

내마모판의 광폭 경화육성 용접비드 형성을 위한 트윈토치 CMAW 공정개발

조 상 명* · 김 성 덕** · 황 규 민***

*부경대학교 신소재공학부 소재프로세스 공학전공

**두산중공업 베트남 법인

***부경대학교 소재프로세스 공학부

Development of Twin Torch Compound Metal Arc Welding Process to Form for Wide Hardfacing Bead of Wearplate

Sang-Myung Cho*, Sung-Deok Kim** and Kyu-Min Hwang***

*Div. of Advanced Materials Sci. and Eng., Dept. of Materials Processing Eng.,

Pukyong National Univ., Busan 608-739, Korea

**Doosan Heavy Industries Vietnam

***Dept. of Materials Processing Eng., Graduate School, Pukyong National Univ., Busan 608-739, Korea

Abstract

The wearplate with Cr-C has been used in condition of severe abrasion. Recently, the demand of wearplate made by hardfacing with Cr-C has increased in the world, but it is lack of supply and expensive due to low productivity. CMAW (Compound Metal Arc Welding) is very useful process of several welding methods to make wearplate.

In this paper, twin torch CMAW to use twin torch at the same time was developed to improve productivity and to ensure quality of wear plate. When the distance between two touches was smaller than 30mm, arc blow was occurred. However when the distance was larger than 35mm, there was no arc blow any more. If the oscillation path of each torch was overlapped together, the melt through at the overlapped zone was occurred due to concentrated heat input in substrate. On the other hand, the turning point of each torch was open more than 5mm, separated bead was generated. Therefore twin torch CMAW which has adequate conditions was able to make wearplate having flatter surface at the bead connection than single torch.

*Corresponding author : pnwcho@pknu.ac.kr

(Received December 20, 2007)

Key Words : Hardfacing, Twin torch welding, Compound metal arc welding, Wearplate, Arc blow, Arc stability, Wide bead formation, Oscillation overlap.

1. 서 론

내마모성 및 내열성을 가진 크롬카바이드 내마모판은 시멘트, 광업, 요업, 제철, 코크스, 석탄, 석재, 등의 산업설비에 들어가는 각종 호퍼(Hopper), 믹서(Mixer), 파쇄기(Crusher), 쇼트 블라스트 하우스(Shot blast housing) 등에 주로 사용된다¹⁾. 최근 국내외에서 크롬 카바이드 내마모판의 수요가 증가하고 있지만 낮은 생

산성으로 공급이 부족한 실정이다²⁾.

내마모판을 생산하는 공정은 경화육성용 파우더를 송급하여 용접하는 CMAW(Compound Metal Arc Welding), SAW¹⁾, FCAW³⁾, Plasma Arc Welding⁴⁾ 등의 공정 및 판상 형태의 파우더를 기판에 올려두고 용접하는 GMAW, GTAW⁵⁾, Plasma Arc Welding 등의 공정이 있다. 이 중에서 CMAW는 다른 공정보다 생산비용이 저렴하고 용접품질도 우수하며 특히 본 연구에 사용된 6t의 기판에 용락없이 용접이 가능한 공정이다.

용접공정의 생산성을 높이기 위한 다양한 연구가 시도되었다. Kim¹⁾ 등은 SAW에서 2개의 전극을 사용하는 육성용접 장치에 관해 연구를 하였다. 하지만 비드 폭을 넓게 하여 생산성 향상을 도모하는 관점에서는 접근하지 않았다. Tusek⁶⁾은 Melting rate 식을 만들어 트윈와이어가 싱글와이어보다 생산성이 뛰어난 것을 다루었다. Moon⁷⁾ 등은 유한요소 해석을 통해 다전극을 사용할 때의 아크플림현상을 연구하였다.

상기 연구를 비롯한 대부분의 연구에서는 하나의 용접기를 이용하여 하나의 토치에 두개 이상의 와이어를 공급하는 방식으로 연구되었다. 그러나 본 연구에서는 넓은 기관에 용접하여 내마모판을 만들기 때문에 하나의 토치에서 다수의 와이어를 사용하는 것보다 일정 간격을 둔 다수의 토치를 사용하여 넓은 경화육성 용접비드를 만드는 것이 유리하다.

본 연구에 앞서 내마모판의 품질에 관한 충분한 선행 연구가 이루어졌으므로 본 연구에는 이를 바탕으로 생산성 향상을 위한 공정개발에 대하여 주로 다루었다.

따라서 본 연구에서는 생산성을 증가시키기 위해 광폭의 경화육성 용접비드를 형성시키고자 하였고 이를 위해 2개의 토치를 사용하여 용접하는 트윈토치 CMAW를 연구하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 사용재료

본 연구에서 사용한 기관은 폭 500mm, 길이 300mm, 두께 6mm 크기의 SS41 강판이고 사용된 와이어(wire)의 종류는 YGW 12, 직경 1.6mm의 솔리드와이어(solid wire)이다. Table 1은 사용된 파우더의 화학성분을 나타낸다.

2.2 실험방법

기관위에 파우더와 와이어를 동시에 공급하면서 비드 온 플레이트(bead on plate)로 용접했다. Fig. 1은 트윈토치 CMAW 실험을 위해 구성한 장치 사진이다. 용접기, 와이어 공급장치, 토치, 파우더 공급장치를 각각 2대씩 설치하여 용접하였고 2대의 아크모니터링장치를 이용하여 용접품질을 모니터링하였다. Table 2는

Table 1 Chemical composition of powder (wt%)

C	Cr	Mn, Nb, W, V, Co
4.5-6.0	20-30	bal.

용접조건을 나타내며 공통 조건 및 각 실험별 개별 조건은 다음과 같다.

2.2.1 파우더 송급위치 변경 실험

Fig. 2는 파우더 송급위치의 예를 나타내며 wire, substrate, arc의 중앙 및 2/3 위치에 두고 실험을 하였다.

2.2.2 진행각 변경 실험

Fig. 3은 진행각의 예를 나타내며 그림과 같이 전진각 20°, 진행각 0°, 후진각 20°로 두고 실험하였다.

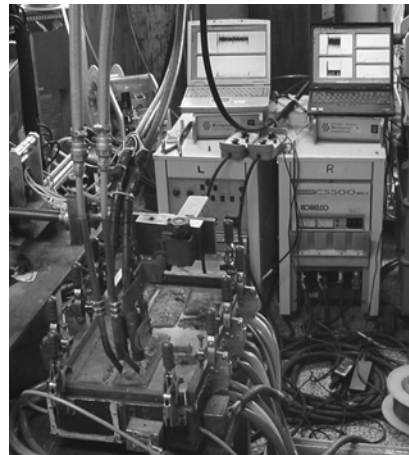


Fig. 1 Equipment for twin torch CMAW

Table 2 Welding condition for twin torch CMAW

(a) Constant conditions

Contents		Conditions
Power source		Inverter 500A (2set)
Substrate		500*300*6t
Wire diameter		Φ1.6
Set current / voltage		500A / 45V
Welding speed		22cpm
Distance between torches		35mm
Oscillation	Width	35mm
	Lead	7.5mm
CTWD		40mm

(b) Variable conditions

Contents		Conditions
Powder feeding point	Wire	
	Substrate	
	Arc center	2/3point in arc
Progressive angle	Forehand	20°
	Progressive	0°
	Backhand	20°
Oscillation overlap (Distance between torches)		10mm (25mm)
		5mm (30mm)
		0mm (35mm)
		-5mm (40mm)
		-10mm (45mm)

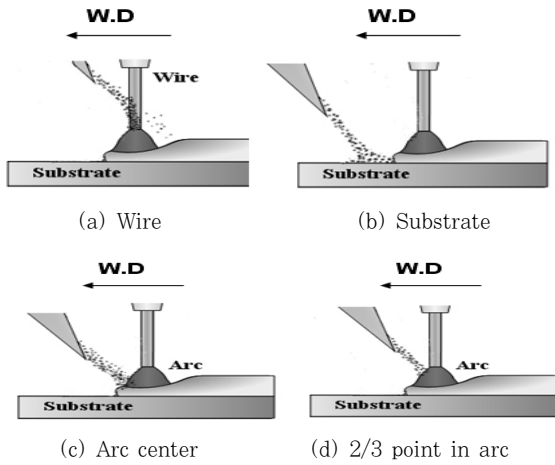


Fig. 2 Schematic for powder feeding point

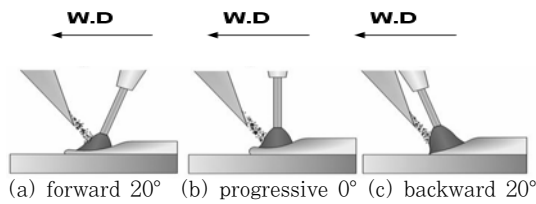


Fig. 3 Schematic for the progressive angle

2.2.3 오실레이션 오버랩 변경 실험

두개의 토치간에 일정한 간격을 두고 오실레이션하여 용접하기 때문에 토치간 거리를 조절해서 오실레이션 오버랩 폭을 변경할 수 있으며 -10에서 10mm까지 변경하여 실험을 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 아크안정성 평가 실험 결과

3.1.1 파우더 송급위치에 따른 아크안정성 평가 결과 Table 3은 파우더 송급위치를 와이어, 기관, 아크 중앙 및 아크의 2/3지점에 두었을 때의 용접전류와 전압파형을 나타낸다. 아크의 2/3지점에 파우더를 송급했을 때가 가장 안정적임을 알 수 있다.

정량적인 아크안정성 평가를 위해 저항변동계수를 이용할 수 있다.

$$\text{Coefficient of resistance variation} = \frac{\text{Standard deviation of resistance}}{\text{Average sristance}} \quad (1)$$

식1은 저항변동계수를 구하는 식이다. 저항변동계수는 용접저항의 표준편차를 평균용접저항으로 나누어 구하며 단위는 무차원이다.

Table 3 Waveform for each powder feeding point

Feeding point	Waveform
Wire	Current
	Voltage
Substrate	Current
	Voltage
Arc center	Current
	Voltage
2/3 point in arc	Current
	Voltage

아크는 전류흐름을 방해하는 일종의 저항체로 저항변동계수는 곧 아크변동의 지표이다. 저항변동계수가 낮다는 것은 아크의 변동이 적다는 것을 나타내고 반대로 값이 크면 아크의 변동이 많음을 나타낸다. 이 값을 통해 아크안정성을 평가할 수 있다.

Fig. 4는 정량적인 아크안정성 평가를 위해 파우더 송급위치 별 저항변동계수를 나타낸 것이다. 가장 낮은 저항변동계수 값을 갖는 위치는 아크의 2/3지점이고 이곳에서 아크가 가장 안정적이었다.

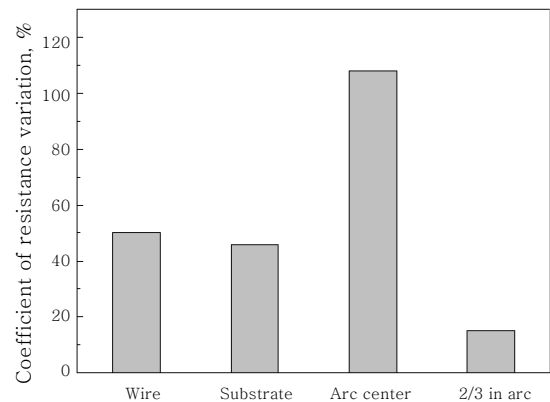


Fig. 4 The effect of wire feeding point on coefficient of resistance variation

3.1.2 진행각 변경에 따른 아크안정성 평가 결과

Fig. 5은 진행각에 따른 저항변동계수를 나타낸다. 후진각 20°일 때의 저항변동계수 값이 가장 낮고 아크 안정성이 가장 우수하였다.

3.2 오실레이션 오버랩 변경 실험 결과 및 고찰

Table 4는 트윈토치를 이용하여 오실레이션 오버랩을 10에서 -10mm로 변경하면서 용접했을 때의 아크 및 비드표면 사진이다. 오실레이션 오버랩이 5mm 및 10mm일 때, 아크 쏠림현상이 발생했고 0mm, -5mm 및 -10mm에서는 아크 간 간섭 없이 안정적으로 용접이 가능했다. Moon⁷⁾을 비롯한 많은 연구에서는 전극 중심에서 10mm 이상 떨어지면 유도자기장의 영향이 급격히 감소한다고 보고하고 있다. 하지만 본 실험에서는 토치가 용접 진행방향의 횡방향으로 고속 오실레이션을 하고 500A의 대전류를 사용하기 때문에 토치간 거리가 30mm에서도 아크쏠림현상이 발생한 것으로 보인다.

오실레이션 오버랩이 +5mm 이상으로 중첩된 경우 6t기판의 중심에 입열이 집중되어 용락이 발생하였고 -10mm 인 경우에는 비드간의 분리가 일어났다.

3.3 광폭 비드를 얻기 위한 실험 결과

트윈토치 CMAW실험은 아크가 가장 안정한 조건인 아크 2/3 지점에 파우더를 송급하면서 후진각 20°를 갖는 토치를 병렬로 연결하여 오실레이션 오버랩 0mm로 용접하였다.

Fig. 6은 트윈토치를 사용한 용접부 중 2곳의 횡단면 사진이다. 2개의 토치를 사용하여 하나의 용융풀을 형성할 수 있음을 확인했고 용입도 균일하였다. 또한

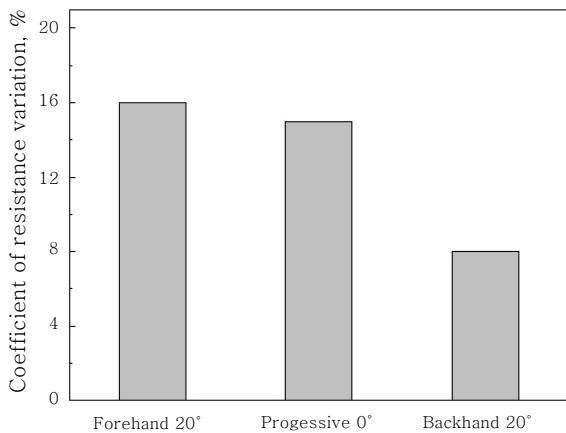


Fig. 5 The effect of progressive angle on coefficient of resistance variation

Table 4 Comparison of different oscillation overlap

Oscillation overlap (Distance between torches)	Arc	Bead surface
10mm (25mm)		
5mm (30mm)		
0mm (35mm)		
-5mm (40mm)		
-10mm (45mm)		

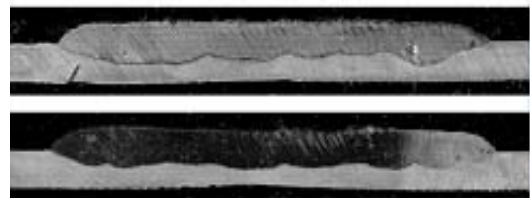


Fig. 6 Cross section by twin torch welding

비드 표면에서 2mm 아래 10점의 경도를 측정된 결과 평균경도는 733Hv로 나와 내마모판의 요구 경도를 만족하였다.

3.4 트윈토치 CMAW 실험결과에 대한 고찰

3.4.1 용접품질 향상

Fig. 7은 싱글 및 트윈토치로 용접한 내마모판의 횡

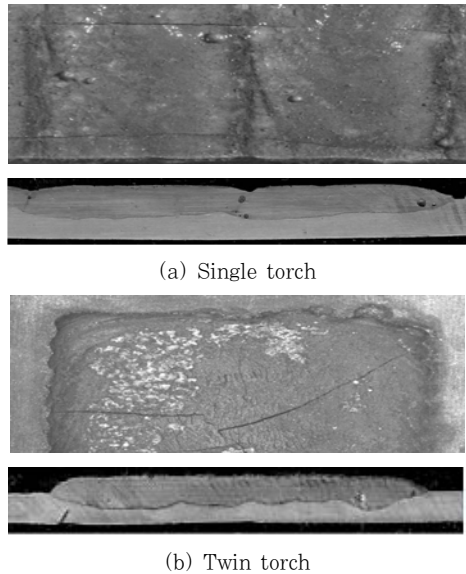


Fig. 7 Top view and cross section by single and twin torch welding

단면을 나타낸 것이다. 싱글토치 용접의 경우 비드연결부에서 응고비드와 용융비드간의 연결부가 존재하고 이곳에서 골 또는 산이 형성된다. 그러나 트윈 토치 용접의 경우 비드연결부는 용융비드와 용융비드간의 연결로 이루어져 있고 골 또는 산이 없는 평탄한 비드표면을 갖는다.

3.4.2 광폭비드확보를 통한 생산성 향상

트윈토치를 적용한 CMAW공정은 싱글토치를 사용했을 때 보다 동일 용접시간동안 2배 이상의 넓은 용접부를 형성할 수 있기 때문에 내마모판 생산시간을 단축시켜 생산성 향상을 이룰 수 있다.

4. 결 론

내마모판의 광폭 경화육성 용접비드 형성을 위한 트윈토치 CMAW 공정개발에 대한 연구결과 다음 결론을 얻었다.

1) 후진각 20° 를 가진 토치 앞쪽에서 아크의 2/3상부위치에 컴파운드 파우더를 공급할 때 아크안정성이 가장 우수하여 안정적인 용접품질을 얻을 수 있었다.

2) 토치간 거리가 30mm 이내에서는 아크플림이 발생하였지만 35mm 이상 떨어졌을 때는 아크플림 없어, 트윈토치 CMAW용접을 위해서 토치간 간격을 35mm 이상으로 하는 것이 바람직하였다.

3) 오실레이션 오버랩이 10mm 와 5mm 일 때는 용락이 발생하였으며 -10mm에서는 비드가 분리되었다. 적정 오실레이션 오버랩은 0mm 내지 -5mm 이었다.

4) 기존 싱글토치의 비드 연결부는 골 또는 산이 형성되기 쉬웠지만 트윈토치에 비드 연결부는 표면의 평탄도가 매우 우수한 비드가 형성되어 용접품질이 현저히 우수하여 졌다.

5) 트윈토치를 적용한 CMAW공정은 동일 용접시간 동안 넓은 용접부를 형성할 수 있기 때문에 내마모판 생산시간을 단축시켜 생산성 향상을 이룰 수 있다.

참 고 문 헌

1. J. S. Kim, et al. : Development of the Extreme Wear Resistance Clad Plate, Korea Institute of Science and Technology, final report in 3rd year (1991), 40-53 (In Korean)
2. E.R.Beak, J.Y.Jung, S.H.Ahn : Trand of the weld surfacing technology, Journal of KWS, **15-5** (1997), 11-20 (In Korean)
3. E.R.Beak : Welding characteristics of the hardfacing high chromium iron alloys by the self-shield flux cored arc welding process, Journal of KWS, **10-1** (1992), 69-71 (In Korean)
4. Ming-Der Jeana, Chyuan-Du Liub, Jen Ting Wang : Design and development of artificial neural networks for depositing powders in coating treatment, Applied Surface Science **245** (2005), 290-303
5. Chieh Fan : Microstructure change caused by (Cr,Fe)23C6 carbides in high chromium Fe-.Cr-.C hardfacing alloys, Surface & Coatings Technology (2006), 577-580
6. J.Tusek : Mathematical modeling of melting rate in twin-wire welding, Journal of Materials Processing Technology, **100** (2000), 250-256
7. H.S. Moon, S.H. Ko, Y.B. Kim : Automatic Multi-torch Welding System with High Speed, Journal of KWS, **25-2** (2007), 49-54 (In Korean)