

Fig. 5 Microstructures and EPMA analyses at the interface of the joint metallized at various temperatures and brazed with FZn30 filler metal. Metallizing temperature is (a): 1073 K, (b): 1123 K and (c): 1173 K (F.M.: Filler metal).

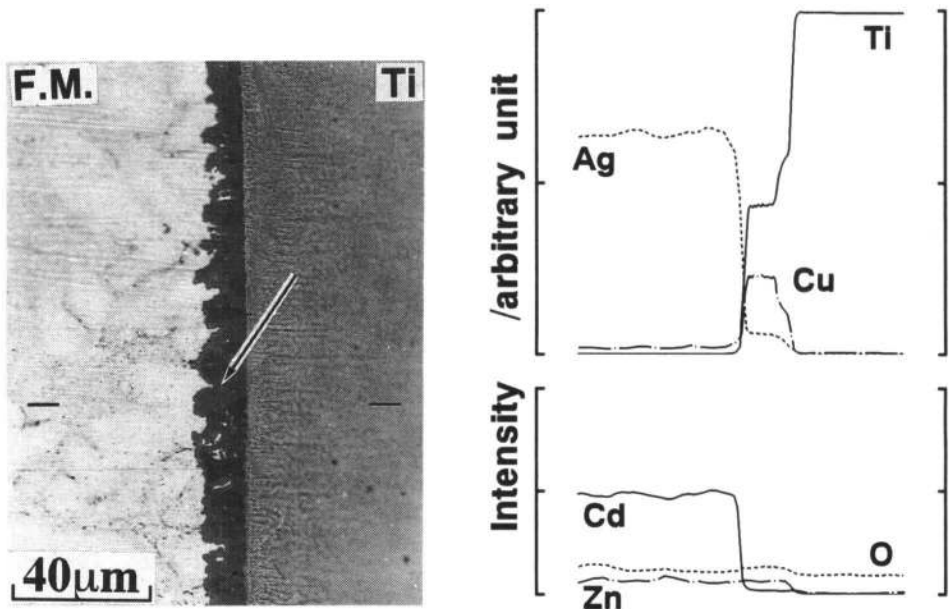


Fig. 6 Microstructure and EPMA analysis at the interface of the joint brazed with BAG-1 filler metal.

カーズ硬さは約330 HVと硬く、脆弱なことから FZn30 の場合より低い強さとなったものと考えられる。

### 5.2 継手の引張強さに対する Zn 添加量の影響

引張強さに対する Zn 添加量の影響を調べるため、亜鉛含有量の違う 4 種類の FZn タイプろうを用いてろう

付した。メタライジング温度を1123 K、ろう付温度1023 Kとした時の引張強度を Fig. 7 に示す。但し、FZn20 ろうについては、ろう材の融点が高いためろう付温度を 1073 K とした。

引張強さは、Zn 添加量が30%の FZn30 で最大となり、

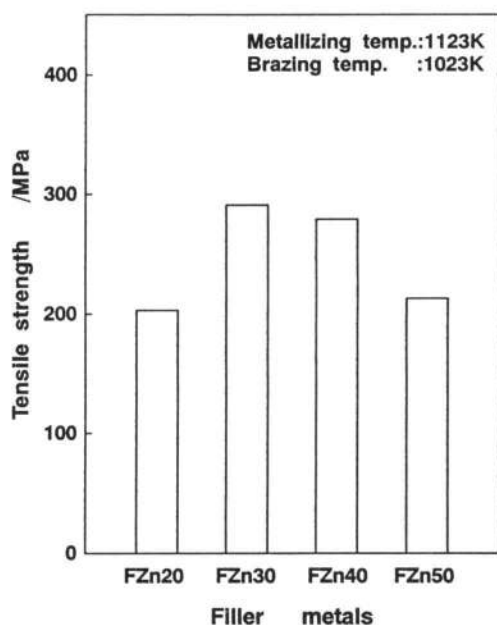


Fig. 7 Tensile strength of the joint brazed with FZn types of filler metals.

50%添加の FZn50 では約210 MPa に低下した。

Fig. 8 の(a), (b), (c)と(d)にそれぞれ FZn20, FZn30, FZn40 および FZn50における接合界面の組織を示す。

FZn20 および FZn30 の接合界面にはいずれも反応相がみられるが、破断はろう相中で生じていた。FZn20 の場合の引張強さが FZn30 の場合より低いのは、ろう材の液相線が上昇してぬれ性が劣化することと、ろう自体の強さが減少するためと思われる。

Zn 添加量が40%の FZn40 では、FZn30 に比して反応相の厚さは若干増しており、ろう材側では粒状晶となっている。破断はこの反応相の粒状晶部近傍あるいはろう相中から生じていた。

FZn50 での反応相は、上記の FZn40 の場合よりも肥大な粒状晶 (矢印) となり、破断は主にこの粒界から生じていた。この粒状晶の EPMA の定量分析結果は Ti : 38.0%, Zn : 51.1%, Ag : 6.6%, O : 4.3% であり、その組成比から主に ZnTi からなると考えられる。この粒状晶の硬さは約275 HV と高く、これが、この場合の強さの低下の要因と考えられる。

### 5.3 継手の引張強さに対する Cu 添加量の影響

FZn30 を用いた場合、破断はろう相中で生じていることから、ろう材自体の強さを上昇させれば、継手強さも上昇することが予想される。そこで FZn30 に Cu を 2%, 5%, 10% および 15% 添加してその効果を調べた。Ag と Zn との質量比は、前節において高い強さが得られた Ag : Zn = 70 : 30 とした。試作したろう材 (FCu タイプ) の組成を Table 2 に示す。

FCu タイプろうを用いてメタライジング温度1123 K、ろう付温度1023 K で接合した場合の引張強さを FZn30 の場合とともに Fig. 9 に示す。5%までの Cu の添加は有効であり引張強さを上昇させ、最大強さは Cu を 5% 添加した FCu5 において316 MPa が得られた。しかし、10%以上の Cu 添加では引張強さは低下した。

FCu2, FCu5, FCu10 と FCu15 における接合界面組織

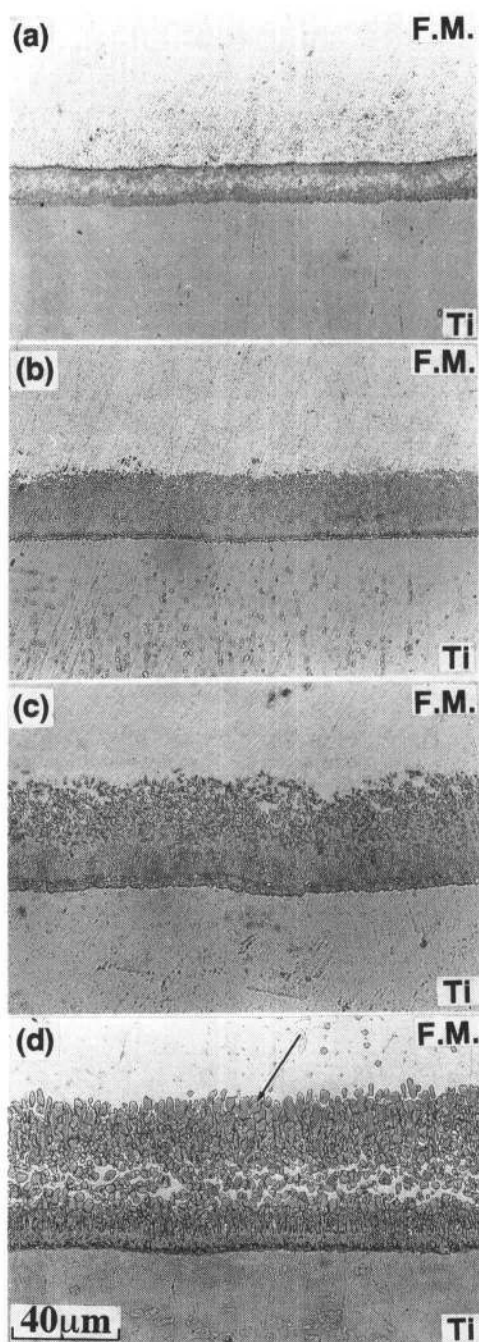


Fig. 8 Microstructures at the interface of the joint brazed with FZn types of filler metals (a): FZn20, (b): FZn30, (c): FZn40 and (d): FZn50.

を Fig. 10 の(a), (b), (c)と(d)にそれぞれ示す。

FCu2 の場合の反応相 (矢印 a) は、FZn30 と同様な組織を呈しているが、FZn30 の場合の反応相より約10  $\mu$ m 薄くなっている。FCu5 では反応相 (矢印 b) の厚さはさらに薄くなっている。FCu2 と FCu5 の場合、破断は FZn30 と同様にろう相中で生じた。ここで、FZn30 でのろう部の硬さは約107 HV であり、FCu5 のそれは約117

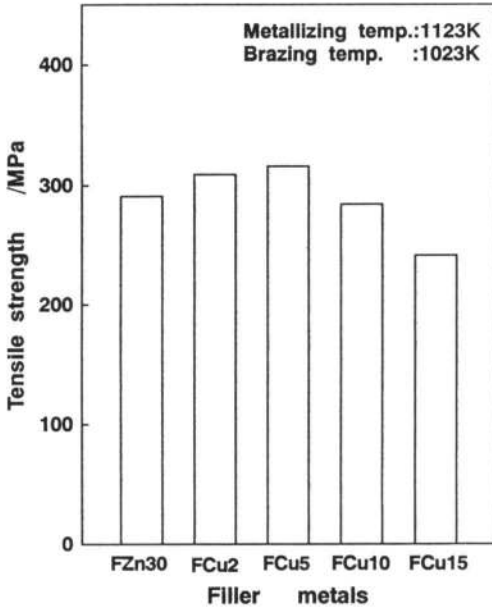


Fig. 9 Tensile strength of the joint brazed with FCu type of filler metals.

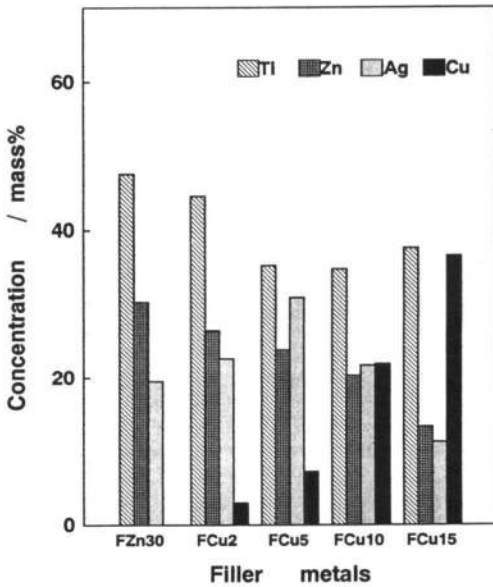


Fig. 11 Compositions of the reaction layer at the interface of the joint brazed with FZn30 filler metal and FCu types of filler metals.

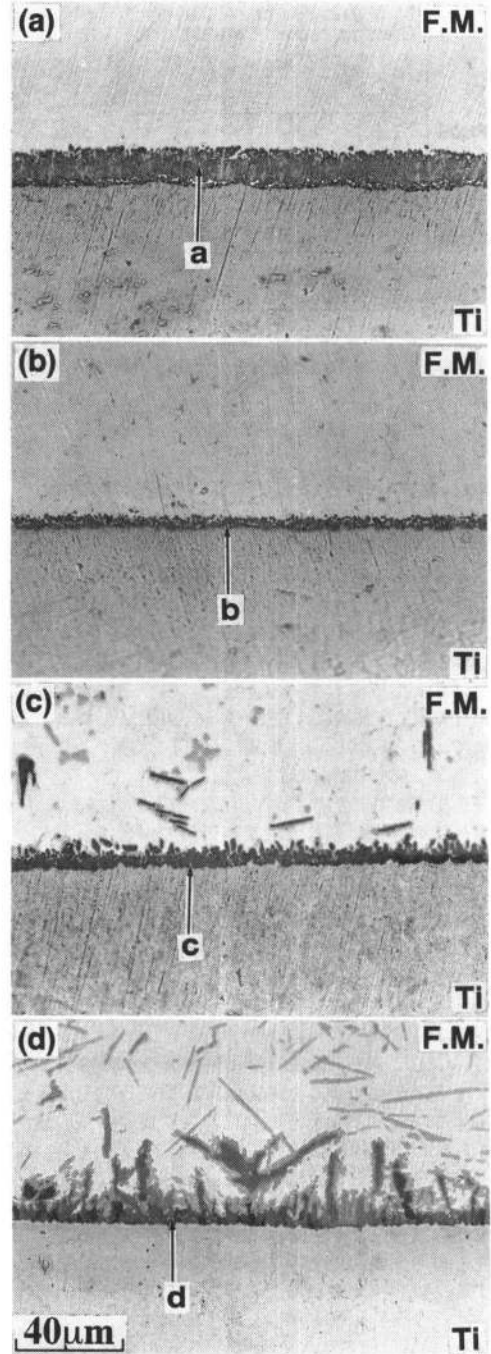


Fig. 10 Microstructures at the interface of the joint brazed with FCu types of filler metals (a): FCu2, (b): FCu5, (c): FCu10 and (d): FCu15.

HVであった。Cu添加によってろう材の強さが増して継手引張強さが上昇したものと考えられる。

Cu添加量が多くなると、FCu10やFCu15の様に、接合界面にCuが偏析しはじめ、再び反応相(矢印c、d)が成長している。FCu10とFCu15の場合の破断は、いずれもこれらの反応相内で生じていた。

各ろう材における反応相のEPMAの定量分析結果を

Fig. 11に示す。Cuの添加量が増すとともに、反応相中のZnが減少してCuの濃度が増加している。すなわち、Cuを添加することによって、TiとZnの相互拡散が抑えられ、TiとZnからなる反応相の形成が抑制される。しかし、Cuの添加量が増えると、TiとCuの金属間化合物が大きく成長して引張強さの低下が生じる。

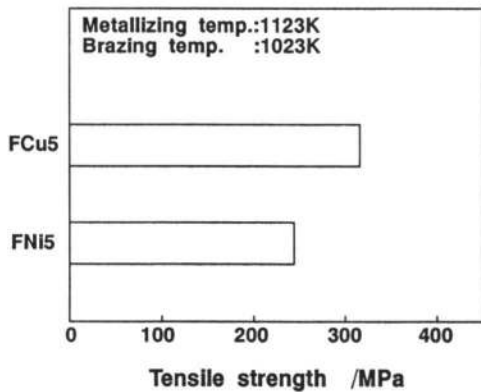


Fig. 12 Tensile strength of the joint brazed with FCu5 and FNi5 filler metal.

5.4 継手の引張強さに対する Ni 添加の影響

FCu5 に Ni を 2% 添加した FNi5 ろう材を用い、前節と同じ条件で接合した場合の引張強さを Fig. 12 に示す。引張強さは約 220 MPa であり FCu5 の場合よりも低下した。

Fig. 13 に接合部の組織と EPMA の線分析結果を示す。母材側界面には、FCu5 の場合と同様な黒くみえる薄い反応相が形成されている。また、ろう中には灰色の粒状相 (矢印) が層状に点在している。EPMA による定量分析で、この粒状相の平均組成は Ti: 33%, Ni: 38%, Zn: 10%, Ag: 13%, Cu: 4%, O: 2% であり主に Ni と Ti の金属間化合物 TiNi からなるものと推測できる。破断はこの層状に連なる粒状相近傍で生じていた。

6. 結 言

本研究では、工業用純チタンの大気中ろう付を行うために銀基ろう用のフラックスを開発した。また、高い接合強さを得るために種々銀基ろうを試作し、そのマイクロ組織と継手引張強さについて調べた。得られた結果は主要次のようである。

- 1) CuCl, AgCl を主成分とし若干の LiF を添加したフラックスを用いることによって、銀基ろうを十分にぬらすことが可能となる。ぬれ性および接合強さの点から 90%AgCl-10%LiF 組成 (質量%) のフラックスが、チタンの大気中ろう付に有効である。
- 2) Ag-Zn 系ろうを用いることにより、BAg-1 よりも大きな接合強さが得られる。これは、反応相中に Ti と延性のある金属間化合物を形成する Ag が比較的多く存在するためと考えられる。ろう材の Zn 含有量の増加に伴い、ろう自体の強さが増し継手の引張強さが上昇するが、Zn 含有量が多すぎると Ti と Zn からなる硬くて脆い反応相の形成のために強さが低下する。70Ag-30Zn ろうを用いることで、約 300 MPa の引張強さが得られる。
- 3) 70Ag-30Zn ろうに 5 質量% の Cu を添加することによって、ろう材自体の強度が幾分上昇し、約 316 MPa の引張強度が得られる。Ag-Zn ろうへの Cu 添加の許容量は、接合強さの点から約 5~10% までである。
- 4) Ag-Zn-Cu ろうに 2% の Ni を添加するとろう材の強さが大きく、かつぬれ性が向上するが、TiNi と考えられる金属間化合物の形成のために強さは低下する。

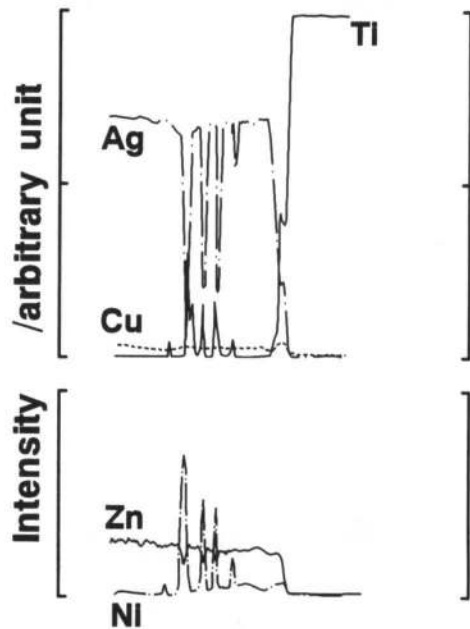
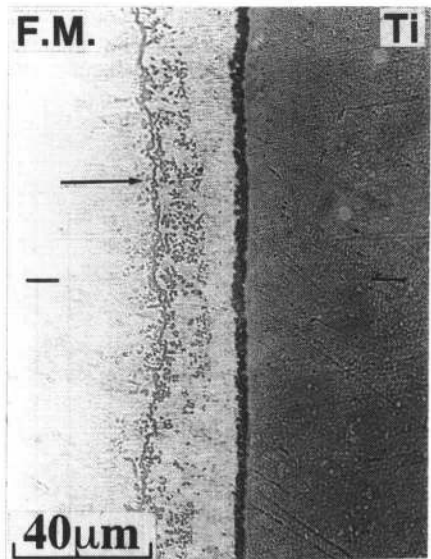


Fig. 13 Microstructure and EPMA analysis at the interface of the joint brazed with FNi5 filler metal.

参 考 文 献

- 1) 恩沢忠男：溶接技術, 34 (1986) 9, 24.
- 2) 渡辺健彦：溶接技術, 40 (1992) 7, 78.
- 3) N.A.DeCecco and J.M.Parks: The Brazing of Titanium, Weld. J., 32 (1953), 1071.
- 4) 岡本郁男他：ふれいず特集編 No. 4 (1977), 76.
- 5) M.F.Jordan: J. Inst. Metals., 85 (1956-57), 33.
- 6) 和田次康他：金材技研報告, 9 (1967), 434.
- 7) 渡辺健彦他：溶接学会論文集, 10 (1992), 95.
- 8) T.B. Massalski et al.: Binary Alloy Phase Diagrams, ASM, (1986).