

JAERI - M
91-023

ハステロイXRの950℃における
クリープ曲線の定式化

1991年3月

加治 芳行・武藤 康

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, 1991

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 いばらき印刷株

ハステロイ XR の 950℃ における
クリープ曲線の定式化

日本原子力研究所東海研究所高温工学部

加治 芳行・武藤 康

(1991 年 2 月 1 日受理)

Ni 基耐熱合金ハステロイ XR を用いて、大気中 950℃ において応力一定のクリープ試験を行い、最小クリープひずみ速度、3 次クリープ開始点及びクリープ破断時間等のパラメータと応力との関係を求めた。さらに、これらのパラメータを用い、1 次+2 次クリープ領域に Garofalo の式、3 次クリープ領域に Kachanov-Rabotnov の式を適用して、クリープ構成式を作成した。クリープ構成式を用いて算出したクリープ曲線を実験で得られたクリープ曲線と比較した結果、かなり良くクリープ挙動を再現し得ることがわかった。

さらに応力一定クリープ試験におけるクリープ構成式とひずみ硬化則とを用いて、定荷重クリープ曲線を推定し、同一材料で行った定荷重クリープ試験結果と比較検討した。その結果、推定曲線の方が、実際の定荷重クリープ曲線よりも大きめのクリープひずみを示し、短寿命となっていることがわかった。

Creep Curve Formularization at 950°C for Hastelloy XR

Yoshiyuki KAJI and Yasushi MUTO

Department of High Temperature Engineering
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received February 1, 1991)

Creep tests under constant stress were conducted on a nickel-base heat-resistant alloy, Hastelloy XR, in air at 950°C. Minimum creep strain rate, time to the onset of tertiary creep and time to rupture were obtained as a function of applied stress. Then, a creep constitutive equation was made based on the Garofalo formula for primary and secondary creep and based on the Kachanov-Rabotnov formula for tertiary creep, which could represent fairly well the experimental creep deformation curves under the constant stress conditions.

The creep deformation under the constant load condition corresponding to the stress increment was analysed using the creep constitutive equation and strain hardening law. Then the calculated creep strain showed slightly higher value than the experimental creep strain, and the calculated life was shorter than the experimental one.

Keywords: Creep, Constant Stress, Hastelloy XR, Creep Constitutive Equation, Garofalo Formula, Kachanov-Rabotnov Formula, Strain Hardening Law, Constant Load

目 次

1. 緒 言	1
2. 実験方法	4
2.1 供試材料	4
2.2 試験装置及び試験手順	4
3. 実験結果及び考察	5
3.1 最小クリープひずみ速度 $\dot{\epsilon}_{\min}$	5
3.2 1次クリープ曲線	5
3.3 3次クリープ開始時間 t_3	6
3.4 クリープ破断時間 t_r	6
3.5 3次クリープ曲線	6
3.6 クリープ曲線	7
4. 定応力クリープ曲線による定荷重クリープ曲線の推定	8
5. 結 言	9
謝 辞	9
参考文献	10

Contents

1. Introduction	1
2. Experimental method	4
2.1 Materials	4
2.2 Test apparatus and procedure	4
3. Experimental results and discussion	5
3.1 Minimum creep strain rate $\dot{\epsilon}_{\min}$	5
3.2 Primary creep curve	5
3.3 Time to onset of tertiary creep t_3	6
3.4 Time to rupture t_r	6
3.5 Tertiary creep curve	6
3.6 Creep curve	7
4. Prediction of creep curve under the constant load condition with creep constitutive equation	8
5. Conclusions	9
Acknowledgements	9
References	10

1. 緒 言

従来原子炉プラントの機器が使用されてきた温度領域よりも高い 800 ~ 950°C の高温領域においては、クリープ変形が急速に進み、クリープに起因する損傷も大きくなるために、構造物の寿命はクリープに関係する損傷によって支配される。構造物の寿命評価にあたっては、時間的に応力が変化する荷重条件下において、クリープ変形がどのように進みかつ損傷が累積して破壊に至るかが問題となる。ここでは、クリープ構成式に関連するこれまでの研究について述べた後、前報⁽¹⁾と同様にして行ったハステロイ XR⁽²⁾ の 950°C におけるクリープ曲線の定式化について述べる。

(1) クリープ構成式の歴史的経過

材料のクリープ特性をクリープ構成式に反映するには、クリープ曲線を数学的に表現しなければならない。2 次クリープ領域までのクリープ曲線を数式表示する試みについて以下に代表例を示す。^{(3), (4)}

1 次クリープ特性：対数ひずみ則

$$\varepsilon = \alpha \ln t + C \quad (1)$$

ここで、 α , C は定数である。

2 次クリープ特性：Bailey-Norton 則

$$\varepsilon = A \sigma^n t^m \quad (2)$$

ここで、 A , n , m は定数である。

1 次 + 2 次クリープ特性

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \beta t^m + kt \quad (3)$$

$$(0.03 < m < 1.0)$$

ここで、 ε_0 は瞬間伸び、 β , m は定数、 k は 2 次クリープ速度である。

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_1(1 - e^{-rt}) + \dot{\varepsilon}_s t \quad (4)$$

ここで、 ε_0 は瞬間伸び、 ε_1 は 1 次クリープひずみ、 r は 1 次クリープひずみの時定数の逆数、 $\dot{\varepsilon}_s$ は 2 次クリープ速度である。これらの式のうち、(1)式及び(3)式は、 $t = 0$ において、 ε が無限大になる欠点を有している。(2)式は、形が簡単であるためにこれまでのクリープ解析で最もよく用いられてきた。しかし、1 次クリープ及び 3 次クリープを考慮していないので詳細な解析については不適当な面がある。(4)式は、(1)式及び(3)式の欠点を回避したもので、McVetty が最初に示唆し、Garofalo により実際の材料に適用されたものである。

(2) クリープ構成式と転位論との関係

Johnston & Gilman⁽⁵⁾ は、LiF の転位の状況を観察し、転位の増殖速度は転位の密度に比例することを見いだした。また、転位の消滅については、逆方向の転位の遭遇する確率であるから、転位密度の 2 乗に比例すると考えられるとして、次の式を導いた。

$$d\rho/dt = k_1\rho - k_2\rho^2 \quad (5)$$

ここで、 ρ は、可動転位の密度、 k_1 , k_2 は、応力と温度の関数で ρ の関数ではない。また、クリー

ブ速度は、一般に Orowan の式

$$\dot{\varepsilon} = \rho b v \quad (6)$$

で表される。ここで、 b は、バーガースベクトル、 v は、可動転位の平均速度である。

Li⁽⁶⁾ はこの二つの式を組み合わせることにより以下のようにクリープ構成式を導いた。(6)式を(5)式に代入して積分すると、

$$\dot{\varepsilon} = \dot{\varepsilon}_s \left(1 - \frac{\dot{\varepsilon}_i - \dot{\varepsilon}_s}{\dot{\varepsilon}_i} e^{-k_1 t} \right)^{-1} \quad (7)$$

を得る。ここで、 $\dot{\varepsilon}_i$ は初期ひずみ速度、 $\dot{\varepsilon}_s$ は定常ひずみ速度 ($\dot{\varepsilon}_s = b v k_1 / k_2$) である。

(7) 式を積分すると、

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_s t + \frac{\dot{\varepsilon}_s}{k_1} \ln \left\{ \frac{\dot{\varepsilon}_i - \dot{\varepsilon}_s}{\dot{\varepsilon}_i} (1 - e^{-k_1 t}) \right\} \quad (8)$$

となる。前述の対数則や Garofalo-McVetty の式は、次のようにこの式の特別な場合であることが示される。

(7)式で、 $\varepsilon_i \ll \varepsilon_s$ であり、かつ k_1 が十分小さい場合を考える。 ε_s を ε_i に比べて無視し、 $e^{-k_1 t}$ を Taylor 展開して第2項目までとると、

$$\begin{aligned} \dot{\varepsilon} &= \dot{\varepsilon}_s \{1 - (1 - k_1 t)\}^{-1} \\ &= \dot{\varepsilon}_s k_1 t^{-1} \end{aligned}$$

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\varepsilon}_s}{k_1} \ln t + C$$

となり(1)式の対数ひずみ則を得る。

また、 k_1 が十分大きい、すなわち $e^{-k_1 t}$ が十分小さい場合には、 $[1 - (\dot{\varepsilon}_i - \dot{\varepsilon}_s) / \dot{\varepsilon}_i] e^{-k_1 t}]^{-1}$ を Taylor 展開した2項目までとると、

$$\begin{aligned} \dot{\varepsilon} &= \dot{\varepsilon}_s \left(1 + \frac{\dot{\varepsilon}_i - \dot{\varepsilon}_s}{\dot{\varepsilon}_i} e^{-k_1 t} \right) \\ &= \frac{\dot{\varepsilon}_s}{\varepsilon_i} (\dot{\varepsilon}_i - \dot{\varepsilon}_s) e^{-k_1 t} + \dot{\varepsilon}_s \end{aligned}$$

となり、(4)式を微分した Garofalo-McVetty の式を得る。

(3) 3次クリープ特性の定式化

3次クリープ領域におけるクリープ曲線の定式化に関しては Kachanov-Rabotnov の考え方が大いに参考になる。

Kachanov はクリープによる内部欠陥により荷重を支える有効面積が縮小し、クリープ変形が加速されるとして式をたて、Rabotnov⁽⁷⁾ がこれを一般化した。これによると、

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{C}{(1-\omega)^p} \sigma^\alpha \quad (9)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{D}{(1-\omega)^q} \sigma^\beta \quad (10)$$

ここで、 ε は、真クリープひずみ、 ω は、クリープ損傷に関係する量、 α 、 β 、 C 、 D 、 p 、 q は、定数である。

$t=0$ で

$$\omega=0$$

$t=t_r$ で

$$\omega=1$$

となるものとする。

Penny⁽⁸⁾ は, Kachanov-Rabotnov の式についてさらに検討を加え, アルミニウム合金に適用して, 実験値とよく合致すると報告している。この合金の場合, 1 次クリープは僅かで, 破断時間のスケールでみると無視し得る程度である。Penkalla ら⁽⁹⁾ は, インコネル 617 に適用し, Brittle failure と Viscous failure をまとめた形で破断時間を求めている。即ち, クリープ破断伸びが小さい (Brittle failure) 場合には, 応力はほとんど変化しないから, $\sigma=\sigma_0$ として, 積分すると次式を得る。

$$(1-\omega)^{1+q}=1-\frac{t}{t_2} \quad (11)$$

ここで, t_2 は Brittle failure の場合のクリープ破断時間である。

$$t_2=\frac{1}{D(1+q)\sigma_0^\beta} \quad (12)$$

ひずみは次式で表される。

$$\varepsilon=\frac{\lambda}{\alpha} \cdot \frac{t_2}{t_1} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{t}{t_2} \right)^{1/\lambda} \right\} \quad (13)$$

ここで, t_1 は Viscous failure の場合のクリープ破断時間⁽¹⁰⁾, λ は定数である。

$$t_1=\frac{1}{Ca\sigma_0^\alpha} \quad (14)$$

$$\lambda=\frac{1+r}{1+r-q} \quad (15)$$

Brittle failure の場合の破断伸びは,

$$\varepsilon_r=\frac{\lambda}{1+q} \cdot \frac{C}{D} \sigma_0^{\alpha-\beta} \quad (16)$$

となる。

また, 最近 Evans ら^(11,12) は, 3 次クリープ域までのクリープ曲線の構成式として, 次式を提案した。

$$\varepsilon=\theta_1\{1-\exp(\theta_2 t)\}+\theta_3\{\exp(\theta_4 t)-1\} \quad (17)$$

ここで, $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ は温度, 応力に依存する材料定数である。この式は, 加工硬化と軟化という 2 つの緩和過程が, クリープ変形中に同時進行しているという考えに立っている。そして, クリープひずみはこれら 2 つの現象によるひずみの和として与えられる。

長時間クリープ曲線の外挿を容易にかつ高精度で行うためには, 各材料定数の温度, 応力依存性が単純であることが望まれる。そこで丸山ら^(13,14,15) は, (17) 式を材料定数の温度, 応力依存性がより単純になるように改良し次式を提案した。

$$\varepsilon=\varepsilon_0+A\{1-\exp(-\alpha t)\}+B\{\exp(\alpha t)-1\} \quad (18)$$

ここで、 ε_0 は瞬間伸びそのものではなく、他の材料定数と同時に最小自乗法で決定される値である。(18)式は、速度定数を1つ(a)しか含まない点で、(17)式よりも単純化されている。丸山らは、Cr-Mo-V 鋼に(18)式を適用して、1次域から3次域のかなりの部分までのクリープ曲線が、十分によく再現できることを示している。

(4) 定応力クリープ曲線による定荷重クリープ曲線の推定

これまでに、Clay ら⁽¹⁸⁾は、燃料被覆材のステンレス鋼について、Garofalo 型の定応力クリープ構成式を用いて定荷重クリープ曲線の推定を行っている。

定荷重クリープ試験は、標点間内の体積が一定であると仮定すると、クリープひずみが大きくなるにしたがって正味断面積が小さくなり、正味応力は漸増することになる。そこで以下に、クリープ硬化則としてひずみ硬化則を用いて、クリープひずみ速度を求める場合の例を示す。ここでは、クリープ構成式として Bailey-Norton の式を用いる。

$$\varepsilon_c = A\sigma^n t^m \quad (19)$$

上式にひずみ硬化則を適用すると、クリープひずみ速度は、

$$\dot{\varepsilon}_c = mA^{1/m} \sigma^{n/m} \varepsilon_c^{(m-1)/m} \quad (20)$$

となる。

2. 実験方法

2.1 供試材料

供試材料は、Ni 基耐熱合金ハステロイ XR で、その化学組成を Table 1 に示す。この合金は、既存合金ハステロイ X を高温ガス炉用に改良した合金であり、クリープ強度と高温ガス炉冷却材相当の不純ヘリウムガス中での耐食性が高められている。

2.2 試験装置及び試験手順

前報⁽¹⁾と同様に、応力一定及び荷重一定のクリープ試験は、電気抵抗加熱方式の電気炉を備えたレバー式のクリープ試験機を用いて、空气中 950°C で行った。試験片は、Fig. 1 に示すような直径 10 mm、標点間距離 50 mm の丸棒試験片（定荷重クリープ試験の一部は、直径 6 mm、標点間距離 30 mm の丸棒試験片を用いた。）である。また試験は、精度 1 / 1000 mm の差動トランス型変位計で測定した標点間 50 mm（一部 30 mm）の軸方向伸びと分銅の重さより求められた応力が一定となるように、分銅を徐々に軽くして行った。なお、正味断面積は、標点間内の体積が一定と仮定して求めた。荷重調整分銅の最小重量は 50 g であり、荷重の誤差が最大でも 1 % 以下になるようにした。

ここで、 ε_0 は瞬間伸びそのものではなく、他の材料定数と同時に最小自乗法で決定される値である。(18)式は、速度定数を1つ(a)しか含まない点で、(17)式よりも単純化されている。丸山らは、Cr-Mo-V 鋼に(18)式を適用して、1次域から3次域のかかなりの部分までのクリープ曲線が、十分によく再現できることを示している。

(4) 定応力クリープ曲線による定荷重クリープ曲線の推定

これまでに、Clay ら⁽¹⁸⁾は、燃料被覆材のステンレス鋼について、Garofalo 型の定応力クリープ構成式を用いて定荷重クリープ曲線の推定を行っている。

定荷重クリープ試験は、標点間内の体積が一定であると仮定すると、クリープひずみが大きくなるにしたがって正味断面積が小さくなり、正味応力は漸増することになる。そこで以下に、クリープ硬化則としてひずみ硬化則を用いて、クリープひずみ速度を求める場合の例を示す。ここでは、クリープ構成式として Bailey-Norton の式を用いる。

$$\varepsilon_c = A\sigma^n t^m \quad (19)$$

上式にひずみ硬化則を適用すると、クリープひずみ速度は、

$$\dot{\varepsilon}_c = mA^{1/m} \sigma^{n/m} \varepsilon_c^{(m-1)/m} \quad (20)$$

となる。

2. 実験方法

2.1 供試材料

供試材料は、Ni 基耐熱合金ハステロイ XR で、その化学組成を Table 1 に示す。この合金は、既存合金ハステロイ X を高温ガス炉用に改良した合金であり、クリープ強度と高温ガス炉冷却材相当の不純ヘリウムガス中での耐食性が高められている。

2.2 試験装置及び試験手順

前報⁽¹⁾と同様に、応力一定及び荷重一定のクリープ試験は、電気抵抗加熱方式の電気炉を備えたレバー式のクリープ試験機を用いて、空气中 950℃ で行った。試験片は、Fig. 1 に示すような直径 10 mm、標点間距離 50 mm の丸棒試験片（定荷重クリープ試験の一部は、直径 6 mm、標点間距離 30 mm の丸棒試験片を用いた。）である。また試験は、精度 1 / 1000 mm の差動トランス型変位計で測定した標点間 50 mm（一部 30 mm）の軸方向伸びと分銅の重さより求められた応力が一定となるように、分銅を徐々に軽くして行った。なお、正味断面積は、標点間内の体積が一定と仮定して求めた。荷重調整分銅の最小重量は 50 g であり、荷重の誤差が最大でも 1 % 以下になるようにした。

3. 実験結果及び考察

応力一定のクリープ試験の結果から、最小クリープひずみ速度及び3次クリープ開始点、クリープ破断時間等のパラメータと応力との関係を求めた。さらに、これらのパラメータを用い、1次+2次クリープ領域に Garofalo の式⁽³⁾、3次クリープ領域に Kachanov-Rabotnov の式⁽⁷⁾を適用して、クリープ構成式を作成し、実験結果と比較した。

3.1 最小クリープひずみ速度 $\dot{\epsilon}_{\min}$

各応力条件における時間と真クリープひずみ及び真クリープひずみ速度の関係を Table 2 ~ Table 7 に示す。ここで、真クリープひずみ速度は、以下の式を用いて求めた。

$$\dot{\epsilon}(t) = \frac{\epsilon(t+\Delta t) - \epsilon(t-\Delta t)}{2\Delta t} \quad (21)$$

真クリープひずみ速度と時間の関係を Fig. 2 ~ Fig. 7 に示す。目視により最小クリープひずみ速度を決定すると、各応力条件に対して Table 8 のようになる。これを図示すると、Fig. 8 のようになる。したがって、最小ひずみ速度と応力の関係は、最小自乗法により係数を定めると、次式のようなになる。

$$\dot{\epsilon}_{\min} = 4.5892 \times 10^{-11} \sigma^{4.7575} \quad (22)$$

ここで、 $\dot{\epsilon}_{\min}$: 1/h, σ : Mpa である。

3.2 1次クリープ曲線

1次+2次クリープひずみが次の Garofalo の式で表されると仮定する。

$$\epsilon = \epsilon_t (1 - \exp(-rt)) + \dot{\epsilon}_{\min} \times t \quad (23)$$

$$\dot{\epsilon} = r \epsilon_t \exp(-rt) + \dot{\epsilon}_{\min}$$

1次クリープひずみ速度 $\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}_{\min}$ を求めると、Table 9 ~ Table 14 のようになり、これを時間に対してプロットすると Fig. 9 ~ Fig. 14 のようになる。データ点は、ほぼ直線にのり、最小自乗近似してパラメータ ϵ_t , r を各応力条件に対して決定すると、Table 15 のようになる。

パラメータ ϵ_t , r を応力に対してプロットすると、Fig. 15 及び Fig. 16 のようになる。 r はかなり直線上にのるが、 ϵ_t はばらつく。 ϵ_t の低応力側への外挿に関しては今後検討が必要であると考えられる。ここでは、 ϵ_t , r とともに直線上にあるものとして、最小自乗近似すると次式のようなになる。

$$\epsilon_t = 3.1938 \times 10^{-2} \exp(0.0079\sigma) \quad (24)$$

$$r = 3.5972 \times 10^{-3} \exp(0.0655\sigma) \quad (25)$$

3.3 3次クリープ開始時間 t_3

Fig. 2～Fig. 7より、目視で3次クリープ開始時間 t_3 を読を取ると、Table 8のようになる。これを応力に対してプロットすると、Fig. 17のようにほぼ直線上にのる。これを最小自乗近似すると次式のようになる。

$$t_3 = 9.5608 \times 10^{+7} \sigma^{-3.7776} \quad (26)$$

また、定応力クリープ試験における3次クリープ開始時間について、その時のひずみ ε_3 、累積時間損傷 $\int_0^{t_3} dt/t_r = t_3/t_r$ 及び累積ひずみ損傷 $\int_0^{t_3} d\varepsilon/\varepsilon_r = \varepsilon_3/\varepsilon_r$ を求めた結果を Table 16 に示す。こ

こで、 ε_r は、破断時の標点間の伸び量より求めた破断延性値である。3次クリープ開始時のひずみ ε_3 と応力の関係を Fig. 18 に示す。図に示すように、ほぼ直線関係が得られ、これを最小自乗近似すると、次式のようになる。

$$\varepsilon_3 = -0.5434 + 0.4764 \times \log_{10} \sigma \quad (27)$$

また、3次クリープ開始時の累積時間損傷 t_3/t_r 及び累積ひずみ損傷 $\varepsilon_3/\varepsilon_r$ と応力の関係を Fig. 19 に示す。ここでは、累積ひずみ損傷に着目して、定式化すると次式のようになる。

$$\begin{aligned} \sigma \leq 41 \text{MPa} \quad \frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_r} &= 1.3409 + 1.1532 \times \log_{10} \sigma \\ \sigma \geq 41 \text{MPa} \quad \frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_r} &= 0.519 \end{aligned} \quad (28)$$

3.4 クリープ破断時間 t_r

クリープ破断時間と応力の関係は、Table 8のようになる。これを図示すると、Fig. 20のようになり良好な直線関係が得られる。これを最小自乗近似すると次式のようになる。

$$t_r = 6.2724 \times 10^{+8} \sigma^{-4.1040} \quad (29)$$

3.5 3次クリープ曲線

3次クリープ領域では、Kachanov-Rabotnov の式が成り立つものと仮定すると、

$t > t_3$ で、

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{C}{(1-\omega)^p} \sigma^\alpha \quad (30)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{D}{(1-\omega)^q} \sigma^\beta \quad (31)$$

ここで、 ε は、真クリープひずみ、 ω は、クリープ損傷に関係する量、 α 、 β 、 C 、 D 、 p 、 q は、定数である。

$t = t_3$ で

$$\omega = 0$$

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = C\sigma^q = \dot{\varepsilon}_{\min} \quad (32)$$

$t = t_r$ で

$$\omega = 1 \quad (33)$$

本試験においては、応力 σ = 一定であるから、(31)式を積分して、初期条件(32)式を用いると、

$$\omega = 1 - \{1 - (q+1)D\sigma^q(t-t_3)\}^{1/(q+1)} \quad (34)$$

(34)式を(30)式に代入して、

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{C\sigma^q}{\{1 - (q+1)D\sigma^q(t-t_3)\}^{p/(q+1)}} \quad (35)$$

(34)式で、条件(33)式を用いると、

$$(q+1)D\sigma^q = \frac{1}{t_r - t_3} \quad (36)$$

の関係が成立する。これを(35)式に代入すると、

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{C\sigma^q}{\{(t_r - t)/(t_r - t_3)\}^{p/(q+1)}} \quad (37)$$

$$= \frac{\dot{\varepsilon}_{\min}}{\{(t_r - t)/(t_r - t_3)\}^{p/(q+1)}} \quad (38)$$

したがって、(35)式、(37)式または(38)式により、ひずみ速度を求めることができる。

すなわち、

$$\frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_{\min}} = \left(\frac{t_r - t}{t_r - t_3} \right)^{-m} \quad (39)$$

それぞれの応力条件において $\dot{\varepsilon}/\dot{\varepsilon}_{\min}$ 及び $(t_r - t)/(t_r - t_3)$ の値を計算すると、Table 17 ~ Table 22 のようになる。これらを図示すると、Fig. 21 のようになり、応力条件によってばらつきがある。それぞれの応力条件に対して指数 m を求めると、Table 23 のようになる。ここではその平均をとって、 $m = 0.421$ とする。

したがって、3次クリープ領域では、

$$\frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_{\min}} = \left(\frac{t_r - t}{t_r - t_3} \right)^{-0.421} \quad (40)$$

となる。

3.6 クリープ曲線

以上の結果をまとめると、

$$\begin{aligned} 0 \leq t \leq t_3 \\ \varepsilon &= \varepsilon_t(1 - \exp(-rt)) + \dot{\varepsilon}_{\min} \times t \\ \varepsilon_t &= 3.1938 \times 10^{-2} \exp(0.0079\sigma) \\ r &= 3.5972 \times 10^{-3} \exp(0.0655\sigma) \\ \dot{\varepsilon}_{\min} &= 4.5892 \times 10^{-11} \sigma^{4.7575} \end{aligned} \quad (41)$$

$$t_3 \leq t \leq t_r$$

$$\varepsilon = \varepsilon(t=t_3) + \dot{\varepsilon}_{\min} \times \int_{t_3}^t \left(\frac{t_r - t}{t_r - t_3} \right)^{-0.421} dt \quad (42)$$

$$t_3 = 9.5608 \times 10^{-7} \sigma^{-3.7776}$$

$$t_r = 6.2724 \times 10^{-8} \sigma^{-4.1640}$$

となる。

各応力条件について、クリープ構成式から求めたクリープ曲線と実験結果とを比較したものを Fig. 22 ～ Fig. 27 に示す。これらの結果から、Garofalo 及び Kachanov-Rabotnov の式によりクリープ曲線をかなりよく表すことができることがわかった。

4. 定応力クリープ曲線による定荷重クリープ曲線の推定

定荷重クリープ試験では、試験片標点間内の体積が一定であると考え、正味断面積は、クリープひずみが大きくなるにしたがって小さくなり、正味応力は徐々に増加することになる。そこで、定荷重クリープ試験を応力漸増試験と考えて、3節で求めた定応力クリープ試験のクリープ構成式とひずみ硬化則を用いて、定荷重クリープ曲線を推定し、同一材料で行った定荷重クリープ試験結果と比較検討する。定荷重クリープ試験の各初期応力条件における時間と真クリープひずみ及び真クリープひずみ速度の関係を Table 24 ～ Table 28 に示す。

②3式から時間項を解析的に消去することができないことから、ひずみ硬化則を用いてクリープ速度を直接的に求めることは不可能である。そこでここでは、②3式における ε とその微分から数値計算（ニュートン・ラプソン法）によって t を消去することによってクリープ速度を求めた。²⁹

定荷重クリープ曲線を推定するに当たって、3次クリープ開始時間を②7式及び②8式を用いて推定し、3次クリープまで考慮したクリープ曲線を求めた。このようにして求めたクリープ曲線と定荷重クリープ試験結果とを比較したものを Fig. 28 ～ Fig. 32 に示す。3次クリープ開始時間に

関しては、累積ひずみ損傷 $\int_0^{t_3} d\varepsilon/\varepsilon_r = \varepsilon_3/\varepsilon_r$ を用いて求めた方が3次クリープ開始ひずみ ε_3 を用

いて求めた場合よりも若干小さい値になっているが、クリープ曲線自体はほとんど変わらない。また、推定曲線の方が、実際の試験結果よりも大きめのクリープひずみを推定し、短寿命になっている。これは、定荷重クリープ試験結果の推定においては、それぞれの時間においてクリープひずみから正味応力を計算し、その応力に対して定応力クリープ破断表示式を適用しているため、②9式において、クリープが進むにしたがって、その時間における正味応力から求めた t_r が t_3 よりも小さくなり、物理的に意味がなくなるためである。これらの推定結果から、定応力クリープ曲線から定荷重クリープ曲線を推定し、3次クリープ開始時間を求めるには、今後検討が必要である。

$$t_3 \leq t \leq t_r$$

$$\varepsilon = \varepsilon(t=t_3) + \dot{\varepsilon}_{\min} \times \int_{t_3}^t \left(\frac{t_r - t}{t_r - t_3} \right)^{-0.421} dt \quad (42)$$

$$t_3 = 9.5608 \times 10^{-7} \sigma^{-3.7776}$$

$$t_r = 6.2724 \times 10^{-8} \sigma^{-4.1040}$$

となる。

各応力条件について、クリープ構成式から求めたクリープ曲線と実験結果とを比較したものを Fig. 22 ～ Fig. 27 に示す。これらの結果から、Garofalo 及び Kachanov-Rabotnov の式によりクリープ曲線をかなりよく表すことができることがわかった。

4. 定応力クリープ曲線による定荷重クリープ曲線の推定

定荷重クリープ試験では、試験片標点間内の体積が一定であると考え、正味断面積は、クリープひずみが大きくなるにしたがって小さくなり、正味応力は徐々に増加することになる。そこで、定荷重クリープ試験を応力漸増試験と考えて、3節で求めた定応力クリープ試験のクリープ構成式とひずみ硬化則を用いて、定荷重クリープ曲線を推定し、同一材料で行った定荷重クリープ試験結果と比較検討する。定荷重クリープ試験の各初期応力条件における時間と真クリープひずみ及び真クリープひずみ速度の関係を Table 24 ～ Table 28 に示す。

②3式から時間項を解析的に消去することができないことから、ひずみ硬化則を用いてクリープ速度を直接的に求めることは不可能である。そこでここでは、②3式における ε とその微分から数値計算（ニュートン・ラプソン法）によって t を消去することによってクリープ速度を求めた。^{②③}

定荷重クリープ曲線を推定するに当たって、3次クリープ開始時間を②7式及び②8式を用いて推定し、3次クリープまで考慮したクリープ曲線を求めた。このようにして求めたクリープ曲線と定荷重クリープ試験結果とを比較したものを Fig. 28 ～ Fig. 32 に示す。3次クリープ開始時間に関

しては、累積ひずみ損傷 $\int_0^{t_3} d\varepsilon/\dot{\varepsilon}r = \varepsilon_3/\dot{\varepsilon}r$ を用いて求めた方が3次クリープ開始ひずみ ε_3 を用

いて求めた場合よりも若干小さい値になっているが、クリープ曲線自体はほとんど変わらない。また、推定曲線の方が、実際の試験結果よりも大きめのクリープひずみを推定し、短寿命になっている。これは、定荷重クリープ試験結果の推定においては、それぞれの時間においてクリープひずみから正味応力を計算し、その応力に対して定応力クリープ破断表示式を適用しているため、②9式において、クリープが進むにしたがって、その時間における正味応力から求めた t_r が t_3 よりも小さくなり、物理的に意味がなくなるためである。これらの推定結果から、定応力クリープ曲線から定荷重クリープ曲線を推定し、3次クリープ開始時間を求めるには、今後検討が必要である。

5. 結 言

ハステロイ XR の 950°C における空气中、応力一定クリープ試験を行い、その結果を用いてクリープ構成式を作成した。また、定応力クリープ構成式を用いて、定荷重クリープ曲線を推定し、定荷重クリープ試験結果と比較した結果、次の結論を得た。

- (1) 1 次クリープひずみは、Garofalo の式によってよく表すことができるが、パラメータにはかなりのばらつきがあり、低応力側への外挿については今後検討が必要である。
- (2) 最小クリープひずみ速度に関しては Norton 則が精度よく成り立つ。
- (3) 3 次クリープ開始時間及び破断時間と応力とは両対数グラフ上で良好な直線関係にある。
- (4) 1 次クリープから 3 次クリープまで Garofalo の式と Kachanov-Rabotnov の式によりクリープ曲線をかなりよく表すことができる。
- (5) 3 次クリープまで考慮した本クリープ構成式とひずみ硬化則とを用いて定荷重クリープ曲線を推定した結果、解析結果は実験結果よりも高めのクリープひずみを推定する結果となり、定応力クリープ曲線から定荷重クリープ曲線を推定し、3 次クリープ開始時間を求めるには、今後さらに検討が必要である。

謝 辞

定応力クリープ試験に際し、御協力頂いた高温試験技術開発室の橘 勝美氏及び鎌田清史氏並びに原子力エンジニアリング㈱の荻沼義和氏に感謝の意を表します。

5. 結 言

ハステロイ XR の 950°C における空气中、応力一定クリープ試験を行い、その結果を用いてクリープ構成式を作成した。また、定応力クリープ構成式を用いて、定荷重クリープ曲線を推定し、定荷重クリープ試験結果と比較した結果、次の結論を得た。

- (1) 1次クリープひずみは、Garofalo の式によってよく表すことができるが、パラメータにはかなりのばらつきがあり、低応力側への外挿については今後検討が必要である。
- (2) 最小クリープひずみ速度に関しては Norton 則が精度よく成り立つ。
- (3) 3次クリープ開始時間及び破断時間と応力とは両対数グラフ上で良好な直線関係にある。
- (4) 1次クリープから3次クリープまで Garofalo の式と Kachanov-Rabotnov の式によりクリープ曲線をかなりよく表すことができる。
- (5) 3次クリープまで考慮した本クリープ構成式とひずみ硬化則とを用いて定荷重クリープ曲線を推定した結果、解析結果は実験結果よりも高めのクリープひずみを推定する結果となり、定応力クリープ曲線から定荷重クリープ曲線を推定し、3次クリープ開始時間を求めるには、今後さらに検討が必要である。

謝 辞

定応力クリープ試験に際し、御協力頂いた高温試験技術開発室の橘 勝美氏及び鎌田清史氏並びに原子力エンジニアリング㈱の荻沼義和氏に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 加治芳行, 武藤 康, “定応力クリープ試験によるクリープ曲線の定式化”, JAERI-M 89 - 210 (1989)
- (2) M. Shindo and T. Kondo : Proc. on Gas-Cooled Reactors Today, Bristol/UK, 1982 (British Nuclear Energy Society) Vol. 2, p. 179
- (3) F. Garofalo, “Fundamentals of Creep and Creep-Rupture in Metals”, Macmillan, New York (1965), p. 10
- (4) P.G. Mcvetty, “Working Stresses for High-Temperature Service”, Mech. Eng., Vol. 56 No. 3 (1934), p. 149
- (5) W.G. Johnston and J.J. Gilman, J. Appl. Phys. Vol. 30, p. 129 (1959)
- (6) J. C. M. Li, “A Dislocation Mechanism of Transient Creep”, Acta Met., Vol. 11 (1963), p. 1269
- (7) Yu. N. Rabotnov, “Creep Problems in Structural Members”, North-Holland Publishing Company, Amsterdam London (1969), p. 375
- (8) R.K. Penny, “The Usefulness of Engineering Damage Parameters during Creep”, Metals and Materials, Vol. 8 (1974), p. 278
- (9) H.J. Penkalla, H.H. Over and F. Schubert, “Constitutive Equations for the Description of Creep and Creep Rupture Behavior of Metallic Materials at Temperatures above 800°C”, Nucl. Tech., Vol. 66 No. 3 (1984), p. 685
- (10) N.J. Hoff, “Necking and rupture of rods subjected to constant tensile loads.”, J. Appl. Mech., Vol. 20, p. 105 (1953)
- (11) R.W. Evans, J.D. Parker and B. Wilshire, “Recent Advances in Creep and Fracture of Engineering Materials and Structures”, Ed. by B. Wilshire and D. R. J. Owen, p. 135 (1982) Pineridge Press, Swansea, UK.
- (12) R.W. Evans, I. Beden and B. Wilshire, “Proc. 2nd Int. Conf. on Creep and Fracture of Engineering Materials and Structures”, Ed. by B. Wilshire and D. R. J. Owen, p. 1277 (1984) Pineridge Press, Swansea, UK.
- (13) K. Maruyama, C. Harada and H. Oikawa, “A Strain-Time Equation for Long-Term Creep Curve Prediction”, Technol. Rep. Tohoku Univ., 50 (1985), p. 67
- (14) 丸山公一, 原田千里, 及川 洪, “3次域まで適用可能なクリープひずみ-時間式の提案”, 材料, 34 (1985), p. 1289
- (15) 丸山公一, 及川 洪: 日本金属学会誌, 50 (1986), p. 701
- (16) B.D. Clay and H.E. Evans, “The Computation of Constant-Load Creep Curves”, Nucl. Eng. Design, Vol. 39 (1976), p. 289
- (17) 宮 健三, 矢川元基, 原子炉構造工学, 東京大学出版会, p. 153

Table 1 Chemical composition of specimen material (wt%).

C	Mn	Si	Cr	W	Mo	Fe	Ni	Co	Al	Ti	B	P	S	N
0.07	0.86	0.32	21.98	0.51	8.83	17.70	Bal.	0.05	0.02	0.01	0.005	<0.005	0.001	0.002

Table 2 True creep strain and true creep strain rate (24.01MPa)(1/3).

950 degrec C	24.01MPa	tf=1222.4h	
Time(h)	t/tf	Creep Strain	Creep Strain Rate(1/h)
9.0	0.007	0.0023	2.5660E-4
23.0	0.019	0.0043	1.9437E-4
33.0	0.027	0.0070	2.6875E-4
47.0	0.038	0.0108	2.7317E-4
57.0	0.047	0.0135	3.0795E-4
71.0	0.058	0.0181	3.3769E-4
81.0	0.066	0.0216	3.3614E-4
95.0	0.078	0.0262	3.2992E-4
105.0	0.086	0.0296	3.0828E-4
119.0	0.097	0.0336	2.8718E-4
129.0	0.106	0.0364	2.8102E-4
143.0	0.117	0.0404	2.8272E-4
153.0	0.125	0.0432	2.6423E-4
167.0	0.137	0.0467	2.6100E-4
177.0	0.145	0.0495	2.4775E-4
191.0	0.156	0.0526	2.3228E-4
201.0	0.164	0.0551	2.2909E-4
215.0	0.176	0.0581	2.2854E-4
225.0	0.184	0.0606	2.2295E-4
239.0	0.196	0.0635	2.1754E-4
249.0	0.204	0.0658	2.1447E-4
263.0	0.215	0.0686	2.0913E-4
273.0	0.223	0.0708	2.0612E-4
287.0	0.235	0.0736	2.0567E-4
297.0	0.243	0.0757	2.0028E-4
311.0	0.254	0.0784	2.0226E-4
321.0	0.263	0.0806	1.9933E-4
335.0	0.274	0.0832	1.9412E-4
345.0	0.282	0.0852	1.9123E-4
359.0	0.294	0.0878	2.0035E-4
369.0	0.302	0.0901	1.9273E-4
383.0	0.313	0.0924	1.8281E-4
393.0	0.321	0.0944	1.8948E-4
407.0	0.333	0.0969	1.8674E-4
417.0	0.341	0.0989	1.8862E-4
431.0	0.353	0.1015	1.9764E-4
441.0	0.361	0.1037	1.9479E-4
455.0	0.372	0.1061	1.8969E-4
465.0	0.380	0.1082	1.9156E-4
479.0	0.392	0.1107	1.9349E-4
489.0	0.400	0.1129	1.9300E-4
503.0	0.411	0.1154	1.9491E-4
513.0	0.420	0.1175	1.9673E-4
527.0	0.431	0.1201	2.0552E-4
537.0	0.439	0.1225	2.0729E-4
551.0	0.451	0.1251	2.0222E-4
561.0	0.459	0.1273	1.9941E-4
575.0	0.470	0.1299	1.9440E-4
585.0	0.479	0.1320	2.0301E-4

Table 2 True creep strain and true creep strain rate (24.01MPa)(2/3).

599.0	0.490	0.1347	2.0939E-4
609.0	0.498	0.1370	2.0655E-4
623.0	0.510	0.1397	2.0834E-4
633.0	0.518	0.1420	2.1229E-4
647.0	0.529	0.1448	2.1180E-4
657.0	0.537	0.1471	2.1346E-4
671.0	0.549	0.1499	2.0849E-4
681.0	0.557	0.1521	2.1237E-4
695.0	0.569	0.1550	2.2303E-4
705.0	0.577	0.1575	2.2239E-4
719.0	0.588	0.1603	2.1520E-4
729.0	0.596	0.1626	2.2121E-4
743.0	0.608	0.1656	2.2070E-4
753.0	0.616	0.1679	2.2881E-4
767.0	0.627	0.1711	2.3924E-4
777.0	0.636	0.1737	2.4284E-4
791.0	0.647	0.1770	2.4440E-4
801.0	0.655	0.1795	2.4794E-4
815.0	0.667	0.1829	2.5595E-4
825.0	0.675	0.1857	2.6155E-4
839.0	0.686	0.1892	2.6514E-4
849.0	0.695	0.1920	3.2625E-4
863.0	0.706	0.1970	2.7627E-4
873.0	0.714	0.1987	2.2602E-4
887.0	0.726	0.2024	2.8717E-4
897.0	0.734	0.2056	2.9243E-4
911.0	0.745	0.2095	2.9363E-4
921.0	0.753	0.2126	3.0925E-4
935.0	0.765	0.2169	3.1247E-4
945.0	0.773	0.2201	3.2570E-4
959.0	0.785	0.2247	3.2466E-4
969.0	0.793	0.2279	3.3349E-4
983.0	0.804	0.2327	3.4476E-4
993.0	0.812	0.2362	3.5335E-4
1007.0	0.824	0.2412	3.6844E-4
1017.0	0.832	0.2450	3.7877E-4
1031.0	0.843	0.2503	3.8944E-4
1041.0	0.852	0.2544	4.0548E-4
1055.0	0.863	0.2600	4.1983E-4
1065.0	0.871	0.2644	4.4330E-4
1079.0	0.883	0.2706	4.5124E-4
1089.0	0.891	0.2753	4.8185E-4
1103.0	0.902	0.2822	5.0114E-4
1113.0	0.911	0.2873	5.3066E-4
1127.0	0.922	0.2949	5.6270E-4
1137.0	0.930	0.3008	6.1004E-4
1151.0	0.942	0.3096	6.5207E-4
1161.0	0.950	0.3164	7.2158E-4
1175.0	0.961	0.3269	7.9309E-4
1185.0	0.969	0.3355	8.6831E-4
1192.0	0.975	0.3417	9.3843E-4

Table 2 True creep strain and true creep strain rate (24.01MPa)(3/3).

1199.0	0.981	0.3486	1.0224E-3
1204.0	0.985	0.3539	1.1066E-3
1208.0	0.988	0.3586	1.1732E-3
1212.0	0.991	0.3633	1.2219E-3
1216.0	0.995	0.3683	1.3183E-3
1220.0	0.998	0.3739	1.3796E-3

Table 3 True creep strain and true creep strain rate (41.01MPa)(1/2).

Time(h)	t/tf	Creep Strain	Creep Strain Rate(1/h)
2.0	0.012	0.0087	4.3596E-3
4.0	0.024	0.0167	3.9374E-3
6.0	0.037	0.0245	3.7396E-3
8.0	0.049	0.0317	3.5607E-3
10.0	0.061	0.0387	3.3558E-3
12.0	0.073	0.0451	3.1246E-3
14.0	0.085	0.0512	3.0014E-3
16.0	0.097	0.0571	2.9246E-3
18.0	0.110	0.0629	2.7614E-3
20.0	0.122	0.0682	2.6148E-3
22.0	0.134	0.0734	2.6011E-3
24.0	0.146	0.0786	2.6165E-3
26.0	0.158	0.0838	2.5457E-3
28.0	0.170	0.0888	2.3901E-3
30.0	0.183	0.0934	2.2508E-3
32.0	0.195	0.0978	2.1557E-3
34.0	0.207	0.1020	2.1042E-3
36.0	0.219	0.1062	2.0953E-3
38.0	0.231	0.1104	2.0866E-3
40.0	0.243	0.1145	2.0640E-3
42.0	0.256	0.1187	2.0417E-3
44.0	0.268	0.1227	2.0057E-3
46.0	0.280	0.1267	1.9977E-3
48.0	0.292	0.1307	2.0308E-3
50.0	0.304	0.1348	2.0091E-3
52.0	0.316	0.1387	1.9737E-3
54.0	0.329	0.1427	1.9795E-3
56.0	0.341	0.1466	1.9449E-3
58.0	0.353	0.1505	1.9372E-3
60.0	0.365	0.1544	1.9432E-3
62.0	0.377	0.1582	1.9489E-3
64.0	0.390	0.1622	1.9282E-3
66.0	0.402	0.1660	1.9206E-3
68.0	0.414	0.1699	1.9529E-3
70.0	0.426	0.1738	1.8798E-3
72.0	0.438	0.1774	1.8855E-3
74.0	0.450	0.1813	1.9567E-3
76.0	0.463	0.1852	1.9620E-3
78.0	0.475	0.1892	1.9544E-3
80.0	0.487	0.1930	1.9468E-3
82.0	0.499	0.1969	1.9393E-3
84.0	0.511	0.2008	1.9317E-3
86.0	0.523	0.2047	1.9497E-3
88.0	0.536	0.2086	1.9422E-3
90.0	0.548	0.2124	1.9346E-3
92.0	0.560	0.2163	1.9398E-3
94.0	0.572	0.2202	1.9573E-3
96.0	0.584	0.2242	1.9995E-3
98.0	0.596	0.2282	2.0165E-3

Table 3 True creep strain and true creep strain rate (41.01MPa)(2/2).

100.0	0.609	0.2322	2.0084E-3
102.0	0.621	0.2362	2.0249E-3
104.0	0.633	0.2403	2.0414E-3
106.0	0.645	0.2444	2.0331E-3
108.0	0.657	0.2485	2.0370E-3
110.0	0.670	0.2525	2.0409E-3
112.0	0.682	0.2566	2.0567E-3
114.0	0.694	0.2608	2.0723E-3
116.0	0.706	0.2649	2.0877E-3
118.0	0.718	0.2691	2.1148E-3
120.0	0.730	0.2734	2.1652E-3
122.0	0.743	0.2778	2.2032E-3
124.0	0.755	0.2822	2.2405E-3
126.0	0.767	0.2867	2.2775E-3
128.0	0.779	0.2913	2.2904E-3
130.0	0.791	0.2959	2.3496E-3
132.0	0.803	0.3007	2.4194E-3
134.0	0.816	0.3056	2.4653E-3
136.0	0.828	0.3106	2.5217E-3
138.0	0.840	0.3157	2.6001E-3
140.0	0.852	0.3210	2.6771E-3
142.0	0.864	0.3264	2.7529E-3
144.0	0.876	0.3320	2.8608E-3
146.0	0.889	0.3378	2.9891E-3
148.0	0.901	0.3439	3.1040E-3
150.0	0.913	0.3502	3.2495E-3
152.0	0.925	0.3569	3.4466E-3
154.0	0.937	0.3640	3.6935E-3
156.0	0.949	0.3717	3.9993E-3
158.0	0.962	0.3800	4.4144E-3
160.0	0.974	0.3894	5.1230E-3
162.0	0.986	0.4005	6.8141E-3
164.0	0.998	0.4166	8.0442E-3

Table 4 True creep strain and true creep strain rate (49.01MPa)(1/2).

950 degree C	49.01MPa	tf=76.5h	
Time(h)	t/tf	Creep Strain	Creep Strain Rate(1/h)
1.0	0.013	0.0101	1.0080E-2
2.0	0.026	0.0185	8.5934E-3
3.0	0.039	0.0273	8.5821E-3
4.0	0.052	0.0357	8.1789E-3
5.0	0.065	0.0436	7.9029E-3
6.0	0.078	0.0515	7.5757E-3
7.0	0.092	0.0588	7.0484E-3
8.0	0.105	0.0656	7.0267E-3
9.0	0.118	0.0728	6.9215E-3
10.0	0.131	0.0794	6.4991E-3
11.0	0.144	0.0858	6.2569E-3
12.0	0.157	0.0920	6.0188E-3
13.0	0.170	0.0979	5.8414E-3
14.0	0.183	0.1036	5.6950E-3
15.0	0.196	0.1093	5.6625E-3
16.0	0.209	0.1150	5.4923E-3
17.0	0.222	0.1202	5.2957E-3
18.0	0.235	0.1255	5.4052E-3
19.0	0.248	0.1311	5.5131E-3
20.0	0.261	0.1366	5.5101E-3
21.0	0.275	0.1421	5.4800E-3
22.0	0.288	0.1475	5.4769E-3
23.0	0.301	0.1530	5.4205E-3
24.0	0.314	0.1584	5.3380E-3
25.0	0.327	0.1637	5.2304E-3
26.0	0.340	0.1688	4.4139E-3
27.0	0.353	0.1725	3.6054E-3
28.0	0.366	0.1760	3.6966E-3
29.0	0.379	0.1799	4.1520E-3
30.0	0.392	0.1844	4.4468E-3
31.0	0.405	0.1888	4.4272E-3
32.0	0.418	0.1932	4.4846E-3
33.0	0.431	0.1978	4.5927E-3
34.0	0.444	0.2024	4.6227E-3
35.0	0.458	0.2070	4.6016E-3
36.0	0.471	0.2116	4.6055E-3
37.0	0.484	0.2162	4.6097E-3
38.0	0.497	0.2208	4.5885E-3
39.0	0.510	0.2254	4.6173E-3
40.0	0.523	0.2300	4.5962E-3
41.0	0.536	0.2346	4.5505E-3
42.0	0.549	0.2392	4.5298E-3
43.0	0.562	0.2437	4.5338E-3
44.0	0.575	0.2482	4.5621E-3
45.0	0.588	0.2528	4.5897E-3
46.0	0.601	0.2574	4.5929E-3
47.0	0.614	0.2620	4.5480E-3
48.0	0.627	0.2665	4.5750E-3
49.0	0.641	0.2711	4.6494E-3

Table 4 True creep strain and true creep strain rate (49.01MPa)(2/2).

50.0	0.654	0.2758	4.6517E-3
51.0	0.667	0.2804	4.6771E-3
52.0	0.680	0.2851	4.7258E-3
53.0	0.693	0.2899	4.7735E-3
54.0	0.706	0.2947	4.7974E-3
55.0	0.719	0.2995	4.8668E-3
56.0	0.732	0.3044	4.9814E-3
57.0	0.745	0.3094	5.1168E-3
58.0	0.758	0.3147	5.1821E-3
59.0	0.771	0.3198	5.1779E-3
60.0	0.784	0.3250	5.3088E-3
61.0	0.797	0.3304	5.4378E-3
62.0	0.810	0.3359	5.4975E-3
63.0	0.824	0.3414	5.6224E-3
64.0	0.837	0.3471	5.7893E-3
65.0	0.850	0.3530	5.9531E-3
66.0	0.863	0.3590	6.1356E-3
67.0	0.876	0.3653	6.3576E-3
68.0	0.889	0.3718	6.6183E-3
69.0	0.902	0.3785	7.0012E-3
70.0	0.915	0.3858	7.3767E-3
71.0	0.928	0.3933	7.8473E-3
72.0	0.941	0.4015	8.5158E-3
73.0	0.954	0.4103	9.3720E-3
74.0	0.967	0.4202	1.0856E-2
75.0	0.980	0.4320	1.4016E-2
76.0	0.993	0.4482	1.6230E-2

Table 5 True creep strain and true creep strain rate (62.02MPa)(1/2).

950 degrec C	62.02MPa	tf=31.03h	
Time(h)	t/tf	Creep Strain	Creep Strain Rate(1/h)
0.50	0.016	0.0168	3.3654E-2
1.00	0.032	0.0303	2.6072E-2
1.50	0.048	0.0429	2.4542E-2
2.00	0.064	0.0549	2.3185E-2
2.50	0.081	0.0661	2.1868E-2
3.00	0.097	0.0768	1.8583E-2
3.50	0.113	0.0847	1.6221E-2
4.00	0.129	0.0930	1.7678E-2
4.50	0.145	0.1023	1.8654E-2
5.00	0.161	0.1116	1.8426E-2
5.50	0.177	0.1208	1.8202E-2
6.00	0.193	0.1298	1.7984E-2
6.50	0.209	0.1388	1.7607E-2
7.00	0.226	0.1474	1.8148E-2
7.50	0.242	0.1569	1.8152E-2
8.00	0.258	0.1656	1.7299E-2
8.50	0.274	0.1742	1.7046E-2
9.00	0.290	0.1826	1.6798E-2
9.50	0.306	0.1910	1.6709E-2
10.00	0.322	0.1993	1.6571E-2
10.50	0.338	0.2076	1.6182E-2
11.00	0.354	0.2155	1.5950E-2
11.50	0.371	0.2235	1.5924E-2
12.00	0.387	0.2315	1.5798E-2
12.50	0.403	0.2393	1.5675E-2
13.00	0.419	0.2471	1.5601E-2
13.50	0.435	0.2549	1.5433E-2
14.00	0.451	0.2626	1.5314E-2
14.50	0.467	0.2702	1.5246E-2
15.00	0.483	0.2778	1.5224E-2
15.50	0.500	0.2855	1.5250E-2
16.00	0.516	0.2931	1.5228E-2
16.50	0.532	0.3007	1.5251E-2
17.00	0.548	0.3083	1.5273E-2
17.50	0.564	0.3160	1.5294E-2
18.00	0.580	0.3236	1.5358E-2
18.50	0.596	0.3313	1.5465E-2
19.00	0.612	0.3391	1.5657E-2
19.50	0.628	0.3470	1.4966E-2
20.00	0.645	0.3540	1.5198E-2
20.50	0.661	0.3622	1.6390E-2
21.00	0.677	0.3704	1.5442E-2
21.50	0.693	0.3776	1.5913E-2
22.00	0.709	0.3863	1.7657E-2
22.50	0.725	0.3953	1.8132E-2
23.00	0.741	0.4045	1.8717E-2
23.50	0.757	0.4140	1.9163E-2
24.00	0.773	0.4236	1.9389E-2
24.50	0.790	0.4334	1.9968E-2

Table 5 True creep strain and true creep strain rate (62.02MPa)(2/2).

25.00	0.806	0.4436	2.7666E-2
25.50	0.822	0.4610	2.8521E-2
26.00	0.838	0.4721	2.2838E-2
26.50	0.854	0.4839	2.4115E-2
27.00	0.870	0.4962	2.5531E-2
27.50	0.886	0.5094	2.7301E-2
28.00	0.902	0.5235	2.9253E-2
28.50	0.918	0.5387	3.1764E-2
29.00	0.935	0.5553	3.5182E-2
29.50	0.951	0.5738	3.9943E-2
30.00	0.967	0.5952	4.7634E-2
30.50	0.983	0.6215	6.9359E-2
31.00	0.999	0.6646	8.6237E-2

Table 6 True creep strain and true creep strain rate (78.01MPa).

950 degree C 78.01MPa $t_f=10.1h$

Time(h)	t/t_f	Creep Strain	Creep Strain Rate(1/h)
0.50	0.050	0.0422	8.4339E-2
1.00	0.099	0.0769	6.5268E-2
1.50	0.149	0.1074	5.9356E-2
2.00	0.198	0.1363	5.6669E-2
2.50	0.248	0.1641	5.4844E-2
3.00	0.297	0.1911	5.4633E-2
3.50	0.347	0.2187	5.3704E-2
4.00	0.396	0.2448	5.1088E-2
4.50	0.446	0.2698	4.9153E-2
5.00	0.495	0.2940	4.8241E-2
5.50	0.545	0.3181	4.8003E-2
6.00	0.594	0.3420	4.7884E-2
6.50	0.644	0.3660	4.8300E-2
7.00	0.693	0.3903	4.9411E-2
7.50	0.743	0.4154	5.1828E-2
8.00	0.792	0.4421	5.5071E-2
8.50	0.842	0.4704	5.9569E-2
9.00	0.891	0.5017	6.9079E-2
9.50	0.941	0.5395	9.5630E-2
10.00	0.990	0.5973	1.1560E-1

Table 7 True creep strain and true creep strain rate (92.00MPa)(1/2).

950 degree C	92.0MPa	tf=5.0h	
Time(h)	t/tf	Creep Strain	Creep Strain Rate(1/h)
0.05	0.01	0.0088	1.7595E-1
0.10	0.02	0.0170	1.6328E-1
0.15	0.03	0.0251	1.6013E-1
0.20	0.04	0.0330	1.5765E-1
0.25	0.05	0.0409	1.5522E-1
0.30	0.06	0.0486	1.0890E-1
0.35	0.07	0.0518	1.0630E-1
0.40	0.08	0.0592	1.4650E-1
0.45	0.09	0.0664	1.4368E-1
0.50	0.10	0.0736	1.4149E-1
0.55	0.11	0.0806	1.3935E-1
0.60	0.12	0.0875	1.3724E-1
0.65	0.13	0.0943	1.3630E-1
0.70	0.14	0.1011	1.3482E-1
0.75	0.15	0.1078	1.3391E-1
0.80	0.16	0.1145	1.3358E-1
0.85	0.17	0.1211	1.3269E-1
0.90	0.18	0.1278	1.3291E-1
0.95	0.19	0.1344	1.3204E-1
1.00	0.20	0.1410	1.3279E-1
1.05	0.21	0.1477	1.3354E-1
1.10	0.22	0.1543	1.3265E-1
1.15	0.23	0.1610	1.3284E-1
1.20	0.24	0.1676	1.3197E-1
1.25	0.25	0.1742	1.3163E-1
1.30	0.26	0.1808	1.3285E-1
1.35	0.27	0.1875	1.8295E-1
1.40	0.28	0.1991	1.7920E-1
1.45	0.29	0.2054	1.2707E-1
1.50	0.30	0.2118	1.2728E-1
1.55	0.31	0.2181	1.2898E-1
1.60	0.32	0.2247	1.3016E-1
1.65	0.33	0.2311	1.2536E-1
1.70	0.34	0.2372	1.2210E-1
1.75	0.35	0.2433	1.2137E-1
1.80	0.36	0.2494	1.1966E-1
1.85	0.37	0.2553	1.1798E-1
1.90	0.38	0.2612	1.1680E-1
1.95	0.39	0.2670	1.1565E-1
2.00	0.40	0.2727	1.1403E-1
2.05	0.41	0.2784	1.1338E-1
2.10	0.42	0.2841	1.1275E-1
2.15	0.43	0.2897	1.1304E-1
2.20	0.44	0.2954	1.1288E-1
2.25	0.45	0.3009	1.1086E-1
2.30	0.46	0.3065	1.1025E-1
2.35	0.47	0.3120	1.0964E-1
2.40	0.48	0.3174	1.0904E-1
2.45	0.49	0.3229	1.0936E-1

Table 7 True creep strain and true creep strain rate (92.00MPa)(2/2).

2.50	0.50	0.3284	1.0921E-1
2.55	0.51	0.3338	1.0862E-1
2.60	0.52	0.3392	1.0759E-1
2.65	0.53	0.3446	1.0745E-1
2.70	0.54	0.3500	1.0820E-1
2.75	0.55	0.3554	1.0850E-1
2.80	0.56	0.3608	1.0791E-1
2.85	0.57	0.3662	1.0820E-1
2.90	0.58	0.3716	1.0891E-1
2.95	0.59	0.3771	1.0917E-1
3.00	0.60	0.3825	1.0986E-1
3.05	0.61	0.3880	1.1011E-1
3.10	0.62	0.3936	1.0993E-1
3.15	0.63	0.3990	1.1058E-1
3.20	0.64	0.4046	1.1165E-1
3.25	0.65	0.4102	1.1227E-1
3.30	0.66	0.4158	1.1288E-1
3.35	0.67	0.4215	1.1307E-1
3.40	0.68	0.4271	1.1406E-1
3.45	0.69	0.4329	1.1584E-1
3.50	0.70	0.4387	1.1719E-1
3.55	0.71	0.4446	1.1811E-1
3.60	0.72	0.4505	1.2735E-1
3.65	0.73	0.4574	1.3054E-1
3.70	0.74	0.4636	1.2339E-1
3.75	0.75	0.4697	1.2224E-1
3.80	0.76	0.4758	1.2305E-1
3.85	0.77	0.4820	1.2423E-1
3.90	0.78	0.4882	1.2538E-1
3.95	0.79	0.4945	1.2764E-1
4.00	0.80	0.5010	1.3213E-1
4.05	0.81	0.5077	1.3540E-1
4.10	0.82	0.5146	1.3822E-1
4.15	0.83	0.5216	1.4098E-1
4.20	0.84	0.5286	1.4441E-1
4.25	0.85	0.5360	1.4885E-1
4.30	0.86	0.5435	1.5247E-1
4.35	0.87	0.5513	1.5563E-1
4.40	0.88	0.5591	1.6049E-1
4.45	0.89	0.5673	1.6841E-1
4.50	0.90	0.5759	1.7752E-1
4.55	0.91	0.5851	1.8777E-1
4.60	0.92	0.5947	1.9944E-1
4.65	0.93	0.6050	2.1211E-1
4.70	0.94	0.6159	2.3005E-1
4.75	0.95	0.6280	2.5500E-1
4.80	0.96	0.6414	2.9233E-1
4.85	0.97	0.6572	3.6228E-1
4.90	0.98	0.6777	5.7495E-1
4.95	0.99	0.7147	7.4159E-1

Table 8 Minimum creep strain rate, time to onset of tertiary creep and time to rupture.

950 degree C Stress Constant			
Stress(MPa)	t ₃ (h)	t _r (h)	ERM(1/h)
24.01	455.00	1222.40	1.9000E-4
41.01	94.00	164.30	1.9400E-3
49.01	47.00	76.50	4.5500E-3
62.02	20.00	31.03	1.5200E-2
78.01	6.00	10.10	4.8000E-2
92.00	2.95	5.00	1.0900E-1

Table 9 Primary creep strain rate (24.01MPa).

950 degree C 24.01MPa		tf=1222.4h	ERM=1.90E-4 1/h
Time(h)	t/tf	ER(1/h)	ER-ERM(1/h)
71.0	0.058	3.3769E-4	1.4769E-4
81.0	0.066	3.3614E-4	1.4614E-4
95.0	0.078	3.2992E-4	1.3992E-4
105.0	0.086	3.0828E-4	1.1828E-4
119.0	0.097	2.8718E-4	9.7176E-5
129.0	0.106	2.8102E-4	9.1018E-5
143.0	0.117	2.8272E-4	9.2718E-5
153.0	0.125	2.6423E-4	7.4229E-5
167.0	0.137	2.6100E-4	7.0996E-5
177.0	0.145	2.4775E-4	5.7747E-5
191.0	0.156	2.3228E-4	4.2275E-5
201.0	0.164	2.2909E-4	3.9087E-5
215.0	0.176	2.2854E-4	3.8537E-5
225.0	0.184	2.2295E-4	3.2953E-5
239.0	0.196	2.1754E-4	2.7539E-5
249.0	0.204	2.1447E-4	2.4468E-5
263.0	0.215	2.0913E-4	1.9130E-5
273.0	0.223	2.0612E-4	1.6121E-5
287.0	0.235	2.0567E-4	1.5673E-5
297.0	0.243	2.0028E-4	1.0284E-5
311.0	0.254	2.0226E-4	1.2262E-5
321.0	0.263	1.9933E-4	9.3310E-6

Table 10 Primary creep strain rate (41.01MPa).

950 degree C	41.01MPa	tf=164.3h	ERM=1.94E-3 1/h
Time(h)	t/tf	ER(1/h)	ER-ERM(1/h)
2.00	0.012	4.3596E-3	2.4196E-3
4.00	0.024	3.9374E-3	1.9974E-3
6.00	0.037	3.7396E-3	1.7996E-3
8.00	0.049	3.5607E-3	1.6207E-3
10.00	0.061	3.3558E-3	1.4158E-3
12.00	0.073	3.1246E-3	1.1846E-3
14.00	0.085	3.0014E-3	1.0614E-3
16.00	0.097	2.9246E-3	9.8460E-4
18.00	0.110	2.7614E-3	8.2137E-4
20.00	0.122	2.6148E-3	6.7482E-4
22.00	0.134	2.6011E-3	6.6114E-4
24.00	0.146	2.6165E-3	6.7651E-4
26.00	0.158	2.5457E-3	6.0572E-4
28.00	0.170	2.3901E-3	4.5008E-4
30.00	0.183	2.2508E-3	3.1078E-4
32.00	0.195	2.1557E-3	2.1571E-4
34.00	0.207	2.1042E-3	1.6415E-4
36.00	0.219	2.0953E-3	1.5528E-4
38.00	0.231	2.0866E-3	1.4659E-4
40.00	0.243	2.0640E-3	1.2399E-4
42.00	0.256	2.0417E-3	1.0167E-4
44.00	0.268	2.0057E-3	6.5740E-5
46.00	0.280	1.9977E-3	5.7670E-5
48.00	0.292	2.0308E-3	9.0770E-5
50.00	0.304	2.0091E-3	6.9080E-5
52.00	0.316	1.9737E-3	3.3740E-5
54.00	0.329	1.9795E-3	3.9530E-5

Table 11 Primary creep strain rate (49.01MPa).

950 degree C	49.01MPa	tf=76.5h	ERM=4.55E-3 1/h
Time(h)	t/tf	ER(1/h)	ER-ERM(1/h)
1.00	0.013	1.0080E-2	5.5304E-3
2.00	0.026	8.5934E-3	4.0434E-3
3.00	0.039	8.5821E-3	4.0321E-3
4.00	0.052	8.1789E-3	3.6289E-3
5.00	0.065	7.9029E-3	3.3529E-3
6.00	0.078	7.5757E-3	3.0257E-3
7.00	0.092	7.0484E-3	2.4984E-3
8.00	0.105	7.0267E-3	2.4767E-3
9.00	0.118	6.9215E-3	2.3715E-3
10.00	0.131	6.4991E-3	1.9491E-3
11.00	0.144	6.2569E-3	1.7069E-3
12.00	0.157	6.0188E-3	1.4688E-3
13.00	0.170	5.8414E-3	1.2914E-3
14.00	0.183	5.6950E-3	1.1450E-3
15.00	0.196	5.6625E-3	1.1125E-3
16.00	0.209	5.4923E-3	9.4225E-4
17.00	0.222	5.2957E-3	7.4572E-4
18.00	0.235	5.4052E-3	8.5518E-4
19.00	0.248	5.5131E-3	9.6311E-4
20.00	0.261	5.5101E-3	9.6012E-4
21.00	0.275	5.4800E-3	9.2998E-4
22.00	0.288	5.4769E-3	9.2692E-4
23.00	0.301	5.4205E-3	8.7052E-4
24.00	0.314	5.3380E-3	7.8798E-4
25.00	0.327	5.2304E-3	6.8035E-4

Table 12 Primary creep strain rate (62.02MPa).

950 degree C	62.02MPa	tf=31.03h	ERM=1.52E-2 1/h
Time(h)	t/tf	ER(1/h)	ER-ERM(1/h)
0.50	0.016	3.3654E-2	1.8454E-2
1.00	0.032	2.6072E-2	1.0872E-2
1.50	0.048	2.4542E-2	9.3420E-3
2.00	0.064	2.3185E-2	7.9850E-3
2.50	0.081	2.1868E-2	6.6680E-3
4.50	0.145	1.8654E-2	3.4540E-3
5.00	0.161	1.8426E-2	3.2260E-3
5.50	0.177	1.8202E-2	3.0020E-3
6.00	0.193	1.7984E-2	2.7840E-3
6.50	0.209	1.7607E-2	2.4070E-3
7.00	0.226	1.8148E-2	2.9480E-3
7.50	0.242	1.8152E-2	2.9520E-3
8.00	0.258	1.7299E-2	2.0990E-3
8.50	0.274	1.7046E-2	1.8460E-3
9.00	0.290	1.6798E-2	1.5980E-3
9.50	0.306	1.6709E-2	1.5090E-3
10.00	0.322	1.6571E-2	1.3710E-3
10.50	0.338	1.6182E-2	9.8200E-4
11.00	0.354	1.5950E-2	7.5000E-4
11.50	0.371	1.5924E-2	7.2400E-4
12.00	0.387	1.5798E-2	5.9800E-4
12.50	0.403	1.5675E-2	4.7500E-4
13.00	0.419	1.5601E-2	4.0100E-4

Table 13 Primary creep strain rate (78.01MPa).

950 degree C	78.01MPa	$t_f=10.1h$	$ERM=4.80E-2$ 1/h
Time(h)	t/t_f	$ER(1/h)$	$ER-ERM(1/h)$
0.50	0.050	$8.4339E-2$	$3.6339E-2$
1.00	0.099	$6.5268E-2$	$1.7268E-2$
1.50	0.149	$5.9356E-2$	$1.1356E-2$
2.00	0.198	$5.6669E-2$	$8.6693E-3$
2.50	0.248	$5.4844E-2$	$6.8438E-3$
3.00	0.297	$5.4633E-2$	$6.6330E-3$
3.50	0.347	$5.3704E-2$	$5.7035E-3$
4.00	0.396	$5.1088E-2$	$3.0876E-3$
4.50	0.446	$4.9153E-2$	$1.1531E-3$

Table 15 Primary creep parameter ϵ_t , r.

950 degree C	Stress Constant	
Stress(MPa)	ϵ_t	r
24.01	$3.5336E-2$	$1.1505E-2$
41.01	$4.0931E-2$	$8.2282E-2$
49.01	$5.5878E-2$	$8.3069E-2$
62.02	$5.6555E-2$	$2.6119E-1$
78.01	$5.8976E-2$	$6.8704E-1$
92.00	$6.0394E-2$	$1.0890E+0$

Table 16 Time to the onset of tertiary creep.

950 degree C	Stress Constant					
Stress(MPa)	$t_3(h)$	c_3	$t_r(h)$	c_r	t_3/t_r	c_3/c_r
24.01	455.00	0.106	1222.40	0.422	0.372	0.251
41.01	94.00	0.220	164.30	0.429	0.572	0.513
49.01	47.00	0.262	76.50	0.506	0.614	0.518
62.02	20.00	0.354	31.03	0.667	0.645	0.531
78.01	6.00	0.342	10.10	0.667	0.594	0.513
92.00	2.95	0.377	5.00	0.724	0.590	0.521

Table 14 Primary creep strain rate (92.00MPa).

950 degree C	92.0MPa	tf=5.0h	ERM=1.09E-1 1/h
Time(h)	t/tf	ER(1/h)	ER-ERM(1/h)
0.05	0.010	1.7595E-1	6.6950E-2
0.10	0.020	1.6328E-1	5.4280E-2
0.15	0.030	1.6013E-1	5.1130E-2
0.20	0.040	1.5765E-1	4.8650E-2
0.25	0.050	1.5522E-1	4.6220E-2
0.40	0.080	1.4650E-1	3.7500E-2
0.45	0.090	1.4368E-1	3.4680E-2
0.50	0.100	1.4149E-1	3.2490E-2
0.55	0.110	1.3935E-1	3.0350E-2
0.60	0.120	1.3724E-1	2.8240E-2
0.65	0.130	1.3630E-1	2.7300E-2
0.70	0.140	1.3482E-1	2.5820E-2
0.75	0.150	1.3391E-1	2.4910E-2
0.80	0.160	1.3358E-1	2.4580E-2
0.85	0.170	1.3269E-1	2.3690E-2
0.90	0.180	1.3291E-1	2.3910E-2
0.95	0.190	1.3204E-1	2.3040E-2
1.00	0.200	1.3279E-1	2.3790E-2
1.05	0.210	1.3354E-1	2.4540E-2
1.10	0.220	1.3265E-1	2.3650E-2
1.15	0.230	1.3284E-1	2.3840E-2
1.20	0.240	1.3197E-1	2.2970E-2
1.25	0.250	1.3163E-1	2.2630E-2
1.30	0.260	1.3285E-1	2.3850E-2
1.45	0.290	1.2707E-1	1.8070E-2
1.50	0.300	1.2728E-1	1.8280E-2
1.55	0.310	1.2898E-1	1.9980E-2
1.60	0.320	1.3016E-1	2.1160E-2
1.65	0.330	1.2536E-1	1.6360E-2
1.70	0.340	1.2210E-1	1.3100E-2
1.75	0.350	1.2137E-1	1.2370E-2
1.80	0.360	1.1966E-1	1.0660E-2
1.85	0.370	1.1798E-1	8.9800E-3
1.90	0.380	1.1680E-1	7.8000E-3
1.95	0.390	1.1565E-1	6.6500E-3
2.00	0.400	1.1403E-1	5.0300E-3
2.05	0.410	1.1338E-1	4.3800E-3
2.10	0.420	1.1275E-1	3.7500E-3
2.15	0.430	1.1304E-1	4.0400E-3
2.20	0.440	1.1288E-1	3.8800E-3

Table 17 $\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_{\min}$ and $(t_r - t)/(t_r - t_3)$ (24.01Ma)(1/2).

950 degree C	24.01MPa	tf=1222.4h	ERM=1.90E-4 1/h
Time(h)	ER(1/h)	ER/ERM	(tr-t)/(tr-t3)
455.0	1.8969E-4	9.9837E-1	1.0000E+0
465.0	1.9156E-4	1.0082E+0	9.8697E-1
479.0	1.9349E-4	1.0184E+0	9.6873E-1
489.0	1.9300E-4	1.0158E+0	9.5570E-1
503.0	1.9491E-4	1.0258E+0	9.3745E-1
513.0	1.9673E-4	1.0354E+0	9.2442E-1
527.0	2.0552E-4	1.0817E+0	9.0618E-1
537.0	2.0729E-4	1.0910E+0	8.9315E-1
551.0	2.0222E-4	1.0643E+0	8.7490E-1
561.0	1.9941E-4	1.0495E+0	8.6187E-1
575.0	1.9440E-4	1.0232E+0	8.4363E-1
585.0	2.0301E-4	1.0685E+0	8.3060E-1
599.0	2.0939E-4	1.1021E+0	8.1235E-1
609.0	2.0655E-4	1.0871E+0	7.9932E-1
623.0	2.0834E-4	1.0965E+0	7.8108E-1
633.0	2.1229E-4	1.1173E+0	7.6805E-1
647.0	2.1180E-4	1.1147E+0	7.4981E-1
657.0	2.1346E-4	1.1235E+0	7.3677E-1
671.0	2.0849E-4	1.0973E+0	7.1853E-1
681.0	2.1237E-4	1.1177E+0	7.0550E-1
695.0	2.2303E-4	1.1738E+0	6.8726E-1
705.0	2.2239E-4	1.1705E+0	6.7423E-1
719.0	2.1520E-4	1.1326E+0	6.5598E-1
729.0	2.2121E-4	1.1643E+0	6.4295E-1
743.0	2.2070E-4	1.1616E+0	6.2471E-1
753.0	2.2881E-4	1.2043E+0	6.1168E-1
767.0	2.3924E-4	1.2592E+0	5.9343E-1
777.0	2.4284E-4	1.2781E+0	5.8040E-1
791.0	2.4440E-4	1.2863E+0	5.6216E-1
801.0	2.4794E-4	1.3050E+0	5.4913E-1
815.0	2.5595E-4	1.3471E+0	5.3088E-1
825.0	2.6155E-4	1.3766E+0	5.1785E-1
839.0	2.6514E-4	1.3955E+0	4.9961E-1
863.0	2.7627E-4	1.4541E+0	4.6834E-1
887.0	2.8717E-4	1.5114E+0	4.3706E-1
897.0	2.9243E-4	1.5391E+0	4.2403E-1
911.0	2.9363E-4	1.5454E+0	4.0579E-1
921.0	3.0925E-4	1.6278E+0	3.9276E-1
935.0	3.1247E-4	1.6446E+0	3.7451E-1
945.0	3.2570E-4	1.7142E+0	3.6148E-1
959.0	3.2466E-4	1.7087E+0	3.4324E-1
969.0	3.3349E-4	1.7552E+0	3.3021E-1
983.0	3.4476E-4	1.8145E+0	3.1196E-1
993.0	3.5335E-4	1.8597E+0	2.9893E-1
1007.0	3.6844E-4	1.9392E+0	2.8069E-1
1017.0	3.7877E-4	1.9935E+0	2.6766E-1
1031.0	3.8944E-4	2.0497E+0	2.4941E-1
1041.0	4.0548E-4	2.1341E+0	2.3638E-1
1055.0	4.1983E-4	2.2096E+0	2.1814E-1

Table 17 $\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_{\min}$ and $(t_r - t)/(t_r - t_3)$ (24.01Ma)(2/2).

1065.0	4.4330E-4	2.3332E+0	2.0511E-1
1079.0	4.5124E-4	2.3750E+0	1.8687E-1
1089.0	4.8185E-4	2.5361E+0	1.7383E-1
1103.0	5.0114E-4	2.6376E+0	1.5559E-1
1113.0	5.3066E-4	2.7930E+0	1.4256E-1
1127.0	5.6270E-4	2.9616E+0	1.2432E-1
1137.0	6.1004E-4	3.2107E+0	1.1129E-1
1151.0	6.5207E-4	3.4320E+0	9.3042E-2
1161.0	7.2158E-4	3.7978E+0	8.0011E-2
1175.0	7.9309E-4	4.1742E+0	6.1767E-2
1185.0	8.6831E-4	4.5701E+0	4.8736E-2
1192.0	9.3843E-4	4.9391E+0	3.9614E-2
1199.0	1.0224E-3	5.3811E+0	3.0493E-2
1204.0	1.1066E-3	5.8242E+0	2.3977E-2
1208.0	1.1732E-3	6.1747E+0	1.8765E-2
1212.0	1.2219E-3	6.4311E+0	1.3552E-2
1216.0	1.3183E-3	6.9384E+0	8.3399E-3

Table 18 $\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_{\min}$ and $(t_r - t)/(t_r - t_3)$ (41.01Ma).

950 degree C	41.01MPa	tf=164.3h	ERM=1.94E-3 1/h
Time(h)	ER(1/h)	ER/ERM	(tr-t)/(tr-t3)
94.0	1.9573E-3	1.0089E+0	1.0000E+0
96.0	1.9995E-3	1.0307E+0	9.7155E-1
98.0	2.0165E-3	1.0394E+0	9.4310E-1
100.0	2.0084E-3	1.0353E+0	9.1485E-1
102.0	2.0249E-3	1.0438E+0	8.8620E-1
104.0	2.0414E-3	1.0523E+0	8.5775E-1
106.0	2.0331E-3	1.0480E+0	8.2930E-1
108.0	2.0370E-3	1.0500E+0	8.0085E-1
110.0	2.0409E-3	1.0520E+0	7.7240E-1
112.0	2.0567E-3	1.0602E+0	7.4395E-1
114.0	2.0723E-3	1.0682E+0	7.1551E-1
116.0	2.0877E-3	1.0761E+0	6.8706E-1
118.0	2.1148E-3	1.0901E+0	6.5861E-1
120.0	2.1652E-3	1.1161E+0	6.3016E-1
122.0	2.2032E-3	1.1357E+0	6.0171E-1
124.0	2.2405E-3	1.1549E+0	5.7326E-1
126.0	2.2775E-3	1.1740E+0	5.4481E-1
128.0	2.2904E-3	1.1806E+0	5.1636E-1
130.0	2.3496E-3	1.2111E+0	4.8791E-1
132.0	2.4194E-3	1.2471E+0	4.5946E-1
134.0	2.4653E-3	1.2708E+0	4.3101E-1
136.0	2.5217E-3	1.2999E+0	4.0256E-1
138.0	2.6001E-3	1.3403E+0	3.7411E-1
140.0	2.6771E-3	1.3800E+0	3.4566E-1
142.0	2.7529E-3	1.4190E+0	3.1721E-1
144.0	2.8608E-3	1.4746E+0	2.8876E-1
146.0	2.9891E-3	1.5408E+0	2.6031E-1
148.0	3.1040E-3	1.6000E+0	2.3186E-1
150.0	3.2495E-3	1.6750E+0	2.0341E-1
152.0	3.4466E-3	1.7768E+0	1.7496E-1
154.0	3.6935E-3	1.9039E+0	1.4652E-1
156.0	3.9993E-3	2.0615E+0	1.1807E-1
158.0	4.4144E-3	2.2755E+0	8.9616E-2
160.0	5.1230E-3	2.6407E+0	6.1167E-2
162.0	6.8141E-3	3.5124E+0	3.2717E-2

Table 19 $\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_{\min}$ and $(t_r - t)/(t_r - t_3)$ (49.01Ma).

950 degree C	49.01MPa	tf=76.5h	ERM=4.55E-3 1/h
Time(h)	ER(1/h)	ER/ERM	(tr-t)/(tr-t3)
47.0	4.5480E-3	9.9956E-1	1.0000E+0
48.0	4.5750E-3	1.0055E+0	9.6610E-1
49.0	4.6494E-3	1.0219E+0	9.3220E-1
50.0	4.6517E-3	1.0224E+0	8.9831E-1
51.0	4.6771E-3	1.0279E+0	8.6441E-1
52.0	4.7258E-3	1.0386E+0	8.3051E-1
53.0	4.7735E-3	1.0491E+0	7.9661E-1
54.0	4.7974E-3	1.0544E+0	7.6271E-1
55.0	4.8668E-3	1.0696E+0	7.2881E-1
56.0	4.9814E-3	1.0948E+0	6.9492E-1
57.0	5.1168E-3	1.1246E+0	6.6102E-1
58.0	5.1821E-3	1.1389E+0	6.2712E-1
59.0	5.1779E-3	1.1380E+0	5.9322E-1
60.0	5.3088E-3	1.1668E+0	5.5932E-1
61.0	5.4378E-3	1.1951E+0	5.2542E-1
62.0	5.4975E-3	1.2082E+0	4.9153E-1
63.0	5.6224E-3	1.2357E+0	4.5763E-1
64.0	5.7893E-3	1.2724E+0	4.2373E-1
65.0	5.9531E-3	1.3084E+0	3.8983E-1
66.0	6.1356E-3	1.3485E+0	3.5593E-1
67.0	6.3576E-3	1.3973E+0	3.2203E-1
68.0	6.6183E-3	1.4546E+0	2.8814E-1
69.0	7.0012E-3	1.5387E+0	2.5424E-1
70.0	7.3767E-3	1.6213E+0	2.2034E-1
71.0	7.8473E-3	1.7247E+0	1.8644E-1
72.0	8.5158E-3	1.8716E+0	1.5254E-1
73.0	9.3720E-3	2.0598E+0	1.1864E-1
74.0	1.0856E-2	2.3859E+0	8.4746E-2
75.0	1.4016E-2	3.0804E+0	5.0848E-2

Table 20 $\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_{\min}$ and $(t_r - t)/(t_r - t_3)$ (62.02Ma).

950 degree C	62.02MPa	tf=31.03h	ERM=1.52E-2 1/h
Time(h)	ER(1/h)	ER/ERM	(tr-t)/(tr-t3)
20.00	1.5198E-2	9.9987E-1	1.0000E+0
20.50	1.6390E-2	1.0783E+0	9.5467E-1
21.00	1.5442E-2	1.0159E+0	9.0934E-1
21.50	1.5913E-2	1.0469E+0	8.6401E-1
22.00	1.7657E-2	1.1616E+0	8.1868E-1
22.50	1.8132E-2	1.1929E+0	7.7335E-1
23.00	1.8717E-2	1.2314E+0	7.2802E-1
23.50	1.9163E-2	1.2607E+0	6.8268E-1
24.00	1.9389E-2	1.2756E+0	6.3735E-1
24.50	1.9968E-2	1.3137E+0	5.9202E-1
26.00	2.2838E-2	1.5025E+0	4.5603E-1
26.50	2.4115E-2	1.5865E+0	4.1070E-1
27.00	2.5531E-2	1.6797E+0	3.6537E-1
27.50	2.7301E-2	1.7961E+0	3.2004E-1
28.00	2.9253E-2	1.9245E+0	2.7471E-1
28.50	3.1764E-2	2.0897E+0	2.2937E-1
29.00	3.5182E-2	2.3146E+0	1.8404E-1
29.50	3.9943E-2	2.6278E+0	1.3871E-1
30.00	4.7634E-2	3.1338E+0	9.3382E-2
30.50	6.9359E-2	4.5631E+0	4.8051E-2

Table 21 $\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_{\min}$ and $(t_r - t)/(t_r - t_3)$ (78.01Ma).

950 degree C	78.01MPa	tf=10.1h	ERM=4.80E-2 1/h
Time(h)	ER(1/h)	ER/ERM	(tr-t)/(tr-t3)
6.0	4.7884E-2	9.9758E-1	1.0000E+0
6.5	4.8300E-2	1.0063E+0	8.7805E-1
7.0	4.9411E-2	1.0294E+0	7.5610E-1
7.5	5.1828E-2	1.0798E+0	6.3415E-1
8.0	5.5071E-2	1.1473E+0	5.1220E-1
8.5	5.9569E-2	1.2410E+0	3.9024E-1
9.0	6.9079E-2	1.4392E+0	2.6829E-1
9.5	9.5630E-2	1.9923E+0	1.4634E-1

Table 22 $\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_{\min}$ and $(t_r - t)/(t_r - t_3)$ (92.00MPa).

950 degree C	92.0MPa	tf=5.0h	ERM=1.09E-1 1/h
Time(h)	ER(1/h)	ER/ERM	(tr-t)/(tr-t3)
2.95	1.0917E-1	1.0016E+0	1.0000E+0
3.00	1.0986E-1	1.0079E+0	9.7561E-1
3.05	1.1011E-1	1.0102E+0	9.5122E-1
3.10	1.0993E-1	1.0085E+0	9.2683E-1
3.15	1.1058E-1	1.0145E+0	9.0244E-1
3.20	1.1165E-1	1.0243E+0	8.7805E-1
3.25	1.1227E-1	1.0300E+0	8.5366E-1
3.30	1.1288E-1	1.0356E+0	8.2927E-1
3.35	1.1307E-1	1.0373E+0	8.0488E-1
3.40	1.1406E-1	1.0464E+0	7.8049E-1
3.45	1.1584E-1	1.0628E+0	7.5610E-1
3.50	1.1719E-1	1.0751E+0	7.3171E-1
3.55	1.1811E-1	1.0836E+0	7.0732E-1
3.70	1.2339E-1	1.1320E+0	6.3415E-1
3.75	1.2224E-1	1.1215E+0	6.0976E-1
3.80	1.2305E-1	1.1289E+0	5.8537E-1
3.85	1.2423E-1	1.1397E+0	5.6098E-1
3.90	1.2538E-1	1.1503E+0	5.3659E-1
3.95	1.2764E-1	1.1710E+0	5.1220E-1
4.00	1.3213E-1	1.2122E+0	4.8781E-1
4.05	1.3540E-1	1.2422E+0	4.6342E-1
4.10	1.3822E-1	1.2681E+0	4.3902E-1
4.15	1.4098E-1	1.2934E+0	4.1463E-1
4.20	1.4441E-1	1.3249E+0	3.9024E-1
4.25	1.4885E-1	1.3656E+0	3.6585E-1
4.30	1.5247E-1	1.3988E+0	3.4146E-1
4.35	1.5563E-1	1.4278E+0	3.1707E-1
4.40	1.6049E-1	1.4724E+0	2.9268E-1
4.45	1.6841E-1	1.5451E+0	2.6829E-1
4.50	1.7752E-1	1.6286E+0	2.4390E-1
4.55	1.8777E-1	1.7227E+0	2.1951E-1
4.60	1.9944E-1	1.8297E+0	1.9512E-1
4.65	2.1211E-1	1.9460E+0	1.7073E-1
4.70	2.3005E-1	2.1106E+0	1.4634E-1
4.75	2.5500E-1	2.3395E+0	1.2195E-1
4.80	2.9233E-1	2.6819E+0	9.7561E-2
4.85	3.6228E-1	3.3237E+0	7.3171E-2
4.90	5.7495E-1	5.2748E+0	4.8780E-2
4.95	7.4159E-1	6.8036E+0	2.4390E-2

Table 23 Tertiary creep parameter m.

950 degree C	Stress Constant
Stress(MPa)	m
24.01	0.4734
41.01	0.3566
49.01	0.3621
62.02	0.4846
78.01	0.3556
92.00	0.4934

Ave.=0.421

Table 24 True creep strain and true creep strain rate under constant load (19.99MPa)(1/3).

950 degree C 19.99MPa		LOAD CONSTANT tf=1443.9h	
Time(h)	t/tf	Creep Strain	Creep Strain Rate(1/h)
12.0	0.008	0.0010	7.9822E-5
24.0	0.017	0.0019	7.4517E-5
36.0	0.025	0.0027	1.0038E-4
48.0	0.033	0.0043	1.3310E-4
60.0	0.042	0.0059	1.5702E-4
72.0	0.050	0.0081	1.6363E-4
84.0	0.058	0.0099	1.6672E-4
96.0	0.066	0.0121	1.7669E-4
108.0	0.075	0.0141	1.7630E-4
120.0	0.083	0.0163	1.6571E-4
132.0	0.091	0.0181	1.6705E-4
144.0	0.100	0.0203	1.7015E-4
156.0	0.108	0.0222	1.6978E-4
168.0	0.116	0.0244	1.8777E-4
180.0	0.125	0.0262	1.6403E-4
192.0	0.133	0.0283	1.6036E-4
204.0	0.141	0.0300	1.6002E-4
216.0	0.150	0.0321	1.6310E-4
228.0	0.158	0.0340	1.6276E-4
240.0	0.166	0.0361	1.6915E-4
252.0	0.175	0.0380	1.6379E-4
264.0	0.183	0.0400	1.6181E-4
276.0	0.191	0.0419	1.5983E-4
288.0	0.199	0.0438	1.5289E-4
300.0	0.208	0.0456	1.5756E-4
312.0	0.216	0.0476	1.6224E-4
324.0	0.220	0.0495	1.5862E-4
336.0	0.233	0.0514	1.5833E-4
348.0	0.241	0.0533	1.6130E-4
360.0	0.249	0.0553	1.6428E-4
372.0	0.258	0.0572	1.6068E-4
384.0	0.266	0.0591	1.5711E-4
396.0	0.274	0.0610	1.5843E-4
408.0	0.283	0.0629	1.5977E-4
420.0	0.291	0.0648	1.6108E-4
432.0	0.299	0.0668	1.5916E-4
444.0	0.308	0.0686	1.5884E-4
456.0	0.316	0.0706	1.5694E-4
468.0	0.324	0.0724	1.5824E-4
480.0	0.332	0.0744	1.5313E-4
492.0	0.341	0.0761	1.4961E-4
504.0	0.349	0.0780	1.5578E-4
516.0	0.357	0.0798	1.5387E-4
528.0	0.366	0.0817	1.5200E-4
540.0	0.374	0.0835	1.5172E-4
552.0	0.382	0.0853	1.5304E-4
564.0	0.391	0.0871	1.5434E-4
576.0	0.399	0.0890	1.5407E-4
588.0	0.407	0.0908	1.5536E-4

Table 24 True creep strain and true creep strain rate under constant load (19.99MPa)(2/3).

600.0	0.416	0.0928	1.5192E-4
612.0	0.424	0.0945	1.4847E-4
624.0	0.432	0.0963	1.5294E-4
636.0	0.440	0.0981	1.5580E-4
648.0	0.449	0.1001	1.5552E-4
660.0	0.457	0.1019	1.5679E-4
672.0	0.465	0.1038	1.6275E-4
684.0	0.474	0.1058	1.6555E-4
696.0	0.482	0.1078	1.6212E-4
708.0	0.490	0.1097	1.6179E-4
720.0	0.499	0.1117	1.6304E-4
732.0	0.507	0.1136	1.6271E-4
744.0	0.515	0.1156	1.6549E-4
756.0	0.524	0.1176	1.7132E-4
768.0	0.532	0.1197	1.6637E-4
780.0	0.540	0.1216	1.6602E-4
792.0	0.549	0.1237	1.6724E-4
804.0	0.557	0.1256	1.6536E-4
816.0	0.565	0.1277	1.7725E-4
828.0	0.573	0.1298	1.7992E-4
840.0	0.582	0.1320	1.7801E-4
852.0	0.590	0.1341	1.7915E-4
864.0	0.598	0.1363	1.7575E-4
876.0	0.607	0.1383	1.7838E-4
888.0	0.615	0.1406	1.7953E-4
900.0	0.623	0.1426	1.8212E-4
912.0	0.632	0.1449	1.8175E-4
924.0	0.640	0.1470	1.8582E-4
936.0	0.648	0.1494	1.8693E-4
948.0	0.657	0.1515	1.8648E-4
960.0	0.665	0.1539	1.9055E-4
972.0	0.673	0.1560	1.9010E-4
984.0	0.681	0.1584	1.9412E-4
996.0	0.690	0.1607	1.9809E-4
1008.0	0.698	0.1632	1.9911E-4
1020.0	0.706	0.1655	2.0155E-4
1032.0	0.715	0.1680	2.0402E-4
1044.0	0.723	0.1704	2.0058E-4
1056.0	0.731	0.1728	2.0157E-4
1068.0	0.740	0.1752	2.0107E-4
1080.0	0.748	0.1777	2.2234E-4
1092.0	0.756	0.1805	2.3047E-4
1104.0	0.765	0.1832	2.1107E-4
1116.0	0.773	0.1856	2.0907E-4
1128.0	0.781	0.1882	2.1861E-4
1140.0	0.790	0.1909	2.2806E-4
1152.0	0.798	0.1937	2.3174E-4
1164.0	0.806	0.1964	2.4104E-4
1176.0	0.814	0.1995	2.5173E-4
1188.0	0.823	0.2025	2.6086E-4
1200.0	0.831	0.2057	2.7135E-4

Table 24 True creep strain and true creep strain rate under constant load (19.99MPa)(3/3).

1212.0	0.839	0.2090	2.7890E-4
1224.0	0.848	0.2124	2.8779E-4
1236.0	0.856	0.2159	2.8820E-4
1248.0	0.864	0.2193	2.8998E-4
1260.0	0.873	0.2228	2.9730E-4
1272.0	0.881	0.2265	3.0591E-4
1284.0	0.889	0.2302	3.1030E-4
1296.0	0.898	0.2339	3.1326E-4
1308.0	0.906	0.2377	3.2164E-4
1320.0	0.914	0.2416	3.4895E-4
1332.0	0.923	0.2461	3.8002E-4
1344.0	0.931	0.2508	4.7911E-4
1356.0	0.939	0.2576	5.6095E-4
1368.0	0.947	0.2642	5.8099E-4
1380.0	0.956	0.2715	6.5466E-4
1392.0	0.964	0.2799	9.9200E-4
1440.0	0.997	0.3310	1.0647E-3

Table 25 True creep strain and true creep strain rate under constant load (23.99MPa)(1/2).

950 degree C	23.99MPa	LOAD CONSTANT	tf=833.4h
Time(h)	t/tf	Creep Strain	Creep Strain Rate(1/h)
1.0	0.001	0.0004	4.0094E-4
2.0	0.002	0.0005	8.9081E-5
4.0	0.005	0.0007	1.0022E-4
6.0	0.007	0.0009	1.0018E-4
10.0	0.012	0.0013	1.0963E-4
20.0	0.024	0.0024	1.2668E-4
30.0	0.036	0.0038	1.8305E-4
40.0	0.048	0.0061	2.3253E-4
50.0	0.060	0.0085	2.4853E-4
60.0	0.072	0.0110	2.8773E-4
70.0	0.084	0.0138	2.7361E-4
80.0	0.096	0.0165	2.8597E-4
90.0	0.108	0.0195	2.8847E-4
100.0	0.120	0.0223	2.9412E-4
110.0	0.132	0.0254	2.9981E-4
120.0	0.144	0.0283	2.8268E-4
130.0	0.156	0.0311	2.9156E-4
140.0	0.168	0.0341	2.8109E-4
150.0	0.180	0.0367	2.7060E-4
160.0	0.192	0.0395	2.8272E-4
170.0	0.204	0.0423	2.6275E-4
180.0	0.216	0.0448	2.6839E-4
190.0	0.228	0.0477	2.7727E-4
200.0	0.240	0.0503	2.7646E-4
210.0	0.252	0.0532	2.7891E-4
220.0	0.264	0.0559	2.6864E-4
230.0	0.276	0.0586	2.8364E-4
240.0	0.288	0.0616	2.7661E-4
250.0	0.300	0.0641	2.7267E-4
260.0	0.312	0.0670	2.6886E-4
270.0	0.324	0.0695	2.6808E-4
280.0	0.336	0.0724	2.7361E-4
290.0	0.348	0.0750	2.5737E-4
300.0	0.360	0.0775	2.7829E-4
310.0	0.372	0.0806	2.6836E-4
320.0	0.384	0.0829	2.5529E-4
330.0	0.396	0.0857	2.7305E-4
340.0	0.408	0.0884	2.7229E-4
350.0	0.420	0.0911	2.6548E-4
360.0	0.432	0.0937	2.5261E-4
370.0	0.444	0.0962	2.6105E-4
380.0	0.456	0.0989	2.6342E-4
390.0	0.468	0.1014	2.6271E-4
400.0	0.480	0.1041	2.8007E-4
410.0	0.492	0.1070	2.7631E-4
420.0	0.504	0.1097	2.6954E-4
430.0	0.516	0.1124	2.6288E-4
440.0	0.528	0.1149	2.7404E-4
450.0	0.540	0.1179	2.7632E-4

Table 25 True creep strain and true creep strain rate under constant load (23.99MPa)(2/2).

460.0	0.552	0.1205	2.6663E-4
470.0	0.564	0.1232	2.8364E-4
480.0	0.576	0.1261	2.7992E-4
490.0	0.588	0.1288	2.9083E-4
500.0	0.600	0.1319	2.9588E-4
510.0	0.612	0.1348	2.9788E-4
520.0	0.624	0.1379	3.1446E-4
530.0	0.636	0.1410	3.1637E-4
540.0	0.648	0.1442	3.2693E-4
550.0	0.660	0.1476	3.2301E-4
560.0	0.672	0.1507	3.3339E-4
570.0	0.684	0.1542	3.4093E-4
580.0	0.696	0.1575	3.5394E-4
590.0	0.708	0.1613	3.8680E-4
600.0	0.720	0.1652	3.7404E-4
610.0	0.732	0.1688	3.8102E-4
620.0	0.744	0.1729	3.7968E-4
630.0	0.756	0.1764	3.9209E-4
640.0	0.768	0.1807	4.2406E-4
650.0	0.780	0.1849	4.2225E-4
660.0	0.792	0.1892	4.4529E-4
670.0	0.804	0.1938	4.4614E-4
680.0	0.816	0.1981	4.6864E-4
690.0	0.828	0.2032	4.9380E-4
700.0	0.840	0.2079	5.0481E-4
710.0	0.852	0.2133	5.4807E-4
720.0	0.864	0.2189	5.5587E-4
730.0	0.876	0.2244	5.8992E-4
740.0	0.888	0.2307	6.2367E-4
750.0	0.900	0.2368	6.5643E-4
760.0	0.912	0.2438	7.0968E-4
770.0	0.924	0.2510	7.4349E-4
780.0	0.936	0.2587	8.1500E-4
790.0	0.948	0.2673	9.1028E-4
800.0	0.960	0.2769	1.0706E-3
810.0	0.972	0.2888	1.2758E-3
820.0	0.984	0.3024	1.5653E-3
830.0	0.996	0.3201	1.7628E-3

Table 26 True creep strain and true creep strain rate under constant load (29.03MPa)(1/3).

950 degree C	29.03MPa	LOAD CONSTANT	tf=437.8h
Time(h)	t/tf	Creep Strain	Creep Strain Rate(1/h)
1.0	0.002	0.0004	4.0166E-4
2.0	0.005	0.0005	1.0038E-4
3.0	0.007	0.0006	1.0038E-4
4.0	0.009	0.0007	1.0036E-4
5.0	0.011	0.0008	6.6887E-5
6.0	0.014	0.0008	1.5049E-4
9.0	0.021	0.0014	2.6739E-4
12.0	0.027	0.0024	3.3398E-4
15.0	0.034	0.0034	3.6699E-4
18.0	0.041	0.0046	3.9991E-4
21.0	0.048	0.0058	3.8832E-4
24.0	0.055	0.0069	4.2106E-4
27.0	0.062	0.0083	4.7586E-4
30.0	0.069	0.0098	5.1934E-4
33.0	0.075	0.0115	5.4061E-4
36.0	0.082	0.0130	5.3971E-4
39.0	0.089	0.0147	5.4984E-4
42.0	0.096	0.0163	5.3797E-4
45.0	0.103	0.0179	5.2614E-4
48.0	0.110	0.0195	5.2531E-4
51.0	0.116	0.0211	5.4631E-4
54.0	0.123	0.0228	5.5635E-4
57.0	0.130	0.0244	5.4453E-4
60.0	0.137	0.0260	5.4364E-4
63.0	0.144	0.0277	5.4273E-4
66.0	0.151	0.0293	5.3104E-4
69.0	0.158	0.0309	5.1939E-4
72.0	0.164	0.0324	5.0777E-4
75.0	0.171	0.0339	5.2854E-4
78.0	0.178	0.0356	5.4927E-4
81.0	0.185	0.0372	6.6145E-4
82.0	0.187	0.0382	8.7014E-4
83.0	0.190	0.0389	7.0835E-4
84.0	0.192	0.0396	6.4317E-4
87.0	0.199	0.0415	5.1405E-4
90.0	0.206	0.0427	4.4903E-4
93.0	0.212	0.0442	4.9114E-4
96.0	0.219	0.0457	4.6913E-4
99.0	0.226	0.0470	4.4717E-4
102.0	0.233	0.0484	4.6781E-4
105.0	0.240	0.0498	4.9899E-4
108.0	0.247	0.0514	4.8767E-4
111.0	0.254	0.0528	4.6577E-4
114.0	0.260	0.0541	4.5458E-4
117.0	0.267	0.0555	4.6450E-4
120.0	0.274	0.0569	4.4281E-4
123.0	0.281	0.0581	4.1062E-4
126.0	0.288	0.0594	4.4163E-4
129.0	0.295	0.0608	4.8305E-4

Table 26 True creep strain and true creep strain rate under constant load (29.03MPa)(2/3).

132.0	0.302	0.0623	4.8236E-4
135.0	0.308	0.0637	4.5027E-4
138.0	0.315	0.0650	4.6009E-4
141.0	0.322	0.0664	4.9075E-4
144.0	0.329	0.0679	5.1088E-4
147.0	0.336	0.0695	5.1011E-4
150.0	0.343	0.0710	4.8857E-4
153.0	0.349	0.0724	5.0856E-4
156.0	0.356	0.0741	5.1818E-4
159.0	0.363	0.0755	4.9669E-4
162.0	0.370	0.0770	4.9593E-4
165.0	0.377	0.0785	4.9520E-4
168.0	0.384	0.0800	4.9446E-4
171.0	0.391	0.0815	4.6291E-4
174.0	0.397	0.0828	5.0326E-4
177.0	0.404	0.0845	5.5382E-4
180.0	0.411	0.0861	5.1198E-4
183.0	0.418	0.0876	4.9073E-4
186.0	0.425	0.0891	5.0021E-4
189.0	0.432	0.0906	5.0966E-4
192.0	0.439	0.0921	5.0888E-4
195.0	0.445	0.0936	5.6897E-4
198.0	0.452	0.0955	5.8835E-4
201.0	0.459	0.0972	5.2659E-4
204.0	0.466	0.0987	5.1563E-4
207.0	0.473	0.1003	5.3500E-4
210.0	0.480	0.1019	5.3418E-4
213.0	0.487	0.1035	5.3331E-4
216.0	0.493	0.1051	5.2244E-4
219.0	0.500	0.1066	5.6165E-4
222.0	0.507	0.1085	5.9079E-4
225.0	0.514	0.1101	5.5976E-4
228.0	0.521	0.1118	5.4885E-4
231.0	0.528	0.1134	5.5789E-4
234.0	0.534	0.1152	5.5699E-4
237.0	0.541	0.1168	5.2627E-4
240.0	0.548	0.1183	5.9470E-4
243.0	0.555	0.1203	6.5306E-4
246.0	0.562	0.1222	6.1231E-4
249.0	0.569	0.1240	5.9146E-4
252.0	0.576	0.1258	6.0025E-4
255.0	0.582	0.1276	6.1880E-4
258.0	0.589	0.1295	5.9809E-4
261.0	0.596	0.1312	5.9697E-4
264.0	0.603	0.1331	6.2522E-4
267.0	0.610	0.1350	6.5323E-4
270.0	0.617	0.1370	6.5201E-4
273.0	0.624	0.1389	6.1192E-4
276.0	0.630	0.1407	6.2044E-4
279.0	0.637	0.1426	6.3864E-4
282.0	0.644	0.1445	6.3742E-4

Table 26 True creep strain and true creep strain rate under constant load (29.03MPa)(3/3).

285.0	0.651	0.1464	6.4582E-4
288.0	0.658	0.1484	7.4060E-4
291.0	0.665	0.1509	6.8167E-4
294.0	0.672	0.1525	6.2263E-4
297.0	0.678	0.1546	6.8844E-4
300.0	0.685	0.1566	6.9649E-4
303.0	0.692	0.1588	6.9510E-4
306.0	0.699	0.1608	6.9361E-4
309.0	0.706	0.1629	7.2060E-4
312.0	0.713	0.1651	7.2849E-4
315.0	0.720	0.1673	7.3634E-4
318.0	0.726	0.1695	7.5350E-4
321.0	0.733	0.1718	7.6124E-4
324.0	0.740	0.1741	7.4077E-4
327.0	0.747	0.1763	7.5776E-4
330.0	0.754	0.1786	7.8404E-4
333.0	0.761	0.1810	8.0079E-4
336.0	0.767	0.1834	8.0819E-4
339.0	0.774	0.1858	8.0621E-4
342.0	0.781	0.1883	8.4116E-4
345.0	0.788	0.1909	8.4832E-4
348.0	0.795	0.1934	8.4614E-4
351.0	0.802	0.1960	8.7147E-4
354.0	0.809	0.1986	8.8747E-4
357.0	0.815	0.2013	9.0335E-4
360.0	0.822	0.2040	9.2816E-4
363.0	0.829	0.2068	9.8895E-4
366.0	0.836	0.2099	1.0403E-3
369.0	0.843	0.2131	1.0191E-3
372.0	0.850	0.2161	1.0249E-3
375.0	0.857	0.2192	1.0755E-3
378.0	0.863	0.2225	1.0988E-3
381.0	0.870	0.2258	1.1484E-3
384.0	0.877	0.2294	1.1888E-3
387.0	0.884	0.2330	1.2375E-3
390.0	0.891	0.2368	1.2682E-3
393.0	0.898	0.2406	1.2808E-3
396.0	0.905	0.2445	1.3456E-3
399.0	0.911	0.2486	1.4097E-3
402.0	0.918	0.2530	1.4729E-3
405.0	0.925	0.2575	1.5525E-3
408.0	0.932	0.2623	1.6395E-3
411.0	0.939	0.2673	1.7422E-3
414.0	0.946	0.2727	1.8518E-3
417.0	0.952	0.2784	1.9678E-3
420.0	0.959	0.2845	2.1403E-3
423.0	0.966	0.2913	2.3758E-3
426.0	0.973	0.2988	2.6968E-3
429.0	0.980	0.3075	3.1647E-3
432.0	0.987	0.3178	3.9971E-3
435.0	0.994	0.3314	5.5267E-3
437.0	0.998	0.3454	6.9928E-3

Table 27 True creep strain and true creep strain rate under constant load (34.02MPa)(1/4).

950 degree C 34.02MPa		LOAD CONSTANT tf=161.0h	
Time(h)	t/tf	Creep Strain	Creep Strain Rate(1/h)
1.0	0.006	0.0016	1.6240E-3
2.0	0.012	0.0026	1.0391E-3
3.0	0.019	0.0037	1.1418E-3
4.0	0.025	0.0049	1.2648E-3
5.0	0.031	0.0062	1.3253E-3
6.0	0.037	0.0076	1.3855E-3
7.0	0.043	0.0090	1.4249E-3
8.0	0.050	0.0104	1.4847E-3
9.0	0.056	0.0120	1.5237E-3
10.0	0.062	0.0135	1.5008E-3
11.0	0.068	0.0150	1.4986E-3
12.0	0.075	0.0165	1.4963E-3
13.0	0.081	0.0180	1.5350E-3
14.0	0.087	0.0195	1.5531E-3
15.0	0.093	0.0211	1.5303E-3
16.0	0.099	0.0226	1.5482E-3
17.0	0.106	0.0242	1.6272E-3
18.0	0.112	0.0258	1.5840E-3
19.0	0.118	0.0273	1.5409E-3
20.0	0.124	0.0289	1.5790E-3
21.0	0.130	0.0305	1.5967E-3
22.0	0.137	0.0321	1.5942E-3
23.0	0.143	0.0337	1.5514E-3
24.0	0.149	0.0352	1.5690E-3
25.0	0.155	0.0368	1.6068E-3
26.0	0.161	0.0384	1.6042E-3
27.0	0.168	0.0400	1.5817E-3
28.0	0.174	0.0416	1.5392E-3
29.0	0.180	0.0431	1.5766E-3
30.0	0.186	0.0447	1.6141E-3
31.0	0.193	0.0463	1.5915E-3
32.0	0.199	0.0479	1.6287E-3
33.0	0.205	0.0496	1.6458E-3
34.0	0.211	0.0512	1.6036E-3
35.0	0.217	0.0528	1.5813E-3
36.0	0.224	0.0544	1.5591E-3
37.0	0.230	0.0559	1.5763E-3
38.0	0.236	0.0575	1.5739E-3
39.0	0.242	0.0591	1.5321E-3
40.0	0.248	0.0606	1.5690E-3
41.0	0.255	0.0622	1.5666E-3
42.0	0.261	0.0637	1.5445E-3
43.0	0.267	0.0653	1.5421E-3
44.0	0.273	0.0668	1.5203E-3
45.0	0.280	0.0683	1.5179E-3
46.0	0.286	0.0699	1.5351E-3
47.0	0.292	0.0714	1.5134E-3
48.0	0.298	0.0729	1.5111E-3
49.0	0.304	0.0744	1.5475E-3

Table 27 True creep strain and true creep strain rate under constant load (34.02MPa) (2/4).

50.0	0.311	0.0760	1.5258E-3
51.0	0.317	0.0775	1.5234E-3
52.0	0.323	0.0790	1.5211E-3
53.0	0.329	0.0805	1.5188E-3
54.0	0.335	0.0821	1.5166E-3
55.0	0.342	0.0836	1.5142E-3
56.0	0.348	0.0851	1.5501E-3
57.0	0.354	0.0867	1.5478E-3
58.0	0.360	0.0882	1.5263E-3
59.0	0.366	0.0897	1.5240E-3
60.0	0.373	0.0912	1.5217E-3
61.0	0.379	0.0927	1.5004E-3
62.0	0.385	0.0942	3.7463E-3
63.0	0.391	0.1002	1.5148E-3
64.0	0.398	0.0973	-7.3568E-4
65.0	0.404	0.0988	1.4914E-3
66.0	0.410	0.1002	1.5080E-3
67.0	0.416	0.1018	1.5246E-3
68.0	0.422	0.1033	1.5034E-3
69.0	0.429	0.1048	1.5012E-3
70.0	0.435	0.1063	1.5176E-3
71.0	0.441	0.1078	1.5340E-3
72.0	0.447	0.1094	1.5317E-3
73.0	0.453	0.1109	1.5479E-3
74.0	0.460	0.1125	1.5642E-3
75.0	0.466	0.1140	1.5803E-3
76.0	0.472	0.1156	1.5964E-3
77.0	0.478	0.1172	1.5939E-3
78.0	0.484	0.1188	1.5913E-3
79.0	0.491	0.1204	1.6072E-3
80.0	0.497	0.1220	1.6047E-3
81.0	0.503	0.1236	1.6021E-3
82.0	0.509	0.1252	1.6179E-3
83.0	0.516	0.1268	1.6152E-3
84.0	0.522	0.1285	1.6127E-3
85.0	0.528	0.1301	1.5918E-3
86.0	0.534	0.1316	1.5892E-3
87.0	0.540	0.1332	1.6232E-3
88.0	0.547	0.1349	1.6388E-3
89.0	0.553	0.1365	1.6361E-3
90.0	0.559	0.1382	1.6334E-3
91.0	0.565	0.1398	1.6488E-3
92.0	0.571	0.1415	1.6462E-3
93.0	0.578	0.1431	1.6614E-3
94.0	0.584	0.1448	1.6767E-3
95.0	0.590	0.1464	1.6559E-3
96.0	0.596	0.1481	1.6891E-3
97.0	0.602	0.1498	1.7221E-3
98.0	0.609	0.1515	1.7370E-3
99.0	0.615	0.1533	1.7698E-3
100.0	0.621	0.1551	1.7666E-3

Table 27 True creep strain and true creep strain rate under constant load (34.02MPa)(3/4).

101.0	0.627	0.1568	1.7812E-3
102.0	0.634	0.1586	1.8137E-3
103.0	0.640	0.1604	1.8281E-3
104.0	0.646	0.1623	1.8425E-3
105.0	0.652	0.1641	1.8567E-3
106.0	0.658	0.1660	1.8710E-3
107.0	0.665	0.1679	1.8874E-3
108.0	0.671	0.1697	1.8815E-3
109.0	0.677	0.1716	1.8956E-3
110.0	0.683	0.1735	1.9094E-3
111.0	0.689	0.1755	1.9407E-3
112.0	0.696	0.1774	1.9718E-3
113.0	0.702	0.1794	1.9854E-3
114.0	0.708	0.1814	1.9988E-3
115.0	0.714	0.1834	2.0295E-3
116.0	0.720	0.1854	3.1126E-3
117.0	0.727	0.1896	3.1407E-3
118.0	0.733	0.1917	2.1158E-3
119.0	0.739	0.1939	9.2810E-4
120.0	0.745	0.1936	9.9463E-4
121.0	0.752	0.1958	2.2271E-3
122.0	0.758	0.1980	2.2392E-3
123.0	0.764	0.2003	2.3194E-3
124.0	0.770	0.2027	2.3651E-3
125.0	0.776	0.2051	2.3933E-3
126.0	0.783	0.2075	2.4046E-3
127.0	0.789	0.2099	2.4494E-3
128.0	0.795	0.2124	2.4771E-3
129.0	0.801	0.2148	2.4877E-3
130.0	0.807	0.2173	2.5319E-3
131.0	0.814	0.2199	2.5422E-3
132.0	0.820	0.2224	2.6022E-3
133.0	0.826	0.2251	2.6787E-3
134.0	0.832	0.2278	2.7047E-3
135.0	0.839	0.2305	2.7634E-3
136.0	0.845	0.2333	2.8382E-3
137.0	0.851	0.2362	2.9123E-3
138.0	0.857	0.2391	2.9694E-3
139.0	0.863	0.2421	2.9444E-3
140.0	0.870	0.2450	3.0657E-3
141.0	0.876	0.2482	3.2675E-3
142.0	0.882	0.2516	3.3055E-3
143.0	0.888	0.2549	3.4073E-3
144.0	0.894	0.2584	3.5564E-3
145.0	0.901	0.2620	3.6558E-3
146.0	0.907	0.2657	3.7701E-3
147.0	0.913	0.2695	3.9306E-3
148.0	0.919	0.2735	4.1208E-3
149.0	0.925	0.2777	4.3087E-3
150.0	0.932	0.2822	4.4315E-3
151.0	0.938	0.2866	4.6457E-3

Table 27 True creep strain and true creep strain rate under constant load (34.02MPa)(4/4).

152.0	0.944	0.2914	4.9660E-3
153.0	0.950	0.2965	5.2350E-3
154.0	0.957	0.3019	5.6069E-3
155.0	0.963	0.3078	6.0644E-3
156.0	0.969	0.3140	6.6494E-3
157.0	0.975	0.3211	7.4785E-3
158.0	0.981	0.3290	8.6909E-3
159.0	0.988	0.3384	1.0814E-2
160.0	0.994	0.3506	1.8060E-2
161.0	1.000	0.3746	2.3925E-2

Table 28 True creep strain and true creep strain rate under constant load (40.02MPa)(1/2).

950 degree C 40.02MPa		LOAD CONSTANT tf=82.7h	
Time(h)	t/tf	Creep Strain	Creep Strain Rate(1/h)
1.0	0.012	0.0025	2.5402E-3
2.0	0.024	0.0050	2.5971E-3
3.0	0.036	0.0077	2.8556E-3
4.0	0.048	0.0107	2.9800E-3
5.0	0.060	0.0137	3.0041E-3
6.0	0.073	0.0167	3.0607E-3
7.0	0.085	0.0198	3.0842E-3
8.0	0.097	0.0229	3.0422E-3
9.0	0.109	0.0259	3.0653E-3
10.0	0.121	0.0290	2.9913E-3
11.0	0.133	0.0319	3.0466E-3
12.0	0.145	0.0351	3.1024E-3
13.0	0.157	0.0381	2.9960E-3
14.0	0.169	0.0411	2.9872E-3
15.0	0.181	0.0441	2.9782E-3
16.0	0.193	0.0471	3.0013E-3
17.0	0.206	0.0501	2.9923E-3
18.0	0.218	0.0531	3.0150E-3
19.0	0.230	0.0561	2.8167E-3
20.0	0.242	0.0587	2.9970E-3
21.0	0.254	0.0621	3.1775E-3
22.0	0.266	0.0650	3.0103E-3
23.0	0.278	0.0681	2.9703E-3
24.0	0.290	0.0710	2.9302E-3
25.0	0.302	0.0740	3.0148E-3
26.0	0.314	0.0770	2.8822E-3
27.0	0.326	0.0797	2.9659E-3
28.0	0.339	0.0829	3.1422E-3
29.0	0.351	0.0860	3.0709E-3
30.0	0.363	0.0891	3.0920E-3
31.0	0.375	0.0922	3.1434E-3
32.0	0.387	0.0954	3.1640E-3
33.0	0.399	0.0985	3.1842E-3
34.0	0.411	0.1017	3.2646E-3
35.0	0.423	0.1051	3.3443E-3
36.0	0.435	0.1084	3.2435E-3
37.0	0.447	0.1115	3.2027E-3
38.0	0.459	0.1148	3.2820E-3
39.0	0.472	0.1181	3.2713E-3
40.0	0.484	0.1214	3.2902E-3
41.0	0.496	0.1247	3.3384E-3
42.0	0.508	0.1281	3.3567E-3
43.0	0.520	0.1314	3.4624E-3
44.0	0.532	0.1350	3.5384E-3
45.0	0.544	0.1385	3.5258E-3
46.0	0.556	0.1420	3.6003E-3
47.0	0.568	0.1457	3.6164E-3
48.0	0.580	0.1493	3.6607E-3
49.0	0.593	0.1530	3.7621E-3

Table 28 True creep strain and true creep strain rate under constant load (40.02MPa)(2/2).

50.0	0.605	0.1568	3.8051E-3
51.0	0.617	0.1608	3.8760E-3
52.0	0.629	0.1645	4.0026E-3
53.0	0.641	0.1686	4.0996E-3
54.0	0.653	0.1727	4.1952E-3
55.0	0.665	0.1770	4.3177E-3
56.0	0.677	0.1814	4.4383E-3
57.0	0.689	0.1859	4.5573E-3
58.0	0.701	0.1905	4.6471E-3
59.0	0.713	0.1952	4.7629E-3
60.0	0.726	0.2000	4.9043E-3
61.0	0.738	0.2050	5.0164E-3
62.0	0.750	0.2100	5.1535E-3
63.0	0.762	0.2153	5.3424E-3
64.0	0.774	0.2207	5.5282E-3
65.0	0.786	0.2264	5.7373E-3
66.0	0.798	0.2322	5.8899E-3
67.0	0.810	0.2381	6.1179E-3
68.0	0.822	0.2444	6.3946E-3
69.0	0.834	0.2509	6.5874E-3
70.0	0.846	0.2576	6.8535E-3
71.0	0.859	0.2646	6.8336E-3
72.0	0.871	0.2713	7.2674E-3
73.0	0.883	0.2792	8.1492E-3
74.0	0.895	0.2876	8.7081E-3
75.0	0.907	0.2966	9.3014E-3
76.0	0.919	0.3062	9.9755E-3
77.0	0.931	0.3165	1.0846E-2
78.0	0.943	0.3279	1.2023E-2
79.0	0.955	0.3406	1.3652E-2
80.0	0.967	0.3552	1.6186E-2
81.0	0.979	0.3729	2.1177E-2
82.0	0.992	0.3975	2.4588E-2

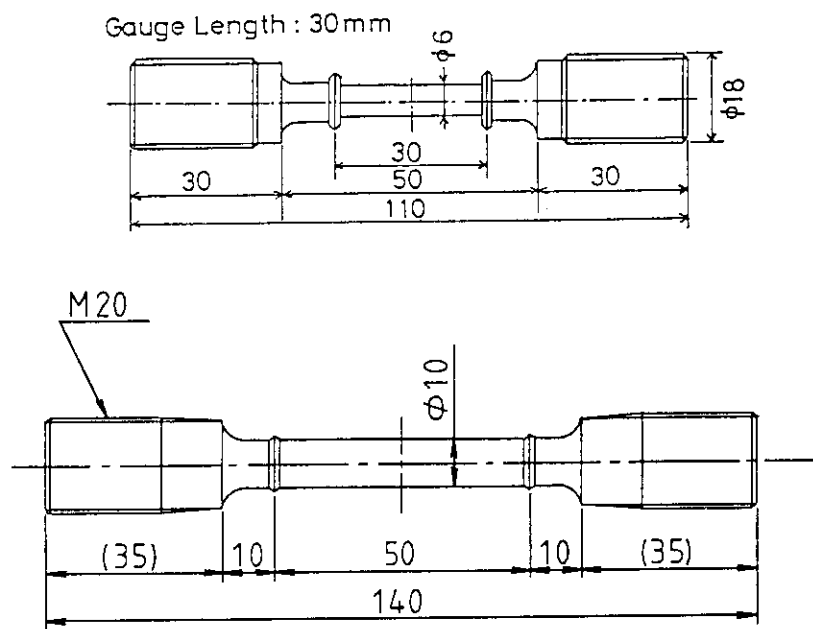


Fig. 1 Geometry of specimen (mm).

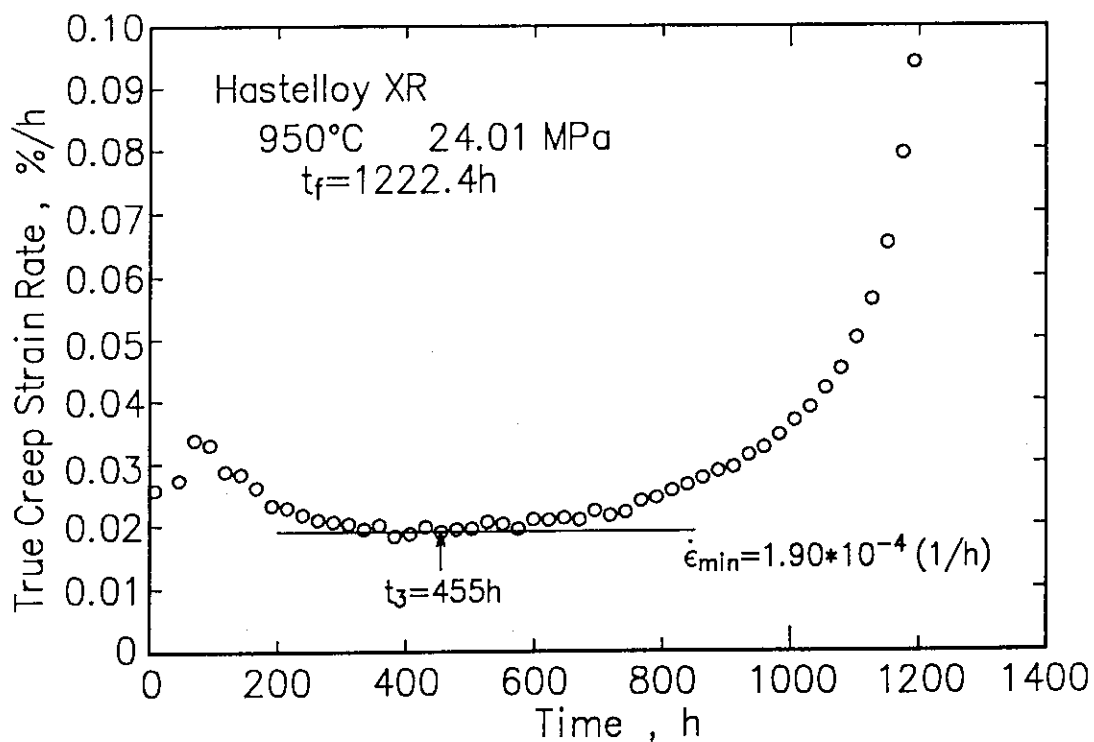


Fig. 2 Relationship between true creep strain rate and time (24.01MPa).

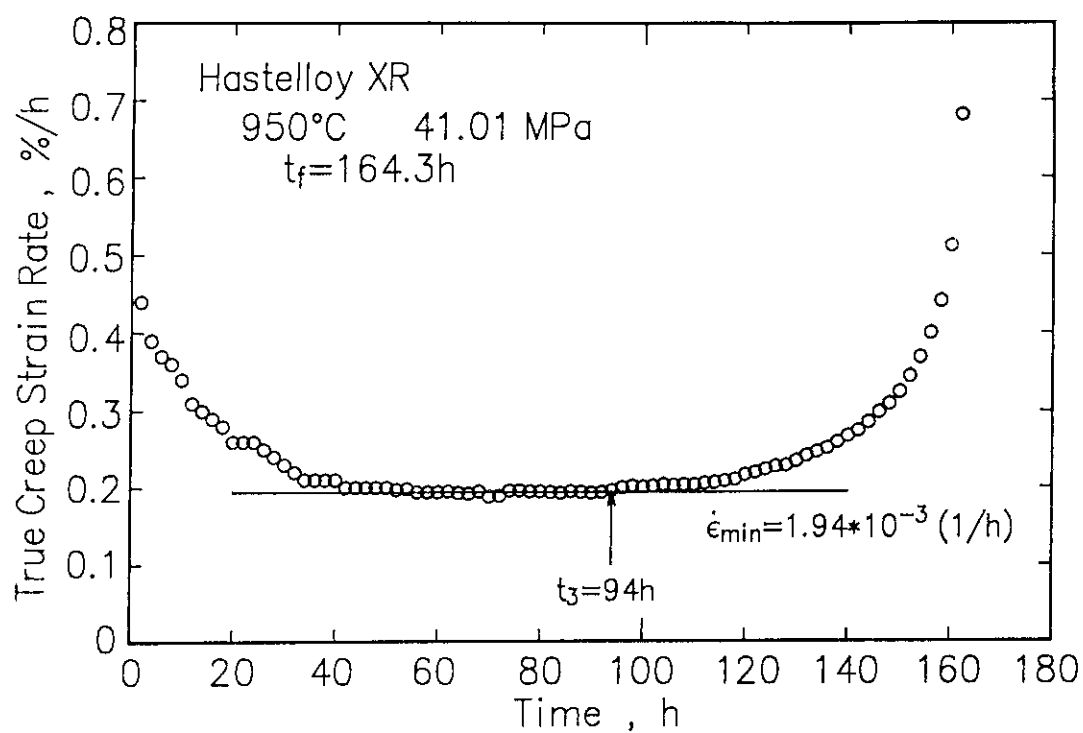


Fig. 3 Relationship between true creep strain rate and time (41.01MPa).

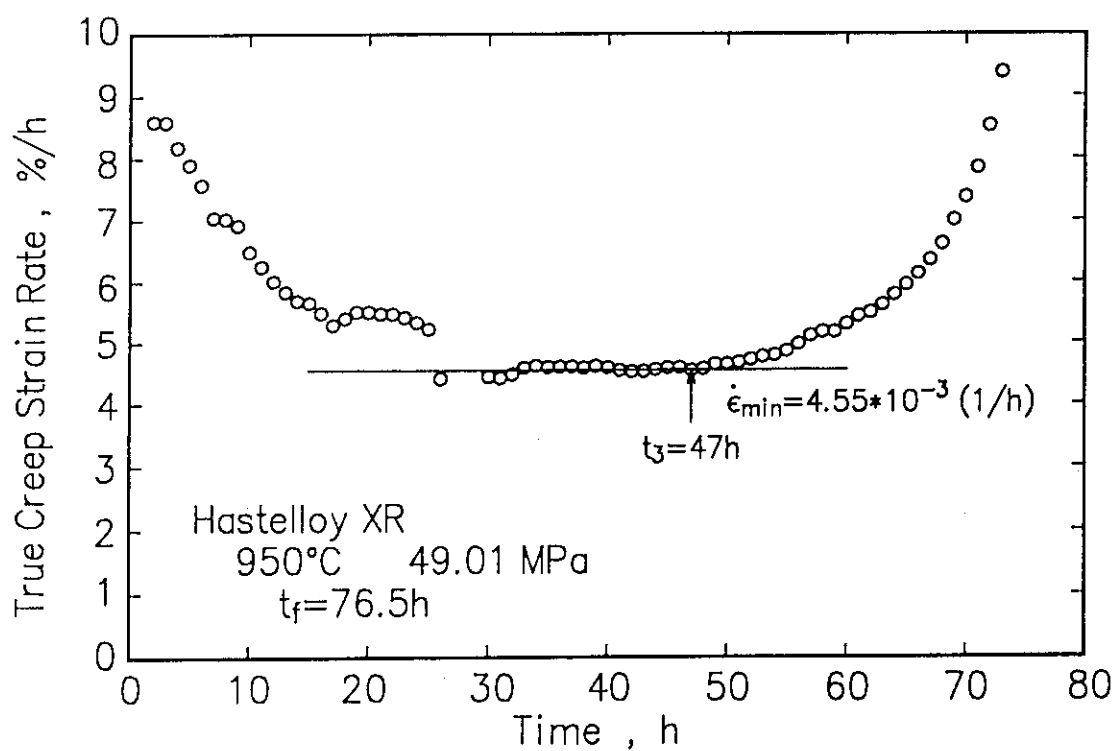


Fig. 4 Relationship between true creep strain rate and time (49.01MPa).

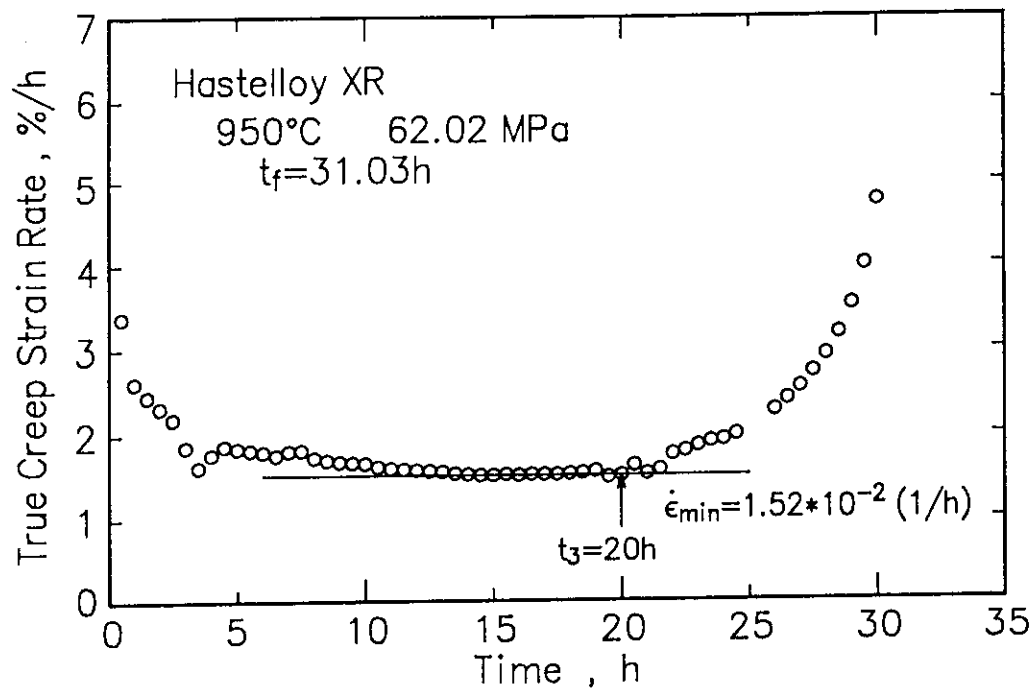


Fig. 5 Relationship between true creep strain rate and time (62.02MPa).

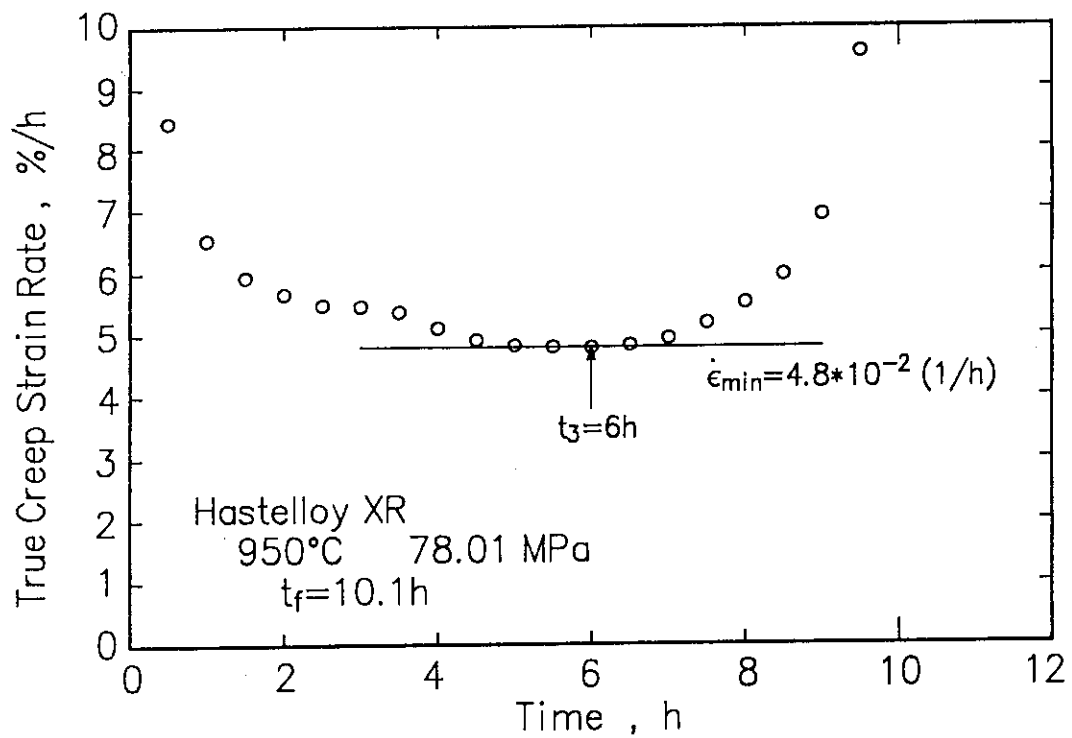


Fig. 6 Relationship between true creep strain rate and time (78.01MPa).

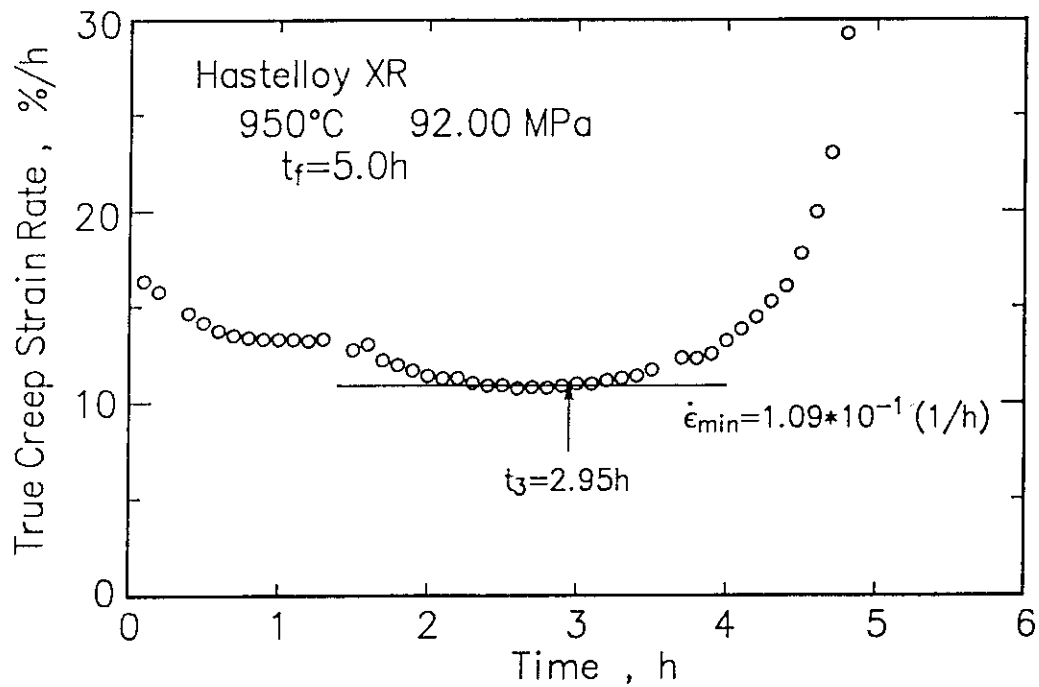


Fig. 7 Relationship between true creep strain rate and time (92.00MPa).

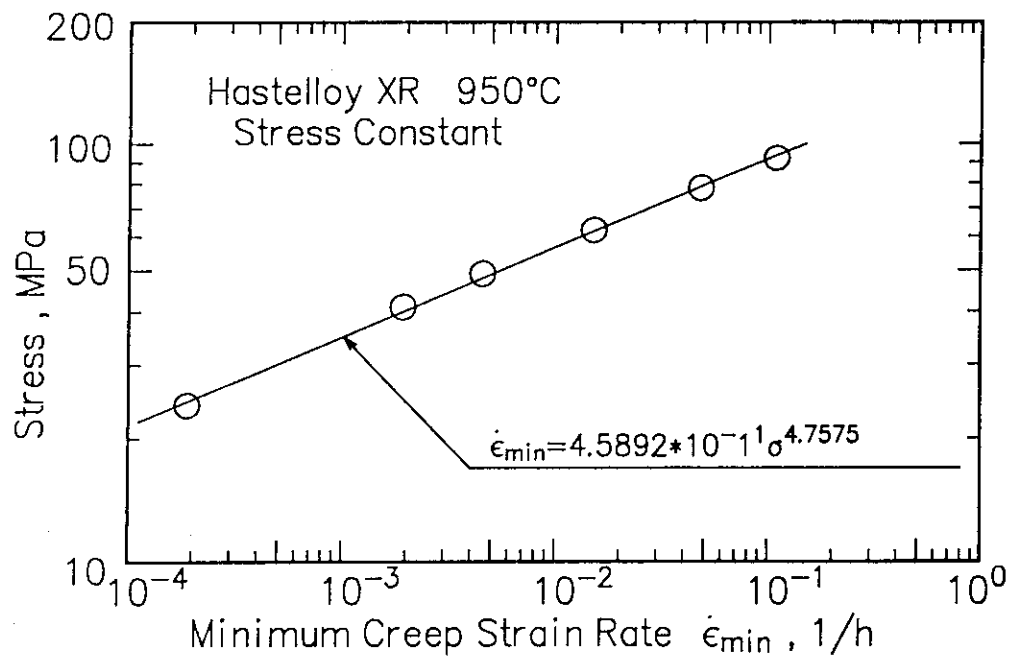


Fig. 8 Relationship between minimum creep strain rate and stress.

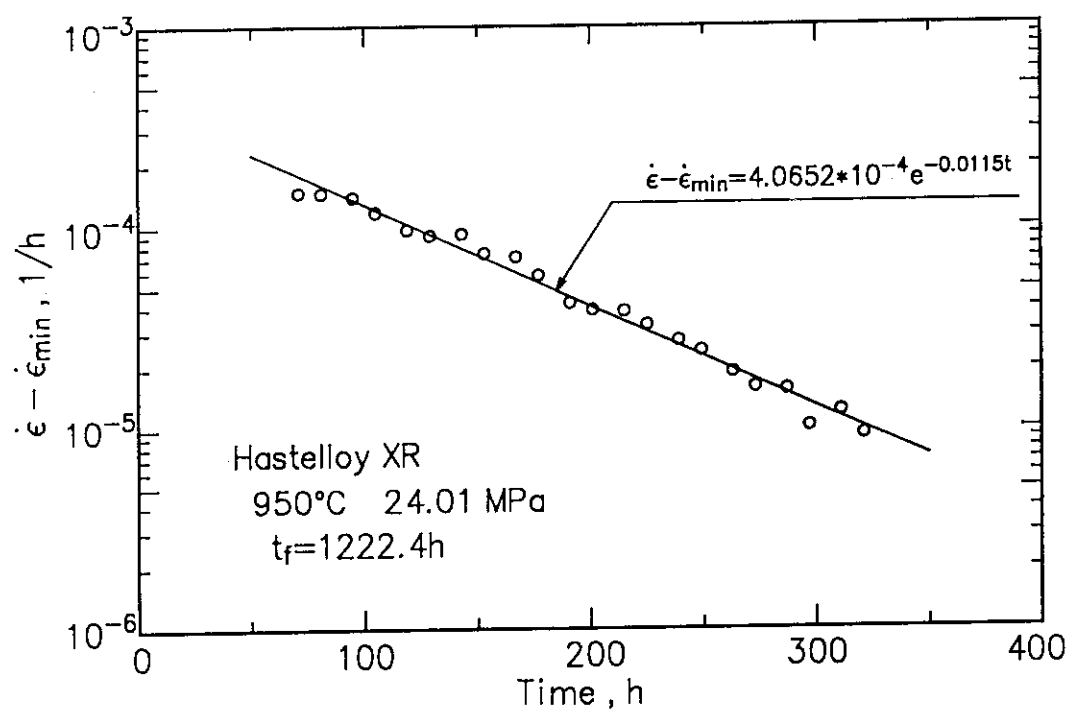


Fig. 9 Relationship between primary creep strain rate and time (24.01MPa).

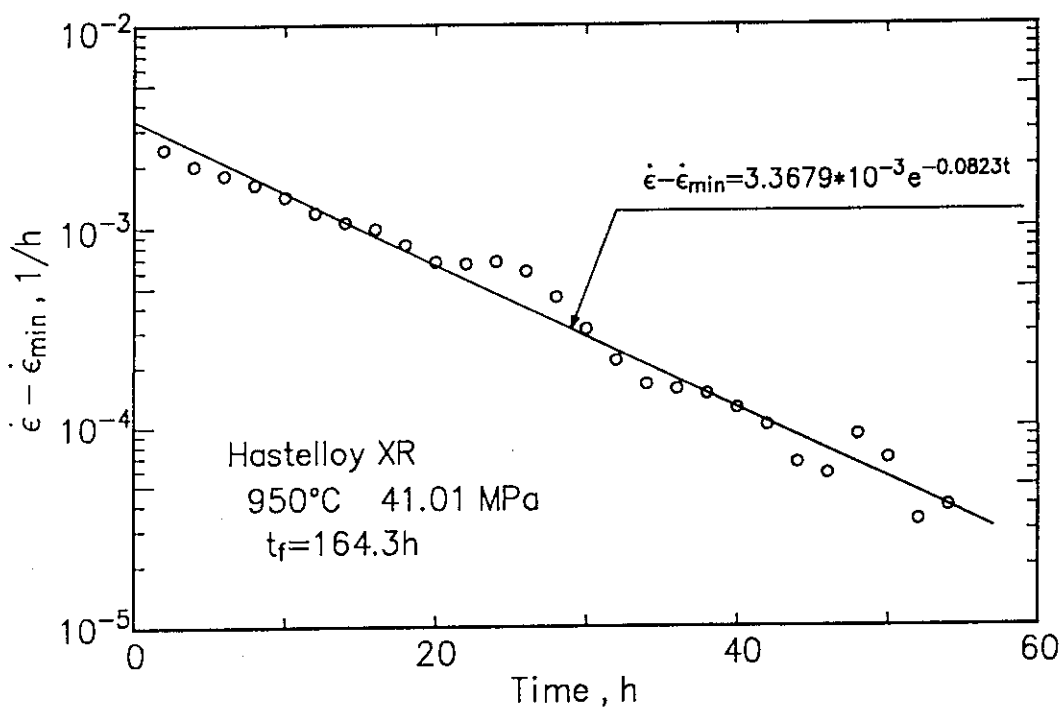


Fig. 10 Relationship between primary creep strain rate and time (41.01MPa).

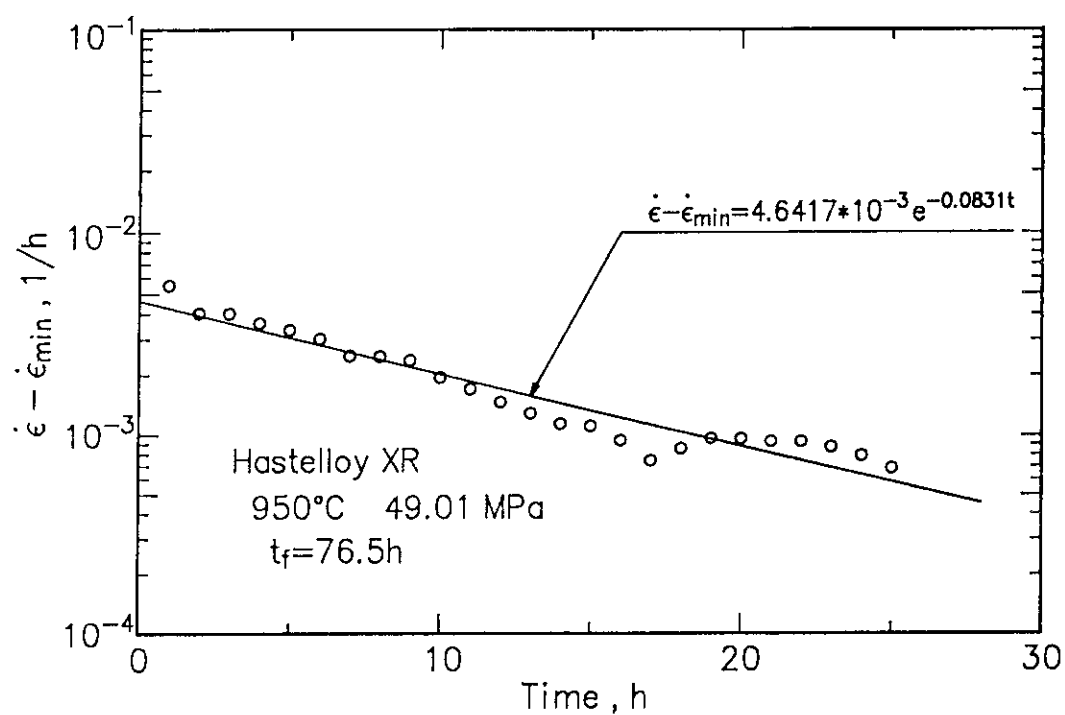


Fig. 11 Relationship between primary creep strain rate and time (49.01MPa).

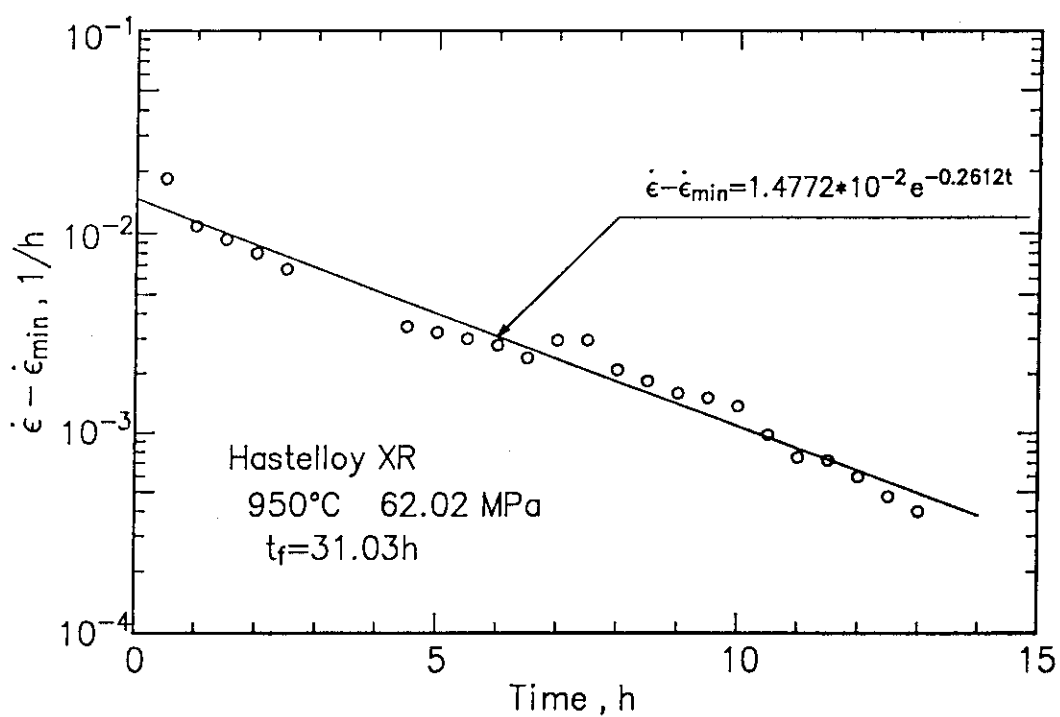


Fig. 12 Relationship between primary creep strain rate and time (62.02MPa).

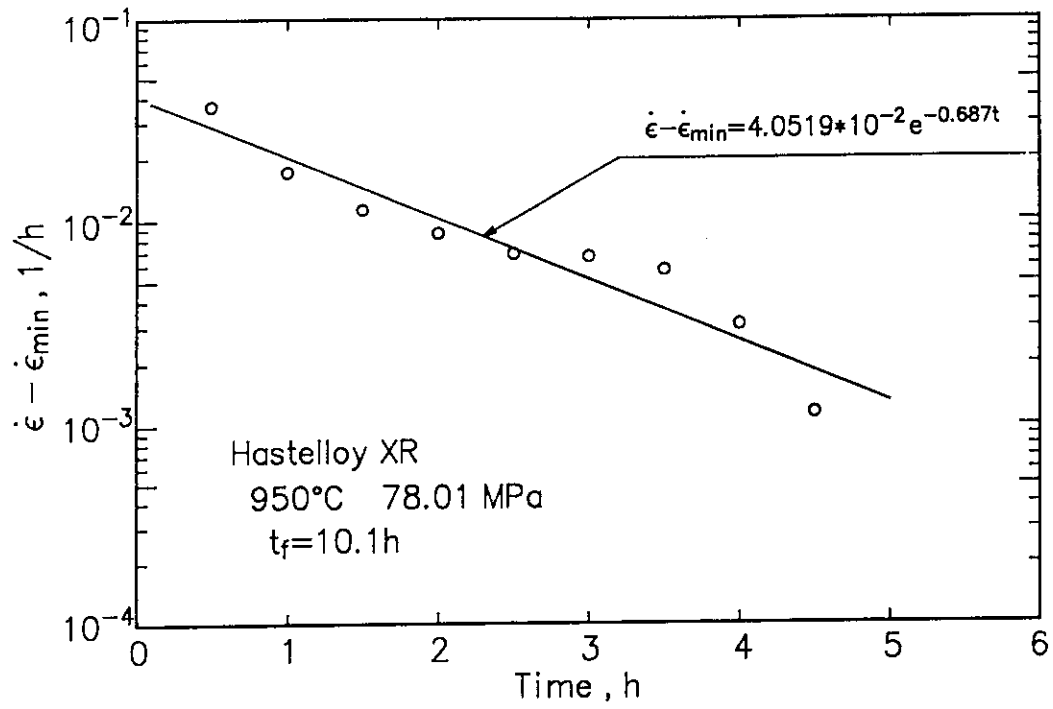


Fig. 13 Relationship between primary creep strain rate and time (78.01MPa).

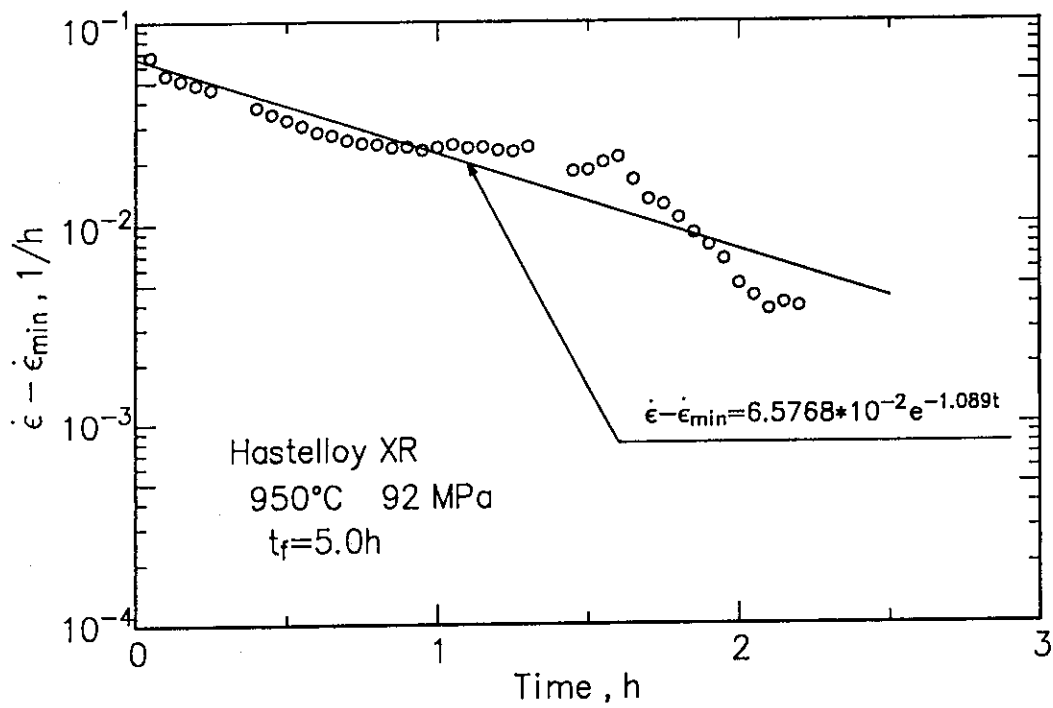


Fig. 14 Relationship between primary creep strain rate and time (92.00MPa).

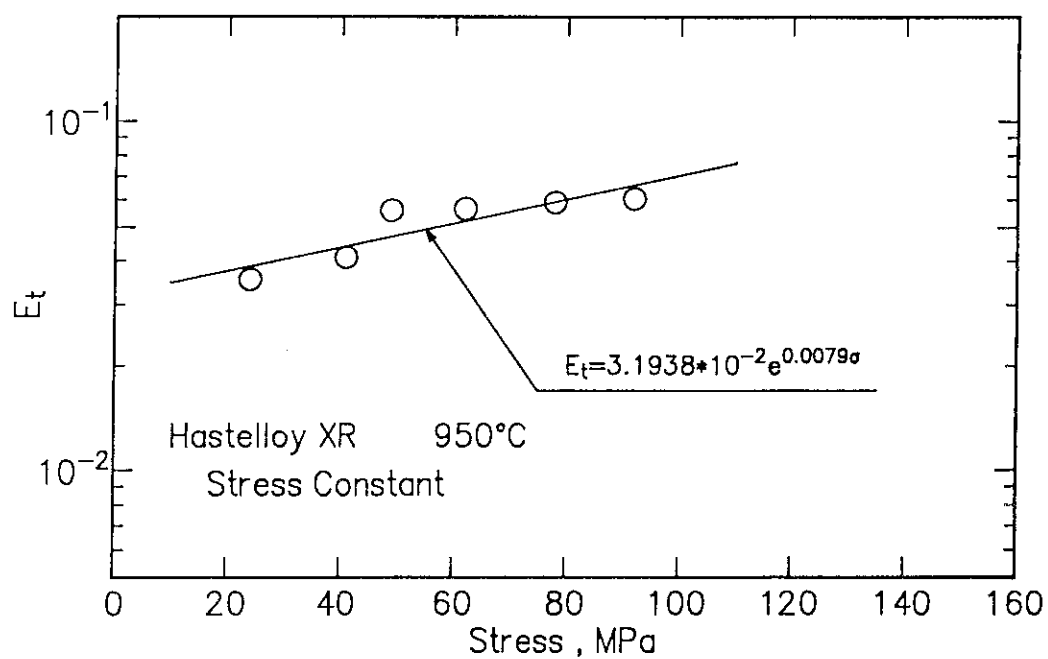


Fig. 15 Relationship between primary creep parameter ϵ_t and stress.

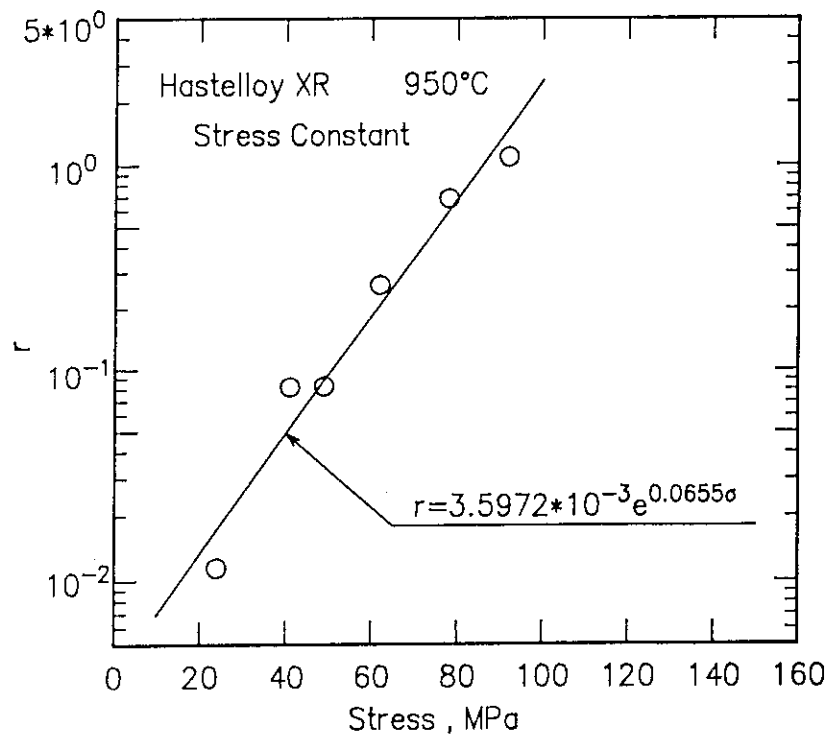


Fig. 16 Relationship between primary creep parameter r and stress.

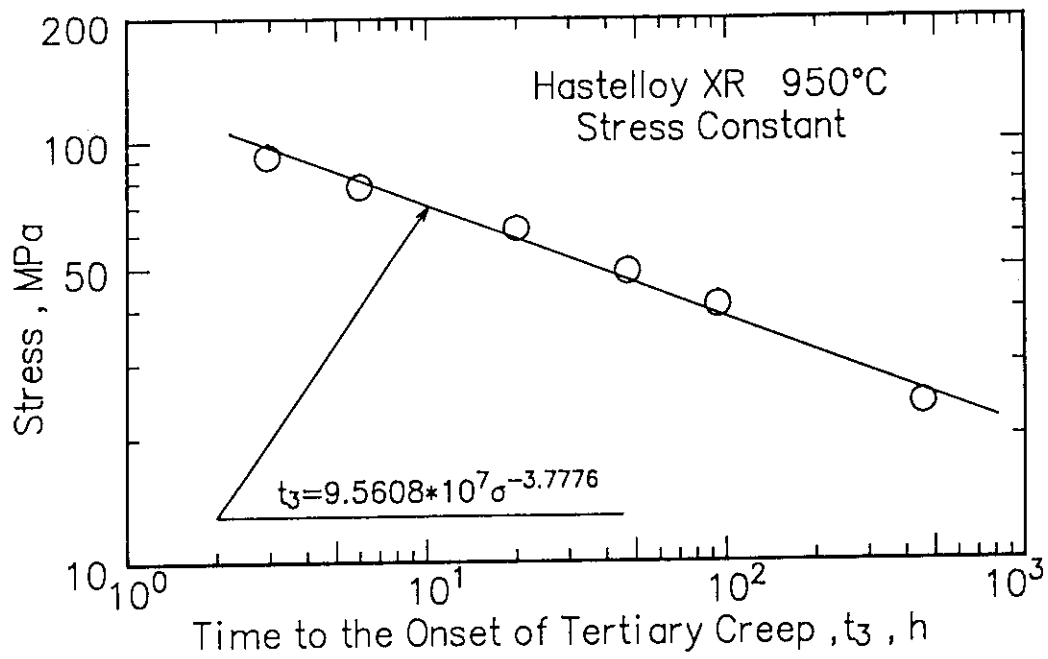


Fig. 17 Relationship between time to the onset of tertiary creep and stress.

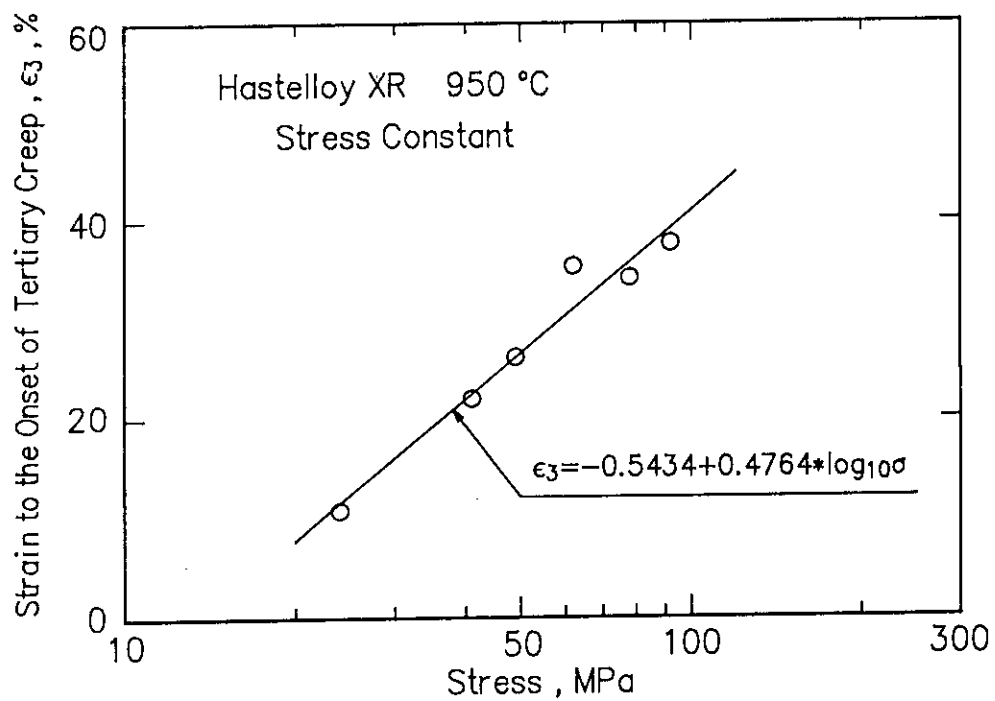


Fig. 18 Relationship between strain to the onset of tertiary creep and stress.

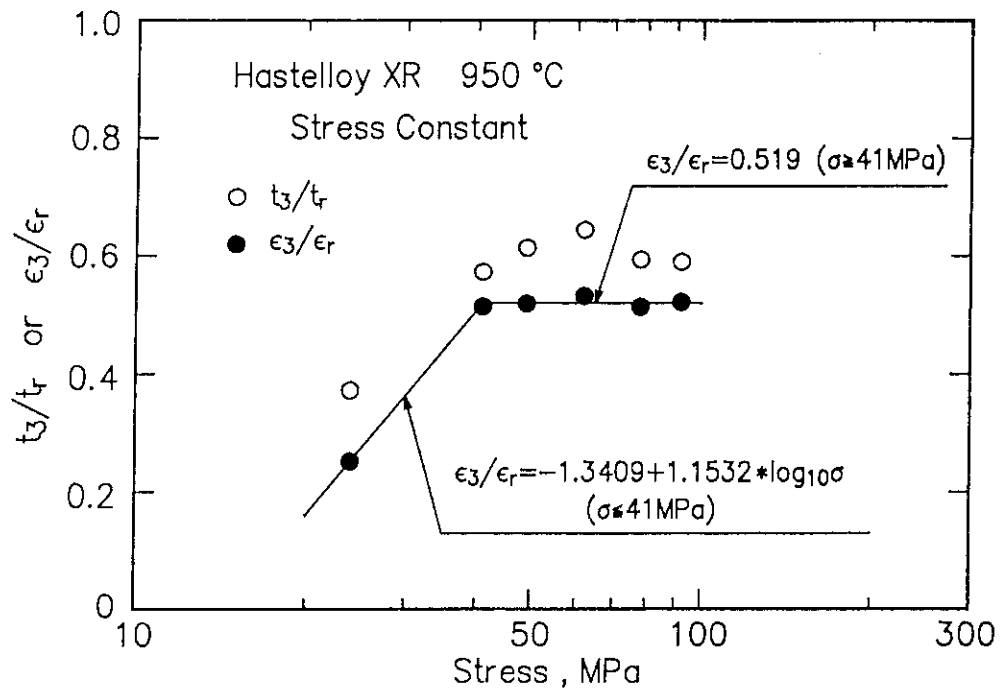
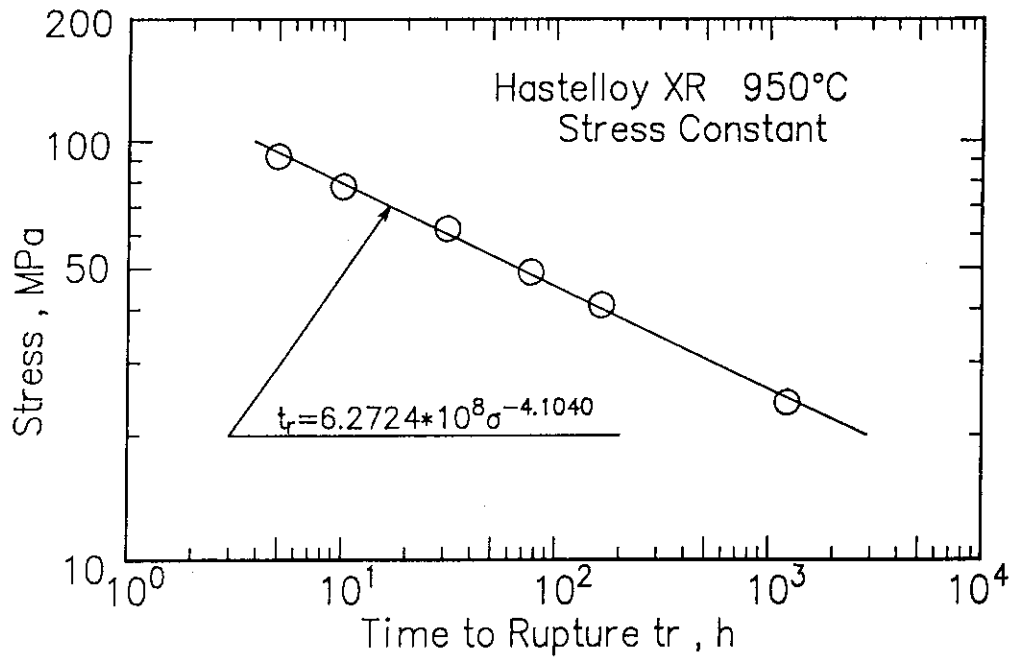
Fig. 19 Relationship between t_3/t_r and stress.

Fig. 20 Relationship between time to rupture and stress.

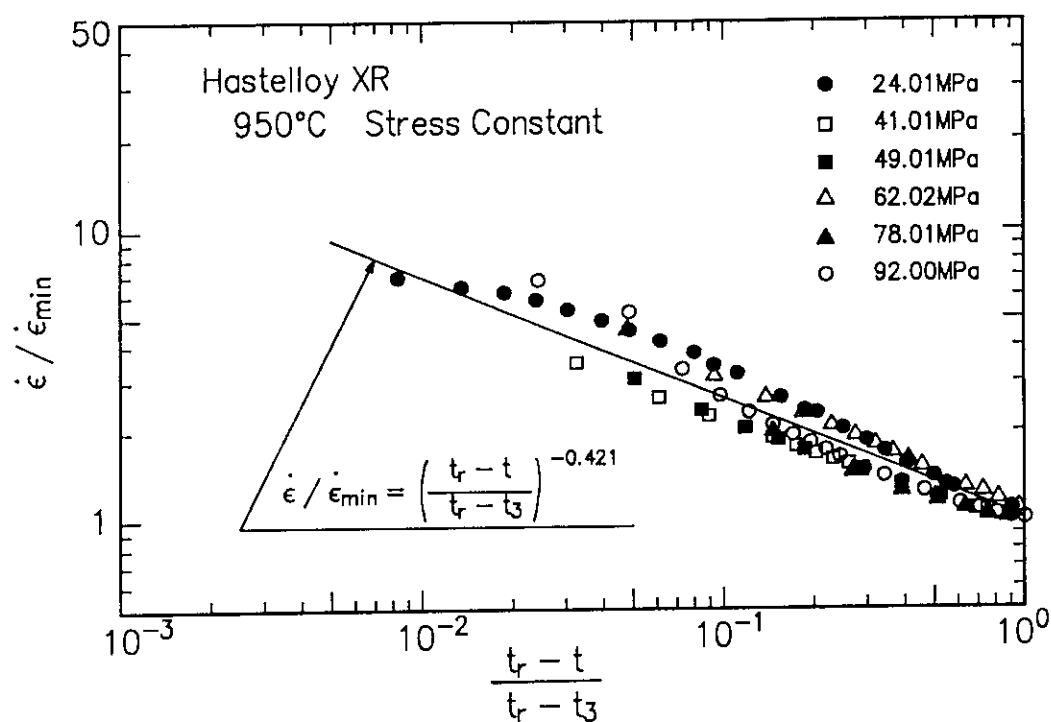


Fig. 21 Relationship between $\dot{\epsilon} / \dot{\epsilon}_{\min}$ and $(t_r - t) / (t_r - t_3)$.

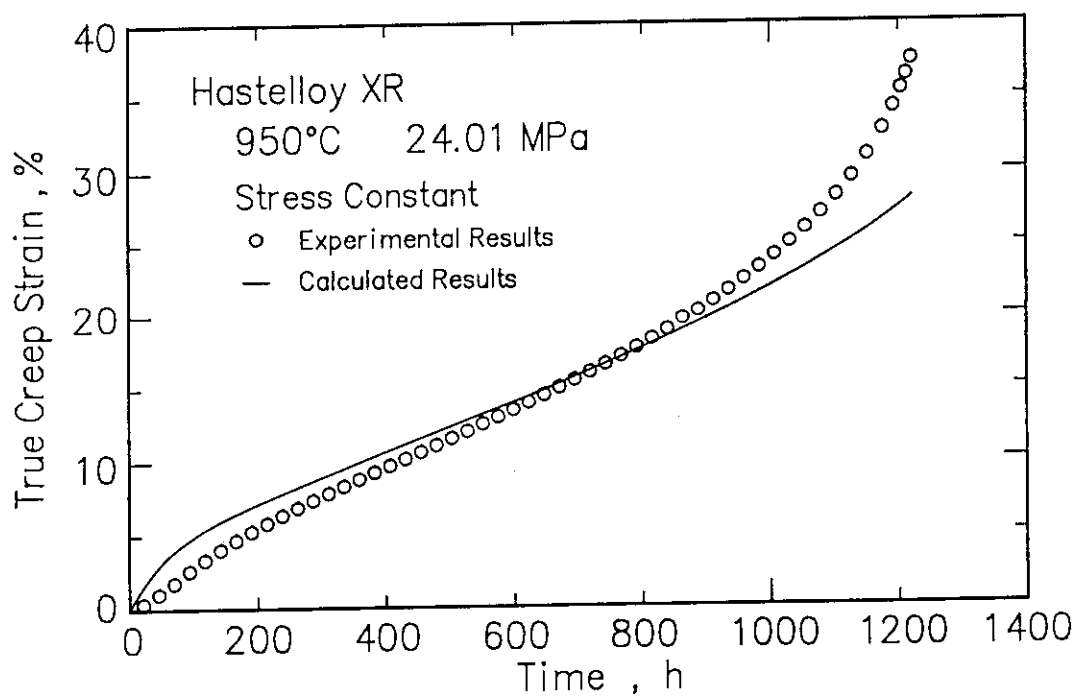


Fig. 22 Creep curve under constant stress (24.01MPa).

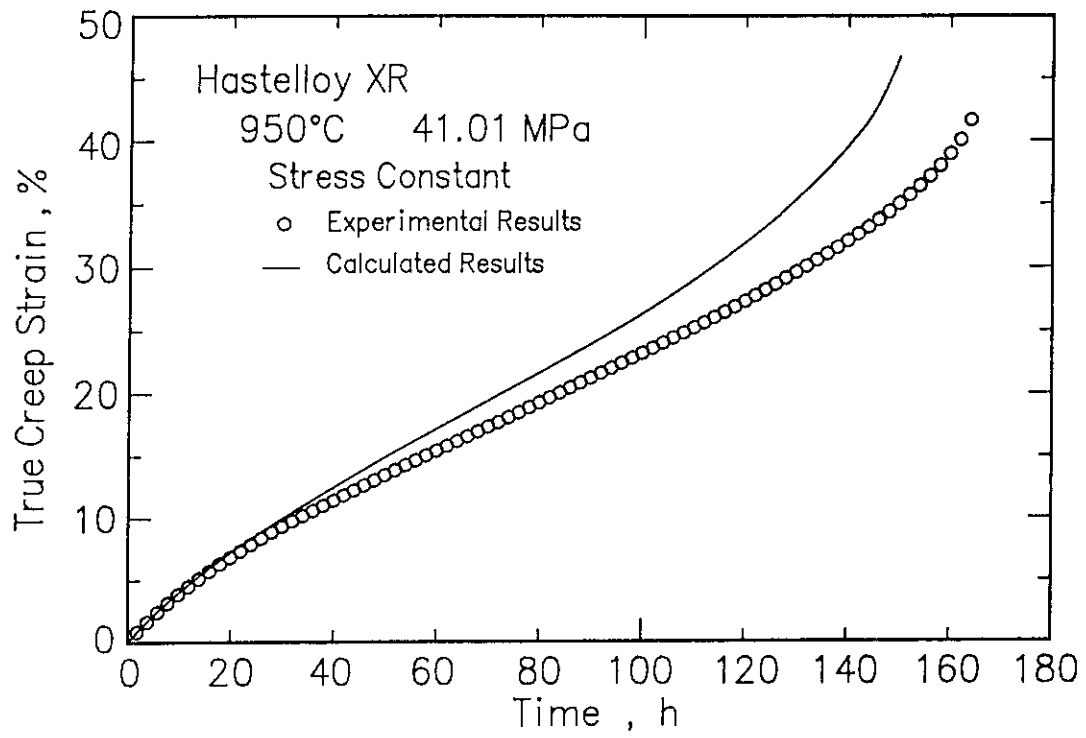


Fig. 23 Creep curve under constant stress (41.01MPa).

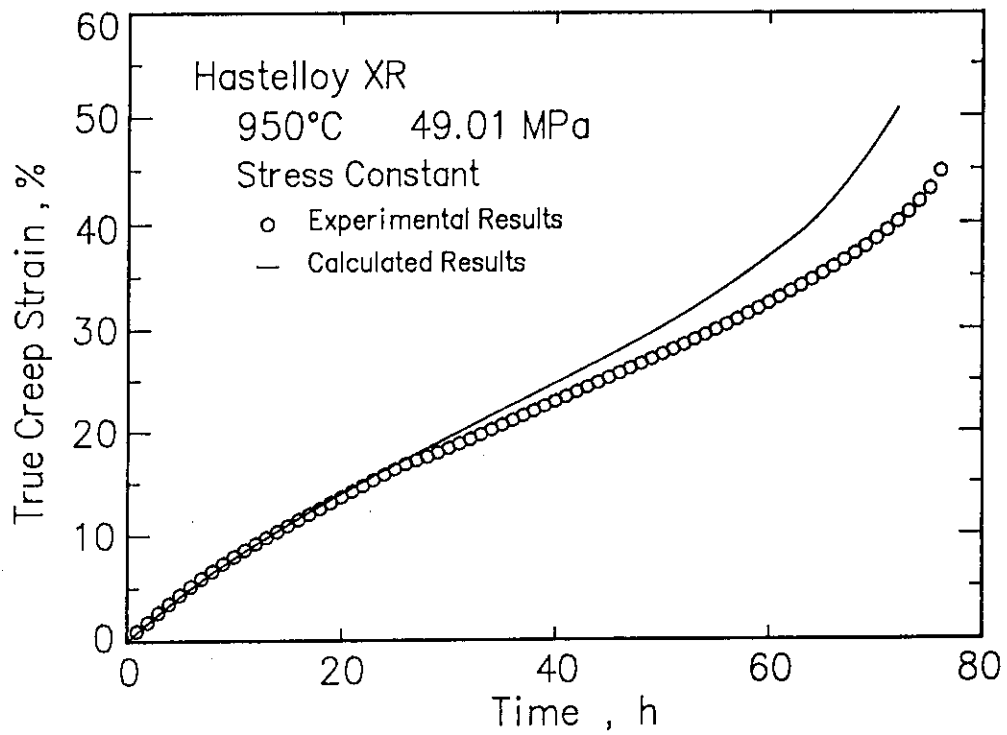


Fig. 24 Creep curve under constant stress (49.01MPa).

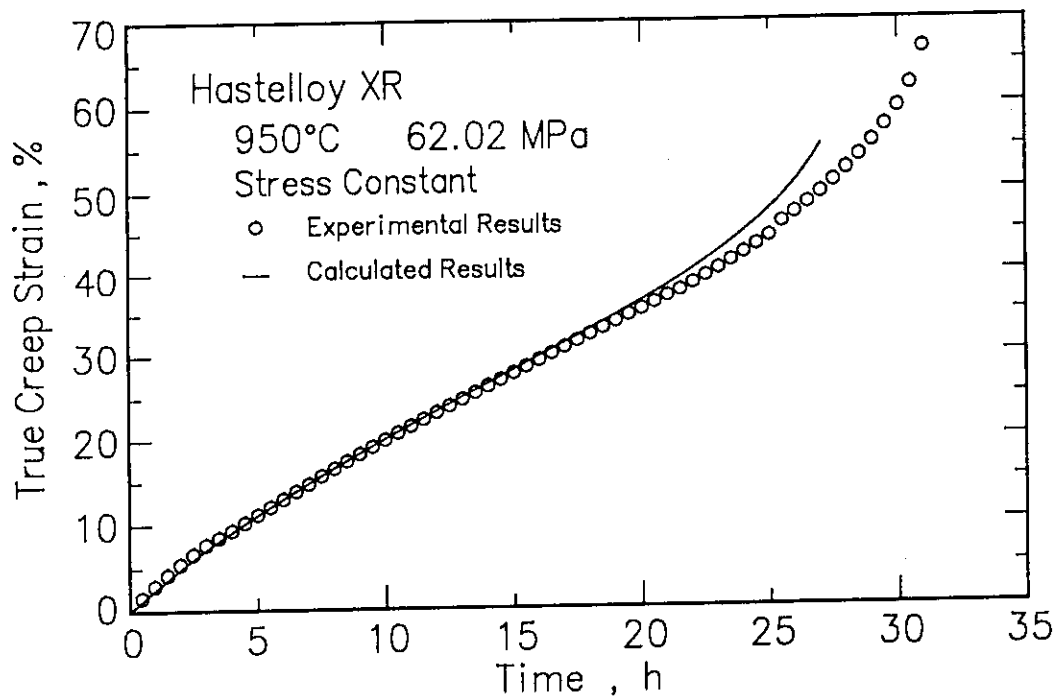


Fig. 25 Creep curve under constant stress (62.02MPa).

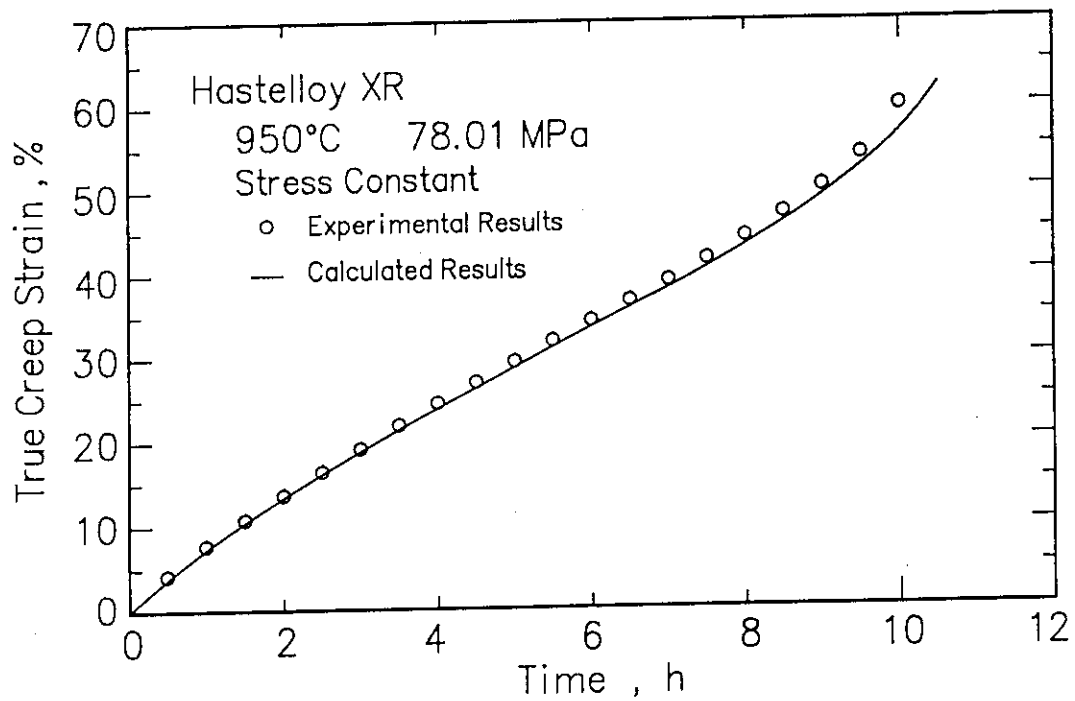


Fig. 26 Creep curve under constant stress (78.01MPa).

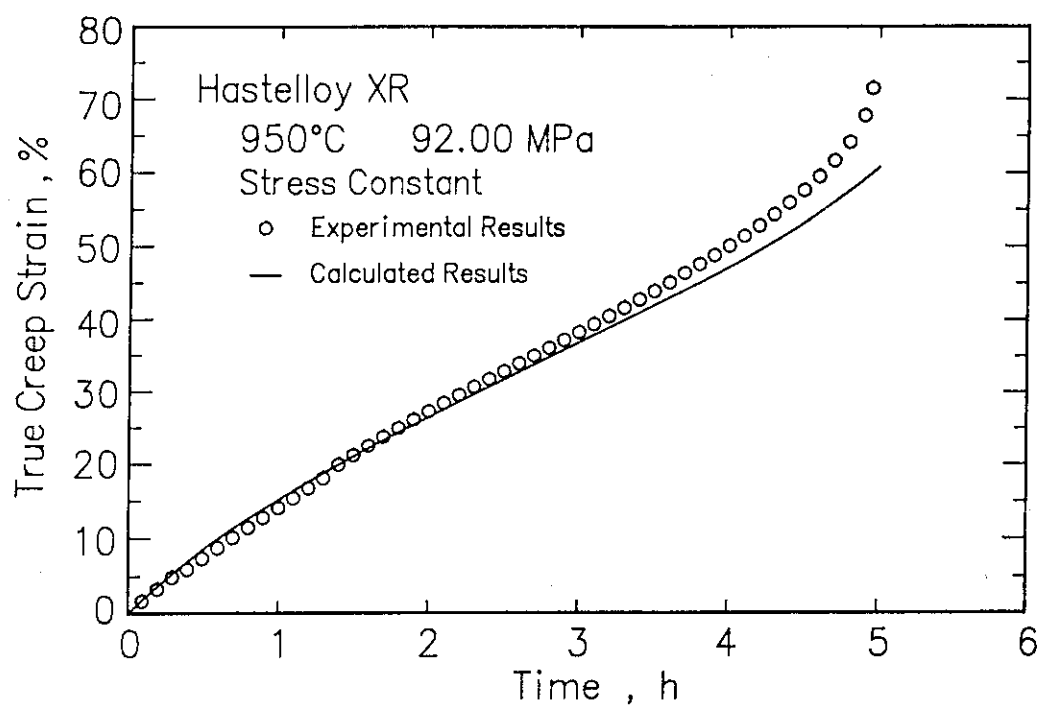


Fig. 27 Creep curve under constant load (19.99MPa).

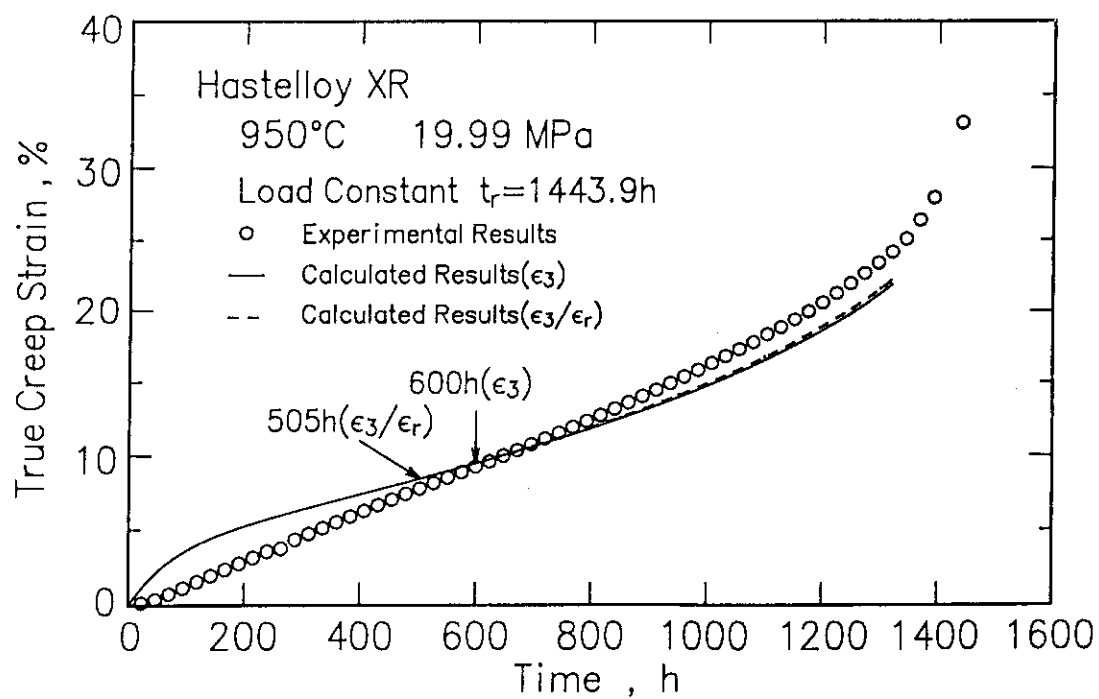


Fig. 28 Creep curve under constant load (19.99MPa).

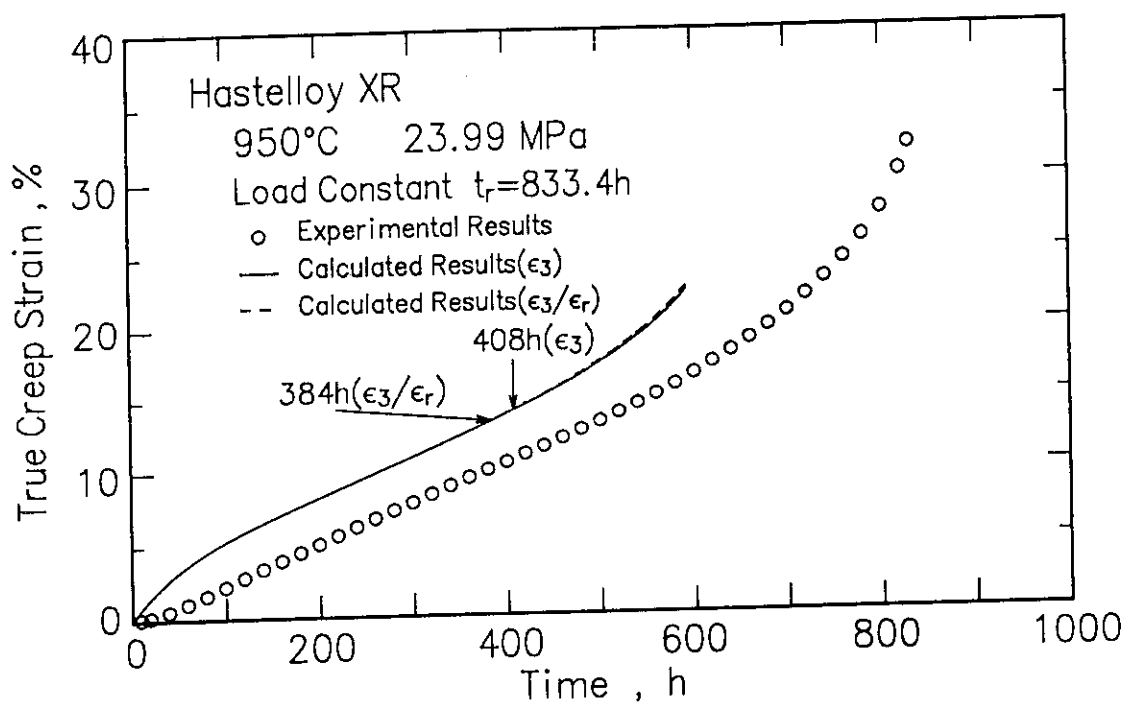


Fig. 29 Creep curve under constant load (23.99MPa).

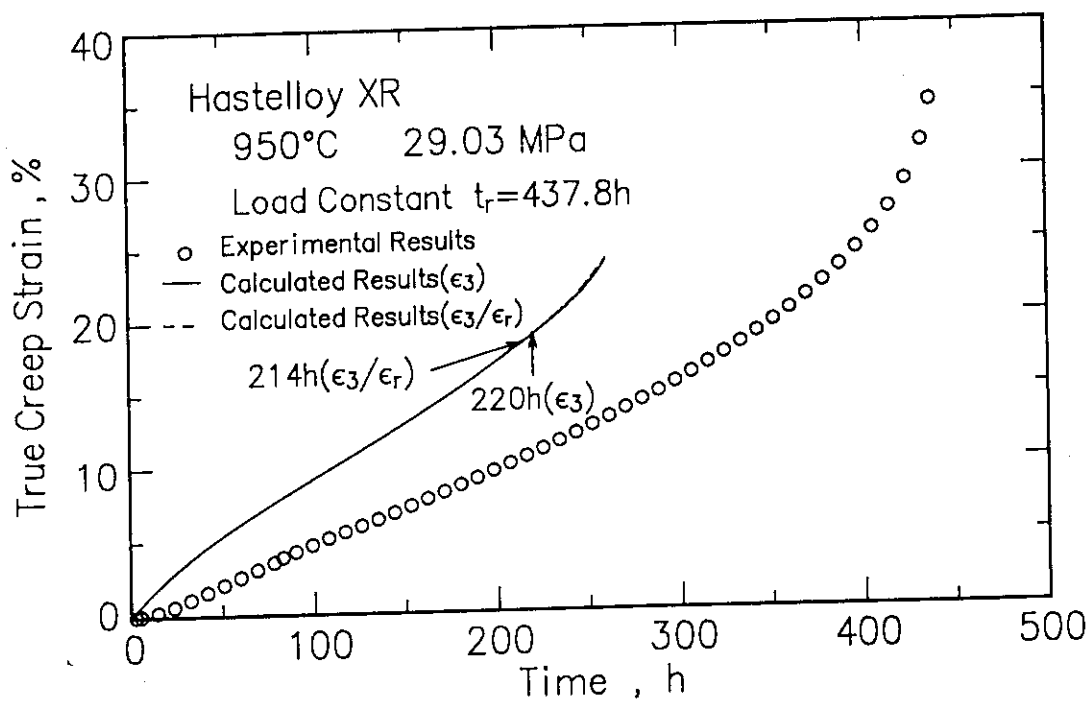


Fig. 30 Creep curve under constant load (29.03MPa).

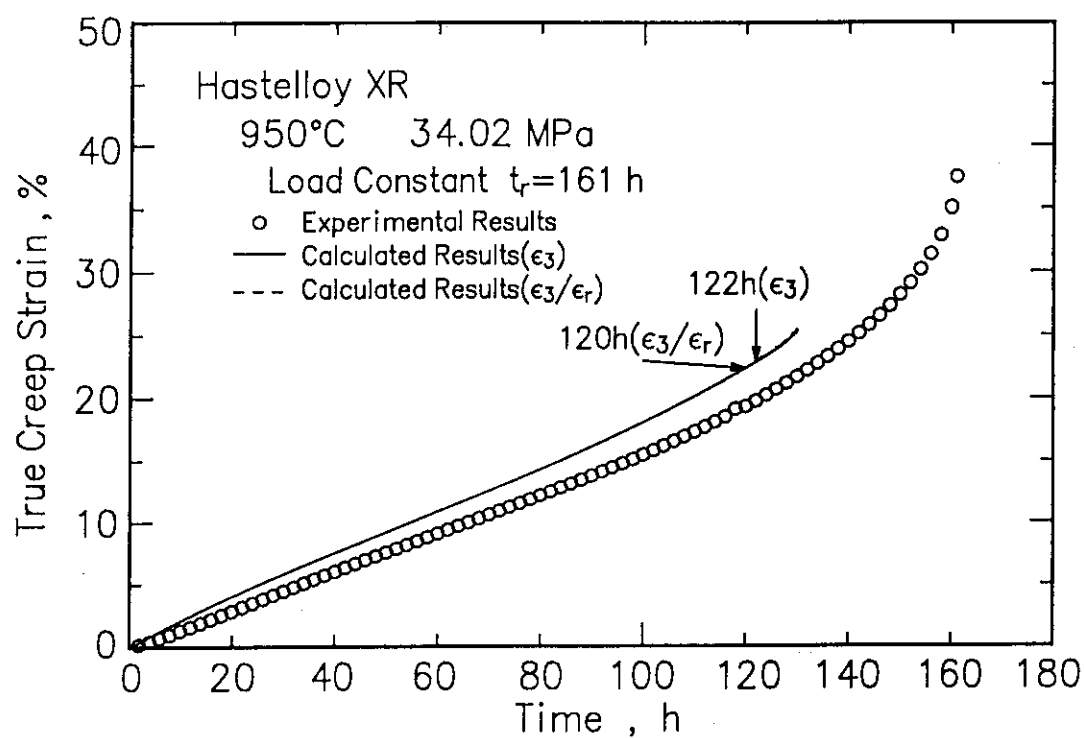


Fig. 31 Creep curve under constant load (34.02MPa).

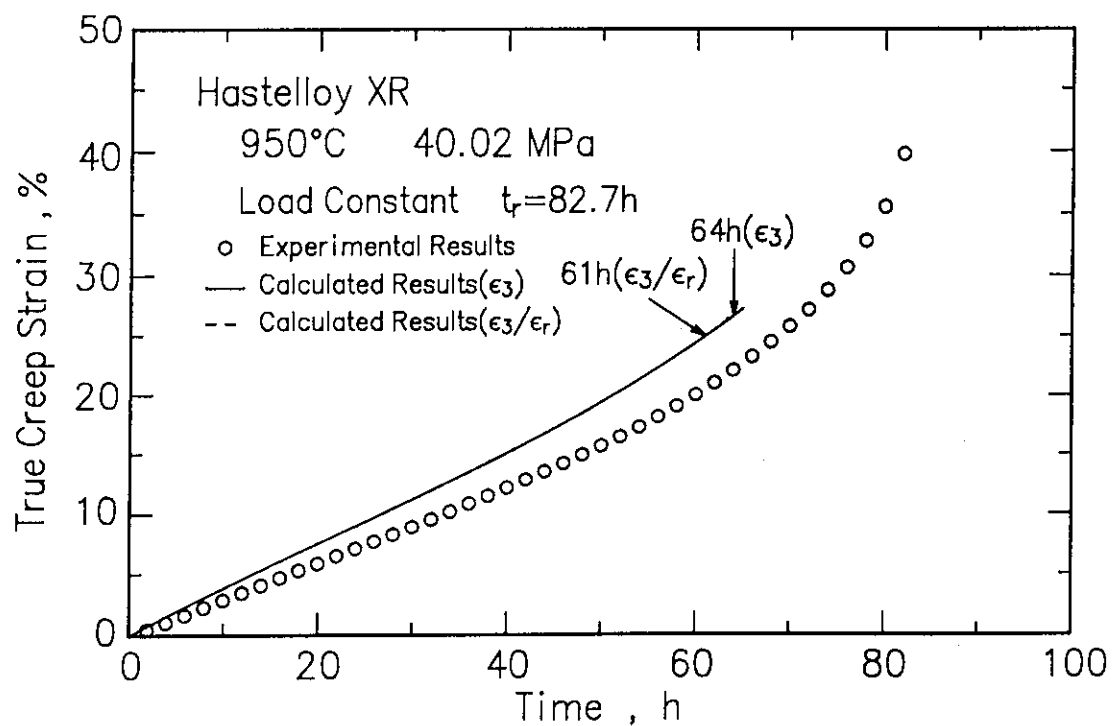


Fig. 32 Creep curve under constant load (40.02MPa).