

# 공구강의 내마모성을 높여주는 레이저 클래딩 기술동향

길상철<sup>1</sup>, 김환태<sup>#</sup>, 김상우<sup>1</sup>

## Trend of Laser Cladding Technology in Material Processing

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

### Abstract

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

**Key Words** : surface modification, tool steels, laser cladding technology, technical information analysis

### 1. 서론

레이저 클래딩(laser cladding)은 레이저를 이용하여 재료의 표면특성을 개량하는 표면개질(surface modification) 기술의 한 종류로서, 성질이 서로 다른 물질을 모재(substrate)의 표면에 코팅시키는 기술이며, 와이어 공급, 측면 또는 동축 분말분사 등과 같은 공정으로 작업을 실시한다. 본 연구에서는 이러한 레이저 클래딩에 대하여 개략적으로 살펴본 후, Engineering Village 플랫폼을 통해 제공하는 공학일반 데이터베이스인 Compendex 를 이용하여 1998 년부터 현재까지 발표된 레이저 클래딩에 관한 학술정보를 조사하고, 이를 통계적으로 분석하여 레이저 클래딩에 관한 기술동향을 알아보았다.

### 2. 레이저 클래딩 기술

레이저 클래딩은 내식성, 내마모성, 내용성 등의 성질을 향상시키기 위해 모재 표면에 이종금속을 도포한 다음 레이저로 용융접합하는 방법으로 모재와 이종금속 사이에서 용융접합이 이루어진다(<Fig. 1>, <Fig. 2> 참조). 이종금속을 도포하는 방법으로는 모재 표면에 이종금속을 페이스트나 박판 형태로 부착한 다음 레이저 빔을 조사하는 방법과 이종금속분말이나 와이어를 레이저 빔을 조사함과 동시에 공급하는 방법이 있다[1] [2].

레이저 클래딩은 지난 30 년간 공정과 활용에 관한 많은 연구가 이루어졌다. 공정은 CO<sub>2</sub> 레이저, Nd:YAG 레이저, Fiber 레이저, 분말분사용 노즐, 분말공급 장치 등이며, 활용은 코팅, 보수, 3 차원 조형 등이다. 레이저 클래딩에 사용되는 레이저의 종류는 <table 1>과 같다[3].

1. 한국과학기술정보연구원 정보분석센터

# 교신저자: 한국과학기술정보연구원 ReSEAT 프로그램, E-mail: htkimm@kisti.re.kr

레이저 클래딩은 철강, 알루미늄, 그리고 Ni 기 초내열합금 모재의 기계적 성질(경도, 탄성계수, 내마모성, 내식성)을 개선하기 위하여 연구개발을 수행하여 왔으며, 레이저 시스템 비용의 절감, 클래딩 재료의 잠재성 증가, 속도가 빠른 모델의 출현 등에 힘입어 다양한 응용분야에 적용할 수 있는 매력적인 기술로 성장했다[4] [5].

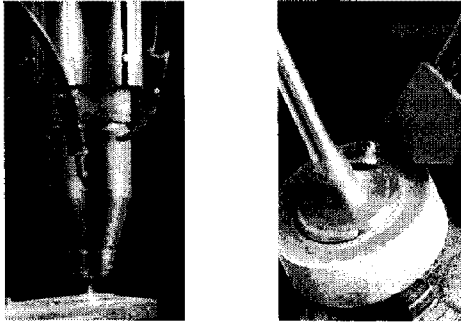


Fig. 1. Laser Cladding Technology [2]

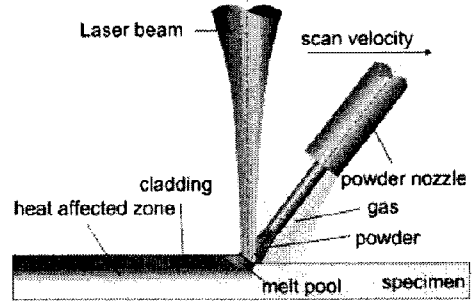


Fig. 2. Principle of Laser Cladding Technology [3]

Table 1. Types of Lasers Used for Cladding [2]

Laser	Wavelength	Beam Quality	Beam Delivery
CO <sub>2</sub>	10.6 microns	high	free space (mirroes)
ND:YAG	1.06 microns	low	large fiber (typ. 0.4-0.6 mm)
Fiber	1.07 microns	high	small fiber (typ. 0.05-0.1 mm)
Direct diode	0.8-1 microns typ.	low	Free space (typ. rectangular beam)

### 3. 학술정보분석

Engineering Village 플랫폼을 통해 제공하는 공학일반 데이터베이스인 Compendex 를 이용하여 1998 년부터 현재(2008. 5)까지 발표된 레이저 클래딩에 관한 학술정보를 조사하였다. Compendex 는 공학 분야의 국제적인 출판사인 Engineering Information Inc.의 The Engineering Index Monthly(EI)지를 컴퓨터 가독형으로 만들어 데이터베이스로서 5,000 여 종 이상의 공학계 잡지, 회의록, 기술보고서로부터 900 만 편 이상의 정보를 수록하고 있다.

<Fig. 3>에 보인 바와 같이 1998 년부터 현재까지 발표된 학술정보 4,178 편 중에서 초록을 검토하여 관련도가 다소 떨어지는 학술정보를 제외한 1,203 편의 학술정보를 분석하였다.

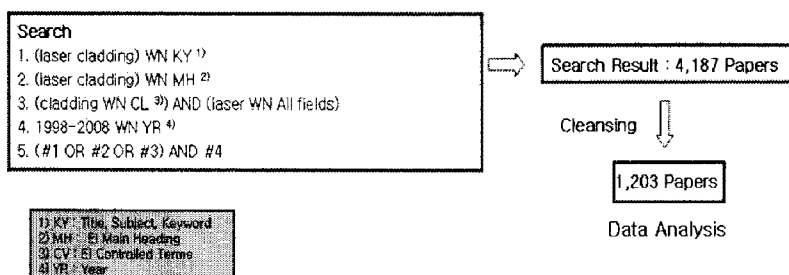


Fig. 3. Search query and information analyzing process

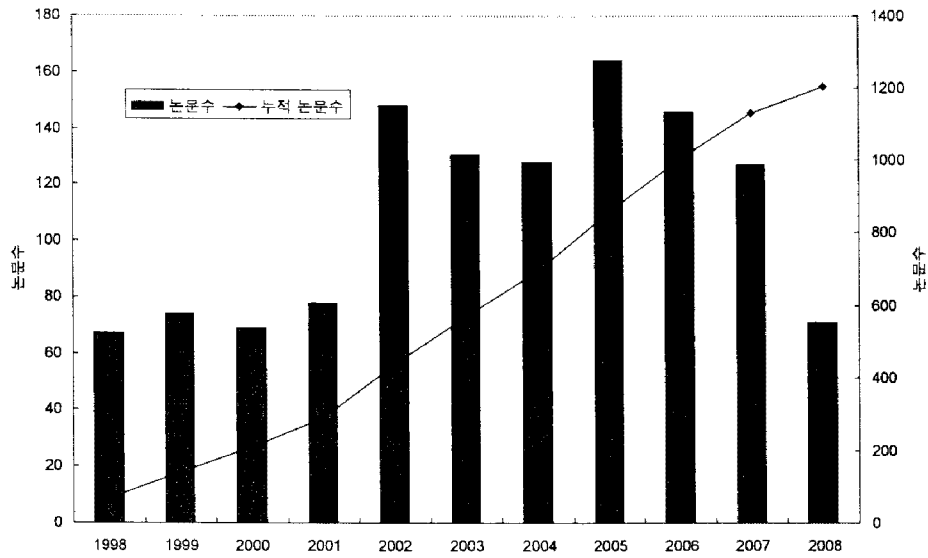


Fig. 4. Comparison of the Published Papers (Year)

레이저 클래딩에 관한 학술정보는 2001 년까지 한 해 67~78 편 정도가 발표되다가 2002 년부터는 한 해에 100 편 이상의 학술정보가 발생하고 있다. 국가별로는 중국이 743 편의 학술정보를 발표하여 가장 활발한 움직임을 보이고 있는 가운데 일본, 미국 등이 그 뒤를 따르고 있다. 한편 주저자가 소속한 기관들을 살펴보면, 중국의 Tsinghua University 가 68 편, Beihang University 가 63 편, Huazhong University of Science and Technology 가 62 편의 학술정보를 발표하는 등 중국의 대학들이 강세를 보이고 있다.

Table 2. Institute for Laser Cladding

Institute	Account	Institute	Account
Tsinghua Univ.	68	National Research Council Canada	15
Beihang Univ.	63	Polish Acad of Sciences	14
Huazhong Univ. of Sci. and Technol.	62	Nagasaki Univ.	13
Chinese Acad of Sciences	47	Xi'an Jiaotong Univ.	13
Harbin Inst. of Technol.	28	Northeastern Univ.	12
Shandong Univ.	26	Northwestern Polytech. Univ.	12
Tianjin Polytechnic Univ.	25	Zhengzhou Univ.	12
Anhui Univ. of Technol.	23	Univ. of Waterloo	11
Dalian Univ. of Technol.	23	Hunan Univ.	10
Hong Kong Polytechnic Univ.	20	Natl Cheng Kung Univ.	10
Shanghai Jiaotong Univ.	17	Shenyang Univ. of Technol.	10
Univ. of Groningen	17	Swinburne Univ. of Technol.	10
Jilin Inst of Technol.	16	Tianjin Univ.	10

이와 같이 레이저 클래딩 기술이 2000 년대에 급속하게 성장한 배경으로는 고출력 레이저의 활용, 고성능 내마모 표면개질 기술 수요의 증가, 그리고 중국 연구기관의 활발한 연구활동 등을 들 수 있다. 내마모성 코팅의 대부분은 SiC, WC, TiC, 그리고 Ni, Al, Fe 기지로 보강된 MMC 코팅으로 평가되고 있으며 철강, 알루미늄 혹은 황동 모재에 적용되고 있다. 레이저 클래딩 기술이 적용되고 있는 잠재력이 높은 분야로는 3 차원 패속조형, 첨단재료(TiB<sub>2</sub>, Ti<sub>5</sub>Si<sub>3</sub>, NiTi<sub>2</sub>)의 비평형 합성, Al 기 발포체 재료를 이용하는 코팅 등을 들 수 있다[6] [7].

#### 4. 결 론

1. 레이저 클래딩 기술은 30 년이 넘는 역사 속에서 레이저 시스템 비용의 절감, 클래딩 재료의 잠재성 증가, 속도가 빠른 모델의 출현 등에 힘입어 다양한 응용분야에 적용할 수 있는 매력적인 기술로 성장했다.
2. 레이저 클래딩기술에 대한 아시아, 특히 중국에서의 연구활동이 괄목할 정도로 성장하였다. 유럽에서는 알루미늄 부품에 대한 레이저 클래딩 연구가 활발하다.
3. 레이저 클래딩 기술동향은 3 차원 패속조형, 첨단재료의 비평형 합성, 발포체 재료를 이용하는 코팅 등과 같은 흥미로운 분야로 연구가 옮겨가는 경향을 보이고 있다.
4. 레이저 클래딩으로 표면개질 처리를 받은 철강, 알루미늄, 그리고 Ni 기 초내열합금 모재의 기계적 성질(경도, 탄성계수, 내마모성, 내식성)을 개선하기 위하여 연구개발을 수행하였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 김재우, 나도백, 길상철, 2002, 레이저 가공기술, 한국과학기술정보연구원, pp. 36~37.
- [2] Wayne, 2008, Laser Cladding : Basics, Welding Journal, Vol. 87, No. 2, pp.47~49
- [3] K. Partes et al, High Efficiency Laser Cladding at Elevated Processing Speed, ICALEO 2005 Congress Proceeding, pp.621~628
- [4] Nowotny Steffen, Scharek Siegfried, Beyer Eckhard, Richter Karl-Hermann, 2007, Laser beam build-up welding: Precision in repair, surface cladding, and direct 3D metal deposition, Journal of Thermal Spray Technology, Vol. 16, No. 3, pp.344~348
- [5] Xu Guojian, Kutsuna Muneharu, Liu, Zhongjie, Zhang, Hong, 2006, Characteristics of Ni-based coating layer formed by laser and plasma cladding processes, Materials Science and Engineering A, Vol. 417, No. 1-2, pp.63~72
- [6] J. Archambeault, 2005, Scientific and Technological Landscape of Laser Cladding: A Bibliometric Analysis of Patents and Publications, ICALEO 2005 Congress Proceeding, pp.570~579
- [7] Kim J.D., Kang K.H., Kim J.N., 2004, Nd : YAG laser cladding of marine propeller with hastelloy C-22, Applied Physics A: Materials Science and Processing, Vol. 79, No. 4-6, pp.1583~1585