

고 Cr 단조강 용접절차에 관한 연구

The study on the welding process of high Cr forging steel

이규식*, 손현락, 정인철
한국중공업 기술연구원

1. 개 요

고 Cr 단조강은 고강도 및 고경도가 요구되는 제품에 사용되는 재질이다. 이러한 제품의 재질은 고 탄소와 고 합금 성분으로 경화능이 매우 높은 특징을 가지고 있으며 또한 제작과정에서 단조하여 강도를 높이며, 열처리를 수행하여 표면 경화 처리한다.

이러한 제품은 제작과정에서 장비 및 작업자 오류로 치수 불량과 표면부위에 대한 가공오류가 발생할 경우 제품을 전량 폐기하여 왔다. 이유로는 용접시 예.후열 온도를 표면 경화 처리 온도 이하에서 수행해야 하며, 표면 경도를 열처리후의 경도와 동일한 값이 되게 하여야 하며, 특히 용접 균열이 쉽게 발생하여 보수용접이 불가능하였기 때문이다.

따라서 본 연구는 고 Cr 단조강 제품을 보수 용접하기 위해 제품 요구조건에 적합한 용접재료의 선정, 용접 결함 발생 방지를 위한 용접 및 열처리 조건 선정, 자동 용접 수행이 가능한 용접 장치 및 열처리 장치를 개발한 내용이다.

2. 연구 내용

2.1 용접 적용 조건

- 1) 적용 모재 재질 : 5%Cr, 3%Cr, 3%Cr-1%Ni / C-0.87%
- 2) 열처리 조건 : 예열, 후열-130℃ 이하(제품 경화 온도)
- 3) 요구 조건: 용접부 표면경도(Hs: 45~50), 용접부 건전성 확보(MT, PT)

2.2 개발 내용

- 1) 용접 시험 : 용접 건전성 및 제품 요구조건에 적합한 방법별 재료 및 작업 절차

■ 용접 재료 : 제품 표면 요구경도와 일치하는 용접 재료 및 용접 변수 선정

용접방법		SAW	SMAW	GTAW
용접 재료	1 층	연강		
	2 층	Hard Facing		

■ 용접변수 : 용접변수는 장비 특성 및 작업 조건에 따라 적정 용접 변수 선정

■ 열처리 조건 선정 : 제품 표면 경화온도 이하(130℃)에서 예.후열 수행하며, 용접 건전성을 확보할 수 있는 열처리 조건 선정

- 2) 장치 개발

■ 용접 장치(SAW): 원주를 나선형태로 용접이 가능한 장치

■ 열처리 장치 : 100℃에서 48 시간 이상 장시간 열처리 가능한 장치

3. 연구결과

3.1 용접 시험 결과

1) 용접 절차 확보



2) 형상 가공

- 5mm 이하 Over 가공시 : 2-Pass 용접 수행(연강용 재료; 1Pass, Hard Facing 재료; 1Pass)이 가능하도록 형상가공, 표면 경도값은 회석에 따라 약간 높게 나타남.
- 5mm 이상 Over 가공시 : Over 가공량에 따라 용접 패스 수 선정후 가공형상 결정, 표면 경도값은 Hard Facing 용접재료의 경도값이 나타남.

3) 1차 예열

- Heater Box에 의해 제품 전체 100℃ 예열
- 예열방법 : 3톤 이하 제품 24Hr 예열, 3톤 이상 제품 48Hr 예열

4) 2차 예열 : 예열토치(LPG) 이용 250℃~300℃ 용접부 국부 예열

5) 용접

가) SAW : 원주 용접에 적용

- 용접재료 : 1층- AWS A5.17 F7A2-EH14 해당/50Kg-Class High Strength Steel
2층-Hv250(Mo-0.5~0.6%), Hv350(Cr-1%, Mo-0.5%), Hv400(Cr-1.8%, Mo-0.4%, V-0.2%)의 Hard Facing용접재료
- 용접 전류& 전압 : 250A & 34V
- 회전 속도 : 2.5분/회전, 314mm/min
- 이송 속도 : 4mm/min(Roll ≤ Φ 200), 5mm/min (Roll ≥ Φ 200)
- 결과 분석 : 용접 및 열처리 조건 미준수시 HAZ부에서 용접 결함이 발생함

나) SMAW : 끝단부, 소형 제품(Φ 140이하)에 적용

- 용접재료 : 1층-680CGS, 2층-6055
- 용접변수 : 용접전류-100A

다) GTAW : 미세한 용접 결함부, SAW 보수 용접 후 결함발생시 보수용접에 적용

- 용접재료 : 1층-TECTIC680, 2층-TICTEC6055
- 용접변수 : 용접전류-90A

5) 후열 : 용접한 제품을 Heater Box에 장입하여 용접열에 의해 60시간 이상 후열

6) 용접부 검사

- 용접부 건전성평가(PT, Surface-UT, MT) : 양호
- UT: 용접부와 모재부 사이에서 Echo 발생으로 결함유무 확인 불명확.
- 경도(Hs:45~50) : 재질특성 및 제품 요구조건에 만족(그림2 참조)



그림1. 용접부 Macro(x5)

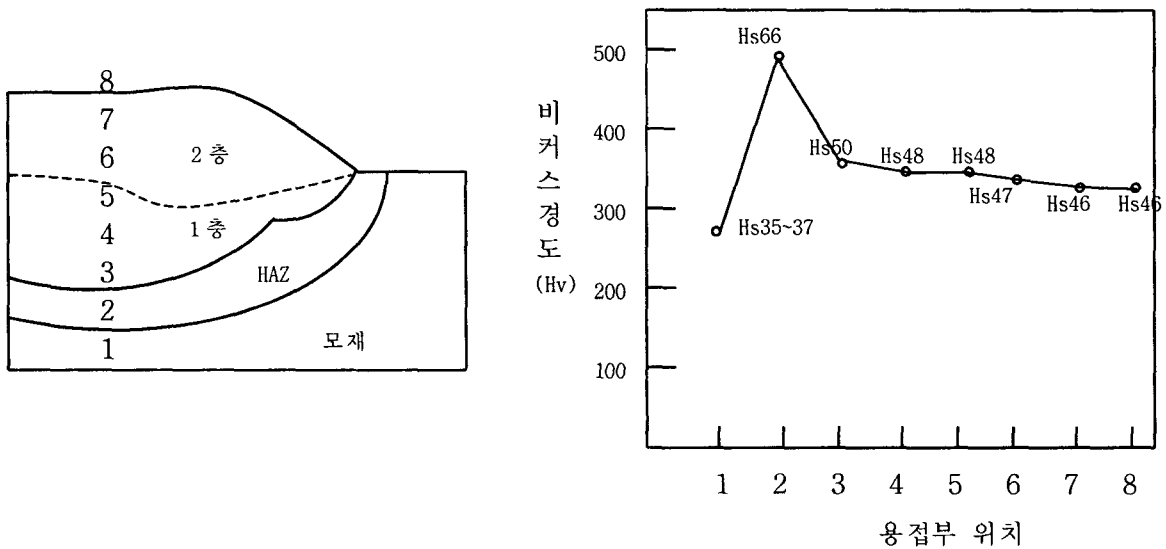


그림2. 용접부 위치별 경도 분포

3.2 용접 및 열처리 장치

- 1) SAW 용접전원 : DCRP
- 2) 회전장치 : 터닝롤라
- 3) 용접헤드 이송장치 : 최소 4mm/min 이송 가능, 나선용접이 가능 장치
- 4) Heater Box : 내부크기 - L6,000 x W800 x H1,200 x 120t, Heater 용량- 10Kwh, 2EA

4. 결 론

고Cr 단조강 보수용접방법으로 SAW, SMAW, GTAW의 3가지 방법이 개발되었다. 용접방법에 따라 적합한 용접 형상가공, 예열, 후열, 용접조건, 열처리 조건을 변경하여 수 차례 용접 시험한 결과, 용접부의 건전성 및 제품 표면경도를 만족할 수 있는 조건을 얻을 수 있었다.

또한 자동화된 용접장치 개발과 열처리 장치 개발로 가공 불량에 따른 문제를 해결함으로써 단 시간에 제품 재생이 가능하게 되었다.

이러한 용접절차 개발은 지금까지 선진 업체만 수행해 온 고Cr 단조강 보수 용접을 국내에서도 가능하게 됨으로써, 국내 고Cr 단조강 제작 경쟁력을 향상시키는 계기가 될 수 있을 것으로 판단 된다.