

JAERI-M

8590

溶接型高温ひずみゲージの基礎試験

1979年12月

松 本 正 勝

日 本 原 子 力 研 究 所
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

溶接型高温ひずみゲージの基礎試験

日本原子力研究所東海研究所安全工学部

松本正勝

(1979年11月6日受理)

近年、高温部材のひずみ測定の要求が多く、益々試験研究への必要性が増加しており高温ひずみゲージの信頼性ととも、いかに簡便に高温下でのひずみ測定を可能にするかが焦点となってくると考えられる。本報告では、高温ひずみゲージの構造物への使用に関する簡便法について検討した結果を示している。

JAERI-M 8590

Basic tests on high-temperature weldable strain gages

Masakatsu MATSUMOTO

Division of Reactor Safety,
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received November 6, 1979)

For the deformation behavior of structural components at high temperature, it is necessary to measure the strain by high-temperature strain gages. The results are described of an experiment in which two simple methods. SG425 Type weldable strain gages used to measure the strain of small specimens at high temperature.

Key words;

High Temperature Weldable Strain Gage, Spot Welder, Gage Factor,
Simplified Method, Data Sheet, Deflection, Apparent Strain,
True Strain

目 次

1. まえがき	1
2. 高温ひずみゲージ	1
2.1 高温ひずみゲージのゲージ率の変化	1
2.2 高温ひずみの算出法	2
3. 溶接型高温ひずみゲージ	2
3.1 溶接型高温ひずみゲージの構成	2
3.2 溶接型高温ひずみゲージの取り付け	3
3.3 SG425型高温ひずみゲージ	3
4. 簡便法 I	3
4.1 測定回路の構成	3
4.2 試験片	3
4.3 見かけひずみ	4
4.4 変位とひずみの関係	4
4.5 ゲージ率の変化	4
4.6 変位と真ひずみの関係	4
5. 簡便法 II	4
5.1 実験方法	4
5.2 ゲージ率の変化	5
5.3 変位とひずみの関係	5
5.4 両簡便法の比較	5
6. 結 論	5
参考資料	6

Contents

1. Introduction -----	1
2. High Temperature Strain Gage -----	1
2.1 Change of Gage Factor of High Temperature Strain Gage -----	1
2.2 Method for Calculation of Strains at High Temperature -----	2
3. High Temperature Weldable Strain Gage -----	2
3.1 Details of High Temperature Weldable Strain Gage ---	2
3.2 Spot Welding of High Temperature Weldable Strain Gage -----	3
3.3 SG425 Type High Temperature Strain Gage -----	3
4. Simplified Method I -----	3
4.1 Details of Electric Circuit for Strain Measurements -----	3
4.2 Specimens -----	3
4.3 Apparent Strain -----	4
4.4 Relationship between Strain and Deflection -----	4
4.5 Change of Gage Factor -----	4
4.6 Relationship between True Strain and Deflection ---	4
5. Simplified Method II -----	4
5.1 Experimental Procedure -----	4
5.2 Change of Gage Factor -----	5
5.3 Relationship between Strain and Deflection -----	5
5.4 Comparison of Two Simplified Methods -----	5
6. Conclusions -----	5
References -----	6

1. ま え が き

高温ひずみゲージによるひずみ測定では、ゲージ率の変化を求めることが最も重要であるが、実験室試験によってさえもゲージ率の変化を求める作業は困難を伴う。実機の構造物に取り付けた高温ひずみゲージのゲージ率の変化を求めるのはさらに困難である。すなわち現場での技術的な困難さと信頼性の評価が高温ひずみゲージを使用するに当って大きな問題となって高温ひずみゲージの普及を狭くしていると考えられる。

そこでまず簡便法Ⅰとして考えてみたのが、これまでゲージ率の変化を使用者が実験によって求めていたが、ゲージ率の変化を求めないでそのまま実験を行う。ゲージ率の変化分は高温ひずみゲージを購入したときに添付されてくるデータシートによる室温のゲージ率をそのまま全温度に適用しようとする試みである。ゲージ率の変化を求めないということは、使用方法としては普通の常温ひずみゲージと同様になって作業性、費用および時間などが大幅に短縮されるなどの利点が出てくる。

簡便法Ⅱは最近試みられるようになった方法であるが試験片に高温ひずみゲージを取り付けて、見かけひずみとゲージ率の変化を求めてから同一の高温ひずみゲージをカッターで切り取り実際の構造物に改めて取り付けてひずみを求める方法である。

2. 高 温 ひ ず み ゲ ー ジ

2.1 高温ひずみゲージのゲージ率の変化

ひずみゲージの原理は測定物に貼付されたひずみゲージが測定物のひずみ変化をゲージ素線の抵抗変化に変え電気回路によりその変化量を測定するものである。ゲージ素線は温度変化だけに対しても抵抗変化してしまう。これが見かけひずみであり、測定器にはこの見かけひずみと真ひずみが加算されて出てくる。

測定物として片持はりに高温ひずみゲージを取り付け、まず室温で先端に一定たわみ δ を加え、ゲージに加わる曲げひずみ ϵ_0 を測定する。つぎに電気炉の温度を ΔT 上げてから一定に保持し、先端に δ を加えて曲げひずみ ϵ_T を測定する。この時試験片の温度分布が一樣ならば、先端に加えられる δ による曲げひずみの大きさは、温度による試験片の剛性低下の影響をうけず、常に一定である。したがって任意の測定温度における δ による曲げひずみは ϵ_0 で、これはひずみゲージと抵抗変化の関係から次のように表わされる。

$$\epsilon_0 = (\Delta R/R) / K_T \quad (1)$$

ここで、 $\Delta R/R$ ： ϵ_0 によるゲージ抵抗変化率 K_T ：測定温度におけるゲージ率
しかし、測定器にはひずみゲージに表示されている室温のゲージ率が設定されているので、測定器によって指示されるひずみ ϵ_T は

1. ま え が き

高温ひずみゲージによるひずみ測定では、ゲージ率の変化を求めることが最も重要であるが、実験室試験によってもゲージ率の変化を求める作業は困難を伴う。実機の構造物に取り付けた高温ひずみゲージのゲージ率の変化を求めるのはさらに困難である。すなわち現場での技術的な困難さと信頼性の評価が高温ひずみゲージを使用するに当って大きな問題となって高温ひずみゲージの普及を狭くしていると考えられる。

そこでまず簡便法Ⅰとして考えてみたのが、これまでゲージ率の変化を使用者が実験によって求めていたが、ゲージ率の変化を求めないでそのまま実験を行う。ゲージ率の変化分は高温ひずみゲージを購入したときに添付されてくるデータシートによる室温のゲージ率をそのまま全温度に適用しようとする試みである。ゲージ率の変化を求めないということは、使用方法としては普通の常温ひずみゲージと同様になって作業性、費用および時間などが大幅に短縮されるなどの利点が出てくる。

簡便法Ⅱは最近試みられるようになった方法であるが試験片に高温ひずみゲージを取り付けて、見かけひずみとゲージ率の変化を求めてから同一の高温ひずみゲージをカッターで切り取り実際の構造物に改めて取り付けてひずみを求める方法である。

2. 高 温 ひ ず み ゲ ー ジ

2.1 高温ひずみゲージのゲージ率の変化

ひずみゲージの原理は測定物に貼付されたひずみゲージが測定物のひずみ変化をゲージ素線の抵抗変化に変え電気回路によりその変化量を測定するものである。ゲージ素線は温度変化だけに対しても抵抗変化してしまう。これが見かけひずみであり、測定器にはこの見かけひずみと真ひずみが加算されて出てくる。

測定物として片持はりに高温ひずみゲージを取り付け、まず室温で先端に一定たわみ δ を加え、ゲージに加わる曲げひずみ ϵ_0 を測定する。つぎに電気炉の温度を ΔT 上げてから一定に保持し、先端に δ を加えて曲げひずみ ϵ_T を測定する。この時試験片の温度分布が一様ならば、先端に加えられる δ による曲げひずみの大きさは、温度による試験片の剛性低下の影響をうけず、常に一定である。したがって任意の測定温度における δ による曲げひずみは ϵ_0 で、これはひずみゲージと抵抗変化の関係から次のように表わされる。

$$\epsilon_0 = (\Delta R / R) / K_T \quad (1)$$

ここで、 $\Delta R / R$: ϵ_0 によるゲージ抵抗変化率 K_T : 測定温度におけるゲージ率
しかし、測定器にはひずみゲージに表示されている室温のゲージ率が設定されているので、測定器によって指示されるひずみ ϵ_T は

$$\varepsilon_T = (\Delta R/R) / K_0 \quad (2)$$

$$\varepsilon_T = \Delta R/R \cdot 1/K_0 = \Delta R/R \cdot 1/K_T \cdot K_T/K_0 = \varepsilon_0 \cdot K_T/K_0 \quad (3)$$

$$\therefore K_T/K_0 = \varepsilon_T / \varepsilon_0 \quad (4)$$

2.2 高温ひずみの算出法

ゲージを取り付けた測点物の表面温度が変動し、温度変動に伴う熱荷重が外力と共に作用する時、ひずみ測定器に指示されるひずみ ε_{app} は、つぎのように表わされる。

$$\varepsilon_{app}(T) = (K_T/K_0) \varepsilon(T) + F(T) \quad (5)$$

ここで

- T : 測定点の温度
- K_0 : 室温におけるゲージ率
- K_T : 温度Tにおけるゲージ率
- $\varepsilon(T)$: 外力および熱荷重により生じた真ひずみ
- F(T) : 温度における見かけひずみ

したがって外力および熱荷重によるひずみは

$$\varepsilon(T) = \{ \varepsilon_{app}(T) - F(T) \} (K_0/K_T) \quad (6)$$

として表わされる。このことから $\varepsilon(T)$ は温度Tにおける見かけひずみとゲージ率変化の値が既知でないと決定することができない。

見かけひずみを小さくすることが高温ゲージ製作の課題であり、Fig. 1に示したように自己温度補償ゲージの開発が進められている。最近では合金線で成分および熱処理を調節して任意の抵抗温度係数をもったゲージを製作することができるようになり、使用する測定物の線膨張係数に適合させ、ゲージの見かけひずみを小さくさせることができるようになった。また自己温度補償ゲージを使用してもなお見かけひずみが生じるため測定回路および抵抗体による温度補償に工夫が見られる。

3. 溶接型高温ひずみゲージ

3.1 溶接型高温ひずみゲージの構成

ひずみゲージ素線は管状の金属チューブにおさめられチューブは薄肉の平板に溶接されている。素線は高純度の酸化マグネシウムにより電氣的に絶縁されている。ひずみゲージの構造をFig. 2に示す。Fig. 3に外観写真を示す。

$$\varepsilon_T = (\Delta R/R) / K_0 \quad (2)$$

$$\varepsilon_T = \Delta R/R \cdot 1/K_0 = \Delta R/R \cdot 1/K_T \cdot K_T/K_0 = \varepsilon_0 \cdot K_T/K_0 \quad (3)$$

$$\therefore K_T/K_0 = \varepsilon_T / \varepsilon_0 \quad (4)$$

2.2 高温ひずみの算出法

ゲージを取り付けた測点物の表面温度が変動し、温度変動に伴う熱荷重が外力と共に作用する時、ひずみ測定器に指示されるひずみ ε_{app} は、つぎのように表わされる。

$$\varepsilon_{app}(T) = (K_T/K_0) \varepsilon(T) + F(T) \quad (5)$$

ここで

T : 測定点の温度

K_0 : 室温におけるゲージ率

K_T : 温度 T におけるゲージ率

$\varepsilon(T)$: 外力および熱荷重により生じた真ひずみ

F(T) : 温度における見かけひずみ

したがって外力および熱荷重によるひずみは

$$\varepsilon(T) = \{ \varepsilon_{app}(T) - F(T) \} (K_0/K_T) \quad (6)$$

として表わされる。このことから $\varepsilon(T)$ は温度 T における見かけひずみとゲージ率変化の値が既知でないと決定することができない。

見かけひずみを小さくすることが高温ゲージ製作の課題であり、Fig. 1 に示したように自己温度補償ゲージの開発が進められている。最近では合金線で成分および熱処理を調節して任意の抵抗温度係数をもったゲージを製作することができるようになり、使用する測定物の線膨張係数に適合させ、ゲージの見かけひずみを小さくさせることができるようになった。また自己温度補償ゲージを使用してもなお見かけひずみが生じるため測定回路および抵抗体による温度補償に工夫が見られる。

3. 溶接型高温ひずみゲージ

3.1 溶接型高温ひずみゲージの構成

ひずみゲージ素線は管状の金属チューブにおさめられチューブは薄肉の平板に溶接されている。素線は高純度の酸化マグネシウムにより電氣的に絶縁されている。ひずみゲージの構造を Fig. 2 に示す。Fig. 3 に外観写真を示す。

3.2 溶接型高温ひずみゲージの取り付け

試験片への溶接型高温ひずみゲージの取り付けは一般にスポット溶接機で行われている。スポット溶接をする前の試験片の準備は、ひずみゲージ取り付け位置をエメリー紙を用いて600番程度まで磨いておき、ひずみゲージ取り付け位置に正確にケガキ線を入れる。さらに取り付け位置をアセトンなどで清潔にしておく。またスポット溶接機電極先端もヤスリを用いて鋭角にしておく必要がある。スポット溶接時の注意点としては、溶接電流が流れ過ぎてひずみゲージを破損することがあるので電力調整用ツマミを小にしておき作業を進めながらツマミを大にしていく。また電極先端のひずみゲージへの押し付け力を一定にしていないと、接触抵抗変化によりひずみゲージを破損させたりはがれたりする。溶接ピッチ間隔についてメーカーは0.8mm程度を指示しておりピッチ間隔が増すにしたがいゲージ率が低下することを指摘している。Fig. 4に点溶接数に対するゲージ率の低下を示す。またゲージの溶接順序をFig. 5に示す。

3.3 SG 425型高温ひずみゲージ

Fig. 2に示すようにアクティブゲージの周囲に同じ材質でできたダミーゲージをらせん状に巻きFig. 6のようなハーフブリッジを構成し温度補償を行っている。さらにみかけひずみを小さくするために測定側でアクティブゲージの辺に直列に温度補償用抵抗 (R_{TC}) を挿入している。 R_{TC} の値についてはメーカーでひずみゲージ製作時にあらかじめ測定材料の線膨張係数に合わせて個々のひずみゲージについて適切な R_{TC} を測定しデータシートに示している。ひずみゲージと同時に温度補償用抵抗、回路補償用抵抗 (R_{bal}) も購入した方が便利である。

4. 簡便法 I

4.1 測定回路の構成

今回の実験に供した高温ひずみゲージ SG425 についてのブリッジボックスの構成図をFig. 7に示す。静ひずみ計は、DIGITAL MULTIPPOINTS INSTRUMENTATION を使用し併せてDIGITAL PRINTER にデータを記録した。

4.2 試験片

Fig. 8に試験片の形状・寸法を示す。同図のテーパをつけた193mmは平等強さのはりであり、Fig. 9に示すようにこの部分でのひずみ分布は等しい。試験片材料は、SUS316 ステンレス鋼である。この試験片の固定端から125mmの位置に高温ひずみゲージを取り付け、試験片を片持はりとして自由端に変位を加えた。

常温ひずみゲージの貼付位置はテーパ開始部（固定端）から125mmの位置に10mm間隔で

3.2 溶接型高温ひずみゲージの取り付け

試験片への溶接型高温ひずみゲージの取り付けは一般にスポット溶接機で行われている。スポット溶接をする前の試験片の準備は、ひずみゲージ取り付け位置をエメリー紙を用いて600番程度まで磨いておき、ひずみゲージ取り付け位置に正確にケガキ線を入れる。さらに取り付け位置をアセトンなどで清潔にしておく。またスポット溶接機電極先端もヤスリを用いて鋭角にしておく必要がある。スポット溶接時の注意点としては、溶接電流が流れ過ぎてひずみゲージを破損することがあるので電力調整用ツマミを小にしておき作業を進めながらツマミを大にしていく。また電極先端のひずみゲージへの押し付け力を一定にしていないと、接触抵抗変化によりひずみゲージを破損させたりはがれたりする。溶接ピッチ間隔についてメーカーは0.8mm程度を指示しておりピッチ間隔が増すにしたがいゲージ率が低下することを指摘している。Fig. 4に点溶接数に対するゲージ率の低下を示す。またゲージの溶接順序をFig. 5に示す。

3.3 SG 425型高温ひずみゲージ

Fig. 2に示すようにアクティブゲージの周囲に同じ材質でできたダミーゲージをらせん状に巻きFig. 6のようなハーフブリッジを構成し温度補償を行っている。さらにみかけひずみを小さくするために測定側でアクティブゲージの辺に直列に温度補償用抵抗 (R_{TC}) を挿入している。 R_{TC} の値についてはメーカーでひずみゲージ製作時にあらかじめ測定材料の線膨張係数に合わせて個々のひずみゲージについて適切な R_{TC} を測定しデータシートに示している。ひずみゲージと同時に温度補償用抵抗、回路補償用抵抗 (R_{bal}) も購入した方が便利である。

4. 簡便法 I

4.1 測定回路の構成

今回の実験に供した高温ひずみゲージ SG425 についてのブリッジボックスの構成図をFig. 7に示す。静ひずみ計は、DIGITAL MULTIPPOINTS INSTRUMENTATION を使用し併せてDIGITAL PRINTER にデータを記録した。

4.2 試験片

Fig. 8に試験片の形状・寸法を示す。同図のテーパをつけた193mmは平等強さのはりであり、Fig. 9に示すようにこの部分でのひずみ分布は等しい。試験片材料は、SUS316 ステンレス鋼である。この試験片の固定端から125mmの位置に高温ひずみゲージを取り付け、試験片を片持はりとして自由端に変位を加えた。

常温ひずみゲージの貼付位置はテーパ開始部（固定端）から125mmの位置に10mm間隔で

3枚貼付した。供試ひずみゲージはゲージ長の長い5mmを選んだ。この結果をFig. 9に示す。3枚のひずみ出力のうち最大値と最小値を示した2枚のひずみゲージ出力を図示したが良い一致を示している。

4.3 見かけひずみ

見かけひずみとは試験片に高温ひずみゲージを取り付けて無負荷の状態で見温、降温をしたときに温度変化に対して生ずるひずみゲージの出力である。各測定温度において10～15分間保持後測定した。Fig. 10に安定した5サイクル目の見かけひずみを示すが3サイクル目ではほぼ安定した。同図に示した4026-6が簡便法Iに使用したゲージである。

4.4 変位とひずみの関係

Fig. 11に示した ϵ_1 は、ゲージ率の変化を求めずAILTECH社のデータシートによる室温でのゲージ率をそのまま引用して求めたひずみ値である。高温側での実験値ほどひずみ出力が低下してくる。これは高温側になるにしたがってゲージ率が低下することを意味している。

4.5 ゲージ率の変化

Fig. 12に示したように高温側になるにしたがってゲージ率が低下し500°Cで最小となり0.925を示した。同図に示した4026-6が簡便法Iで使用したゲージである。

4.6 変位—真ひずみの関係

$\epsilon(T)$ は前述したように温度に対するゲージ率の変化を求め、そのゲージ率を用いて式(6)から計算したひずみ値である。Fig. 13に変位—真ひずみ関係を示す。同図から明らかなように各温度でのひずみ出力の幅がFig. 11に比べて小さくなっている。

5. 簡便法 II

5.1 実験方法

Fig. 14に溶接順序を示すがFig. 14(a)は高温ひずみゲージの正常な取り付け方法である。本実験はFig. 14(b)に示す溶接方法のように小型試験片に両縁をスポット溶接しこれを電気炉内にて昇温、降温をくり返し、見かけひずみを測定すると同時に高温ひずみゲージを安定させたのちに一定温度で変位を加え、ゲージ率の測定を行った。ゲージ率の変化を測定後、Fig. 14(c)に示すようにカッターを用いて小型試験片から高温ゲージを切り取り、改めて同小型試

3枚貼付した。供試ひずみゲージはゲージ長の長い5mmを選んだ。この結果をFig. 9に示す。3枚のひずみ出力のうち最大値と最小値を示した2枚のひずみゲージ出力を図示したが良い一致を示している。

4.3 見かけひずみ

見かけひずみとは試験片に高温ひずみゲージを取り付けて無負荷の状態昇温、降温をしたときに温度変化に対して生ずるひずみゲージの出力である。各測定温度において10～15分間保持後測定した。Fig. 10に安定した5サイクル目の見かけひずみを示すが3サイクル目ではほぼ安定した。同図に示した4026-6が簡便法Iに使用したゲージである。

4.4 変位とひずみの関係

Fig. 11に示した ϵ_1 は、ゲージ率の変化を求めずAILTECH社のデータシートによる室温でのゲージ率をそのまま引用して求めたひずみ値である。高温側での実験値ほどひずみ出力が低下してくる。これは高温側になるにしたがってゲージ率が低下することを意味している。

4.5 ゲージ率の変化

Fig. 12に示したように高温側になるにしたがってゲージ率が低下し500°Cで最小となり0.925を示した。同図に示した4026-6が簡便法Iで使用したゲージである。

4.6 変位—真ひずみの関係

$\epsilon(T)$ は前述したように温度に対するゲージ率の変化を求め、そのゲージ率を用いて式(6)から計算したひずみ値である。Fig. 13に変位—真ひずみ関係を示す。同図から明らかなように各温度でのひずみ出力の幅がFig. 11に比べて小さくなっている。

5. 簡便法 II

5.1 実験方法

Fig. 14に溶接順序を示すがFig. 14(a)は高温ひずみゲージの正常な取り付け方法である。本実験はFig. 14(b)に示す溶接方法のように小型試験片に両縁をスポット溶接しこれを電気炉内にて昇温、降温をくり返し、見かけひずみを測定すると同時に高温ひずみゲージを安定させたのちに一定温度で変位を加え、ゲージ率の測定を行った。ゲージ率の変化を測定後、Fig. 14(c)に示すようにカッターを用いて小型試験片から高温ゲージを切り取り、改めて同小型試

験片に Fig. 14 (d) のように取り付けた。以上の方法により同一の高温ゲージの見かけひずみとゲージ率の変化をあらかじめ測定しておけば実際の構造物のひずみ測定に供することができるものとする。

5.2 ゲージ率の変化

簡便法Ⅱで求めたゲージ率(4883-2)は Fig. 12 に示すように高温側になるにしたがって低下し500°Cで最小値 0.92 になることがわかる。前述した簡便法Ⅰ(4026-6)に比して変動がやや大きいのはゲージの取り付け方法が Fig. 14 (a),(b) に示したように異なるために多少不安定なのであろう。

5.3 変位—ひずみの関係

Fig. 15 に変位と ϵ_2 の関係を示す。 ϵ_2 は試験片に Fig. 14 (b) のようにゲージを取り付けて見かけひずみとゲージ率変化を求めたあと、カッターを用いてゲージを切り取り、改めて試験片に取り付け、そしてひずみ値を式(6)から求めた。各温度でのひずみ値は、ほぼ一致している。また直線性も良好である。

5.4 両簡便法の比較

簡便法Ⅰおよび簡便法Ⅱの比較結果を Fig. 16 に示す。この図から簡便法Ⅱの 350°C, 500°C および簡便法Ⅰの 500°C は良い一致を示しているのがわかる。また両方法ともに真値 ϵ (D)よりやや大きな出力となる。

6. 結 論

これまでの実験結果から簡便法Ⅰと簡便法Ⅱの両方法とも真値 ϵ (D)に近い値を示し、また簡便法Ⅰと簡便法Ⅱでは大差のないことがわかった。よって簡便法Ⅰによって高温ゲージのひずみ測定をするならば時間と費用の要するゲージ率の変化を求めなくとも室温のゲージ率を全温度に適用することによって高温域でのひずみ測定が可能となる。また常温ひずみゲージの使用法と同様になり非常に作業性が簡易化される。

謝 辞

終りに、本実験に関して有益な示唆、討論をいただいた日本原子力研究所構造強度研究室、宮園昭八郎室長および構造強度研究室の室員各位に感謝の意を表します。

験片に Fig. 14 (d) のように取り付けた。以上の方法により同一の高温ゲージの見かけひずみとゲージ率の変化をあらかじめ測定しておけば実際の構造物のひずみ測定に供することができるものと考えらる。

5.2 ゲージ率の変化

簡便法Ⅱで求めたゲージ率(4883-2)は Fig. 12 に示すように高温側になるにしたがって低下し500°Cで最小値 0.92 になることがわかる。前述した簡便法Ⅰ(4026-6)に比して変動がやや大きいのはゲージの取り付け方法が Fig. 14 (a),(b) に示したように異なるために多少不安定なのであろう。

5.3 変位-ひずみの関係

Fig. 15 に変位と ϵ_2 の関係を示す。 ϵ_2 は試験片に Fig. 14 (b) のようにゲージを取り付けて見かけひずみとゲージ率変化を求めたあと、カッターを用いてゲージを切り取り、改めて試験片に取り付け、そしてひずみ値を式(6)から求めた。各温度でのひずみ値は、ほぼ一致している。また直線性も良好である。

5.4 両簡便法の比較

簡便法Ⅰおよび簡便法Ⅱの比較結果を Fig. 16 に示す。この図から簡便法Ⅱの 350°C, 500°C および簡便法Ⅰの 500°C は良い一致を示しているのがわかる。また両方法ともに真値 ϵ (Ⅰ)よりやや大きな出力となる。

6. 結 論

これまでの実験結果から簡便法Ⅰと簡便法Ⅱの両方法とも真値 ϵ (Ⅰ)に近い値を示し、また簡便法Ⅰと簡便法Ⅱでは大差のないことがわかった。よって簡便法Ⅰによって高温ゲージのひずみ測定をするならば時間と費用の要するゲージ率の変化を求めなくとも室温のゲージ率を全温度に適用することによって高温域でのひずみ測定が可能となる。また常温ひずみゲージの使用法と同様になり非常に作業性が簡易化される。

謝 辞

終りに、本実験に関して有益な示唆、討論をいただいた日本原子力研究所構造強度研究室、宮園昭八郎室長および構造強度研究室の室員各位に感謝の意を表します。

参 考 資 料

- (1) 安田, 溶接形高温ひずみゲージの温度特性, 非破壊検査 第 21 卷 第 11 号 1972 年
- (2) STRAIN GAGE PRODUCTS AILTECH
- (3) 電気抵抗ひずみ計によるひずみ測定 日本非破壊検査協会 1973 年

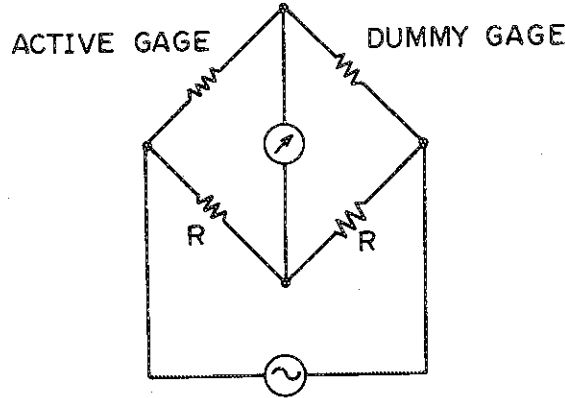
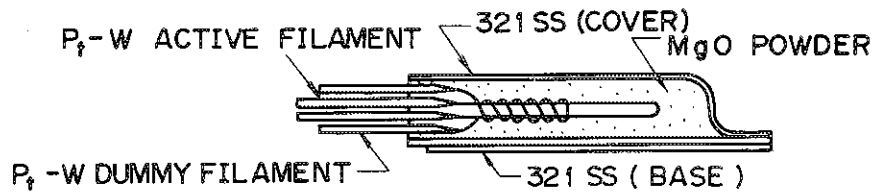
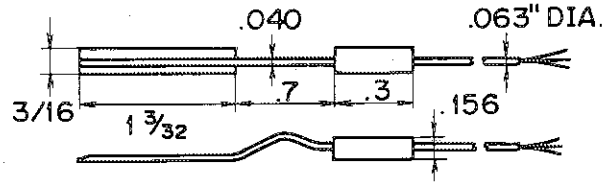


Fig.1 Wheatstone bridge circuit of temperature self compensation



(a) Cross-section view



(b) Dimension

Fig.2 SG425 Type high temperature weldable strain gage

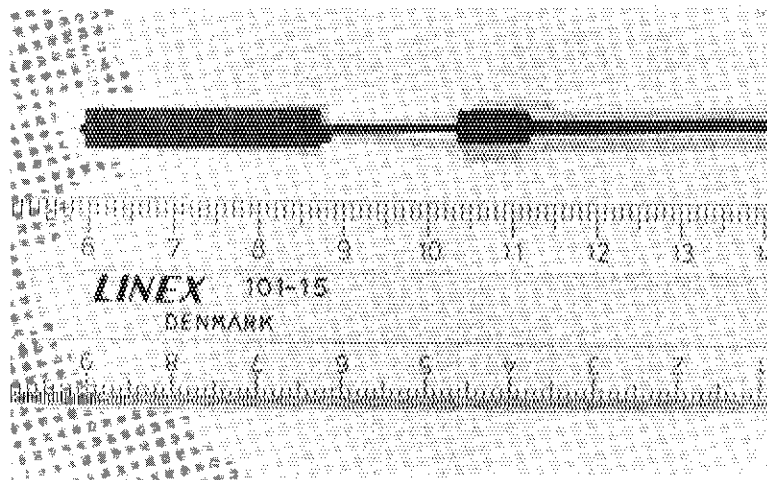


Fig.3 View of SG425 type high temperature weldable strain gage

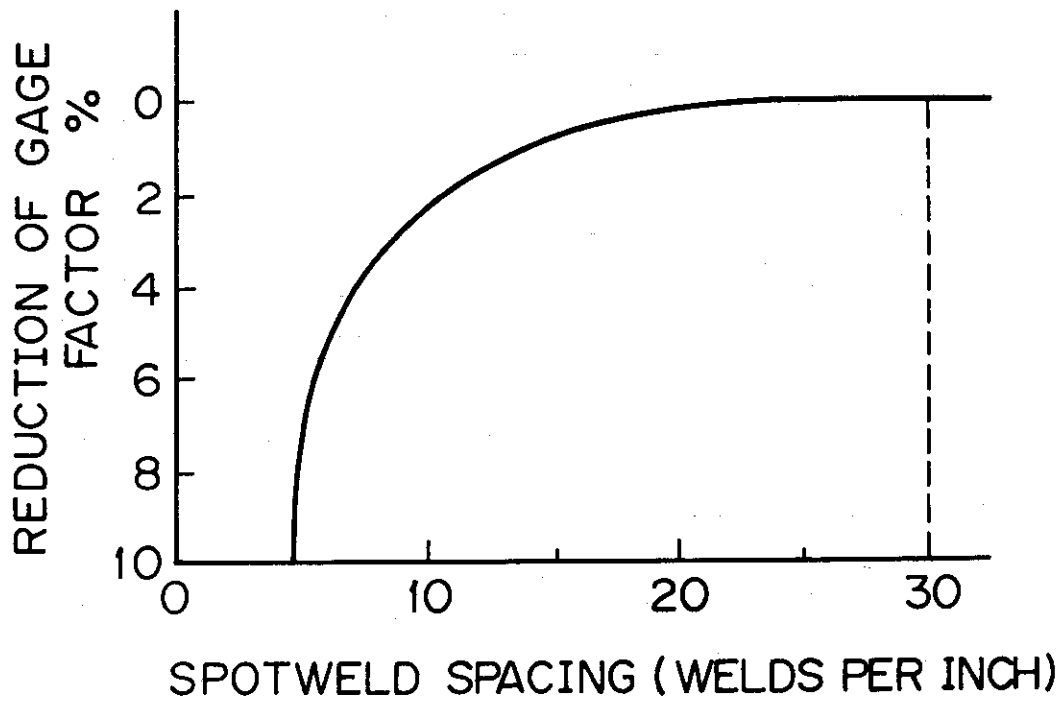


Fig.4 Reduction of gage factor VS. spot weld spacing

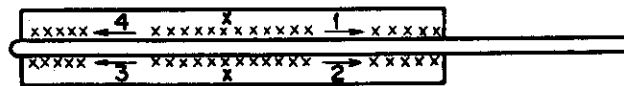
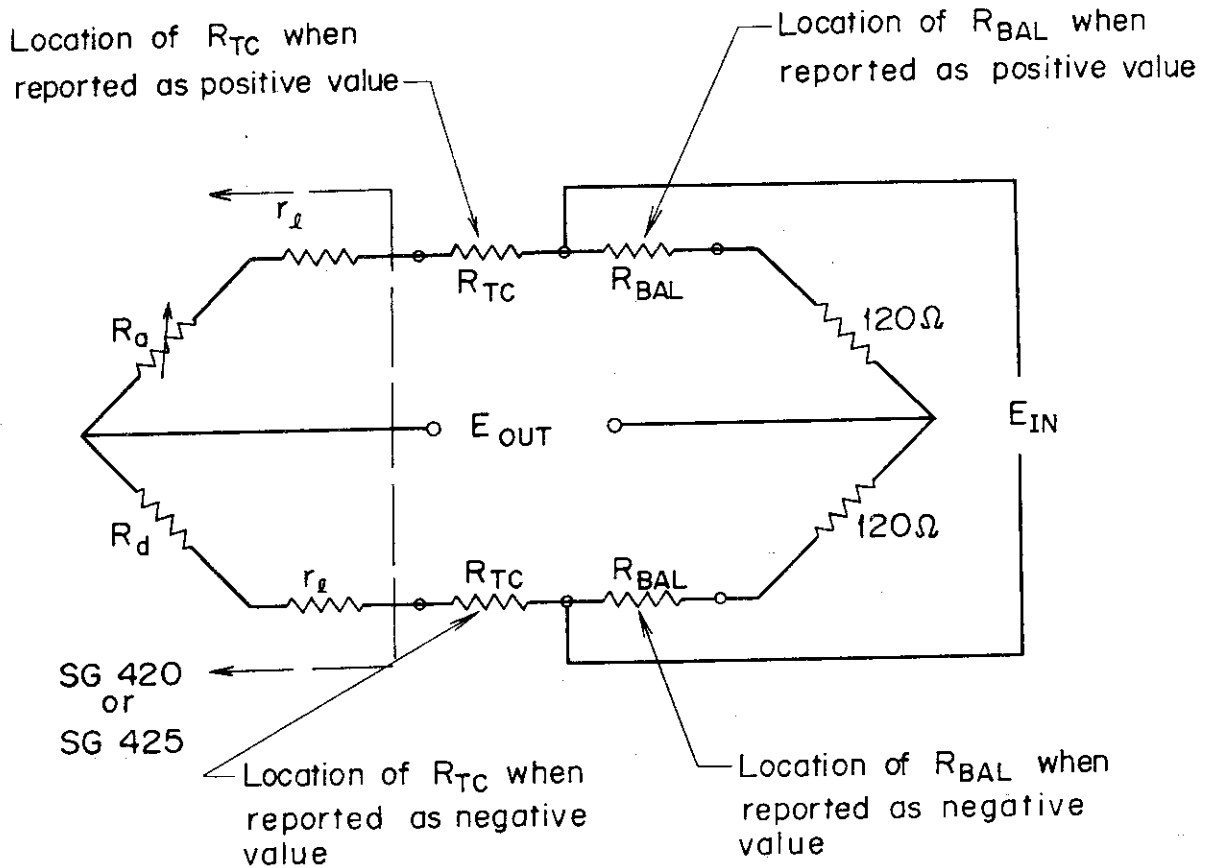


Fig.5 Weld sequence



- R_a = Resistance of active element of strain gage
- R_d = Resistance of dummy element of strain gage
- r_l = Resistance of cable (when applicable)
- R_{TC} = Temperature Compensation Resistor
- R_{BAL} = Balance Resistor
- E_{IN} = Power
- E_{OUT} = Signal

Fig.6 Wiring diagram of SG420 series weldable strain gages

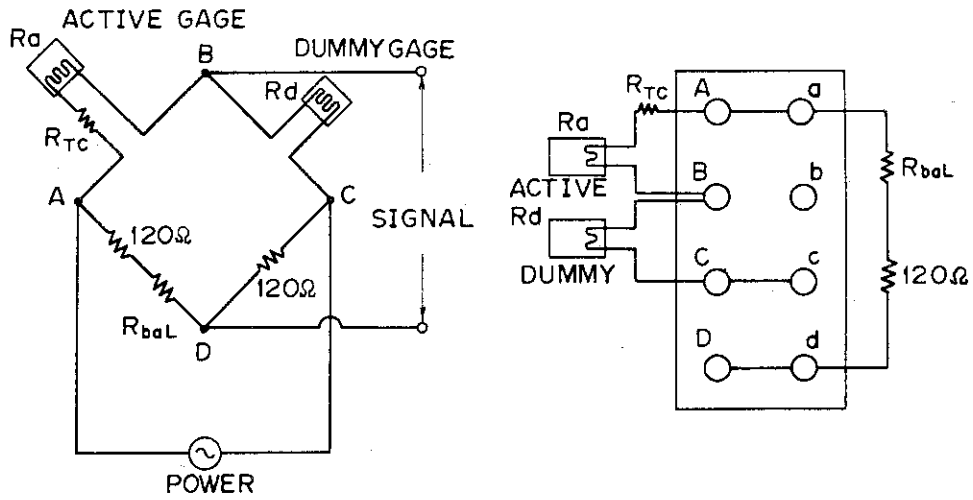


Fig.7 Wheatstone bridge diagram

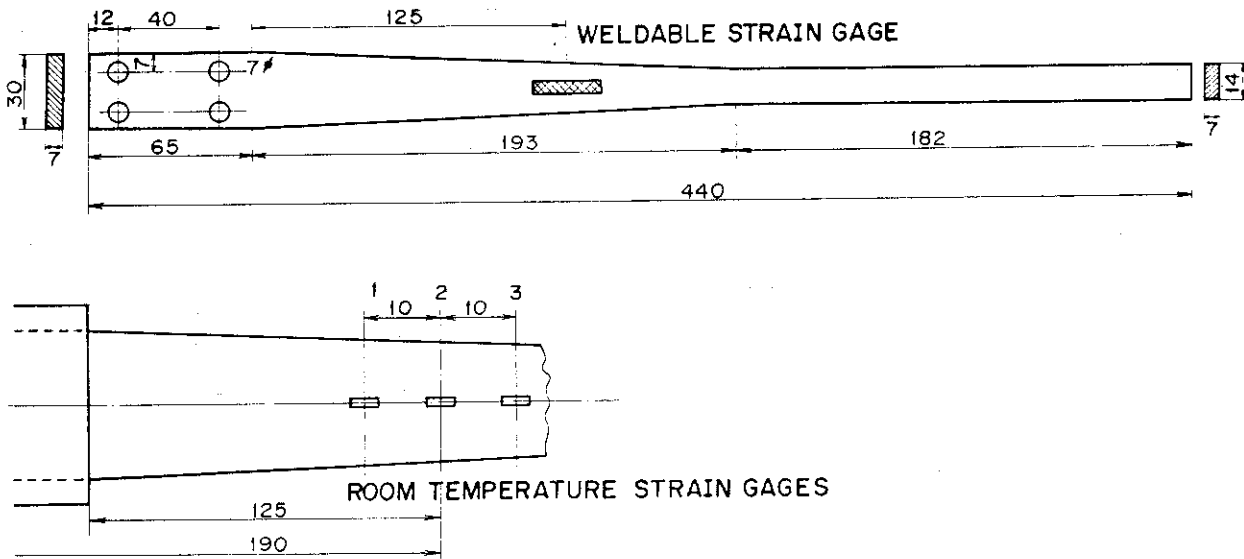


Fig.8 Specimen dimension and position of high and room temperature strain gages

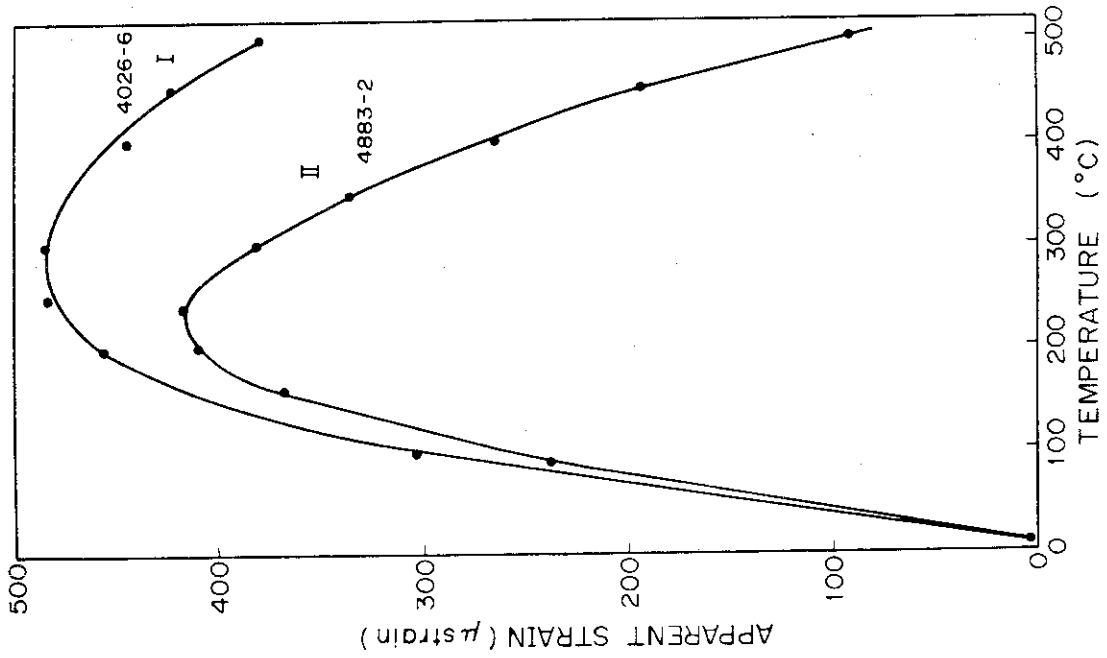


Fig.10 Apparent strain curves

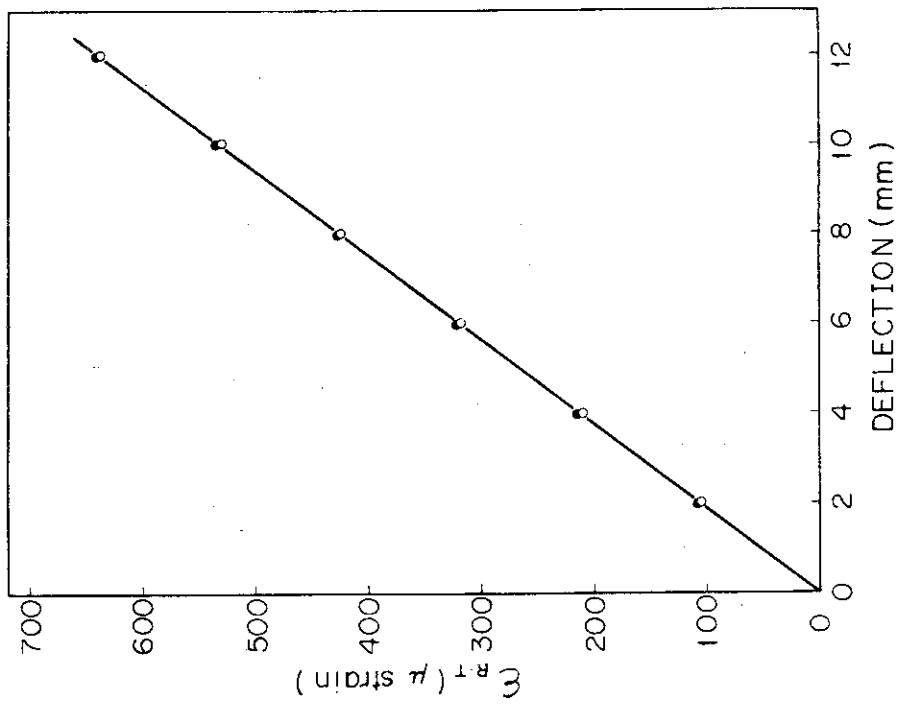


Fig.9 Relation between strain and deflection obtained by room temperature strain gage

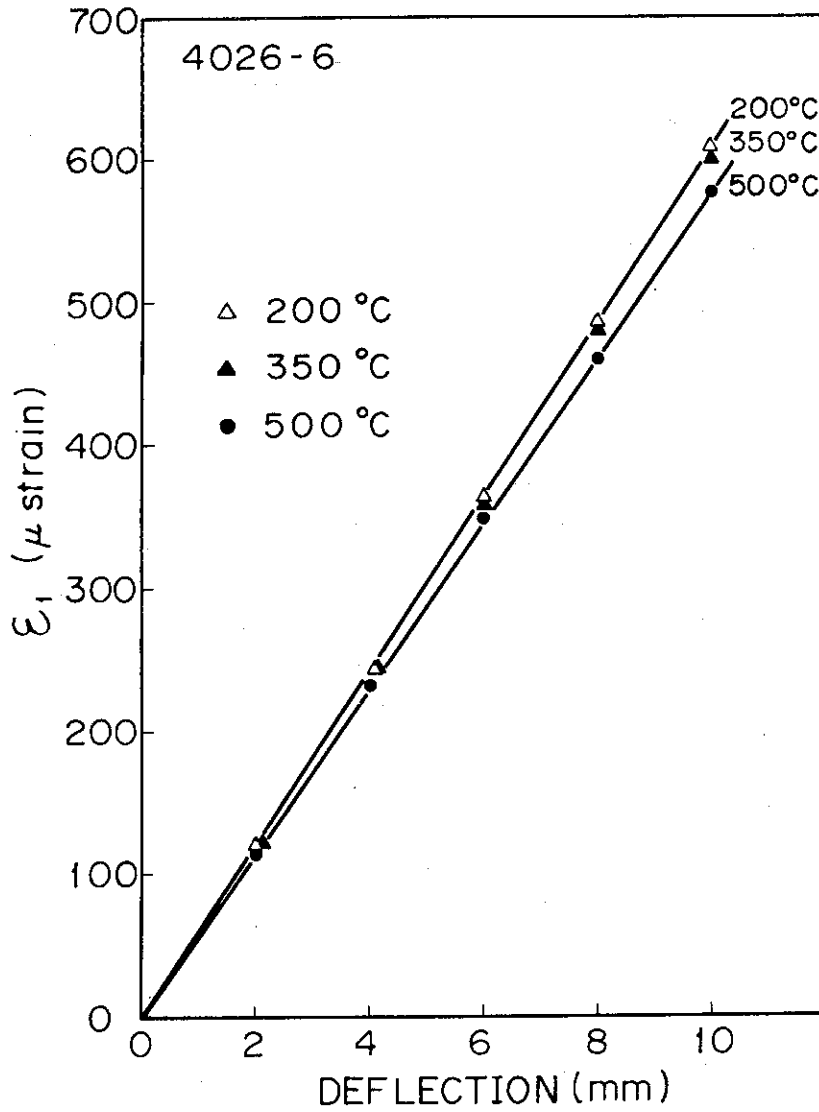


Fig.11 Relation between ϵ_1 and δ

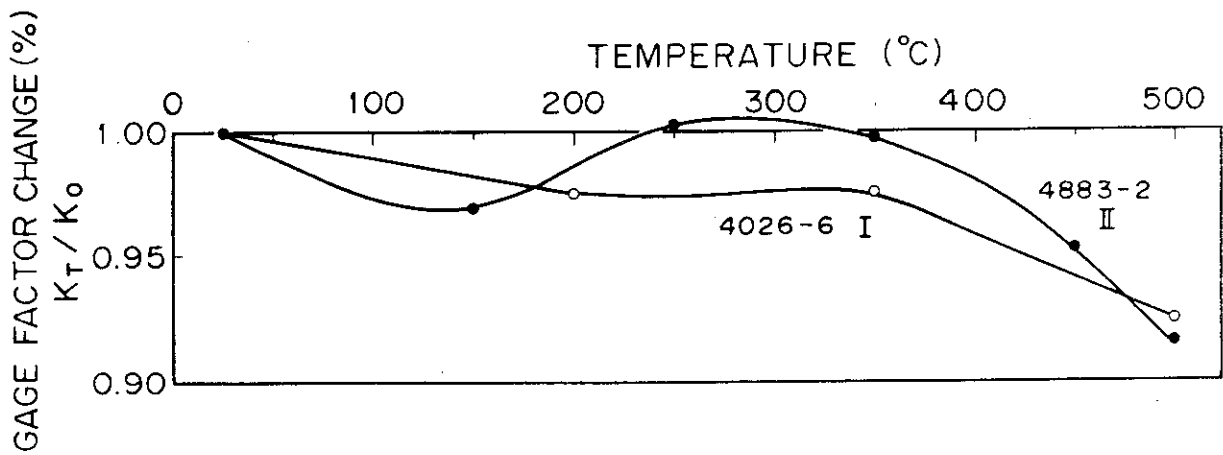


Fig.12 Gage factor change VS. temperature

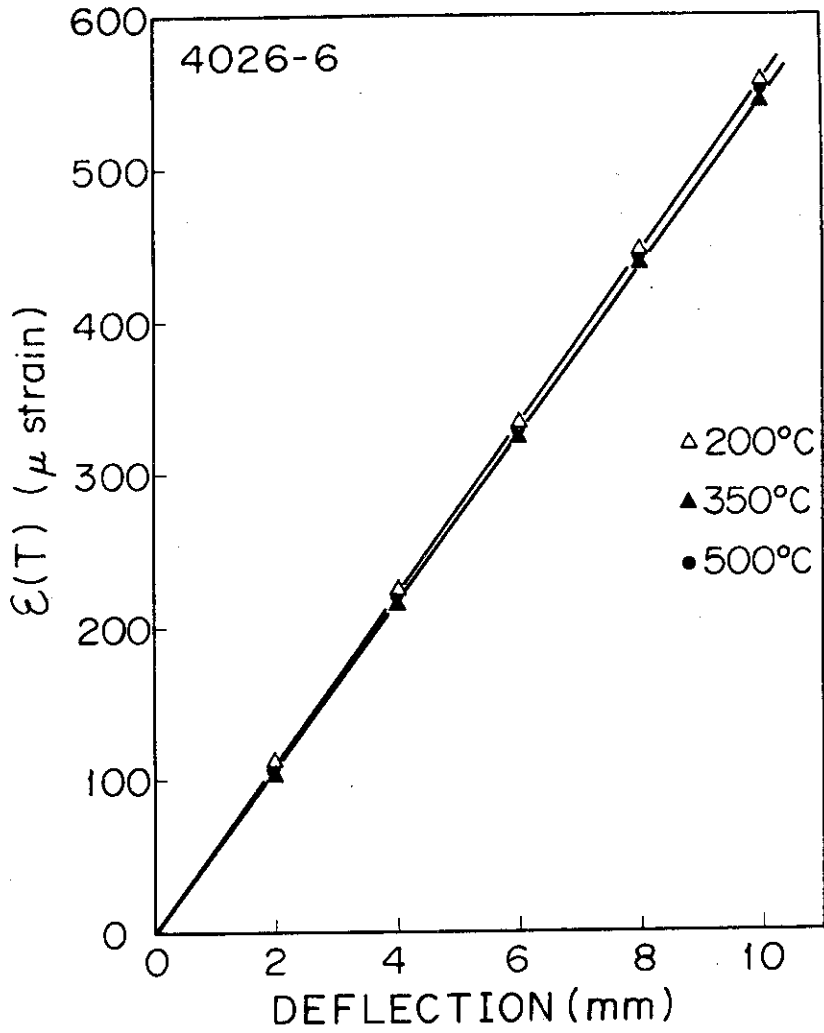


Fig.13 Relation between $\epsilon(T)$ and δ

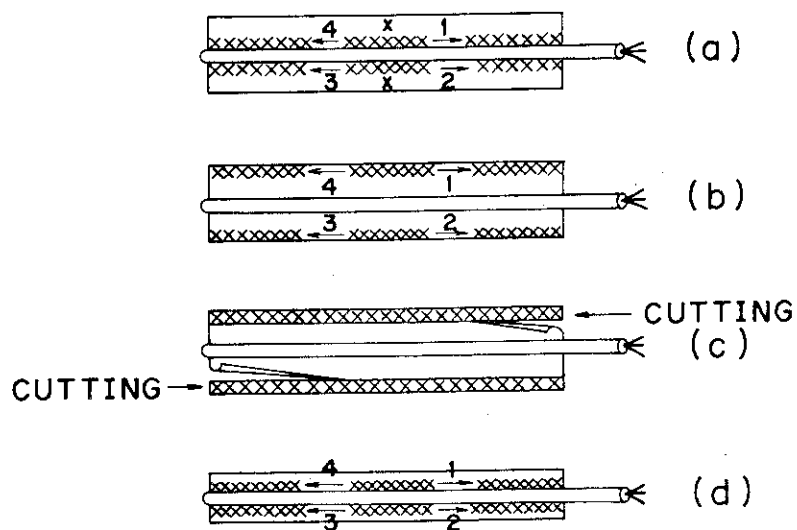


Fig.14 Weld sequence

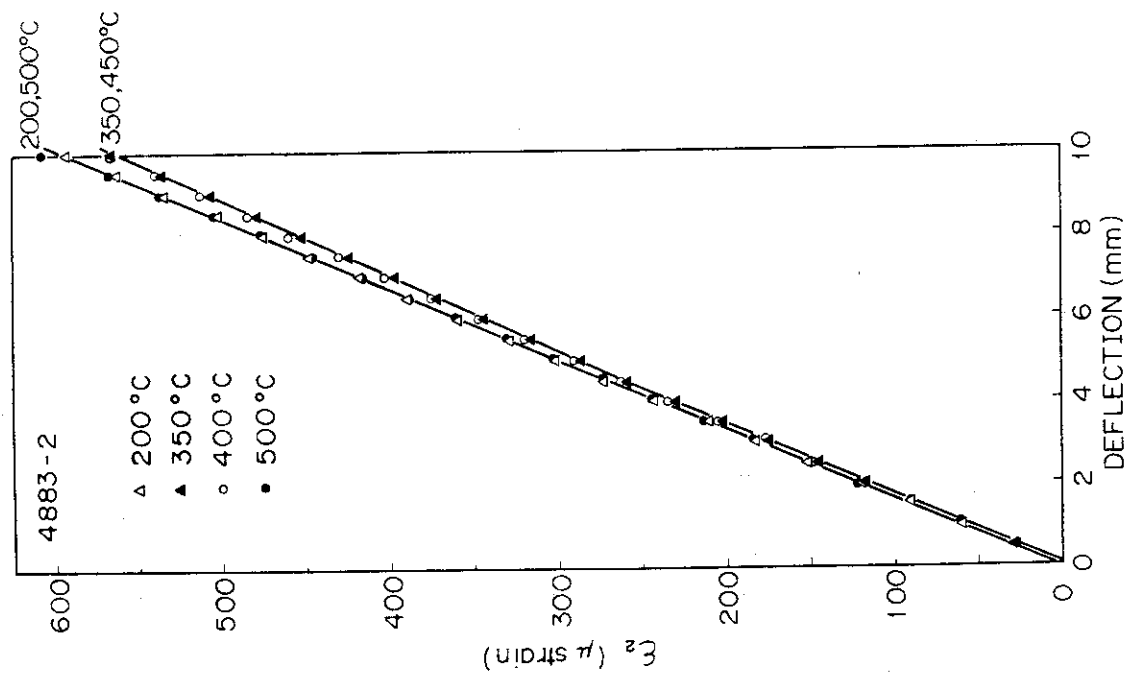


Fig.15 Relation between ϵ_2 and δ

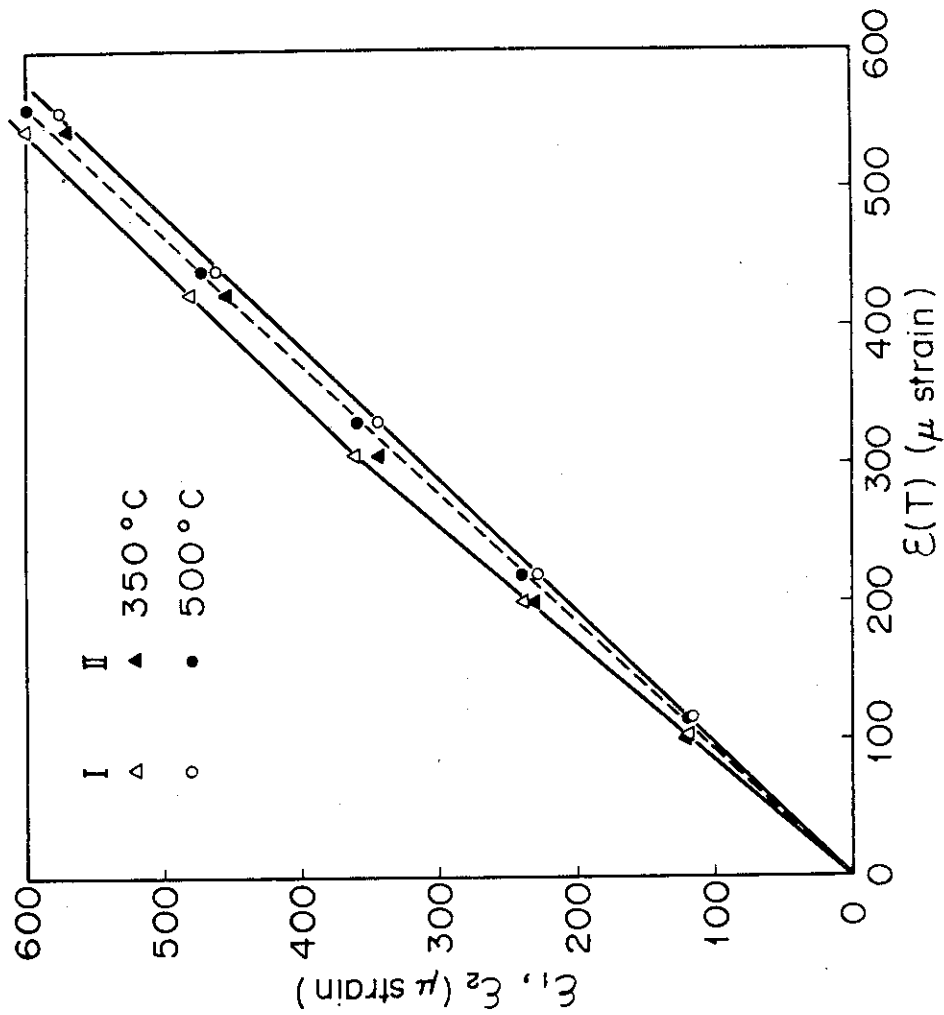


Fig.16 Relation between $\epsilon(T)$ and ϵ_1, ϵ_2