

(421)

密着二重管の高温強度の研究

(第1報: 三本棒モデルによる熱変形解析)

住友金属工業㈱ 中央技術研究所 時政勝行 田中健一  
新田 勲

1. 緒言

最近、密着二重管の高温での用途がふえているが、外面と内面で異なった耐食性が要求される二重管の性格上、オーステナイト鋼とフェライト鋼の組合せとなる場合が多く、このような場合には熱膨張係数の差に起因する熱応力や熱変形を考慮して、その使用限界を明確にする必要がある。

本報は、加熱冷却の繰返しを受ける密着二重管に生じる応力およびひずみを、三本棒モデルを用いて解析し、密着二重管を高温で使用する場合の強度上の基本問題を明らかにしたものである。

2. 検討方法

(1)三本棒モデル: 図1に密着二重管の三本棒モデルを示す。図において、 $\alpha_1, \alpha_2$ : 線膨張係数 ( $\alpha_1 < \alpha_2$ ),  $S_1$ : 棒Iの断面積の総和,  $S_2$ : 棒IIの断面積,  $\sigma_{y1}, \sigma_{y2}$ : 室温での降伏点,  $\sigma_{y1}', \sigma_{y2}'$ : 高温での降伏点,  $E_1, E_2$ : 弾性率(温度によらず一定)とする。このとき、棒I, IIに発生する応力を  $\sigma_1, \sigma_2$ , 外力  $W=0$  とすると、次式が成立する。

$$\sigma_1 S_1 + \sigma_2 S_2 = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

(2)温度波形: 棒I, IIとも図2に示す台形波状の温度の繰返しを受けるものとする。棒IとIIの自由熱膨張ひずみの差  $\delta$  は次式で与えられる。

$$\delta = (\alpha_2 - \alpha_1) \Delta T \quad \dots\dots\dots (2)$$

(3)降伏特性: 棒I, IIともすべての温度で完全弾塑性体であり、降伏点は引張側、圧縮側とも等しいと仮定する。

3. 結果

(1)加熱に伴い棒Iは引張変形し、棒IIは圧縮変形する。加熱時に棒I, IIのどちらかに塑性変形が生じる条件は

$$\delta > \sigma_{y1}' (1/E_1 + S_1/E_2 S_2) \text{ あるいは } \sigma_{y2}' (S_2/E_1 S_1 + 1/E_2) \dots (3)$$

(2)冷却時に棒I, IIのどちらかに塑性変形が生じる条件は

$$\delta > \min \{ (\frac{1}{E_1} + \frac{S_1}{E_2 S_2}) (\sigma_{y1} + \sigma_{y1}'), (\frac{S_2}{E_1 S_1} + \frac{1}{E_2}) (\sigma_{y2} + \sigma_{y2}'), (\frac{1}{E_1} + \frac{S_1}{E_2 S_2}) \sigma_{y1}' + (\frac{S_2}{E_1 S_1} + \frac{1}{E_2}) \sigma_{y2}', (\frac{1}{E_1} + \frac{S_1}{E_2 S_2}) \sigma_{y1} + (\frac{S_2}{E_1 S_1} + \frac{1}{E_2}) \sigma_{y2}' \} \dots (4)$$

(3)式(3)および(4)が成立するとき、断面積比  $S_1/S_2$  および棒I, IIの室温および高温の降伏点の大きさによって、棒Iと棒IIに生じるひずみの種類は表1のように分類される。ここで、

$\delta_p$ : 塑性ラチェットひずみ,  $\delta_c$ : クリープラチェットひずみ,  $\Delta \epsilon_{pp}, \Delta \epsilon_{pc}, \Delta \epsilon_{cp}$  および  $\Delta \epsilon_{cc}$ : Manson らの提唱する分割ひずみ範囲である。

(4)室温と高温での降伏点の大小関係が逆転する場合にはラチェット変形が生じる危険性があり、注意を要する。(ケースB, D)

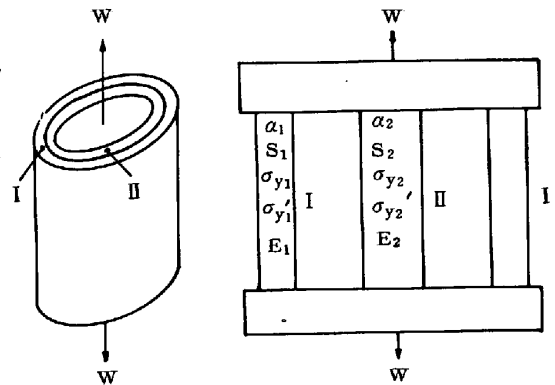


図1. 密着二重管の三本棒モデル化

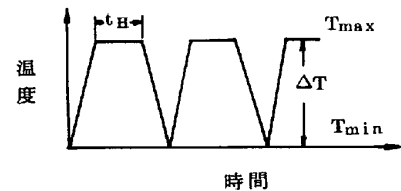


図2. 棒I, IIの温度変化状態

表1. 棒IおよびIIに発生するひずみの分類

ケース	条 件	発生するひずみ	
		棒 I	棒 II
A	$\sigma_{y1} < \frac{S_2}{S_1} \sigma_{y2}, \sigma_{y1}' < \frac{S_2}{S_1} \sigma_{y2}'$	$\Delta \epsilon_{pp} + \Delta \epsilon_{cc} + \Delta \epsilon_{cp}$	$\delta_c (-)$
B	$\sigma_{y1} < \frac{S_2}{S_1} \sigma_{y2}, \sigma_{y1}' > \frac{S_2}{S_1} \sigma_{y2}'$	$\Delta \epsilon_{cp}$ $\delta_p (-)$	$\delta_p (-)$ $\delta_c (-)$
C	$\sigma_{y1} > \frac{S_2}{S_1} \sigma_{y2}, \sigma_{y1}' > \frac{S_2}{S_1} \sigma_{y2}'$	$\delta_c (+)$	$\Delta \epsilon_{pp} + \Delta \epsilon_{cc} + \Delta \epsilon_{pc}$
D	$\sigma_{y1} > \frac{S_2}{S_1} \sigma_{y2}, \sigma_{y1}' < \frac{S_2}{S_1} \sigma_{y2}'$	$\delta_p (+)$ $\delta_c (+)$	$\Delta \epsilon_{pc}$ $\delta_p (+)$