

低 희석 박층 하드페이징 기술

서 달석

Low Thickness and Competitive Welded Coating
By PHE: PTA High -energy

Dal-Seuk Suh

1. 개요

지금까지 하드페이싱 오버레이 용접방법으로는 Laser, PTA, TIG, MIG, FCAW, SAW 및 판상의 용접봉을 사용하는 SAW 공정 등이 적용되고 있다. 비교적 두께가 두꺼운 3~10mm의 금속 층을 육성하고 매층에서의 희석율을 10~25%정도로 낮추기 위해 여러 층으로 나누어 오버레이 용접을 하고 있다.

이들 방법 중 희석율이 비교적 가장 낮은 하드페이싱 방법은 플라즈마의 아크 기류에 금속 분말을 연속적으로 공급하여 모재를 녹히면서 동시에 금속분말도 녹혀

육성하는 PTA(Plasma Transferred Arc) process를 들 수 있다. 이 PTA 하드페이싱은 5,500°C ~ 22,000°C의 플라즈마 기류를 이용해서 하드페이싱 재료를 용착시키기 때문에 세라믹 재료를 포함한 광범한 엔지니어링 재료를 사용할 수 있다.

또한 용접이 낮은 모재에도 적합한 특징을 갖고 있다. 통상 사용되는 PTA의 하드페이싱의 초층 용착두께는 3~5mm로 비교적 두껍고 희석율도 5~10%정도로 TIG의 8~15%에 비해 낮은 특징을 보이고 있다.

여러 가지 용접방법에 따른 하드페이싱의 특성은 표 1과 같다.

Table 1 Welding process별 하드페이싱 특성비교

용접 방법	Description	시간당 용착율 (kg/h)	Layer (mm)	용착효율 (%)	희석율 (%)	코팅재	작업방법		용접 자세
							수동	자동	
MIG MAG	Metal전극 Ar가스피복	4	6	>90	10-25	Wire	Yes	Yes	All
TIGI	W전극 Ar가스피복	2	3	<90	8-15	Wire Rod	Yes	Yes	All
Flame	Cast rod encased rod	2	5	<90	10-30	Rod	Yes	No	All
MMA	피복용접봉	2	2	>95	<3	Rod	Yes	No	Flat
PTA	W전극 Ar plasma가스 Ar+H ₂ 피복가스	2~6	4	98	5-10	분말	No	Yes	Flat→30°
PHE	W전극 Ar plasma가스 Ar+H ₂ 피복가스	1.5	2	95	<5	분말	No	Yes	Flat→45°
SAW	Metal전극 Flux	7~15	6	>90	15-40	Wire	No	Yes	Flat
Laser	CO ₂ laser power source	1.5	2	70	<5	분말	No	Yes	Flat→45°

2. PHE process의 원리

PHE(Plasma transferred arc High Energy : PTA High Energy)는 프랑스 SNMI社에서 개발되어 특허 등록된 기술로 플라즈마 기류를 고밀도로 집속 시켜 에너지의 효율을 높여 생산성을 향상시킨 PTA 공정의 일종이다. PHE process는 그림1과 같이 하드페이싱 할 모재와 음극의 W전극 사이에서 플라즈마 아크가 발생하지만, 노즐 및 전극의 크기와 형상을 PTA와 달리하여 플라즈마 기류를 고도로 집속시키고 있다.

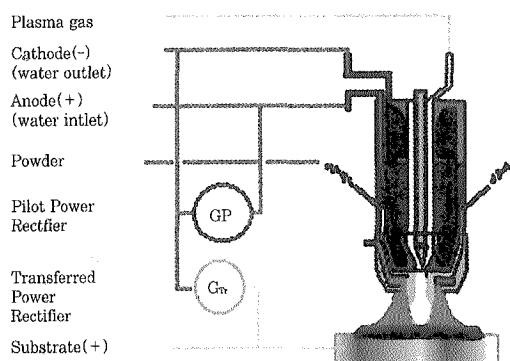


Fig. 1 PHE(PTA High Energy)process

이와 같이 집속 된 플라즈마 기류를 사용 하므로써 용접 전류는 낮출 수 있고, 용접속도를 PTA에 보다 현격하게 높일 수 있다. 평균적으로 PTA의 용접속도가 150~500mm/min인 반면에 PHE의 용접속도는 700~1,500mm/min이다. 이와 같이 빠른 속도로 집속된 플라즈마 기류로 모재 표면을 수 1/10mm만큼 만 녹이면서 아크 column에 분말 재료를 공급하여 모재표면에 피복층이 금속 야금학적으로 결합시킬 수 있다. 이 때문에 금속 용융풀을 급속도로 냉각 시킬 수 있어 희석율이 낮고 두께도 얇은 용착 금속층을 얻을 수 있다. 이것은 레이저 하드페이싱 기술에 가까운 특성을 갖고 있다. 특히, 희석율이 3~5%로 아주 현저히 낮고 두께도 단층(single layer)으로 0.4~2.5mm로 매우 얇게 육성할 수 있는 야금학적 특성을 갖고 있다. 실제로 stellite 6을 PHE방법으로 자동차 엔진 벨브에 0.4mm두께로 코팅 한 결과는 기존 PTA 방법의 약 1mm 두께의 것보다 우수한 특성을 갖고 있다.

고속 하드페이싱을 실현 하기 위해서는 노즐과 전극 이외에 가스와 분말 재료를 정밀하게 제어하여 공급해야 하고 기계적 구동도 높은 정밀도가 요구된다.

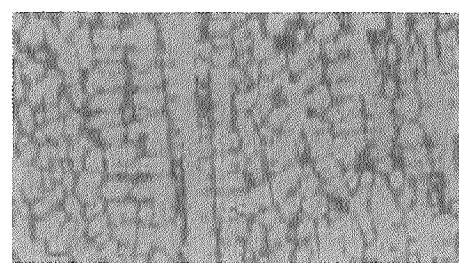
3. PHE 프로세스의 야금학적 특성

PHE 프로세스는 다음과 같은 야금학적 특징을 갖고 있다

- 1) 오버레이 금속층의 조직이 매우 균일하고 미세하다. 또한 *기공이 없다. 그림2는 스텔라이트(Grade 6)로 각각 PHE와 PTA 프로세스로 오버레이 용접한 경우 미세조직을 나타낸 것이다. PHE가 PTA보다 미세조직이 미세하고 균일한 것을 알 수 있다.



(a) PHE Process



(b) PTA Process

Fig. 2 Stellite(Grade 6) 오버레이 용접시 PHE와 PTA의 미세조직 비교

- 2) 영향부가 PTA에 비해 50%이상 감소되어 실질적으로 열 영향부위가 존재하지 않는다.
- 3) 용접시 에너지를 완벽하게 제어하므로써, 희석률은 5%이하이고, 코팅재 성분의 모재로 확산을 억제한다. 모재와 용착금속의 희석층이 0.1mm 이내로 좁아 0.1mm의 육성 금속층 이후의 두께부터는 원래 육성용 분말 금속이 갖고 있는 공칭 경도를 얻을 수 있다. 그림 3은 스텔라이트(Grade F)을 사용하여 각각 PHE와 PTA로 오버레이 용접한 경우, 경도 분포를 나타낸 것이다. PHE 공정의 경우, 첫번째 코팅층 두께가 아주 얕고 균일하므로, PTA보다 계면의 경도 감소가 아주 적은 것이 특징이다.
- 4) 잔류 응력이 일반 PTA 방법보다 감소된다. 모재와의 경계면에서 0.5%mm 떨어진 부위의 잔류응력은 PTA의 경우 162MPa이며, PHE는 128MPa이다. 또한 미세 크랙이 발생하지 않는다.

생산성 측면에서 다음과 같은 이점이 있다.

- 1) 육성 분말의 사용량이 적어 작업시간을 절감할 수

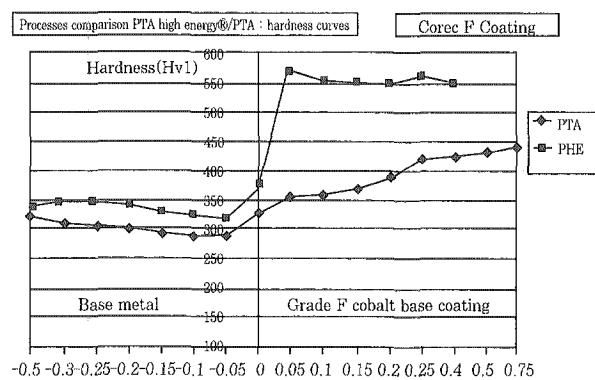


Fig. 3 Stellite(Grade F)오버레이 용접시 PHE와 PTA의 경도 비교

있다. 표 2는 화염, TIG, PTA 공정과 PHE 공정에 따른 원재료와 작업시간의 절감 비율을 나타낸 것이다.
2) 오버레이층의 미세조직이 균일하고 미세하므로 표면 거칠기가 적고, 기계 가공 속도를 높일 수 있다. PHE 공정으로 오버레이 용접한 stelite 6의 기계가공 속도는 160m/min이다.

3) 과다한 코팅을 쉽게 피할 수 있다.

표 2는 실제 하드페이싱 시간과 소모자재의 소요량을 적용사례별로 PHE와 다른 프로세스와 비교한 것이다.

4. 응용분야

PHE 프로세스는 자동차 엔진 및 중공업용 엔진의 토출 밸브의 고온에서 내 마모성을 높이기 위한 F-급

Table 2 경제적 효과 (3개 응용 분야 조합)

육성 방법	작업 시간 절감 비율(%)	재료 절감 비율(%)
FLAME	60 ~ 75	25 ~ 80
TIG	50 ~ 65	50 ~ 70
PTA	40 ~ 50	50 ~ 70

Table 3 적용 사례 별 경제적 효과

용접부품	PTA 또는 산소 아세틸렌 방법			PHE방법		효과	
	용접방법	실작업시간	분말 소요량	실작업시간	분말 소요량	시간절감	재료절감
직경32mm 엔진밸브	PTA	13초	6 g	8.1초	2 g	38%	67%
직경195mm 선박엔진밸브	산소 아세 틸렌	7분50초	88 g	2분 10초	68 g	72%	23%
직경270mm 버터홀라이밸브	PTA	15분	450 g	7분 35초	190 g	50%	58%
직경425mm 버터홀라이밸브	PTA	55분	1500 g	27분	630 g	51%	58%
직경60mm 유리몰드링 금형	PTA	3분	34 g	1분 30초	16.4g	50%	50%

착량이 6g이고, 시간당 2000개가 생산 가능하다.

플라즈마 아크가 고도로 집속되어 초점화 됨으로써 크기가 아주 작은 화학 벨브의 오튜레이터(obturator)와 벨브 시트(seat)에도 적용된다. 그림 5는 그 일 예를 나타낸 것이다. 코팅층의 두께를 대폭 줄일 수 있으므로 재료비 절감은 물론 기계가공 비율을 50% 이상 감소시킬 수 있다.

펌프의 샤프트(shafts), 유압 실린더 등의 기계 부품에서 아주 특수한 경우에는 경크롬 도금 또는 용사코팅 대신에 PHE가 적용된다. 특히, 응력 또는 충격을 강하게 받는 기계 부품으로는 마모, 마멸 또는 부식과

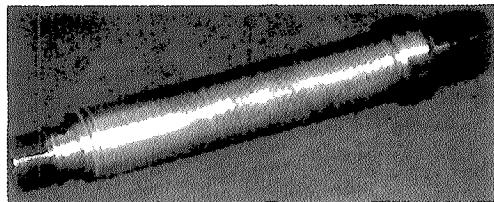


Fig. 6 유압 실린더(ϕ 80 mm)의 적용 예

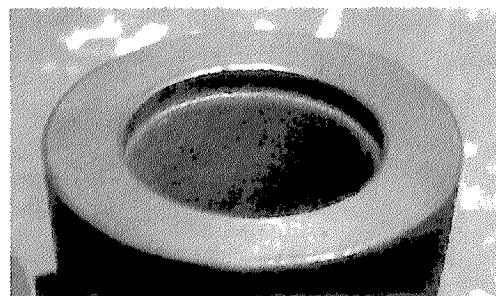


Fig. 7 내경 ϕ 45mm 파이프 내부의 PHE 적용

관련된 문제를 아주 빈번하게 야기시키는 곳에 활용된다. 그림 6은 유압 실린더(ϕ 80mm)의 적용한 예이다.

플라즈마 토치를 작게 설계해서 내경이 45mm이고 길이가 2,000mm인 tube의 내부에도 희석율을 4% 이내로 코팅할 수 있다. 특히 플라스틱 설비의 슬리브(sleeves)와 나사(screws)의 경화 오버레이 용접에 활용된다. 그림 7은 내경 45mm인 튜브에 적용한 일례를 나타낸 것이다.



- 서달석(徐達錫)
- 1947년생
- 세진기연, 중소기업진흥공단 위촉기술지도사
- 용접자동화, 용접공정개발·응용, 용접기술지도 및 자문
- e-mail : sejinwtc@unitel.co.kr