

◆ 특집 ◆ 직선·회전모터 구동 이송·회전체 연구 V

## 레이저모듈에서의 1-축 틸팅의 회전각 계산

### Angle Calculation Rotation Angle of One-axis Manipulator in Laser Module

정동원<sup>1,✉</sup>, 김동홍<sup>1</sup>, 김봉천<sup>1</sup>, 김동현<sup>2</sup>

Dong Won Jung<sup>1,✉</sup>, Dong Hong Kim<sup>1</sup>, Bong Chun Kim<sup>1</sup> and Dong Hyeon Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 제주대학교 기계공학과 (Department of Mechanical Engineering, Jeju Univ.)

<sup>2</sup> 창원대학교 기계설계공학과 (Department of Mechanical Design and Manufacturing Engineering, Changwon National Univ.)

✉ Corresponding author: jdwcjeju@jejunu.ac.kr, Tel: 064-754-3625

Manuscript received: 2012.3.12 / Accepted: 2012.3.26

*Laser assisted machining is the processing method that preheating brittle materials by laser heat source and cutting the soften area. This processing applied to various industries because it can be cutting difficult-to-cut materials. However, the laser assisted machining appeared the limitations of processing for equipped with the spindle. So, it assumed separate model that spindle and laser assisted machining. In feed, the calculation of changing the angle of the laser module according to preheat point and the shape of the feed is important and it tried easy calculating changing angle of 1-axis Manipulator in separate model. In 3 types feed shape, angle of 1-axis Manipulator was calculated when fixed and moved in the outside of spindle. In this study, suggest 2 types of methods for laser module when fixed and moved.*

Key Words: Laser Assisted Machining (레이저 보조 가공), 1-axis Manipulator (1-축 틸팅), Angle Calculation (각도 계산),

#### 1. 서론

레이저 가공은 비접촉 가공, 최소 열영향부, 가공의 유연성 등의 특징을 가지고 있으며, 이러한 특징을 이용한 레이저보조가공(Laser assisted machining)법은 레이저 열원을 이용하여 재료를 예열한 다음 연화된 부위를 절삭할 때 가공하는 방법이다. 이러한 장점들로 인해 레이저 보조가공은 많은 가공 산업에 적용 될 가능성이 높고, 난삭재 가공에서 중요한 역할을 차지하고 있다.<sup>1-4</sup>

하지만 레이저보조가공은 열원이 이동, 가공할 피드(feed)의 복잡한 형상의 가공, 레이저 열원에 의해 재료와 공구에 직접적으로 미치는 열영향 등 많은 난제들이 남아 있는 실정이다.

기존연구에는 스피들에 레이저모듈을 장착 후

고정을 하여 가공을 했지만, 스피들의 공구의 가림 효과와 스피들의 불필요한 이동 등으로 가공하는데 제한이 있어서 이러한 단점들을 해결하는 방안으로 레이저모듈이 스피들과 분리 되어 외부에 고정시킬 필요성이 검토가 되었다.

레이저모듈이 스피들에서 분리 되었을 경우 여러가지 형상의 피드에서 레이저 예열포인트와 스피들의 정확한 좌표계산이 수행 되어야 한다. 정확한 레이저 예열포인트를 계산하기 위해서는 1-축 틸팅의 회전각이 고려가 되어 회전각의 계산을 단순하게 하여 빠르고 능동적으로 대처할 필요성이 있다.

이번 연구에서는 피드형상 변화를 고려하여 레이저모듈의 1-축 틸팅 각도 변화에 대해서 연구하여 스피들에서 분리하여 장착했을 때의 여러 가지 가능성들을 검토하였다.

**2. 레이저 모듈과 피드의 형상**

피드 형상은 Fig. 1 과 같이 3 가지로 고려하였다. 평평한(Flat)형상, 경사진(Inclination)형상 그리고 복잡한(Complex)형상일 때를 나누어서 고려하였다.

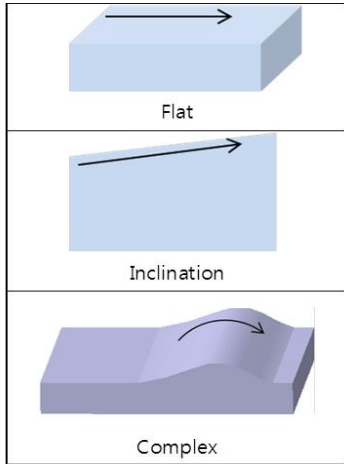


Fig. 1 Schematic of feed shapes

Fig. 2 는 레이저모듈을 모델링 한 것으로 스펀들에서 고정하거나, 스펀들에서 분리하여 장착 할 수 있도록 모델링 하였다. 이 레이저모듈은 1 축 틸팅(1-axis manipulator)로써 레이저의 초점 거리조정과 레이저를 부착할 수가 있으며, 이전 연구들에서 모듈이 연구되었다.<sup>5</sup>

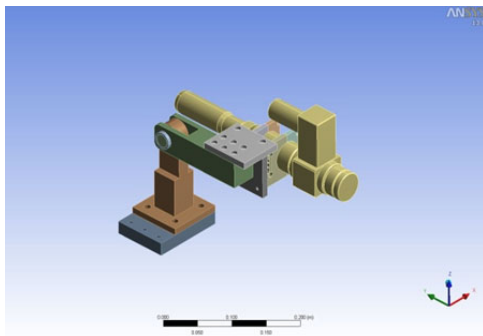


Fig. 2 1-axis Manipulator

Fig. 3a 는 레이저모듈이 스펀들에 고정되어 있으며, Fig. 3b 는 스펀들과 분리되어 외부에 고정 장착되어 있는 그림이다. Fig. 3a 에서는 레이저모듈이

스핀들에 고정되어 있기 때문에 가공할 때에 한 방향만 가공이 가능하고 다른 방향으로 가공할 때는 공구가림 효과 등 몇 가지 문제들이 나타날 수 있기 때문에 Fig. 3b 와 같이 레이저모듈이 외부에 고정되어 1-축 회전제어가 가능한 모델을 제시하였다. 또한 Fig. 3b 의 모델에 추가하여 레이저모듈이 x-y 평면에 평행하게 이동이 가능하여 보다 원활한 가공이 가능한 모델도 같이 고려하여 보았다.

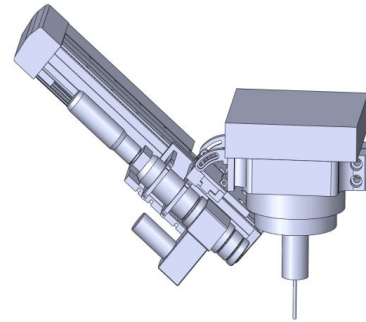


Fig. 3(a) Before separating laser module

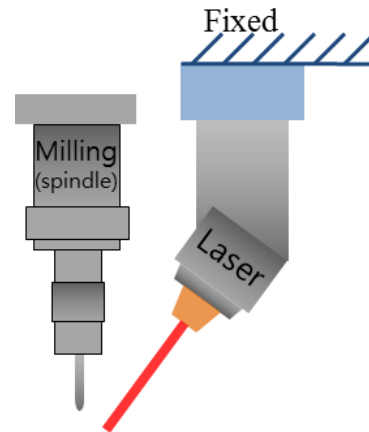


Fig. 3(b) After separating laser module

**3. 1-축 틸팅 회전각 계산**

**3.1 고정식 틸팅 회전각 계산**

Fig. 4 는 레이저모듈이 Fig. 3 처럼 외부에 고정되어 있으며, 1-축 틸팅이 회전하여 피드를 예열하고 가공한다.

피드의 형상은 3 가지로 고려를 하였지만, 외부에 고정이 되어있을 경우 한 개의 식으로도 정의가 가능하였다.

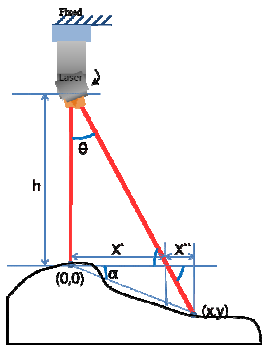


Fig. 4 Angle calculation of fixed 1-axis manipulator

Fig. 4 의 연장선에서 각  $\alpha$  인 삼각형의 삼각함수의 식을 나타내면 아래의 식 (1)과 같다.

$$\tan \alpha = \frac{y}{x} \tag{1}$$

여기서  $\alpha$  는 피드상에서 초기 예열포인트에서 이동한 예열포인트까지 기울기 값이고,  $x$  와  $y$  는 이동한 예열포인트의 좌표값이다.

Fig. 4 와 같이 연장선을 고려하여 길이  $x$  를  $x'$  과  $x''$  으로 나누고 삼각함수로 나타내면 아래의 식 (2), (3)과 같으며,

$$\tan(90 - \theta) = \frac{h}{x'} \tag{2}$$

$$\tan(90 - \theta) = \frac{y}{x''} \tag{3}$$

여기서,  $\theta$  는 레이저모듈에 1-축틸팅이 회전한 각도이고,  $h$  는 초기 레이저모듈과 피드간의 수직거리이다.

식 (2)와 식 (3)을 합하고  $h$  와  $y$  를 이용하여 다시 표현하면,

$$x = \frac{y + h}{\tan(90 - \theta)} \tag{4}$$

식 (4)가 되며 이 식을 정리하면,

$$\cot \theta = \tan \alpha + \frac{h}{x} \tag{5}$$

식 (5) 처럼 간단한 식으로 정의를 할 수 있다. 위 식 (5)는 모든 형상에도 동일하게 적용할 수 있으며, 피드상에서 좌표를 알기 때문에 원하는 시점에 레이저모듈의 회전각인  $\theta$  를 알 수 있다.

### 3.2 이동식 틸팅 회전각 계산

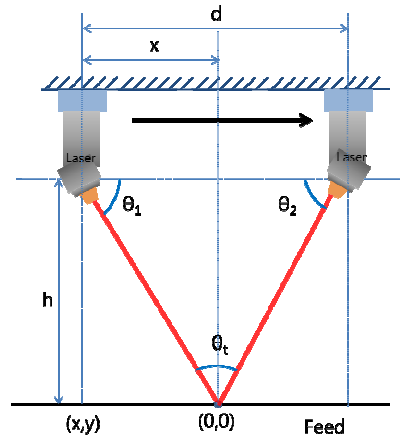


Fig. 5 Angle calculation of moved 1-axis manipulator

레이저모듈과 피드의 경사각(inclination angle)의 각도는 피드를 예열할 때 영향을 준다.<sup>6</sup> 그러므로 세밀한 작업을 할 때 레이저모듈과 피드의 경사각을 고려를 해주어야 하고 공구가림을 빠르고 쉽게 제거하기 위하여 레이저모듈이 고정인 이동이 절실히 필요하다. 레이저모듈이 이동할 때 레이저모듈의 틸팅각의 계산은 레이저모듈이 고정할 때 계산하는 방식과 비슷하다.

Fig. 5 에는 레이저모듈이 이동할 때 나타나는 틸팅각의 변화에 대해 보여주고 있다. 초기 레이저모듈의 틸팅각인  $\theta_1$  에서  $\theta_2$  로 변화하며 두 개의 각도변화 값을  $\theta_t$  라고 가정을 한다. 식 (6)과 같이  $\theta$  값들의 관계를 정의 할 수 있다.

$$\begin{aligned} 180 &= \theta_t + \sigma_1 + \sigma_2 \\ \theta_t &= 180 - (\sigma_1 + \sigma_2) \end{aligned} \tag{6}$$

여기서  $\theta_1$  와  $\theta_2$  는 레이저모듈이 고정 했을때와 같은 방식으로 나타내면 식 (7), (8)이 된다.

$$\theta_1 = -\tan^{-1} \frac{h}{x} \tag{7}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{h}{x+d} \quad (8)$$

여기서,  $h$  는 레이저모듈과 피드에서 수직 거리이다.

식 (7), (8)을 식 (6)에 대입을 하면 식 (9)와 같은 최종식이 나온다.

$$\theta_i = 180 - \left( \tan^{-1} \frac{h}{x+d} - \tan^{-1} \frac{h}{x} \right) \quad (9)$$

식 (9)는 이동하는 방향성을 고려한 것이므로 레이저 틸팅각이 반 시계방향으로 변화할 때에는 식 (9)의 180 값을 -180 값으로 바꾸어 주어야 한다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 레이저모듈이 스피들에서 분리되어 외부에 고정 되었을 때와 x-y 평면에 평행하게 이동할 때의 1-축 틸팅의 각도에 대해서 2 개의 식을 제시하였다. 레이저 모듈을 외부에 고정시켰을 때에는 3 가지의 피드 형상을 고려하였고 1 개의 종합된 식으로도 계산이 가능하였다. 레이저모듈이 외부에서 x-y 평면에 평행하게 이동할 수 있는 경우에도 1-축 틸팅 각도를 구할 수 있도록 2 개의 식을 도출하였다.

#### 후 기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업 (RTI04-01-03) 지원으로 수행되었습니다. 그리고 2011 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (No.2011-0017407).

#### 참고문헌

1. Choi, S. D., Cheong, S. H., Kim, G. M., Yang, S. C. and Kim, J. G., "Characteristics of metal surface heat treatment by diode laser," Journal of Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 6, No. 3, pp. 16-23, 2007.

2. Lee, J. H., Shin, D. S., Suh, J., Cho, H. Y. and Kim, K. W., "Trends of Laser Integrated Machine," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 25, No. 9, pp. 20-26, 2008.
3. Jung, J. W. and Lee, C. M., "A study on the cutting tool and holder deformation prediction undergoing laser-assisted machining with moving heat sources," Journal of Korean Society for Precision Engineering, Vol. 26, No. 9, pp. 127-134, 2009.
4. Yilbas, B. S., "Laser short-pulse heating: moving heat source and convective boundary considerations," Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol. 293, No. 1-2, pp. 157-177, 2011.
5. Kim, K. S., Kim, J. H., Choi, J. Y. and Lee, C. M., "A review on research and development of laser assisted turning," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 12, No. 4, pp. 753-759, 2011.
6. Kim, K. S. and Lee, C. M., "Analysis of Moving Heat Source for Laser Assisted Machining of Plate by Feed Rate Control," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 28, No. 12, pp. 1341-1346, 2011.