

東京工業大学 大学院理工学研究科 ○ 恩澤 忠男
飯山 孝志
松田 鋼

Development of titanium- based brazing filler metals with low-melting-point

by Tadao Onzawa and Takashi Iiyama and Ko Matsuda

1. 緒言

チタン及びチタン合金は軽量かつ比強度が高く、その優れた耐食性と良好な生体適合性から様々な用途に用いられている。複雑な形状の生体インプラント材やセンサーなどの精密構造部品の作製にはろう付が最適である。ろうは低融点で、ぬれが良く、かつ接合後母材とろう層が均質になることが望ましい。当研究室では従来から Ti-Zr-Cu の 3 元ろうを基本にした低融点 Ti 基ろうの開発研究^{1) 2)}を行ってきた。本研究では Ti-Zr-Cu の 3 元ろうを基本に、第 4 元素として Ni, Co, Cr を添加し、低融点組成領域の探索を行った。探索したろうを用いてろう付し、界面組織観察及び接合強度実験を行い、その実用性を検討した。

2. 実験方法

真空アーク溶解炉を用いボタンインゴット（約 20g）を作製し、Fig. 1 の装置により融点測定を行った。Ar ガス雰囲気中で、高周波加熱装置で溶解し熱分析を行った。温度測定は K 熱電対、ルツボには黒鉛を用いた。また、合理的な低融点の探索法として、測定点数を減らすため低融点探索アルゴリズムを用いた³⁾。具体的には、まずある組成で熱分析し、組織観察によって最低融点の共晶部を SEM-EDS で分析、それを繰り返し均一共晶相になるまで探索する手法である。

3. 各種ろう材の低融点

各種ろう材の熱分析を行い低融点の組成を探索した結果を示す。Fig. 2 は Ti-Zr-Cu 成分の濃度図に、その組成での融点を記載したものである。楕円表示部が低融点を示したろう組成である。Fig. 3, 4, 5 は Ti-Zr を 1:1 の割合とし第 4 元素 (Ni, Cr, Co) を添加した融点測定結果である。（Fig. 3, 4, 5 で三角形の欄外の矢印表示は、低融点組成のものをスタート点に共晶探索法で得られた組成および融点を示す。）

4. 接合強度測定

アモルファス作製装置を用いて、以下に示す組成で各種の低融点ろうの薄帯 (50 μm 厚) を作製した。ろ

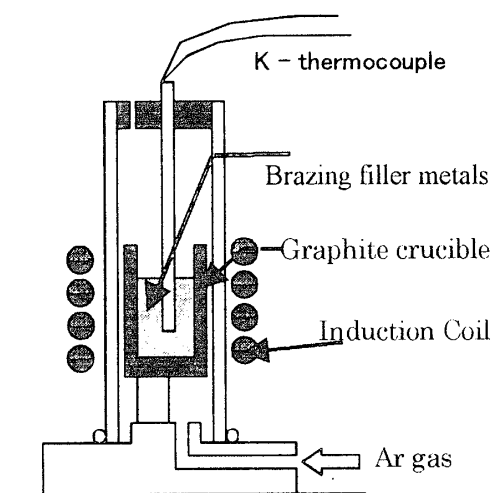


Fig.1 Thermal analysis equipment

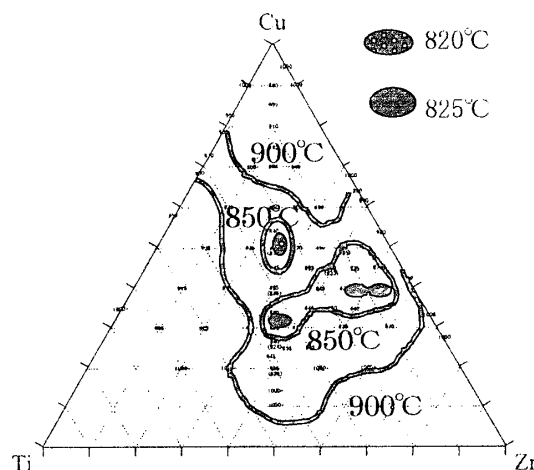


Fig.2 Ti-Zr-Cu ternary diagram

うの融点はおよそ 825°C 前後である。

- ① 37.5Ti-37.5Zr-25Cu 3 元ろう
- ② 25Ti-25Zr-50Cu 3 元ろう
- ③ 37.5Ti-37.5Zr-15Cu-10Ni Ni 添加 4 元ろう
- ④ 37.5Ti-37.5Zr-20Cu-5Co Co 添加 4 元ろう
- ⑤ 30Ti-43Zr-25Zr-2Cr Cr 添加 4 元ろう

これらの薄帯をインサート材として, CPTi 並びに Ti-6Al-4V チタン合金の 10mm の丸棒を母材として真空中 (10^{-3} Pa) で高周波誘導加熱装置による突合せ接合を行い, 引張強度試験および接合後の界面の組織観察を行った。ろう付部接合強度測定結果を Fig. 6 に示す。

5. 結果と考察

Ti 基低融点ろうの開発研究を行ってきたが, めれや強度などを考慮した場合 820°C 程度が最低融点であり, これより低融点ろうの開発は困難であると思われる。また 22.8Ti-25.2Zr-52Cu 組成のろうは黒鉛に対して顕著なめれを示し, 熱分析過程でポーラスな黒鉛ルツボに浸透した。

強度試験結果より接合温度 900°C, 保持時間 5 分ですべてのろうが良好な接合強度 (母材並の強度) を示した。また界面部の線分析 (SEM-EDX) 結果より, ろう層と母材はかなり均質になっている。(Fig. 7)

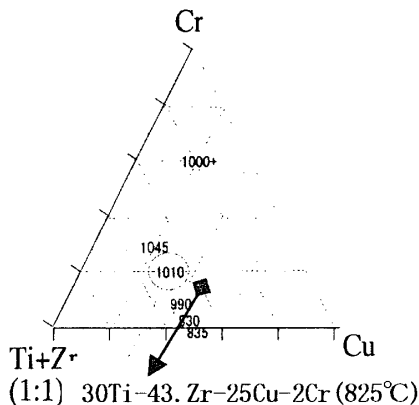


Fig.5 (Ti+Zr)-Cu-Cr ternary diagram

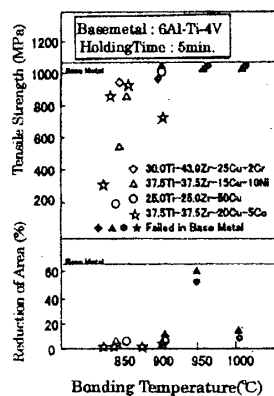


Fig.6 Tensile strength of brazed joints

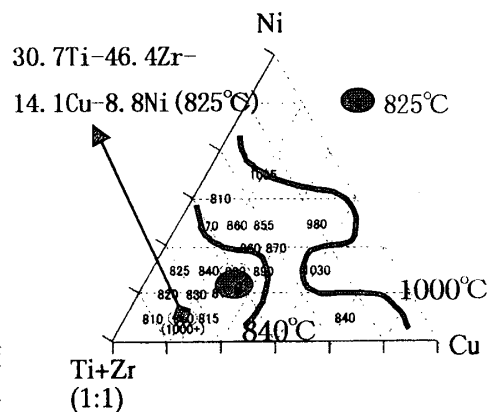


Fig.3 (Ti+Zr)-Cu-Ni ternary diagram

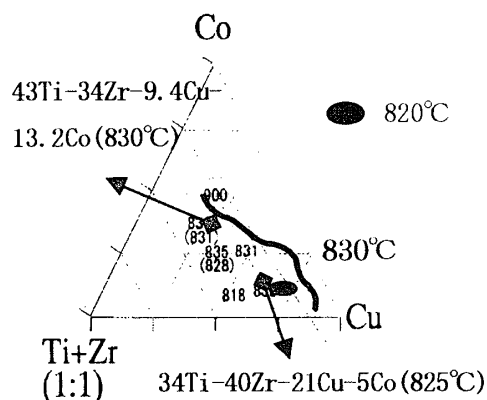


Fig.4 (Ti+Zr)-Cu-Co ternary diagram

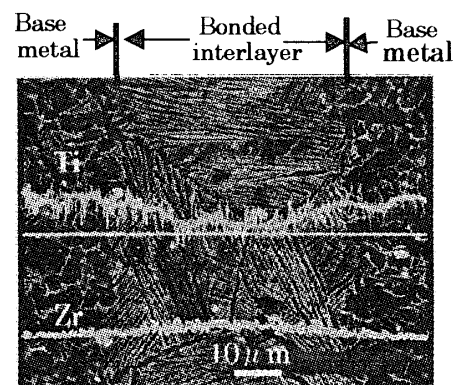


Fig.7 SEM image of bonded interface (37.5Ti-37.5Zr-25Cu)

参考文献

- 1) 恩澤忠男, 鈴木暁男, 高 明玩「Ti 基アモルファスろうによる CPTi 及び Ti-6Al-4V ろう継手の組織と機械的性質」溶接学会論文集 5-2(1987)21-26
- 2) 恩澤忠男, 鈴木暁男, 高 明玩「Ti-Zr 基ろうを用いた超高純度アルミナとチタンのろう付性」溶接学会論文集 7-1(1990)124-129
- 3) 恩澤忠男, 飯山孝志, 門田俊彦「Cr を添加した Ti 基ろうの開発」溶接学会全国大会秋期講演概要第 65 集(1999)124-125