STS316L 브레이징부의 기계적특성에 미치는 인서트금속의 영향
(Effect of Insert Metal on Mechanical Properties of Brazed Joints of STS316L)

노성주*, 이병호*, 김대업**, 김영수**, 우유철**, 노용규**

* (주)비츠로테크 기술연구소
** 현대정공(주) 기술연구소

1. 서 론

로켓엔진은 고온에서 극저온까지의 온도범위, 고압 및 부식성이 강한 연소가스에 의한 영향이 있는 특수한 사용환경에서 사용되기 때문에 엄격한 제작공정조건의 확립이 요구된다. 로켓엔진 제작시 적용되는 브레이징은 가장 중요한 핵심기술이며, 접합부의 강도확보와 열변형을 최소화할 수 있는 고효율, 고신뢰성의 접합공정 개발은 엔진제작의 성패를 좌우한다고 해도 과언이 아니다. 본 연구에서는 국내에서 개발되고 있는 로켓엔진을 대상으로 보다 성능이 우수한 엔진 제작기술을 확립하는 것을 목적으로 하여, 현재 로켓엔진에 적용하고 있는 브레이징부에 대한 기초적 연구로서 접합조건에 따른 접합부의 조직관찰 및 기계적특성에 대하여 검토하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

본 연구에 사용한 모재는 STS316L을, 인서트금속으로서는 Cu기 합금인 AMS4764와 Ni기 합금인 MBF-20을 사용하였다. 이들의 화학조성을 **Table 1**에 나타낸다. 피접합면을 연마한 후 인서트금속과 함께 아세톤중에 초음파세척하여 진공로내에서 브레이징하였다. 접합은 양 접합모재 사이에 인서트금속을 삽입하고, 1×10^{-6}torr의 고진공 분위기중에서 10℃/min의 가열속도로 접합온도까지 가열하여 30min간 유지한 후 노냉하였다. 접합조건은 접합압력 1.8MPa, 유지시간 30min으로 일정하게 하고 접합온도는 980~1100℃로 변화시켰다. 접합부의 기계적성질은 인장시험으로 평가하였으며, 인장시험은 -196~900℃의 시험온도에서 대기중에서 0.25℃/s의 가열속도로 가열하여 시험온도에서 30min간 유지한 후 0.5mm/min의 속도로 행하였다.

3. 실험결과

3.1 접합부의 조직

Fig.1은 AMS4764 인서트금속을 사용하여 990℃×30min의 조건에서 브레이징한 접합부 조직을 나타낸 것이다. 접합계면은 파도모양의 불안정한 조직을 하고 있으며, 접합부내 기공 및 미접합 부위가 많이 관찰되었다. 또한, 접합부 부근의 모재 및 접합부내에는 많은 종류의 생성상이 확인되었다. Ni기 인서트금속인 MBF-20을 사용하여 1040℃×30min의 조건에서 브레이징한 접합부 조직을 **Fig.2**에 나타낸다. 접합계면은 평탄하고, 미접합 부위는 전혀 관찰되지 않았으며, AMS4764 인서트금속을 사용한 접합부에 비해 훨씬 양호한 접합부를 보이고 있다. 접합부내에서는 생성상이 관찰되지 않았으나, 접합부 부근의 모재에서는 미세한 입상 및 침상의 생성상이 관찰되었다.

3.2 접합부의 인장특성

Fig.3 및 **Fig.4**는 AMS4764 및 MBF-20 인서트금속을 사용하여 각각 990℃×30min, 1040℃×30min의 조건에서 브레이징한 접합부를 -196~900℃의 시험온도에서 인장시험을 행하여 모재의

결과와 비교하여 나타낸 것이다. 접합부의 인장강도는 모재와 같이 시험온도가 증가할수록 저하하는 경향을 나타내고 있으며, 저온의 시험온도에서는 모재강도에 비하여 떨어지나 200℃ 이상의 시험온도에서는 모재와 거의 동등한 접합강도를 나타내었다. 또한, MBF-20 인서트금속을 사용한 경우가 AMS4764 인서트금속을 사용한 경우보다 접합부 특성이 많이 개선되었으며, 이는 접합부 조직관찰 결과와도 잘 부합한다. 한편, 연신율에 대해서 보면, AMS4764 인서트금속을 사용한 접합부에서는 연신율이 5%이내인 반면, MBF-20 인서트금속을 사용한 경우에는 접합부의 연신율이 대폭 향상되었다. 또한 200~600℃의 시험온도에서는 모재 연신율의 50% 이상을 나타내었으나 저온 및 고온의 가혹한 조건에서는 접합부의 연신율이 상당히 저하하였다.

3.3 파단면 관찰

브레이징 접합부의 인장특성 저하원인을 조사하기 위하여 파단면을 관찰하였다. **Fig.5**는 인장시험후의 마크로 파단면을 대표적으로 나타낸 것이다. AMS4764 인서트금속을 사용한 접합부의 파단면은 dimple양상을 보이는 파단면도 관찰되었으나, 전체적으로 소성변형이 거의 없는 파단면이었으며 중앙부에는 미접합 부위도 관찰되었다. 이는 조직관찰 결과에서도 알 수 있듯이 브레이징시 인서트금속의 낮은 젖음성에 기인한 흐름성 불량이 원인이라 생각된다. 한편, MBF-20 인서트금속을 사용한 경우에는 미접합 부위없이 전체적으로 dimple양상을 보이는 연성파면이었다. 인서트금속에 따른 인장특성의 차이는 접합조건의 차이는 있으나, 조직관찰 및 파단면 관찰결과로부터, 인서트금속 자체의 흐름성 및 특성차이가 주요원인인 것으로 생각된다. 또한, AMS4764 인서트금속에는 증발성이 강한 Mn이 다량(37%) 함유되어 있기 때문에 브레이징시의 인서트금속의 산화 및 모재와 접합부간의 성분 불균일 등에 의하여 인서트금속의 흐름성이 저하되어 접합부 특성이 저하한 것으로 판단된다.

Table 1 Chemical composition of materials used (wt%)

Materials		C	B	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Fe
Base metal	SUS316L	0.08	-	2.0	1.0	0.04	0.03	12.0	17.0	2.5	-	Bal.
Insert metal	AMS4764	-	-	37.5	-	-	-	9.5	-	-	Bal.	-
	MBF-20	-	3.2	-	4.5	-	-	Bal.	7.0	-	-	3.0

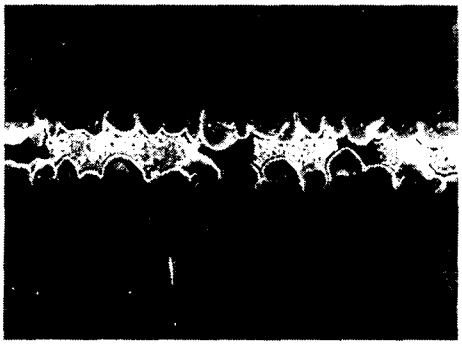


Fig.1 Microstructure of bonded interlayer for AMS4764 insert metal

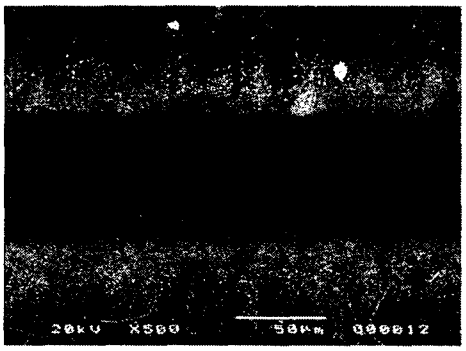


Fig.2 Microstructure of bonded interlayer for MBF-20 insert metal

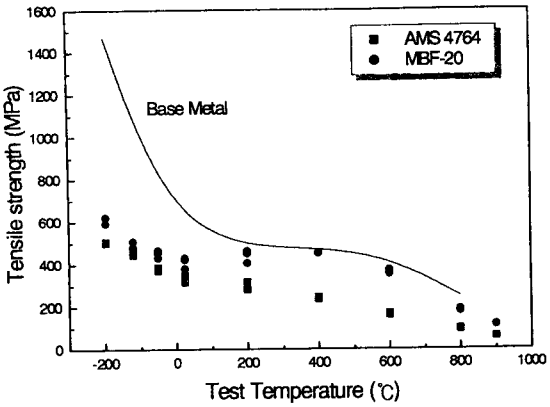


Fig.3 Tensile strength of brazed joints

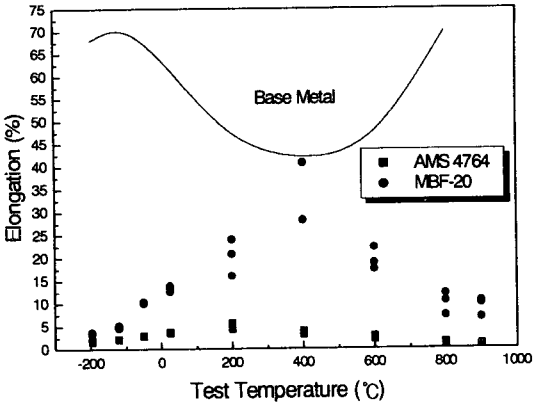
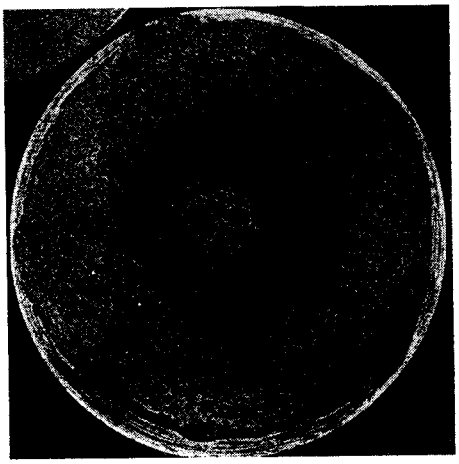
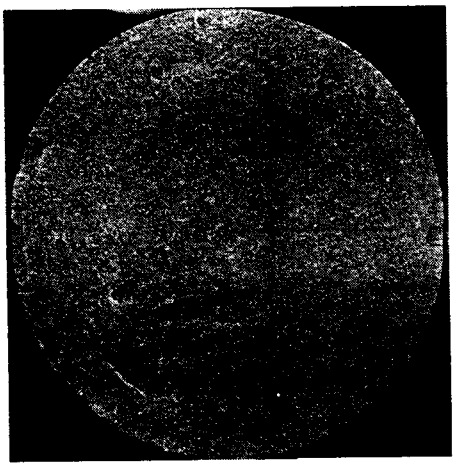


Fig.4 Elongation of brazed joints



(a) For AMS4764 insert metal



(b) For MBF-20 insert metal

Fig.5 Macrostructures of tensile fracture surface of brazed joints