

## 一般研究

# 1 特殊金属材料の精密ろう付技術の研究

## —Tiとステンレス鋼及びTiとAlとの異材ろう付—

材料開発部 清 高 稔 勝

### 要 旨

チタンについて、シート状ろう材を用いてアルミニウムとステンレス鋼のろう付性を組織及び継手強度から検討した。その結果チタン—アルミニウム間では、アルミニウム基のろう材によりアルミニウムとほぼ同程度の強度がえられた。一方チタン—ステンレス鋼では、チタン基のろう材が銀系ろうより強度は上がったが、両ろう材とも反応層が数種類形成しており、母材並の強度は得られなかった。

### 1. はじめに

ろう付は、接合対象材料間に接合対象材料よりも融点の低い材料(ろう材)を挟み、ろう材の融点以上に加熱して、接合対象材料とのぬれや流れをもって接合する方法である。よって継手形状が限定されている他の接合方法に比較して、簡便に形状の複雑な材料を接合することが可能である。

前年度は、Ni基のシート状ろう材を用いてステンレス鋼についてろう付性を検討した。今年度は、軽量化や耐食性の観点から近年各種機械器具及び構造物で部材として使用されるようになってきたチタンについてステンレス鋼及びアルミニウムとのろう付性を検討した。

### 2. 実験方法

接合用材料は、チタンにTP35C、ステンレス鋼にSUS304、アルミニウムにA1050を使用した。また供試ろう材は、市販のブレージングシート(BAS241P、皮材4005、心材3003、厚さ150 $\mu$ m)とチタン系アモルファスろう(Ti—25Zr—50Cu、厚さ50 $\mu$ m)及び銀系ろう(Ag—26Cu—2Ti、厚さ100 $\mu$ m)を使った。

ブレージングシートはチタンとアルミニウムろう付に、またチタン系アモルファスろうと銀系ろうはチタンとステンレス鋼のろう付に使用した。

各母材の形状は、 $\Phi 12 \times 50$ mmで、継手形状はろう材を接合面中央に挟んだ突合せ継手とした。接合面に挟むろう材形状は、ブレージングシートと銀系ろうが $\Phi 8$

mm、チタン系アモルファスろうが $\Phi 6$ mmとした。

母材接合面は、エメリー研磨紙で#400まで仕上げた。

ろう付は、真空抵抗加熱炉を使用し、接合時の雰囲気は真空中 $1.3 \times 10^{-2} \sim 10^{-3}$ Paであった。ろう付温度は、ブレージングシート605~625 $^{\circ}$ C、Ti系アモルファスろう900 $^{\circ}$ C、銀系ろう870 $^{\circ}$ Cで行った。ろう付温度までの昇温時間は、1時間一定とした。

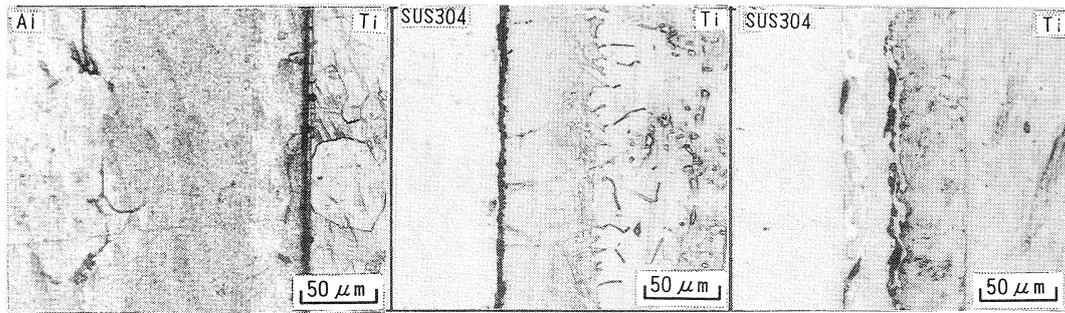
またろう付時に試験片ずれを防ぐために、0.7kgfの重りを試験片に載せた。

### 3. 実験結果

#### 3.1 ろう付部断面組織及び硬さ

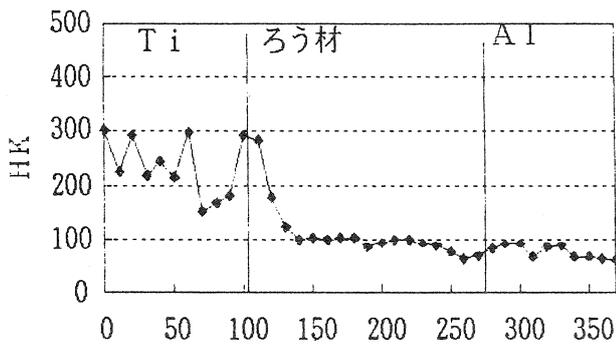
写真1(a)は、チタン—アルミニウムろう付継手部の断面組織写真である。ろう材では、皮材と心材が明瞭に識別できる。またろう材がアルミニウム基であるため母材のアルミニウム側との界面は、光学顕微鏡で識別できない部分が認められた。一方ろう材とチタンと界面は、反応層が認められ、ろう付時間に比例して成長していた。また継手破断面のX線回折から金属間化合物のTiAl<sub>3</sub>のピークが認められたが、先のろう材—チタン間の反応層がTiAl<sub>3</sub>だと考えられる。図1(a)は、チタン—アルミニウムろう付継手部断面の硬さ分布を示す。ろう付部—アルミニウム間では硬さの変化が来られない。しかしろう付部—チタン間では、母材部分の硬さのばらつきはあるが、チタン側ろう付部で硬さの漸進的な変化が認められ、この部分がTiAl<sub>3</sub>層と思われる。

写真1(b)と(c)は、チタン—ステンレス鋼継手部

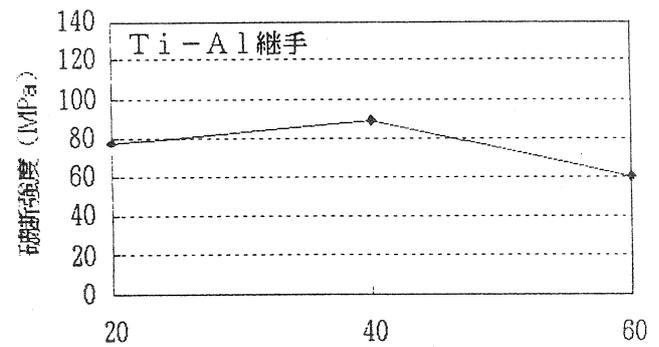


(a)Ti-Al (b)Ti-SUS304 (c)Ti-SUS304  
(チタン系アモルファスろう) (銀系ろう)

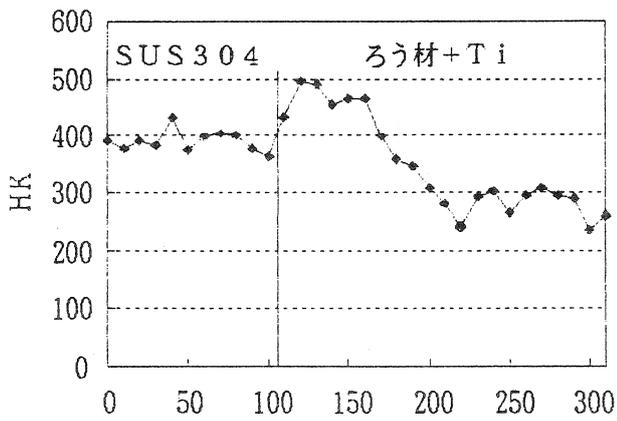
写真1 ろう付継手の断面組織



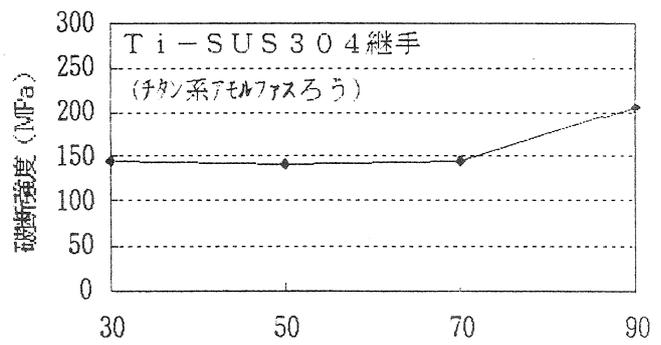
(a)Ti-Al継手



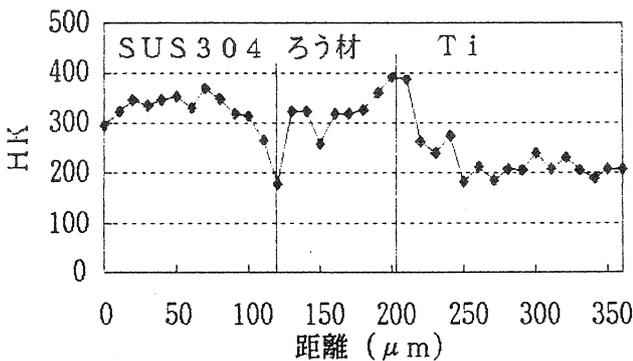
(a)



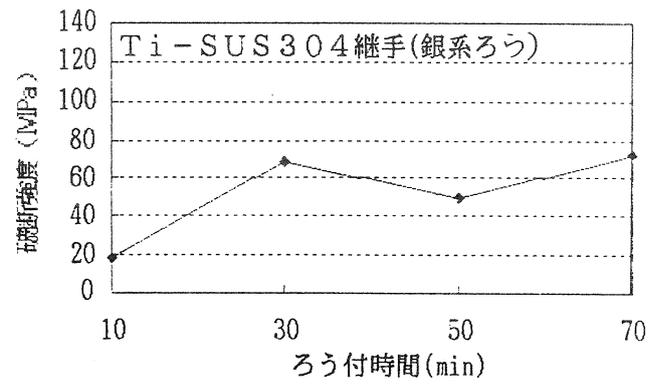
(b)Ti-SUS304継手(チタン系アモルファスろう)



(b)



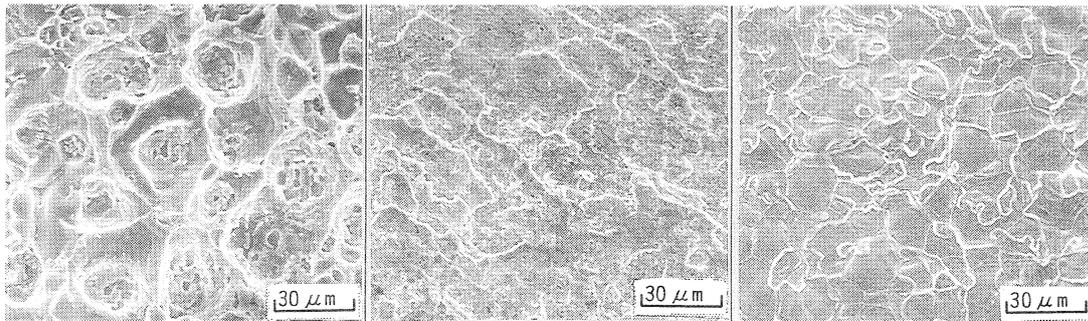
(c)Ti-SUS304継手(銀系ろう)



(c)

図1 ろう付継手断面の硬さ分布

図2 ろう付継手の引張強度



(a)Ti-Al

(b)Ti-SUS304  
(チタン系アモルファスろう)(c)Ti-SUS304  
(銀系ろう)

写真2 継手引張断面写真

の断面組織写真である。

チタン系アモルファスろうによる継手では、ろう材とチタン側との明瞭な界面は見られない、ろう材からチタン側に対して針状に反応層が成長しているが解り、その厚さはろう付時間に応じて増している。

一方ステンレス鋼側とは、界面で薄い反応層が認められる。また図1-(b)のろう付部断面の硬さ分布が示すようにろう材部分の硬さが上がっている。

写真1-(c)は、銀系ろうを使用したチタン-ステンレス鋼継手部の断面組織写真であるが、数種類の反応層が観察される。図1-(c)は、その断面硬さ分布であるが、ろう付部の反応層の一部に他の反応層より低い場所が認められる。

### 3. 2 ろう付部の引張強度

図2は、チタン-アルミニウムろう付継手及びチタン-ステンレス鋼継手(チタン系アモルファスろうと銀系ろう)のろう付時間と引張強度の関係を示したものである。

チタン-アルミニウムろう付継手では、ろう付時60minで少し強度が下がっている。破断した継手部の断面組織を調べたが、破断箇所は、ろう材-アルミニウム界面で破断しており、強度による破断箇所の違いはなかった。

チタン-ステンレス鋼継手については、チタン系アモルファスろうと銀系ろうとも、ろう付時間に比例して強度が増している。しかし破断強度は、チタン系アモルファスろうを使用した方が強かった。また破断箇所は、両ろう材ともにろう付部とステンレス鋼界面部の生成した反応層部分であった。特に銀系ろうを使用した継手では、

ろう付部反応層間にポイドがあるものもあり、この部分が強度低下の原因となっていると考えられる。またチタン系材料間については、チタン系アモルファスろうと銀系ろうを使った報告があり、母材強度に匹敵する継手強度を得ているが、一方チタンと異種材料ろう付の場合反応が複雑であり、幾つも反応層ができています。これら生成層が、チタン同種間ろう付に比較して、強度低下の原因となっていると思われる。

写真2は、破断面の写真である。チタン-アルミニウムろう付継手では、デンプル状と一部脆性状破面が見られる、またチタン-ステンレス鋼継手では、チタン系アモルファスろうでやや延性的、また銀系ろうで脆性的な破面となっている。

### 4. まとめ

- (1) プレーイングシートを使用したチタン-アルミニウム間ろう付では、破断強度が最大で約80MPaあり、アルミニウム母材強度に匹敵する継手を得られたが、接合圧力の有無によって強度にはばらつきがあった。
- (2) チタン-ステンレス鋼ろう付では、チタン系アモルファスで最大約200MPaと銀系ろうで最大約70MPaであった。また破断は、チタン-ステンレス鋼界面に形成する反応層から生じていた。

### 参考文献

- 1) 清高：特殊金属材料の精密ろう付、平成5年度大分県工業試験場研究報告
- 2) 恩沢他：Ti系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、No5、(1987)

- 3) 恩沢他：Ti-Zr 基ろうを用いたチタン接合部の  
マイクロ組織、溶接学会論文集、No7、(1989)
- 4) 竹本他：ステンレス鋼銀ろう付継手の強度に及ぼす  
銀ろう組成の効果、溶接学会論文集、No6、(1988)
- 5) 圓城他：チタンとアルミニウムの拡散溶接、溶接学  
会誌、No46、(1977)
- 6) 伊藤他：イオンプレーティングを利用した拡散接合、  
三重県工業技術センター研究報告、No16、(1992)