

SCS-6 장섬유 강화 Ti 금속기 복합 재료의 접합성  
Joinability of Titanium-Matrix Composites Reinforced with SCS-6 Fiber

동경공업대학 대학원 김 종훈  
공학부 은자와 타다오

1. 서론

섬유 강화 금속기 복합 재료(이하 FRM)는 섬유 강화 plastic (FRP)보다 내열성, 압축 강도 및 비강도, 비강성이 뛰어난 재료로서 연구 개발이 시작되어, 항공, 우주 산업 등에 사용되고 있다. 이 FRM을 구조 재료로서 적용하기 위해서는 금속 재료와 같은 방법으로 조립 가공 기술의 확립이 매우 중요하다. 이 중에서 FRM과 FRM의 접합법이 특히 중요한 문제가 된다고 생각된다. 그러나, FRM의 접합에 관한 연구 및 보고에는 거의 없다. 따라서, 본 연구에서는 FRM과 FRM의 고상 확산 접합 및 액상 확산 접합을 행하여, 그 접합법에 대하여 검토를 하였다.

2. 공시재 및 실험 방법

섬유는 직경  $140\ \mu\text{m}$ 의 SiC 장섬유(이하 SCS-6)를 사용했다. 모재는 두께  $100\ \mu\text{m}$ 의 알파 단상의 공업용 순 티탄(이하 CPTi)을 사용했다.

brazing metal은 37.5Ti-37.5Zr-15Cu-10Ni 합금(이하 Type1510)으로 용점이 1088K이다. 이 합금은 액체 급냉법에 의해 폭 10mm, 두께  $70\ \mu\text{m}$ 의 박막으로 제작하여 사용했다. 또한, 두께  $5\ \mu\text{m}$ 의 무산소물을 사용하여 액상 확산 접합용으로 하였다. FRM의 제작은 carbon heater에 의한 저항 가열 방식인 hot press 장치를 이용하여  $1 \times 10^{-2}\text{Pa}$  이하의 고진공중에서 성형 압력 70MPa, 온도 1123K, 시간 60min의 조건으로, 고상 확산 접합법에 의해 FRM을 제작하였다. 제작된 FRM의 인장 강도는 1448MPa이었다.

FRM과 FRM의 접합은  $1 \times 10^{-2}\text{Pa}$  이하의 고진공 중에서 고주파 유도 가열식 접합 장치를 이용하여, 접합 압력은 2-20MPa, 접합 시간은 0-60min 접합 온도는 1123-1153K로 변하여 행하였다. 시편의 형상은 butt/doubler 이음을 채용하고, 기계적 특성에 미치는 접합 파라메타의 영향을 조사하는 것으로 하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

Ti 금속기 FRM과 FRM의 고상 확산 접합성은, Fig.1에 나타낸 것과 같이 접합 계면에 있어서의 개재물의 형성이 거의 없는 점에서는 Ti 모재의 접합과 같다. 그러나, 접합면의 밀착화를 위해서는 보다 큰 압력이 필요하지만, 접합 압력이 15MPa 이상 일 경우, 보강재인 섬유의 손상이 생기므로, 섬유의 손상을 막기 위해서는 보다 고온 또는 긴 접합 시간이 필요하다.

Fig.2는 doubler의 길이와 인장 강도와의 관계를 나타낸다. doubler의 길이가 10mm 및 15mm의 경우는 양호한 접합이 이루어져도, 파단은 접합부가 아닌 doubler의 층간에서 전단 파단 하였다. 이것은 FRM의 층간 전단 강도가 접합 계면의 전단 강도 보다 낮기 때문이라고 생각된다. 그러나, doubler의 길이가 20mm 이상의 경우는 전부 모재 파단 이었다. 따라서, doubler를 이용하여 접합을 행할 경우, FRM의 층간 전단 강도가 접합 계면의 전단 강도 보다 낮기 때문에 doubler의 길이는 FRM의 인장 강도에 맞추어 조절할 필요가 있다고 판단되었다.

두께 5 $\mu$ m의 무산소등을 FRM의 접합 계면에 insert한 접합 시간과 인장 강도와의 관계를 Fig.3에 나타낸다. 접합 시간 3min 이상에서는 모재와 거의 같은 강도를 나타내고 있다. 이것에 비하여 접합 시간 0min의 경우, 접합 온도에 도달 직후 냉각 하는 것에 의해 접합부의 접축이 불충분한 원인으로 접합 면적이 작게 되어, 20MPa의 낮은 전단 강도를 나타냈다. 한편 접합 시간 60min의 경우, insert재인 Cu가 일방적으로 Ti에 확산하여 kirkendall effect에 의한 void가 형성되어 낮은 강도를 나타냈다. 따라서, Cu를 insert재로 사용할 경우에는 주의가 필요하다고 생각된다.

Type1510를 insert재로 사용한 FRM의 접합 시간과 인장 강도와의 관계를 Fig.4에 나타낸다. 접합 시간의 증가와 함께 접합 강도는 급속히 상승하여, 5min의 접합 시간에서 모재와 거의 동등한 인장 강도를 나타내게 되었다. 그러나, 접합 시간이 짧은 경우의 낮은 강도는 용융 insert재의 접합 표면의 용해 및 이것에 동반한 각 원소의 균일화가 진행되지 않았기 때문이라고 생각된다. 따라서, Ti기 insert재를 사용 하는 것에 의해 고상 확산 접합에 비교하여 짧은 접합 시간, 낮은 접합 압력, 낮은 접합 온도에서 양호한 접합이 가능하다고 판단되었다.

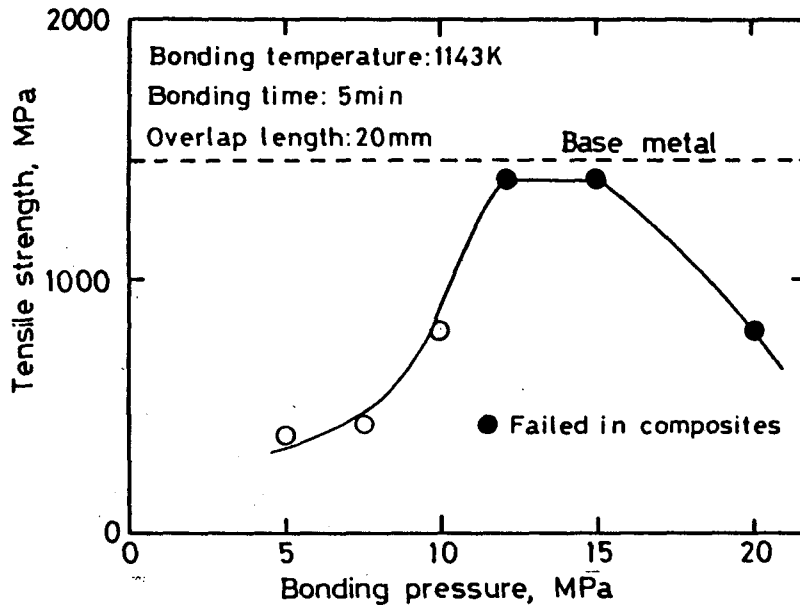


Fig.1 Relation between bonding temperature and tensile properties of the joint in solid state diffusion bonding

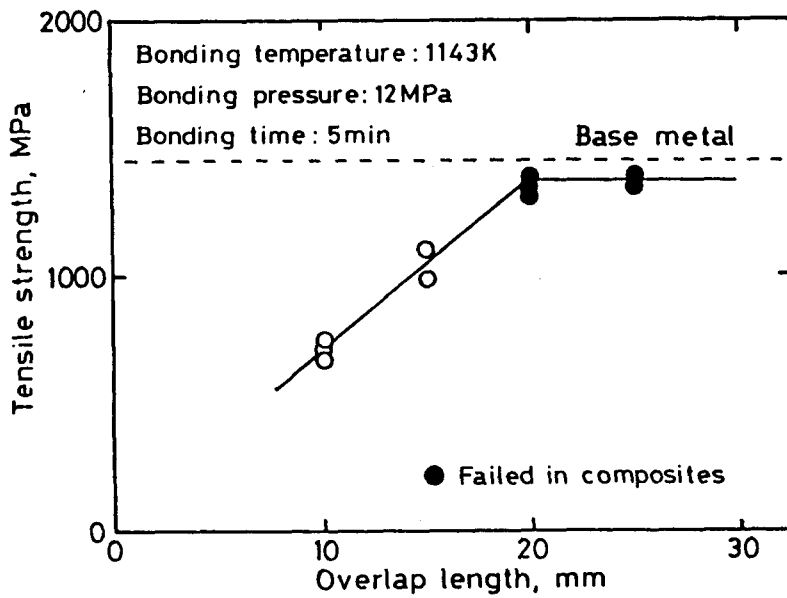


Fig.2 Relation between overlap length and tensile properties of the joint in solid state diffusion bonding

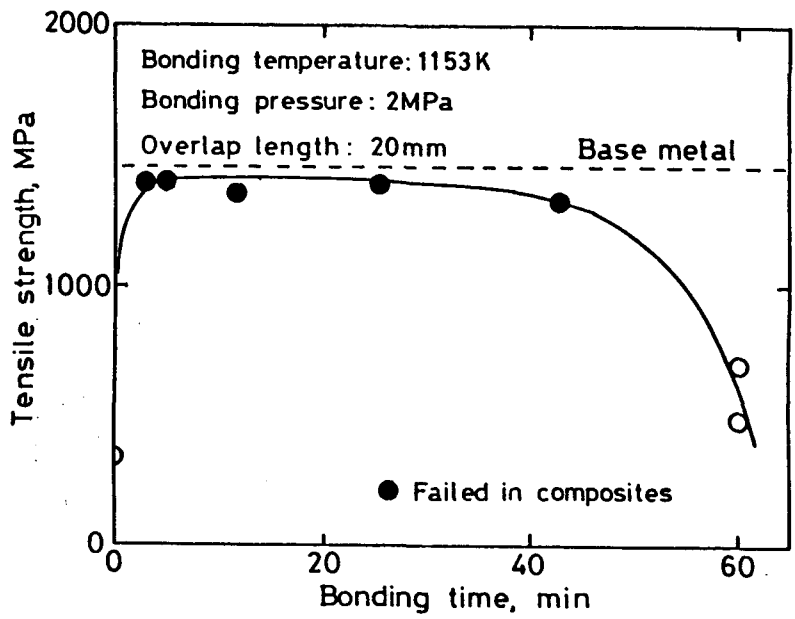


Fig.3 Relation between bonding time and tensile properties of the joint made with the Cu filler

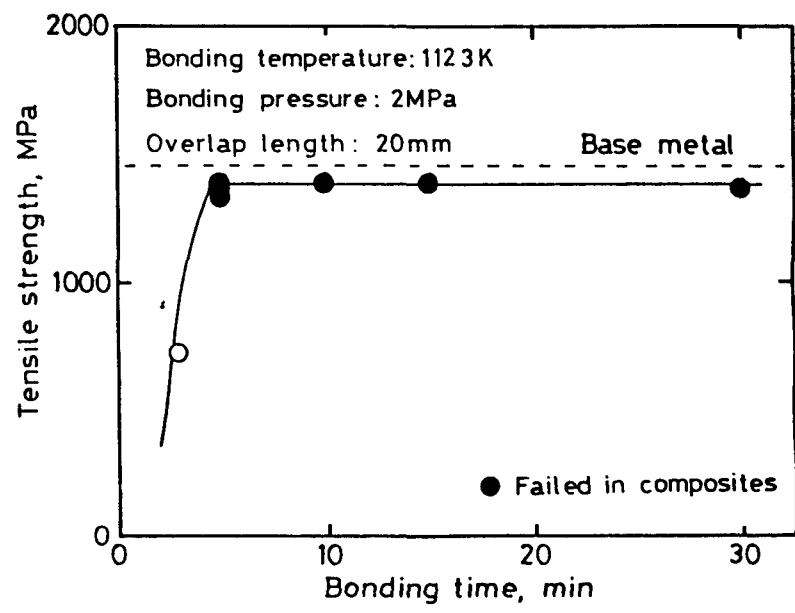


Fig.4 Relation between bonding time and tensile properties of the joint made with the Ti-base filler