

플럭스 코어드 와이어에 따른 용접 중 콘택트 팁 내마모성 평가

김동윤* · 황인성*[†] · 김동철* · 강문진*

*한국생산기술연구원 용접접합연구그룹

Wear Resistance Evaluation of Contact Tip according to Flux Cored Wire

Dong-yoon Kim*, In-Sung Hwang*[†], Dong-Cheol Kim* and Moon-Jin Kang*

*Advanced Welding & Joining Group, Korea Institute of Industrial Technology,
Incheon 406-840, Korea

[†]Corresponding author : hisman@kitech.re.kr

(Received June 11, 2013 ; Revised July 12, 2013 ; Accepted August 12, 2013)

Abstract

The contact tip for flux cored arc welding has important functions to transmit the welding current to the wire and to guide the wire to molten pool. A damaged contact tip causes a productivity reduction and a welding quality problem.

In this study, the welding experiments for the wear resistance of contact tip regarding flux cored wire types were performed. With two fold type and a seamless type flux cored wires, the wear rates of contact tips were compared. In addition, the wear rate was checked according to the contact tip position.

Key Words : Wear resistance, Contact tip, Flux cored wire, Wear rate, Fold type, Seamless type

1. 서 론

콘택트 팁의 주된 역할은 용접 전류를 와이어에 전송하는 역할과 용융풀로 와이어를 유도하는 역할을 한다. 이러한 기능을 하는 콘택트 팁이 손상되면 용접 결합체 거 및 콘택트 팁 교체 등으로 인하여 용접 생산성을 저하시키는 원인이 된다. 그리고 콘택트 팁을 장시간 사용하면 팁 중앙에 가공된 구멍이 확장되어 와이어 선단에 지향하는 위치를 벗어나게 되므로 아크가 불안해져 용접 품질에도 문제가 발생하게 된다. 그러므로 콘택트 팁 내마모성은 용접 생산성과 용접 품질에 밀접한 관계가 있다. 이러한 이유로 콘택트 팁의 내마모성에 대한 신뢰성 및 수명에 대한 연구가 진행되어 왔다.

Villafuerte은 콘택트 팁의 마모기구는 고온에서의 마찰마모(abrasion)와 전기적 에로존(electrical erosion)이 주된 손상기구라고 제안하였다¹⁾. 그리고 Kim은 콘택트 팁에 대한 신뢰성 평가 기준을 제정하고 평가 장비를 구축하였다²⁾. 또한 콘택트 팁의 수명을 높이기 위

하여 크롬동 팁 개발에 대한 연구가 진행되었으며³⁻⁶⁾, 콘택트 팁의 수명 평가⁷⁾ 및 예측⁸⁾에 대한 연구도 진행되었다.

이와 같이 콘택트 팁 개발에 대한 연구가 대부분 진행되어져 왔으며, 용접 재료에 대한 콘택트 팁 마모에 대한 자료는 부족한 실정이다.

그래서 본 연구에서는 조선 및 해양 플랜트 제작 공정에 일반적으로 사용되고 있는 Fold형 플럭스 코어드 와이어와 해양플랜트에 사용되는 모재의 고강도화 및 저온균열 예방 대책의 일환으로 적극적인 적용인 Seamless형 플럭스 코어드 와이어에 대한 팁 내마모 성능을 비교 평가하였다.

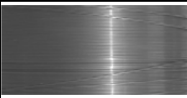
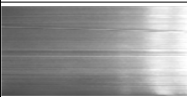
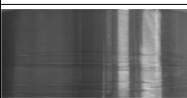
2. 용접와이어 및 콘택트 팁

2.1 플럭스 코어드 와이어

실험에 사용된 플럭스 코어드 와이어는 Table 1 과 같이 3가지 종류를 사용하였다.

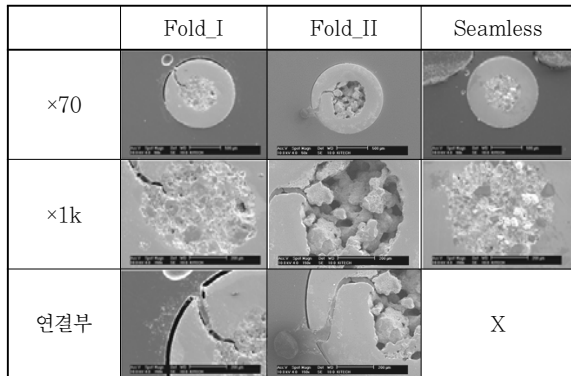
각 종류별 와이어 직경을 측정된 결과, Fold_I은

Table 1 Flux cored wire

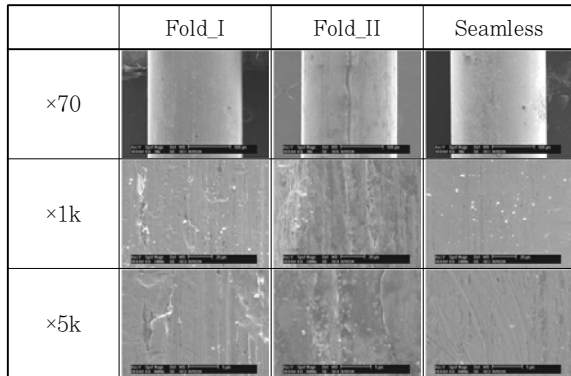
	Diameter (Φ)	AWS Spec.	Treatment	Appearance
Fold_I	1.2	A5.29 E81T1-K2C	Baking	
Fold_II	1.2	A5.29 E81T1-K2C	Non Baking	
Seamless	1.2	A5.29 E81T1-GC	Copper coating	

1.19Φ, Fold_II는 1.19Φ Seamless형은 1.18Φ였다. 세 종류의 와이어의 직경은 1.2Φ로 거의 유사하였다. 후프 연결부의 형태가 Fold형인 용접 와이어 2종류와 후프 연결부 형태가 Seamless형인 용접 와이어를 비교하였다. 와이어 외관에서의 차이점은 Fold형의 경우 베이킹(Baking)처리를 한 베이킹형과 베이킹 처리를 하지 않은 논베이킹(Non-baking)형으로 구분되며, Seamless형은 와이어 표면에 구리 도금이 되어있다. 각 용접 와이어의 표면 및 단면을 비교하였으며, 결과는 Fig. 1 와 같다.

Fold_I형 플럭스 코어드 와이어는 후프 연결부의 형



(a) Cross section of flux cored wire



(b) Surface of flux cored wire

Fig. 1 Cross section and surface of flux cored wire

태가 Butt형식이며, Fold_II형의 플럭스 코어드 와이어는 후프 연결부 형태가 Lap형식의 연결부를 확인할 수 있었다. 그리고 Seamless형 플럭스 코어드 와이어는 후프 연결부는 육안으로 관찰되지 않은 완전히 융합되어 있다는것을 확인할 수 있었다. 또한 와이어 표면을 육안으로 비교해본 결과 Seamless형의 경우 Fold 형태의 플럭스 코어드 와이어 보다 표면 거칠기가 작은 것을 확인 할 수 있었다.

그리고 세 종류의 플럭스 코어드 와이어의 금속 Sheath 부분의 경도를 10타점 측정하였다. Fold_I의 경도는 248Hv, Fold_II의 경도는 242Hv, 그리고 Seamless형은 244Hv였다. 세 종류의 플럭스 코어드 와이어의 경도는 거의 유사하였다.

2.2 콘택트 팁

용접 실험은 인탈산동 팁을 사용하여 실시하였다. Fig. 2 는 콘택트 팁 외관 및 단면 형상을 나타내고 있다. 콘택트 팁의 길이는 45mm, 무게는 약 17g이며, 콘택트 팁 끝부분 구멍의 평균직경 범위는 1.32 ~ 1.38mm이었다.

콘택트 팁의 내마모성은 콘택트 팁의 경도와 밀접한 관련이 있다. 그래서 상온에서와 450 °C 1 시간 열처리 후의 콘택트 팁의 경도를 측정하였다. 상온에서 콘택트 팁 경도는 약 135Hv 였고, 450°C에서 1시간 열처리 후 경도는 약 60Hv 로 경도가 저하되었다. 이러한 이유는 인탈산 동 팁은 가공 경화에 의해 경도가 증가하는데 열처리를 하면 회복 및 재결정에 의하여 경도가 저하되기 때문이다⁹⁾.

3. 실험 방법

3.1 용접장치 및 용접조건

본 연구에서는 콘택트 팁 평가 규격인 RS D 0031 (가스메탈아크 용접용 콘택트 팁)을 이용하여 용접장치 및 용접조건을 선정하였다²⁾.

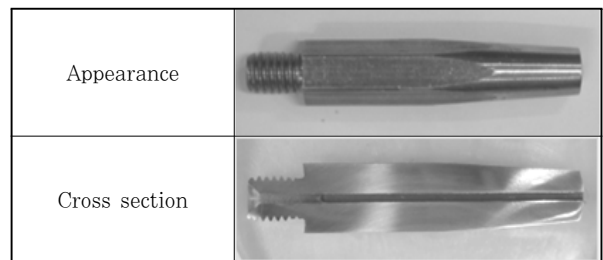
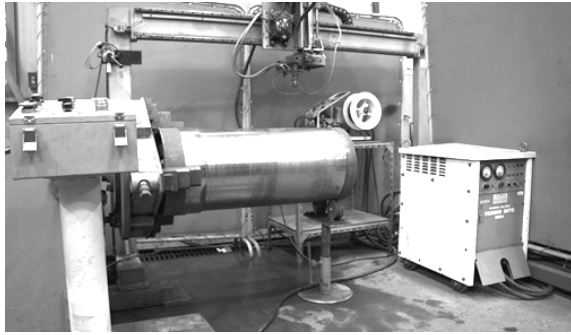
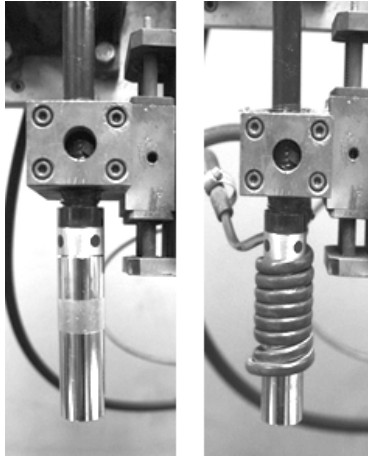


Fig. 2 Appearance and Cross section of Contact tip



(a) Welding System



(b) Welding Torch

Fig. 3 Welding System and Welding Torch

Fig. 3 은 용접장치를 나타낸 것이며, 용접장치는 용접속도와 토치의 이송속도 제어가 가능해야 한다. 용접 소재는 400(D) × 1000(L) × 15(mm) 크기의 대구경 파이프를 사용하였다. 용접 전원은 장시간 용접이 가능한 600A급 인버터 용접전원을 사용하였다.

용접조건은 송급 속도를 9mpm(용접 전류 :약 270A)으로 일정하게 하고, 용접 전압을 29V로 설정하였다. 모재와 콘택트 팁 사이의 거리(CTWD)는 20mm로 고정하였으며, 용접 속도는 0.5mpm으로 설정하였다. 보호 가스는 80%Ar + 20%CO₂의 혼합 가스로 유량은 20l/min으로 콘택트 팁 내마모성 평가를 실시하였다.

3.2 콘택트 팁 내마모성 평가 방법

용접을 수행하면 콘택트 팁의 가공된 구멍의 면적이 증가하게 된다. 그래서 마모된 콘택트 팁구멍의 면적을 측정하였으며, 콘택트 팁 마모율은 다음과 같이 계산하였다. 마모 전 구멍의 면적이 A₀이고 A_t는 t시간 용접한 후에 마모된 구멍의 면적을 나타낸다. 콘택트 팁 마모율(W_t)은 식 1 과 같이 마모 전 구멍의 면적(A₀) 대비 용접 후 증가된 구멍의 면적(A_t-A₀)을 백분율로 표현한 것이다.

$$W_t(\%) = \frac{A_t - A_0}{A_0} \times 100 \quad (1)$$

본 연구에서는 콘택트 팁 내마모성 평가를 위하여 120분 용접을 실시하였고, 30분 간격으로 콘택트 팁의 마모율을 측정하였다.

4. 실험 결과

4.1 콘택트 팁 마모율

Fig. 4는 총 용접 시간 120분 중 30분 간격으로 콘택트 팁 구멍의 현상을 나타낸 것이다. 콘택트 팁 마모가 일정한 방향성을 가지지 않고 전체적으로 마모되는 것을 확인하였다. 또한 용접 시작 30분 후 마모가 가장 심했는데 그 이유는 콘택트 팁과 와이어가 선 접촉 상태로 마모가 진행되다가 콘택트 팁의 내면이 어느 정도 마모되면 면 접촉 상태로 변환되어 마모가 진행되므로, 접촉 부위에 접촉면의 면압(단위면적당의 하중)이 감소하여 단위 시간당 마모량은 지속적으로 감소하기 때문이다¹⁰⁾. Fig. 5는 용접시간에 따른 콘택트 팁 마모율을 나타낸 그래프이다. 초기 용접 30분의 콘택트 팁 마모가 가장 심했으며, 마모율은 Fold II형 플렉스 코어드 와이어의 경우 32% 정도로 가장 마모가 컸고, Seamless형 플렉스 코어드 와이어의 경우 13%로 마모가 가장 적었다. Fold형의 플렉스 코어드 와이어의

	Fold_I	Fold_II	Seamless
Before welding			
30 min			
60 min			
90 min			
120 min			

Fig. 4 The Ware shape of contact tip according to welding times

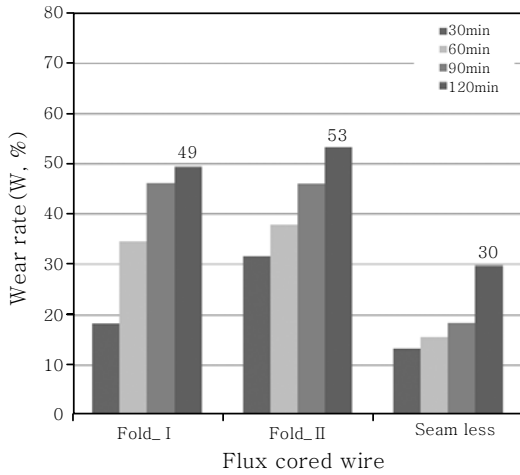


Fig. 5 Ware rate of contact tip according to welding times

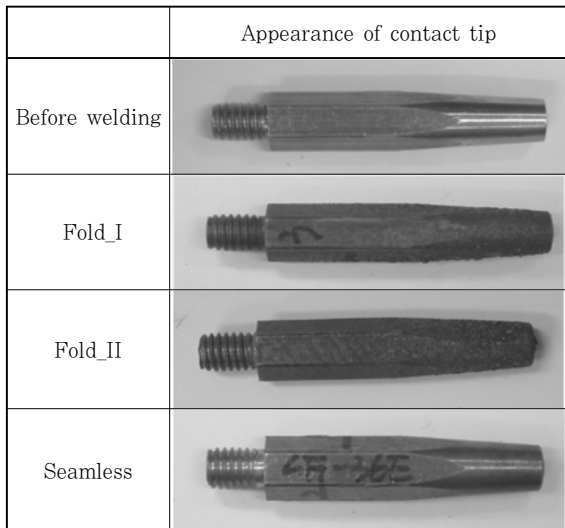


Fig. 6 The Ware shape of contact tip according to welding times

경우 90분 용접시 45%이상의 팁 마모율을 보였다. 120분 용접시 Fold형으로 용접한 경우 약 50% 전, 후의 마모율을 보였고, Seamless형의 마모율은 30% 정도였다. Seamless형 용접 와이어로 용접한 경우 콘택트 팁의 마모율은 가장 적었으며, Fold형으로 용접시 콘택트 팁의 마모율은 유사하였다.

그리고 120분 용접 후 콘택트 팁 외관을 Fig. 6 과 같이 비교하였다. Fold형 와이어로 용접시 스패터 부착량은 유사하였으며, Seamless형 와이어 용접시 스패터 부착량이 가장 적었다.

Fig. 7은 120분 용접 후 비드형상을 나타내었다. 솔리드 와이어로 용접시 콘택트 팁 마모율이 45%정도 될 경우 사행비드가 발생한다고 Koh의 연구에서 보고

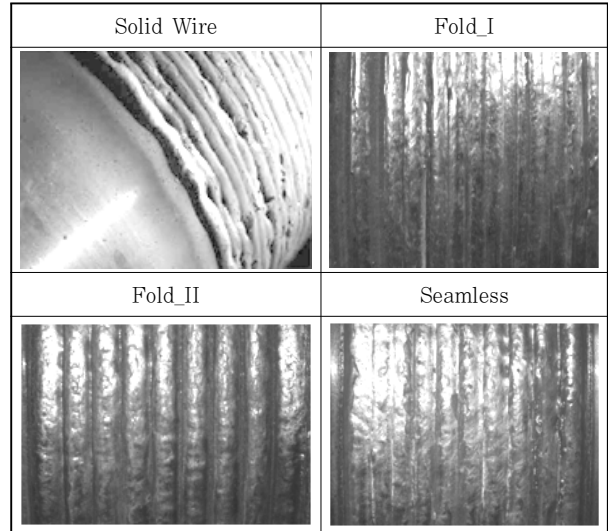


Fig. 7 The shape of bead after 2 hours

되었지만¹⁰⁾, 플렉스 코어드 와이어인 Fold_I와 Fold_II의 경우 50%정도의 콘택트 팁 마모율을 보였는데도 사행비드는 발생하지 않는 것을 확인하였다.

4.2 콘택트 팁 위치별 단면 형상

콘택트 팁의 위치에 따른 마모를 확인하기 위하여 Fig. 8에서와 같이 콘택트 팁 위치에 따른 구멍의 면적을 측정하였다.

Fig. 9는 콘택트 팁 위치에 따른 마모율의 결과이며, 위치 ① 에서는 Fold형으로 용접시 10%의 마모율을 보였으며, Seamless형의 경우 마모가 거의 되지 않은 것을 확인할 수 있었다. 위치 ② 도 ① 와 유사한 마모율을 확인하였다. ③ 의 위치에서 Fold_I형의 경우 27%의 마모율을 보였고, Fold_II형은 21%의 마모율을 보였으며, Seamless형은 7%의 마모율로 가장 작았다. 콘택트 팁 끝부분인 ④ 은 가장 큰 마모율을 확인할 수 있었으며, Seamless형은 콘택트 팁 끝부분에서만 마모가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 콘택트 팁 끝부분으로 갈수록 마모율이 커지는 것을 알 수 있었고, 콘택트 팁 마모는 팁 끝부분에서 대부분 발생한다고 할 수 있다.

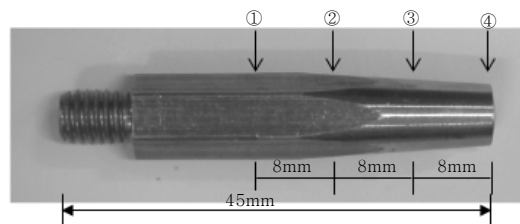


Fig. 8 Measurement of contact tip diameter

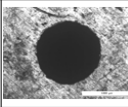
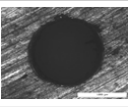
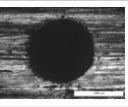
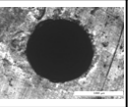
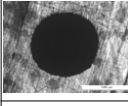
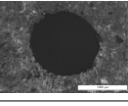
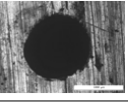
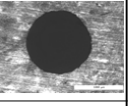
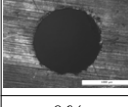

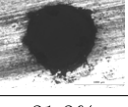

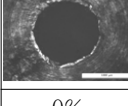
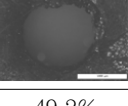
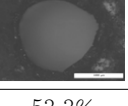
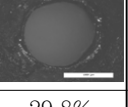
	Before welding	Fold type_I	Fold type_II	Seamless type
①				
	0%	10.0%	10.0%	2.3%
②				
	0%	10.6%	10.1%	2.8%
③				
	0%	27.0%	21.3%	6.9%
④				
	0%	49.2%	53.3%	29.8%

Fig. 9 The shape and ware rate according to location of contact tip

5. 결 론

두 종류의 Fold형 플렉스 코어드 와이어와 한 종류의 Seamless형 플렉스 코어드 와이어로 콘택트 팁 내 마모성 평가를 수행하였다.

1) 용접 시간에 따른 콘택트 팁 마모율을 살펴 보았다. 용접 90분 후에는 Fold형 와이어의 콘택트 팁 마모율은 45%이상 증가하였고, Seamless형 와이어의 콘택트 팁은 18%의 마모율을 보였다. 용접 120분 후 Fold형 와이어 용접시 50%정도의 콘택트 팁 마모율을 보였으며, Seamless형 와이어의 콘택트 팁 마모율은 30%로 가장 작았다. 용접 완료 후 콘택트 팁 외관의 스파터 부착량을 살펴본 결과 Seamless형 와이어로 용접시 스파터 부착량이 가장 적었다.

2) 솔리드 와이어로 용접시 콘택트 팁 마모율이 45%에서 사행비드가 나타난다고 보고되었지만 플렉스코어드

와이어로 용접시 콘택트 팁 마모율이 50 %에서 사행비드는 나타나지 않았다.

3) 콘택트 팁의 위치에 따른 마모율을 비교하였다. Fold형의 경우 콘택트 팁 끝단부로 갈수록 마모율은 증가하였고, Seamless형은 콘택트 팁 끝단부에서만 마모가 일어나는 것을 확인하였다.

Reference

1. J. Villafuerte : Understanding contact tip longevity of gas metal arc welding, *Welding Journal*, 78-12, 1999
2. RS D 0031 : Contact tip for Gas Metal Arc Welding, 2004 (in Korean)
3. N. H. Kim, H. J. Kim, H. S. Ryoo : The Study on Development of Cr-Cu Contact Tips for GMA Welding, *Journal of KWJS*, 94-96, 2004 (in Korean)
4. N. H. Kim, H. J. Kim, H. S. Ryoo : Development of Cr-Cu Contact Tips for GMA Welding, *Journal of KWJS*, **23-1** (2005), 15-21 (in Korean)
5. N. H. Kim, K. H. Kim, H. J. Kim, H. S. Ryoo, J. H. Koh : Variation of Microstructure and Hardness of Contact Tips during GMA Welding, *Journal of KWJS*, **22-1** (2004), 43-49 (in Korean)
6. J. Villafuerte : Stronger copper for longer lasting contact tips and electrodes, *Welding Journal*, 82-11, 2003
7. N. H. Kim, H. J. Kim, H. S. Ryoo, J. H. Koh : Reliability of Contact Tip of Gas Metal Arc Welding, *Journal of KWJS*, **21-7** (2003), 715-723 (in Korean)
8. N. H. Kim, H. J. Kim, H. S. Ryoo : Life Time Prediction of Contact Tips for GMA Welding, *Journal of KWJS*, **23-4** (2005), 1-6 (in Korean)
9. N. H. Kim, H. J. Kim, H. S. Ryoo, J. H. Koh : Prediction on the Wear Resistance of Contact Tips for GMA Welding, *Journal of KWJS*, **22-4** (2004), 331-338 (in Korean)
10. J. H. Koh, N. H. Kim, H. T. Kim, Y. H. Hwang : Effect of the Wear of Contact Tips on the Weld beads made by GMAW Process, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, **12-5**, (2011) (in Korean)