플라즈마 육성층 특성 평가
Evaluation of PTA Weld-Overlayers

김형준, 권영각
RIST, 설비기술연구팀

1. 서 론

PTA (Plasma Transferred Arc)로 불리우는 표면개질 방법은 육성 용접 방법중의 하나로서 각종 밸브, valve seat, 유전 설비, 광산 설비, 그리고 최근에는 제철 설비의 각종 롤류의 수명 증대를 위하여 사용되고 있다. 본 연구에서는 소위 다꾸찌 실험 방법으로 알려진 직교배열 행렬 (matrix) 실험 방법을 사용하여 PTA 기기 변수에 대한 육성층의 희석율, 경도, 그리고 적층 높이에 대한 의존성을 고찰하였다. 또한, PTA 육성 방법으로 얻은 육성층의 조직과 특성을 다른 육성 방법으로 얻은 육성층의 특성과 비교, 고찰하기로 한다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 모재는 저탄소강인 SS41이고, 사용된 분말은 니켈계 분말인 16C와 코발트계 분말인 Stellite 6를 사용하였다. 사용된 PTA 장비는 일본제 마스모토 제품으로서 최대 출력은 200A 전류이고, 최대 분말 송급 속도는 17 rpm으로서 약 2 kg/hr의 분말 송급 속도를 가지고 있다. 예열이 필요한 경우는 산소-아세틸렌 토치로 모재를 가열하여 시험 전에 모재 표면을 이동식 온도 측정기로 온도를 측정하였다. 표 1과 2에서는 PTA 작업시 다꾸찌 직교 배열에 따른 실험 방법을 보이고 있다.

특성 비교를 위한 시편 제작은 전문 육성업체에서 행하여졌다. 16C는 현재 상업적으로 널리 사용되고 있으나 특성이 거의 보고되지 않은 분말 화염 용사후 토치로 재용융시킨 소위 spray & fuse 방법으로 제작하였다. 한편, Stellite 6는 open arc를 이용하여 용접봉 (alloy cored tubular wire)을 사용하여 표면 육성하였다.

마모 시험은 ASTM G65에 명시되어 있는 삼축 연삭 마모 시험을 행하였으며, 초기 부식 특성은 3% NaCl 용액을 사용하여 potentiostat를 사용하여 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

육성층의 희석율에는 전류와 분말 송급 속도가 가장 중요한 인자로서, 전류를 감소하고 분말 송급 속도를 증가할수록 희석율은 감소하게 된다. 표면 경도 측면에서 보면, 전류가 가장 중요한 인자로서 전류를 감소할수록 표면 경도는 증가하는 경향을 보이게 된다. 또한, 육성층의 최대 적층 높이의 관점에서 보면, 분말 송급 속도와 이송 속도가 가장 중요한 인자로서 분말 송급 속도를 증가하고 이송 속도를 감소할수록 적층되는 육성층의 높이는 증가하게 된다.

Stellite 6 시편의 경우 PTA로 제작한 육성 시편이 open arc로 제작된 육성 시편에 비하여 많은 공정 조직을 함유하고, 전체적인 경도는 30-80 HV 정도 높은 경도값을 보여주었다.

16C 시편의 경우 PTA로 제작한 육성 시편이 spray & fuse 공법으로 제작한 시편에 비하여 조대한 탄화물과 붕화물을 보이는 대신 30-80 HV 정도 낮은 경도값을 보여주었다. Spray & fuse 공법으로 제작한 16C 시편의 붕화물과 탄화물은 좀

더 미세하고 침상이었으며, 미세 기공들이 많이 남아 있었다.

PTA로 제작한 육성 시편의 온도 상승에 따른 경도 변화를 보면, 16C 시편은 400°C 이후 급격히 경도가 하락하여 800°C에서는 100 HV 이하를 보여주었다. 반면에 Stellite 6 시편은 온도 상승에 따라 경도가 완만히 하락하여 800°C 이상에서는 16C 시편보다 높은 경도를 보여주었다.

DSRW 연삭 마모 시험 결과를 그림 1에서 보이는데, Stellite 6 육성 시편의 경우 PTA로 제작한 시편이 open arc로 제작한 육성 시편에 비하여 공정 조직을 많이 함유하고 있기 때문에 두배 정도의 우수한 내마모성을 보여주었다. 16C 시편의 경우는 PTA로 제작한 육성 시편이 spray & fuse 공법으로 제작한 시편에 비하여 경도는 낮으나, 조대한 붕화물과 탄화물이 마모 시험 모래에 저항하는 정도가 커서 더 우수한 내마모성을 보여주었다.

그림 2에서는 부식 시험 결과를 보이고 있으며, PTA로 제작한 육성 시편 모두가 open arc나 spray & fuse 방법으로 제작한 다른 시편에 비하여 3% NaCl 용액에서 초기 부식 특성이 모두 우수한 것으로 측정되었다.

4. 결 론

(1) 다꾸찌 직교배열 실험 방법 결과에 따른 최적 변수에 의한 실험으로 어느정도 우수한 육성층을 얻을 수는 있으나, 최적의 육성층은 도출할 수 없음을 보이고 있다.

(2) PTA로 제작한 육성 시편 모두가 open arc나 spray & fuse 방법으로 제작한 다른 시편에 비하여 마모 및 부식 특성이 모두 우수한 것으로 측정되었다.

5. 참 고 문 헌

(1) 김영섭 : 대한용접학회지, **14** (1996), 28.
(2) Hardfacing, in *Metals Handbook*, Vol. 6, 1984, p.771-793.
(3) D. Raghu and R. Webber : Welding Journal, **75** (1996), 34.
(4) RIST 연구보고서 95A036, 1996.

Table 1. Taguchi matrix experimental setup for Metco 16C.

Experiment number	Taguchi levels	Powder feed rate (rpm)	Travel speed (cm/min)	Main arc current (A)	Oscillation speed (cm/min)
1	1-1-1-1	8	7	120	30
2	1-2-2-2	8	10	150	50
3	1-3-3-3	8	13	180	70
4	2-1-2-3	12	7	150	70
5	2-2-3-1	12	10	180	30
6	2-3-1-2	12	13	120	50
7	3-1-3-2	16	7	180	50
8	3-2-1-3	16	10	120	70
9	3-3-2-1	16	13	150	30

Table 2. Taguchi matrix experimental setup for Stellite 6.

Experiment number	Taguchi levels	Powder feed rate (rpm)	Travel speed (cm/min)	Main arc current (A)	Oscillation speed (cm/min)
1	1-1-1-1	9	4	160	60
2	1-2-2-2	9	7	180	80
3	1-3-3-3	9	10	200	100
4	2-1-2-3	13	4	180	100
5	2-2-3-1	13	7	200	60
6	2-3-1-2	13	10	160	80
7	3-1-3-2	17	4	200	80
8	3-2-1-3	17	7	160	100
9	3-3-2-1	17	10	180	60

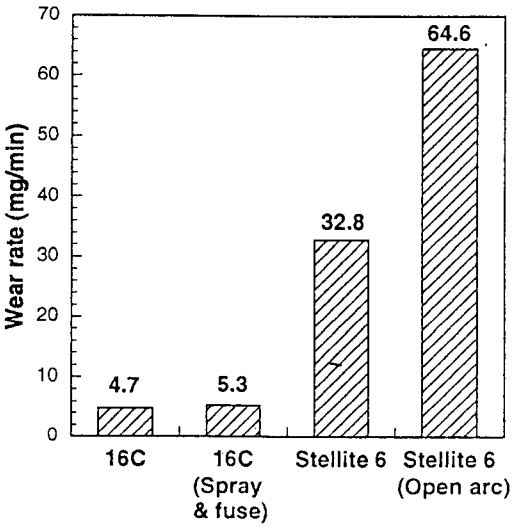

Fig. 1

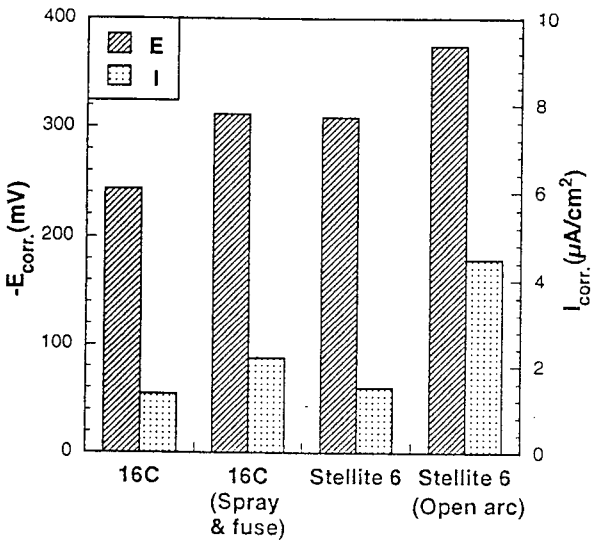

Fig. 2