

고점성 청동분말을 이용한 알루미늄 합금의 레이저 클래딩 특성

오동수* · 전병철* · 김재도**

* 인하대학교 공과대학 기계공학과 대학원

** 인하대학교 공과대학 기계공학과

Characteristic of Laser Cladding Process with High Viscosity Bronze Powder and Al-alloy

Dong-Soo Oh*, Byung-Cheol Jeon* and Jae-Do Kim**

* Graduate School of Mechanical Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

** Dept. of Mechanical Engineering, Inha University, Incheon, 402-751, Korea

Abstract

Laser cladding processing allows rapid transfer of heat to the material being minimum conduction into base metal. The effects of CO₂ laser cladding with high viscosity bronze powder were investigated. High viscosity bronze powder consists of bronze powder and Al-alloy used at a high temperature. The material has a high viscosity so that it can be used as a substrate. Therefore, Laser cladding can be processed on a curved or slope surface. CO₂ laser cladding was designed. It consists of the high viscosity bronze powder, the shielding gas system and the preheating system. The high viscosity powder was used properly at 0.35g/s and 0.50g/s. Because of the metallic bond between bronze powder and Al-alloy, the hardness of dilution layer was suddenly increased. Experimental results indicate that high viscosity mixed powder can be a useful cladding material.

Key Words : High viscosity bronze powder, Laser cladding, CO₂ laser

1. 서 론

레이저 가공 기술은 고밀도의 열원을 이용한 가공법으로 표면 가공시 입열량이 적어 금속 가공시에 열영향부가 작고 열변형이 작다는 장점을 가지고 있다.¹⁻³⁾

레이저를 활용한 가공 기술은 크게 용접, 절단, 표면 처리 분야로 구별된다. 특히, 표면 처리 분야인 레이저 클래딩과 레이저 표면 경화는 표면에 우수한 기계적 특성을 부여하기 위한 가공법으로 연구되어 왔다. 레이저 클래딩은 국부적으로 금속 표면에 각종 재료를 합금화 또는 육성시켜 부품의 내식성, 내마모성, 내산화성을 향상시킨다. 레이저 클래딩 가공은 제품의 기능 및 수명을 연장시킬 수 있으며 열영향부가 작고 모재와 금속 표면의

결합력이 우수하다는 특성을 가지고 있다.^{5, 6)}

기존의 레이저 클래딩은 크게 와이어를 이용하는 방법과 분말공급장치를 이용하는 방법이 있다. 이 방법들은 모재가 수평을 유지한 상태에서 평면만을 클래딩 할 때 유용하기 때문에 복잡한 곡면 등의 경사진 형태에 적용하기에는 어렵다. 본 연구에서는 고점성 액체인 용제를 이용하여 청동분말과 용제를 혼합한 고점성 청동분말을 제조하여 사용하였다. 이 재료는 고점성을 가지고 있으므로 일정 시간동안 모재 표면에 정착되어 있다. 경사진 복합 곡면 등에서 클래딩 가공을 가능하게 해준다. 이 가공법은 기존 와이어로 제조가 힘든 높은 경도의 재료를 분말 형태로 혼합하여 사용함으로써 원하는 조성 및 경도의 '클래딩 가공을 쉽게 할 수 있을 뿐만 아니라 용제를 혼합 사용함으로써 클래딩 재료의 산화를 방지할 수 있다.³⁾

2. 실험재료 및 실험방법

2.1 실험재료

분말과 같이 혼합된 용제는 고점성의 액상 용제인 AMCO 446 WHITE 제품을 사용하였다. 이 제품은 일반적으로 구리, 니켈, 청동, 스테인레스강의 용접에 사용된다. 용제는 용접 작업시 편홀현상, 모재 및 용제의 과열을 방지하여 우수한 용접품질을 유지할 수 있게 한다³⁾.

클래딩 재료는 청동분말을 사용하였고 모재로는 AC2B를 사용하였으며 그 조성은 Table 1에 나타내었다. 분말과 용제 혼합에 있어서는 혼합비율에 주의를 해야한다. 분말량이 많게되면 분말과 용제가 혼합이 잘 일어나지 않게 되고 분말량이 적으면 클래딩 재료의 공급량이 줄어들게 되므로 적절한 클래딩층을 얻을 수 없게된다. 그러므로 클래딩 재료인 청동분말과 용제는 1 : 1의 비율로 혼합하였다.

Table 1 Chemical compositions of AC2B and Bronze(wt%)

	Cu	Sn	Si	Mn	Al	Ni
Bronze	91.2	8.7
AC2B	0.3	0.1	7.0	0.5	89.2	0.3

2.2 레이저 클래딩 장치

레이저 클래딩 장치는 CO₂ 레이저, 혼합분말 공급장치 그리고 예열장치로 크게 세가지로 나눌 수 있다. CO₂ 레이저는 최대출력 500W, 빗직경 5mm의 TEM₀₁* 모드이다. 500W의 레이저 출력은 클래딩에 사용하기에는 저출력이므로 재료의 입열량을 증가시켜 가공성을 좋게 하기 위하여 예열장치를 사용하였다. 혼합분말 공급장치는 자체 제작하였고 고점성의 혼합분말을 클래딩 부위에 정확하게 공급하기 위하여 레이저 빔 이송 가이드에 장착하여 사전에 레이저 빔 조사위치에 혼합분말이 공급되도록 조정하였다. 혼합분말의 공급량은 0.35g/s에서 0.65g/s까지 변화시키면서 실험을 진행하였다. 보호가스는 아르곤가스를 사용하였고 유량은 평균 15 l/min으로 분사하였다.

2.3 실험방법

용제와 고루 혼합된 고점성 청동분말을 분말 공급장치를 이용하여 모재 위에 일정하게 한줄로 도포 하였다. 모재는 레이저빔의 흡수율을 높이기 위하여 300메쉬의 사포로 표면의 Al₂O₃를 제거하였고 예열장치를 이용하여 사전에 300℃로 예열하였다. 레이저는 일반적으로 많이 사용되어지는 CO₂ 레이저를 사용하였다. 본 실험에서는 일정한 레이저 출력 500W(±5W)을 사용하였고 레이저빔 이송속도는 1mm/s로 하였다. 보호가스는 순도 99.99%인 아르곤 가스를 사용하였다. 레이저 출력과 이송속도를 고정하였고 혼합분말의 공급량과 공급범위를 조절하면서 실험을 진행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 혼합분말의 공급범위

조사되는 레이저빔 보다 넓은 부위에 혼합분말이 공급되는 경우에 있어서는 Fig.1에서 보는 것처럼 클래딩층이 제대로 형성되지 않았다. 혼합분말이 조사되는 레이저빔 보다 작은 영역에 도포되는 경우에 있어서는 Fig. 2와 같이 클래딩층이 잘 형성되었다.

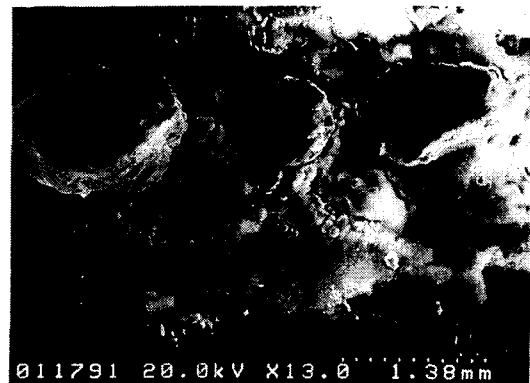


Fig. 1 Surface of clad layer

레이저빔보다 넓은 부위에 혼합 분말을 공급하여 클래딩하는 경우에는 혼합분말이 액상의 용제를 포함하고 있기 때문에 Fig. 1과 같이 용융

된 클래딩 재료가 모재와 결합하는 대신에 레이저빔 외부에 있는 혼합분말과 결합하여 불연속적인 클래딩층을 형성하게 된다. 그러므로 클래딩층이 조사되는 레이저빔 중앙에서 생성되기보다는 레이저빔 가장자리에 클래딩층이 형성되게 된다. 반면에 레이저빔 영역에만 혼합분말이 공급되는 경우에 있어서는 용융된 혼합분말이 용융된 모재와 금속간 결합을 하게 되어 Fig.2와 같은 클래딩층이 조사되는 레이저빔 중앙에 형성되었다.

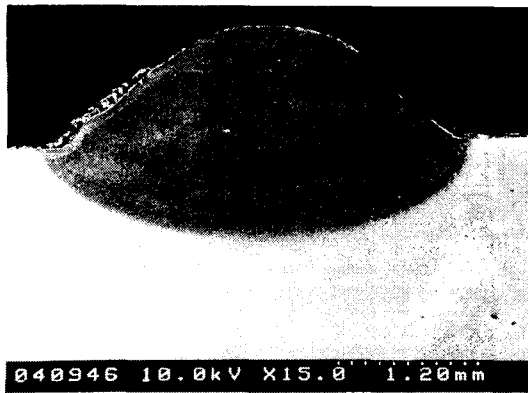


Fig. 2 Cross section of clad layer
Mixed powder feed rate : 0.35g/s

3.2 혼합분말 공급량

본 실험에서는 저출력의 CO₂ 레이저가 사용되었기 때문에 혼합분말의 공급량이 많은 경우에 있어서는 레이저 열원이 혼합분말을 용융하기 위해 모두 소요되어서 모재를 용융시키기 위해 흡수되는 에너지 양이 줄어들게 된다. 모재에 대한 입열량이 감소는 모재의 용융량이 줄어들게 되고 따라서 혼합분말과 모재 사이에서 금속간 결합이 발생하지 못하게 되기 때문에 적절한 클래딩층을 형성하지 못하고 단순히 혼합분말만이 용융되었다가 응고하는 현상이 발생하게 된다. 0.35g/s 와 0.5g/s의 혼합분말을 공급할 경우에는 제대로 된 클래딩층을 형성할 수 있지만 0.65g/s에서는 청동분말만이 용융되었다가 응고되는 현상이 발생한다.

3.3 클래딩 형상 및 미세조직

Fig. 2는 클래딩의 단면 형상이다. 0.35g/s의 혼합분말이 공급될 때 클래딩 형상이다. 다일루션의 양은 클래딩 시간이 증가할수록 증가하게 되는데 이는 입열량이 증가하기 때문이다.

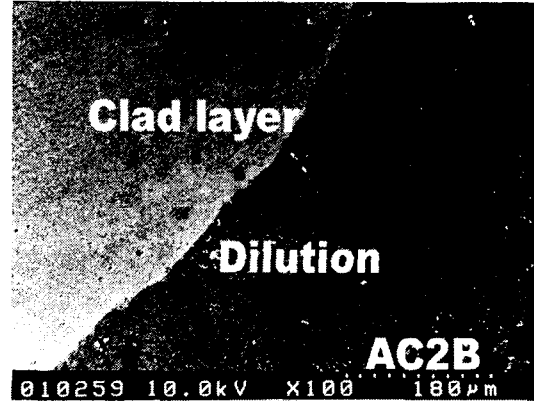


Fig. 3 Dilution layer in clad
Mixed powder feed rate : 0.35g/s

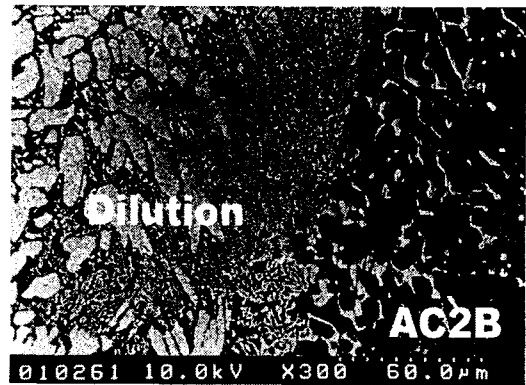


Fig. 4 Clad layer between dilution and AC2B
Mixed powder feed rate : 0.35g/s

Fig. 3은 모재와 용융결합된 고점성 혼합분말의 결합층을 나타낸다. Fig. 4는 다일루션층과 모재와의 경계선을 나타낸 것으로 고점성 분말들이 모재와 용융 결합되어 있는 모습을 볼 수 있다. 모재와 다일루션층 사이에는 균열의 발생없이 촘촘히 결합되어졌다. 클래딩 층에서 모재가 가까이 갈수록 조직이 치밀한 것을 확인할 수 있다. Fig. 5는 클래딩 시편 단면의 경도 분포를 나타낸 것이다. 열전도도가 높은 AC2B를 통하여 빠른 열전달이 발생하여 급냉이 이루어지기 때문에 클래딩층에서 모재쪽으로 갈수록 경도값이 증가한다.

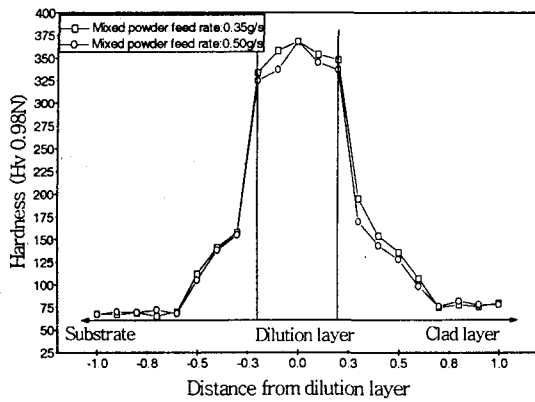


Fig. 5 Hardness distribution of clad layer and HAZ

4. 결 론

- (1) 용제와 분말이 혼합된 고점성 혼합분말을 레이저 클래딩 공정에 적용 할 수 있는 가능성을 확인하였다.
- (2) 분말과 혼합된 용제로 인하여 모재와 분말간의 용융 그리고 분말간의 용융 결합성이 증가하여 접합 효과를 높여 주었다.
- (3) 혼합분말의 도포 범위는 레이저 빔 조사영역 내에 한정하여야 하며 레이저 빔 조사영역을 벗어나는 범위에 도포를 하며 좋은 클래딩을 얻을 수 없다.
- (4) 혼합분말의 공급량은 0.35g/s에서 0.50g/s의 영역에서 조사할 때 좋은 클래딩 층을 얻을 수 있었다.

후 기

본 연구는 한국학술진흥재단의 대학부설연구소 중점연구과제 (과제번호 99-005-E00007) 사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

참 고 문 헌

1. 김병갑, 김정오, 박정호, 이제훈, 한윤희, "레이저 클래딩(1) 금속분말 장치 개발," 레이저 가공 기술, 1997, pp. 1-4
2. Young-Ju Kang, Eung-San Cho, and Jae-Do Kim, "CO₂ Laser Cladding of Engine Valve

- Seat", Proc. of 1st APLS'98, Cheju, April 27-29, 1998
3. Jae-Do Kim, Yun Peng, "Temperature Field and Cooling Rate of Laser Cladding with Wire Feeding", KSME Int'l J. (SCIE), Vol. 14, No. 8, Aug. 2000, pp.851-860
4. 장웅, 전병철, 김재도, 정진만, 김철중, "펄스형 Nd:YAG 레이저에 의한 Inconel 용접의 기계적 특성 연구," 대한용접학회 춘계학술대회, 1997, pp. 99-101
5. 김재도, 배민중, 팽윤, "와이어 공급에 의한 Inconel의 Nd:YAG 레이저 클래딩," 대한용접 학회지, 제18권, 제3호, 2000, pp. 83~88
6. W. F. Smith, 1981, "Structure and Properties of Engineering Alloys," McGraw-hill, U.S.A., pp. 446
7. Jae-Do Kim, Peng Yun, Byung-Cheol Jeon, "The Application of Nd:YAG Laser to the on Site Repair of Damaged Components of Nuclear Power Plant", Congress Proc. of 12th IFHTSE, Vol.3, Melbourne, Australia, Oct. 29 - Nov. 2, 2000, pp.105-110
8. Young Tae Lee and Young Taek Hyun, "Application and Prospect of Titanium Alloy, for Automobile Parts," Korea Institute of Metals and Materials, Vol. 8, No. 3, 1995, pp. 286-296
9. Jae-Do Kim, Yun Peng, "Plunging method for Nd:YAG laser cladding with wire feeding", Optics and Lasers in Engineering, (SCI), Vol.33, No.4, 2000, pp.299-309.
10. J. M. Darchuk and L. R. Migliore : The Basic of Laser Welding, Laser and Application, (1995), pp. 59~66
11. Jae-Do Kim, Woong Jang, "Tensile Shear Strength of Inconel 600 and 690 Welded with Pulsed Nd:YAG Laser", Proc. of APCFS'99, Xian, China, June 3-6, 1999, (CD-Rom).
12. P. J. Oakley : Laser Heat Treatment and Surfacing Techniques, The welding Institute Research Bulletin, (1981), pp. 1~11
13. R. Walker : Applying Multikilowatt CO₂ Laser in Industry, Laser and Application, Apr. (1984), pp. 62~69