

## 공정변수변화에 따른 레이저합금화의 특성 연구

최정영\*, 이창희\*, 윤의박\*

\*한양대학교 금속공학과

### 서론

금속의 내부식성 및 기계적성질 향상을 위하여 레이저를 이용한 표면합금화가 행하여지고 있다. 레이저를 이용한 표면처리의 경우 공급되는 빔의 power, 빔의 이동속도, 분말송급속도의 공정변수 및 재료의 특성 등 수많은 변수와 각각의 변수간의 상호반응에 따른 해석의 어려움으로 국내에서는 이러한 변수에 따른 체계적인 연구가 진행되지 못하고 있다. 이에 레이저합금화의 모델링을 위한 예비단계로 빔의 power, size, 분말 송급속도의 변화와 clad의 높이, 폭의 상관관계를 도출해내고자한다.

### 이론

기존의 레이저합금층의 두께를 예측하기위한 모델링은 실험을 통해 얻은 결과를 분석하여 수식을 세우는 방법<sup>(1)</sup>과 열전달방정식과 물질전달 방정식등을 analytic method를 이용하여 해석해를 구하는 방법<sup>(2)</sup>, numerical method를 이용하여 수치해를 구하는 방법이 있다. 실험분석 모델링은 예측된 수식해가 실험을 통하여 변수에 대한 재료의 영향을 얻을 수 있지만 사용된 재료와 조건에서만 예측이 가능한 단점이 있다.

numerical method는 governing equation 설정하고 bead내의 온도를 유한차분법(FDM), 유한요소법(FEM), 경계요소법(BEM)등으로 계산한다.

용융bead내의 열해석에 사용되는 열전달방정식은 다음과 같다

$$\alpha \left( \frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta z^2} \right) + Q_l = \rho c_p \frac{\delta T}{\delta t}$$

$\alpha$  : thermal diffusivity,  $Q_l$  : latent heat

$\rho$  : density,  $c_p$  : specific heat

이 수식의 경계조건을 설정하고 컴퓨터계산을 통해 bead내의 온도분포를 예측함으로써 모재가 용융되는 두께와 powder가 모재에 희석되는 정도<sup>(4)</sup>를 알 수 있다.

현재 합금층의 두께를 예측하는 것은 아래식과 같이 Powder와 입열량과의 Energy balance를 이용하여 analytic method 로 구했다.

$$r_c = \left( \frac{2fP}{[(T_f - T_0)C_p + L] \pi v \rho} \right)^{1/2}$$

$r$  : radius of bead,  $f$  : coefficient,  $P$  : power  $T_f$  : first temperature  $L$  : latent heat

$T_0$  : surrounding temperature,  $v$  : beam travel speed

analytical method는 Mazumder에 의해 laser alloying에 따른 고용도, bead의 두께와 공정변수와의 관계를 유도<sup>(2-3)</sup>하였으나 수식의 수학적 풀이과정 중의 지나친 가정으로 실제현상에 적용하기에 다소 어려움이 있다. 따라서 보다 실제의 현상에 가까운 예측을 위한 수치해석기법의 도입이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 수치해를 구하기 위한 준비작업으로 아래와 같은 실험을 하였다.

### 실험방법

본실험에서는 powder feeder를 이용하여 Fig 1과 같이 CO<sub>2</sub> laser에 의해 표면에 얇은층에 형성된 melt pool에 분말을 송급하여 표면에 합금층을 형성하였다.

분말 송급각도는 45° 로 하였으며 Table 1과 같은 powder를 각각의 변수를 변화하여 합금층을 형성하였다.

power : 2.1, 2.4, 2.7 kW  
velocity : 100~1500 mm/sec  
beam size : 3,6,8 mm in diameter  
powder feed rate : 0.15, 0.3, 0.6 g/sec

#### 결과 및 고찰

beam size 와 power와 bead의 높이와 폭의 관계를 Fig 2, Fig 3에 나타냈다.  
beam size가 증가할수록 bead의 높이는 증가하며 폭은 beam size와 비슷한 크기를 가진다.  
Fig4, 5는 powder feed rate의 증가에 따른 bead의 폭과 높이를 나타내고 있다.  
폭은 beam size와 비슷한 크기이고 powder feed rate가 커질수록 높이가 증가하고 있음을 볼 수 있다.

#### 참고문헌

- 1.Zeng xiaoyan, Parameters Investigation of laser cladding Coating with Autofeeding Apparatus, LAMP 92 , p 831-836
- 2.A.Kar and Mazumder, one dimensional diffusion model for extended solid solution in laser cladding, J.of Physics 61(7) 1987,p2645-2655
- 3.A.Kar and Mazumder, solid solubility in cladding, J. of Metals, 1987.February, p18-23
- 4 A.F.A.Hoadley and M.Rapaz,A thermal Model of laser cladding by powder injection,metall.transa B.23B, 1992 p631

Table 1 Chemical composition of substrate.

Type	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
AISI 403	0.128	1.511	0.923	0.022	0.066	0.677	13.10	0.607	0.059

Table 2 Chemical composition of powder used for alloying.

Type	Specification		Composition			
	Composition	Size	C	Cr	Ni	Si+Ca+Mg+Fe+Co
81VF	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> 75% Ni 20% Cr 5%	5 - 45 μm	9.80	71.88	16.99	1.306

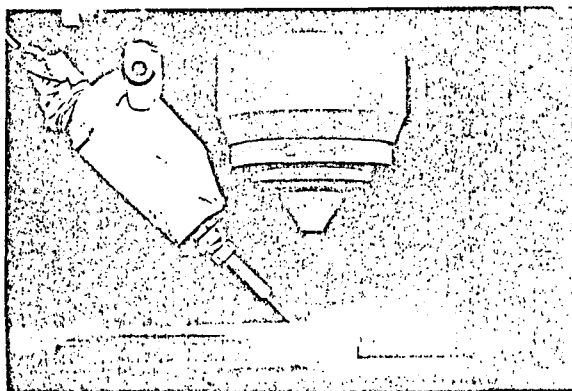
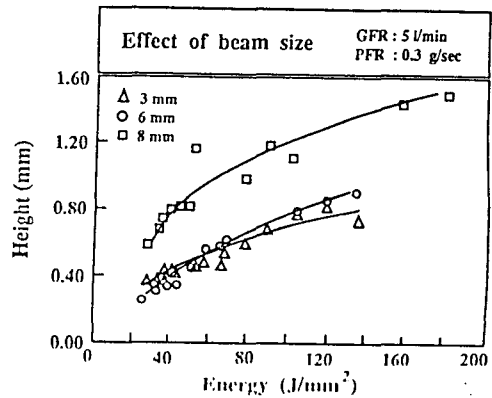
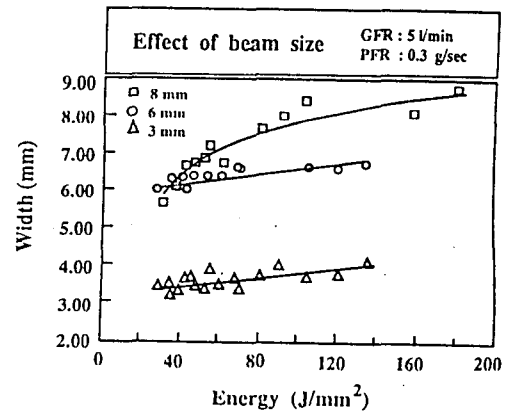
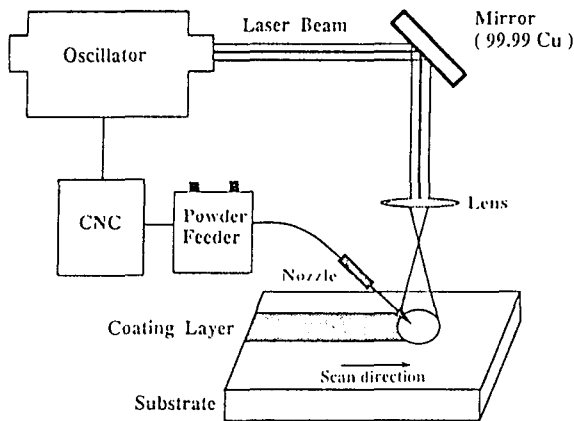


Fig 1 Schematic view of laser alloying technique.

Fig 2 Effect of beam size and specific energy on dimension of laser alloyed layer.

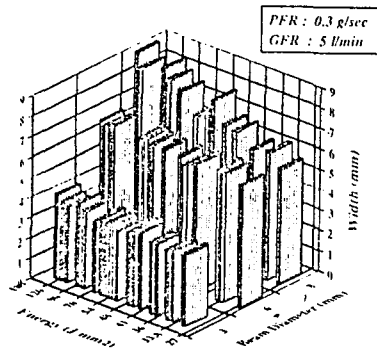
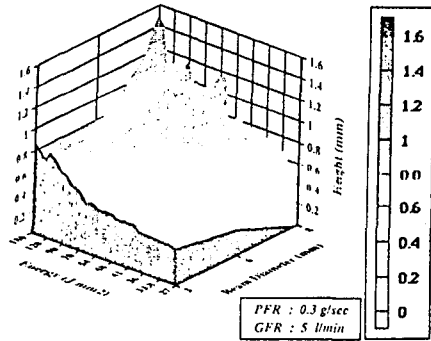


Fig 3 3 dimensional presentation of effect of beam size and energy.

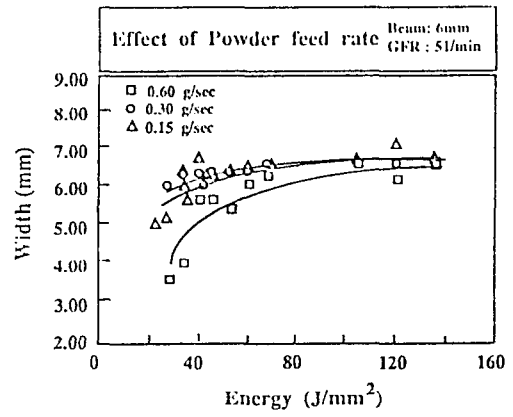
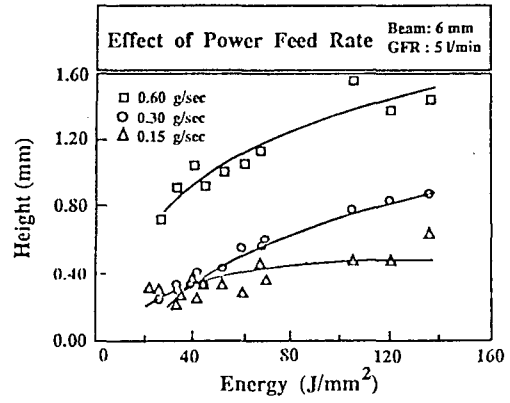


Fig 4 Effect of powder feed rate and specific energy on dimension of laser alloyed layer.

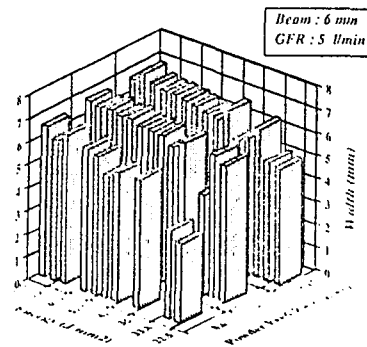
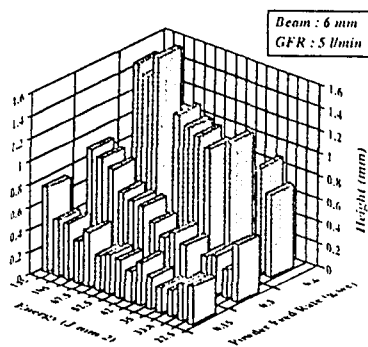


Fig 5 3 dimensional representation of effect of powder feed rate and energy.