

운용중인 가스배관의 슬리브 보수용접시의 허용입열량 설정에 관한 연구

A study on the establishment of allowable heat input during sleeve-repair welding of in-service gas pipelines

방 인완*, 김 영표**, 김 우식**, 오 규환*

*서울대학교 공과대학 재료공학부

**한국가스공사 연구개발원

1. 서론

천연가스 배관망 길이가 점차적으로 증가하고 건설된 기간이 경과함에 따라 운용중인 공급배관에 다양한 외부 결함이 발생할 수 있으며, 이 경우 배관의 손상 정도에 따라 적절하고 안정적인 보수방법에 의하여 배관보수를 시행하여야 한다. 천연가스 배관을 보수하는 경우 가스의 차단 및 배관의 교체는 가스공급의 중단으로 안정적인 공급을 방해하고 가스 방출에 따른 경제적 손실이 크기 때문에, 가스가 지속적으로 공급되는 상태에서 보수하는 방법이 활발히 개발되고 있다. 본 연구는 내압이 존재하는 배관의 보수를 위하여 슬리브 덮개를 용접하여 손상부를 보강할 때 안전한 용접이 가능한 허용용접입열을 도출하는 것이다.

천연가스가 공급중인 가스배관 위에 용접을 실시할 때 주의해야 할 가장 중요한 사항은 용락이나 수소균열의 발생으로 용접부가 용접중 혹은 용접후 파괴되는 것이다. 용락의 발생에 큰 영향을 미치는 용접부 용입깊이와 수소균열 발생과 큰 영향을 미치는 용접부 냉각속도는 배관두께 및 용접입열 등의 용접조건에 의존하는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 용접조건이 용락 혹은 저온균열에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 용접방법, 용접입열 및 배관두께 등의 용접조건을 변화시켜 가며 해석을 실시하였다. 유한요소해석에 의하여 예측된 용입깊이 및 열영향부깊이의 변화를 실험 결과와 비교하였으며, 예측된 열영향부깊이와 배관내부표면의 최고 온도로서 육성용접시 용락 발생 기준을 예측하였으며, 계산된 HAZ에서의 냉각속도로부터 용접조건이 용접부 정도 및 저온균열에 미치는 영향을 살펴 보았다.

2. 실험 방법

가압상태에서 슬리브덮개용접을 실시하기 위하여 실험실적 규모의 가압시스템을 제작하였다. API 5L X65 가스 배관 양단은 WPHY 65로 제작된 cap을 사용하여 맞대기 용접하였다. 슬리브 보수용접에 사용된 가스배관은 API 5L X65 등급의 외경 30 inch, 두께 14.3mm의 배관이며, 슬리브는 API 5L X65 등급의 17.5mm 두께의 가스배관을 확관하여 제작하였다. 가스배관의 내압은 45kgf/cm^2 이었으며, 가압을 위해 질소가스를 사용하였다. 슬리브덮개 필릿용접부는 총 8패스로 용접되었으며, 각 패스에서의 용접조건을 표 1에 나타내었다.

3. 계산 방법

슬리브 보수용접시의 열전달 및 응력 해석은 상용 유한요소프로그램인 ABAQUS를 이용하여 수행하였다. 필릿 용접방향에 수직인 단면을 축대칭 조건으로 모델링하였으며, 정확한 열입력과 용착금속의 생성을 모델링하기 위하여 ABAQUS의 user subroutine과 요소생성기능을 사용하였다. 아아크 효율은 SMAW에서는 0.75, GTAW에서는 0.40의 값을 사용하였다. 열 및 기계적 물성치의 온도 의존성을 고려하였으며, 열전달 해석시 잠열의 영향과 복사 및 대류에 의한 열전달을 고려하였다.

4. 요약 및 결론

내압이 작용하는 배관에 슬리브덮개 보수용접을 시행한 결과, 용접중이나 용접후에 내부가스의 누설이나 배관의 파괴등은 발생하지 않았다. 유한요소법을 사용하여 해석한 결과 용입깊이 및 열영향부의 깊이의 계산값이 실험값과 잘 일치하는 결과를 얻었다. 또한, 주어진 용접 조건에서 열영향

부의 깊이와 판 내면에 도달하는 최고 온도로부터 용락 발생 여부를 판정할 수 있는 허용용접입열을 계산하였으며, 열영향부에서의 냉각속도로부터 수소균열을 방지할 수 있는 허용용접입열을 계산하였다.

5. 참고문헌

1. J. F. Kiefner : Effects of Flowing Product on Line Weldability, Oil & Gas Journal, July 18, 1988, pp. 49-54.
2. Goldak J. A., Oddy A. S. and Dorling D. V. : Finite Element Analysis of Welding on Fluid Filled, Pressurised Pipelines, 3rd International Conference in Trends in Welding Research, Gatlinburg, June 1992, pp 45-50.

표 1. 슬리브뒀개 필릿용접부의 용접조건.

용접층	용접방법	용가재		전류/극성		전압(V)	운봉속도(cm/min)	용접입열(kJ/cm)
		분류	직경(mm)	극성	전류(A)			
1	GTAW	ER70S-G	2.4	직류정극성	194	23	16	16.7
2	SMAW	E9016-G	2.6	직류역극성	96	29	5	33.4
3	SMAW	E9016-G	2.6	직류역극성	96	30	9	19.2
4	SMAW	E9016-G	3.2	직류역극성	120	30	5	43.2
5	SMAW	E9016-G	3.2	직류역극성	117	30	10	21.1
6	SMAW	E9016-G	2.6	직류역극성	100	30	7	25.7
7	SMAW	E9016-G	3.2	직류역극성	122	31	5	45.4
8	SMAW	E9016-G	3.2	직류역극성	118	30	9	23.6