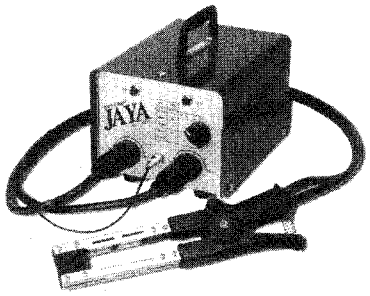
용접이 아닌 용접을 이용한 솔더링 공법



동관(銅管)의 최신 접합기술

1. 솔더링이란

철을 소재로 하는 용접은 모재와 용접재가 동시에 용융되어 용접이 이루어지나, 동관의 용접방법은 모재는 녹지 않고 용접재만 용융되어 겹침부에 충진하는 접합방식으로 엄격히 말하면 용접이 아닌 접합이며, 그 방법으로는 솔더링(Soldering)과 브레이빙(Brazing)이 있다.

450℃를 기준하여 450℃미만에서의 솔더링, 450℃이상에서의 브레이징으로 구분할 수 있으며 저온에서 접합함으로써 모재 변형을 극소화해 용접부위의 안정과 수명의 극대화 및 공사 비용의 절감측면에서 고려된 접합방식이다.

2. 솔더링의 역사

솔더링은 아주 적은 열에너지를 사용하여 금속을 접합하는 가장 오래된 기술의 하나로 철기시대 이전에 이미 솔더링을 한 것 같다는 보고가 있다. 서기 79년 8월(약 1905년 전)에 화산의 대폭발로 순식간에 매몰된 이탈리아 남부의 '폼페이' 폐허에서는 각 가정에 시공된 수도 연관의 접속부에 땜납을 사용한 흔적이 확인된 것으로 보아 약 2,000년 전부터 사용한 것을 알 수 있으며, 그때에 사용된 땜납은 주석1, 납2의 조성으로 오늘날 사용되는 솔더와 흡사한 것을 알 수 있다.

인류가 건축용 동배관에 솔더링을 본격적으로 적용한 것은 약 300여년전 독일에서부터 사용하였으며 이때부터 이론이 정립되었고, 급속히 선진제국에 확대되었다. 특히 우리나라에는 94년도에 국영기업인 대한주택공사에서 설계하여(22° 미만, 급수, 급탕, 난방) 시행중에 있다.

3. 동관의 물리적, 기계적 성질

- [표1]에 나타낸 바와 같다.

[표1] 동관의 물리적, 기계적 성질

구분		연질	정질
기호		C1220T-O	C1220T-H
비중		8.94	
용융온도(℃)		1,083	
비열 (Cal/g℃)	20℃	0.0921	
	100℃	0.0939	
열전도율(Kcal/mhr℃)		332	
선팽창계수 (mm/℃)	-191~16℃	14.1×10^{-6}	
	-20~100℃	16.8×10^{-6}	
	-20~200℃	17.3×10^{-6}	
종탄성계수(kg/㎟)		1.2×10^{4}	$1.2\sim1.35\times10^{4}$
인장강도(kg/㎟)		21이상	32이상
연신율(%)		40이상	-
경도(HR 30T)		-	55이상(25A이하)

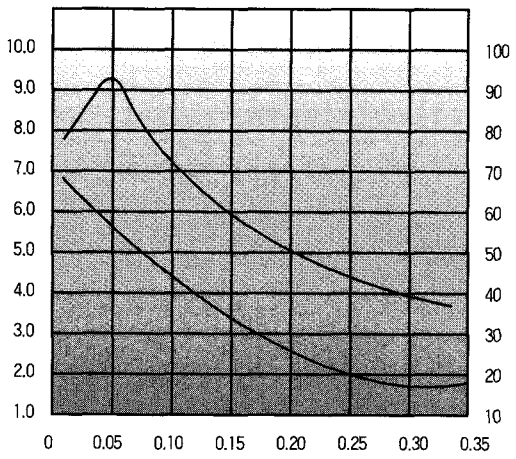
4. 솔더링의 특징 및 필요성

브레이징 용법에 비해 저온에서 용접하므로 모재변형을 최소화할 수 있으며 솔더의 퍼짐이 좋아 용접성의 안정을 기할 수 있어 하자가 없고 수명을 대폭 연장할 수 있다.

기능공이 아닌 일반인도 손쉽게 할 수 있어 대중성 및 인건비 절감 효과가 크다.

특히 용접후 매립하는 건축배관

[표2] 접합부의 틈새와 인장강도



에는 더욱 효과적이며 전기 가열방식으로 할 경우 후렉스의 변화상태와 솔더의 충진상태를 정확히 포착할 수 있고 과열을 육안으로 확인할 수 있어 용접의 안정을 기할 수 있으며 가스사용으로 인한 화재 및 폭발의 위험성이 없어 안전함으로 솔더링의 필요성은 강조되어도 좋을 것이다.

5. 용접부(겹침부) 틈새

겹침부의 틈새는 모세관현상과 접합부의 인장강도와 밀접한 관계가 있다. [표2]는 틈새와 인장강도와의 관계를 표시한 것으로 겹침부틈새가 0.04㎜부근에서 가장 높은 인장 강도를 갖는다.

동관의 용접접합에서 요구되는 겹침부의 틈새는 [그림

[표3] 솔더메탈의 등급별 화학성분 자료 ASTMB 32

Alloy Grade	Composition※ Sn 1	Pb 2	Sb 3	Ag 4	Cu 5	Cd 6	Al 7	Bi 8	As 9	Fe 10	Zn 11	Ni 12	Se 13
Sn96	Rem	0.10	0.12	3.4-3.8	0.08	0.005	0.005	0.15	0.01	0.02	0.005	…	…
Sn95	Rem	0.10	0.12	4.4-4.8	0.08	0.005	0.005	0.15	0.01	0.02	0.005	…	…
Sn94	Rem	0.10	0.12	5.4-5.8	0.08	0.005	0.005	0.15	0.01	0.02	0.005	…	…
Sb5	94.0min	0.20	4.5-5.5	0.015	0.08	0.03	0.005	0.15	0.05	0.04	0.005	…	…
E[P]	Rem	0.10	0.05	0.25-0.75	3.0-1.5	0.005	0.005	0.02	0.05	0.02	0.005	…	…
HA	Rem	0.10	0.5-4.0	0.1-3.0	0.1-2.0	0.005	0.005	0.15	0.05	0.02	0.5-4.0	…	…
HB	Rem	0.10	4.0-6.0	0.05-0.5	2.0-5.0	0.005	0.005	0.15	0.05	0.02	0.01	0.05-2.0	…
AC[P]	Rem	0.10	0.05	2.75-3.75	0.1-0.3	0.005	0.005	2.75-3.75	0.01	0.02	0.005	0.001	…
OA[P]	Rem	0.10	0.05	0.09-0.10	2.8-3.2	0.005	0.005	0.9-1.1	0.01	0.02	0.005	…	…
AM	Rem	0.10	0.8-1.2	0.4-0.6	2.8-3.2	0.005	0.005	0.15	0.01	0.02	0.005	…	…
TC	Rem	0.20	0.05	0.015	4.0-5.0	0.005	0.005	0.05	0.05	0.04	0.005	0.005	0.04-0.20
Sn70	69.5-71.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.03	0.02	0.005	…	…
Sn63	62.5-63.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.03	0.02	0.005	…	…
Sn62	61.5-62.5	Rem	0.50	1.75-2.25	0.08	0.001	0.005	0.25	0.03	0.02	0.005	…	…
Sn60	59.5-61.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.03	0.02	0.005	…	…
Sn50	49.5-51.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.025	0.02	0.005	…	…
Sn45	44.5-46.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.025	0.02	0.005	…	…
Sn40A	39.5-41.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn40B	39.5-41.5	Rem	1.8-2.4	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn35A	34.5-36.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn35BS	34.5-36.5	Rem	1.1-1.5	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn30A	29.5-31.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn30B	29.5-31.5	Rem	1.4-1.8	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn25A	24.5-26.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn25B	24.5-26.5	Rem	1.1-1.5	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn20A	19.5-21.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn20B	19.5-21.5	Rem	0.8-1.2	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn15	14.5-16.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn10A	9.0-11.0	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn10B	9.0-11.0	Rem	0.20	1.7-2.4	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn5	4.5-5.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Sn2	1.5-2.5	Rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Ag1.5	0.75-1.25	Rem	0.40	1.3-1.7	0.30	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Ag2.5	0.25	Rem	0.40	2.3-2.7	0.30	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…
Ag5.5	0.25	Rem	0.40	5.0-6.0	0.30	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	…	…

1]과 같이 0.04~0.127㎜가 적당하다.

6. 용접재료

① 솔더메탈(Solder Metals)

솔더링에 사용되는 용접재를 솔더메탈이라 하며, 솔더메탈은 [표3]과 같이 35종으로 구분되고 주석의 함량 또는 안티몬이나 은의 함량을 기준하여 호칭한다.

차종에 달하는 각각의 솔더메탈은 적당한 온도를 가지고 있으며, 특히 건설분야 및 상수도 배관에 사용되는 대표적인 재질은 SN50과 Sb5, Sn96으로 다음과 같은 특성을 갖는다.

▶ SN50

일반적인 목적에 사용되는 대중적인 등급으로 금속판, 판, 기타 구조물의 솔더링에 적합하며, 접합부의 강도는 Sb5보다 낮다. (온도와 압력이 낮은 곳에 사용)

▶ Sb5, SN96

온도가 최고 240℃까지 올라가는 전기·전자 부품의 연결이나 태양열 난방, 공조, 위생배관 냉장고, 냉동기, 에어콘 등 장비류에 들어가는 동관의 솔더링에 사용된다. (접합부의 강도는 Sn50보다 높다)

[표3] 솔더메탈의 등급별 화학성분(계속)

Metting Range°			
Solidus		Liguidus	
°F	°C	°F	°C
430	221	430	221
430	221	473	245
430	221	536	280
450	233	464	240
440	225	660	349
420	216	440	227
460	238	660	349
403	206	453	234
420	216	460	238
430	220	446	230
419	215	660	350
361	183	377	193
361	183	361	183
354	179	372	183
361	183	374	190
361	183	421	216
361	183	441	227
361	183	460	238
365	185	448	231
361	183	447	247
365	185	470	243
361	183	491	255
365	185	482	250
361	183	511	266
365	185	504	263
361	183	531	277
363	184	517	270
437	225	554	290
514	268	576	302
514	268	570	299
586	308	594	312
601	316	611	322
588	309	588	309
580	304	580	304
580	304	716	380

② 후럭스(Flux)

용접접합에서 후럭스의 역할은 연마작업으로 완전히 제거되지 못한 여분의 산화물을 제거하며, 접합중 산화를 방지하거나 억제함으로써 용접재의 확산이 잘 되도록 하는 역할을 한다.

특히, 솔더링에서 후럭스의 역할은 용접접합의 성패를 좌우할 정도로 중요하며, 후럭스는 부식성을 가진 것이 산화물 제거에 효과적이다.

[표4]는 후럭스의 선택기준으로 동관접합용으로는 OA타입 후럭스를 사용한다.

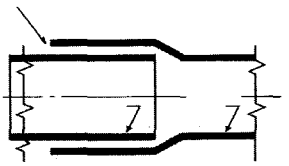
7. 접합부의 강도

■ 사용용접재별 최대 사용 압력

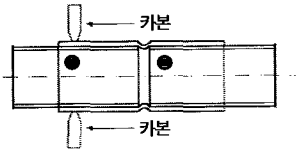
용접재의 선택은 시스템의 사용압력 온도 등을 고려하여 적정한 것을 선택함이 중요하다.

솔더링의 상용온도 및 압력 이상이 요구되는 시스템에서는 브레이징 접합을 해야 한다.

[그림1] 접합부의 틈새 범위



[그림2]



※ 솔더링에서의 누수 및 하자요인은 과열임을 유의한다.

8. 용접접합 방법

■ 솔더링(Soldering) 작업순서

용접접합 방법은 전기 가열기(JAYA)를 사용하여 용접하는 방법을 설명하며 가스불을 사용하는 용접은 응용하도록 한다. 용접순서는 다음과 같다.

① 길이를 측정하여 직각절단(동파이프 컷터기, 전동컷터기)한 후 덧살을 리머를 사용하여 완전히 제거하고 찌그러진 관은 확관기를 사용하여 진원이 되도록 교정한다.

- 솔더링에서 확관은 하지 않으며 꼭 필요한 경우는 400°미만(터지지 않을 정도) 저온가열한 후 확관하여 사용하며 과열이 되면 용접접합이 되지 않는다.

[표4] 후럭스 타입별 적용 자료)문헌 ASTMB 486

기호	주 성 분	화학적활성도	적용성(금속)
R	송재(불활성)	하	정밀한 전자제품(동)
RMA	송재(약활성)	하	보통의 전자제품(동)
RA	송재(활성)	중	일반적인 전자제품(동)
OA	유기산+아미노염	보통	일반적집합(동,니켈,동합금)
IS	무기염+산	고(부식성)	기계 및 구조물접합(강을 포함한 모든 연납땜 가능 금속)

② 연마작업 및 후럭스 도포

표면상태가 양호한 동관도 반드시 연마작업을 한다. (생산과정에서 묻은 기름, 산화물 또는 이물질 등을 완전히 제거한다.)

사포를 사용하는 것보다 수세미를 사용하는 것이 효과적이다.

후럭스 도포는 솔더링에서 용접접합의 성패를 좌우할 정도로 중요하고 연마작업으로 제거하지 못한 이물질을 제거하는 역할과 용접재의 확산 충진을 도와 완벽한 용접접합을 위해 접합부 내면 또는 외면에 붓을 사용하여 고르게 발라야 하며 끝부분 약 3m/m정도는 가열시 거품 및 가스의 피난처로서 바르지 않는 것이 바람직하다.

- 동관 또는 부속을 후럭스 용기에 담그어서 도포하지 말아야 한다.

③ 조립 및 가열작업

a. 동관을 이음쇠 정지턱까지 완전히 삽입하여 조립한다.

- 조립시 틈새가 넓을 경우 확관기를 사용하여 틈새를 기준치에 맞추어 조립한다.

b. 가열작업은 솔더링에서 제일 중요하며 특히 과열되지 않도록 주의한다. 용접홀더를 [그림2]와 같이 ❷번 용접부위에 밀착시키고 홀더에 부착된 가열스위치를 눌러서 가열을 시작한다.

초기가열에서 후럭스가 끓으며 회색거품이 나고 2~3초가 경과하면 후럭스가 쥐색으로 변하는데(변하지 않는 후럭스는 용접재를 후럭스가 끓을 때 대고 있을 것), 이때 용접재를 접촉하여 용접재가 녹으면 스위치를 놓고 용접재가 녹아 들어가는 것을 육안으로 확인하며 용접재 투입이 더 필요할 경우 스위치를 다시 누르고, 놓고하는 반복동작으로 용접하며 적정온도는 약 200℃~250℃에서 용접하면 특히 좋은 용접상태를 얻을 수 있다.

c. 용접부의 하단부에 맺히는 눈물현상(용접재를 과다투입하여 하단부에 뭉쳐 맺힌 상태)이 없도록 하여 용접재의 손실을 줄인다.

d. 가열순서는 ❶번 용접 후 ❷번으로 옮겨 용접하며 이음쇠 중간에 물려 한번에 가열, 용접하여 과열되는 일이 절대 없도록 한다.

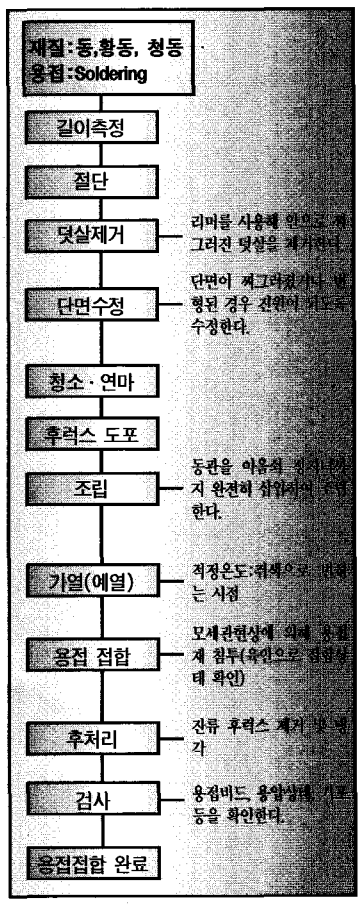
e. 용접시 용접재(솔러메탈)가 끓지 않을 정도로 가장 좋은 용접온도(240℃)이며 용접재가 끓으면 기포발생으로 겹침부에 기포공간이 생겨 누수의 요인이 될 수 있으며 끓는 온도가 초과되면 용접재가 산화되어 재용접이 불가하므로(과열되어 용접부위가 시커멓게 변한 상태) 누수가 생긴 부위는 끊어내고 부속을 사용하여 재용접을 한다.

④ 후처리 및 검사

용접부위의 용접재가 완전히 응고되기 전에 움직이거나 물로 급냉시키지 않도록 한다.

300℃이상의 과열에서는 상당시간 움직이지 말아야 하므로 과열하지 않는다.

잔여 후럭스를 젖은 걸래로 사용하여 깨끗이 닦아준다. 수압을 넣어 누수를 확인하고 누수되는 부분은 물기를 완전히 제거할 수 누수부위를 가열하여 빼낸 다음 처음 용접하는 방법대로 재용접을 시행한다.

- 용접 후 동관이나 이음쇠에 가열로 인한 변색이 없어야 하며 변색이 있으면 과열된 상태이므로 차후 누수의 원인이 될 수 있다.

자료제공 : 인창공구판매(주)