

**CO<sub>2</sub> 레이저를 이용한 고점성 혼합분말의 클래딩 가공 특성**  
**Characteristics of Cladding Process with High Viscosity Mixing Powder Using CO<sub>2</sub> Laser**

이영곤\*, 전병철\*, 오동수\*, 서병권\*\*, 김재도\*\*\*

\* 인하대학교 대학원

\*\* 인하대학교 기계기술공동연구소

\*\*\* 인하대학교 공과대학 기계공학과

**ABSTRACT**

High viscosity mixing powder is a very useful material for laser cladding. This material has a high viscosity so that it can be stuck to substrate. Therefore, Laser cladding can be performed on a curved or slope surface. Laser cladding can be easily performed with the material instead of wire that is difficult to be manufactured in some case. In this experiment, it was used a high viscosity mixing powder which consists of a high temperature flux and a bronze powder. And AC2B alloy material was used as a substrate. Flux prevents the clad layer from being oxidized and increases bonding property between substrate and cladding material. It makes possible to laser cladding at low level energy.

**1. 서 론**

기존의 레이저 클래딩은 크게 와이어를 이용하는 방법과 분말공급장치를 이용하는 방법이 있다<sup>1)</sup>. 이 방법들은 모재가 수평을 유지한 상태에서 평면만을 클래딩 할 때 유용하기 때문에 복잡한 곡면 등의 경사진 형태에 적용하기에는 불가능한 경우가 많다<sup>2)</sup>. 본 연구에서는 고점성 액체인 플럭스를 이용하였다. 클래딩 분말과 플럭스를 혼합한 고점성 재료를 제조하여 사용하였다. 이 재료는 고점성을 가지고 있으므로 일정 시간동안 모재 표면에 점착되어 있다. 경사진 복합 곡면 등에서 클래딩 가공을 가능하게 해준다<sup>3)</sup>. 이 가공법은 기존 와이어로 제조가 힘든 높은 경도의 재료를 분말 형태로 혼합하여 사용함으로써 원하는 조성 및 경도의 클래딩 가공을 쉽게 할 수 있다.

**2. 실험재료 및 방법**

**2.1 실험재료**

분말과 같이 혼합된 플럭스는 고점성의 액상 플럭스를 사용하였다. 미국 American Solder & Flux Co. Inc.가 제조한 AMCO 446 WHITE 제품을 사용하였다. 이 제품은 일반적으로 구리, 니켈, 청동, 스테인레스 스틸의 용접에 사용된다. 플럭스는 용접 작업시 용접재료가 녹는 온도보다 50℃ 정도 먼저 녹아서 모재와 용재사이에서 막을 형성한다. 이 막이 용재와 모재의 산화를 방지하여 용착효과를 높여준다<sup>3)</sup>. 그리고 핀홀(Pin-Hall)현상, 모재 및 용재의 과열을 방지하여 우수한 용접품질을 유지할 수 있게 한다<sup>3)</sup>. 분말은 청동분말을 사용하였다. Table 1에 청동분말의 조성을 나타내었다. 모재는 AC2B 알루미늄 합금을 사용하였으며 그 조성은 Table 2에 나타내었다.

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

	C	Si	Mn	S	Cr	Sn	Cu	Al	Ni	Ti	Mg	Fe	Zn	Pb
Bronze	0.001	0.001	0.003	0.001	0.004	8.7	91.2	·	·	·	·	·	·	·
AC2B	·	7.0	0.5	·	0.2	0.1	0.3	89.2	0.3	0.2	·	1.0	1.0	0.2

## 2.2 실험 방법

플럭스와 고루 혼합된 청동분말을 고점성분말 공급장치를 이용하여 모재위에 일정하게 한줄로 도포하였다. 모재는 레이저빔의 흡수율을 높이기 위하여 300mesh의 사포로 표면의  $Al_2O_3$ 를 제거하였다. 레이저는  $CO_2$  레이저를 사용하였다. 파워는 500W, 직경 5mm의 TEM 01\* 모드를 포커싱하여 사용하였고, 이송속도는 1mm/s로 하였다. 보호가스는 순도 99.99%인 아르곤 가스를 사용하였다.

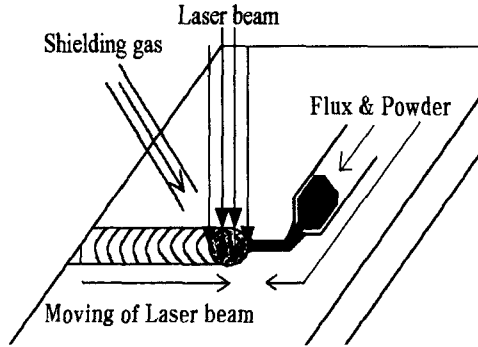


Fig. 1 Process direction in laser cladding

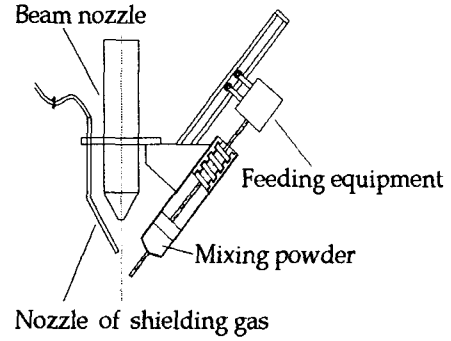


Fig. 2 Equipment of high viscosity mixing powder feeding

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 클래딩 형상 및 표면 특성

Fig. 3은 클래딩의 단면 형상이다. 가공된 클래딩 형상은 기존의 와이어클래딩 형상보다 원형에 가까운 형상을 나타내었다<sup>4)</sup>. 이는 플럭스가 열원에 의해 녹을 때 점도가 낮은 액상상태가 되므로 이때 표면면적을 최대한 줄이려는 표면장력이 발생하여 원형에 가까운 형상을 가지게된 것이다. 클래딩 표면은 Fig. 4에 나타내었다. 국부적인 표면 수축으로 완전히 평탄한 면은 아니지만 기존의 분말 및 와이어 클래딩보다 평탄한 표면을 나타내었다<sup>5)</sup>. 이것은 플럭스가 청동분말의 용융 결합력을 증가시켰고 표면장력의 발생으로 표면의 단면적을 최대한 작게하였기 때문이다.



Fig. 3 Cross section of clad layer



Fig. 4 Surface of clad

### 3.2 미세 조직 및 다일루션 분석

모재와 클래드 층의 결합 조직에서 크랙은 발견되지 않았으며 견고하게 결합된 것을 알 수 있었다. Fig. 5는 모재와 용융결합된 고점성 혼합분말의 결합층을 나타낸다. 다일루션층이 명확하게 구분되어지며 기존의 와이어 클래딩보다 폭이 두꺼운 다일루션 층을 형성하였다<sup>5)</sup>. 이는 실험시 저출력의

열원 때문에 이송속도를 감속한 결과 모재 및 혼합분말의 기예열로 인한 열확산이 깊었기 때문인 것으로 판단된다<sup>6)</sup>. Fig. 6은 다일루션층과 혼합분말층이 결합된 모습을 나타낸 것이다. 다일루션층과 혼합분말층과의 경계가 뚜렷하였다. 혼합분말층에서는 기공없이 촘촘히 결합되어졌다. 이는 플럭스가 분말간의 기공을 없애고 분말 용융시 결합력을 증가시켰기 때문이다<sup>3)</sup>.

### 3. 3 경도 측정 및 해석

Fig. 7은 클래딩 시편 단면의 경도 분포를 나타낸 것이다. 청동분말이 플럭스와 용융결합된 클래딩층에서의 경도는 높지 않았으나 결합이 잘 되었음을 알 수 있었다. 이곳에서의 경도는 분말과 플럭스의 조성비율에 따라 조절되어진다. 다일루션층은 모재와 청동분말의 클래딩층에 비해 높은 경도값을 나타냈다. 이는 청동과 AC2B의 용융결합이 발생하여 상대적으로 높은 경도값을 가지는 합금층을 형성하였기 때문이다. 모재의 열영향부에서는 경도가 모재보다 많이 증가하지 않았다. 이것은 폭이 두꺼운 다일루션층의 생성과정에서 청동과 모재의 합금화에 많은 에너지원이 쓰인 것으로 판단되어졌다.

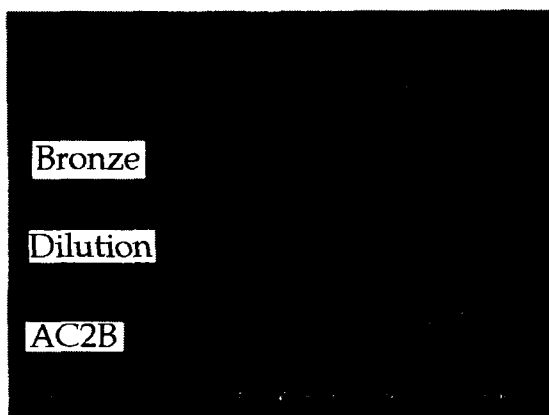


Fig. 5 Dilution layer in clad



Fig. 6 Clad layer between dilution and bronze

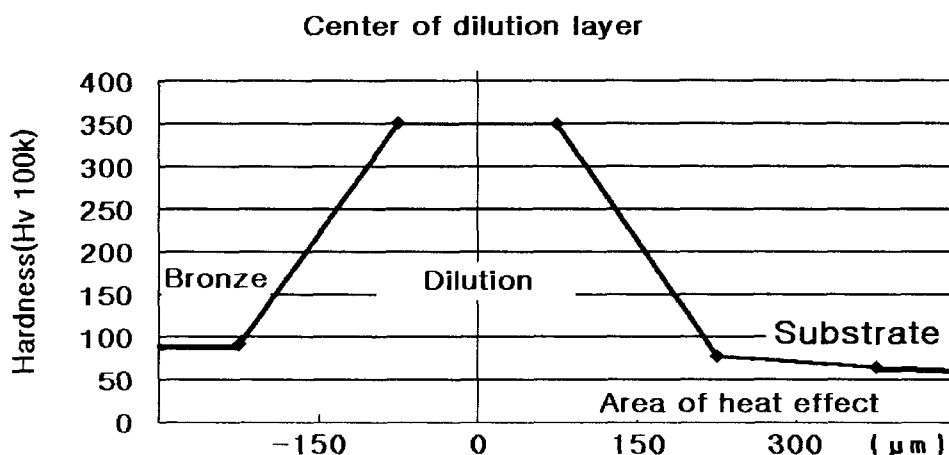


Fig. 7 Hardness distribution of clad layer

#### 4. 결 론

- (1) 레이저 클래딩 가공에서 플럭스와 분말이 혼합된 고점성 혼합분말의 적용가능성을 확인하였다.
- (2) 분말과 혼합된 플럭스로 인하여 산화가 방지되었으며 모재와 분말간의 용융 그리고 분말간의 용융 결합성이 증가하여 접합 효과를 높여 주었다. 저출력의 열원으로도 클래딩이 가능함을 확인하였다.
- (3) 이송 속도가 적정수준이하로 감소하면 플럭스의 점도를 떨어뜨려 분말이 플럭스층 위에 떠있는 현상을 발생시킨다. 모재에 정착된 재료의 건조 및 예열로 이 현상을 방지 할 수 있었다.
- (4) 클래딩 형상은 일반 와이어에 의한 클래딩 형상보다는 원형에 가까운 단면 형상을 가졌고 이는 혼합된 플럭스의 표면장력 때문이었다.

#### 후 기

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

#### 참고문헌

1. 김병갑, 김정오, 박정호, 이제훈, 한윤희, 1997, "레이저 클래딩(1) 금속분말 장치 개발," 레이저 가공 기술, pp. 1-4
2. Eung San Cho, Young Ju Kang, Jae Do Kim, 1998, "*CO<sub>2</sub> Laser Cladding of Engine Valve Seat*," Proc of APW'98
3. 오범석, 최명진, "용접 야금학", 원창출판사, pp. 242-244
4. 장웅, 전병철, 김재도, 정진만, 김철중, 1997, "펄스형 Nd:YAG 레이저에 의한 Inconel 용접의 기계적 특성 연구," 대한용접학회 춘계학술대회, pp. 99-101
5. 김재도, 배민중, 팽윤, 2000, "와이어 공급에 의한 Inconel의 Nd:YAG 레이저 클래딩", 대한용접학회지, 제18권, 제3호, pp. 83~88
6. Ung San Cho, Young Ju Kang, Jae Do Kim : *CO<sub>2</sub> Laser Cladding of Engine Valve Seat*, Proc of APLS'98. *rties of Engineering Alloys*, McGraw-hill, U.S.A., pp. 446
7. W. F. Smith, 1981, "*Structure and Properties of Engineering Alloys*," McGraw-hill, U.S.A., pp. 446
8. "*Corrosion of Nickel Base Alloys*," *Metals Handbook*, 9th Ed., ASM International, U.S.A., pp. 641
9. Young Tae Lee and Young Taek Hyun, 1995, "*Application and Prospect of Titanium Alloy, for Automobile Parts*," *Korea Institute of Metals and Materials*, Vol. 8, No. 3, pp. 286-296
10. 양훈영, 1994, "신금속재료학," 개정판, 문운당, pp. 407
11. 류병길, 주정권, 오용원, 1990, "니켈 및 니켈 합금의 용접에 대하여," 기술현대(Vol. 10 No 1), pp. 8-15
12. P. J. Oakley : *Laser Heat Treatment and Surfacing Techniques*, The Welding Institute Research Bulletin, (1981), pp. 1~11
13. S. Kimura, N. Sano, and S. Sugiyama : *Laser Heat Treatment with Beam Focussing Optical Systems*, Toshiba Co
14. Mikio Takemoto, Masanobu Shinya : *Coating of Aluminide Intermetallic Compounds by Laser Fusion Reaction*, Proc. of LAMP'92, pp. 773~778
15. R. Olen Lund, David E. Stoltzman: *Optimization of Focussed Spot Characteristics for Laser Beam Material Processing*, Proc. of ICALEO'92, pp. 1~9
16. R. Walker : *Applying Multikilowatt CO<sub>2</sub> Laser in Industry*, *Laser and Application*, Apr. (1984), pp. 62~69
17. J. M. Darchuk and L. R. Migliore : *The Basic of Laser Welding*, *Laser and Application*, (1995), pp. 59~66