

IR 램프를 이용한 PE 파이프 접합특성에 관한 연구 (A Study on the characteristics of PE-pipe bonded by IR lamp)

김 숙환*, 이 종섭**

* RIST 용접센터

** POSCO 접합연구그룹

1. 서 론

1960년대에 Engineering 폴리에틸렌(Polyethylene, 이후 PE로 표기함) 수지가 소개된 이후 현재까지 PE수지는 광범위한 분야에 적용되어왔다. 또한, PE 수지파이프는 내식성이 뛰어나고 가볍고 유연성(flexibility)이 우수하다는 특징을 가지고 있다. 특히, 내구성에 있어서도 탁월할 뿐만 아니라 시공시 작업성도 우수하기 때문에 지하에 묻히는 가스 파이프 배관용으로 광범위하게 사용되고 있으며 그 사용량이 점차 증가하고 있는 추세이다. 현재 대부분의 PE 수지가스 파이프의 용접은 일렉트로 퓨전(Electro-Fusion, 이하 EF)과 열판용접(Hot Plate Welding)의 방법을 채택하고 있으며, 75mm 이하의 작은 파이프는 EF 용접법을, 75mm이상의 큰 파이프는 열판용접을 사용하여 시공하고 있다. 그러나 이 공정들은 접합부의 성능열화, 열선분리 등의 많은 문제점을 야기하고 있는 실정이다. 또한, 용접전 용접부에 기름, 때, 먼지 등의 이물질 제거와 표면상태가 완벽하지 않으면 용접부 강도 확보가 곤란하기 때문에 준비작업에 상당한 시간이 소요되어 용접 생산성을 저하시키고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제를 극복하기 위하여 적외선의 투과성을 이용하는 TTIR (Through-Transmission Infrared) 용접기법을 기본 개념으로 하여 보다 실용적이며 현장 적용성이 있는 신 개념의 장치를 설계 제작하여 접합부의 성능을 평가함으로써 적용가능성을 검토하고자 하였다.

2. 소재 및 실험방법

본 실험에서 사용한 소재는 대표적인 가스배관용 PE 수지파이프로써 Table 1에 물리적 특성을 나타내었다. 그리고 IR 램프를 이용한 PE 수지파이프의 접합방법은 Fig.1의 모식도에 나타내었

다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 IR 램프에 의한 적외선이 커플링을 가열하면 커플링이 투명하게 되는 것을 이용하는데 이때 커플링과 PE 파이프 사이에 놓여 있는 black film이 집중적으로 열을 흡수하여 PE 파이프를 가열하여 접합할 수 있게 되는 것이다. 그리고 접합시 중요한 것이 black film이기 때문에 접합부 형성시 작업성과 열효율 특성을 최적화하기 위하여 black film의 두께에 따른 열적특성을 검토하였으며, 도출된 두께의 film를 적용하여 접합부의 성능을 평가하고자 하였다. 또한, 접합조건에 따른 접합부 형상과 성능을 평가하기 위하여 내부비드의 형상과 커플링의 용융형상을 검토하였다. 그리고 적정조건을 도출하기 위하여 내압시험과 leak시험 등을 실시하였으며, 인장 및 굴곡시험 등을 통하여 가스배관용 접합방법으로 적용가능성 평가하고자 하였다.

Table 1. Typical Material Properties for 50A PE Pipes

Type	Color	O.D. (mm)*	Thickness (mm)	Density (g/cm ³)	Melt Flow Index (g/10min)
50A	Yellow	60.0	6	0.933-0.939	0.15-0.4

*O.D:Outer Diameter

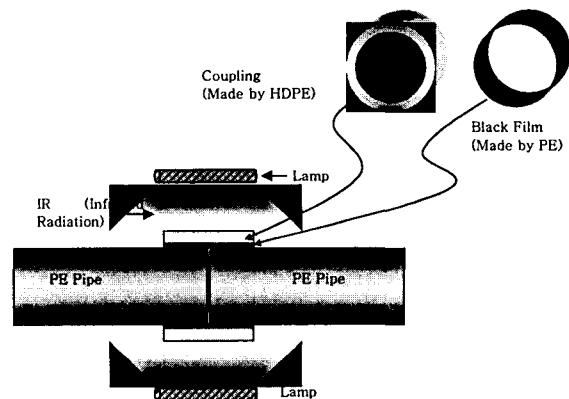


Fig.1 Schematic of PE pipe joining process

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 2는 커플링의 두께변화에 따른 적외선 파워의 변화량을 나타낸 것으로 1mm 이하에서는 급격히 증가하지만 1mm 이상에서는 완만히 감소하고 있다. 이러한 현상은 커플링의 두께가 얇을수록 파워 측면에서는 유리하지만 실제 적용상에서는 커플링이 말려 올라가거나 충분한 열용량으로 온도를 유지해주는 기능이 떨어지기 때문에 적용상 문제가 있다. 또한, 커플링의 두께가 두꺼워지면 파워는 떨어지고 접합시간이 길어지는 단점이 있기 때문에 적당한 두께의 커플링을 선택하여 PE 파이프를 접합하는 것이 바람직함을 확인할 수 있었다.

Fig. 3은 black film의 두께와 최고가열온도의 상관관계를 나타낸 것이다. Black film은 IR 램프로 가열시 커플링이 투명해 지면서 집중적으로 열을 흡수하는 역할을 하는 것으로 얇을수록 효율이 우수함을 알 수 있다. 그러나 너무 얇으면 가열하거나 취급시 찢어지기 쉽기 때문에 작업상 문제가 없는 두께의 black film을 커플링과 PE 파이프의 사이에 위치시킴으로서 최고의 효율을 얻을 수 있을 것으로 판단되었다.

Fig. 4는 power 80W, 냉각 공기압 90 psi의 조건에서 실측한 커플링 표면과 black film 내면, PE 파이프 접합면의 중간 그리고 내면에서의 온도측정 결과를 나타낸 것이다. 부위별 온도이력은 FEM에 의한 simulation 시험결과와 유사한 결과를 보여주고 있으며 이 조건에서는 300초가 경과하더라도 bottom부의 온도가 100℃에 불과하여 맞대기 용접부의 bottom까지 완전한 용융이 일어난 건전한 용접부를 얻기 위해서는 출력을 높이거나 가열시간이 길어져야 함을 알 수 있었다.

4. 결 론

1)신개념의 IR 램프를 이용한 PE 파이프 접합이 가능함을 확인하였으며 건전한 접합을 위하여 외부에서 균일한 냉각이 필요하였다.

2)커플링의 투명화 온도는 약 140℃로서 너무 두꺼우면 효율이 떨어지고 얇으면 용융되어 말리는 현상이 발생하여 접합시 두께의 최적화가 필요하였다.

참고문헌

1. Grimm, R. A., "Exploration of Joint Designs

Weldable by Trough-Transmission Infrared Welding," EWI Research Report 41727IRD (1998)

2. Potente, H., Korte, J., and Stutz, R., "Laser-Transmission Welding of PE-HD," *Kunststoffe* 87(3), pp. 348-350 (1997).

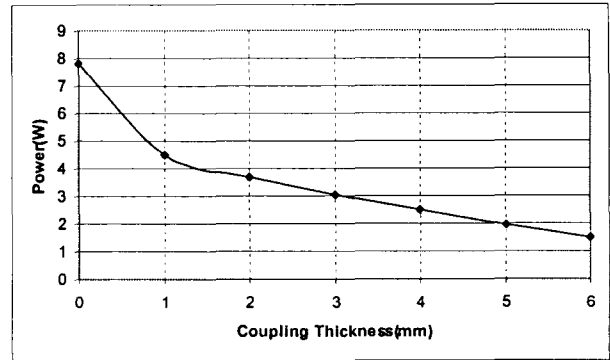


Fig.2 Power transmitted through different thickness of coupling

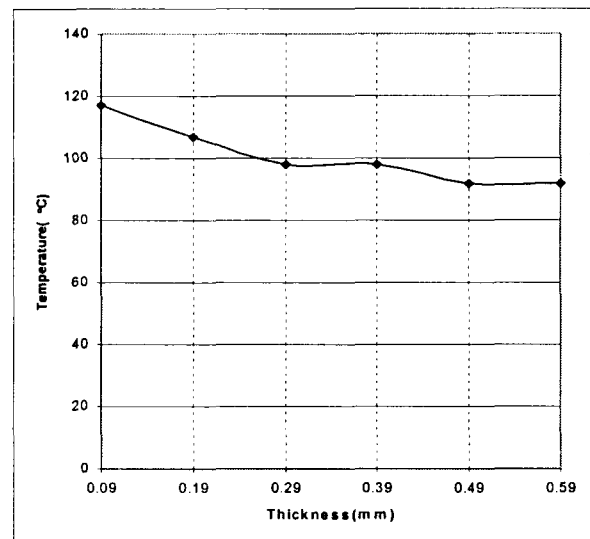


Fig. 3 Relationship between maximum temperature and thickness of the black film

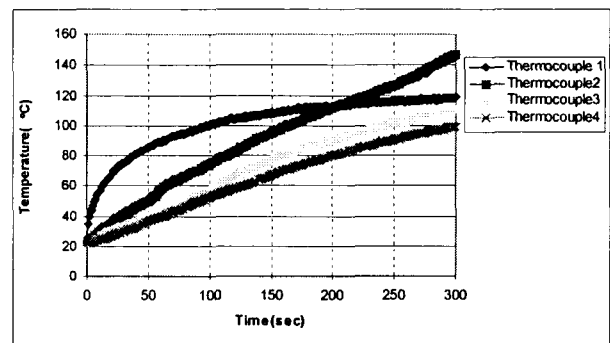


Fig. 4 Temperature distribution across the butt/lap joint (Power: 80W, air pressure: 90psi)