



## 볼 밀링법으로 제조된 브레이징 삽입금속 및 접합 특성

김 광 수\* · 이 규 도\* · 황 선 효\*\*

\*순천향대학교 신소재·화학공학부

\*\*한밭대학교 신소재공학부

### Characteristics of the Powder Type Ag System Insert Metals Made by Ball Milling Method and Brazed Joints

Gwangsoo Kim\*, Gyudo Lee\* and Sunhyo Hwang\*\*

\*Division of Materials and Chemical Engineering, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

\*\*Division of Materials Engineering, Hanbat National University, Daejeon 305-719, Korea

#### Abstract

Powder type Ag system insert metals were manufactured by ball milling process. The variables of milling process such as milling media, revolution speed and powder/ball weight ratio were constant except the milling time. The milling times were selected for 24, 48 and 72 hours. The insert metals made by milling process were evaluated by performing scanning electron microscope, x-ray and DSC(differential scanning calorimetry) analysis, and further in terms of wettability test. The selected insert metals that have the good characteristics compared to commercial insert metals were applied to make the brazed joints of the steel/steel and the steel/WC superhard particles. The characterizations of those brazed joints were also conducted by microstructural observations, shear tensile tests and microhardness measurements. The results indicated that milling time of 48 hours for making powder type insert metals was the best condition showing the small amount of oxides residue, low wetting angle and stable microstructure. The brazed joints that applied the 48 hours milled insert metal were very sound condition indicating the shear tensile value of  $2.29 \times 10^2$  MPa and the microhardness of 138VHN. Further, the amount of the porosity was appeared to be lower than that of the commercial insert metals.

(Received August 6, 2001)

Key Words : Ball milling process, Powder type insert metal, Wettability, Microstructure, Shear tensile test

#### 1. 서 론

브레이징 접합은 모재, 삽입금속, 플럭스 등 크게 3가지로 구성된다. 이중 삽입금속의 역할은 접합현상에 있어서 가장 중요한 위치를 차지한다. 삽입금속은 젖음 특성이 우수하여야하고, 유동성이 양호해야하며, 접합 온도에서의 증발현상이 적고 또한 기계적 특성이 우수해야하는 등의 조건이 요구된다. 이러한 요구조건을 만족시키면서 접합모재를 손쉽게 접합시키기 위해 삽입금속은 분, 박판, 분말, 페이스트, 테이프 등의 다양한 형태로 생산되고 있다. 그러나 이러한 다양한 삽입금속의 형태에도 불구하고 모재 및 접합매체의 형상, 열원전달

방법 등에 따라 사용되는 삽입금속의 형태는 많은 제한을 받게 된다<sup>1-4)</sup>. 예를 들어 접합부를 구성하는 모재나 피접합물의 형상이 불규칙하고, 동시에 다수의 피접합물을 모재에 접합해야 하는 경우에는 우선적으로 페이스트형태나 분말형태의 삽입금속을 사용하는 것이 효과적이라 할 수 있다. 본 연구에서는 대면적 모재에 약 2.0~2.8mm 크기의 범위를 갖는 작고 불규칙한 WC계 초경입자를 다량으로 대면적 모재에 동시에 접합시키기 위한 분말 형태의 삽입금속을 제조하고자 하였다. 이러한 분말 형태의 삽입금속을 제조하기 위한 방법으로는 볼밀링에 의한 기계적 합금화 방법을 채택하게 되었다. 일반적으로 분말형태의 삽입금속은 합금성분으로 만들어진 혼합용탕으로부터 급속냉각방법에 의존하여

제조되기 때문에 초기 설치가 많이 필요하고 분말입자의 크기를 조절하기 어려운 점이 있다. 반면에 볼밀링에 의한 합금화 방법은 원료분말의 용융과정없이 혼합분말이 파괴와 압접과정이 반복되면서 강제고용으로 인한 비평형상의 합금화가 이루어지기 때문에 합금계 선택 및 조성의 제한을 극복할 수 있는 것으로 알려져 있다<sup>5-7)</sup>. 본 연구에서 사용한 삽입금속 성분은 은계(BAg type)계를 기본으로 하여 두 종류를 제조하였다. 이렇게 제조된 분말형 삽입금속의 특성을 조사하고자 현재 상업적으로 사용되어지고 있는 동일 성분의 삽입금속 분말과 비교 평가하였다. 평가 방법으로는 삽입금속의 젖음성 및 용융점 측정과 미세조직 등을 비교 관찰하였다. 또한 선정된 우수한 조건의 삽입금속을 이용하여 탄소강/탄소강과 탄소강/WC계 초경입자를 브레이징하고 그 접합부 특성도 조사하였다.

2. 실험 방법

Table 1은 볼밀링법으로 제조된 브레이징 삽입금속과 비교 평가를 위하여 사용된 상용 삽입금속의 화학성분을 나타내고 있다. 이 성분들은 은납계(BAg) 삽입금속중 AWS규격, BAg20과 BAg2a의 성분을 기본으로 하였고, 원료 금속 분말은 99.9% 이상의 순도를 갖는 수입품을 사용하였다. 분말 입자 크기는 대략 300~340 mesh(37~44 $\mu$ m) 범위였고, 브레이징시 삽입금속과 함께 사용되는 플럭스도 은납계용 플럭스 성분을 바탕으로 크립타입으로 자체 제조하여 사용하였다.

Table 2는 볼밀을 사용하여 이루어진 합금화 공정 조건을 나타내고 있으며, 볼밀시 매개체로는 직경 7mm인 지르코니아 볼을 사용하였다. 볼밀링시의 조건은 다른 조건이 모두 동일한 상태에서 볼밀 시간만을 24, 48, 72 시간으로 변화시켰다. 적정 합금화 조건을 선정하기 위한 방법으로는 합금된 상태에서의 삽입금속 분말 형상, 산화물 형성, 용융점 그리고 젖음성 등을 조사하였다. 이와 같은 삽입금속 자체만의 조사 과정을 통하여 선정된 삽입금속은 탄소강/탄소강 그리고 탄소강/WC계 초경입자간의 접합을 실시한 후 접합부의 미

Table 1 Chemical compositions of insert metals

	Symbol	Ag	Cu	Zn	Cd	Others	Remarks
Manufactured insert metals	MB-1	30.0	38.0	32.0			Mix
	MB-2	30.0	27.0	23.0	20.0		
Commercial insert metals	CB-1	30.0	38.0	32.0		0.15	Specification
	CB-2	30.0	27.0	23.0	20.0	0.15	

Table 2 Milling conditions for insert metals

Milling receptacle	glass bottle (Ø60mm)
Milling media	zirconia ball (Ø7mm)
Revolution speed	100rpm
Milling time	24,48,72h
Powder/ball weight	1 : 2

세조직관찰, 미세경도 그리고 전단강도 시험을 실시하였다.

합금된 상태의 산화물 분석과 분말형상 관찰은 X-ray와 SEM에 의하여 실시하였다. 삽입금속의 용융점 측정은 DSC를 이용하여 Ar 분위기 하에서 20 $^{\circ}$ C/min. 상승속도로 1000 $^{\circ}$ C까지의 범위에서 실시하여 고상선과 액상선의 범위를 측정하였다. Fig.1(a)와 (b)는 젖음성 측정을 위하여 준비한 시험편 모식도와 자연 분위기에서 젖음성 실험과 실제 브레이징 접합시험에 적용된 열 사이클을 나타내고 있다. 젖음성 시험은 그림에서 나타낸 바와 같이 정사각형(28 $\times$ 28 $\times$ 14tmm) 탄소강 모재에 지름 15mm, 깊이 8mm인 홈을 가공하여 준비하였다. 준비된 젖음성 시험편의 홈과 표면은 샌딩처리를 한 후 에탄올과 초음파 세척기를 이용하여 전처리를 하였고, 중심부 홈에 1g의 삽입금속과 0.5g의 플럭스를 서로 혼합하여 페이스트(paste) 형태로 가공된 홈에 장입하였다.

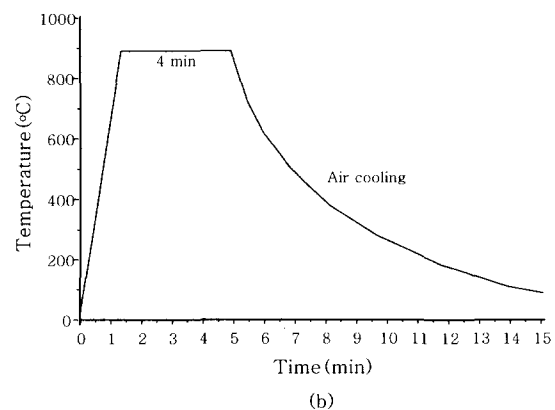
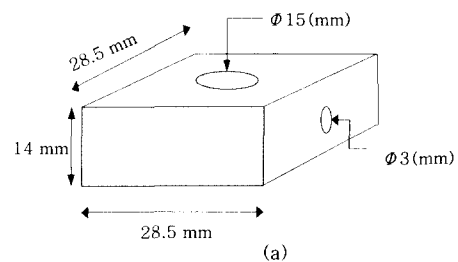


Fig. 1 Schematics of wettability test specimen and its thermal cycle

삽입금속이 적용된 시험편은 900°C에 유지되어 있는 전기로에 투입하고 약 240sec 동안 유지한 후 전기로에서 꺼내도록 하였고, 전기로에서 꺼낸 시험편은 자연 서냉하였다. 삽입금속의 기계적 특성을 조사하기 위한 방법으로 실시한 탄소강/탄소강 접합부 전단시험은 접합부의 삽입금속층이 파단되도록하기 위하여 시험편이 두꺼운 7.0×85.0×6t(mm)의 크기로 하였고, ASTM에 규정된 Single Lap Tensile Test를 응용하여 실시하였다. 접합부의 총 접합면적은 70mm<sup>2</sup>가 되었고 브레이징시 하중은 적용하지 않았다. Fig. 2는 전단강도 시험에 사용된 시험편의 형상을 나타냈다.

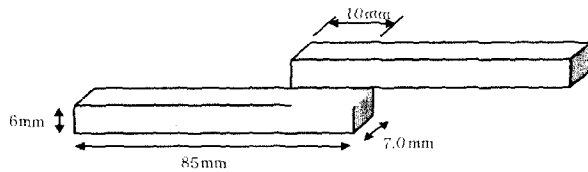


Fig. 2 Schematic of the shear tensile test specimen

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 삽입금속의 특성

Fig. 3은 30Ag-38Cu-32Zn로 구성된 MB-1 조성의 혼합분말을 볼밀링 시간 변화를 준 후 얻어진 삽입금속 분말의 형상을 주사전자현미경으로 관찰한 결과를 보여준다. 24시간동안 합금된 분말은 48, 72시간에 비하여 전반적으로 밀링전 초기 형상인 구형의 분말이 아직 부분적으로 잔류하고 있음을 보여준다. 이것은 24시간의 경우 밀링 효율이 떨어져 원료분말의 변형이나 합금화가 잘 되지 않았기 때문이다. 48, 72시간 경우에는 점차 분말들이 본래 구형에서 편상으로 변화되었음을 보여주는데, 이는 점차 분말들의 응집 현상이 발생한 것으로 생각된다. 그러나 48, 72시간의 경우에도 기계적 합금화에서 발견되는 압접현상은 특별히 관찰되지 않았다.

Fig. 4는 48, 72시간 밀링된 분말을 고배율로 관찰

한 것으로 분말간의 응집현상과 일부의 압접현상을 확인할 수 있었다. 그러나 광범위한 압접현상이나 압접된 분말의 파괴 현상은 특별히 관찰되지 않았다. 압접현상은 높은 밀링 효율, 즉 볼의 큰 충돌 에너지와 충돌 빈도수에 의해 기대할 수 있는데, 본 실험에서 사용된 지르코니아 볼의 지름이 7mm인 것을 고려할 때 충돌 빈도수는 적절하다고 판단되나, 충돌 에너지가 작았기 때문에 압접 효과는 크지 않았던 것으로 판단된다. 일반적으로 고에너지 밀링에 의한 기계적 합금화시 볼 사이에 가해지는 높은 압축응력은 분말들간의 압접단계를 유도하고 압접된 분말들을 다시 과도하게 가공하는 파괴단계로 크게 구분된다. 이 두 단계의 연속적인 반복 과정을 거쳐서 최종적으로 완전한 합금화 구조를 얻게 된다<sup>8-11)</sup>. 한편 본 연구에서 큰 충돌에너지를 얻을 수 있는 강구(steel ball) 대신에 지르코니아 볼을 사용한 것은 강구를 사용하는 경우 분말의 밀링과정에서 분말과 강구간의 과도한 반응성이 예비 실험에서 발견되었기 때문이다. 또한 밀링 시간 증가에 따라 분말의 색깔이 초기 본래의 색을 잃어버리면서 단일색으로 퇴색되는 것이 관찰되었는데, 특히 48시간보다 72시간의 경우에는 더욱 검붉게 변화되었다. 이것은 밀링 시간 증가로 인해 분말이 점차 미세화 되고 그 비표면적이 증가하므로서 분말의 산화가 촉진된 것으로 생각된다. 분말의 산화는 브레이징 온도의 상승을 초래하고 또한 잔류물로서 존재하여 접합특성에 나쁜 영향을 미친다고 알려져 있다<sup>4,12)</sup>.

Fig. 5는 각각의 합금화된 분말을 X-ray 분석한 결과를 보여준다. 삽입금속의 원소 성분이 되는 Cu, Zn, Ag 피크가 고르게 나타났고 합금으로는 Cu와 Zn간의 혼합으로 이루어진 Cu<sub>5</sub>Zn<sub>8</sub>이 주를 이루는 것으로 나타났다. 밀링 시간 변화에 따른 합금 종류나 그 양은 큰 차이를 나타내지 않았다. 반면 산화물의 양에는 약간의 차이가 있었다. 산화물로는 Ag<sub>2</sub>O, Cu<sub>2</sub>O, ZnO가 확인되었다. 밀링시간 증가에 따라서 Ag<sub>2</sub>O와 ZnO는 적은 양이기는 하지만 그 강도가 증가하였으며, 이는 반복 실험에서도 동일한 결과를 나타냈다. 이러한 결과는 밀

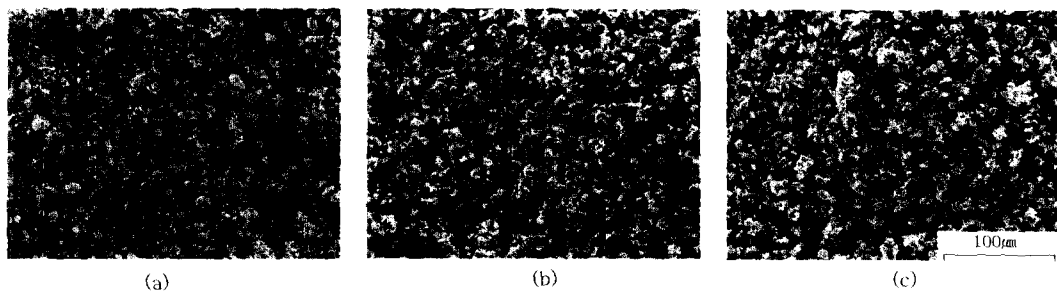


Fig. 3 Powder shapes of the MB-1 insert metals after milling (a)24h (b)48h (c)72h

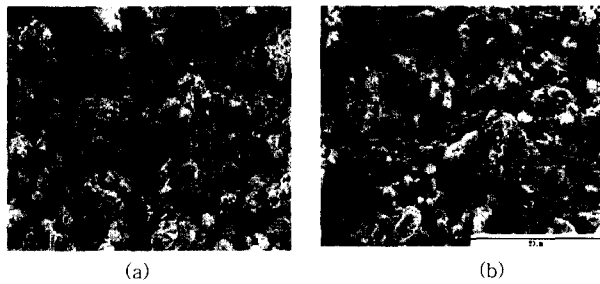


Fig. 4 Powder shapes of the MB-1 insert metals after milling (a) 48h (b) 72h

링시간 증가가 분말의 산화를 촉진한다는 고찰을 뒷받침하는 것으로 판단된다. 산화물중 특히  $Ag_2O$ 의 강도 증가는 Ag가 Ag계 삽입금속에서 젖음성을 증가시키고, 용해온도를 낮추어준다는 사실<sup>13,14)</sup>에 비추어 볼 때, 밀링에 의한 삽입금속 제조시 밀링시간 증가는 삽입금속의 특성을 저하시킬 것으로 판단된다. 이와 같이 합금화된 분말의 형상과 색깔, 그리고 X-ray 결과를 토대로 할 때 원소 분말간의 응집현상이 양호하고 산화물양이 적은 조건인, 48시간 밀링된 삽입금속의 특성이 가장 양호할 것으로 사료된다.

Table 3은 밀링에 의한 삽입금속과 상용의 삽입금속에 대하여 DSC를 이용하여 측정한 용융 범위와 해당 삽입금속 성분에 대하여 문헌상에서 조사된 용융 범위를 함께 나타낸 것이다. Table에서 보는 바와 같이 제조 및 상용 삽입금속의 용융 범위는 모두 AWS규격과 동일 화학조성을 근거로 만들어진 상태임에도 고상과 액상온도가 AWS규격보다 높은 것으로 측정되었다. 상용 삽입금속의 용융범위 상승은 제조시 또는 보관시의 불순물 유입이나 DSC 측정시 실험조건 등으로 발생할 수 있는 오차 범위내인 것으로 판단되나 제조된 삽입금속의 경우에는 오차 범위라 하기에는 규격에 비하여도 비교적 고상과 액상온도 모두에서 큰 차이를 나타냈다. 참고로 제조된 삽입금속의 측정시에는 DSC의 결과가 매우 불규칙한 형태를 보였다. 특히 24시간 밀링된 삽입금속의 경우에는 고상과 액상온도의 측정이 불가능하였다. 이러한 결과는 불완전한 합금 상태와 X-ray 측정시 확인된 산화물 발생에 기인된 것으로 사료된다. 고상과 액상온도는 AWS규격에 비하여 모두 높은 값을 나타냈지만 고상/액상간 범위는 규격이나 상용 삽입금속에 비하여 큰 차이를 나타내지는 않았다. 삽입금속에서 성이 저하되고 상분리가 심화되는 것을 고려할 때 제조된 삽입금속의 경우 불완전 합금상태나 산화물의 증가로 인하여 브레이징 온도범위는 높아지겠지만 상용과 규격에 대비하여 고상/액상간 범위에 큰 차이가 없으므로 현저한 상분리/액상간의 범위가 넓을수록 유동이나 유동성 저하는 발생하지 않을 것으로

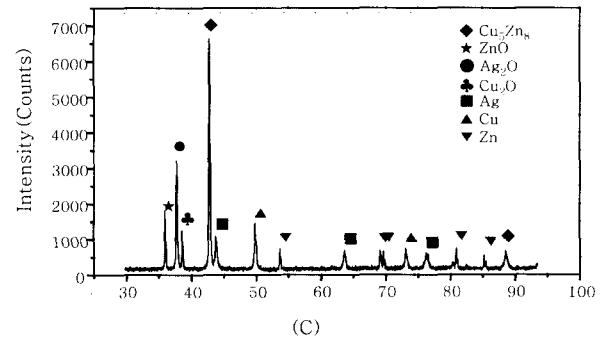
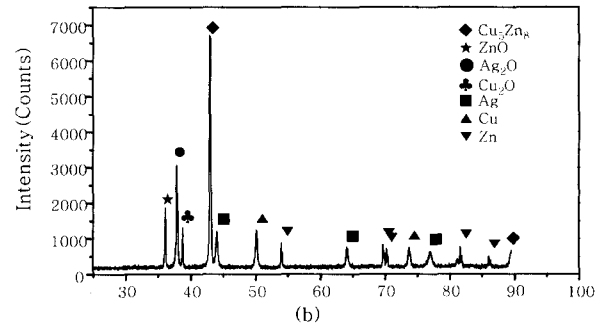
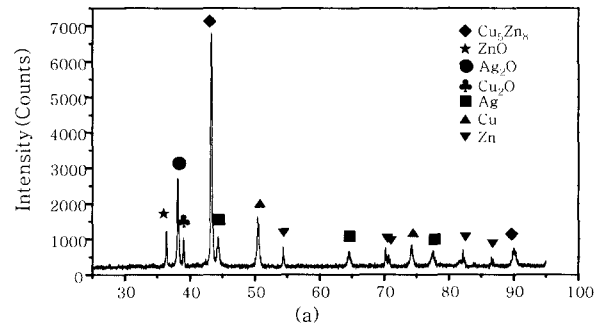


Fig 5 X-Ray diffraction patterns of the MB-1 insert metals (a)24h (b)48h (c)72h

사료된다. 이러한 결과는 젖음성 시험 결과로부터 확인되었다.

Fig. 6은 대기중에서 Fig. 1(b)에 나타낸 브레이징 열 사이클을 이용하여 48, 72시간 밀링된 MB-1, MB-2와 상용 삽입금속에 대하여 젖음성 시험을 실시한 결과를 보여준다. Fig. 6의 사진들은 젖음성 시험을 실시한 후, 시험편 표면에 잔류하고 있던 유리질의 플럭스와 일부 산화물을 150 $\mu$ m의 모래로 샌딩처리한 후의 시험편들을 보여준다. MB-1, MB-2에 대해 48시간 밀링된 경우에는 삽입금속이 표면에 균일하게 용융 응고되어 있는 것이 관찰된다. 반면에 72시간 밀링된 경우에는 시편 중앙과 주변에 잔류물이 있음을 보여준다. 24시간 합금된 삽입금속에 대한 결과는 여기에 나타내지 않았으나 48, 72시간의 결과에 비하여 표면 잔류물이 과도하게 많이 나타났다. 이러한 현상들은 위에서 언급한 바와 같이 밀링시 분말들의 불충분한 압력과 산화물 증가에 기인한 것으로 판단된다. 즉, 산화물이

**Table 3** Solidus/liquidus temperature range of the insert metals measured by DSC

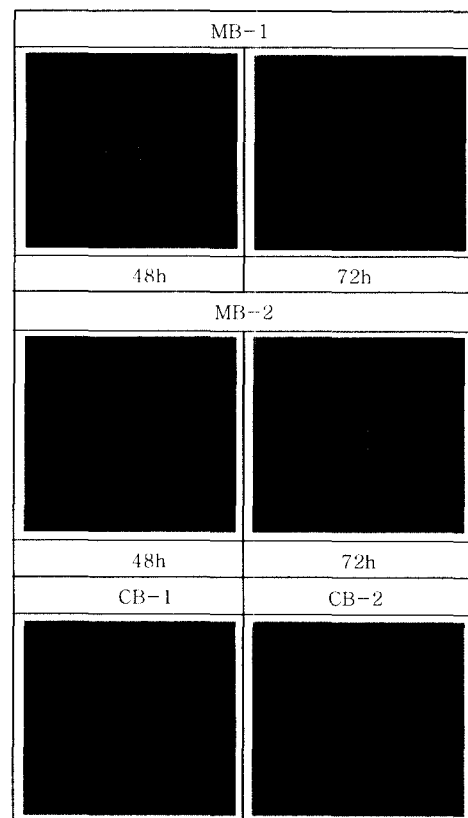
Types of insert metals		Milling Time(hr)	Solidus temperature	Liquidus temperature	S/L range	Remark
Manufactured	MB-1	24				failed
		48	726	819	93	
		72	738	841	103	
	MB-2	24				failed
		48	668	773	105	
		72	673	784	111	
Commercial	CB-1		702	789	87	
	CB-2		634	730	96	
AWS specification	BAG20		677	766	89	
	BAG20a		607	710	103	

나 불완전하게 합금된 삽입금속이 브레이징시 용융온도를 상승시켜 동일한 브레이징 조건에서 일부 삽입금속이 완전 용해되지 않은 결과라 할 수 있다. 특히 MB-2 성분의 72시간 밀링한 경우 MB-1에는 없는 Cd를 함유하였음에도 예상과는 다르게 다른 시험편들보다 잔류물이 많은 것으로 나타났다. Cd는 삽입금속의 유동성을 좋게하여 젖음성을 향상시켜 주는 것으로 알려져 있지만 본 결과에서는 Cd의 효과는 별로 나타나지 않았다.

상용 삽입금속 CB-1, CB-2의 젖음성 시험 결과도 Fig. 6의 하단에 함께 나타냈다. 두 상용 삽입금속에서도 일부의 잔류물이 존재하는 것이 관찰되었으며 제조된 삽입금속과 동일하게 Cd를 포함한 CB-2 삽입금속은 다량의 잔류물이 관찰되었다. 육안에 의한 젖음성 관찰시험 후 젖음각 측정이 이루어졌다. 젖음각 측정은 각 조건에 대하여 3개의 시험편을 반복 실험한 결과로부터 얻어졌다. 각각의 시험편들은 반으로 절단하고 그 절단된 단면을 사진으로 촬영한 후 사진으로부터 젖음각을 측정하였다.

Table 4는 측정된 젖음각의 평균값을 나타냈다. Fig. 7은 제조된 삽입금속중 가장 작은 젖음각을 나타낸 48시간 밀링 조건과 상용 삽입금속의 시험 단면을 보인 것이다. MB-2와 CB-2 경우가 홀 벽면과 이루는 각이 MB-1, CB-1에 비하여 작게 나타났다. 측정된 결과에 의하면 두 성분의 삽입금속에 대하여 24시간 밀링된 것보다는 48, 72시간의 경우가 젖음각이 낮은 것으로 나타났으나 48시간과 72시간을 비교할 때는 큰 차이가 없었다. 전반적으로 MB-2와 CB-2는 MB-1과 CB-1에 비하여 젖음각이 작은 것으로 나타났다. 이 삽입금속들은 소량의 Cd를 포함하고 있는 것으로, 삽입금속내의 Cd 함유는 삽입금속의 유동성을 향상시켜 젖

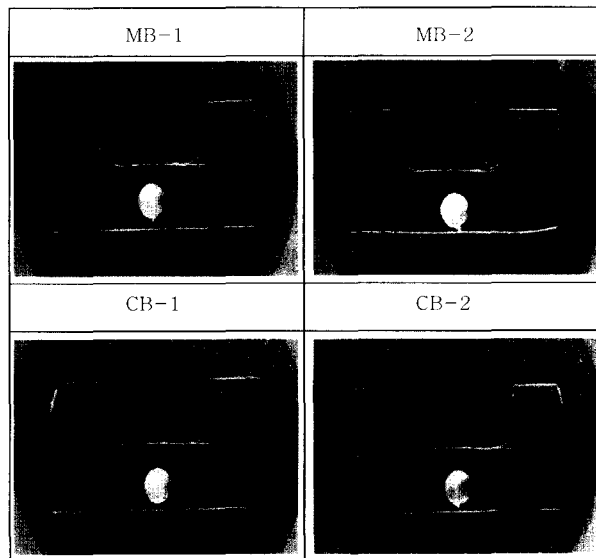
음성과 퍼짐성을 향상시킨다<sup>4,14)</sup> 고 알려져 있는 것을 고려할 때 본 연구의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. Cd는 본 연구에서 양면성을 나타냈다. 하나는 육안 젖음성 시험시 잔류물이 다량으로 나타난 것으로 이는 Cd를 포함한 삽입금속의 일반 브레이징 온도가 대략 850°C이하도 임에도 본 실험에서는 900°C에서 브레이징을 실시하여 다량의 Cd가 브레이징 초기에 휘발 하



**Fig. 6** Photographs of the wettability test specimen after sanding treatment

**Table 4** Wetting angles of the insert metals

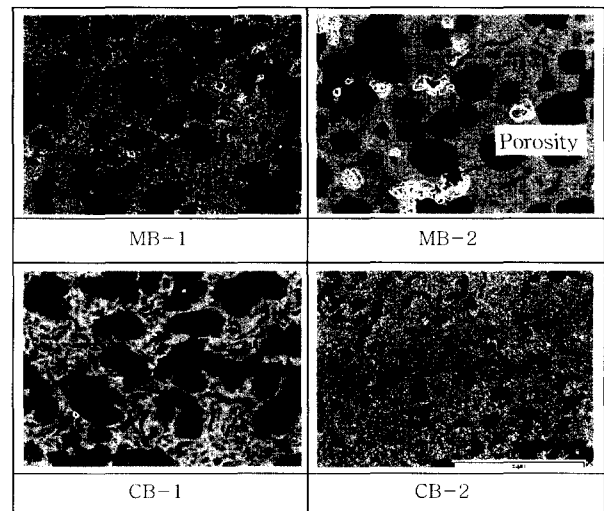
Types of insert metals		Milling conditions(hr)	Wetting Angle
Manufactured	MB-1	24	32
		48	24
		72	24
	MB-2	24	25
		48	13
		72	16
Commercial	CB-1		19
	CB-2		16

**Fig. 7** Cross section view of the wetting specimen

였기 때문에 생각된다. 한편으로는 적은 양이지만 잔류된 Cd가 삽입금속의 젖음각을 낮추는데 기여한 것으로 생각된다. 전반적으로 젖음각 측정 결과를 볼 때 합금화된 삽입금속이 상용에 비하여는 약간 높은 값을 나타냈으나, 일반적으로 젖음각이  $25^\circ$  이하인 경우 젖음성이 양호하다는 것에 비추어볼 때<sup>4,15,16)</sup> 밀링에 의하여 제조된 삽입금속의 젖음 현상은 양호한 것으로 나타났다.

### 3.2 브레이징 접합부의 특성

3.1절 결과로 볼 때 48시간 동안 밀링된 삽입금속이 가장 우수한 접합성을 나타낼 것으로 생각되어, 이 조건과 상용 삽입금속을 이용하여 접합부 특성을 알아보았다. Fig. 8은 각각의 삽입금속에 대하여 젖음성 시험 후 삽입금속층 내부를 관찰한 미세조직을 보여준다.

**Fig. 8** Microstructures of the insert metals

EDAX를 이용한 분석 결과 어두운 부분은 Cu가 많이 함유되어 있는 Cu-rich 초정영역, 밝은 부분은 Ag-rich인 공정영역으로 나타났다. MB-1과 CB-1의 경우 MB-2와 CB-2에 비하여 초정영역이 조대하고, 넓게 분포하였다. 삽입금속 모두에서 기공이 관찰되었지만 MB-1이 그 수와 크기가 가장 적었으며 MB-2와 CB-2는 다수의 기공이 관찰되었다. 특히 MB-2는 기공이 가장 많았으며, 크고 불규칙한 것으로 확인되었다. 관찰된 기공은 대부분 Ag-rich인 공정영역 내부나 초정과 공정영역의 경계부에서 주로 발견되었다. 기공 형성은 크게 전처리부족, 삽입금속 가열시 산화물 발생, 브레이징 온도의 부적절성 및 플럭스의 영향 등으로 나눌 수 있다<sup>4,16)</sup>. 본 연구에서의 기공형성은 브레이징 온도가  $900^\circ\text{C}$ 로 높았기 때문으로 사료된다. 특히 브레이징 온도 범위가 낮은 MB-2와 CB-2에서 기공이 다량 나타난 것은 과도하게 가열되어 발생된 산화물이 삽입금속의 유동성을 저하시켜 응고시 먼저 형성된 초정상이 액상으로 존재하는 공정상의 흐름을 방해하여 나타난 것으로 생각된다.

Fig. 9는 모재와 삽입금속간의 접합부를 관찰한 미세조직이다. 삽입금속 모두 Cu-rich인 초정영역이 모재와 접합경계를 따라 나란히 형성되었으며, 탄소강 모재와 삽입금속 경계부위에서 일부 기공도 존재함을 보여준다. 접합부에 대하여 EDAX검사를 하였으나 어떠한 반응층도 발견되지 않았다. 접합부는 모재와 삽입금속의 경계부위를 따라 부착된 형태의 접합 상태를 나타내었고, 이는 다른 연구 결과들과 일치하는 것으로 나타났다<sup>17)</sup>. 일반적으로 Fe/Ag 와 Fe/Cu간에는 상호 확산하지 않아 합금을 만들지 않고, 단지 젖음 현상에 의하여 계면 에너지가 확대되어 서

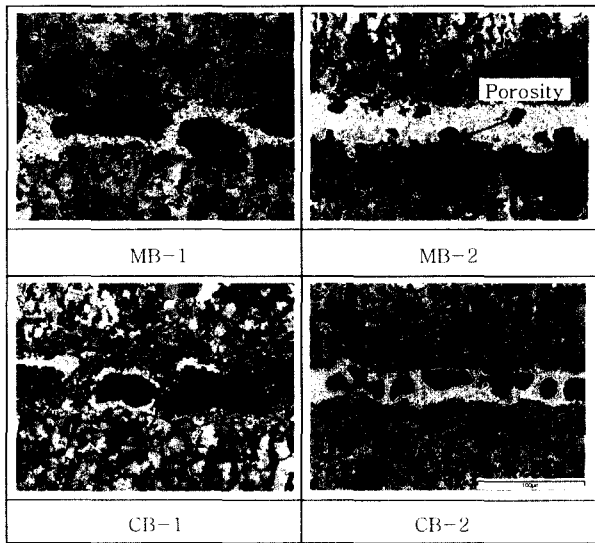


Fig. 9 Microstructures of the steel/steel brazed joints

로 밀착하고 기하학적으로 접합되는 상태를 나타낸 것으로 판단된다.

Table 5는 접합부에서 측정된 삽입금속의 미세 경도를 나타냈다. 미세경도 값은 MB-1, CB-1, CB-2, MB-2 순으로 작게 나타났다. 이는 미세조직에서 관찰한 바와 같이 MB-1과 CB-1이 Cu-rich를 갖는 초정 영역이 넓게 분포하고 있기 때문으로 생각된다. 미세경도에 이어 접합부의 신뢰성을 평가하기 위해 실시된 전단강도 시험 결과, 미세경도 결과와 일치하는 양상을 보여주었다. 가장 높은 값을 나타내는 삽입금속은 MB-1으로 확인되었고 CB-1, CB-2, MB-2순으로 낮아졌다. 이 값들은 높은 순서로 각각  $2.29 \times 10^2$ ,  $2.22 \times 10^2$ ,  $1.92 \times 10^2$ , 그리고  $1.56 \times 10^2$  MPa로 나타났으며 Cd를 포함하는 삽입금속은 낮은 값을 나타냈다. 이 값들은 또한 유사한 삽입금속을 연구한 다른 연구자들의 결과인  $2.03 \times 10^2$  MPa와 비교할 때 제조된 삽입금속의 값이 약간 상회하는 것으로 확인되었다.

마지막으로 탄소강 모재와 불규칙한 텅스텐계 초경입자간의 브레이징 접합을 실시하였다. 삽입금속은 지금까지의 검토 결과 가장 우수한 특성을 나타내는 48시간 밀링된 MB-1과 상용 CB-1만을 사용하였다. Fig

Table 5 Microhardness values of the insert metals

Types of insert metals	Average microhardness values(VHN)
MB-1	138
MB-2	98
CB-1	136
CB-2	102

10(a)와 (b)는 각각의 접합부에서 단면과 표면을 저배율에서 관찰된 결과를 보여준다. 저배율 단면 관찰에서와 같이 두 접합부는 초경입자와 모재간에 삽입금속의 충분한 젖음 현상으로 양호한 접합 상태를 보이고 있다. 상용 CB-1에는 좌측하단에 보이는 것과 같은 큰 기공이 나타났으나 MB-1의 경우에는 기공이 발견되지 않았다. Fig. 10(b)는 접합부의 표면을 역시 저배율에서 관찰한 것으로 MB-1과 CB-1 사이에 큰 차이를 보

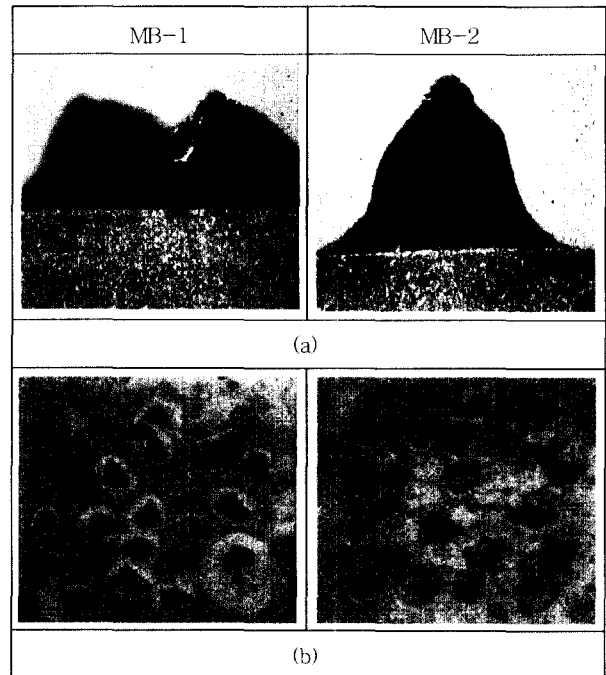


Fig. 10 Macrostructures of the WC particles/steel brazed joint

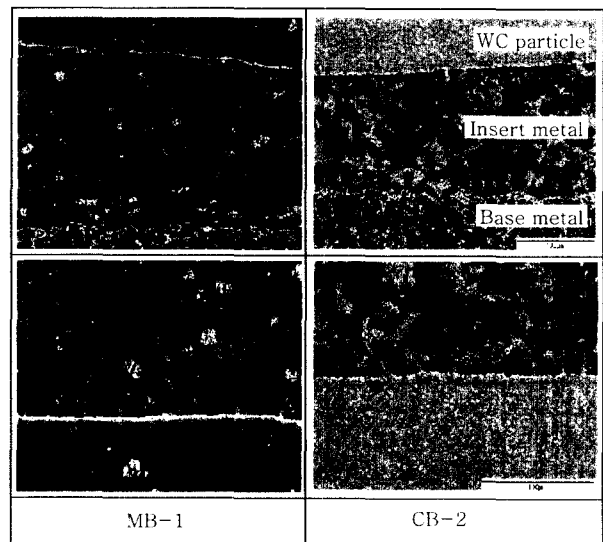


Fig. 11 SEM microstructures of the WC particles/steel brazed joints

이지 않지만, 자세히 관찰할 때 초경 입자 주위를 감싸고 있는 삽입금속이 MB-1의 경우 초경입자의 젖음성이 현저한 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 11은 SEM으로 관찰된 접합부 단면 미세조직을 보여준다. 상단의 회색을 띠는 초경입자와 하단의 모재가 중간층의 삽입금속에 의하여 접합된 모습을 보여준다. 접합부에서는 역시 어떠한 반응층도 형성되지 않았고, 기공의 형성도 없는 건전한 접합부를 보여준다.

#### 4. 결 론

분말형 브레이징 삽입금속을 제조하여 그 특성을 조사하였다. 특성이 가장 우수한 삽입금속을 사용하여 탄소강/탄소강과 WC계 초경입자/탄소강간 접합하고, 그 접합부를 조사하여 본 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1) 불밀링에 의한 삽입금속 제조시 48시간 밀링한 삽입금속이 상용에 비교할 때 가장 우수한 젖음성과 미세조직 안정성을 나타냈다. 모든 밀링 조건에서 합금화에 기여하는 분말간의 압접현상과 파괴현상은 거의 발견되지 않았다. 24시간 밀링한 삽입금속은 거의 합금화가 되지 않았고, 72시간의 조건에서는 산화물 발생에 의하여 브레이징시 유동성이 떨어지고 잔류물이 다량 발생하였다.

2) 48시간 밀링된 삽입금속을 이용하여 만들어진 탄소강/탄소강 및 탄소강/WC계 초경입자간의 접합은 다른 밀링조건의 삽입금속이나 상용 삽입금속을 이용한 경우에 비하여 기공을 거의 포함하지 않는 건전한 접합부를 얻을 수 있었다. 접합부의 접합강도와 미세경도는 각각  $2.29 \times 10^2 \text{MPa}$ , 그리고 138HVN으로 측정되었다.

#### 참 고 문 헌

1. J. Y Kang et. al. : J. of KWS, vol.10, No.2, (1992)
2. K. Roya : Processes and Materials of Manufacture, 3rd edition, Lindberg. 496-503
3. G.M Slaughter : Welding J. **58-10** (1979), 17-28
4. ASM : Welding, Brazing and Soldering. **Vol. 6**
5. C.C. Koch, O.B. Cavin, C.G. Mckamey and J.D. Scabrough : Journal of Apply physics, Letter, **Vol.43** (1983)
6. H. Fleiter : Proceedings of the 2nd Riso Symposium, Denmark, (1981)
7. R. B. Schwartz, R. R. perrich and C. K. Saw: J. Non-Crst. Solids, **Vol. 76** (1985), p281
8. J. S. Benjamin and J. E. Volin : Metall. Trans., **Vol. 5** (1974), 1929
9. J. S. Benjamin : Metal Powder Report, **Vol. 45** (1990), 122
10. Feng Li, K.N. Ishihara and P. H. Shingu : Metal Trans, 22A, (1991), 2849
11. H. Okumura, K. N. Ishihara, P.H. Shingu and S. Nasu: J. Mat. Sci., **Vol. 27** (1992), 153
12. AWS : Welding Handbook, 8th Ed.
13. M. Schwartz : Metal Joining Manual, McGraw-Hill, New York, N. Y.,(1979) 565
14. C. R. Heiple, S.S. Christiansen, D.L. Keller and et al., : Welding J. **69-9** (1990) pp41-43
15. Silver Brazing Alloys-Cadmium Containing, Health and Safty : The Sheffield Smeting Co. Ltd., Dec (1980)
16. M. Schwartz: Brazing, CHAPMAN&HALL, 87-93
17. V.R. Miller and A.E. Schwanke : Welding Research Supplement, **Vol. 57** Oct., (1978), 303s-310s