

## Brazing 기술의 기초와 실제(IV)

— Brazing의 방법 및 장치 —

姜晶允\* · 金雨烈\*\*

### 1. 화염 브레이징법

#### 1.1 화염브레이징법의 개요

접합부를 토치로 가열하고, 플럭스 및 삽입금속을 첨가하면서 접합하는 방법이다. 작업시에 용융삽입금속의 흐름 등을 눈으로 확인할 수 있기 때문에 즉시 수정이 가능한 것이 특징이라고 할 수 있다.

특히 수동 화염브레이징은 브레이징의 기본적인 방법이고, JIS규격의 기술검정도 이 방법으로 시행하고 있다. 설비비 및 Cost가 저렴하고, 보수도 쉽고, 국부가열이 가능하고, 형상이 복잡한 부품의 접합에도 적용 가능하고, 이종금속간의 접합에도 사용 가능한 특징이 있다. 종합적으로 작업하기가 쉽고, 가 격면에서도 저렴하다고 말할 수 있다.

이러한 특징 때문에 화염 브레이징은 자동차 Body 및 부품, 자동차 프레임 및 부품, 냉난방기, 냉장고, 각종 열교환기, 가스 기구, 스틸 가구, 자동제어기기 등에 이용된다.

사용되는 가연성 가스는 산소-수소, 산소-아세틸렌, 공기-아세틸렌, 공기-프로판, 공기-도시가스 등이 많이 사용된다. 가스의 선택기준으로는 사용온도 및 경제성, 안정성 등을 들 수 있다. 대체로 산소-아세틸렌 가스는 고열, 집중성을 요구하는 정

우에 많이 이용되고, 도시가스-공기도 양호한 편이다.

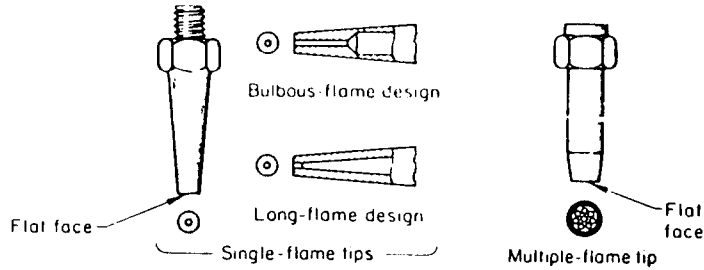
가열기기로는 저압 및 중압 가스 용접기가 이용되고 있다. 브레이징에 이용되고 있는 토치의 팁형상은 그림 1과 같다. (a)와 (b)는 산소-아세틸렌가스용 이고, (c)와 (d)는 산소-도시가스, 산소-프로판가스용이다. 멀티형 팁은 넓은 범위에 걸쳐 가열할 수 있기 때문에 브레이징 속도를 향상시키는 효과가 있다.

접합하고자 하는 부품의 크기 및 형상이 일정하면, 일정한 조건을 유지하는 기계화 혹은 자동화는 불량율을 저감시킬 수 있는 지름길일 것이다. 자동 브레이징기기는 가스제어장치, 연소장치, 전기 제어장치, 치구 및 치구 구동장치, 본체부로 구성되어 있다. 자동 브레이징기의 종류는 다양하지만, 기본적으로는 치구와 버너의 구동 시스템을 자동화하는 것이다. 다시말해서, 치구에 셋트된 접합물을 일정한 시간 버너로 가열하기 위한 장치를 자동화하는 것이다. 따라서, 버너가 에어실린더로 움직이거나, 치구가 이동하도록 제어할 필요가 있다.

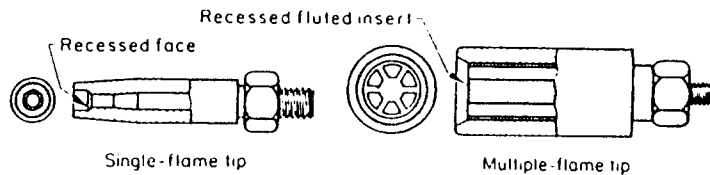
토치의 형상은 접합재의 형상 및 크기에 따라서 그림 2와 같이 노출의 수 및 형상을 달리하거나, 화염구를 많이 설치하는 형상을 채용한다. 치구의 구동은 회전형으로 이동시키거나, 콘베어 형태로 이동시키는 것이 많이 채용되고 있다. 전자동화를 위해서는 플럭스 자동도포장치, 와이어 자동 송입장치,

\*釜山大學校 工科大學 金屬工學科

\*\*釜山工業大學 生産加工工學科

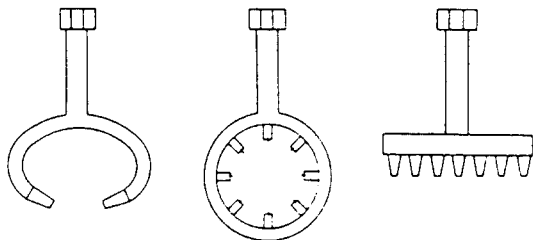


(a) Tip for oxy-acetylen gas

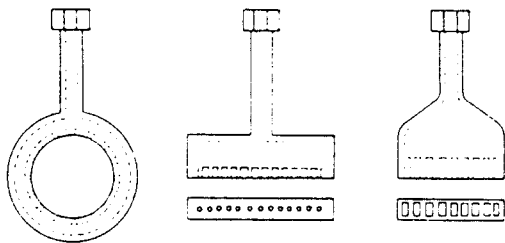


(b) Tip for oxy-propane and oxy-natural gas

**Fig.1** Tip designs used in manual torch brazing



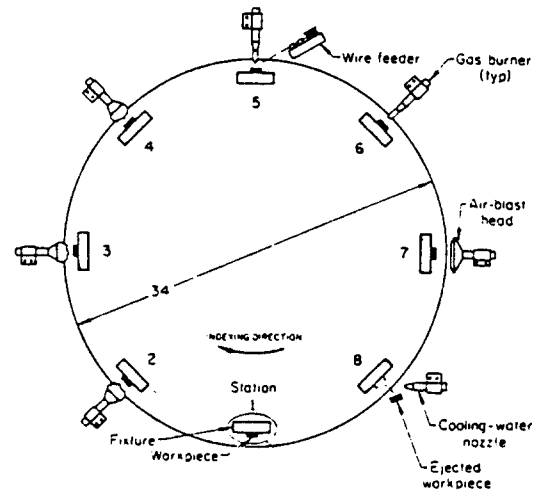
(a) multiple tip



(b) multiple flame tip

**Fig.2** Tip holder and multiple flame tip

버너 이동장치, 가열온도 감지장치 등을 설치해야만 할 것이다. 그림 3은 회전식의 예로서 예열-가열-냉각에 의한 공정 기구를 표시한다. No.1 위치에서 조립하고, No.2-N0.4는 피접합물을 예열하기 위한



**Fig.3** Schematic diagram of assembly and turntable machine for automatic torch brazing

Station이다. No.5에서 페이스트형 혹은 와이어형 삽입금속을 공급한다. No.6에서 삽입금속을 용융시키고, 집합부 내로 용융삽입금속이 흐르도록 한다. No.7에서 고정치구 및 제품을 공기 혹은 물로 냉각시킨다. No.8에서는 완성된 제품을 제거하고, 치구를 냉각시킨다.

## 1.2 화염브레이징 작업의 키포인트

### 1.2.1 가열법

양호한 접합이음부를 얻기 위해서는 정확한 가열법과 용융 삽입금속의 흐름을 이해하여야만 한다. 가열시 접합부위를 균일하게 가열하고, 열효율을 높이기 위해서는 2차 화염을 잘 이용하여야한다. 이 경우 1개의 토치 보다 2개 이상의 노즐을 가진 버너를 사용하는 것이 좋다. 그림 4와같이 2차 화염이 접합부를 둘러 쌓인 상태가 되면 접합시간이 단축되고, 마무리면이 미려하고, 코스트 다운할 수 있는 이점이 있다. 가열은 우선 접합부 주위를 가열하여 가면서 플럭스가 용해되고 모재의 온도가 브레이징온도로 도달하였다고 판단되는 시점에 접합부를 가열하는 것이 올바른 가열법이라고 하겠다.

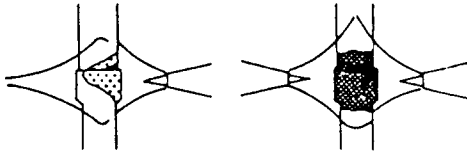


Fig.4 Second Flame and homogeneous heating

각재 및 봉재는 중심부와 표면의 온도 차가 생기기 쉽고, 에지(edge)부는 과열되는 경우가 많다. 이와같은 경우는 가열속도를 낮추고 연속가열을 피하는 것이 좋다.

이종금속 간을 접합할 때에는 열전도도가 좋은 쪽부터 예열 가열한다. 또한 열팽창율의 차가 클 경우에는 열팽창율이 낮은 쪽을 많이 가열한다. 열용량이 다른 경우, 열용량이 크고 무게가 많이 나가는 쪽을 먼저 예열 가열한다.

후판 제품인 경우, 접합부 면적이 큰 경우는 화염구가 큰 멀티팁을 사용하고 서서히 가열한다.

박판인 경우 가열 변형이 심하므로 화염구가 가는 토치로 전체를 충분히 예열하고 가열하여야 한다.

국부가열에 의해 스트레인이 발생하는 경우에는 토치로 접합부 주위를 후열처리하여 줌으로써 제거될 수가 있다.

용융삽입금속은 위에서 아래로, 간격이 좁은 쪽으로, 온도가 높은 쪽으로, 표면이 청정한 쪽으로 흐르는 경향이 있다. 접합이음부의 간격이 좁을 때에는 과

열하면 간격이 더욱 좁아져 삽입금속이 침투하기 어렵기 때문에 침투성이 좋은 삽입금속을 사용하여야 하며, 간격이 넓은 때에는 접합이음부 주위를 국부가열하여 팽창하도록 유도하고, 용융온도 범위가 넓은 삽입금속을 사용하는 것이 좋다. 특히 비공정형 삽입금속을 사용하는 경우에는 용해분리가 일어나기 쉬우므로, 단시간에 삽입금속을 공급하고 급속가열하는 것이 바람직하다.

### 1.2.2 사용되는 삽입금속

주로 사용되는 삽입금속은 은합금계(BAg계), 인동합금계(BCuP계), 황동계(BCuZn계)이고, 이들 삽입금속과 모재와의 상관관계는 그림 5와 같다.

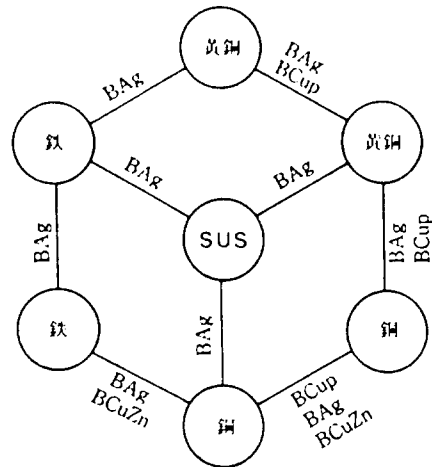


Fig.5 Relationship between basemetal and using insert metal for torch brazing

BAg계는 가장 종류가 많고, 희망하는 접합조건 별로 선택이 가능한 것이 특징이다. BCuP계는 동/동, 및 동/황동의 접합 시에 사용되고, 종래의 은합금계가 사용되던 분야에 Cost down 목적으로 대체하는 경향이 있다. 기화 플럭스와 병용하여 사용하는 경우가 많다. Cost 및 유동성이 양호하여 에어컨, 냉장고, 가스기구 등의 파이프 브레이징에 가장 많이 사용된다. BcuZn계는 철/철의 접합에 사용되는 예가 많고, 특히 자동차공업에 적용예가 많다.

## 2. 침적 브레이징법

### 2.1 침적 브레이징법의 종류

용융한 삽입금속 및 플럭스 중에서 접합하고자 하는 제품을 침적하여 브레이징하는 방법으로 다음과 같은 두가지 방법이 있다.

#### 2.1.1 용융삽입금속에 의한 방법

흑연 혹은 세라믹스 도가니에 삽입금속을 용해하고, 이 속에 플럭스를 도포한 제품을 침적하는 방법으로 금속욕(浴)의 표면에는 산화를 방지하기 위하여 봉사 등을 뿌리기도 한다. 또한, 접합부 이외에 삽입금속이 부착하지 않도록 하기 위해서 흑연을 바르기도 한다. 가열방법으로는 후술하는 외부가열법이 적용된다.

이 방법은 값이 싸고, 효율적이지만, 선재의 접합, 작은 부품의 접합, 박판의 접합에 한해서 응용된다. 응용예로서는 자동차의 라지에터의 브레이징에 사용된다.

이 방법의 특징은 한번에 많은 개소에 동시에 접합이 가능하고, 금속가열이 가능하고, 접합온도 및 시간의 조절을 정확히 할 수 있다는 것을 들 수 있다. 그러나, 삽입금속이 떨어지지 않도록 접합이음부를 설계할 필요가 있고, 젖은 부품을 침적한 경우에 용융금속이 분출할 위험이 있다.

#### 2.1.2 염욕 브레이징

플럭스 성분인 염을 특수한 금속이나 세라믹스 도가니에 용해한 염욕 중에 접합하고자 하는 부품을

침적하여 접합하는 방법이다. 삽입금속을 삽입하거나, 모재에 크래드한 상태로 조립한다.

사용하는 염욕의 조성은 모재, 가열온도, 부식 정도, 부착성에 따라서 선택한다.

이 방법의 특징은 앞의 용융삽입금속법과 비슷하지만, 사용할 수 있는 삽입금속의 종류가 많고, 복잡한 형상의 제품에 대해서도 적용 가능한 것이 장점이다. Al용 플럭스 중에 Al 브레이징이나, Al브레이징시트로 조립한 열교환기 핀 등의 브레이징에 사용된다. 그러나, 염욕 중에 침적하므로, 브레이징 후 반드시 세척할 필요가 있고, 냉각 시에 산화할 우려가 있다. 또한, 젖은 상태 혹은 냉각 상태에서 침적하면, 위험하므로 예열을 할 필요가 있다. 사용되는 플럭스로서는 여러 종류가 있지만, 일반적으로 염화물 및 불화물이 이용된다. 플럭스의 화학성분의 예를 표 1에, 물리적 성질을 표 2에 나타내었다.

### 2.2 브레이징 장치

삽입금속 혹은 염욕을 가열하기 위한 방법으로는 외부가열법과 내부가열법이 있다. 외부가열법이란 일반적인 전기로 혹은 가스로를 이용하여 삽입금속 혹은 염욕을 담은 포트를 가열하여 용융시키는 방법이다. 가스로의 경우 염은 가열된 육조 표면으로부터 열방사에 의해 가열된다. 이 경우 균일한 온도를 얻기 위해서 프로펠러를 사용하여 교반할 필요가 있다.

내부가열법이란 플럭스를 사용할 경우에 이용되는 방법이고, 그림 6과 같이 전극을 용융염 속에 침적시키거나(Immerged Type), 염욕로 밑바닥에 설치하고(Submerged Type), 전극과 용융염 사이에 발생하는 저항열을 이용하는 방법이다. 두 개의 전극 사이에 전류를 흘려 보내면 용융염은 전기전도체이므로, 용융염과 전극 사이에 저항열이 발생한다. 그림 7과

Table 1 Chemical composition of flux for deeping brazing

	염화(%) 나트륨	염화(%) 칼륨	염화(%) 리튬	불화(%) 칼륨	중류산(%) 칼륨	염화(%) 카드늄	빙정식(%)
No. 1	25-35	30-60	15-30	5-15	2-5	5-10	-
No. 2	16	25	45		-	-	14

Table 2 Physical properties of flux for deeping brazing

	용고온도 (°C)	완전용융 온도(°C)	밀도 610°Cg/cc)	전기저항(Ω-m)		
				582°C	610°C	638°C
No. 2	482	556	1.7	0.43±0.01	0.36	0.29

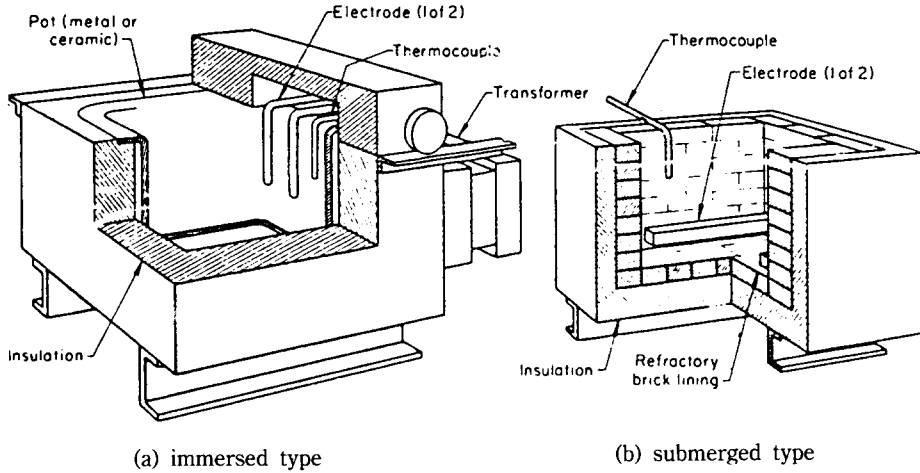


Fig.6 Types of furnaces used for salt bath brazing

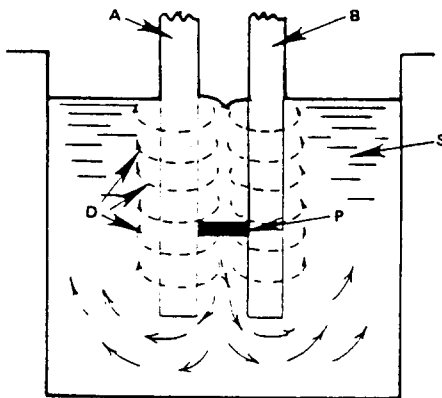


Fig.7 Schematic illustration of electrodynamic circulation

같이 A 및 B 두 전극 사이를 접근시켜 통전하면, D와 같이 두 전극 사이에 자장이 형성되고, 이 자력에 의해 용융염(s)이 교반되는 자기교반작용이 일어나 5°C 정도로 균일한 온도를 유지할 수 있는 이점이 있다. 염이 고체 상태인 경우 저항열을 발생할 수 없기 때문에, 사용할 염을 외부가열법을 이용하여 용융시킨 후 포트 내에 서서히 붓거나, 토치를 이용하여 염을 부분적으로 용융시킨 후에 통전한다.

이 이유 때문에 항상 염을 액상상태로 유지시켜야만 한다.

전극으로는 카본, Ni, Inconel 600 등이 사용된다. 카본은 값이 싸지만, 수명(3-6개월)이 짧다. 또한 Ni

보다 전기전도도가 1/2 정도이므로 같은 용량을 얻기 위해서는 두 배 정도의 크기를 사용하여야 한다. Ni은 카본 보다 값이 비싸고, 공기/플럭스 계면에서 빠르게 부식되어 3-6개월 정도 사용한 후 교체하여야 한다. 교체는 전극과 전선 사이를 볼트로 채우기 때문에 용이한 편이다. 전극을 밑바닥에 담그는 Submerged 방법은 수명도 길고, 교반작용도 보다 효과적인 면이 있다.

### 3. 유도가열 브레이징법

#### 3.1 원리와 특징

접합하고자 하는 금속제품을 코일 내에 삽입하거나 코일과 근접시켜 가열 Coil에 고주파 전류를 흘리면 전자유도작용에 의해 피가열물인 금속에 유도전류가 생긴다. 이 유도전류는 금속의 표면층에 집중해서 흘러 표면층에 와전류손, 히스테리손을 발생시켜 표면층이 저항열에 의해서 발열된다. 이 열을 이용하여 접합하는 방법을 고주파 브레이징법이라고 한다.

이 표면층에 흐르는 전류의 침투깊이 즉 가열대는 다음 (1) 식으로 표시된다.

$$d = 5.03(\rho/\mu f)^{1/2} \tag{1}$$

여기서 d는 유도전류의 침투 깊이(cm), ρ는 모재의

비저항( $\Omega\mu\text{-cm}$ ),  $f$ 는 주파수(Hz,c/s),  $\mu$ 는 모재의 투자율이다. 따라서, 가열 깊이는 모재의 저항율과 투자율 및 주파수에 의해 지배된다. 주파수가 낮을수록 가열대의 깊이는 넓어지지만, 실용적으로는 어떤 한계가 있다.

고주파 브레이징의 장점으로는 1) 열효율이 높고, 급속가열이 가능하고, 2)균일가열, 국부가열이 가능하고, 3) 단시간의 가열이 가능하고, 4) 온도제어가 용이하고, 5) 국부에 고속으로 가열되므로 산화를 최소화 시킬 수 있고, 6) 부분가열에 의해 피가열물의 비틀림이 적은 것 등이 있다. 한편 단점으로는 1) 고주파 전원을 필요로 하므로 설비비가 높고, 2) 이동이 곤란하고, 3) 피가열물의 형상에 따라, 가열 Coil 및 치구를 구상해야 하고, 4) 균일가열을 위하여 Coil설계의 경험과 발전기와의 조정이 필요하다는 것 등과 같은 것이 있다.

### 3.2 고주파 브레이징장치

고주파 장치로서는 피접합물을 유도가열하기 위하여 전력을 고주파로 변환하는 고주파 전원, 고주파전류기, 가열 코일과 피가열물을 고정하고 브레이징하기 위한 브레이징 장치 및 치구로 구성되어 있다. 변전소에서 공장에 송전하는 상용주파수의 교류를 1kHz~수MHz 까지 변환시키는 고주파 발생장치로서는 진공관방식, Transistor방식, S.C.R Inverter 방식이 있고, 각 방식의 특징은 다음 표 3과 같다. 일반적으로 소형의 제품은 진공관식이 대형의 제품에는 SCR Inveter식이 사용되고, 중간 크기는 Transistor식이 사용된다. 단 급속판을 한쪽 면만을 가열하는 경우에는 효율이 떨어지지만, 주파수에는 그다지 영향을 받지 않는다. 최근에는 반도체 소자의 발달로 고주파전원도 SCR식 및 Transister식이 실용화되어 널리 사용되고 있다.

접합장치는 접합재와 가열코일을 가열시에 일정한 위치관계를 유지하기 위한 치구, 상하 및 회전을 위한

기기와 전기제어기기로 구성되어 있고, 자동화를 할 때에는 코일축을 상하 좌우로 이동하면서, 피접합물을 이동시키는 것이 좋다. 피접합물을 회전 시키던가, 콘베어로 이동하면 효율적이다. 어떤 방식이라도 가열코일과 피가열물의 매칭은 중요하고, 코일 설계가 고주파 브레이징작업의 포인트가 된다.

### 3.3 고주파코일(유도자)의 설계

고주파 브레이징의 성공 여부는 가열코일(유도자)의 피가열물에 대한 크기 및 형상, 간격 등에 좌우된다. 가열 코일은 균일하게 가열할 수 있어야 하고, 가열 효율이 좋아야 하고, 기계적으로 강도와 정밀도가 있어야 한다. 가열 코일은 보통 1회 혹은 수회 감은 동 파이프를 제작하고, 고주파 대전류가 흐르기 위해 수냉되어야만 한다. 간단한 형상의 경우는 코일 설계가 쉽지만, 복잡한 형상의 경우는 코일의 설계가 어렵고, 계산적으로 불가능하고, 경험과 숙련에 의지해야 하는 경우가 많다.

가열코일의 기본적인 형상은 그림 8에 표시한 것처럼 피가열물의 외측, 내측, 평면에서 가열하는 방법이 있다. (a)는 가장 기본적인 형상으로 가장 많이 사용된다. (b)는 (a)와 비교하여 효율이 나쁘지만, 내부의 파이프가 가열되지 않은 경우에 사용된다. (c)는 평면가열에 사용하거나, 가열코일의 이동 없이 연속적으로 가열하는 경우에 사용된다. 가열코일의

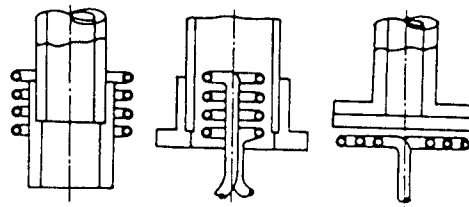


Fig.8 Principal types of inductor(heating coil)  
(a) internal inductor (b) external inductor  
(c) plane inductor

Table 3 Various type of high frequency power supply

종류	주파수	출력	효율 및 수명	비고
진공관 방식	50Hz-1MHz 표준 300kHz	2~800kW	55~65% 3000시간	작은 제품의 브레이징에 사용
Transistor	10Hz-50kHz 표준 3kHz	2~200kW	약 85% 반영구적	중간 크기 제품의 브레이징에 사용
S.C.R inverter (Thyristor)	1kHz-10kHz	30~3,000kW	약 90%	대형 제품의 브레이징에 사용

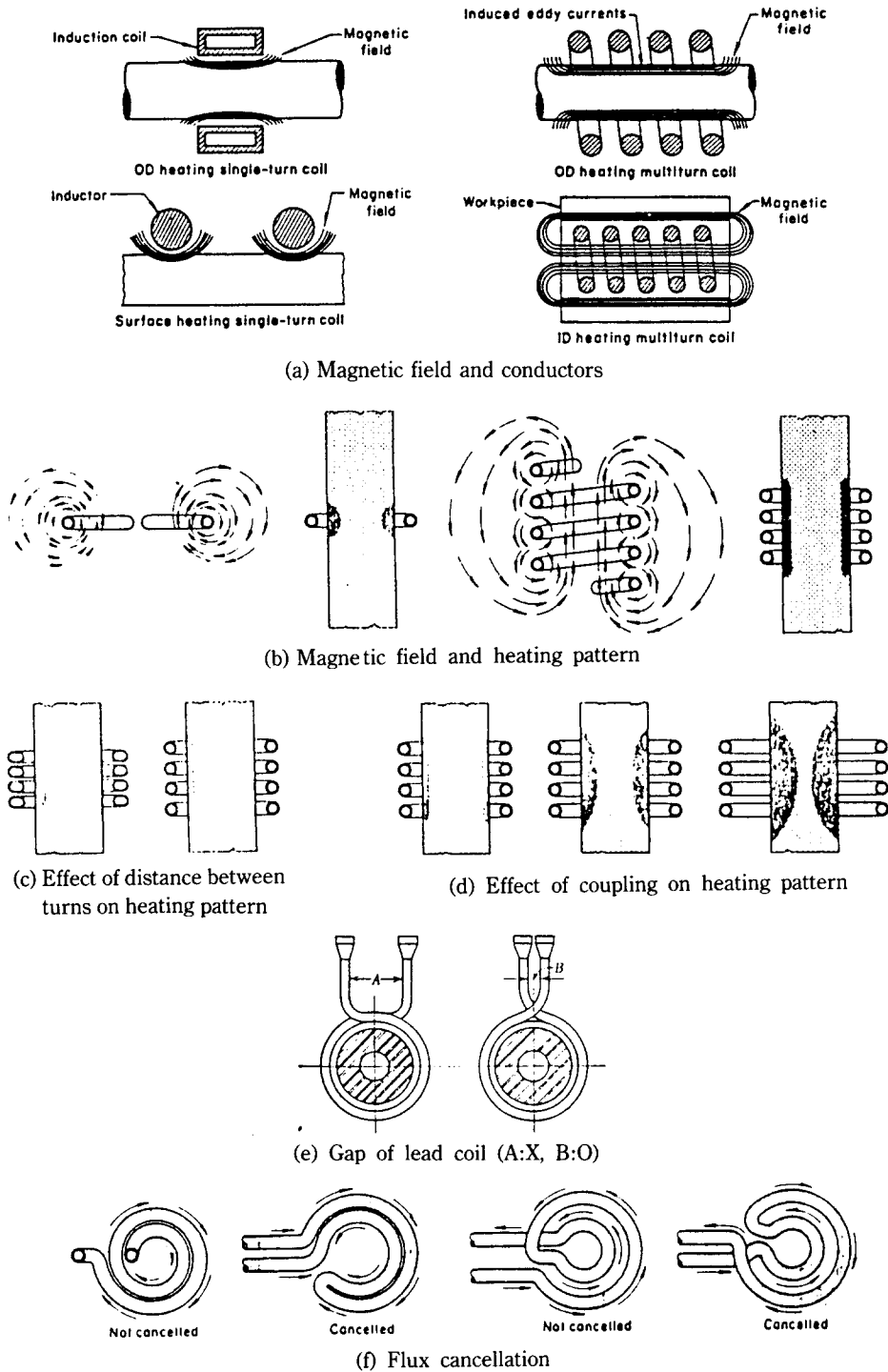


Fig.9 Heating patterns produced by various inductors

효율은 (a)를 100%로 하면, (b)가 50%, (c)가 75% 정도이다. 실제 가열코일은 상기의 3가지 기본형을 조합하여 제작된다.

고주파코일을 설계할 때 꼭 알아야 할 기본적인 사항은 다음과 같은 것 들이 있다.

① 코일의 형상에 따른 자장과 가열대와의 관계 : 그림 9의 (a)에 표시한다.

② 코일 감는 수와 가열 부위 형태와 관계 : 그림 9의 (b)에 표시한 바와같이 가열면적이 좁은 경우는 단선코일이 좋고, 반대로 면적이 넓고 길 때에는 다층코일이 좋다.

③ 코일간의 간격 : 그림 9의 (c)에 표시한 바와같이 Coil 상호간의 간격은 촘촘하게 감은것이 느슨한것보다 더 깊은 열형태를 나타내므로, 원칙으로 좁은 쪽이 좋고, 또 각각의 Coil은 진동으로 접촉되지 않게 절연테이프(석면)등과 같은 여러가지 방법으로 방지한다.

④ 피가열물과 코일 간의 간격 : 그림 9의 (d)와 같이 간격이 좁은 경우는 가열효율은 좋지만, 가열 깊이는 얇다.

⑤ 연결 Lead : 그림 9의 (e)와 같이 Coil과 고주파 발생장치와 연결하는 Lead는 Lead사이에 바람직하지 않는 인덕턴스를 없애기 위해 될 수 있는 한 간격을 작게 해야 한다.

⑥ Pipe의 굵기 : 가열 Coil에 사용되는 pipe의 굵기는 외경이 대개 3~8mmφ이고, 그것을 둥근 그대로 혹은 사각으로 평평하게 가공하여 이용한다. 발전기의 출력에 따라 Pipe의 직경은 달라진다. 즉 30kw 이하에서 6mmφ, 30kw이상에서는 8mmφ정도이다. Coil의 직경이 넓은 것이 좁은 것보다 더 깊은 열형태를 보인다.

⑦ 코일의 감기 : 평면 형태의 제품을 열처리하기 위하여 코일을 이중으로 감는 경우, 감는 방향을 잘못하면 그림 9의 (f)와 같이 자력이 소실되는 경우가 있다.

⑧ 가열속도 : Coil의 가열속도는 피가열물의 바깥면 가열이 더 크고, 즉 평면가열의 경우는 외면가열이 75%정도이고, 내면가열은 외면가열의 25~50%정도이다. 비철금속의 가열효율이 철보다 떨어지고, 철의 50~70%정도 이다.

#### 4. 저항 브레이징법

저항브레이징은 전기저항을 이용하는 방법으로,

접합부에 삽입금속을 셋팅한 후 가압-통전에 의한 가열(삽입금속의 용해), 전류의 절단(삽입금속의 응고), 가압력의 제거라는 공정을 거쳐 접합이 이루어진다. 단순한 접합이음부의 경우 유효한 방법이다. 다음과 같은 2 종류의 방법이 있다.

##### 4.1 간접가열법

카본 혹은 흑연 전극과 모재 사이에 발생한 저항열을 열전도에 의해 모재와 삽입금속을 가열하여 접합하는 방법이다. 이종금속 간을 접합할 경우 A금속이 가열된 후 열전도에 의해 다른 B금속이 가열되어 접합된다. 접합조건으로는 대개 전류 100~3000A, 가압력 5~50kg 정도, 가열시간 약 10초 정도로 한다. 물론, 피접합물의 형상 및 재질에 따라 다르다.

카본은 소모가 빠르지만, 접합조건을 적정하게 선택하면, 안정한 작업을 할 수 있다.

열전도가 양호한 Cu 및 Cu합금은 접합하기 쉽고, 삽입금속으로서는 Cu계 합금이 주로 사용된다. 이 삽입금속은 자체 플럭스 작용이 있다. 플럭스를 사용하는 경우 플럭스의 피막에 의해서 절연되어 불완전한 접촉이 일어날 가능성이 있으므로, 수용성의 페스트 상태의 플럭스를 사용하는 것이 바람직하다.

##### 4.2 직접가열법

전극재료로서는 동 및 동합금(Cr동)이 사용되지만, 열전도가 크고 연화온도가 낮기 때문에 Mo, W, Cu-W 소결합금을 사용하는 경우가 많다. 이 방법은 피가열물 및 삽입금속이 발열하므로 간접 가열 보다 전류치 및 가압력이 크게된다. 대략 전류는 5000~15,000A, 가압력 10~200kg, 통전시간 1초 정도이다.

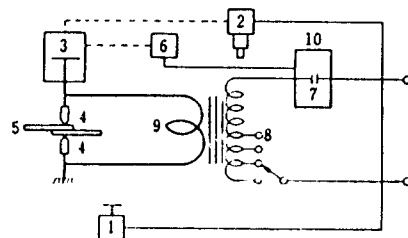


Fig. 10 Schematic diagram of equipment for resistance brazing



브레이징장치는 Spot용접기, Seam용접기, Projection용접기를 사용하거나, 적당히 개조한 것을 사용한다. 그림 10은 공기압식 브레이징장치의 개략도이고, 전기접점의 브레이징 등 대량생산용으로 널리 사용되고 있다. 그림에서 각각 1은 통전 스위치, 2는 솔레노이드 발브, 3은 에어실린더, 4는 전극, 5는 피접합물, 6은 압력스위치, 7은 접합기, 8 및 9는 변압기, 10은 타임머이다.

그림 11은 전극의 구성 예이고, 일반적으로 동과 같은 열전도도가 좋은 금속의 브레이징에는 W과 같이 고유저항이 높고, 열전도율이 낮은 전극을 사용한다.

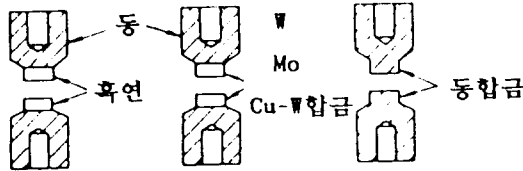


Fig.11 types of electrodes

전기저항이 서로 다른 금속을 접합할 때에는 온도가 생기기 쉬우므로 각 금속에 알맞는 서로 다른 전극을 사용하는 것이 효과적이라고 하겠다.

이 접합법에서는 설치형 삽입금속이 사용되므로, 퍼집성 보다 용점이 낮아야 한다. 따라서, Al 합금을 접합할 경우는 Al-Si계 삽입금속이, Cu 및 Cu합금의 경우는 CuP 및 Ag계 삽입금속이, 탄소강, 스텔레스강, 내열강, Ni합금의 경우는 Ag계 삽입금속이 사용된다. 특히 CuP 삽입금속은 자체 플럭스 작용이 있으므로 양호한 접합이음부를 얻을 수 있다.

가압이 불충분한 경우 아크가 발생할 우려가 있다.

### 5. 로브레이징법

피접합물을 로내에서 가열하여 브레이징하는 방법으로, 로의 형식으로는 머플형, 포트형, 벨형과 연속형 등이 있다. 가열방법을 구별하면, 전열선, 실리코나이트, 적외선에 의한 전기로, 고주파 유도에 의한 고주파유도로, 도시가스, 부탄가스에 의한 가스로 등이 있다. 사용하는 분위기로는 수소가스, 분해암모니아가스, 불활성가스 분위기 및 진공분위기가 있다. 대기중에서 행하는 경우는 적다. 분위기 중에서는 일반적으로 프락스를 사용하지 않는다.

포트형 분위기로의 경우, 가열 본체는 고정되어 있고, 작업 후에 포트만을 로로부터 들어 올리고, 냉각 후 접합물을 꺼낸다. 이로는 소형의 제품보다 대형 중량이 큰 제품에 많이 사용된다. 가스의 사용량이 적어 경제적으로 유리한 면이 있다.

벨형은 피접합물을 장입하는 내부 장입통과 가열하는 외부가열로 구성되어 있고, 내부장입통을 고정된 상태에서 상부 가열로를 덮어 접합하는 방법과 상부 가열로를 고정하고, 하부 장입통을 상승시켜 접합하는 방법이 있다. 전자는 대형이고 중량이 큰 제품에 이용되고, 후자는 레이이다, 통신용 대형 발전관 등의 접합에 이용된다.

연속로의 경우는 머플로에 이동 시스템을 부착시켜 피접합물을 로내로 수송하고, 예열-가열-냉각의 공정에 의해 작업한다. 이동 시스템으로는 메쉬 벨트 콘베어형(Mesh Belt Convayer Type), Pusher형, 롤라형 등이 있다. 이 방법은 균일하게 전체를 가열하므로 스트레인이 발생하지 않아 잔류응력이 없고, 분위기 및 온도조건을 변화시켜 모재의 표면상태(광휘 등)를 조절할 수 있는 특징이 있다. 한편 모재와 분위기 가스와의 반응에 의해서 탈탄, 침탄, 질화가 일어날 우려가 있다.

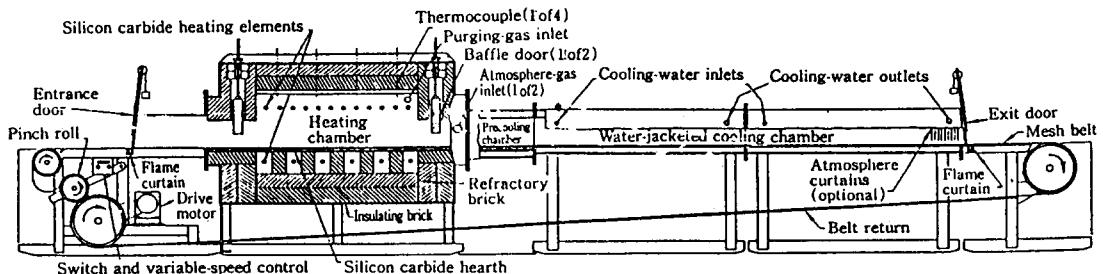


Fig.12 Mesh belt conveyor brazing furnace with a water-jacketed cooling chamber

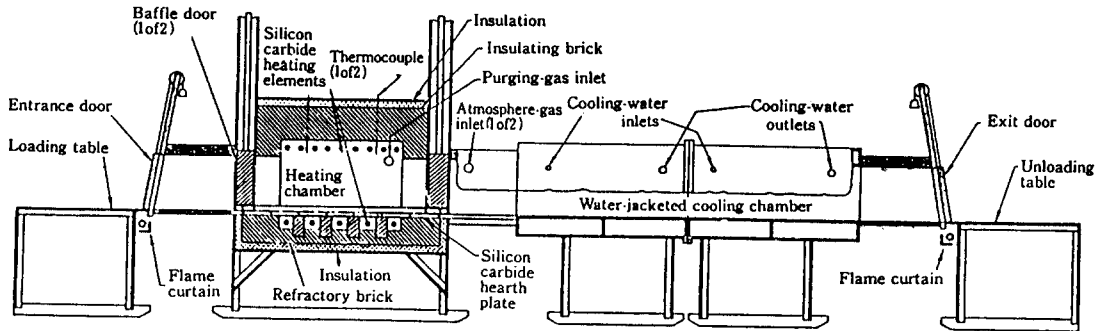


Fig.13 Pusher brazing furnace with a water jacketed cooling chamber

또한 용융삽입금속이 응고할 때 까지 접합부를 고정할 필요가 있지만, 자중의 효과를 얻을 수 있도록 접합이음부를 설계하거나, 카본을 이용하여 중량을 지지할 필요가 있다.

메쉬 벨트 컨베이어형의 연속로 외형을 그림 12에 나타내었다. 이 로는 대량생산용으로 효율적이고, 공정관리도 용이하므로 가장 널리 사용된다. 이 로는 수평형과 경사형이 있다. 수평형은 모재 및 삽입금속이 저용점인 경우, 고순도 분위기가 필요하지 않고, 분위기 가스 공급원이 대형인 경우에 이용된다. 출입구는 Flame 카텐 또는 중성가스에 의한 가스 카텐 및 분위기 가스로 자체 연속하는 가스 카텐을 사용함으로써 공기의 침입을 방지한다. 경사형은 주로 수소가스 암모니아 분해가스를 사용하는 경우에 많이 이용된다.

Pusher형 분위기로의 외형을 그림 13에 나타내었다. 이 로는 적재 하중이 크고, 벨트의 수명이 문제로 될 만큼 대용량인 경우에 많이 이용된다. 그림 13은 피접합물은 트레이(Tray)에 적재되고, 유압 혹은 기계적인 구동에 의해서 일정한 시간 간격으로 로내로 수송된 후 접합하게 된다.

트레이를 장입할 때와 반출할 때 판 로 문이 개폐되므로 분위기 가스의 소비량은 적다. 트레이의 열용량이 크기 때문에 로내로 운송될 때는 가열시간 및 유지시간이 비교적 길다. 고온 브레이징시에는 알루미늄, 질화규소 등과 같은 세라믹스를 사용하면 좋다. 이 로는 내열강재의 로심판, 벨트 등의 소모가 없으므로 다른 로의 경우 보다 유지비가 적게 든다.

롤러 패스형은 특히 대형의 자동차 부품 등을 접합하는 데에 사용된다. 롤러 구동은 처리 계획에 따라 각 부분에서 검출되는 신호에 의해서 이동되어 접합된다.

## 6. 진공 브레이징법

### 6.1 진공 브레이징 장치

브레이징 분위기를  $10^{-3} \sim 10^{-6}$  Torr 정도의 진공상태인 청정한 공간에서 접합하는 방법이다. 진공 펌프로서는 유회전펌프, 기계적부스타펌프, 유확산 펌프 등이 사용되고 있다. 진공브레이징장치로서는 진공레토트(Retort)을 외부에서 가열하는 외부가열식 진공로와, 진공챔버(Chamber) 내에 가열원을 설치하여 가열하는 내열식 가열 진공로가 있다. 가열원으로는 칸탈선, 수퍼칸탈선, 실리코니트, 그라파이트, Mo, W 등에 의한 저항가열, 고주파유도가열 등이 이용되고, 저항가열의 경우에는 내부 및 외부가열식에 사용 가능하다. 그림 14 외열식 진공로의 모식도를 나타낸다. 그림 15는 외열식 진공로를 나타낸다. 외열식은 소형 물체, 저온 작업용이고, 내열식은 대형 물체, 고온 작업용이다. 일반적으로 진공로의 구조로서는 진공가열부(Chamber, Tetort, Heater), 피접합물 수송기구, 진공배기구, 가스도입구, 냉각기구(냉각가스도입밸브, 열교환기, 냉각수순환기), 전기 제어기구 등으로 되어 있다.

초기의 진공로는 로내의 피접합물을 로내에 삽입한 후 진공배기 - 승온 브레이징 - 냉각 까지를 동일한 실내에서 처리하는 로이기 때문에 물품을 넣거나 꺼낼 때 로내에 대기가 침입하게 되어 로내의 가열체, 치구 및 로벽에 수분이 흡착하는 경우가 많고, 가열 냉각을 반복하게 된다. 따라서, 장시간의 배기하여야 하므로, 재료의 수명이 단축되고, 가열원의 손실이

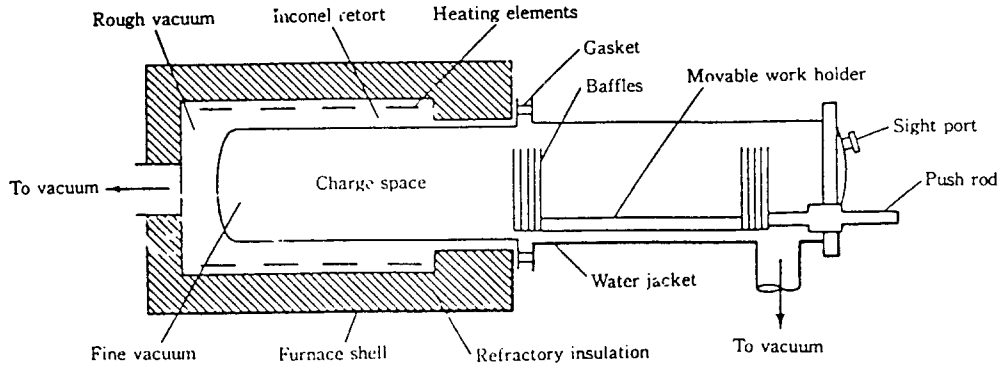


Fig. 14 Vacuum brazing furnace of external heating type

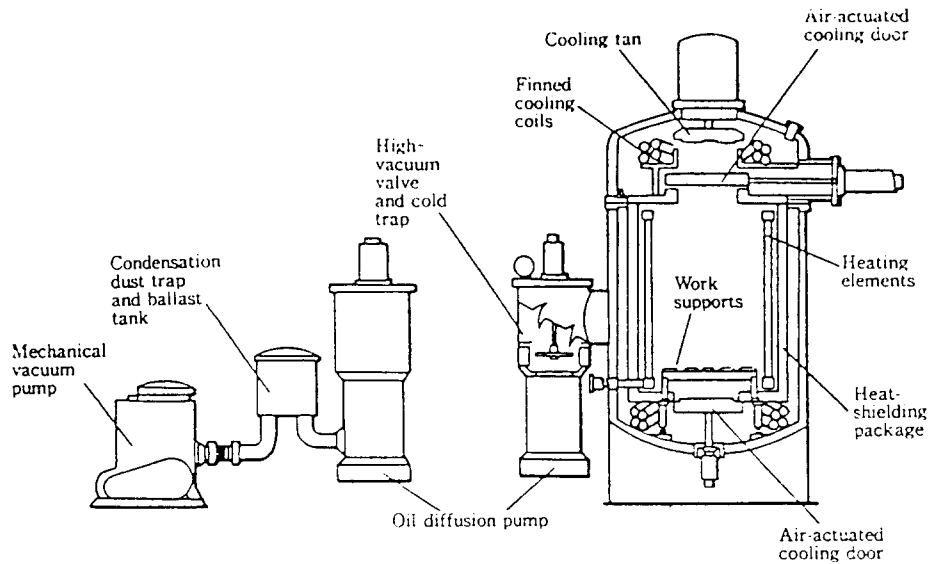


Fig. 15 Vacuum brazing furnace of internal heating type

크게 되어 열효율이 저하하게 된다. 이때문에 초기 비용과 라이닝비용 모두 분위기로 비교하여 비싸게 된다.

그래서 최근의 진공로는 피접합물을 넣고, 꺼내는 데에 필요한 전용실(Chamber)를 가열실과 인접한 곳에 설치하고, 가열실에 공기가 들어가지 못하도록 2실형, 3실형 혹은 다실형 로가 개발되어 있다. 그림 16은 3실형의 진공로의 모식도를 나타낸다. 또한 단열재는 가볍고, 내열성 및 단열성이 우수하고, 구조적으로 열변형이 적은 그라파이트를 사용하고, 고강도이면서 재결정이 일어나지 않는 그라파이트 발열체를 사용하고 있다. 이 로의 특징은 (1) 가열실이

연속 사용 가능하고, (2) 로의 열용량이 적고, 단열성이 우수하므로 목적 온도 까지 빠른 시간에 승온시킬 수 있고, (3) 온도, 압력, 분위기가 간단히 조절 가능하고, (4) 자동화, 라인 시스템화가 가능하다는 것을 들 수 있다. 결론적으로 말하면 생산성이 높다고 할 수 있다. 한편 1000℃이상의 고온의 대형로인 경우 초기시설비 및 수리비 모두 분위기로 보다 저렴하다.

## 6.2 진공 브레이징 작업의 키포인트

증기압이 높은 금속은 진공 중에서 가열하면 증

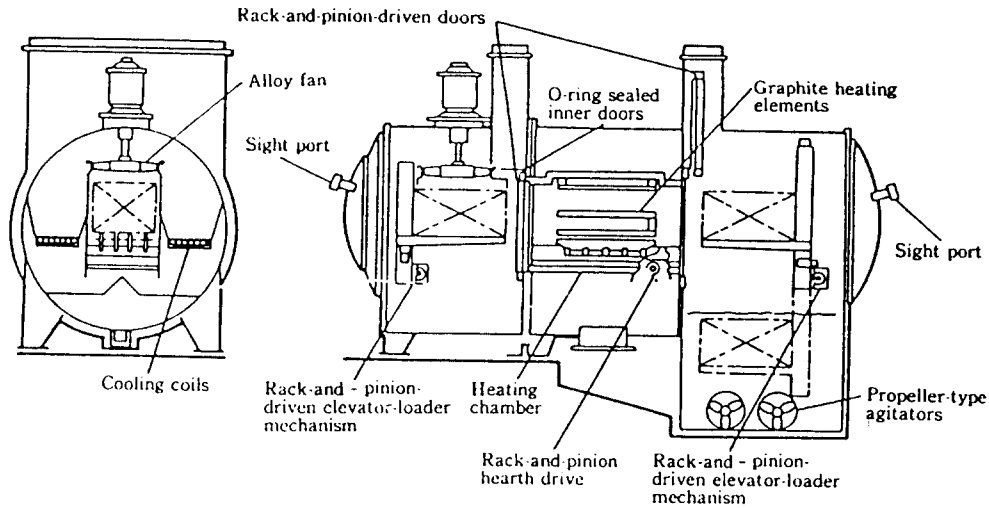


Fig.16 Vacuum brazing furnace with 3 chambers

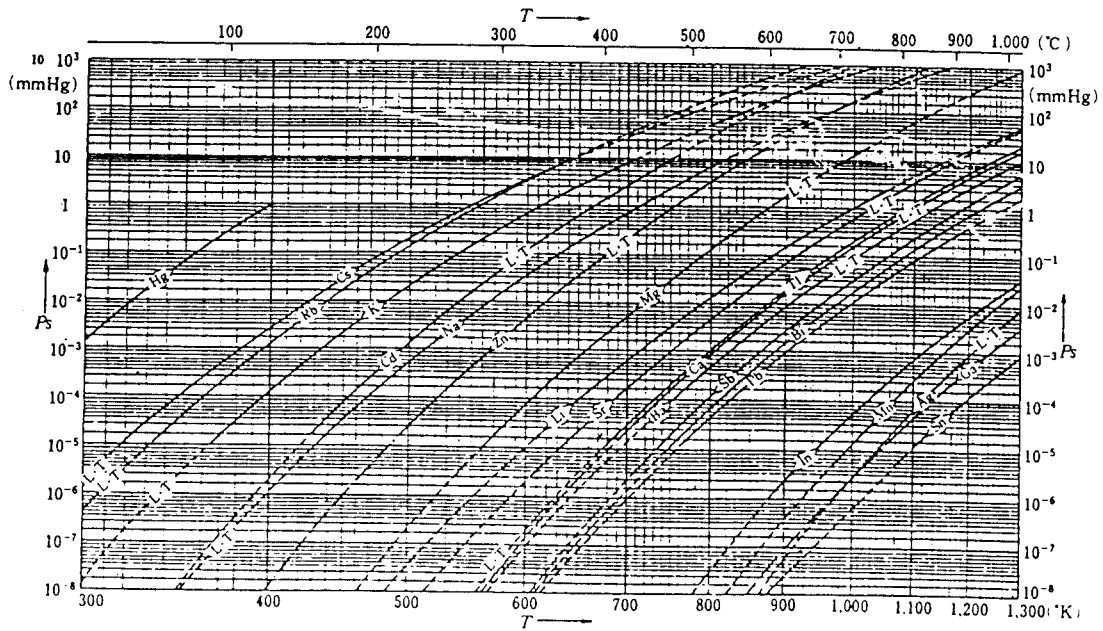


Fig.17 Relationship between temperature and vapor pressure for metal

발한다. Zn, Mg 등을 많이 함유한 모재 (예를들면 황동)는 증발에 의해서 표면에 흠이 생기는 등과 같은 결함이 발생하고, 삼입금속의 경우는 성분이 변화하여 용융온도범위가 변화하므로 용융되지 않는 현상이 일어난다. 각종 금속의 포화 증기압을 그림 17에 표시한다. 브레이징 시에 분위기 중의 압력(진공도)이

접합온도에서 포화증 기압과 거의 같을 때에는 증발현상이 나타나므로, Ar 혹은 질소가스를 로내에 흘려 로내의 압력을 0.1~1 torr 정도로 하여 접합하면 증발을 억제할 수있다. 이 방법을 캐리어가스법이라고 한다. 단, Zn, Mg 등과 같이 브레이징 시에 포화증기압이 10<sup>1</sup> Torr인 금속은 더욱 압력을 높

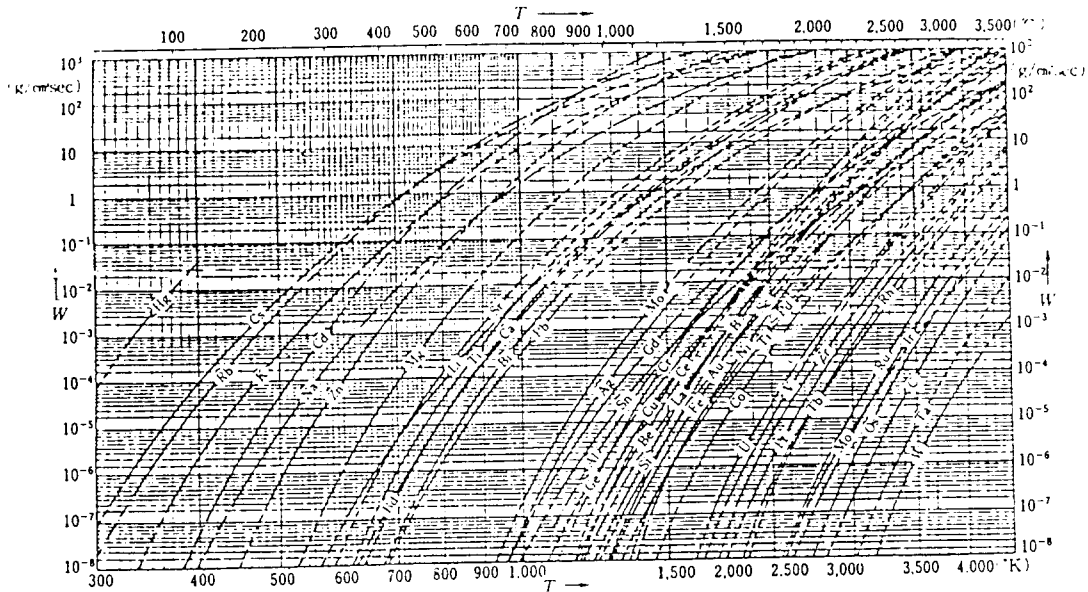


Fig.18 Relationship between temperature and vaporizing speed

여야만 한다.

실제 브레이징 시에 분위기의 압력은 금속의 산화 및 증기압의 2가지 관점에서 고려하여 정해야 할 필요가 있다. 산화가 일어나지 않는 상한의 압력을 선정하여 브레이징해야만 하고, Ti을 수%를 함유 하거나 Zn을 함유한 합금을 제외한 합금들은  $0.1 \sim 10^{-5}$  Torr에서 접하는 것이 좋다. Ti 및 Al합금은  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  Torr 정도의 분위기에서 브레이징하는 것이 좋다.

삼입금속이 단일성분(Ag, Au, Cu)인 경우에는 증발현상에 의한 용점의 변화가 없으므로 삼입금속이 흐르지 않는 경우는 없다. 그러나, 증발 손실에 의해 삼입금속의 양이 부족하여 접합불량이 발생하는 경우가 있다. 따라서, 삼입금속을 다소 여유를 두고 삼입하는 것이 바람직하다. 이 경우도 캐리어가스법을 도입하는 것이 좋다. 그림 18은 각종 금속의 증발손실량을 표시한다. 이 그림으로 부터 손실량을 예측할 수 있다.

진공용 삼입금속에 대해서는 이미 Brazing기술의 기초와 실제 2에서 설명하였으므로 생략한다.

### 6.3 특징 및 용도

진공 브레이징법의 특징은 접합결합이 적고, 후처

리가 필요하지 않고, 제품의 표면이 미려하고, 분위기로에 비교하여 스트레인이 적은 것 등이다. 이외에도 진공봉착이 가능한 것이 특징이라고 하겠다.

진공브레이징의 용도는 넓고, 전자기 부품, 자동차 부품, 항공우주기 부품, 원자력 부품, 가전제품 등과 같이 다방면으로 응용되고 있다. 전자기 부품으로는 진공관, 진공스위치, 세라믹스 전극, 열교환기 등이 있고, 자동차 부품 관계로는 라지에타, 에바퍼레이터, 콘덴사 등의 열교환기, 스텐레스강제의 디스크 브레이크 등이 있다. 가전제품으로는 스텐레스강제의 보온병, 전자레인지용 발진관 등이 있다.

### 7. 기타 브레이징법

상기 전술한 브레이징법 이외에도 적외선 브레이징법, 최근 자동차 공업 등에서 많이 이용되고 있는 TIG 및 MIG브레이징법, 정밀부품의 접합에 우수한 광빔 브레이징법, Laser브레이징법 등이 있다. 이들 접합법에 대한 자세한 것에 대해서는 기회가 있으면 게재할 예정이다.

### 참고문헌

- 1) AWS : Brazing Manual
- 2) ASM : Metal Handbook
- 3) ASM : Brazing Source Book
- 4) AWS : Welding Handbook (1978)
- 5) M.M Schwarz : Brazing (1987)
- 6) 일본용접학회 : 최신 접합기술 편람
- 7) 末澤 : 先端溶接工學
- 8) 日本溶接協會 : ろうの選び方 使い方
- 9) 日本溶接協會 : ろう付, はんだ付入門