

(729)

接合中に生ずる熱応力の緩和

(Si₃N₄/Nimonic 固相拡散接合技術の開発-1)

日本鋼管(株)中央研究所 ○工博 山田武海

関口英男、岡本寛己、東 祥三、北村 昭

I. 緒 言

セラミックスを金属と接合した状態で使う場合、セラミックスと金属の熱膨張差によって生ずる熱応力をどのように緩和するかが重要である。とくに高温での用途を考えると、使用される金属材料は比較的熱膨張係数の大きなオーステナイト系耐熱鋼や Ni 基耐熱合金を使わなければならない場合が多くなると予想される。そこで、構造用セラミックスの代表として Si₃N₄ を、耐熱金属材料の代表として Nimonic 80A をそれぞれ選び、双方の材料を固相拡散法により接合するときに生ずる熱応力を軟質金属と低熱膨張金属をインサートして緩和することを試みた。

II. 接合体に生ずる熱応力の解析方法

軟質金属と低熱膨張金属をインサートすることによる熱応力の軽減効果を調べるため、Fig. 1 に示す2つの形状の接合体を1,000℃で接合して25℃まで冷却したときに生ずる熱応力をFEMにより弾塑性解析した。なお接合用のインサート材としては比較的低温で接合が生じる Ni を、熱応力緩和用のインサート材としては Cu 又は Ni (以上軟質金属) 及び Ko (コパール)

又は W (以上低熱膨張金属) を用いた。熱応力緩和効果は Si₃N₄ 中に生ずる最大主応力 (σ_s) の大小によって評価した。

III. 熱応力解析結果

解析結果の一部を Fig. 2 及び 3 に示す。本解析により得られた結論は以下のである。

1) σ_s は A タイプの接合体の場合は接合界面付近の外周側に、B タイプの場合は Si₃N₄ 肉厚中心付近の外周側にそれぞれ現われる (Fig. 2 参照)。

2) σ_s はインサート材の組み合わせに著しく依存する。解析した組み合わせの中では 0.1Ni/0.7Ko/0.3Cu をインサートした場合の σ_s が A タイプでは 9 Kgf/mm²、B タイプでは 23 Kgf/mm² と最小値を示した。因に A タイプを直接接合したときの σ_s は 63 Kgf/mm² であり、Si₃N₄ の引張強度以上の値になってしまう。

IV. 接合体の強度評価

上記の Ni/Ko/Cu をインサートして、950℃以上の温度、3 Kgf/mm²以上の圧力、2h 以上の時間及び 1.0×10^{-3} torr で B タイプの接合体を12本作成して、それらの室温における引張試験をした。引張強度は 9.6~16.7 Kgf/mm² (相加平均 11.7 Kgf/mm²) であった。又、破壊はいずれも Si₃N₄ 中で生じていた。

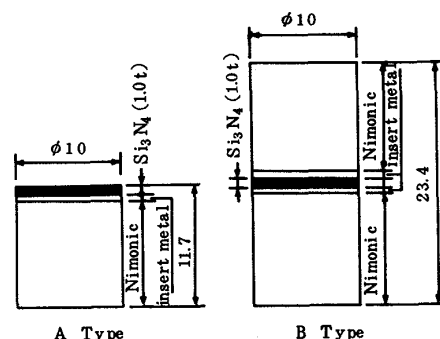


Fig. 1 Analytical model.

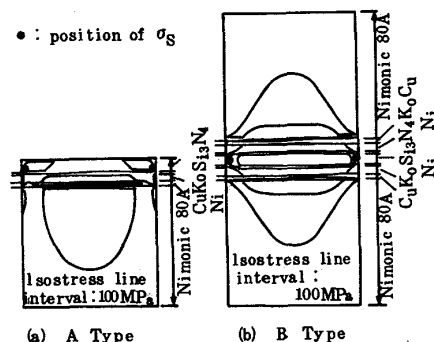
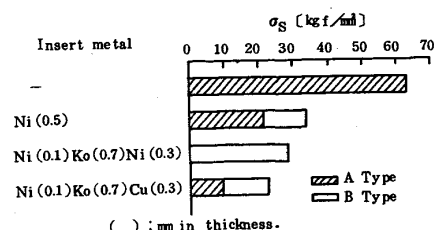


Fig. 2 Isostress diagram in axial direction. (0.1 Ni/0.7 Ko/0.3Cu inserted)

Fig. 3 Max. Principal stress in Si₃N₄.