

스테인레스 튜브와 판재간의 브레이징 복합 공정에 관한 연구

A Study for Combined Process of Brazing between Stainless Steel Tube and Plate

배 상득*, 김 대순**

* 현대중공업 산업기술연구소

** 현대중공업 산업기술연구소

1. 서 론

핵융합로를 구성하는 초전도자석구조물은 극저온에서 그 성능을 발휘하게 된다. 운전시 초전도자석을 액체 헬륨을 이용하여 극저온까지 냉각시키는데, 이 때 냉각튜브로 스테인레스 316L이 주로 사용되어 진다.

현재는 튜브의 접합을 위해 TIG용접을 적용하고 있지만, 접합형상 때문에 완전접합을 기대할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 냉각튜브를 접합시키기 위해 유도가열 브레이징과 미그 브레이징을 이용하였으며, 각각의 프로세스에 대한 최적의 조건을 선정하여 완전접합이 가능한 기법을 개발하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 사용 재료

홈 가공된 플레이트는 40mm 두께의 스테인레스 316LN이며, 튜브는 외경이 7mm, 두께가 1.5mm인 스테인레스 316L을 사용하였다.

그리고 사용된 용가재는 BAg-7이며, 제조형태로는 유도가열 브레이징에 0.15mmT의 포일을, 미그 브레이징에는 0.9mm ϕ 와이어를 사용하였다. 용가재의 화학조성을 Table 1에 나타내었다.

특히 브레이징 작업중 모재의 산화를 방지하기 위해서 불화물이 첨가된 페이스트 타입의 저온용 플럭스를 사용하였다.

Table 1. Chemical composition of filler metal

AWS Class	Ag	Cu	Zn	Sn
BAg-7	55.98	22.04	17.02	4.95

2.2 브레이징 공정

플레이트 홈 하부 브레이징에는 열효율이 높고, 열침투가 깊으며 단시간에 가열이 가능한 고주파 가열 방식의 유도가열 브레이징을 이용하였다. 포일을 용가재로 사용하였으며, 홈과 튜브 사이에 끼워 접합하는 방법을 이용하였다.

그리고 유도가열 브레이징이 완료된 홈 상부에는 모재를 거의 용융시키지 않고 접합할 수 있는 미그 브레이징을 적용하였다. Fig. 1에 접합공정의 개념도를 나타내었다.

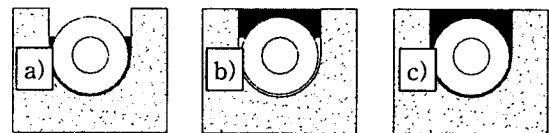


Fig. 1. Schematic illustration of combined brazing process a) Induction brazing b) MIG brazing c) Completed brazing

3. 실험결과 및 고찰

3.1 가열 코일

고주파 사용에 의한 유도가열 브레이징은 피가열물의 크기와 형상에 좌우되며, 균일한 가열과

높은 가열 효율을 위해서 제품별 코일의 설계가 필요하다. Fig. 2에 시험용으로 제작된 가열 코일 형상을 보여준다.

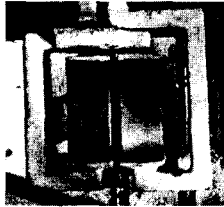


Fig. 2. Shape of heating coil for induction brazing

가열 코일은 튜브가 국부적으로 산화 또는 용융되는 것을 피하고, 홈 하부 가열에 효과적인 형상으로 제작되었다. 또한 코어를 부착하여 열이 튜브와 접합부에 국부적으로 집중되는 것을 방지하였다.

3.2 브레이징 조건

사용된 튜브와 플레이트의 두께는 크게 상이하므로 홈 하부의 접합을 위해서는 가열 효율 및 열전도율을 같이 고려할 필요가 있다. 고주파 전류에 의한 침투깊이(d)는 (1)식에 의해 계산될 수 있다.

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

(1)식에 의해 침투깊이는 3.2mm로 평가되었으며, 최적의 유도가열 브레이징 조건은 플레이트와 튜브의 산화를 최소화시키면서 가열코일에 의해 침투된 열이 홈 하부에서 접합이 일어날 수 있도록 약 700℃까지 상승시키는 것이다.

이 때 이용된 브레이징 조건은 주파수 18kHz, 가열시간 65sec이며, 90%이상의 양호한 접합율을 얻을 수 있었다.

또한 미그 용접기에 BAg-7 와이어를 사용하여 접합한 결과, 균열과 같은 결함은 거의 발생되지 않았다. 그리고 아크에 의한 모재의 용융은 거의 없었지만 접합성은 우수하였다.

본 시험에서는 60~65A 전류와 18~19V 전압을 사용하여 양호한 비드 외관을 얻었다.

3.3 매크로 및 미세조직

유도가열 및 미그 브레이징에 대한 단면조직을 Fig. 3에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 기공 또는 미접합부와 같은 브레이징 결함은 주로 유도가열 브레이징부에서 발생되었으며, 이때의 결함율은 5%이하였다.

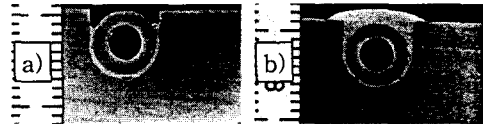


Fig. 3. Macro of cross section. a) Induction brazing b) Induction and MIG brazing

유도가열 브레이징부의 결함중에서 대부분은 홈 하부에서 발생되었으며, 이는 가열시 온도가 브레이징이 가능한 온도까지 상승되지 못한 경우에 발생된 것으로 판단된다. Fig.4에 홈 하부의 접합계면을 나타내었다.

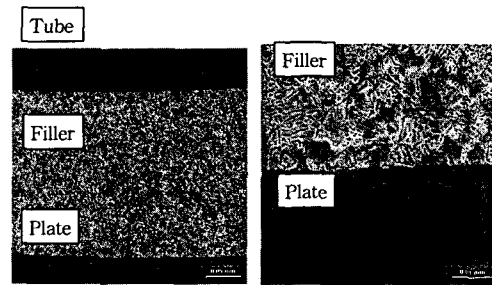


Fig. 4 Micro structure for brazed interface of the bottom part

4. 결 론

해용합로의 냉각튜브를 완전접합이 가능하도록 복합공정의 브레이징을 개발하고자 하였다. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 유도가열 브레이징중 튜브의 과열을 방지하면서 열전도가 쉽도록 코일을 제작하여 홈 하부에서의 접합이 가능하였다.
- 2) 홈 상부 접합에서는 미그 브레이징을 이용하여 튜브의 용락을 방지할 수 있었다.
- 3) 유도가열 및 미그 브레이징의 복합공정을 이용하여 95% 이상의 접합율을 얻을 수 있었다.

참고문헌

1. American Welding Society : Brazing Manual, 3rd Ed.
2. 강정윤, 김우열 : Brazing 기술의 기초와 실제(IV), 대한용접학회, Vol.11-4 (1993)