

레이저 클래딩 공정변수에 따른 Al 모재와 Fe계 합금분말 클래드층의 거동

Effects of process parameters on a laser cladding deposit of Al substrate and Fe-alloyed powder

유연곤*, 강남현*, 김철희*, 김준기*, 김정현*, 김목순**

* 한국생산기술연구원 정밀접합용접팀

** 인하대학교 금속공학과

1. 서 론

에너지 부족과 환경문제에 직면하여 연료전지, 배터리-가솔린 엔진의 하이브리드카, 그리고 초경량 자동차 등 차세대 자동차를 연구·개발하고 있다. 자동차 경량화에 대한 노력으로는 차체 부분에서 알루미늄과 스틸 접합에 관한 연구가 계속 되고 있고,¹⁾ 엔진 부분에서는 내열성을 가진 고강도 내마모 알루미늄 소재기술에 대해서 관심이 증가 하고 있다. 알루미늄에 내마모성을 부여하기 위한 방법 중에 엔진 밸브시트 제작을 위해서는 레이저 클래딩 기술이 적합하다. 일반적으로 레이저 클래딩 공정은 내마모성, 내식성, 내열성 등의 특성을 모재 표면에 부여하는 기술이다.²⁾ 레이저 클래딩은 모재의 손상을 최소화 하고 미세한 부분에 국부적으로 클래딩 할 수 있기 때문에 협소한 부위의 3차원 형상에 대한 육성용접에 적합한 기술이다.

하드페이싱용 내마모 재료로는 텅스텐탄화물(WC)³⁾과 Co계 Stellite합금 분말이 주로 사용되고 있으나, 텅스텐탄화물(WC)은 고가이고 Co계 Stellite합금은 환경문제로 인하여 사용을 꺼려하고 있기 때문에, Fe계(Fe-Cr-C) 하드페이싱 분말을 선정하였다. Fe계 분말은 기계적 성질이 우수하고 가격이 저렴하다는 장점이 있다⁴⁾. 본 연구는 레이저 클래딩의 공정변수들에 따른 클래드층의 형상을 측정하고, 오버레이 클래딩에 적합한 최적 공정조건을 도출하기 위해 진행 되었다.

2. 실험 방법

이번 실험에 사용된 장비는 12KW CO₂ 레이저와 powder feeding 장치를 사용하여 레이저

클래딩 실험을 실시하였다. 모재는 자동차 실린더헤드에 사용되고 있는 AC2B로 하였으며, 빔의 흡수율과 표면 조도를 증가시키기 위하여 샌드블라스팅 후 초음파 세척을 하였다. Fe계 클래딩 분말은 대기상에 존재하는 수분 제거를 위하여 40~45℃로 가열하면서 실험하였다.

Table. 1 Composition of the powder and the substrate (Wt%)

	Al	Fe	Cr	Cu	C	Si
AC2B	Base	-	-	3	-	6
Powder	-	Base	20	-	1.7	1.1

2.1 공정 개요와 변수

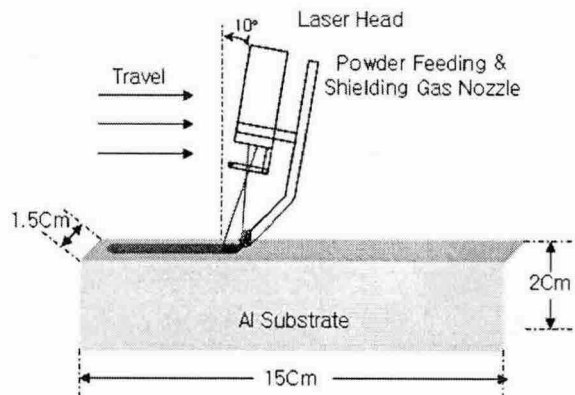


Fig. 1 Diagram of the laser cladding process

레이저 클래딩 공정은 Fig. 1과 같이 모재를 고정하고 레이저 헤드와 이송장치가 이동하면서 분말을 공급해 주었으며, 레이저가 분말공급 노즐을 후행하는 방식으로 실시하였다. 레이저 클래딩의 주요 공정 변수로는 Table. 2에서 보듯이 5가지가 있

다. 레이저의 초점 직경은 400 μ m로 넓은 면적을 육성용접 하고자 할 때는 부적합하다. 따라서 원하는 spot size를 얻기 위해 CO₂ 레이저의 특성상 defocusing하여 아노다이징 알루미늄 시편을 이용하여 spot size를 측정 하였다.

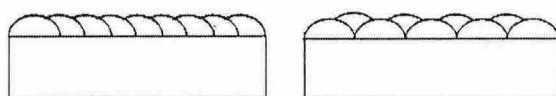
Shielding gas의 경우 유량이 작을 때에는 보호가스로서의 역할과 파우더 이송에 어려움이 있었고, 유량이 많은 경우는 비드의 안정된 형성에 악영향을 끼치므로 적절한 유량을 선택하였다. 최적의 spot size와 flow rate를 결정한 후 다른 공정변수인 출력, 클래딩 속도 및 분말공급량에 따른 클래드층의 영향을 관찰하였다.

Table. 2 Parameter of Laser Cladding Process

Parameter	Values
Power(KW)	3, 2.5, 2, 1.5
Travel Speed(mm/min)	180, 150, 120, 90
Powder Feeding(g/min)	3.6, 4.2, 4.8, 5.4
Spot Size(mm)	3.5
Shielding Gas(ℓ /min)	4(Ar100%)

2.2 오버레이 클래딩 및 내마모 시험

모재 희석을 최소한으로 하고 안정된 클래딩층을 얻기 위하여 2KW, 120mm/min, 5.4g/min의 조건에서 오버레이 클래딩을 Fig. 2와 같은 방법으로 실행하였다. 오버레이 클래드층의 내마모성을 시험하기 위하여 패스간의 겹침률이 50%, 0% 두 종류로 시편을 준비 하였다. 오버레이는 박리되는 경향이 있으므로 두 층으로 두께를 제한하였다.⁵⁾ 내마모 시험은 면접촉 왕복 슬라이딩 마모시험으로 시행 되었다. 시험에 사용된 장비는 PLINT TE77이다. 시험의 조건은 Table. 3의 조건으로 시행 되었다.



(a) 50% (b) 0%, 다층
Fig. 2 오버레이 클래딩 방법

Table. 3 (면접촉) 왕복 슬라이딩 마모시험 조건

접촉하중	15ksi
마찰속도	3mm/sec
스트로크	9mm
왕복회수	100회
온도	25, 100 $^{\circ}$ C

3. 결과 및 고찰

클래딩 공정변수에 따른 클래드층의 형상 거동에 대한 연구를 위하여 클래드층의 단면을 Fig. 3과 같이 정의하였다.

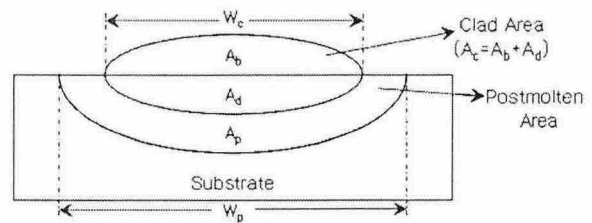


Fig. 3 단면의 용어와 구분

3.1 출력, 속도, 분말 공급량에 따른 변화

Fig. 4에서는 출력이 증가하고 속도가 느려짐에 따라 W_p가 증가하는 현상을 보여주고 있다. 이는 출력과 함께 모재에 대한 열영향이 증가한다는 것을 나타낸다. 반면, 1.5KW의 낮은 출력과 180mm/min의 빠른 속도에서는 모재의 용융이 이루어지지 않고 클래드층도 형성되지 않았다. 속도가 150, 120, 90mm/min으로 낮추었을 때 공정 시작 부분에서부터 모재가 녹지 않고 각각의 속도에 따라 모재의 용융위치가 달랐다. 2KW이하의 저출력에서는 모재의 예열을 필요로 하였다. 그러므로 적정 출력은 2KW로 정하였다. Fig. 5에서는 출력은 2KW로 고정하고 분말 공급량과 속도의 증가에 따른 클래드층의 영역(A_c)이 증가하는 것을 나타낸다. 그리고 분말의 공급량이 급격히 증가하는 경우(9g/min이상)에는 서로 다른 열팽창계수로 인하여 클래드층이 박리되는 현상을 나타내었다. 최적 조건으로는 2KW, 120mm/min, 5.4g/min으로 도출 하였다. 위의 조건으로 오버레이 클래딩 하여 마모 시편을 준비 하였다.

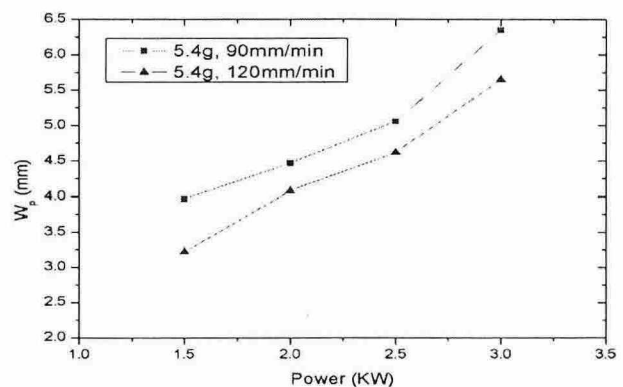


Fig. 4 출력에 따른 W_p의 변화

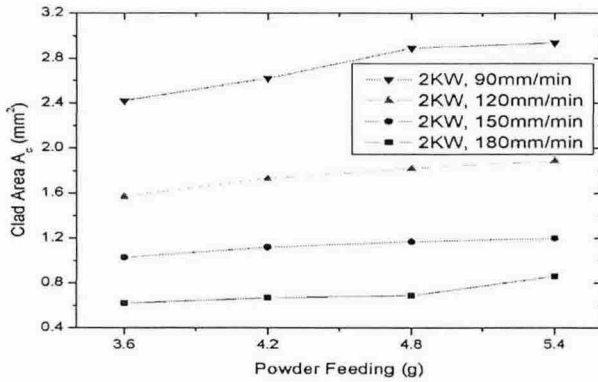


Fig. 5 분말 공급량과 속도에 따른 A_c의 변화

3.2 내마모 시험

Fig. 6 (a)는 겹침률 50% 오버레이 클래딩 시편 이고, Fig. 7 (b)는 겹침률 0% 오버레이 클래딩 다층 시편이다.

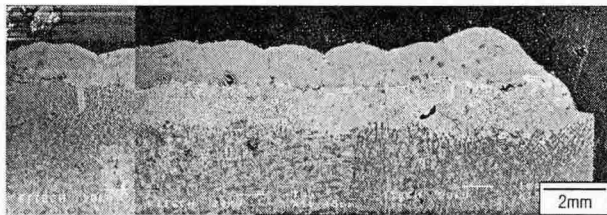


Fig. 6 (a) 겹침률 50% 시편의 단면

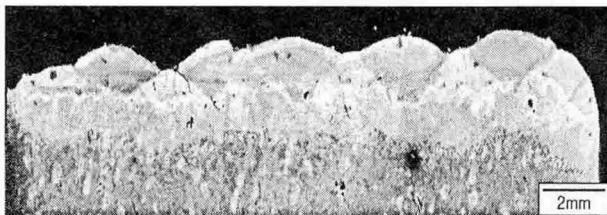


Fig. 7 (b) 겹침률 0% 다층 시편의 단면

Table. 4 (면접촉) 왕복 슬라이딩 마모시험 결과

시편/디스크 (°C)	시험전 (g)	시험후 (g)	전체무게손실 (g)/(mg)	
a-1 (25)	블록	3.5608	3.5512	0.0095
	디스크	1.0134	1.0135	9.5
a-2 (100)	블록	3.106	3.0849	0.0212
	디스크	1.0014	1.0013	21.2
b-1 (25)	블록	3.8522	3.8487	0.0035
	디스크	1.0215	1.0215	3.5
b-2 (100)	블록	3.6841	3.6796	0.0044
	디스크	0.9991	0.9992	4.4

Table. 4의 결과에서 보여지듯이 (a)조건 보다는 (b)조건에서 내마모성이 좋다는 것을 알 수 있었다.

Table. 5에서는 내마모 재료인 Ni-base Deloro 50과 비교 하였다. Ni-base Deloro 50보다는 Fe계 (Fe-20Cr-1.7C-1.1Si)합금 분말이 30배 이상의 우수한 내마모성을 나타내었다.

Table. 5 Ni-base Deloro 50과의 비교

시편	온도 (°C)	전체무게손실 (mg)
a	25	9.5
a	100	21.2
b	25	3.5
b	100	4.4
Ni-base Deloro 50	25	116.1
Ni-base Deloro 50	100	164.5

4. 결 론

이번 연구를 통하여 Al substrate 위에 Fe계 합금 분말을 사용한 레이저 클래딩의 가능성을 보여주며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 레이저 출력이 증가하고, 이송속도가 낮아짐에 따라 A_c도 증가 하였다.
- 2) 분말 공급량보다는 레이저 이송속도가 A_c에 미치는 영향이 더 크다.
- 3) Fe계(Fe-20Cr-1.7C-1.1Si)합금 분말은 오버레이-클래딩 다층 공정에서 우수한 내마모성을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. W.S. Miller, L. Zhuang, J. Bottema, A.J. Wittebrood, P. De Smet, A. Haszler, A. Vieregge. : Recent development in aluminium alloys for the automotive industry, Materials Science and Engineering A280 (2000) 37-49
2. Kawasaki, M. ; Takase, K. ; Kato, S. ; Nakagawa, M. : Development of Engine Valve Seats Directly Deposited Onto Aluminum Cylinder Head by Laser Cladding Process, SAE transactions v.101 no.3
3. 강남현, 채현병, 김준기, 최종하, 김정환. : 재생 초경합금 분말을 활용한 금속기지 복합재료의 Abrasion 마모거동, 한국재료학회지 Vol. 13 No. 12(2003)
4. Kown-yeong Lee, Sung-hoon Lee, Yangdo Kim, Hyun Seon Hong, Young-min Oh and Seon-jin Kim : The effects of additive elements on the sliding wear behavior of Fe-base hardfacing alloy, Wear. 255 (2003), 481-488
5. 대한용접학회. : 용접 · 집합 편람, P736