

## 자동 지그 바이스용 조오-웨지의 클램핑 특성 연구

정시교\*, 맹희영†

(논문접수일 2011. 10. 05, 수정일 2011. 11. 10, 심사완료일 2011. 11. 16)

### A Study on Clamping Characteristics of Jaw-wedge for Automatic Jig Vise

Si-Kyo Jung\*, Heeyoung MAENG†

#### Abstract

A jig vise is a device to clamp workpiece precisely, which is widely used for various machine tools and manufacturing purpose. A new elastic structured jaw-wedge of jig vise is developed, in this paper, so as to satisfy the clamping requirement and the suppression effect of upright movement of workpiece. The advanced design parameters of jaw-wedge are derived step by step considering the stress distribution and the displacement profiles of ANSYS analysis, and it could find the optimum model which shows the uniform displacement profiles and exhibits the non-concentrated stress distribution of jaw neck. As a result, it is ascertained that an jaw-wedge developed in this study is the simple elastic structure which is effective for automatic multiple clamping purpose without the danger of shear crack or bucking of jaw.

**Key Words** : Automatic jig vise(자동 지그 바이스), Jaw-wedge(조오-웨지), Move vise(이동 바이스), Fixed vise(고정 바이스), Jaw body(조오 몸체), Jaw upper(상부 조오)

### 1. 서론

최근 자동 정밀가공 공정의 적용 범위가 확대됨에 따라 공작 기계용 또는 반도체 제조공정용 지그 바이스의 수요가 늘어나고 있으며, 자동으로 정밀하게 클램핑할 수 있는 고기능 제품으로 발전되고 있다. 자동 유압 지그 바이스를 사용하게 되면 지그의 정밀도를 유지하면서 강한 체결력을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 다중 작업이 가능한 장점이 있다<sup>(1)</sup>.

그러나 일반적으로 지그 바이스는 측면 슬라이딩 방식으로 가공물을 클램핑하고 있기 때문에 가공물과 바이스의 물림면이 완전하게 평행을 이루지 않는 한, 접촉할 때 가공물이 수직 방향으로 부상(浮上)하여 가공오차를 초래하게 되고, 체결력이 크면 클수록 그 오차도 함께 커지는 어려움이 있다<sup>(2)</sup>.

이러한 한계점을 극복하기 위해 최근에는 특수한 구조의 조오(jaw)를 활용하여 지그 바이스가 클램핑될 때 가공물의 부상을 최소화시켜 보려는 다양한 기구들이 고안되고 있다<sup>(3~5)</sup>. 이들 기구를 사용하게 되면 지그 바이스를 자동으로 제어할 때, 피가공물을 감지하여 클램핑 동작이 손쉽게 구현되도록 도와주며 규격 부품의 활용할 수 있어 제조 단가를 낮추고 확장시 새 제품의 구입 부담도 줄일 수 있다.

따라서 본 연구는 조오의 부상력 억제 효과를 최소화시킬 수 있는 탄성 구조의 조오-웨지를 개발하고자 하였다. 지그 바이스의 표준 규격에 의거하여 기초 모델링과 해석 과정을 통하여 조오의 클램핑 성능과 부상력 억제 효과가 극대화된 설계 파라미터들을 도출하였으며, 해석된 변위 분포와 응력 상태를 통해 그 기능의 적합성을 검토하였다.

\* 서울과학기술대학교 철도전문대학원

† 교신저자, 서울과학기술대학교 공과대학 기계설계자동화공학부 (maeng@seoultech.ac.kr)  
주소: 139-743 서울시 노원구 공릉2동 172

## 2. 시스템 구성과 조오-웨지의 작동

본 연구에서 고안한 자동 지그 바이스는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 베드(bed) 안내면(guide way) 위에 1개 고정 바이스(fixed vise)와 2개의 이동 바이스(move vise)가 설치되어 있으며, 자동 몰림 작동을 위한 유압 기구, 동력 및 제어 장치 등이 부가적으로 장착되어 있다. 여기서 가공물은 중앙의 고정 바이스를 기준으로 양쪽에 위치한 이동 바이스에 의해 두 곳에서 클램핑된다<sup>(6)</sup>.

베드의 안내면은 5줄의 슬롯으로 형성되어 있으며, 좌측의 이동 바이스는 Fig. 2(a)와 같이 3곳의 안내 블록에 의해, 우측의 이동 바이스는 Fig. 2(b)와 같이 4곳의 안내 블록에 의해 안내되어 클램핑시 체결력이 안정적으로 분산되도록 고안하였다. 한편 이동 바이스의 접촉면에는 가공물과의 접촉상태를 인식할 수 있도록 4개의 센서(Fig. 2(a)에 화살표로 표시된 부분)가 설치되어 있다.

베드의 중앙에 설치된 고정 바이스의 위 부분에는 Fig. 3(a)와 같이 조오-웨지(jaw-wedge)가 4개 설치되어 있으며, 내부

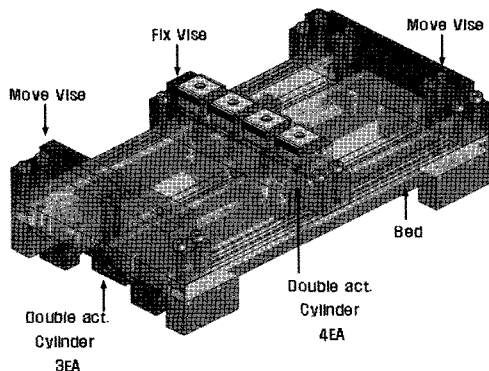
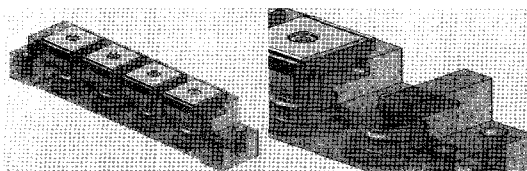


Fig. 1 Designed automatic multi jig vise



(a) Left move vise (b) Right move vise

Fig. 2 Modeling of move vise



(a) 4 jaw-wedge (b) pull down action

Fig. 3 Configuration of fix vise elements

아래쪽에 위치한 실린더 핀(Fig. 3(b))은 웨지를 아래로 잡아당기고 또한 웨지가 조오를 탄성적으로 벌리면서 조오 양쪽의 접촉면이 가공물을 견고하게 클램핑할 수 있도록 되어 있다.

조오-웨지는 조오 부품과 웨지 부품으로 구성되어 있는바, 조오 부품은 또한 Fig. 4와 같이 탄성 구조의 조오 몸체(jaw body) 위에 가공물과의 접촉기능을 높일 수 있도록 그레이팅(grating)된 접촉면을 갖는 상부 조오(jaw upper)를 별도로 제작한 후 몸체에 조립하여 사용할 수 있도록 되어 있다. 그리고 웨지 부품은 Fig. 5(a)와 같이 조립되어 장착되며, Fig. 5(b)와 같이 웨지 볼트(bolt)가 하부의 피스톤 핀에 연결되어 클램핑될 때 아래로 당겨지도록 구성되어 있다.

결과적으로 지그 바이스는 Fig. 6(a)~(b)와 같이 이동 바이스가 이동하다가 가공물에 접촉되면 이를 센서가 감지하여 최소한의 접촉력을 주면서 1차 클램핑 위치를 잡는다. 그 다음 Fig. 6(c)~(d)와 같이 상하로 움직이는 실린더 로드가 웨지를

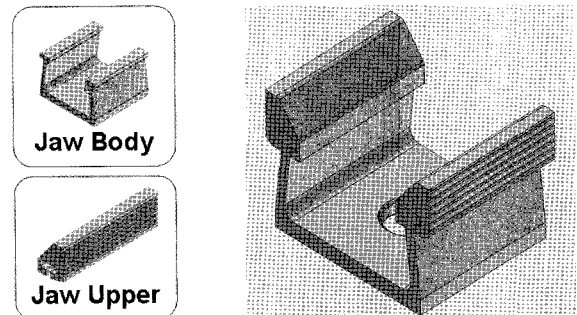
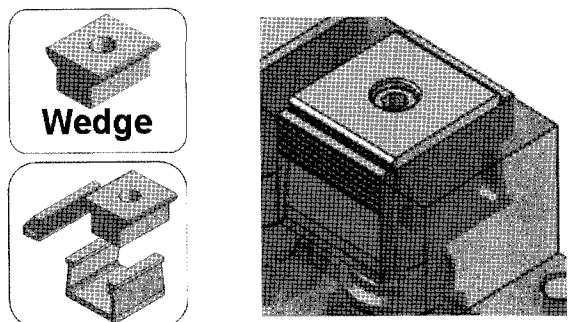


Fig. 4 Configuration of jaw assembly

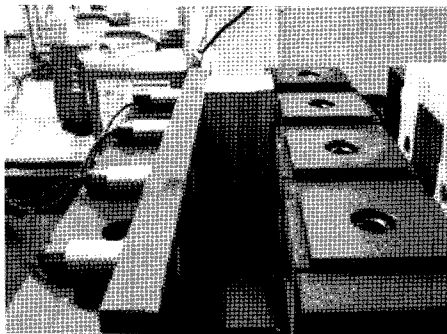
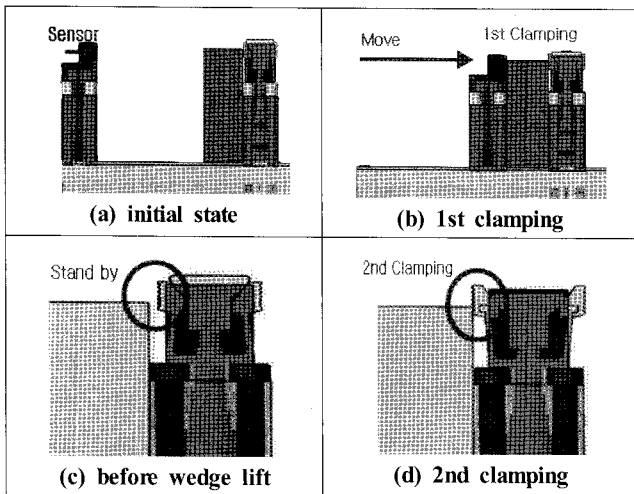


(a) Assembly of jaw-wedge



(b) Pull by piston bolt

Fig. 5 Wedge and jaw-wedge assembly



(e) Exterior view of jaw-wedge  
 Fig. 6 Operation sequence of jaw-wedge

당기게 되면 웨지는 탄성변형을 일으키면서 횡변위를 가져와 가공물과 잘 밀착하도록 도와주고 견고하게 클램핑되도록 작동한다.

또한 웨지의 종변위는 가공물을 아래 방향으로 누르는 역할을 하게 되며 그 누르는 힘은 가공물의 부상력을 억제시켜 주어 견고한 2차 클램핑을 마칠 수 있도록 작동한다.

### 3. 조오-웨지의 특성 해석 및 고찰

지그 바이스의 작동은 조오-웨지의 기능에 따라 그 밀착 성능이 좌우되기 때문에 조오-웨지의 설계 파라미터를 결정하는 것은 매우 중요한 인자이다. 본 연구에서는 조오-웨지의 여러 가변 치수를 바꾸어 가면서 ANSYS 해석을 통해 부위별 최대응가응력과 응력이 집중되는 지점을 찾아 최종적인 설계 파라미터를 결정하였다<sup>(7~12)</sup>.

여기에 적용된 소재와 강성으로는 상부 조오(jaw-upper)의 경우 SM45C(탄성계수: 210GPa, 프와송비: 0.29)를 사용하는 것으로 하였고, 조오 몸체(jaw body)는 상부 조오(jaw upper)보다 강성이 작은 소재로 Al-7075(탄성계수: 70GPa, 프와송비: 0.33)를 사용하는 것으로 하였으며, 가공물은 상부 조오와 같

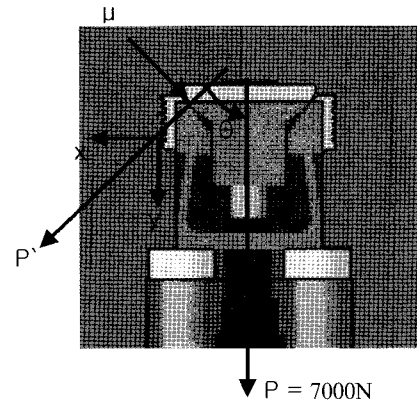


Fig. 7 Free body diagram of jaw-wedge

은 재질로 60×30×60mm의 탄소강을 사용하는 것으로 하였다. 그리고 Fig. 7의 자유물체도와 같이 피스톤 핀에 의해 웨지를 당기는 힘은 7,000N(안전계수 7)을 적용시켰으며, 웨지의 작용각  $\theta$ 은 52.43°으로 설정하였다.

여기서 웨지가 조오에 가하는 힘  $P'$ 은

$$P' = P \cdot \cos\theta \tag{1}$$

의 관계를 가지므로, 가공물에 작용하는 힘의 수평성분  $F_x$ (밀착력)와 수직성분  $F_y$ (역부상력)는 각각 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$F_x = P' \cdot \sin\theta - \mu P' \cdot \cos\theta \tag{2}$$

$$F_y = P' \cdot \cos\theta - \mu P' \cdot \sin\theta \tag{3}$$

이때  $\mu$ 는 웨지와 조오 사이의 접촉 마찰계수이며, 0.35를 적용하였다.

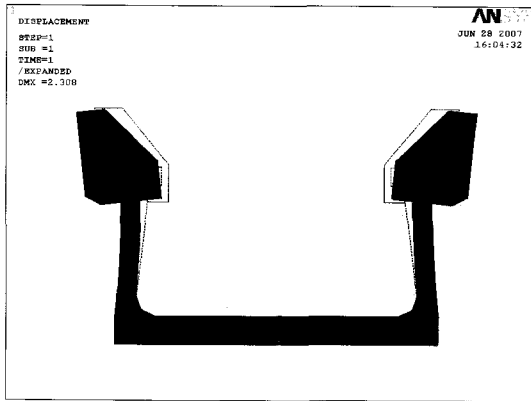
#### 3.1 조오-웨지의 변형량 해석

조오의 변형량은 가공물이 물려있지 않은 경우와 물려있는 경우의 2가지 조건으로 해석하였다.

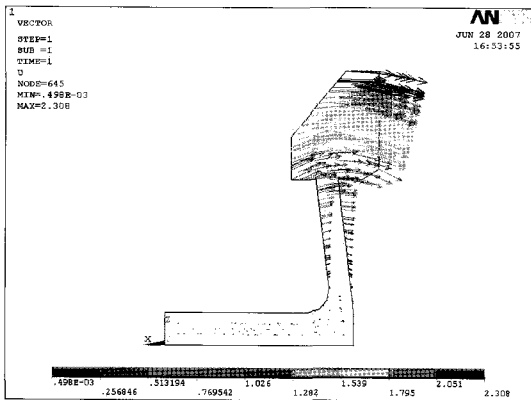
Fig. 8(a)는 가공물이 물려있지 않을 경우에 대하여 조오의 변형을 유한요소로 분할하여 해석한 결과로 상부 조오로 갈수록 변형량이 크게 나타나고 있음을 볼 수 있다.

아울러 변형량의 크기와 방향을 검토하기 위하여 Fig. 8(b)와 같이 변위 분포도를 시뮬레이션 하였는데, 그 결과 끝단에서의 최대변위는 2.308mm를 보이고 있으며, 변형 방향은 수평 방향으로부터 17°정도 아랫방향을 향하고 있음을 알 수 있었다.

이는 상부 조오가 클램핑할 때 가공물을 아랫방향으로 끌고 내려감으로서 부상력 억제 효과를 충분히 주고 있음을 나타내



(a) Deformation of jaw



(b) Displacement simulation

Fig. 8 Deformation of jaw with no workpiece

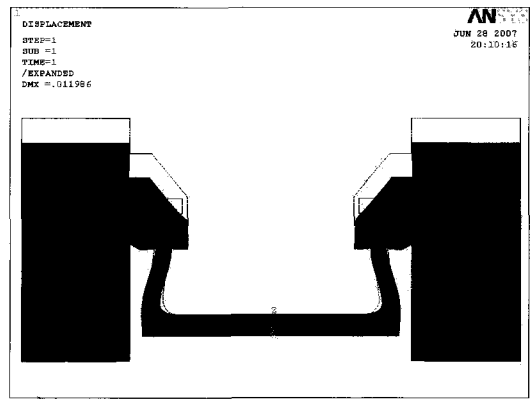
는 결과라 할 수 있다.

그러나 가공물이 물려있는 경우에는 상부 조오의 아랫방향 변위가 가공물에 의해 억제되므로 실제 구속된 결과를 검토하기 위하여 Fig. 9(a)와 같이 가공물과 조오를 동시에 고려하여 변형해석을 실시하였다. 아울러 변형량의 크기와 방향을 검토하기 위하여 Fig. 8(b)와 같이 변위 분포도를 시뮬레이션 하였다.

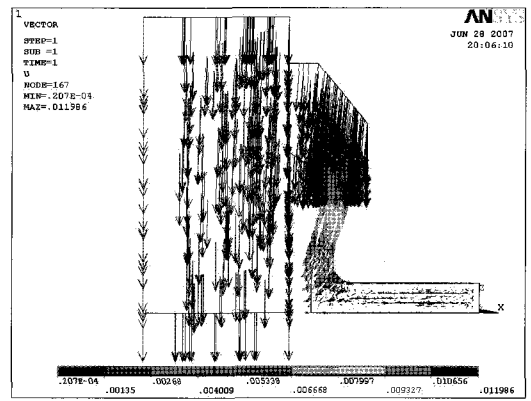
여기서 상부 조오의 물림면은 마찰계수가 충분히 커서 미끄럼이 없는 것으로 가정하였으며, 가공물 반대쪽의 이동 바이스는 완전 고정 상태로 가정하였다.

이때 조오의 아랫방향 최대변위는 약 0.012mm가 생기고 있는바, 상부 조오가 가공물을 아랫방향으로 끌고 내려가는 부상력 억제 효과가 있음을 확실하게 확인할 수 있었고, 조오 몸체의 목(neck) 부분은 상부 조오의 구속에 따른 효과로 S자 형태로 변형되고 있음을 알 수 있었다.

한편 Fig. 9(b)의 변위 분포를 살펴 볼 때, 가공물과 상부 조오의 변위는 전체적으로 아랫방향의 일률적인 변위를 보이고 있어서 가공물을 정밀하게 위치결정할 경우에 더욱 유리함을 확인할 수 있었다.



(a) Deformation of jaw



(b) Displacement simulation

Fig. 9 Deformation of jaw and workpiece

### 3.2 조오 및 가공물의 응력 해석

조오 몸체는 상부 조오보다 강성이 작은 소재AI-7075를 사용하고 있기 때문에 S자 변형을 일으키고 특정 부위에 응력이 집중되어 파괴 위험성이 크다.

이를 확인하기 위하여 가공물이 물려있지 않은 상태에서 웨지의 작용하중을 늘려가면서 가장 먼저 항복응력에 도달하는 부위를 검토하였다.

Fig. 10은 AI-7075 소재의 항복강도가 540MPa인 점을 고려하여 최대응력이 582.774MPa를 보이는 상태에서의 응력분포를 검토한 결과이다. 그 결과 다행히도 최대응력은 조오 몸체의 하단부 중앙에서 생기고 있어서 상부 조오와 조오 몸체의 결합부(목 부분)에서는 비교적 파괴의 위험이 적다는 것을 알 수 있었다.

한편 지그 바이스가 실용적인 최대 공칭강도(웨지를 당기는 하중  $140\text{kg}_f/\text{cm}^2$ )으로 가공물을 클램핑하고 있을 때 조오 몸체와 가공물에 작용하는 최대응력은 Fig. 11과 같이 212.675MPa로 나타나고 있는데, 이는 항복강도 540Mpa의 절반 수준에 미치지 못하고 있음을 알 수 있었다. 따라서 조오 몸체의 전단 위험은 없는 것이 확인되었으며, 또한 밑면 부분에는 응력이

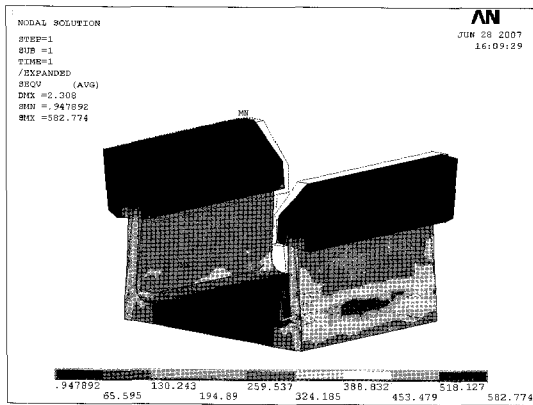


Fig. 10 Stress distribution of jaw at yield state

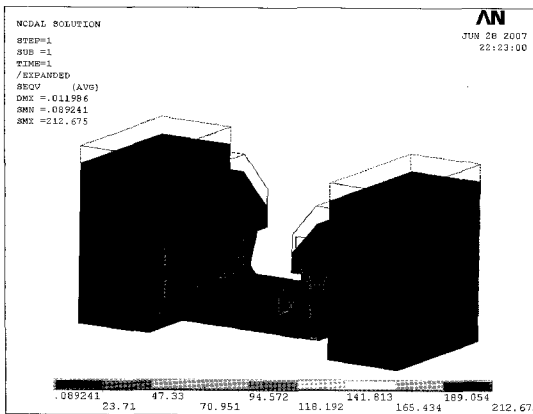


Fig. 11 Stress distribution of jaw at nominal clamping load condition

고르게 분포되고 있어서 좌굴 위험도 없는 것을 확인할 수 있었다.

이와 같은 해석결과를 반복적으로 적용하여 결정된 조오의 최종 형상 치수는 목 부분에서는 응력집중을 피하게 하면서도 몸체에서는 전단 위험이나 좌굴 위험이 발생되지 않으면서도 비교적 단순한 탄성 구조의 조오-웨지가 설계되었음을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구는 KS B 4085의 바이스 표준규격에 의거하여 조오의 부상력 억제 효과를 최소화시킬 수 있는 탄성 구조의 조오-웨지를 고안하였다.

기초 모델링 과정을 통하여 조오의 클램핑 성능과 부상력 억제 효과가 뛰어난 설계 파라미터들을 도출하였으며, ANSYS 해석을 통한 변위 분포와 응력 상태를 확인해 가면서 그 기능이 우수한 설계 치수를 도출할 수 있었다.

그 결과 최종 결정된 설계 치수에 있어서는 각 부위의 변위가

물림 효과를 높이는 데에 적합함을 보였으며 부상력 억제 효과를 높이는 데에도 효율적임을 보였다. 또한 여기서 개발된 조오-웨지는 간단한 기구이면서도 목 부분의 응력집중이 발생하지 않으면서 몸체에서의 전단 위험이나 좌굴 위험이 없는 탄성 구조임을 확인할 수 있었다.

본 조오-웨지는 한 번의 클램핑으로 다수의 가공물을 고정시키는 데에 매우 효과적인 기구로 다양한 클램핑 기구로 확대 응용하는 데 기초 설계 자료로 널리 사용할 수 있을 것이라 사료된다.

#### 참고 문헌

- (1) Grant, H. E., 2006, *Jig and Fixture*, Seongandang, Seoul, Korea.
- (2) Yook, I., and Lee, H., 2008, "A Study on the Flatness Evaluation Method of the Dicing Chuck using Chucked-wafer," *Journal of the Korean Society of Machine Tool Engineers*, Vol. 17, No. 3, pp. 53~58.
- (3) Lee, J. S., Ryu, P. D., and Kim, I. H., 2005, *Hydraulic Jig Vise*, KR Patent: 200-403-082.
- (4) Maeng, H. Y., Hong, S. B., Shin, G. R., and Won, Y. J., 2009, *Automatic Multiple Jig Vise*, KR Patent: 200-444-640.
- (5) Shim, J. J., Lee, S. W., Han, D. S., and Park, J. H., 2005, "A Study on Wedge Angles of Wedge-type Rail Clamp for Preventing Jaw from Rotating," *J. of Korean Navigation and Port Research*, Vol. 29, No. 8, pp. 735~740.
- (6) Cho, Y. H., Won, Y. J., and Maeng, H. Y., 2010, "Development of Jaw-wedge for the Multi Jig Vise of Machine Tools," *Proceedings of KSME Spring Conference*, pp. 165~166.
- (7) ANSYS, 2006, *ANSYS Users 3D Manual Version 10.2*, ANSYS Inc.
- (8) Une, A., Yoshitomi, K., and Mochida, M., 2004, "Design of a New Porous Pin Chuck with Super High Flatness," *Microelectronic Engineering*, Vol. 73, No. 11, pp. 933~940.
- (9) Ha, T. H., Lee, J. H., Kim, Y. J. and Lee, C. H., 2010, "Stiffness Measurement of Machine Tools Mounts," *Proceedings of KSPE Spring Conference*, pp. 467~468.
- (10) Kong, J. H., Kim, K. S., Ye, S. Y., Chun, S. Y., and Hur, K. D., 2010, "Measurement of Gravity Center for

Rotor Blades by Compensation of Machining Error in Jig,” *J. of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol. 28, No. 3, pp. 265~274.

- (11) Shin, W. C., Ro, S. K., and Park, J. K., 2009, “Workpiece-Chucking Device Using Two-Way Shape Memory Alloys: Feasibility Test,” *Journal of the*

*Korean Society of Machine Tool Engineers*, Vol. 18, No. 5, pp. 462~468.

- (12) Park, J. K., Ro, S. K., and Yoo, J. H., 1998, “A Study on the Stability of Chucking System for Machine Tools,” *Proceedings of the KSMTE Spring Conference 1998*, pp. 135~142.