

(580) X線法によるチタンクラッドステンレス鋼の熱応力測定

近畿大学工学部
長崎総合科学大学

蒲地 一嘉
石田 毅 谷 昇

1 緒言 筆者らはX線応力測定法の非接触性に注目して、各種複合材料の熱応力測定を行なっている。¹⁾ 本報告では、純チタン(Ti)とオーステナイト系ステンレス鋼(SUS)の爆着によるクラッド材の熱応力を室温~500℃の温度域で測定したので、その結果を述べる。

2 実験方法 Tiの熱応力を算出するには、無ひずみ時の回折角度 $2\theta_0$ およびX線の弾性係数 K 値の温度依存性を調べておく必要がある。その供試材として板厚 l mmのTi板を用い、回折面には $C_0K\alpha$ 線{11.4}を選んだ。 $2\theta_0$ はX線入射角 $\psi_0=0^\circ\sim40^\circ$ の平均値から求め、 K 値は負荷応力 σ_M に対する $2\theta_0/\sin^2\psi$ の勾配の逆数から求めた。ただし $\psi=90^\circ-\theta_0+\psi_0$ 、 $2\theta_0$ は ψ における回折角度である。

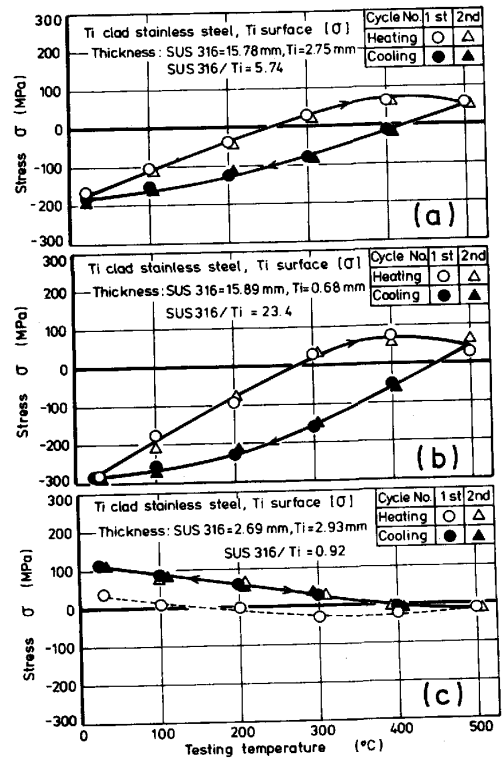
Tiクラッド鋼の熱応力測定に用いた供試材は板厚3mmのTi板を合せ材に、板厚16mmのSUS316を母材とした300x400mmの爆着クラッド材である。これより爆着方向に長さ60mm幅20mmの矩形試験片を切り出し、標準試験片とした。さらにTi又はSUS側を切削除去することにより、SUS/Tiの板厚比を徐々に変化させた試験片も作成した。応力測定方向は爆着方向とし、室温~500℃の熱サイクルにおける熱応力を100℃おきに測定した。なお測定はすべて大気中で行ない、試験片の拘束は行なっていない。

3 実験結果および考察 Tiの $2\theta_0$ (°)および K 値(MPa/°)と試験温度 T (°C)の関係は次の実験式で表わされる。

$$2\theta_0 = 155.03 - 3.50 \times 10^{-3} \cdot T - 1.82 \times 10^{-6} \cdot T^2 \quad \left. \begin{array}{l} \text{R.T.} \sim 500^\circ\text{C} \\ K = -165.3 + 7.15 \times 10^2 \cdot T + 6.93 \times 10^{-5} \cdot T^2 \end{array} \right\} C_0K\alpha \text{線} \{11.4\}$$

これらの値を用いてTi側の熱応力測定を行なった結果をFig. 1に示す。(a)は受入時の板厚比SUS/Ti=5.74の場合である。室温の応力値は約180MPaの圧縮応力であり、熱応力挙動は右上りのループを描く。(b)はTi側を切削除去してSUS/Ti=23.4とした場合の熱応力挙動である。室温の圧縮応力は前者よりも大きい。500℃の応力値は前者とほぼ同じである。(c)はSUS側を切削除去してSUS/Ti=0.92とした場合である。その熱応力挙動は前二者とは逆に室温では約100MPaの引張応力、500℃ではほぼ零となる右下りの線で表わされる。このような熱応力挙動はTiの熱膨張係数($8.4 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, at 20°C)¹⁾とSUS316のそれ($16.0 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, at $0\sim100^\circ\text{C}$)²⁾の差に基づくものと考えられる。高温域にTiとSUSの応力が零であると仮定すると、冷却過程ではTiよりもSUSの方が熱収縮量が大きいため、室温ではTi側の圧縮応力が発生する。しかもTi層の薄い程その応力は高くなる。しかしながらそれと同時にTi側が凸となる曲げ変形が生じる。したがって、TiとSUSの板厚がほぼ等しい場合、母材の曲げ拘束力が弱くなるため、Ti表面では室温で引張応力になるものと思われる。また熱応力挙動がループを描く原因は加熱時の高温域、冷却時の低温域でのTi層の降伏であると考えられる。

参考文献 1)川野,石田,蒲地:鉄と鋼, 66(1980), P.702 2)ASM:Met. Handbook, 8th ed. vol.1(1961)P.49 3)同左P.423



(a) Ratio of thickness, SUS316/Ti=5.74 (As received)
(b) SUS316/Ti=23.4
(c) SUS316/Ti=0.92

Fig.1 Thermal stresses of Ti clad stainless steels on Ti surface