

解	說
---	---

大韓熔接學會誌
第10卷第3號 1992年 9月
Journal of the Korean
Welding Society
Vol. 10. No. 3, Sep., 1992

Brazing 기술의 기초와 실제(II)

- Brazing의 기초(중) -

姜晶允* · 金雨烈**

1. 삽입금속(Insert metal or Filler metal)

1.1. 삽입금속의 성질

삽입금속을 선택하거나, 합금설계를 하고자 할 때에는 삽입금속이 갖추어야 할 기본적인 성질을 파악하는 것이 급선무일 것이다. 그 성질로서는 젖음성, 용점이 가장 중요하지만, 그외에도 용도에 따라서 필요한 성질이 있다. 기본적인 성질을 열거하면 다음과 같다.

- (1) 젖음성이 좋고, 적당한 유동성을 가질 것
- (2) 용점이 낮고, 적당한 용융폭을 가질 것
- (3) 접합온도에서 증발하기 쉬운 성분이 적을 것
- (4) 접합 시에 각 성분이 액상에서 분리되지 않을 것
- (5) 접합부의 기계적 성질 및 내식성이 사용목적에 적당할 것
- (6) 판이나 선재로 가공하기 쉬울 것

이들 중에서 중요한 몇 개에 대해서 상세히 기술하면 다음과 같다.

젖음성(Wettability)

이것은 모재와 삽입금속의 조합 및 플락스에 크게 영향을 미친다. 모재와 고용체 혹은 금속간화합물을 이루는 성분이 포함되어 있는 삽입금속이 젖음성이

양호하다고 말할 수 있다. 그러나, 모재 중에 Al, Ti, Cr등과 같이 안정한 산화물을 만들기 쉬운 원소가 함유된 경우에는 강력한 플락스를 사용하던가, 도금등과 같은 표면처리를 하여 젖음성을 개선할 필요가 있다.

용점(Melting point)

주로 공정점이나 최저의 용점의 조성인 삽입금속이 최적이라고 말할 수 있다. 삽입금속의 설계 시에 용점을 저하시키기 위하여 용점저하 원소를 많이 넣는 것이 좋을 것으로 기대하지만, 일반적으로 저용점 원소가 다량 함유하면, 삽입금속 자체의 성질이 경하고 취약하여 가공성이 불량하고, 접합강도에도 문제가 발생할 가능성이 있으므로 많이 넣지 않는 것이 좋다.

일반적으로 용융온도 범위가 큰 삽입금속은 가열속도가 느리면 저용점 금속과 고용점 금속이 분리하기 쉽고, 유동성이 좋지 않기 때문에 될 수 있는 한 급속으로 가열하는 편이 좋다. 공정조성과 같이 용융온도 범위가 좁은 삽입금속은 대체로 유동성이 양호하여 좁은 간격에도 잘 파고 든다. 이 삽입금속은 미리 접합 간격을 고정한 부품의 제조에 사용되고, 가열속도의 영향은 거의 없다.

삽입금속의 강도

이음부의 강도는 삽입금속 자체의 강도 이외에 접

* 정회원,釜山大學校 工科學 金屬工學科

** 정회원,釜山工業大學 生産加工工學科

합부의 간격, 접합이음부의 형상, 가열온도 등에 의해서 변화하므로, 자체 강도를 강화하여도 효과는 적다. 그러나, 접합부간격이 넓은 경우에는 삽입금속 자체의 강도가 중요하다.

1.2. 삽입금속의 종류

현재 JIS에 규정되어 있는 삽입금속으로는 표 2.1에 표시한 것과 같이 Ag, 인동, Au합금 등이 있지만, 용점이 아주 다르다. 이 중에서 Ag, 인동, Au 및 Pd 삽입금속을 귀금속 삽입금속이라고 부른다. 한편, AWS, DIN 규격으로는 상기의 삽입금속 이외에도 전자관용 삽입금속, 저Ag 삽입금속 등이 있다. 브레이징 기술 및 신소재 기술의 발달과 더불어, 사용조건 및 모재에 맞는 새로운 삽입금속이 개발, 제조, 시판되고 있다.

1.2.1. Ag 삽입금속

Ag 삽입금속은 귀금속 삽입금속 중에서도 가장 대표적인 것으로, 접합온도가 타의 삽입금속에 비교하여 낮고, 모재의 열영향부가 적고, 접합작업이 쉽고, 각종 재료에 대한 접합성이 우수하기 때문에, IC의 실장 등과 같은 전자제품의 접합, 공업기기, 설비 등의 대형부재의 접합을 비롯하여, 세라믹스나 Ti합금과 같은 신소재의 접합에도 널리 사용되고 있다.

이 삽입금속의 기본 조성은 Ag-Cu-Zn의 3원계이다. 그림 2.1는 Ag-Cu-Zn 3원계의 상태도이고, 액상선온도 분포를 나타낸다. 실제 삽입금속으로 사용되는 성분의 영역은 사선으로 표시한 부분이고, 이외의 곳은 취약하던가, 용점이 너무 높은 곳이다. 이 3원계 조성을 기본으로 하여 작업성, 접합강도, 내식성 등의 사용

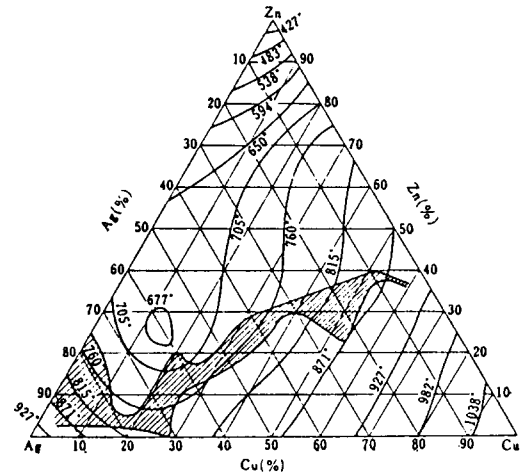


그림 2.1 Ag-Cu-Zn 3원계 상태도

목적에 따라서 Cd, Ni, In, Sn, Mn 등이 첨가된 합금이 개발되었다. 한편, 증발성이 강한 Zn을 뺀 Ag-Cu 2원계를 기본 조성으로 하는 진공용 삽입금속도 있다.

Cd를 첨가하면 용점이 아주 낮아지고, 젖음성이 양호하게 된다. 그러나, 공해문제가 대두되기 때문에 최근에는 첨가하지 않는 경향이 있다. Ni은 철강재료와 WC와 같은 초경합금에 대한 젖음성을 양호하게 한다. 또한, 스테인레스강의 접합시 내식성을 개선시키는 효과가 있다. Sn은 Cd 대신에 용점을 낮추기 위하여 첨가된다. Cu합금 및 Ag합금에 5% 정도 첨가하면 액상선온도를 약 25°C 낮출 수 있지만, 그 이상 첨가하면 취약하게 되어 가공성이 불량하게 된다. 또한, 철합금 및 Ni합금에 대하여 젖음성을 개선한다. Li은 삽입금속과 모재의 계면에 모이는 경향이 있다. 이 작용은 유동성을 증대시키고, 모재의 산화피막을

표 2.1 JIS규격에 정해진 삽입금속의 종류

JIS No	명 칭	기호	종류	주요성분	첨가성분	용융온도
JIS Z 3261	銀 삽입금속	B _{Ag}	17	Ag, Cu, Zn	Cd, Ni, Sn, Li	605-800°C
JIS Z 3262	銅/黃銅삽입금속	B _{CuZn}	8	Cu, Zn	Ni, Sn, Si	800-935
JIS Z 3263	Al합금 삽입금속 / Brazing Sheet	B _A	22	Al, Si	Cu	520-615
JIS Z 3264	인동 삽입금속	B _{CuP}	6	Cu, P	Ag, Sn	640-900
JIS Z 3265	Ni 삽입금속	B _{Ni}	8	Ni, B, P	Cr, Fe, Si	875-1135
JIS Z 3266	金 삽입금속	B _{Au}	6	Au, Cu, Ni	Ag	880-1030
JIS Z 3267	Pd 삽입금속	B _{Pd}	10	Pd, Ag	Cu, Mn, Ni	805-1235

표 2.2 銀 삽입금속의 종류(JIS Z 3261)

종 류	화 학 성 분(%)					참 고 치		
	Ag	Cu	Zn	Cd	그외에 합금 원 소	고상선 온도℃	액상선 온도℃	브레이징 온도℃
BAg-1	44.0~46.0	14.0~16.0	14.0~18.0	23.0~25.0	-	약605	약620	620~760
BAg-1A	49.0~51.0	14.5~16.5	14.5~18.5	17.0~19.0	-	약625	약635	635~760
BAg-2	34.0~36.0	25.0~27.0	19.0~23.0	17.0~19.0	-	약605	약700	700~845
BAg-3	49.0~51.0	14.5~16.5	13.5~17.5	15.0~17.0	Ni : 2.5~3.5	약630	약690	690~815
BAg-4	39.0~41.0	29.0~31.0	26.0~30.0	-	Ni : 1.5~2.5	약670	약780	780~900
BAg-5	44.0~46.0	29.0~31.0	23.0~27.0	-	-	약665	약745	745~845
BAg-6	49.0~51.0	33.0~35.0	14.0~18.0	-	-	약690	약775	775~870
BAg-7	55.0~57.0	21.0~23.0	15.0~19.0	-	Sn : 4.5~5.5	약620	약650	650~760
BAg-7A	44.0~46.0	26.0~28.0	23.0~27.0	-	Sn : 2.5~3.5	약640	약680	680~770
BAg-7B	33.0~35.0	35.0~37.0	25.0~29.0	-	Sn : 2.5~3.5	약630	약730	730~820
BAg-8	71.0~73.0	Bal	-	-	-	약780	약780	780~900
BAg-8A	71.0~73.0	Bal	-	-	Li : 0.15~0.30	약770	약770	770~870
BAg-18	59.0~61.0	Bal	-	-	Sn : 9.5~10.5	약600	약720	720~840
BAg-20	29.0~31.0	37.0~39.0	30.0~34.0	-	-	약675	약765	765~870
BAg-20A	24.0~26.0	40.0~42.0	33.0~35.0	-	-	약700	약800	800~890
BAg-21	62.0~64.0	27.5~29.5	-	-	Ni : 2~3, Sn : 5~7	약690	약800	800~900
BAg-24	49.0~51.0	19.0~21.0	26.0~30.0	-	Ni : 1.5~2.5	약660	약705	705~800

(주) 불순물의 량은 0.15%이하로 규정하고 있다.

환원시키기 때문에 젖음성이 촉진된다. 특히, Al 및 Ti이 소량 함유된 합금에 유효하다.

표 2.2는 JIS에 규정된 삽입금속을 나타낸다. Ag 삽입금속은 다음과 같이 분류할 수 있고, 그 특징을 살펴 보면 다음과 같다.

(1) Ag-Cu-Zn-Cd계 : Cd이 함유되어 있으므로 접합온도가 낮고, 유동성이 우수하다. 따라서, 모재의 열영향이 적어, Cu합금, 鋼, 스테인레스鋼 등의 구조용재료의 접합에 사용된다.

(2) Ag-Cu-Zn : Cd가 함유되어 있지 않으므로, 식품관계 및 의료관계 제품이나, 전기기계 제품의 브레이징에 사용된다. (1)의 계 보다 유동성이 나쁘다.

(3) Ag-Cu-Zn-Cd-Ni 및 Ag-Cu-Zn-Ni계 : 주로 스테인레스강이나 초경공구강에 적합하다. 특히 스테인레스강에 대하여 다른 삽입금속 보다도 내식성이 우수하다.

(4) Ag-Cu-Zn-Sn 및 Ag-Cu-Zn-In계 : 이것은 Cd 대신에 Sn 및 In이 첨가된 것이다. Sn을 첨가한 것은

스테인레스강이나 동합금에 사용되고, In을 첨가한 것은 냉동기, 공조기 등에 사용되고 있다.

(5) Ag-Cu-Zn-Mn 및 Ag-Cu-Zn-Cd-Mn-Ni계 : Mn은 Fe기, Co기, Ni기 합금에 대해서 유동성을 개선시키고, 고온강도, 내충격성을 향상시킨다. 여기에 Ni의 효과를 플라스하여, 초경공구강 및 다이아몬드공구틸의 브레이징에 사용된다.

(6) Zn 및 Cd를 함유하지 않은 계 : 眞空브레이징 및 眞空브레이징을 할 경우, Zn 및 Cd는 휘발성이 강하여 爐의 내부를 오염시키고, 제품을 오염시켜서 제품의 성능을 저하시키기 때문에 이 원소를 제외한 Ag, Cu, In, Sn, Ni 등으로 구성된 삽입금속을 사용한다. 예를들면, BAg-8은 전자관이나 반도체 관계의 리드나 패키지의 브레이징에 사용된다. Sn, Li를 첨가하면, 스테인레스강의 접합성을 향상시키고, Ni를 첨가하면, 접합이음부의 내식성을 향상시키는 효과가 있다.

이외에 Ag-Mn계 삽입금속이 있고, 400℃정도에서 내열성을 요구하는 이음부에 사용되지만, 내산화성은

나쁘다.

JIS에 규정된 Ag 삽입금속은 저융점이고 우수한 젖음성을 가지고 있지만, Ag의 가격이 고가이므로, Ag량이 적은 삽입금속의 개발이 요구되고 있다. Ag량이 적으면, 액상선온도가 높게 된다. 따라서, 접합온도가 높게 되고, 플럭스의 선택 등을 포함한 작업성 면에서 문제가 된다. 그러나, 젖음성이나, 유동성에는 큰 문제가 되지 않는다.

1.2.2. Cu 및 Brass(Cu-Zn) 삽입금속

황동 삽입금속은 삽입금속 중에서도 가장 역사가 오래된 것이지만, 그동안 Ag 삽입금속 및 인동 삽입금속으로 대체되어 왔다. 그러나, 최근에 와서는 가격이 저렴하고, 가공성이 양호하여 철강재료의 접합에 많이 이용되고 있다. Cu-Zn합금의 용점 및 가공성 등으로 부터, 삽입금속의 Zn량은 40%~60% 정도가 적당한 것으로 판단된다.

Sn은 유동성은 좋게 하고, 내식성을 향상시키지만, 1% 이상 첨가하면 연성을 저하시킨다. Mn은 강도와 내식성을 향상시킨다. Ni은 강도와 내식성을 향상시킨다. 10% 이상 첨가하면 銀白色으로 되지만, 용점이

높게 된다.

한편, Zn의 증발을 방지하기 위하여 Si을 첨가하는 경우가 있고, Fe, Pb등의 불순물은 억제할 필요가 있으므로, JIS에서는 최대량을 규정하고 있다.

표 2.3은 JIS에 규정되어 있는 삽입금속을 표시한다.

황동 삽입금속은 보통 봉사-봉산계의 고용점 플럭스를 사용하여, 화염브레이징, 로브레이징, 고주파브레이징으로 시공하지만, Zn은 휘발성이 강하므로 과열하지 않도록 주의할 필요가 있다. 또한, 진공브레이징이나 진공 중에서 사용하는 제품에는 적합하지 않다.

순동 삽입금속은 무산소동으로 제조된다. BCu-1은 용점 적상인 1095°C에서 유동한다. 일반적으로 브레이징은 환원분위기(수소, 암모니아가스)나, 진공 중에서 행한다. Cr, Al, Ti과 같은 안정한 산화물을 만들기 쉬운 원소가 들어 있는 합금을 브레이징할 경우에는 고순도의 분위기 중에서 하거나 플럭스를 사용할 필요가 있다.

BCu-1A는 BCu-1의 분말상의 것이고, BCu-2는 銅 산화물을 바인더로 사용한 것이다. BCuZn-2, 3, 5는 Sn를 첨가하여 내식성 및 유동성을 향상시킨 것이

표 2.3 銅 및 黃銅 삽입금속의 종류(JIS Z 3262)

종 류	화 학 분 %				참 고 치		
	Cu		Zn	불순물의 제한 최 고 치	고상선 온도°C	액상선 온도°C	브레이징 온도°C
BCu-1	99.90 ↑	-		P : 0.075, Pb : 0.02 Al : 0.01	약1,083	약1,083	1,095~1,150
BCu-1A	99.0 ↑	-			1,083	1,083	약1,095~1,150
BCu-2 ⁽¹⁾	86.5 ↑	-			1,083	약1,083	1,095~1,150
BCuZn-0	32.0~36.0	-	Bal.	Fe : 0.10, Pb : 0.50	800	약 820	820~870
BCuZn-1	58.0~62.0	-	Bal.	Pb : 0.05, Al : 0.01	900	약 905	905~955
BCuZn-2	57.0~61.0	Sn : 0.25~1.0	Bal.	Pb : 0.05, Al : 0.01	약 890	약 900	900~955
BCuZn-3	56.0~60.0	Sn : 0.8~1.1, Si : 0.24~0.15 Fe : 0.25~1.2, Mn : 0.01~0.5	Bal.	Pb : 0.05, Al : 0.01	약 865	약 890	890~955
BCuZn-4	49.0~52.0		Bal.	Pb : 0.05, Al : 0.01 Fe : 0.10	약 870	약 875	880~925
BCuZn-5	49.0~52.0	Sn : 3.0~4.0	Bal.	Pb : 0.05, Al : 0.01	약 855	약 860	860~925
BCuZn-6	46.0~50.0	Ni : 9~11, Si : 0.04~0.25	Bal.	Pb : 0.05, Al : 0.01 P : 0.25	약 920	약 935	935~980
BCuZn-7	46.0~49.0	Ni : 10~11, Ag : 0.3~1.00	Bal.	Si : 0.15	920	약 930	930~980

지만, Sn이 너무 많으면 취약하게 된다.

BCuZn-6, 7은 Ni를 첨가하여 강도와 내식성을 증가시킨 것이다.

1.2.3. 인동(Cu-P) 삽입금속

Cu-P합금은 동 및 동합금합금에 대하여 플라스의 사용 없이 낮은 온도에서 접합이 가능한 삽입금속이지만, 경도가 높고, 취약하여 가공성이 불량할 뿐만 아니라 접합이음부의 연성 및 인성이 아주 낮다. 이와같은 결점을 보완하기 위하여 Ag가 첨가되었다. Ag를 첨가하면 유동성이 증가되고, 가공성도 개선된다. 기본조성은 Cu-P계 및 Cu-Ag-P계가 있고, P는 약 5~7.5%의 범위에서 첨가된다.

이 합금의 최대의 특징은 자체플라스(Self Flux)작용이 있다는 것이다. 즉, 다음 식과 같이 액상삽입금속 중에 遊離된 P가 銅(모재)표면의 산화물을 환원하여, 표면을 활성화시키기 때문에 플라스를 사용하지 않고 브레이징이 가능한 것이다.

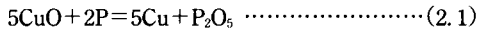


표 2.4는 JIS규격에 규정된 삽입금속의 종류를 나태낸다.

BCu-1 : 설치형(Preplacement) 삽입금속의 프리폼(Preform)에 많이 사용된다. 접합부는 비교적 연성이 좋지만, 접합온도에서 유동성이 나쁘다. 간격은 0.02~0.12mm가 적당하다.

BCu-2.4 : 접합온도에서 유동성이 양호하고 좁은 간격에도 침투가 가능하다. 간격은 0.02~0.08mm가 적당하다.

BCu-3.5 : 넓은 간격을 가진 이음부에 사용되고, 간

격은 0.02~0.12mm가 적당하다.

BCu-6 : BCu-2와 3의 특성을 합친 것으로, BCu-4보다 Ag량이 적은 것이 특징이라 하겠다.

이외에도 기본조성이 Ni 혹은 Sn을 첨가한 것이 있다. Sn의 첨가는 용융온도의 저하가 효과가 있지만, 경도를 증가시켜 가공성을 나쁘게 한다. 최근에는 Cu-Ni-Sn-P 4원계 합금을 급냉응고법으로 극박판(30~50 μm)으로 제조한 삽입금속이 개발되어 있고, 열교환기 등의 제조에 사용된다.

이 삽입금속을 사용할 때는 다음과 같은 점을 주의하여야 한다. ① Fe 혹은 Ni를 5% 이상 함유한 모재를 브레이징하면, 접합계면에서 Fe₃P 및 NiP를 형성하여 접합강도를 저하시킨다. 따라서, 이와같은 모재에는 사용하지 않는 것이 좋다. ② P는 S와 반응하여 아주 취약한 황인화합물을 형성하여 접합강도를 저하시키므로, S를 많이 함유한 환경에서 사용하는 제품의 브레이징은 피하는 것이 좋다. ③ 접합층 내에 인화합물이 정출하여 접합부의 인성이 낮기 때문에 접합부에는 응력이 집중하지 않도록 이음부를 설계하는 것이 바람직하다. ④ 용융 후 양 성분이 분리되는 경우가 가끔있는데 이때는 될 수 있는 한 급속으로 가열하는 것이 좋다.

1.2.5. Au 삽입금속

금(Au)을 주성분으로 하는 삽입금속으로 공업용, 보석용, 반도체용, 치과용 등 많은 종류가 있다. 공업용 삽입금속은 내열 내식재료를 구성하고 있는 Ni, Co, Mo, Ta, Nb, W 등에 대하여 접합성이 양호한 것이 특징이다. 또한 저융점 원소를 함유하지 않았기 때문에 계면에서 합금반응이 일어나기 힘들다. 따라서, 얇은 구조물을 조립하는 경우 정밀도가 높은 접합이

표 2.4 인동 삽입금속의 종류(JIS Z 3264)

종 류	화 학 성 분 %				참 고 치		
	P	Ag	Cu	기 타	고상선 온도℃	액상선 온도℃	브레이징 온도℃
BCuP-1	4.8~5.3	-	bal	0.2↓	약 710	약 925	790~930
BCuP-2	6.8~7.5	-	bal	0.2↓	약 710	약 795	735~845
BCuP-3	5.8~6.7	4.8~5.2	bal	0.2↓	약 645	약 815	720~815
BCuP-4	6.8~7.7	5.8~6.2	bal	0.2↓	약 645	약 720	690~790
BCuP-5	4.8~5.3	14.5~15.5	bal	0.2↓	약 645	약 800	705~815
BCuP-6	6.8~7.2	1.8~2.2	bal	0.2↓	약 645	약 790	730~815

표 2.5 金 삽입금속의 종류(JIS Z 3266)

온 도	화 학 성 분 %					참 고 치		
	Au	Cu	Ni	Ag	기 타	고상선 온도℃	액상선 온도℃	브레이징 온도℃
BAu- 1	37.5	Bal.	-	-	0.15 ↓	약 990	약 1,015	1,015~1,095
BAu- 2	80.0	Bal.	-	-	0.15 ↓	약 890	약 890	890~1,010
BAu- 3	35.0	Bal.	3.0	-	0.15 ↓	약 975	약 1,030	1,030~1,090
BAu- 4	82.0	-	Bal.	-	0.15 ↓	약 950	약 950	950~1,005
BAu-11	50.0	Bal.	-	-	0.15 ↓	약 955	약 970	970~1,020
BAu-12	75.0	Bal.	-	12.5	0.15 ↓	약 880	약 895	895~ 950

(주) 주요성분은 평균치이고, 허용 범위는 모두 ± 0.5 이다.

가능하다. 예를들면, 전자관, 진공기기, 로켓트엔진 등의 조립에 사용된다. 보석용의 경우 팔찌, 목걸이, 안경 시계 등과 같은 장식용 제품의 조립에 사용된다. 이때문에 색채가 중요시 되고, 동시에 접합온도가 낮고, 유동성이 우수하여야 할 것이다. 치과용과 같은 경우에는 내식성, 色調, 가공성, 강도 등이 우수하여야 하므로 주로 Au-Ag을 기본성분으로 하여 Pt, Pd, Ni, Cu, Zn등이 목적에 따라서 적당히 첨가된다.

한편, JIS규격에서는 ① 내식 내열 또는 내산화성 용과 ② 고진공 容器用으로 나누어져 있다. 이것은 주로 용도에 따라 불순물의 제한량을 달리하여 구분한다. 前者는 우주항공, 원자력, 전기관계의 분야에 사용되고 있는 스테인레스강, 내열강, Ni 및 Fe기 초내열합금의 접합에 사용된다. 後者는 전자관, 고진공 응용기기 등에 사용되고 있다.

JIS에 규정된 삽입금속의 종류를 표 2.5에 나타낸다.

BAu-1, 2, 11은 Au-Cu합금으로 내식성, 내산화성이 우수하다. 특히, BAu-2는 용점이 낮고, 유동성이 좋다. BCu-4는 Au-Ni합금으로 고온 기계적성질이 우수하고, 내식성, 내산화성이 우수하여 항공기나 로켓트 등에 많이 사용되고 있다.

1.2.6. Ni 삽입금속

Ni 삽입금속은 Ni에 용점을 낮추기 위하여 공정조성을 이루는 B, Si 및 P를 첨가하고, 기계적성질을 증가시킬 목적으로 Cr, Co등을 첨가한 합금이다. 접합 이음부는 고온강도가 높고, 내식성 및 고온내산화성이 우수하므로, 항공기, 각종 엔진, 터빈, 원자로 등에 많이 사용되고, 앞으로 전망이 기대되는 삽입금속이다. 종래에는 선재나 판재로 가공하기 힘들기 때문에 분말

상이나, 결합재를 사용한 성형상으로 사용되어 왔지만, 최근에는 급속응고법을 이용하여 비정질합금인 테이프상태로 제조하여 사용하고 있다.

브레이징은 보통 진공분위기나, 수소와 같은 환원성 분위기에서 행하여진다.

이 삽입금속은 Fe합금 및 Ni합금과 심한 반응을 일으키는 경우가 많다. B등은 모재의 입계에 확산하여, 입계를 액화시켜 이음부의 기계적성질 및 내식성을 저하시키는 경우가 많다.

표 2.6에 JIS규격의 Ni 삽입금속을 표시한다.

BNi-1, 2, 3, 4는 B를 2~4%, Si를 4~5%들어 있고, 젓음성도 양호하다. 내열성이 요구되는 부품을 비롯한 일반적인 용도의 브레이징에도 사용된다.

BNi-5는 B은 없고, Si만이 약 10% 정도 들어 있는 합금으로 고온 강도 및 내산화성을 요구하는 경우에 사용된다.

BNi-6, 7은 P가 약 10% 정도 들어 있고, 용점이 가장 낮은 삽입금속이다. B이 들어 있으면 곤란한 원자로 부품의 경우에는 BNi-5와 더불어 사용된다. 특히 BNi-7은 내열성 내식성이 우수하다.

1.2.7. Al 삽입금속

이 삽입금속의 기본조성으로서 Al에 용점저하원소인 Si를 첨가한 Al-Si계와, 여기에 Mg를 첨가한 Al-Si-Mg계가 있다. Al-Si 2원계는 공정상태를 표시하고, 11.7% Si에서 共晶點을 이룬다. 일반적으로 공정점 근처의 조성을 택하고 있다. 표 2.7은 JIS규격에 규정된 조성을 표시한다.

Al은 표면에 형성된 산화피막이 안정하고, 견고하여, 플라스에 의해서 제거가 곤란하기 때문에 브레이징

표 2.6 Ni 삽입금속의 종류(JIS Z 3265)

종 류	화 학 성 분							참 고 치		
	Cr	B	Si	Fe	C	P	Ni	고상선 온도℃	액상선 온도℃	브레이징 온도℃
BNi-1	14.0	2.755 ~3.5	4.0 ~5.0	4.0 ~5.0	0.6 ~0.9	0.02 ↓	bal	약 975	약 1,010	1,065~1,205
BNi-1A	14.0	2.75 ~3.5	4.0 ~5.0	4.0 ~5.0	0.06 ↓	0.02 ↓	bal	약 975	약 1,075	1,075~1,205
BNi-2	7.0	2.75 ~3.5	4.0 ~5.0	2.5 ~3.5	0.06 ↓	0.02 ↓	bal	약 970	약 1,000	1,010~1,175
BNi-3	-	2.75 ~3.5	4.0 ~5.0	0.50 ↓	0.06 ↓	0.02 ↓	bal	약 980	약 1,010	1,010~1,175
BNi-4	-	1.5 ~2.2	3.0 ~4.0	1.5 ↓	0.06 ↓	0.02 ↓	bal	약 980	약 1,065	1,010~1,175
BNi-5	19.0	0.03 ↓	9.75 ~10.5	-	0.10 ↓	0.02 ↓	bal	약 1,080	약 1,135	1,150~1,205
BNi-6	-	-	-	-	0.10 ↓	10.0 ~12.0	bal	약 875	약 875	975~1,025
BNi-7	14.0	0.01 ↓	0.10 ↓	0.20 ↓	0.08 ↓	9.7 ~10.5	bal	약 890	약 890	990~1,040

(주 1) : Cr은 평균치이고, 허용범위는 ±1.0이다, (주 2) : 불순물의 량은 0.50% 이하로 제한한다.

표 2.7 Al 삽입금속의 종류(JIS Z 3263)

원 소 합금기호	화 학 성 분 (%)								참 고 치		
	Si	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al	고상선 온도℃	액상선 온도℃	브레이징 온도℃
BA4343	6.8 ~8.2	0.25 ↓	0.10 ↓	-	-	0.20 ↓	-	bal	577	615	600~620
BA4045	9.0 ~11.0	0.30 ↓	0.05 ↓	0.05 ↓	-	0.10 ↓	0.20 ↓	bal	577	590	590~605
BA4145	9.3 ~10.7	3.3 ~4.7	0.15 ↓	0.15 ↓	0.15 ↓	0.20 ↓	-	bal	520	585	570~605
BA4047	11.0 ~13.0	0.30 ↓	0.15 ↓	0.10 ↓	-	0.20 ↓	-	bal	577	580	580~605
BA4003	6.8 ~8.2	0.25 ↓	0.10 ↓	2.0 ~3.0	-	0.20 ↓	-	bal	559	607	595~620
BA4004	9.0 ~10.5	0.25 ↓	0.10 ↓	1.0 ~2.0	-	0.20 ↓	-	bal	559	591	590~605
BA4005	9.5 ~11.0	0.25 ↓	0.10 ↓	0.20 ~1.0	-	0.20 ↓	-	bal	559	582	585~605
BA4N04	11.0 ~13.0	0.25 ↓	0.10 ↓	1.0 ~2.0	-	0.20 ↓	-	bal	559	579	580~600

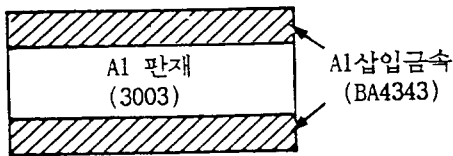
(주) Fe는 0.8% 이하 이고, 기타 불순물은 0.05% 이하 이다.

표 2.8 Al Brazing Sheet의 종류(JIS Z 3263)

종 류 및 기 호	Brazing sheet 재 료		Clad 면	참 고		
	중심재료	Clad재		고상선	액상선	Brazing
				온도(°C)	온도(°C)	온도(°C)
BA11PC	3003	BA4343	단 면	577	615	600~620
BA12PC	3003	BA4343	양 면			
BA21PC	6951	BA4343	단 면	577	615	600~620
BA22PC	6951	BA4343	양 면			
BA23PC	6951	BA4045	단 면	577	590	590~605
BA24PC	6951	BA4045	양 면			
BA 3PC(*)	3003	BA4003	단 면	559	607	595~620
BA 4PC(*)	3003	BA4003	양 면			
BA 7PC(*)	3003	BA4004	단 면	559	591	590~605
BA 8PC(*)	3003	BA4004	양 면			
BA 9PC(*)	3003	BA4005	단 면	559	582	585~605
BA10PC(*)	3003	BA4005	양 면			
BA17PC(*)	3003	BA4N04	단 면	559	579	580~600
BA18PC(*)	3003	BA4N04	양 면			

주 * : 진공브레이징용에 사용됨

하기가 아주 힘들다. 그래서 Al합금을 중심재로 하고, 한쪽 면 혹은 양면에 삽입금속을 클래드하여 사용하는 경우도 있다. 이것을 브레이징시트(Brazing Sheet)라고 하고, JIS에 규정된 것을 표 8에 나타낸다. 보통 불활성 분위기 혹은 진공분위기에서 사용된다. 그림 2.2는 브레이징시트의 단면의 예를 표시한다. 주로 자동차의 라지아타 및 열교환기, Homincomb구조와 같은 접합면적이 넓은 경우에 사용된다.



한쪽의 Al삽입금속의 두께는 전체 두께의 5-10%

그림 2.2 Brazing Sheet의 단면

Al의 접합 시 접합온도가 모재의 용점에 가깝기 때문에, 가열도중에 모재의 입계가 액화하거나, 모재가 용융하지 않도록 온도 관리를 충분히 주의할 해야 한다.

BA4047은 공정형이고, 유동성이 좋고, 일반적인

브레이징이나 내식성이 요구되는 경우에 사용된다.

BA4145은 Cu가 들어 있고, 접합온도가 낮다. 그러나, 용융온도 범위가 넓기 때문에 유동성이 그다지 좋지 않다. 그래서 삽입금속의 유동성을 조정하거나, Al주물용에 사용된다.

BA4343, 4045은 시트(Sheet)상으로 플락스를 이용하는 爐브레이징이나, 熔融브레이징(Deep Brazing)에 사용된다. 또는 브레이징시트의 삽입금속으로 사용된다.

1.2.8. Pd 삽입금속

이 삽입금속은 Ag삽입금속에 Pd를 첨가하여 젖음성을 개선한 기본형과 Mn, Ni등을 첨가하여 내열성을 증가시킨 기본형으로 분류된다. 또한, 용점이 높고, 고온강도가 크고, 모재의 침식이나 입계의 침투가 적고, 증기압이 낮은 것이 특징이라고 하겠다. 이러한 특징 때문에, 가스터빈, 제트엔진, 원자력기기 및 고진공용 용기의 조립에 이용되고, 그 대상재료도 각종 내열합금 및 전자관 재료 등 아주 많다.

이와같이 다방면에 사용되지만, JIS규격에는 耐熱機器用의 것 만이 규정되어 있다. 표 2.9에 표시된다.

모재는 내열합금을 비롯하여 Mo, W합금에 적용된다. 또한, 접합온도 범위가 삽입금속에 따라서 다르

표 2.9 Pd 삽입금속의 종류(JIS Z 3267)

종 류	화 학 성 분 %					참 고 치		
	Pd	Ag	Cu	Mn	Ni	고상선 온도℃	액상선 온도℃	브레이징 온도℃
BPd- 1	4.5~ 5.5	68.0~69.0	26.0~27.0	-	-	약 805	약 810	810~ 900
BPd- 2	9.5~10.5	58.0~59.0	31.0~32.0	-	-	약 825	약 850	850~ 950
BPd- 4	14.5~15.5	64.5~65.5	19.5~20.5	-	-	약 850	약 900	900~1,000
BPd- 6	24.5~25.5	53.5~54.5	20.5~21.5	-	-	약 900	약 950	950~1,050
BPd- 7	4.5~ 5.5	94.5~95.5	-	-	-	약 970	약1,010	1,010~1,100
BPd- 9	19.5~20.5	74.5~75.5	-	4.5~5.5	-	약1,000	약1,120	1,120~1,200
BPd-10	32.5~33.5	63.5~64.5	-	2.5~3.5	-	약1,180	약1,200	1,200~1,300
BPd-11	20.5~21.5	-	-	30.5~31.5	47.5~48.5	약1,120	약1,120	1,120~1,200
BPd-12	19.5~20.5	-	54.5~55.5	9.5~10.5	14.5~15.5	약1,060	약1,110	1,110~1,200
BPd-14	59.5~60.5	-	-	-	39.5~40.5	약1,235	약1,235	1,235~1,320

(주) 기타 불순물은 0.1% 이하로 제한한다.

므로, 스텝(Step)브레이징에도 적합한 삽입금속이다. 이 삽입금속은 토치 브레이징, 분위기 브레이징 등에 가능하지만, Pd는 수소를 흡수하는 성질이 있기 때문에 불활성분위기나 진공분위기 중에서 사용하는 것이 좋다.

1.2.9. 기타

(1) 진공용 귀금속 삽입금속 : 주로 電子管, 高眞空機器 및 裝置 등에 사용되는 삽입금속으로 Ag 및 Au계가 있다. 특히 高蒸氣壓 성분의 규정치를 낮게 하고 있다. 표 10에 나타낸다.

(2) 세라믹스용 삽입금속 : 최근 파인세라믹스라는 신소재가 개발되어, 여러 분야에서 활용되고 있다. 이 소재를 부품으로 활용하기 위한 접합기술로써는 브레이징법이 가장 좋다. 세라믹스/세라믹스 및 세라믹스/금속을 브레이징하는 방법으로는 세라믹스 표면을 메탈라이징(Metallizing)하고, Ag삽입금속을 이용하여 브레이징하는 경우가 많다. 또한 직접 브레이징하는 경우에는 활성금속인 Ti, Zr등이 함유한 Ag-Cu-Ti, Ti-Cu, Ti-Zr-Cu, Ti-Zr-Cu-Ni등이 있다.

(3) Cu-Mn 삽입금속 : Cu에 용점을 낮추기 위하여 Mn을 첨가하고, 이외에 Ni, Zn을 넣은 것도 있다. 이것은 기계적 성질 및 내식성이 우수하다.

(4) Ag-Mn 삽입금속 : Ni기 및 Co기 초내열합금 용으로 AWS BAg-23으로 규정되어 있다.

(5) Co 삽입금속 : 고온용 용도로써, Co합금에 사용된다. B, Si이 함유되어 있고, AWS BCo-1으로 규

정되어 있다.

(6) Mg 삽입금속 : Mg에 10%Al과 2%Zn이 들어 있고, Mg합금이 브레이징에 사용된다. 이상의 삽입금속 이외에도, Ti, Be, Graphite등의 사용되는 삽입금속이 개발되고 있다.

2. 플락스

브레이징은 용융 삽입금속이 청정한 모재표면과 접촉하여 상호반응에 의해서 이루어진다. 만약, 양쪽의 사이에 산화막이나 기름과 같은 오염층이 존재하면 젖음성이 저해되어 완전한 접합이 이루어질 수가 없다. 일반적으로 공업금속재료의 표면에는 항상 산화피막 및 오염층이 덮여 있고, 전처리과정에서 제거하더라도 브레이징 과정에서 가열되면 모재는 다시 산화된다. 따라서, 용융삽입금속을 순수 모재표면에 적시려고 하면, 접합온도에서 모재가 산화하는 것을 방지할 필요가 있다. 이 목적에 사용되는 것이 플락스이다.

2.1. 플락스의 작용

브레이징용 플락스의 가장 중요한 작용은 모재에 대한 젖음성을 촉진하는 것이다. 모재의 표면을 청정하게 한 후에 모재표면에 남아 있는 산화물을 분해하거나 제거한다. 한편, 플락스에 첨가된 유효성분과

표 2. 10 眞空用 삽입금속의 종류(JIS Z 3268)

종 류	등 급	화 학 성 분 %				참 고 치		
		Ag	Au	Cu	Ni	고상점 온도℃	액상점 온도℃	브레이징 온도℃
BVAg-0A	A	99.95 ↑	—	0.05 ↓	—	약 961	약 961	961~1,080
BVAg-6bA		49.0~51.0	—	Bal.	—	약 780	약 870	872~ 980
BVAg-8A		71.0~73.0	—	Bal.	—	약 780	약 780	780~ 900
BVAg-8bA		70.5~72.5	—	Bal.	Ni : 0.3~0.7	약 780	약 795	795~ 900
BVAg-18A		59.0~61.0	—	Bal.	Sn : 9.5~10.5	약 600	약 720	720~ 840
BVAg-29A		60.5~62.5	—	Bal.	In : 14.0~15.0	약 625	약 710	710~ 790
BVAg-30A		67.0~69.0	—	Bal.	Pd : 4.5~5.5	약 805	약 810	810~ 930
BVAg-31A		57.0~59.0	—	31.0~33.0	Pd : Bal.	약 825	약 850	850~ 890
BVAg-32A		53.0~55.0	—	20.0~22.0	Pd : Bal.	약 900	약 950	950~ 990
BVAu-1A		—	37.0~38.0	Bal.	—	약 990	약 1,015	1,015~1,095
BVAu-2A		—	79.5~80.5	Bal.	—	약 890	약 890	890~1,010
BVAu-3A		—	34.5~35.5	Bal.	Ni : 2.5~3.5	약 975	약 1,030	1,030~1,090
BVAu-4A	—	81.5~82.5	—	Ni : Bal.	약 950	약 950	950~1,005	
BVAu-11A	—	49.5~50.5	Bal.	—	약 955	약 970	970~1,020	
BVAu-12A	—	74.5~75.6	Bal.	—	약 880	약 895	895~ 950	
BVAg-0B	B	99.9 ↑	—	0.05 ↓	—	약 961	약 961	961~1,060
BVAg-6bB		49.0~51.0	—	Bal.	—	약 780	약 870	872~ 960
BVAg-8B		71.0~73.0	—	Bal.	—	약 780	약 780	780~ 900
BVAg-8bB		70.5~72.5	—	Bal.	Ni : 0.3~0.7	약 780	약 795	795~ 900
BVAg-18B		59.0~61.0	—	Bal.	Sn : 9.5~10.5	약 600	약 720	720~ 840
BVAg-29B		60.5~62.5	—	Bal.	In : 14.0~15.0	약 625	약 710	710~ 790
BVAg-30B		67.0~69.0	—	Bal.	Pd : 4.5~5.5	약 805	약 810	810~ 930
BVAg-31B		57.0~59.0	—	31.0~33.0	Pd : Bal.	약 825	약 850	850~ 890
BVAg-32B		53.0~55.0	—	20.0~22.0	Pd : Bal.	약 900	약 950	950~ 990
BVAu-1B		—	37.0~38.0	Bal.	—	약 990	약 1,015	1,015~1,095
BVAu-2B		—	79.5~80.5	Bal.	—	약 890	약 890	890~1,010
BVAu-3B		—	34.5~35.5	Bal.	Ni : 2.5~3.5	약 975	약 1,030	1,030~1,090
BVAu-4B		—	81.5~82.5	—	Ni : Bal.	약 950	약 950	950~1,005
BVAu-11B		—	49.5~50.5	Bal.	—	약 955	약 970	970~1,020
BVAu-12B		—	74.5~75.5	Bal.	—	약 880	약 895	895~ 950
BVCu-1B		—	—	99.99 ↑	—	약 1,083	약 1,083	1,083~1,150

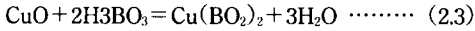
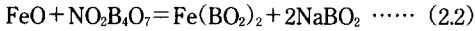
(주 1) A Class에서 Zn, Cd을 0.001%, Pb을 0.002% 이하로 제한하고,

기타 불순물(Mg, Sb 등)을 0.001% 이하로 제한한다.

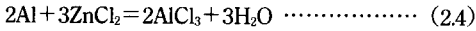
(주 2) B Class에서 Zn, Cd, Pb을 0.01% 이하로 제한하고, 기타 불순물을 0.01% 이하로 제한한다.

모재가 반응하여 석출, 확산시키는 것에 의해서 접합부의 성질을 향상시키는 작용도 있다. 그러나, 모재표면의 기름, 먼지 녹(두꺼운 산화물)은 제거할 수 없다.

플락스로서 붕사 혹은 붕산을 사용하여 銅이나 鋼을 브레이징하는 경우, 다음과 같은 반응에 의하여 산화물이 분해되어 슬라그로 된다,



Al용 플락스로서 LiCl, ZnCl₂, NaF 등과 같은 할로겐계 플락스를 사용하는 경우에는 다음과 같은 반응을 일으킨다.



이 반응은 420°C 이상에서 일어나고, 생성된 염화 Al은 승화온도의 178°C 밖에 되지 않으므로 백색의 연기를 내면서 승화한다. 이 경우에는 표면의 Al₂O₃와 직접 반응하는 것이 아니라, 가열하게 되면 기지와 산화피막과의 열팽창계수의 차에 의해서 산화피막에 균열이 일어나고, 이 균열 사이로 염화아연이 Al기지와 반응하여 발생한 승화성 염화Al의 가스에 의해서 물리적으로 제거되는 것으로 알려져 있다. 한편, 반응에 의해서 생성된 Zn은 합금화가 된다. 또한, 여기서 불화물을 첨가하면, 그 효과가 더욱 증가한다.

또하나의 작용은 접합부의 표면을 보호하는 것이다. 그림 23은 플락스를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우를 비교한 것이다. 접합온도에 이르기까지 삽입금속을 덮어 보호하고, 활성상태를 유지하면서 외부의

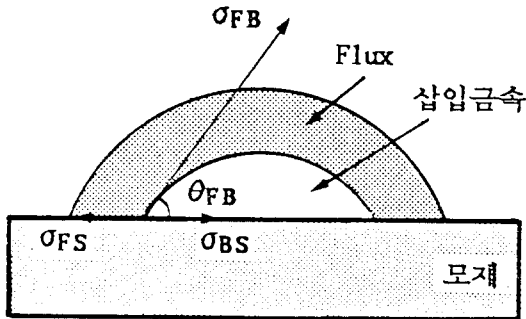
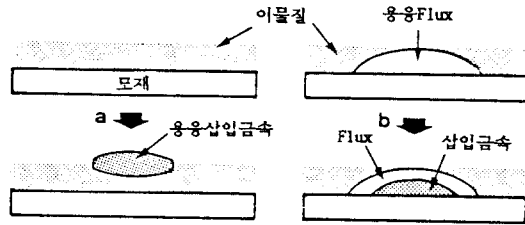


그림 23 플락스의 사용 여부에 따른 모재표면의 비교

산소의 침입을 방지하는 것이다. 그리고, 삽입금속 중에 휘발성이 높은 성분의 증발을 억제하는 효과도 있다.

또하나의 작용은 모재에 대한 용융삽입금속의 표면장력을 감소시키는 것이다. 그림 24는 용융삽입금속



(a) 플락스를 사용하지 않는 경우

(b) 플락스를 사용하는 경우

그림 24 플락스와 삽입금속과의 표면장력각젖음성

상부에 플락스가 피복된 상태이고, 양상의 계면장력을 σ_{FB} , 접촉각을 θ_{FB} , 모재와 플락스의 계면장력을 σ_{FS} , 삽입금속과 모재의 계면장력을 σ_{BS} 로 두고, 각각의 액적이 아주 미소량이라고 하면,

$$\sigma_{FS} = \sigma_{BS} + \sigma_{FB} \cos \theta_{FB} \dots\dots (2.5)$$

여기서, 모재의 표면장력을 σ_S 로 하고, $\sigma_S - \sigma_{FS} \equiv A_{FS}$, $\sigma_S - \sigma_{BS} \equiv A_{BS}$ 라고 두면, 각각의 양은 플락스와 모재 사이의 부착장력, 삽입금속과 모재 사이의 부착장력을 나타내고, 상식은 다음과 같이 된다.

$$A_{BS} = A_{FS} + \sigma_{FB} \cos \theta_{FB} \dots\dots (2.6)$$

여기서, A_{BS} 및 A_{FS} 를 일정하다고 하면, σ_{FB} 가 작을 수록, 접촉각 θ_{FB} 은 작게되고, 이것은 모재에 대한 삽입금속의 부착장력을 증가시키는 결과가 되고 젖음성을 촉진하는 것으로 된다.

2.2. 플락스의 구비조건

플락스가 가져야 할 구비 조건은 다음과 같다.

- (1) 화학적으로 活性이고, 淸淨능력(산화물 제거 능력)이 강해야 한다.
- (2) 피복성 및 삽입금속과 치환성이 양호할 것(재산화 방지 및 결함 방지)
- (3) 플락스 자체의 유동성과 젖음성이 좋을 것
- (4) 활성 온도 범위는 브레이징 온도의 上限과 下限 범위 보다

넓어야 하고, 장시간 유지할 수 있는 내열성을 가질 것 (5) 도포성이 좋고, 가열 중에도 벗겨지지 않을 것 (6) 잔사 제거가 용이하고, 부식성이 없을 것 (7) 인체 및 기기류에 대하여 안전할 것 (8) 가격이 저렴할 것 (9) 반응속도가 빠를 것(고주파브레이징) (10) 전도성이 있을 것(저항브레이징) (11) 수분을 함유하지 않을 것(용융브레이징) (12) 합금원소나 유효 성분이 첨가 가능할 것

현실적으로는 모든 조건을 만족하기 힘들기 때문에 브레이징 작업에 따라서 필요한 조건을 만족한 플락스를 선택하여야 한다

2.3. 플락스의 종류

표11은 미국 용접협회(AWS)가 정한 브레이징용 기본 플락스와 모재의 조합을 표시한 것이다.

플락스의 형상으로는 상온에서 분말상, 페이스(Paste)상, 액상의 것이 많고, 때에 따라서는 가스상태의 것도 있지만, 항상 가열하면 液化한다. 플락스는 주로 다음과 같은 재료를 적당히 배합한 것이 시판되고 있다.

(1) 硼沙($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) : 결정수를 함유하고 있기 때문에 약 673K로 가열하여 단독붕사($Na_2B_4O_7$)로 만들어 사용한다. 용점은 1033K이고, 銀삽입금속, 銅 및 黃銅삽입금속과 같이 용점이 높은 삽입금속에 사용된다. 산화물을 잘 용해할 뿐만 아니라, 장시간에 걸쳐서 금속표면을 산화로 부터 방지한다. 그러나, 용해 후의 粘性이 비교적 높은 것이 결점이기 때문에, 다른

鹽과 함께 사용되는 경우가 많다.

(2) 硼酸(H_3BO_3) : 원래 淸淨材로 사용하여 왔지만, 고온에서 유동성이 좋아 플락스에 혼입되기 쉽다. 붕사에 비하여 산화물이 용재작용이 약하기 때문에 붕사를 약 30% 배합하여 사용한다. 이렇게 배합하면 용점이 1148K에서 1033K로 낮아진다. 또한 접합 후의 슬래그의 박리성을 증가시킬 목적으로 사용한다. 용도는 붕사와 유사하다.

(3) 氷晶石($3NaF \cdot AlF_3$) : Al 및 Na의 불화물이고, 불순물의 용해력이 강하다.

(4) 鹽化第一銅(Cu_2O) : 붕사와 혼합하여 주철의 브레이징에 사용한다. 이것은 탈산제로써 작용하여 주철면의 흑연을 산화시켜 브레이징을 용이하게 한다.

(5) 염화리튬(LiCl) : Al 및 Mg의 브레이징용 플락스의 주요 성분이다.

그외에 Cr, Al 등의 난용용성의 산화물의 제거에는 弗化나트륨(NaF) 및 불화카리움(KF) 등의 불화물이 사용된다.

표 2.12는 AWS의 No.별로 배합예를 표시한다.

표 2.11 AWS 규격에 정해진 브레이징용 플락스의 종류

AWS No.	모 재	삽입금속	사용온도 (°C)	배합성분	형 상
1	Al합금	BAI	370~645	염화물, 불화물	분말
2	Mg합금	BMg	480~650	염화물, 불화물	분말
3A	Fe합금 및 경금속을 제외한 비철합금	BAG BCuP	560~870	붕산, 붕산염 불화물, 붕불화물	분말, 액체 페이스트
3B	동상(3A)	BAG, BCuP, BAu BCuZn, BNi	730~1150	동상(3A)	동상(3A)
4	Al청동, Al황동, Al과 Ti을 가진 Fe, Ni합금	BAG BCuP	560~870	염화물, 불화물 붕산염	분말 페이스트
5	Fe합금 및 경금속을 제외한 비철합금	BCuP, BCuZn, BAu, BNi, BAG*	760~1200	붕사, 붕산, 붕산염	분말, 액체 페이스트

참고 *): BAG 1-7은 제외

표 2.12 플라스의 조합한 예

Type	Composition	%	Type	Composition	%
No.1	LiCl	30	No.3B	H ₃ BO ₃	50
	KCl	20		KBO ₃	20
	NaCl	20		NaF	20
	NaF	10		NaBF ₄	10
	ZnCl ₂	10	No.4	K ₃ BO ₃ (K ₂ B ₄ O ₇)	40
No.2	LiCl	25		Li ₃ BO ₃	10
	KCl	40		KF	20
	NaCl	20		KHF ₂	20
	MgCl ₂	5		LiF	5
	NaF	5	LiCl	5	
No.3A	AlF	5	No.5	Na ₂ B ₄ O ₇	20
	H ₂ BO ₃	30		H ₃ BO ₃	70
	K ₂ B ₄ O ₇	20		K ₂ B ₄ O ₇	10
	KF	30			
	KBF ₄	20			

참 고 문 헌

- 1) AWS : Welding Hand Book 7th(1978)
- 2) AWS : A5.8-81 Specification for Brazing Filler Metal(1981)
- 3) AWS : Brazing Manual
- 4) M. M Schwarz : Brazing, ASW(1987)
- 5) 末澤 : 先端熔接工學
- 6) 大澤 : 日本金屬學會報, 21-8(1982), p.626
- 7) 玉谷 : 熔接技術, (1989-4), p.76
- 8) 田中 : 熔接技術, (1987-6), p.80