

농업기계의 내마모 특성 개선을 위한 PTA 표면 개질법의 적용

An Application of PTA Method for the Endurance and Wear Surface Characteristics of Agricultural Implements

김 창 수* 최 중 섭*
정 회 원 정 회 원
C. S. Kim J. S. Choe

ABSTRACT

Recently, it is necessary for surface materials to be low cost and to keep well durable and wear in machinery field. Since most good materials with endurance and wear are expensive, they are being studied hard to modify to surface materials with endurance and wear, which overlay with the surface membrane completely. One of them is PTA(Plasma Transferred Arc Overlaying Process) method, which gets into the spotlight. It is thought to be an optimum method, since this method overlays properly materials with about 3~5mm surface membrane.

It is necessary for the modified materials with endurance and wear to improve within the agricultural environment. Therefore, this research was used the PTA method to endure and wear a material. This method proved to be a reliable method for overlaying the membrane on the materials of an economical agricultural machinery.

주요용어(Key Words): 내마모성(Wear resistance), 표면개질(Modification of material surface), PTA법(PTA method, plasma transferred arc overlaying process method)

1. 서 론

최근 기계분야에서는 내마모성이 우수하면서 값싼 재료의 개발수요가 증대되고 있다. 내마모성이 우수한 재료는 대개 고가이므로, 값싼 재료의 표면에 내마모성이 우수한 재료를 성막(成膜)하여 내마모성을 개선하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그 중, 표면 개질법의 하나인 PTA법(Plasma Transfer-

red Arc Overlaying Process)¹⁾이 최근에 각광을 받고 있다. 이 방법은 3~5mm 정도의 두꺼운 피막을 형성시킬 수 있어 내마모성이 향상되는 장점이 있다.

농업기계는 농작업 환경이 열악하여 내마모성 향상이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 PTA법으로 연강 표면에 경질피막을 형성시켜 내마모성을 향상시킬 수 있는지를 검토하였다.

* 尙州大學校 機械工學科

2. 재료 및 방법

가. PTA법 및 시험편

본 연구에 사용한 PTA법은 피가공물(+)과 텅스텐 전극(-)간에 발생하는 플라즈마 트랜스퍼 아크중에 분말재료를 투입해 용착금속막을 형성하는 방법으로 그림 1에 그 원리를 나타냈다.

본 실험에 사용한 모재는 100×200×19(mm)의 연강판이며, 사용한 분말은 철분말과 크롬산화물 분말로, 분말 혼합비는 7:3, 9:1의 두 종류이다.

PPW 육성조건은 다음과 같다. 분말 70% Fe+ 30% Cr(고탄소강), 분말입도 일정(100~200 μ), 전류 3종류(100, 130, 160A) 속도 3종류(60, 120, 180cm/min),

위빙폭 25mm(일정), 분말공급량 3종류(8, 12, 16g/min), 모재 연강두께 16~19mm, 길이 300mm, 폭 100mm로 실험하였다.

표 1에 실험조건을 나타냈다.

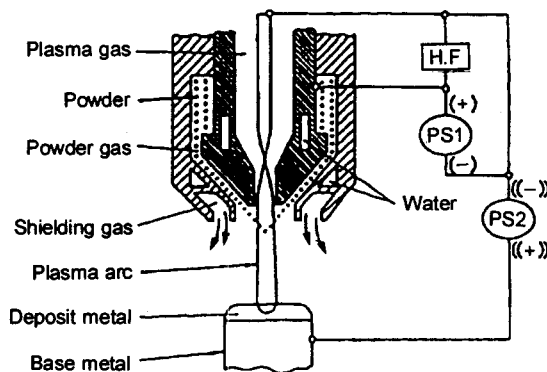


Fig. 1 Principle of PTA process.

Table 1 Kinds of wear resistance test pieces

No	Powder	Deposit factor	Current(A)	Powder mass	Traverse speed (mm/m)
1	30%Cr ₃ C ₂ + 70%Fe	4.4	100	8	120
2		6.7			180
3		8.9			60
4		11.6	130		
5		20		120	
6		34.7		180	
7	10%Cr ₃ C ₂ + 90%Fe	36	180	12	60
8		40	200		
9		48	180		
10		53.3	200	16	30
11		72	180		
12		80	200		
13		96	180	12	
14		106.7	200		

나. 현미경 조직의 관찰 및 분석

각 시험편의 표면개질층의 현미경 조직을 광학 현미경과 주사형전자 현미경을 이용하여 관찰하였고, EDX로 화학조성을 분석하였다. 또 Micro Vickers 경도기를 이용해 각 표면개질층의 경도를 측정해, 경도가 내마모성에 미치는 영향을 조사하였다.

다. 내마모 특성 평가

그림 2와 같이 25×50×10(mm)의 마모시험편을 제작하여 大越式迅速 마모시험기로 내마모특성을 평가하였다. 이 때 최대하중은 18.9kg, 마찰거리는 600m로, 마찰속도는 0.74, 1.32, 1.9(m/sec)의 3수준

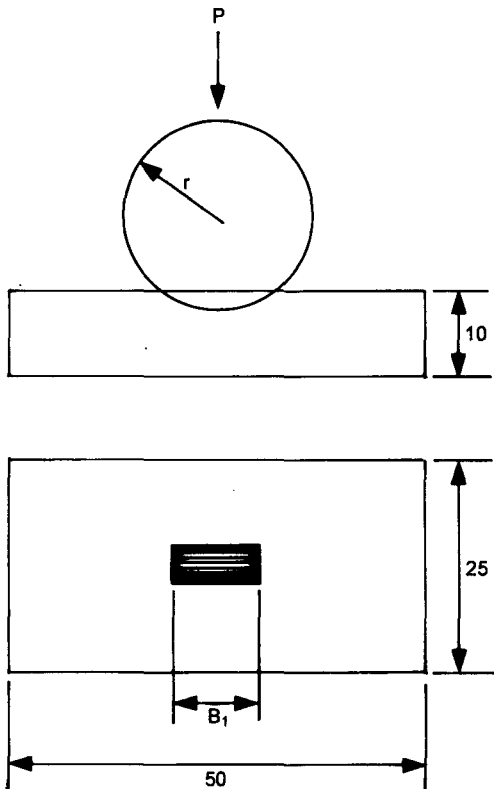


Fig. 2 Test specimen for wear resistance test.

으로 하였다. 마모실험 후 만능 투영기를 이용해 마모흔의 폭 B_0 (mm)를 측정하여 비마모량식(1)에 대입하여 마모 특성을 평가하였다.

$$W_s = \frac{B \cdot B_0^3}{8 \cdot \gamma \cdot P_0 \cdot l_0} \dots\dots\dots (1)$$

- 여기서, W_s : 비마모량 (mm^2/kg_f)
- B : 회전원판의 폭 (mm)
- B_0 : 마모흔의 폭 (mm)
- γ : 회전원판의 반경 (mm)
- P_0 : 최종하중 (kg_f)
- l_0 : 마찰거리 (m)

이렇게 구한 값을 사용분말량 및 용접입열량에 근거하여 만든 용착인자(deposit factor)식에 의해 정리했다.

$$\text{deposit factor} = \frac{M \cdot 60 \cdot E \cdot I}{v} \dots\dots\dots (2)$$

- 여기서, M : 사용분말량 (g/min)
- E : 아크전압(V)
- I : 아크 전류(A)
- v : 토치이동속도(mm/min)

비교를 위해 경화성 재료의 하나로 널리 알려진 스테라이트 21합금(Co-Cr 합금)의 내마모특성치와 비교했다.

3. 실험결과 및 고찰

현미경조직 관찰 결과, 사용분말 중의 크롬카바이드 함유량이 30% 일 때와 10% 일 때의 현미경 조직에는 뚜렷한 차이가 있는 것으로 나타났다. 함유량

Table 2 EDX analysis result of 30% Cr and 10%Cr carbide specimens

Analysed region	Weight percent(%)				Atomic percent(%)			
	30%Cr ₃ C ₂ + 70%Fe		10%Cr ₃ C ₂ + 90%Fe		30%Cr ₃ C ₂ + 70%Fe		10%Cr ₃ C ₂ + 90%Fe	
	Cr	Fe	Cr	Fe	Cr	Fe	Cr	Fe
Whole deposit layer	54.46	43.35	36.14	60.3	57.29	40.96	37.14	57.7
Matrix	33.00	67.00	15.04	81.04	34.53	65.47	15.73	79.08
Cr-rich zone	99.08	1.02	55.48	40.32	99.05	0.95	55.92	37.84

30%인 경우에는 크롬 카바이드가 충분히 용해되지 않은 상태로 남아 있고, 조직이 균일하지 못하며, 여기저기에 균열이 발생되어 있었다. 그러나, 함유량 10%인 경우에는 대체로 크롬 카바이드가 충분히 용해되었고, 피막 전체에 걸쳐 카바이드가 균일하게 분포되는 것으로 나타났다.

표 2의 EDX 분석 결과에서도 이와 같은 사실을 입증하고 있다. 함유량 30%인 경우, 크롬이 풍부한 영역은 거의 대부분이 크롬 성분이다.

크롬 카바이드는 용해되지 않고 그대로 용융지에 남아 응고된 반면, 크롬카바이더 함유량이 10%인 경우, 크롬이 풍부한 지역에서 크롬 성분이 상당히 감소되며, 철 성분이 40% 정도로 나타났다. 이것은 크롬 탄화물이 용해되어 철성분과 충분히 반응하여 생성된 조직임을 입증하는 것으로 판단된다.

각 시험편의 경도 실험 결과를 그림 3에 나타냈다. 연강의 경도가 대체로 120Hv 정도인 것에 비해 크롬 카바이더 피막층의 경도는 6~10배 정도까지 개선되었으며 크롬 카바이더의 함유량이 많을수록 경도의 향상이 두드러지는 것으로 나타났다.

그림 4는 내마모 특성 평가 실험결과이다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 크롬 카바이더 함유량이 30%인 경우의 비마모량은 $8 \sim 10 \times 10^{-9} \text{mm}^2/\text{kg}$ 정도로 상당히 우수한 내마모 특성을 나타냈다. 이것은 용해되지 않은 경질의 크롬 카바이더가 뛰어난

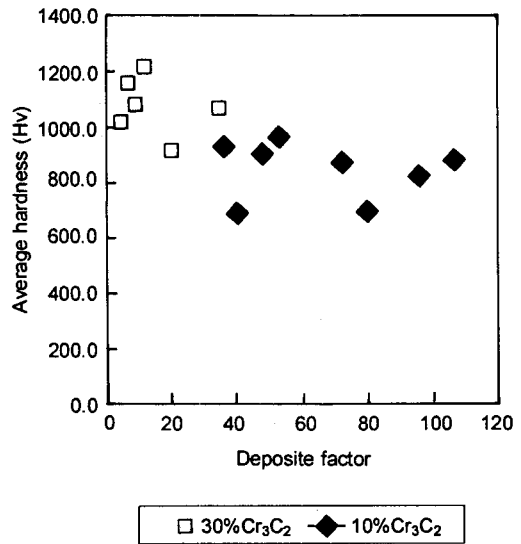


Fig. 3 Hardness test result of Cr carbide test pieces.

내마모 특성을 나타내기 때문이다.

크롬 카바이더 함유량이 10%인 경우도 비마모량이 $8 \sim 10 \times 10^{-9} \text{mm}^2/\text{kg}$ 정도로 뛰어난 내마모 특성을 보였지만, 용착인자에 따라서 큰 편차를 나타냈다.

그 중 용착인자가 50~80 정도인 경우는 크롬 카바이더 함유량이 30%의 경우에 필적하는 우수한 내마모 특성을 얻었다. 이것은 표면피막의 두께가 3mm 정도이며, 전반적으로 균일한 현미경조직을 가

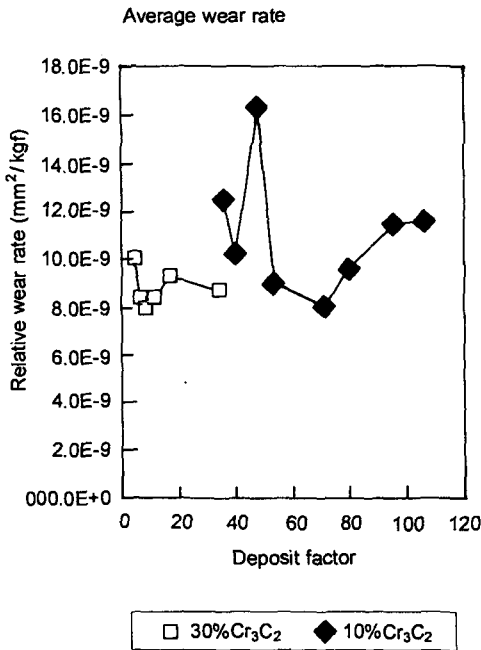


Fig. 4 Wear resistance test result of Cr carbide test pieces.

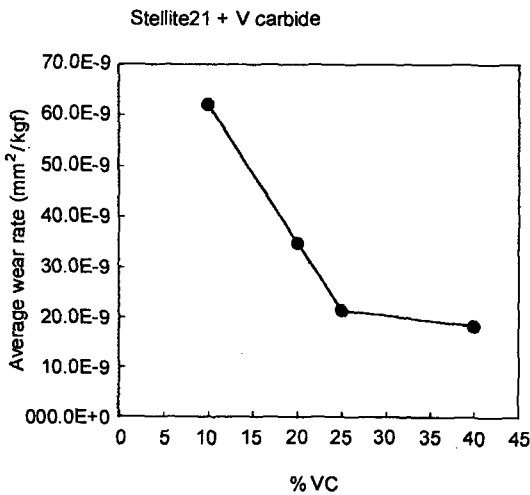


Fig. 5 Wear resistance test result of Stellite 21+VC test pieces.

지기 때문에 보인다. 용착인자가 50 이하의 경우는 피막 두께가 얇아서 충분한 내마모 특성을 나타내지 못하고 용착인자가 80 이상인 경우는 피막전체

가 지나치게 두꺼워지는 등 피막전체의 성분이 다소 불균일하기 때문에 사료된다. 그러나, 용착인자의 대소에 관계없이 크롬 카바이드 함유량이 10%의 경우는 모두 그림 5의 스텔라이트 21과 바나듐 카바이드에 의한 표면개질층 보다 우수한 내마모 특성을 나타내고 있으므로, 내마모성 개선을 위한 적절한 재료로 사료된다.

4. 결 론

연강의 내마모 특성을 개선하기 위하여 PTA법에 의해 크롬 카바이드 피막을 형성시켜 내마모 특성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

사용분말 중의 크롬 카바이드 함유량이 10%와 30%의 어느 경우에도 충분히 우수한 내마모성을 얻었다. 그러나 크롬 카바이드 함유량이 30%인 경우에는 상당한 양의 균열이 발생했으며, 함유량 10%의 경우에도 적절한 성막조건(혹은 표면개질조건)을 이용하면 균열없이 함유량 30%의 경우에 필적하는 내마모 특성을 얻는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과를 바탕으로 농업기계의 표면개질 방법으로 PTA법을 이용한다면, 내마모 특성 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 竹内有公, 永田雅. 1985. プラズマアークを利用した粉末肉盛の溶接研究.
2. Kyoichi SASAKI, Yoshihisa KATO, Takeshi SHINODA. 1997. "Overlaying by Plasma Transferred Arc Welding". IIW-Doc. IX-1669-92.
3. J. MILLIGAN and NARASIMHAN. 1980. [SAE] Technical Paper Series, No. 800317.
4. 竹内ら. 1985. プラズマ粉末による高合金肉盛. 溶接技術 33(9):19-24.

5. 武田.プラズマ溶射技術の基礎と用. 溶接技術 34 (10):19-24. 46集. pp. 126-127.
6. 日本溶接協會. 1988. サーフェース生産加工に関する技術講習會テキスト. 8. 紫田ら. 1990. 交流 PTA によるアルミニウムへの Al-Cu 合金の肉盛. 溶接學會全國大會講演概要. 第46集. pp. 132-133.
7. 北口ら. 1990. プラズマ粉末肉盛によるTi合金表面硬化肉盛技術. 溶接學會全國大會講演概要. 第9. 朴成斗. 1995. 容接冶金學. 대광서림.