

PTA 오버레이 공정을 이용한 산업설비부품의 표면경화기술

길상철^{1,*}, 김환태², 김상우¹

The Hardfacing Technology by PTA Overlaying Process

S. C. Kil, H. T. Kim, S. W. Kim

Abstract

The increasing interest in the surface modification technology by the plasma transferred arc overlaying process in the material processing is placing stringent demands on the manufacturing techniques and performance requirements, and the manufacture employs the high quality and efficiency plasma transferred arc overlaying technology. This paper covers recent technical trends of plasma transferred arc overlaying technology including the COMPENDEX DB analysis.

Key Words: surface modification, material processing, plasma transferred arc overlaying technology, technical information analysis

1. 서론

플라즈마 아크(plasma transferred arc, PTA)를 이용하여 재료의 표면특성을 개량하는 플라즈마 아크 분체 오버레이기술(PTA Overlaying Technology)은 표면개질(surface modification) 기술의 한 종류로서, 화학산업, 철도차량, 발전설비 등 국가 기간산업과 중화학산업 생산설비의 생산능력을 높이는데 중요한 역할을 하고 있으며 부가가치가 높은 국가 중화학산업 설비의 안전성과 경제성을 확보하기 위한 표면개질기술의 국내 연구와 개발의 중요성은 매우 크다. 본 연구에서는 이러한 PTA 오버레이기술에 대하여 개략적으로 살펴본 후, Engineering Village 플랫폼을 통해 제공하는 공학일반 데이터베이스인 Compendex를 이용하여 1999년부터 현재까지 발표된 PTA 오버레이기술에 관한 학술정보를 조사하고, 이를 통계적으로 분석하여 기술동향을 알아보았다.

2. PTA 오버레이기술

PTA 오버레이는 플라즈마 용접열을 이용하고 경화 물질을 분말로 사용하는 오버레이 용접법으로써 표면개질법의 일종이다[1]. PTA 오버레이법의 원리는 플라즈마 아크에 의해 모재 표면을 일정속도로 용융함과 동시에 토치 내부에서 급속 또는 세라믹 분말을 플라즈마 아크에 통과시켜서 용융층에 공급하고 이때 공급된 분말과 모재를 합금화시키는 원리이다(<Fig. 1> 참조). 여기서 용접 변수로는 용접전류, 용접속도, 보호가스, 분말의 종류, 분말의 크기 등이 있고 이러한 변수를 적절히 조절하면 모재 표면의 원하는 부위에 경도가 높은 고기능성의 합금화를 형성시킬 수 있다.

1. 한국과학기술정보연구원 정보분석본부
2. 한국과학기술정보연구원 ReSEAT 프로그램
* 교신저자: 길상철 E-mail: kilsc@kisti.re.kr

PTA 오버레이법을 사용하여 얻은 Co 기 용접재료의 표면개질층 미세조직을 보면, 공정석출물 주위를 따라 미세한 입자들이 형성되어 있는 것을 나타내고 있다[2](<Fig. 2> 참조).

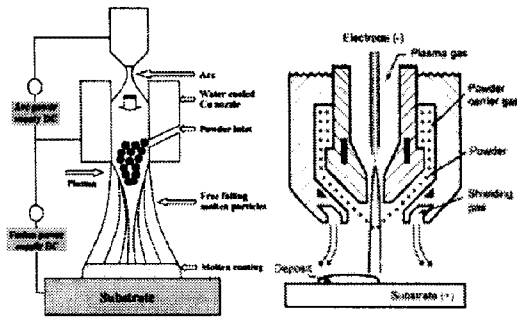


Fig. 1. PTA Overlaying Technology [1]

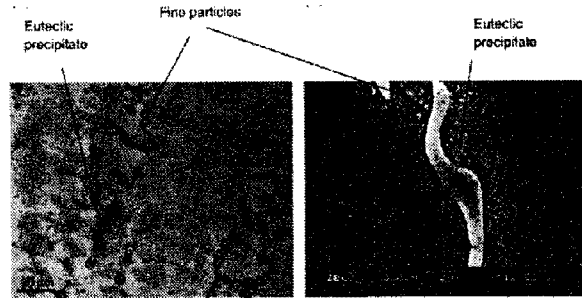


Fig. 2. Microstructure of Co-based Overlay Deposited Weld Metal [2]

탄소강 표면에 Ni 과 Al 의 혼합분말(3), Ti 표면에 Ni 분말(4)을 넣고 이것을 PTA 용접기를 사용하여 <table 1>과 같은 조건으로 PTA 오버레이층을 만든 후 NiAl 합금 오버레이층의 고온산화 거동과 NiTi 합금 오버레이층의 내마모 특성을 보면, NiAl 합금 오버레이층은 304 스테인리스강이나 Stellite 6 오버레이층과는 달리 산화시간에 관계없이 산화피막이 거의 일정하고 박리가 일어나지 않는다. 또한 NiTi 합금 오버레이층은 Ti 이나 일반 탄소강에 비해 우수한 내마모성을 가지며, 특히 Ti 과 비교하여 비마모량은 마찰속도에 따라 1~11% 정도까지 낮출 수 있다.

Table 1. PTA Overlaying Conditions [3, 4]

	NiAl Overlay	NiTi Overlay
Plasma arc current	75-80 A	50-60 A
Travel speed	1.0-1.8 mm/sec	0.8-2.0 mm/sec
Powder feeding rate	0.062 g/sec	0.075 g/sec
Plasma gas	Ar, $1.7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$	Ar, $1.7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$
Powder carrier gas	Ar, $0.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$	Ar, $0.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$
Shielding gas	Ar, $1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$	Ar, $1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$

PTA 오버레이 용접재료 중에서 Fe 기 계통은 가격이 저렴하고 경제적이며, 이 중에서 Cr-carbide 계통의 와이어가 가장 일반적으로 사용된다. 연삭마모(abrasive wear)가 매우 심한 환경에서 사용되는 미분쇄용 롤의 경우 내마모성과 충격인성이 동시에 요구된다. 5C-25Cr-CLX(5C-25Cr-Nb-V)형과 같은 복합와이어의 용착금속은 5C-25Cr-M 형 와이어의 용착금속에 비해 Nb-carbide, V-carbide 가 석출하여 사용수명이 25% 향상되었으며, 슬러리 분사시험(slurry jet test)에서 복합탄화물 용착금속은 미소합금형 와이어에 비해 우수한 성능을 보여 주었다(<Fig. 3> 참조) [5].

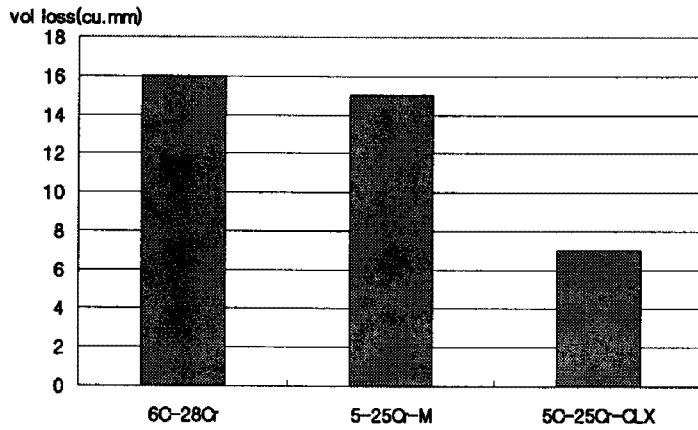


Fig. 3. Comparison of the ASTM G65 Wear Test [5]

Nimonic 재료 표면에 Ni 기 초내열합금 분말을 이용하여 내연기관의 흡·배기 밸브의 표면에 용착한 오버레이층을 보면[6], 오버레이 용착금속의 내마모성은 Inconel 718, Inconel 625, Nimonic 80A, Stellite 6 합금 분말 순으로 증가하였다. 또한 오버레이 용착금속의 고온 노출 마모량은 Stellite 6은 고온 노출로 마모량이 증가하고 Inconel 718 과 Inconel 625 는 마모량이 감소하는 경향을 나타냈으며, 오버레이 용착금속의 케비테이션 에로전 특성은 Stellite 6 합금 분말이 가장 큰 무게감량을 보이고 있으며, Nimonic 80A, Inconel 718, Inconel 625 합금 분말 순으로 점차 낮은 무게감량을 보였다.

3. 학술정보분석

Engineering Village 플랫폼을 통해 제공하는 공학일반 데이터베이스인 Compendex 를 이용하여 1999 년부터 현재(2009. 8. 25)까지 발표된 PTA Hardfacing 관련 학술정보 225 편을 조사하여 분석하였다. 조사에 활용한 Compendex 는 공학 분야의 국제적인 출판사인 Engineering Information Inc.의 The Engineering Index Monthly(Ei)지를 컴퓨터 가독형으로 만든 데이터베이스이다.

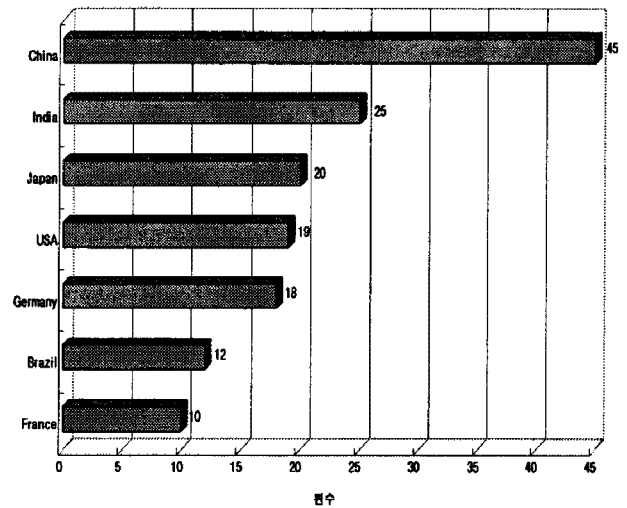
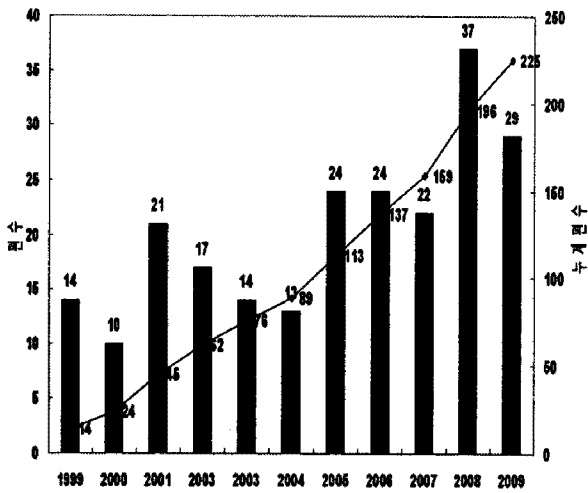


Fig. 4. Comparison of the Published Papers (Year) Fig. 5. Comparison of the Published Papers (Country)

PTA 오버레이에 관한 연도별 발표현황을 보면, 2007 년까지 감소와 증가를 반복하면서 한 해 10~24 편 정도가 발표되다가 2008 년 37 편의 학술정보가 발표되었다. 국가별로는 중국이 45 편으로 가장 많이 발표하였으며, 인도(25 편), 일본(20 편), 미국(19) 순으로 뒤를 이었다. 한편 우리나라는 4 편을 발표하였다.

연구기관별 발표현황을 보면 Annamalai University 가 6 편으로 가장 많이 발표하였으며, 그 다음이 Shenyang University of Technology(5 편), Bharathiar University(4 편), University Of Modena And Reggio Emilia(4 편) 순서이다.

4. 결 론

1. PTA 오버레이기술은 플라즈마 아크용접시스템의 개발, 고능률 복합와이어 용접재료의 개발 등에 힘입어 다양한 응용분야에 적용할 수 있는 매력적인 기술로 성장했다.
2. 아시아, 특히 중국이 연구활동이 괄목할 활발하였다. 특히 경량화 합금을 사용하는 알루미늄 부품에 대한 PTA 오버레이 연구가 활발하다.
3. PTA 오버레이법을 포함한 표면경화 아크 오버레이 용접기술은 산업의 발달에 따라 기계류 부품의 마모와 부식을 방지하는 유용한 기술수단으로서 자원의 재활용과 경제적인 측면에서 기술적 가치가 매우 높으며 앞으로 그 사용 범위가 크게 확대될 것으로 예측된다.
4. 향후 아크 오버레이 용접기술은 표면개질부의 품질을 개선하고 생산성을 높일 수 있도록 하기 위해 자동화 기술이 발달할 것이며 특히 오버레이 용접부의 내마모 평가시스템 기술과 고품위/고속용 오버레이 용접재료의 개발이 활발하게 이루어 질 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

- [1] 김환태 등, 1997, Surfacing 처리를 이용한 알루미늄 재료의 후막경화기술개발, 한국기계연구원
- [2] L. Fouilland, M. Mansori, M. Gerland, 2007, Role of welding process energy on the microstructural variations in a cobalt base superalloy hardfacing, Surface & Coating Technology, Vol. 201, pp.6445~.6451.
- [3] 尾和智信, 篠田 剛, 2004, プラズマ熱源を用いたNiAl合金肉盛層の創製と高温酸化學動, 溶接學會論文集, 第22卷, 第4號, pp. 494~501.
- [4] 尾和智信, 篠田 剛, 2004, NiTiプラズマ肉盛層形成によるのチタンの磨耗特性改善, 溶接學會論文集, 第22卷, 第4號, pp.502~508.
- [5] Ravi Menon, Jack Wallin, 2008, Specialty Cored Wires for Wear and Corrosion Applications, Welding Journal, Vol. 87, No. 2, pp.31~37.
- [6] 김영식, 최영국, 2006, Ni계 초내열합금의 PTA 오버레이층 특성에 관한 연구”, 대한용접·접합학회지, 제 24권, 제3호, 2006, pp.49~54.
- [7] Compendex Database, [http:// www.engineeringvillage2.org](http://www.engineeringvillage2.org)