

주철 냉간 용접시공에서 예열효과에 관한 연구

A Study on the Effect of Preheating in Cold Welding Process of the Cast Iron

김 진경*, 김 영식**, 유 대원***

* 한국해양수산연수원 기관시스템교육팀

** 한국해양대학교 공과대학

*** (주) 종합폴스타

1. 서 론

공업용 주철은 탄소를 2.5~4. 이의 규소나 인을 저탄소강보다 많이 함유한 재료로 주조성, 유동성, 내마멸성, 절삭성이 우수하고 가격이 저렴하므로 일반 기계의 부품과 몸체 등의 재료로 널리 사용되고 있으나, 인성이 낮고 단련이 안 되는 것이 결점이다.

일반 기계 부품 및 몸체, 선박의 과급기 및 각종 펌프 케이싱(pump casing), 내연 기관의 실린더 배기 밸브 상자, 실린더 헤드 등의 재료로 많이 사용되고 있는 주철 부품에 부식, 파공, 균열 등이 발생하여 사용이나 운전이 지장을 주는 경우 교환이나 보수용접을 해야 하나, 주철은 용접성이 나쁘고 원칙을 준수하지 않으면 좋은 용접 결과를 얻을 수 없다.

주철의 보수 용접에 있어서 용접부위에 나타날 수 있는 특성은 시멘타이트 조직의 생성과 균열의 발생, 주철의 성장과 용착 불량 및 기공 발생, 주조 응력 및 열응력으로 균열의 발생, 유연한 주철 용접 부품 내에 경도가 높은 부분 형성, 주조 불량 부분의 용접 균열 발생, 일산화탄소 발생, 용접 금속 중에 모재 원소의 영향으로 높은 경도 형성과 균열 발생 등을 들 수 있다¹⁾. 이러한 특성을 고려하여 적용하고 있는 주철의 보수

용접 시공은 열간 시공과 냉간 시공이 있고, 용접법은 산소-아세틸렌 용접, 아크 용접, 경랍 댄 등이 있으나, 현재 주철 보수용접에서 결합을 최소화하고, 용접부의 기계절삭이 가능하면서 비용이 저렴한 용접법은 니켈계통 용접봉을 사용하는 냉간 아크 용접법이다.

주철의 냉간 아크 용접은 용접기술에 좌우되는 경우가 많으며, 용접부위에 나타나서 해결해야 하는 주요한 쟁점 중 하나는 용접부위 별 경도 차이이며, 그 차이가 가장 적은 용접봉과 용접 시공 조건을 구명하는 것이 매우 중요하다. 이러한 보수용접에 사용한 용접봉은 국내에서 확보할 수 있는 세 회사의 용접봉을 선택하고, 각각의 예열 조건, 사용 용접 전류 등을 변화시켜 가장 적절한 용접봉과 시공조건을 확립하고자 한다.

2. 시험재료와 실험방법

2.1 사용 재료

시험한 주철은 대형디젤기관에 사용하는 선급 인정 실린더 라이너의 한 부분이며, 화학적 성분과 기계적 성질은 Table 1과 같고 사용한 재질의 가공 치수는 25t×50×100mm이다.

국내에서 실시하고 있는 주철의 보수 용접 중 에서 미리 높은 온도로 예열하여 이 온도를 유지

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of cast iron used

Chemical composition(%)								Mechanical properties		
C	Si	Mn	P	S	B	Cu	V	인장강도 (N/mm ²)	연신율 (%)	경도(HBS)
3.2	1.1	0.8	0.4	0.1	0.04	1.5	0.22	245	0.3	180~230

※ SR : 550℃×4H

하며 시공하는 열간 용접보다 더 많이 시공하며, 기계 가공성이 우수할 뿐만 아니라 짧은 시간 내 용접 작업이 끝나는 냉간 용접에서 어떤 용접봉이 용접성이 우수하고 용접 결함이 적은 것인가를 판단하기 위해, 대표적으로 선정하여 사용한 각 용접봉의 화학적 성분과 기계적 성질은 Table 2와 같다. 각각의 용접 조건에 대한 자료는 없고 용접봉 안내서로부터 얻은 자료이다.

전류와 최고 용접 전류로서, 상온에서 용접 비드 길이 30~40mm로 한층만 Fig. 2와 같이 냉간 용접한 후 용접금속부, 열영향부 및 모재부의 각각 경도 등을 측정하여 적절한 용접 전류 범위를 확인하였다. 그 후 확인된 적정 용접전류로 모재의 예열을 각각 100℃, 200℃로 한 후 상온에서와 동일한 조건과 방법으로 용접을 실시한 후 각각의 경도를 측정하였다. 그 결과 모재를 200℃로 예열한 용접부가 부위별 경도가 제일 적다는 것

Table 2 Chemical composition and mechanical properties of electrode for cast iron used

회사 별 용접봉 종류	Chemical composition(%)							Mechanical properties		
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Fe	인장강도 (N/mm ²)	연신율 (%)	경도(HBS)
1(Ni)	0.86	0.28	0.30	0.002	0.002	Bal	1.85	440	-	-
2(NiFe)	0.98	0.32	0.80	0.005	0.004	55.1	Bal	560	-	-
3(Ni)	1.0	0.38	0.07	0.006	0.006	Bal	0.02	300	-	145
4(NiFe)	0.94	0.69	0.67	0.003	0.005	53	Bal	460	-	210
5(Ni)	0.5	-	-	-	-	Bal	2.0	460	5	140
6(NiFe)	0.5	-	-	-	-	54	45	460	10	180

2.2 실험 방법

주철을 냉간 아크 용접한 용접부위에 나타나는 대표적인 문제점 중 하나는 용접금속, 열영향부 및 모재와의 경도 차이이다. 상대적으로 경도 차이가 많이 나면 부수용접부위의 사용 수명이 단축될 수밖에 없다.

Table 2의 Ø3.2 용접봉을 주철 모재에 동일한 전류로 현장 용접 조건과 가깝게 Fig. 1과 같이 3층 용접하였고, 또 회사에서 제시한 최저 용접이 밝혀졌다. 층간온도 200℃를 유지하며 Fig. 2

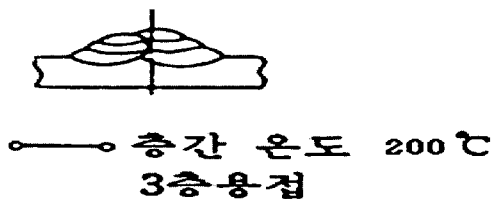


Fig. 1 Schematic view of 3 pass welded cast Iron

와 같이 3층 용접을 하나는 전부 Ni 용접봉으로, 다른 하나는 Ni-NiFe-Ni 실시하여 각각의 경도를 측정하였다.



Fig. 2 Schematic view of welded cast Iron

3. 결과 및 고찰

3.1 주철 용접부위 별 경도

용접부의 경도는 예열온도, 용접전류, 시공법에 따라 달라지지만, 경계부인 열영부에 큰 차이를 보이고 있다. Fig. 3은 주철 모재에 니켈계 용접봉으로 3층 용접한 부위를 용접선 방향과 직각 방향으로 기계식 절단기로 절단하여 기계가공,

연마 등을 한 단면을 비커스 경도기로 측정하
 고서, NiFe계통이 Ni계통보다 전체적으로 높
 게 나타났고, 용접부위 별 경도 차이가 적고
 제일 낮은 것은 5번의 Ni계 용접봉이다

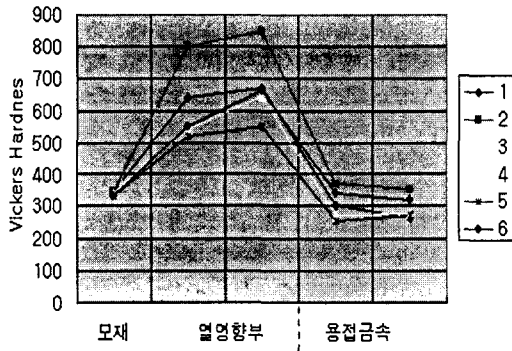


Fig. 3 Hardness of the weld zone of various electrode

3.2 상온에서 냉간 용접한 주철 용접부위
 별 경도

상온에서 각종 니켈계 용접봉으로 냉간 아
 크 용접한 주철 용접부위를 측정하
 고서, NiFe계통이 Ni계통보다 더 낮으며,
 5번 용접봉을 200℃로 예열하
 고서, Ni계통보다 더 낮으며, 5번 용
 접봉을 200℃로 예열하
 고서, Ni계통보다 더 낮으며, 5번 용
 접봉을 200℃로 예열하

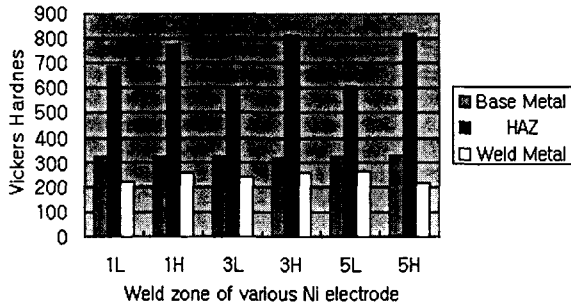


Fig. 4 Hardness of the weld zone of cast iron made with AWS E Ni-CI

여기서 전체적으로 용접전류가 낮은 경우보다
 높으면 열영향부와 용접금속부의 경도는 상승하
 고 있고, 용접봉 회사에서 제공하
 는 자료와는 다소 차이가 있다. 경도가 제일
 높은 용접부위는 용접봉에 관계없이 열영
 향부이며, 그 중에서도 용접봉 5H가 제일
 높은 값을 나타내고 있다. 용접봉 종류에 따
 른 주철의 냉간 아크 용접에서 각 용접부위
 별 경도 차이가 제일 적게 나타나는 것은 5L
 이고 그 다음이 3L이다.

3.2 예열한 상태에서 냉간 용접한 주철 용
 접부위 별 경도

주철 모재를 100 ℃ 및 200℃로 예열하
 여 각각의 용접봉으로 용접하
 고서, Ni계통보다 더 낮으며, 5번 용
 접봉을 200℃로 예열하
 고서, Ni계통보다 더 낮으며, 5번 용
 접봉을 200℃로 예열하

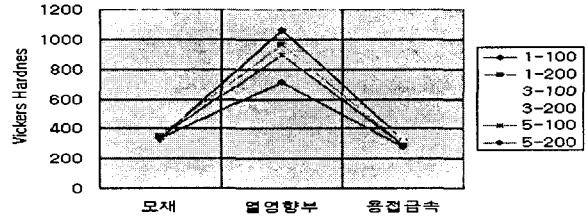


Fig. 5 Relationship hardness between preheating for weld zone of various electrode

이 그림에서 100℃로 예열하
 고서, Ni계통보다 더 낮으며, 5번 용
 접봉을 200℃로 예열하
 고서, Ni계통보다 더 낮으며, 5번 용
 접봉을 200℃로 예열하
 고서, Ni계통보다 더 낮으며, 5번 용
 접봉을 200℃로 예열하

4. 결 론

주철의 냉간 보수용접에서 예열효과에 관한
 이 상의 연구로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) NiFe계통의 용접봉이 Ni계통보다 용접부
 위 별 경도가 더 높게 나타났고 5번 용
 접봉이 그 차이도 제일 적었으며, 또한
 제일 낮은 경도를 가졌다.
- 2) 상온에서 실시한 용접봉 종류에 따
 른 주철의 냉간 아크 용접에서 각 용
 접부위 별 경도 차이가 제일 적게 나타
 난 것은 5L이고 그 다음이 3L이다.
- 3) 예열한 경우에 실시한 용접봉 종
 류에 따른 주철의 냉간 아크 용접에서
 각 용접부위 별 경도 차이는 100℃ 보
 다 200℃가 더 적게 나타났고, 5번
 용접부위가 제일 우수하다.

참고문헌

1) 日本溶學會 : 鑄鐵 および 鑄鋼, 溶接便覽, 丸善(株), 1977, 864~866.