

항공우주기기의 브레이징 기술

강정운 · 김대업 · 김숙환 · 우인수

Brazing Technology of Aircraft and Aerospace Equipments

Chung-Yun Kang, Dae-Up Kim, Sook-Hwan Kim and In-Su Woo



강정운/부산대학교 금속공학과/1953/확산접합, 브레이징, 솔더링, 용접야금



김대업/현대우주항공 중앙연구소/1965/확산접합, 브레이징, 용접야금



김숙환/포항산업과학연구원/1959/고밀도에너지빔 용접 공정, 고상접합



우인수 / 大阪大學 / 1968/용접야금, 용접재료

1. 서 언

항공엔진이나 우주기기용 엔진에 사용되는 재료는 GTAW, EBW, LBW와 같은 용융용접이 곤란한 것이 많고, 항공우주산업분야에서는 접합기술로 브레이징, 확산접합, 천이액상확산접합이 매우 중요시 되고 있다.

항공우주기기 중에서 액체 로켓엔진의 관구조 연소실, 노즐스카트, 제트엔진의 콤프레셔정익, 터빈정익, 하니컴구조실링 등이 브레이징에 의해 조립되고 있다. 여기서는 현재 항공우주기기에 적용되고 있는 브레이징 기술에 대해서 사용 삽입금속, 브레이징 공정관리, 적용예를 중심으로 소개한다.

2. 사용되는 삽입금속의 종류

항공 및 우주용 엔진에 사용되고 있는 대표적인 삽입금속을 표 1¹⁾에 표시한다. 사용되는 삽입금속도 Au, Ag, Cu, Ni, Co등 다양하다. 각각의 기능(접합강도, 사용온도, 내식성 등), 가격, 피접합재의 재질에 따라 선택된다.

삽입금속의 성분이 모재와 동일계인 경우, 사용 상한 온도는 일반적으로 높고, 모재와 완전히 이질적인 합금계인 삽입금속계에서는 삽입금속 용점의 60%정도이다. 주로 사용되고 있는 삽입금속의 종류와 특징은 다음과 같다.

Ni기 삽입금속은 Ni-(Cr)합금에 용점저하 원소로서 B, Si 또는 P를 첨가한 것이고, 접합이음부는 고온강도가 크고, 내식성 및 내산화성이 우수하므로 내열 삽입금속으로서 널리 사용되고 있다. Ni기 삽입금속을 사용하는 경우에는 그림 1과 같이 접합부 중앙부에 취약한 금속간화합물인 규화물, 붕화물 또는 인화물을 정출한다. 이들의 금속간화합물상은 보통 브레이징부

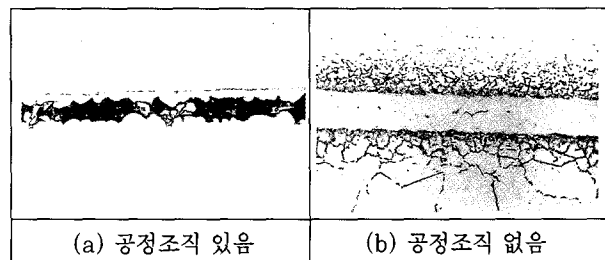


Fig. 1 Hastelloy X의 Ni 삽입금속에 의한 브레이징 접합부의 미세조직

Table 1. 항공우주 산업에서 사용되는 삽입금속의 종류와 특성

Class.	AWS-ASTM Designation	Specification		Nominal Chemical Composition	Melting Point (°C)	Brazing Temp. Range (°C)	Upper Temp. Limit of Brazed Joint (°C)
		AMS	JIS Equiv.				
Ag Filler	BAg-1	4769	BAG-1	45Ag-15Cu-24Cd-16Zn	605~620	620~760	260
	BAG-1a	4770	BAG-1A	50Ag-15.5Cu-18Cd-16.5Zn	625~635	635~760	260
	BAG-3	4771	BAG-3	50Ag-15.5Cu-16Cd-15.5Zn-3.0 Ni	630~690	690~815	260
	BAG-4	-	BAG-4	40Ag-30Cu-28Zn-2Ni	670~780	730~900	370
	BAG-8a	-	BAG-8A	72Ag-28Cu-0.2Li	770	770~870	370
	BAG-13	4772	-	54Ag-40Cu-5Zn-1Ni	720~860	860~970	370
	BAG-18	4773	-	60Ag-30Cu-10Sn-0.025P	605~720	720~830	260
	BAG-19	4767	-	92.5Ag-7.2Cu-0.2Li	780~890	890~930	480
Cu Filler	BCu-1	4300	-	100Cu Foil	1083	1095~1165	480
		4701		100Cu Wire			
		3430		100Cu Paste			
Ni Filler	BNi-1	4775	BNi-1	Ni-14Cr-4.5Fe-3B-4.5Si-0.7C	970~1040	1065~1205	980
	BNi-1a	4776	BNi-1A	Ni-15Cr-3Fe-3B-4.5Si-0.06C	970~1075	1065~1205	980
	BNi-2	4777	BNi-2	Ni-7Cr-3Fe-3B-4.5Si	970~1000	1010~1175	980
	BNi-3	4778	BNi-3	Ni-3B-4.5Si	980~1040	1010~1175	980
	BNi-5	4782	BNi-5	Ni-19Cr-10Si	1080~1135	1150~1205	980
	Nicro-Braze	-	-	Ni-15Cr-3.5B	1055	1065~1205	980
Co Filler	BCo-1	4783	-	Co-19Cr-4W-0.8B-17Ni-8Si	1105~1150	1150~1230	1100
Novel Metal Filler	BAu-4	M1152	BAu-4	80Au-18Ni	950	960~1005	600
	-	M1154	-	50Au-25Ag-22Cu-3Zn	775~805	810~865	480
	-	M1153	-	90Ag-10Pd	1000~1065	1070~1120	600
	-	M3075	-	52Ag-28Cu-20Pd	875~900	910~960	550
	-	M3076	-	58.5Ag-31.5Cu-10Pd	825~850	860~910	550

의 중앙선에 따라서 연속적으로 정출하므로 접합강도를 저하시킨다²⁾. 따라서 접합이음부의 성능 및 신뢰성을 향상시키기 위해서는 브레이징 공정이나 삽입금속 조성 양면에서 검토되어야 한다. 공정면에서는 브레이징 온도, 시간 및 접합부 간격을 엄밀히 제어하여 금속간화합물을 생성시키지 않는 방법과, 브레이징후 연속적으로 가열하여 생성된 금속간 화합물을 소실시키는 방법이 있다. 후자는 천이액상확산접합법³⁾ (Transient Liquid Phase Diffusion Bonding 또는 Activated Diffusion Bonding⁴⁾) 이라고 부른다.

Ag삽입금속은 스테인레스강의 로브레이징에 사용되

고 있다. Li을 약 0.2% 정도 함유한 BAg-8a, BAg-19는 강에 대한 젖음성이 개선된 것이므로 소량의 Al 및 Ti을 함유하는 스테인레스강(17-7PH, PH15-7MD, 321)에 유효하다. BAg-19는 Cu함유량이 적기 때문에 Ti 합금에 적용하면, 취화가 적은 접합부가 얻어지므로 Ti합금끼리 혹은 Ti합금/스테인레스강의 이중접합부의 진공브레이징에 사용한다. 한편, Ag 삽입금속을 석출효과형 Ni기 합금에 사용하는 경우, 접합체에 응력(의력, 잔유응력, 열응력)이 걸린 상태에서 브레이징하면, Ag의 입계확산, 전파에 의해서 응력 부식균열이 발생하므로 주의를 요한다.

Cu삽입금속은 탄소강, 저합금강의 접합에 많이 사용된다. 유동성이 대단히 양호하여 접합부 간격이 좁은 곳에 많이 사용된다. 용점이 높고 가격이 저렴하기 때문에 로브레이징이 적용된다.

Au기 삽입금속은 내식 내산화성이 우수하고, 또한 500℃정도까지는 Ni삽입금속보다 우수한 강도, 인성을 표시한다. 모재 침식이 적어 브레이징 결함이 발생하지 않으므로 신뢰성이 높은 접합부를 얻을수 있다. 그러나 가격이 고가이다. 현재 BAu-4가 액체 로켓트 엔진의 재생 냉각관 구조 연소실 등, 특히 고신뢰성을 요구하는 부위에만 사용되고 있다. Au기 삽입금속은 강도, 인성, 내식성면에서 최적이지만, 고가이므로 Ni-Pd 삽입금속으로 대체되는 경향이 있다.

Pd삽입금속은 Ag삽입금속에 Pd를 첨가하여 젖음성을 개선한 Ag-Pd계, Ag-Cu-Pd계가 있고, 로켓트 엔진 부품 등에 사용되고 있다. 이 삽입금속은 증기압이 높은 Ag가 함유되어 있고, 더욱이 브레이징 온도가 높기 때문에 증기압을 방지하기 위하여 불활성 가스 분위기 브레이징을 적용한다.

3. 주요 브레이징 공정

3.1 전처리 및 브레이징 계획

적용 부품, 재질, 삽입금속 등에 따라서 각각의 브레이징 공정이 있지만, 공통적인 점을 기술하면 다음과 같다. 또한 브레이징 방법은 대부분 로브레이징이고, 토치브레이징, 고주파 브레이징, 침적 브레이징은 특별한 부품에 적용되고 있다.

일반적으로 Cleanliness(청정도), Clearance(브레이징 간격), Cycle(가열 사이클)의 3C의 확립 및 관리가 브레이징의 키이다.

1) Cleanliness

조립부품의 화학청정에 의한 표면 스케일 제거, 탈지 세정이 일반적으로 수행되고, Al, Ti을 많이 함유한 석출 경화형 합금에서는 기밀성의 개선 때문에 Ni도금을 실시한다. 치구, 가열, 로내을 포함한 전공정에 걸쳐서 청정도 유지가 제일 중요하다.

2) Clearance

정밀도, 가접법, 부품의 조합방법, 삽입금속의 형태 등에 따라 변화하지만, 가능한 좁은 간격을 유지하는 것이 바람직하다. 간격의 증가는 접합강도를 저하시키고, 유동성이 양호한 삽입금속에서는 삽입금속층의 분단(절단) 등의 결함이 발생하기 쉽다. 용점 강하원소를 포함하는 Ni기 삽입금속에서는 취약한 상을 생성

하여 균열이 발생하기 쉽다. 이종재료간의 브레이징의 경우, 브레이징 온도에서 적정 간격을 유지하도록 열팽창을 고려할 필요가 있다.

3) Cycle

기본적인 진공로 중의 가열사이클을 그림 2에 표시한다. 제1단계 예열과정은 삽입금속, 모재에 함유한 각종 Gas를 탈 Gas하기 위해 소정의 진공도가 필요하다. 제2단계 예열과정은 탈가스와 더불어 물체 자체의 온도를 균일하게 하기 위해서 행한다. 진공로에서는 복사, 전열에 의해 물체가 가열되므로 분위기로와 비교하여 균일성이 불량하다. 그래서 모니터 열전대에 의한 물체 온도 관리한다. 이것은 로의 온도와 물체의 온도 및 지그간의 온도차를 없애기 위함이다. 예열은 도부터 브레이징온도까지는 용융분리를 없애기 위하여 가능한 급속 승온한다. 브레이징온도에서 삽입금속의 고상온도 이하까지 서냉하는 것이 바람직하지만, 마르텐사이트계 스테인레스강이나 석출경화형 합금에서는 담금질, 용체화처리를 겸하는 경우가 많으므로 급냉한다. 가능한 균일하게 냉각하여 Braze Hot Tearing(냉각온도 차에 의한 삽입금속 표면의 미소균열)의 발생을 방지한다. 금속포화증기압이 높은 Ag, Mn, Zn, Mg, Cr, Cd 등의 성분을 가지는 삽입금속은 고온, 고진공하에서 증발손실이 일어나므로 수소로 또는 진공-불활성 가스 분위기로 중에서 행한다.

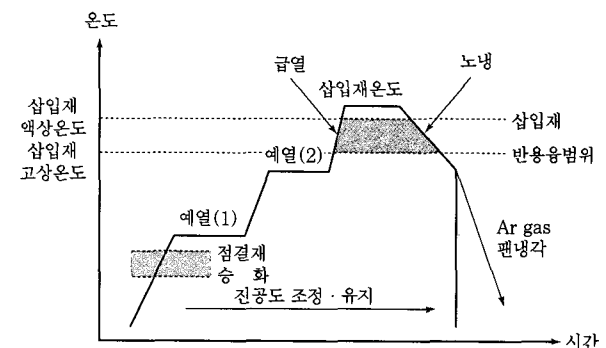


Fig. 2 대표적인 진공로 브레이징 열사이클

3.2 분위기 제어

브레이징은 모재를 용융시키지 않고, 삽입금속만을 용융시켜 모재와의 간격을 채워서 접합하는 방법이다. 결국 브레이징의 기본 현상은 모재와 용융삽입금속과의 젖음성이고 건전한 접합부를 얻기 위해서는 양호한 젖음성이 필요하다. 용융 삽입금속의 젖음성을 양호하게 하기 위해서는 모재 표면을 청정하게 유지하는 것이 필수조건이며, 로 브레이징에 있어서는 브레이징 열 사이클 전역에 걸쳐서 모재 표면을 산화, 탄화, 질

화로부터 방지하는 것이 아주 중요하다.

항공우주 산업의 전반에 걸쳐 브레이징이 적용되고 있는 대표적인 재료로는 내열합금 및 스테인레스강이며, 이들 합금은 대부분 Ti, Al을 함유하고 있다. 일반적으로 브레이징 분위기는 수소, Ar 혹은 진공이다.

수소, Ar에 의한 제어 분위기 브레이징은 분위기의 로점을 -50°C 정도 이하에서 관리한다. 이것은 가스 중의 수분 및 로벽, 피접합물, 치구 등으로부터 아웃 가스에 의해 브레이징 분위기 로점의 한계가 $-50^{\circ}\text{C} \sim -60^{\circ}\text{C}$ 이기 때문이다. 순 수소 분위기에 있어서 금속-금속산화물의 온도와 로점의 평형도를 그림 3⁵⁾에 표시한다. 그림 중의 각 곡선의 좌측에 위치하는 곳에는 그 금속이 산화하고, 우측에 위치하는 곳에서는 환원한다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 Ti 이나 Al은 산화물을 생성하기 매우 쉽다. 따라서 Ti 이나 Al을 함유한 γ' 석출경화형 초내열합금의 수소분위기 브레이징은 실제 불가능하다. 단 접합부에 젖음성이 양호한 Ni도금한 경우에는 가능하다.

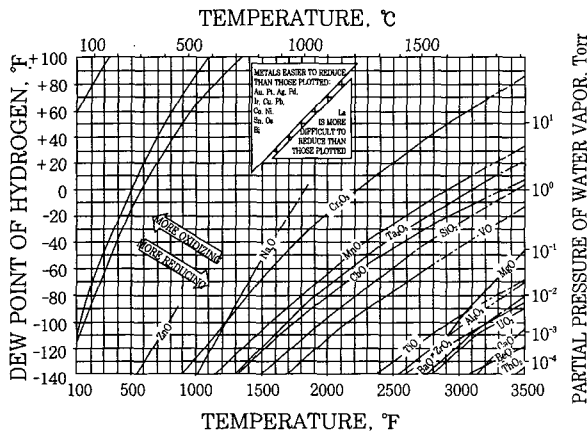


Fig. 3 수소분위기 중에서 금속/금속산화물과의 온도와 로점 평형도

한편 진공로 브레이징은 1950년대 후반에 수소분위기 브레이징에 대한 우위성을 나타낸 이후, 냉각벽 진공로 제조 기술이 급속히 발전함에 따라서, 진공로 가격이 떨어지면서 성능이 우수하여 현재는 널리 사용되고 있다. 그림 3에서, 로점 -60°C 수소의 수증기 분압은 약 10^{-2}torr 에 해당되고, 진공로에서도 10^{-5}torr 는 쉽게 얻어져 진공 쪽이 수소분위기에 비교하여 청정한 분위기가 간단히 얻어지는 것을 알 수 있다. 단 진공 가열은 증기압이 높은 금속이 증발 손실을 일으킨다.

브레이징에서는 Al 브레이징의 Mg 게타(Getter) 작용에 의한 적극적인 증발손실을 이용한 것을 제외하고, 일반적으로 삽입금속 성분의 증발에 의한 용융삽입금속의 손실이나, 조성변화에 의한 용융온도 상승에

의해 접합부 품질의 열화를 초래한다. 예를 들면 저온 Ag 브레이징에서는 삽입금속 중에 Cd, Zn이 심하게 증발하므로 브레이징할 수 없고, 또한 고온 브레이징에서는 삽입금속이나 모재에 함유한 Mn, Ag, Cu, Cr 등 증기압이 높은 원소의 증발이 문제가 된다. 이와 같은 증발의 문제점을 해결하기 위한 방법으로는 진공중에 불활성 가스를 연속적으로 도입하여 로내압력을 높이고 (예를 들면 $0.1 \sim 50\text{ torr}$), 증발을 억제하는 저압 불활성가스분위기 브레이징이 제안되고 있다. 분자량이 큰 가스일수록 또는 분위기 압력이 높을수록 금속의 증발 억제 효과는 크다^{6,7)}. 그림 4⁸⁾는 Ag-10%Pd 삽입금속의 증발억제를 위한 Ar 가스 도입의 효과를 나타낸 실험결과이다. 로내 압력 5torr 미만에서는 삽입금속중의 Ag는 100% 증발하지만 그 이하에서는 Ag의 증발이 억제된다.

또한 저압 불활성가스 분위기에서는 증발억제 효과만이 아니고, 청정도(산화포텐셜 저감)도 향상시킬 수 있다.

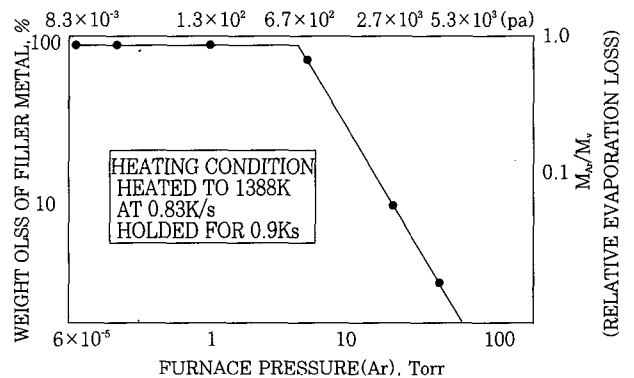


Fig. 4 진공/저압Ar분위기 중에서 로내 압력과 Ag-Pd 삽입금속의 Ag 증발량과의 관계

3.3 브레이징 조립품의 품질 검사

그림 5는 항공우주분야에 있어서 일반적인 제조공정과 브레이징 접합부의 품질관리에 대한 검토항목을 나타낸 것이다. 브레이징 결합과 그 허용기준 및 검사순서는 다음과 같다. 브레이징 부품의 품질관리는 MIL, AMS 등의 공용규격 및 항공기 회사의 사내 규격에 각각 규정되어 있다.

모든 브레이징 부품은 양산에 앞서 시작품을 제조하고, 그 품질을 조사하여 불량 발생하면 제조공정 및 설계상의 검토를 행하며 양산품의 불량 발생을 방지책과 더불어 신뢰성을 확인한다. 실시하는 검사항목 및 기준은 표면에 있어서 균열 및 Blister의 발생유무, 기공, 보이드발생 유무, 집중상황을 형광탐사검사법에 의해 확인한다. 브레이징 결합을 및 단일 결합의 크기

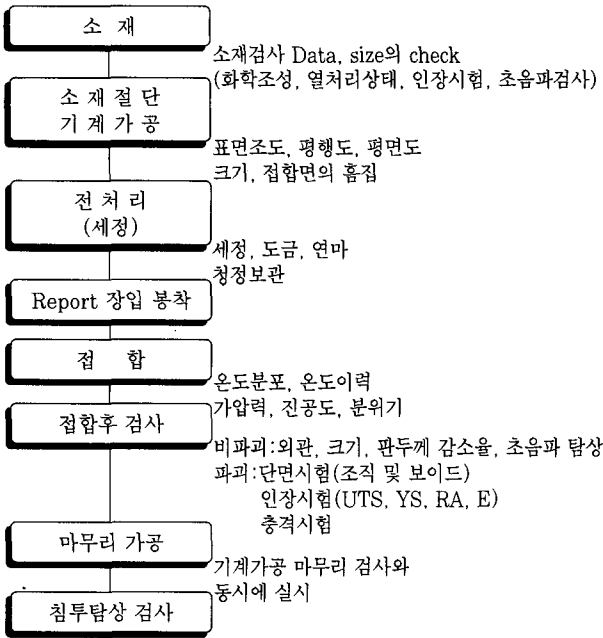


Fig. 5 브레이징 작업시 주요한 제조공정과 체크항목 등의 내부검사는 X선검사를 행한다. 주요 검사방법은 다음과 같다.

- ※ 육안 검사 : 접합부 전체의 삼입금속 분리(절단), 유해한 결함
 - ※ 형광자분탐상시험 : 균열 기공의 유무
 - ※ RT(방사선 검사) : 넓은 접합면적을 가지는 중첩 이음부의 결함
 - ※ UT(초음파 탐상시험) : 내부결함 유무
- 표 2는 브레이징 접합부의 결함검사 기술과 결함 허용기준을 표시한다. 클래스 I 은 크리티컬한 피팅류 및 구조물의 접합부에 적용되고, 클래스 II는 크리티컬하지 않는 피팅류나 구조물의 접합부에 적용한다. 브레이징 접합부에서는 결함을 어느 범위 내에서 허용하고, 이 허용범위 내에서 설계요구를 만족하도록 접합부를 설계하도록 되어 있다.

4. 적용 예

재료를 용융시키지 않고 어느 정도 강도를 확보할 수 있는 브레이징은 치수 정밀도가 요구되는 정지부품의 접합에 이용되고 있다. 적용부품은 관 제품에서 콤프레서 정익까지 폭이 아주 넓고, 주로 로브레이징에 의

Table 2. 브레이징 접합부의 결함검사와 결함 허용 기준

결함종류		품질수준	1급 (Grade A)	2급 (Grade A)
외부 결함	과잉삼입금속		- 완성조립품의 기능을 해치지 않는 범위에서 허용 단, 브레이징에 의해 형성된 필렛은 완만하고, 균일한 색깔을 나타내어야 하고, 미용해를 표시하는 흔적이 있으면 안 된다.	
	외부기공 (pin hole)		- 허용 최대 직경 : 0.4mm - 허용 최대 깊이 : 브레이징 깊이의 10% - 최대 허용직경을 가지는 pin hole의 개수는 브레이징 길이 25 mm에 대하여 1개 이하, 브레이징 길이가 25mm 이하인 경우 1개 이하	
	집중한 표면기공		- 허용 최대 깊이 : 이 영역에서 각 기공 직경의 합이 0.4mm 넘지 않으면 필렛 폭의 50% - 최대 크기를 가지는 집중기공의 개수는 길이 25mm당 1개 이하	
	선상 표면 기공 (선상으로 집중한 기공)		- 길이는 5mm이하로, pin hole 경의 합이 0.4mm 넘지 않을 것. - 개수는 길이 25mm당 1개 이하	
	Blister(모재과열)		있으면 안 된다.	
	Flux의 유보		있으면 안 된다.	
	Under-cut (모재의 Errosion)		재질의 5%이하	
	삼입금속의 침투		외관상, 틈 사이에 삼입금속이 잘 침투하고, 삼입금속이 양 끝단에 흘러내리는 경우	
내부 결함	불완전 브레이징 면적합계 (기공, 보이드, Flux 포함)		접합면의 15%이하	접합면의 35%이하
	단인 균열		결합의 크기는 접합 중첩거리의 15%이하	
	모재의 탈탄 (철강재료)		침탄 깊이 0.075mm이하 침탄 질화가 일어나면 되지 않는다.	

해서 조립되고 있다.

한편 브레이징 접합법의 연장선상에 있는 브레이징 공정과 확산접합 공정의 장점만을 조합시킨 천이액상 확산접합도 최근에 조립기술 및 수리기술로서 사용되고 있다.

4.1 항공엔진 부품의 브레이징 적용 예

그림 6은 브레이징에 의해 조립되고 있는 콤프레서 정익의 조립의 예이다. 이 부품은 정익 1장 1장을 외측 링 및 내측 링에 삽입하여 진공로에서 로브레이징되고 있다. 또한 스타터의 외륜의 동익 회전부에는 소착손상을 방지재가 내장되어 있다. 이것은 수지 라이닝, 소착방지재를 용사와 더불어 금속 섬유 실링재가 브레이징되어 있다. 그림 7⁹⁾은 브레이징부의 미세조직을 나타낸 것이다. 사용한 삽입금속은 Au 삽입금속이다. 브레이징 접합부에 부족한 내진동 특성을 개선하기 위하여 연성이 풍부한 Au 삽입금속이 항공엔진에서는 많이 사용되고 있다. 그러나, 가격 면에서 Ni삽입금속으로 치환되는 경향이 있다. 특히 내열성이 필요로 하는 부품에는 Ni-Pd 삽입금속이 사용되고, 진공로에서 로브레이징을 한다.

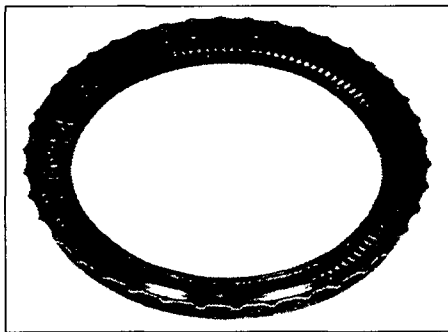


Fig. 6 Au 브레이징으로 조립된 콤프레서 정익

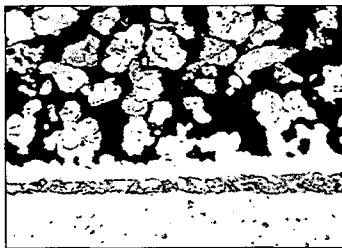


Fig. 7 콤프레서 정익 브레이징 접합부의 미세조직

그림 8¹⁰⁾은 RS211 엔진 연소기의 사진을 나타낸 것이고, 100 개소 이상의 브레이징으로 조립된다. 삽입금속으로는 고온강도와 연소가스에 대한 내식성이 우수한 Ni기 삽입금속이 이용된다. 특히 접합부 간격을

0.05-0.1mm 이내로 좁게 유지할 필요가 있다.

그림 9¹¹⁾는 항공 가스터빈의 하니컴실의 Ni 브레이징의 적용예이다. Hastelloy X와 Inconel 600의 하니컴 코아가 링 형상으로 브레이징 되어 있다. 하니컴 코아는 브레이징 전에 스폿 용접으로 가접하여 놓고, 1회의 브레이징 사이클로서 하니컴 자체의 브레이징과 Back metal과 동시에 브레이징하고 있다. 삽입금속은 최근에 아몰퍼스합금이 사용되고 있다. 이 경우 분위기는 모재의 Cr 증발을 억제하기 위하여 저압 불활성 가스 분위기를 사용하고 있다. 그림 10¹¹⁾은 하니컴의 브레이징 부위의 미세조직을 나타낸 것이다.

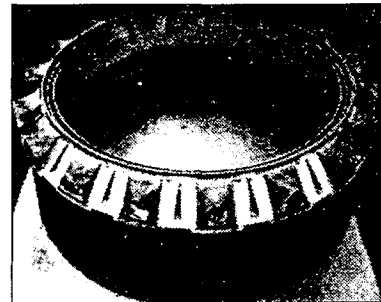


Fig. 8 RB211엔진 연소기

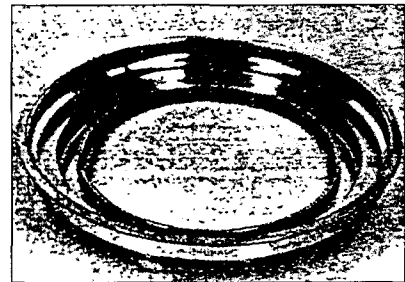


Fig. 9 Ni삽입금속으로 브레이징된 하니컴 실

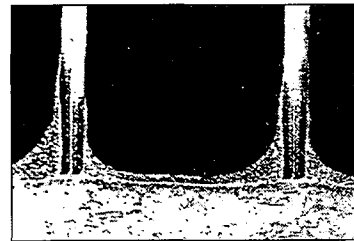


Fig. 10 Ni삽입금속으로 브레이징된 하니컴 실 부위의 미세조직

이외에 연료 매니홀더는 Ni합금인 Waspaloy 관에 다수의 분사 노즐이 링 형상의 Au 삽입금속으로 브레이징 되어 있다. 부익(Flap)은 내열합금 판재의 중첩 구조가 많아 용접이외에 시트 혹은 테이프 형상인 Ni-Mn, Cu-Mn계의 삽입금속으로 진공 불활성가스 분위기 로브레이징이 적용되고 있다.

4.2 우주로켓엔진 부품의 브레이징 적용 예

그림 11¹²⁾은 일본 H-I 로켓트에 사용된 LE-5 엔진 노즐 스카트 부위의 브레이징 접합부를 확대하여 표시한 것이다. 스카트 부위의 직경은 최대 약 1.7m, 높이 1.8m이고, 브레이징은 Ag, Pd 및 Au 삼입금속이 사용되고, 진공-불활성 가스 분위기에서 브레이징 된다. 브레이징로 압력은 온도 싸이클에 대응하여 진공(10⁻⁵torr 수준)에서 40torr 수준까지 수 단계로 변화시켜 제어하였다. 또한, H-I 로켓트의 제1단 주 엔진인 LE-7의 분사기에도 브레이징 기술이 적용되고 있다. 316 스텐인레스강제의 산화제 포스터제로 Inconel 718의 본체에 귀금속 삼입금속으로 진공-불활성가스 분위기에서 브레이징되고, 브레이징 부위는 수 백 곳에 달한다.

그림 12¹²⁾는 액체 로켓트 엔진의 재생 냉각관 구조 연소실



Fig. 12 액체 로켓트 엔진 관 구조 연소실

4. 결 언

현재 차세대 항공기로는 초음속 여객기로부터 재사용형 우주왕복 순환기(Space plan)까지 많은 기종이 검토되고 있다. 차세대 항공기는 기존 항공기 보다 경량이고, 강도가 높고 보다 안정성이 요구된다. 한편 차세대 항공기의 추진계는 종래의 로켓트 엔진, 제트엔진, 새로운 사고의 에어타보람(마하 0~6정도), 스크램 제트(마하 6~12정도), 공기액화식 엔진등이 제안되고 있다. 차세대 추진계의 연소기나, 압축기계에서는 1500℃~3000℃ 고온으로 올라감에 따라 종래에 그다지 사용되지 않았던 ODS, MMC, 금속간화합물, 세라믹스, 세라믹스복합재료 등과 같은 신소재가 사용될 전망이다.

이러한 재료는 GTAW, PW, EBW, LBW와 같은 용융용접을 적용하면, 접합부에서 모재의 강화기구가 소실되므로, 적용하기가 힘들다. 따라서 이들 재료를 경제적으로 효율적으로 이용하기 위해서는 브레이징, 확산접합, 천이액상확산접합이 많이 이용될 것으로 예상되므로, 이와같은 계면접합법의 접합기술을 확립하는 것이 필요하다.

한편, 항공우주분야의 브레이징에서는 모재 및 삼입금속의 종류가 다양하고, 부품의 형상이 복잡하므로, 고도의 정밀 기술이 요구된다. 특히 우리나라와 같이 경험이 미천한 나라에서 건전한 브레이징 접합부를 얻기 위해서는 이론적인 연구와 더불어 경험을 축적할 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. 坂本 昭 : ぶれいず 55-1 (1981), p11

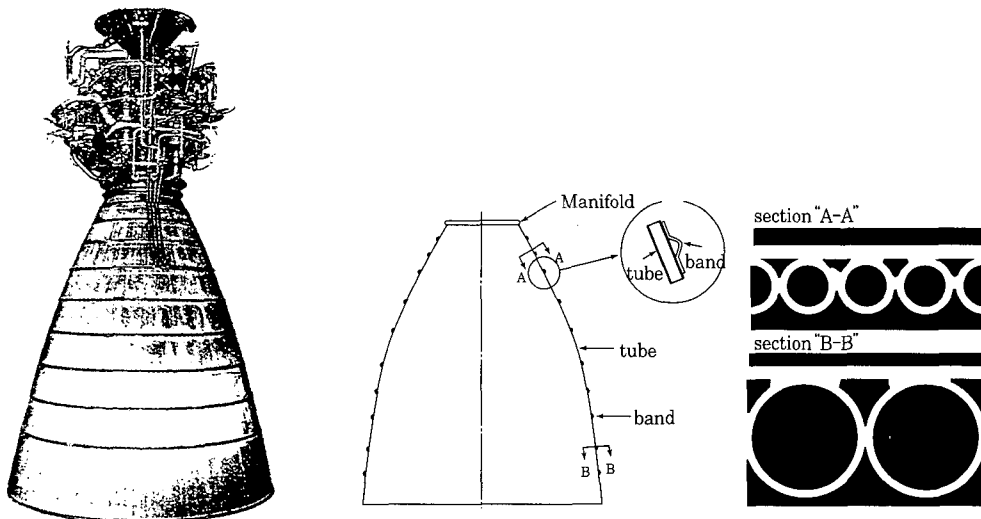


Fig. 11 일본 LE-5액체 로켓트 엔진의 외관과 노즐 스카트 브레이징 접합부 단면도

2. A. Sakamoto : W.J. '68(1989), p63
3. D.S.Duvall, W.A.Owczarsk : ,D.F. Paulonis : W.J.53-4(1974): p203
4. G.S.Hoppin, T.F.Berry : W.J.49(1970) p5053
5. ASH : Source Book on Brazing Technology(1980) p25
6. A.V.Sex60lt, J.E.Burke : Procedures in Experimental Metallurgy, John Wily, New York,(1953) p190
7. E.Fromm : Met. Trans.A., 9A(1978) p1835
8. A. Sakamoto : W.J. 62(1983) p2729
9. 石川島潘重工カタログ
10. D.F.Panlimis, D.S.Duvall, and W.A. Owczarsk1 : US Patant No.367850 June.1972
11. 大村 : "航空エンジンのろう付技術", ジョイテック, 5(1989) p18
12. 坂本 : 雰圍氣制御爐中ロー付け, 溶接技術, 34-9 (1986) p199
13. 原 : 日本溶接學會誌 67-7 (1998), p13