

Ti합금 접합용 Ti-Cu-Ni-Si계 삽입금속 개발에 관한 연구 (A Study on the Development of Ti-Cu-Ni-Si Insert Metal for Joining of Ti Alloys)

부산대학교 *이창우 김경미 강정윤 이상래

1. 서론

Ti 합금의 경우, $\alpha+\beta$ 형 합금인 경우에는 약 접합온도가 900-950°C이어야 가능하고, β 형 합금의 경우 680°C이어야 가능하다. 따라서 Ti계 삽입금속을 개발하기 위해서 반드시 고려할 점은 용점이다.

Ti합금용 삽입금속은 Ag계, Al계, Ti계로 대별되고, 고강도를 요구하는 경우에는 Ag계 및 Al계 삽입금속을 사용할 수 없기 때문에 일반적으로 Ti계가 많이 사용된다.

현재 가장 널리 사용되는 Ti계 삽입금속은 Ti-Cu-Ni계 합금이다. 이들 합금보다 용점이 낮은 Ti-Cu-Ni-Zr등이 개발되고 있다. Zr과 대체할 수 있는 원소를 상대도등을 참고한 결과 Si과 B임을 알았다. 본 연구에서는 Ti-Cu-Ni 3원계에 Si, B를 첨가한 삽입금속을 제조하고, 이 삽입금속의 용점 및 퍼점성을 측정하였다. 또한, CP Ti의 접합에 적용하여 접합성을 검토하였다.

2. Ti-Cu-Ni-X(Si or B)계 새로운 삽입금속의 개발에 대한 제안

Table 1은 Ti합금의 조성에 따른 조직의 변화와 변태점을 나타낸 것이다. 순Ti은 상온에서 HCP구조(α)이고, 882°C(변태점)이상에서 BCC구조(β)로 된다. Ti합금은 첨가 원소에 따라 α 형, $\alpha+\beta$ 형, β 형으로 분류된다. CP Ti 및 α 형 Ti합금은 열처리를 하지않고 사용하기 때문에 기본적으로 접합사이클이 모재의 물성에 영향을 미치지 않지만, 장시간가열을 행하면 결정립의 조대화하여 모재강도가 저하된다. β 형 Ti합금은 열처리에 의해서 높은 강도를 얻을 수 있는 것이 특징이므로 접합온도가 중요하다. 용해화처리 온도 이상으로 접합하면 인성이 저하하는 문제점이 있다. $\alpha+\beta$ 형 합금의 경우 β Transus 직상의 β 역에서 단조하여 주방조직을 깨뜨려 $\alpha+\beta$ 역에서 균일 등축 결정립의 조직을 얻기 위해서 열간 가공한다. 따라서 모재의 미세조직을 유지하기 위해서는 β Transus이하의 온도에서 접합할 필요가 있다. 결국, Ti 합금을 브레이징하는 경우, 사용하는 삽입금속의 용점이 point가 된다.

Table 2는 Ti계 삽입금속이 개발되어 온 계통을 정리한 것이다. Ti계 삽입금속이 Ti-Cu-Ni을 기본 조성으로 하는 이유는 Ti-Ni, Ti-Cu가 서로 공정조성을 이루어 용점을 아주 낮출 수 있기 때문이다. 또한 Ti-Zr-Cu-Ni계에서는 Ti-Zr이 전율고용체를 이루고 Zr이 Cu와 Ni과 공정조성을 이루어 용점을 낮출 수 있기 때문이라고 생각된다.

용점을 낮출 수 있으면서 가격이 비싼 Zr과 대체할 수 있는 합금원소가 있을 것으로 생각하여 Ti-X, Ni-X, Cu-X 2원계 합금의 상대도를 조사하여 보았다. Table 3은 많은 원소중에서 용점을 낮출 수 있는 Si 및 B의 공정조성 및 공정온도를 나타낸다. 이들 결과로 부터 Zr과 대체할 수 있는 원소로는 Si과 B임을 알 수 있었다.

3. 실험방법

삽입금속제조는 진공Arc용해로에서 제조하였다. 용점은 DTA를 사용하여 측정하였으며, 시료는 30mg 정도로 하였다. 제조된 합금을 절단하여 30mg의 시편을 만들어 DTA를 이용한 각합금의 용점을 측정하였다. DTA분석시 Ar분위기에서 가열속도는 10°C/min이었다.

삼입금속의 퍼짐성 측정을 위하여 진공Arc용해로에서 제조된 모합금을 고주파유도접합장치에서 $\phi = 6\text{mm}$ 인 석영관에 채용하여 절단한 후, 200 μm 까지 연마하였다. 준비된 삼입금속을 모재 CP Ti($\phi = 12.5\text{mm}, t = 4\text{mm}$)의 중앙에 두고, 10^{-4}torr 이하의 진공도를 가진 고주파유도접합장치속에 장입시켰다. 온도와 시간은 1213K, 1243K, 1273K에서 각각 60s, 180s유지시켜 퍼짐성을 조사하였다.

4. 실험결과 및 고찰

Fig. 1의 (a)는 각각 Ti-15wt%Cu 2원계 합금을 기본조성으로 하고, Ni첨가량 10-27wt%로 변화시켜 만든 합금에 대한 가열시의 DTA분석결과를 나타낸 것이다. Ti-15wt%Cu-20wt%Ni의 융점이 950 $^{\circ}\text{C}$ 로 가장 낮음을 알 수 있다.

Fig. 1의 (b) 및 (c)는 Ti-15wt%Cu-20wt%Ni 3원계 합금을 기본 조성으로 하여 각각 B 및 Si의 첨가량에 따른 가열시의 DTA분석결과이다. 이때 B의 첨가량이 1.5-3wt%로 B이 3wt%일 경우 융점이 924 $^{\circ}\text{C}$ 로서 Ti-15wt%Cu-20wt%Ni 3원계 합금보다 약 26 $^{\circ}\text{C}$ 낮음을 알 수 있다.

Si을 2wt%에서 4wt%로 첨가한 경우 융점은 감소하였으나, 6wt%이상에서는 증가하였다. Si 첨가량이 4wt%일때 912 $^{\circ}\text{C}$ 로 가장 낮았다. 결국, Ti-15wt%Cu- 20wt%Ni 3원계 합금보다 약 38 $^{\circ}\text{C}$ 낮음을 알 수 있다.

Fig. 2의 (b)는 Ti-15wt%Cu-20wt%Ni 3원계 합금을 기본 조성으로 하여 B의 첨가량에 따른 냉각시의 DTA분석결과이다. 이때 B의 첨가량이 1.5-3wt%로 B의 3wt%일 경우 융점이 916 $^{\circ}\text{C}$ 로서 Ti-15wt%Cu-20wt%Ni 3원계 합금보다 약 10 $^{\circ}\text{C}$ 낮음을 알 수 있다.

Fig. 2의 (a), (b) 및 (c)는 Fig. 1의 (a), (b) 및 (c)에 대응하는 냉각시의 DTA분석결과이다. 이 결과도 가열시와 비슷한 경향을 나타내었다.

Table 1 Published beta transus temperature for various Ti alloys

Alloy	CPTi1	6Al4V	3Al2.5V	6Al2Sn4Zr2Mo	3Al8V6Cr4Zr4Mo
Phase	α	α - β	α - β	α - β	β
Temp.($^{\circ}\text{C}$)	888	999	935	993	793
Alloy	CPTi2	6Al62Sn	5Al2.5Sn	6Al2Sn4Zr6Mo	13V11Cr3Al
Phase	α	α - β	α	α - β	β
Temp.($^{\circ}\text{C}$)	913	946	1038	938	718

Table 2 Kind of Ti insert metal

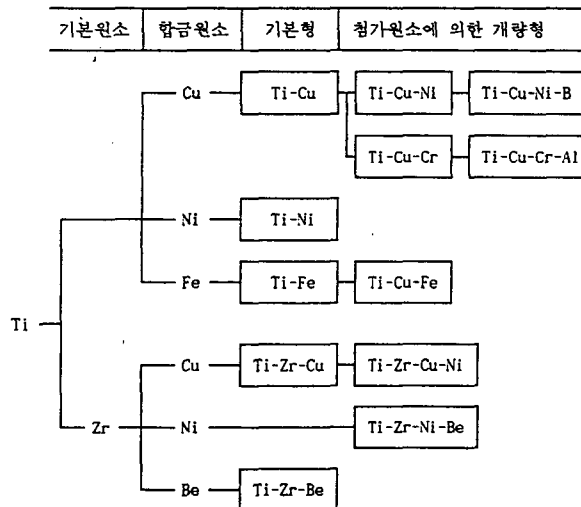


Table 3 Eutectic composition and temperature of binary alloys

Alloy	Ti-Cu	Ti-Ni	Ti-Si	Cu-Ni	Cu-Si
Type	Eutectic	Eutectic	Eutectic	Complete Solid Solution	Eutectic
Compositional	50wt%Cu	28wt%Ni	8wt%Si		10wt%Si
Temperature	860°C	984°C	1330°C		802°C
Alloy	Ni-Si	Ti-B	Cu-B	Ni-B	
Type	Eutectic	Eutectic	Eutectic	Eutectic	
Composition	11wt%Si	2.5wt%B	2.5wt%	3.6wt%	
Temperature	1143°C	1540°C	1013°C	1019°C	

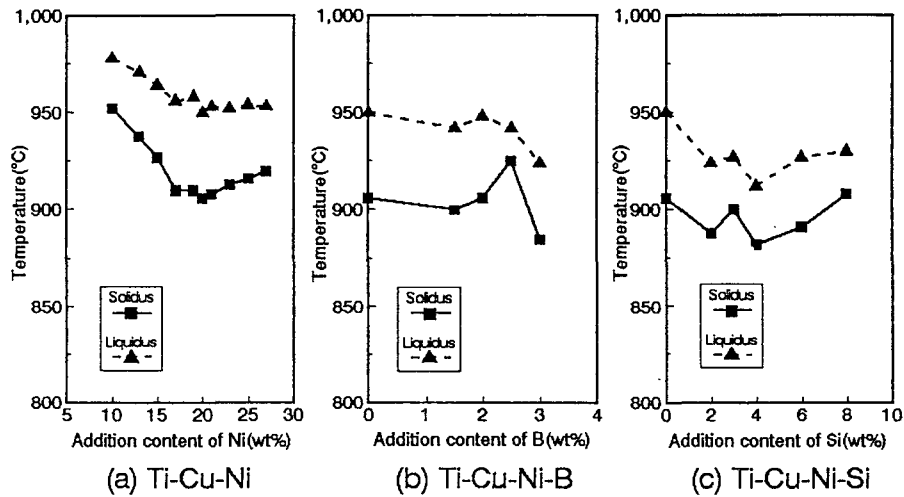


Fig.1 Melting point changes of insert metal at heating

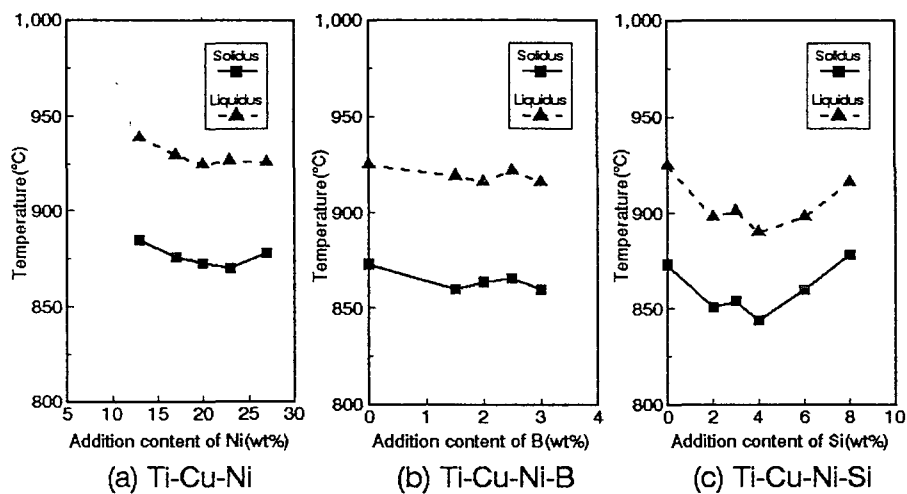


Fig.2 Melting point changes of insert metal at cooling