.63	
48	0.41		864	1.70	
57	0.59		888	1.75	
72	0.53		912	1.81	
81	0.67		936	1.85	
96	0.71		960	1.96	
105	0.53		984	1.98	
120	0.43		1008	2.02	
129	0.56		1032	2.03	
144	0.52		1056	2.06	
153	0.59		1080	2.08	
168	0.50		1104	2.13	
177	0.67		1128	2.18	
192	0.68		1152	2.23	
201	0.67		1176	2.27	
216	0.64		1200	2.31	
240	0.67		1224	2.32	
264	0.73		1248	2.39	
288	0.74		1272	2.43	
312	0.71		1296	2.46	
336	0.84		1320	2.52	
360	0.84		1344	2.60	
384	0.84		1368	2.76	
408	0.87		1392	2.80	
432	0.94		1416	2.81	
456	0.97		1440	2.81	
480	0.97		1464	2.91	
504	0.93		1488	3.04	
508	1.00		1512	3.10	
508	1.24	1.31	1536	3.20	
528	1.33		1560	3.30	
552	1.33		1584	3.36	
576	1.37		1608	3.37	
600	1.41		1632	3.43	
624	1.37		1656	3.48	
648	1.43		1680	3.56	
672	1.22		1704	3.62	

Table A.23 Time versus strain. (Continued)
 (Temperature; 1000°C, Creep stress; 9.8MPa, Excessive stress; 62.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
1728	3.71		2760	10.00	
1752	3.77		2784	10.32	
1776	3.85		2808	10.68	
1800	3.91		2832	11.04	
1824	3.97		2856	11.70	
1848	4.10		2880	12.02	
1872	4.18		2903.2	13.17	
1896	4.34				
1920	4.40				
1944	4.43				
1968	4.52				
1992	4.66				
2016	4.79				
2040	4.86				
2064	5.01				
2088	5.16				
2112	5.23				
2136	5.30				
2160	5.43				
2184	5.48				
2208	5.61				
2232	5.74				
2256	5.87				
2280	6.00				
2304	6.11				
2328	6.29				
2352	6.42				
2376	6.49				
2400	6.64				
2424	6.82				
2448	7.00				
2472	7.13				
2496	7.38				
2520	7.56				
2544	7.76				
2568	8.01				
2592	8.06				
2616	8.46				
2640	8.78				
2664	8.93				
2688	9.11				
2712	9.39				
2736	9.69				

Table A.24 Time versus strain.
 (Temperature; 1000°C, Creep stress; 9.8MPa, Excessive stress; 62.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		696	1.37	
1	0.19		720	1.50	
2	0.24		744	1.50	
4.5	0.30		768	1.58	
9	0.30		792	1.62	
24	0.46		816	1.57	
33	0.55		840	1.57	
48	0.67		864	1.62	
72	0.77		888	1.66	
81	0.79		912	1.73	
96	0.83		936	1.76	
105	0.80		960	1.80	
120	0.73		960	1.83	2.26
129	0.78		984	2.03	
144	0.85		1008	2.03	
153	0.92		1032	2.16	
168	0.73		1056	2.21	
177	0.90		1080	2.29	
192	0.90		1104	2.40	
201	0.93		1128	2.36	
216	0.89		1152	2.34	
240	0.94		1176	2.47	
264	0.97		1200	2.49	
288	0.98		1224	2.52	
312	0.94		1248	2.52	
336	0.96		1260	2.66	
360	1.00		1260	2.70	3.00
360	1.08	1.47	1272	2.74	
384	1.13		1296	2.84	
408	1.25		1320	3.01	
432	1.27		1344	3.11	
456	1.31		1368	3.20	
480	1.35		1392	3.33	
504	1.30		1416	3.37	
528	1.37		1440	3.45	
552	1.41		1464	3.52	
576	1.49		1488	3.58	
600	1.42		1512	3.59	
624	1.47		1536	3.70	
648	1.37		1560	3.82	
660	1.37		1560	3.88	4.23
660	1.33	1.97	1584	3.93	
672	1.29		1608	4.03	

Table A.24 Time versus strain. (Continued)
 (Temperature; 1000°C, Creep stress; 9.8MPa, Excessive stress; 62.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
1632	4.21		2544	10.56	
1656	4.24		2568	10.96	
1680	4.30		2592	11.24	
1704	4.42		2616	11.65	
1728	4.51		2640	12.09	
1752	4.66		2664	12.75	
1776	4.74		2688	13.58	
1800	4.88		2695.9	21.33	
1824	4.91				
1848	4.98				
1860	5.08				
1860	5.09	5.39			
1872	5.16				
1896	5.33				
1920	5.55				
1944	5.71				
1968	5.79				
1992	5.89				
2016	5.95				
2040	6.11				
2064	6.26				
2088	6.37				
2112	6.56				
2136	6.66				
2160	6.77				
2160	7.00	7.16			
2184	7.16				
2208	7.30				
2232	7.52				
2256	7.71				
2280	7.90				
2304	8.03				
2328	8.11				
2352	8.33				
2376	8.48				
2400	8.71				
2424	9.00				
2448	9.31				
2460	9.49				
2460	9.67	10.00			
2472	9.52				
2496	9.91				
2520	10.29				

Table A.25 Time versus strain.

(Temperature; 1000°C, Creep stress; 14.4MPa, Excessive stress; 62.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		744	5.61	
1	0.12		768	5.85	
2	0.21		792	6.15	
4	0.25		816	6.41	
6	0.28		840	6.73	
33	0.53		864	7.02	
48	0.56		888	7.16	
57	0.61		912	7.19	
72	0.66		936	7.44	
81	0.78		960	7.59	
96	0.80		984	7.83	
105	0.88		1008	8.15	
120	0.90		1032	8.53	
129	1.02		1056	8.78	
144	1.09		1080	9.02	
153	1.13		1104	9.31	
168	1.20		1128	9.57	
168	1.33	2.16	1152	9.98	
177	1.59		1176	10.41	
192	1.60		1200	10.84	
201	1.77		1224	11.25	
216	1.86		1248	11.71	
240	2.05		1272	12.52	
264	2.30		1296.1	16.16	
288	2.69				
312	2.59				
336	2.76				
360	2.87				
384	2.92				
408	3.11				
432	3.20				
456	3.40				
480	3.56				
504	3.78				
528	3.90				
552	4.03				
576	4.16				
600	4.44				
624	4.66				
648	4.93				
672	5.10				
696	5.28				
720	5.48				

Table A.26 Time versus strain.

(Temperature; 1000°C, Creep stress; 14.4MPa, Excessive stress; 62.8MPa)

Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)	Time (h)	Creep strain (%)	Strain at exces. loading (%)
0	0.00		552	4.81	
1	0.13		576	5.03	
2	0.18		600	5.23	
4	0.23		609	5.37	6.19
8	0.31		609	5.41	
24	0.55		624	5.59	
33	0.57		648	5.96	
48	0.67		672	6.19	
57	0.72		696	6.49	
72	0.77		705	6.65	7.49
96	0.78		705	6.76	
105	0.83		720	7.03	
120	0.87		744	7.40	
129	1.00		768	7.65	
129	1.07	1.83	792	7.89	
144	1.18		801	8.06	8.86
153	1.22		801	8.11	
168	1.25		816	8.49	
177	1.29		840	8.80	
192	1.44		864	9.16	
201	1.51		888	9.51	
216	1.61		897	9.76	10.66
225	1.71		897	9.90	
225	1.84	2.66	912	10.33	
240	2.03		936	11.03	
264	2.23		960	11.59	
288	2.32		984	12.30	
312	2.46		993	12.63	13.45
321	2.57		993	12.85	
321	2.60	3.38	1008	13.56	
336	2.63		1032	14.69	
360	2.90		1053.9	17.50	
384	3.10				
408	3.32				
432	3.48				
436	3.51				
436	3.52	4.31			
456	3.80				
480	4.04				
504	4.23				
528	4.48				
532	4.50				
532	4.57	5.32			