

동력전달요소에 따른 유정압 주축의 회전정밀도에 관한 연구

박 천 흥**, 류 근 우*, 이 후 상**, 정 운 교***

Effects of the Power Transmission Units on the Rotational Accuracy of A Hydrostatic Spindle

C.H. PARK**, G.W. RYU*, H.S. LEE**, Y.G. JUNG***

ABSTRACT

In this study, the effects of the power transmission units on the rotational accuracy are investigated experimentally in a hydrostatic spindle. The effects of warm up time, unbalancing and the position of measuring sensor are pre-examined for the determination of measuring conditions. The misalignment of the power transmission units and the vibration excited by the fluctuation of belt are considered as the dominant parameters of error motion.

The variation and scatter of run out at the range of 0 to 3,000rpm in rotational speed are appropriated for the comparison of availabilities of the transmission units to precision spindles.

The results show that misalignment affects infinitesimally to the rotational accuracy but the fluctuation of belts largely affects to it, in the range of high speed, respectively. Also it is proved that the flexible coupling is most available to the high-precision hydrostatic spindles, if it is applicable.

Key Words : Hydrostatic spindle(유정압주축), Power transmission units(동력전달요소), Rotational accuracy(회전정도), Misalignment(조립오차), Fluctuation of belt(벨트 요동)

1. 서 론

산업기술이 급속히 발전함에 따라 전자 통신기기, 광학기기 및 정밀공작기계분야에 있어 핵심부품의 형상정도, 운동정밀도에 대한 요구가 엄격해져 가고 있으며

이들 부품의 고정밀 가공을 위해서는 가공기의 구조상 공작물의 가공정도에 가장 큰 영향을 미치는 주축의 고정밀화가 필요하게 되었다.

유정압주축은 볼 베어링과 같은 높은 강성과 부하용량을 유지하면서도 윤활유막의 평균화 효과에 의해 구

* 창원대학교 대학원
 ** 한국기계연구원 자동화 연구부
 *** 창원대학교 기계공학과

성부품의 형상정밀도 이상의 회전정도를 낼 수 있으며, 가압된 윤활유막에 의한 우수한 감쇠특성과 비접촉에 의한 긴 수명을 유지하는 등의 특징^[1]을 지니고 있어 고정밀 주축에 많이 사용되고 있다.

주축의 회전정도는 피삭재의 진원도 및 표면조도와 밀접한 연관을 맺는 것^[2]으로, 이의 향상을 위해서 고려해야 할 것은 부품 가공정도, 베어링 강성, 주축 밸런싱(balancing), 동력전달요소 등이며,^[3] 유정압베어링과 같이 작동유체를 사용하는 방식은 윤활유의 점성마찰에 의한 발열이 회전정도에 미치는 영향에 대해서도 고려해야 한다.

이 가운데 베어링 강성의 영향은 설계단계에서 강성값의 산출에 의한 이론적인 예측이 이미 시도되고 있으며,^[4] 주축 불평형은 조립 단계에서 밸런싱머신에 의해 0.1g까지 잡을 수 있어 그 영향은 상대적으로 극소화될 수 있다. 또한 점성마찰에 의한 발열은 윤활유온도조절

기(oil conditioner)를 이용하여 공급유온을 일정하게 유지함으로써 워밍(warm up)상태 이후의 특성을 일정하게 유지할 수 있다.

그러나 부품 가공정도 및 동력전달요소에 따른 영향은 이론적 접근과 실제와는 차이가 있어 실험적 접근이 불가피하다. 부품 가공정도의 영향에 관해서는 이미 여러 편의 실험논문^{[5]~[6]}이 발표된 바 있으나, 동력요소전달의 영향에 관한 실험결과는 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대부분의 공작기계 구동시에 사용되고 있는 V 벨트, 평벨트 및 플렉시블커플링(flexible coupling) 등이 동력전달요소에 있어 구동요소의 종류 및 misalignment(이하 조립오차로 표시)에 따른 주축의 회전정도의 변화를 측정, 분석함으로써 고정밀가공기용 유정압주축의 회전정도에 미치는 동력전달요소의 영향을 파악하고자 하였으며 측정 데이터의 신뢰성을 얻기 위해, 측정값에 영향을 미칠 수 있는 주

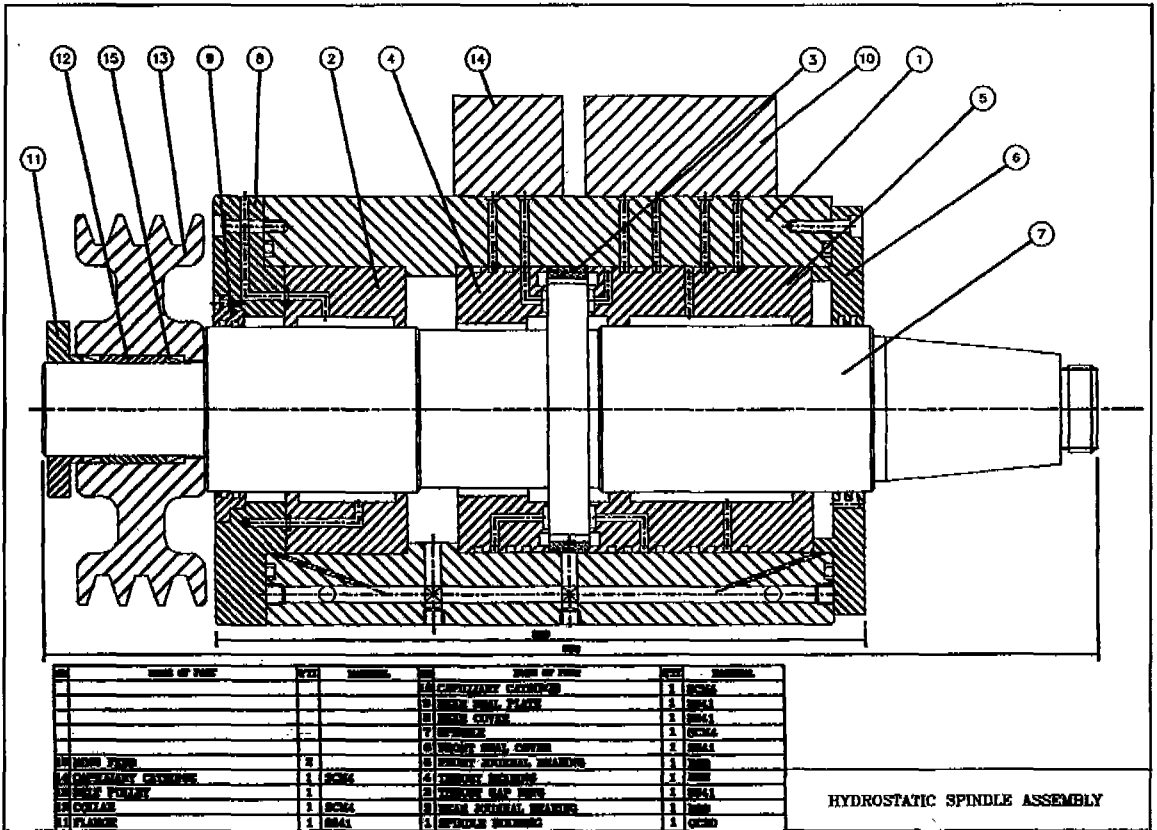


Fig. 1 Hydrostatic bearing spindle assembly

축 발열, 언밸런싱, 진동특성 및 센서장착위치등의 영향도 예비실험을 통해 검토, 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

본 실험에 사용한 유정압주축의 조립도를 Fig. 1에 나타내었다. 본 주축은 연삭기 주축으로 사용될 수 있도록 제작된 것으로 베어링의 스패น(span)은 170mm이며 모세관은 외부에 설치하여 모세관계수 및 설정압력비 등의 조절을 용이하게 하였다. 주축의 후단은 풀리 및 커플링의 교환 장치가 가능하도록 설계되어 있어 평벨트, V벨트 및 플렉시블 커플링등 동력전달계의 교체에 의한 구동이 가능하도록 하였다. 또한 하우징의 강성부족에 의한 정도저하를 방지하기 위해 주축의 양면에는 보강대를 설치하였다.

Table 1은 본 주축에 사용된 유정압베어링의 형상치수 및 주요 성능을 정리한 것이다.

2.2 실험방법

주축은 동력전달요소를 V 벨트, 평벨트 및 플렉시블 커플링 등으로 바꿔가며 구동하였으며 절삭력이 작용하

Table 1 Bearing features & performances

	front journal	rear journal	thrust
diameter[o. dia.]	80 mm	80 mm	120 mm
length[i. dia.]	100 mm	60 mm	90 mm
land width ratio	0.1	0.1	0.06
load capacity	338(580) kg	241(395) kg	232(215) kg
bearing stiffness	19(34) kg/ μ m	12(22) kg/ μ m	25(23) kg/ μ m
flow rate	0.65 l/min	1.0 l/min	4.4 l/min

():3000rpm에서의 성능, []:thrust 경우의 향상, 공급압력 15kg/cm², 베어링편심률 0.5

지 않는 상태(이하 무부하로 표시)에서 회전수를 500rpm씩 증가시켜 3000rpm까지 회전정도를 측정하였다. 이때 회전정도의 측정법으로는 노이즈의 영향을 적게 받고 측정과 평가가 쉬운 일점법을 사용하였으며 정전용량형센서(pioneer 제, 분해능 1nm)를 주축 선단부쪽에 설치하여 주축을 구동시킬 때 발생하는 센서의 출력신호를 A/D 변환기를 통해 1회전당 256개의 data를 11회 반복하여 연속적으로 컴퓨터로 읽어 들었다.

초기 측정 데이터에는 측정장치의 설치오차에 기인한 편심성분이 포함되므로 FFT분석을 통해 각각의 데이터에 있어 편심성분에 해당하는 1산(山)성분을 제거하고

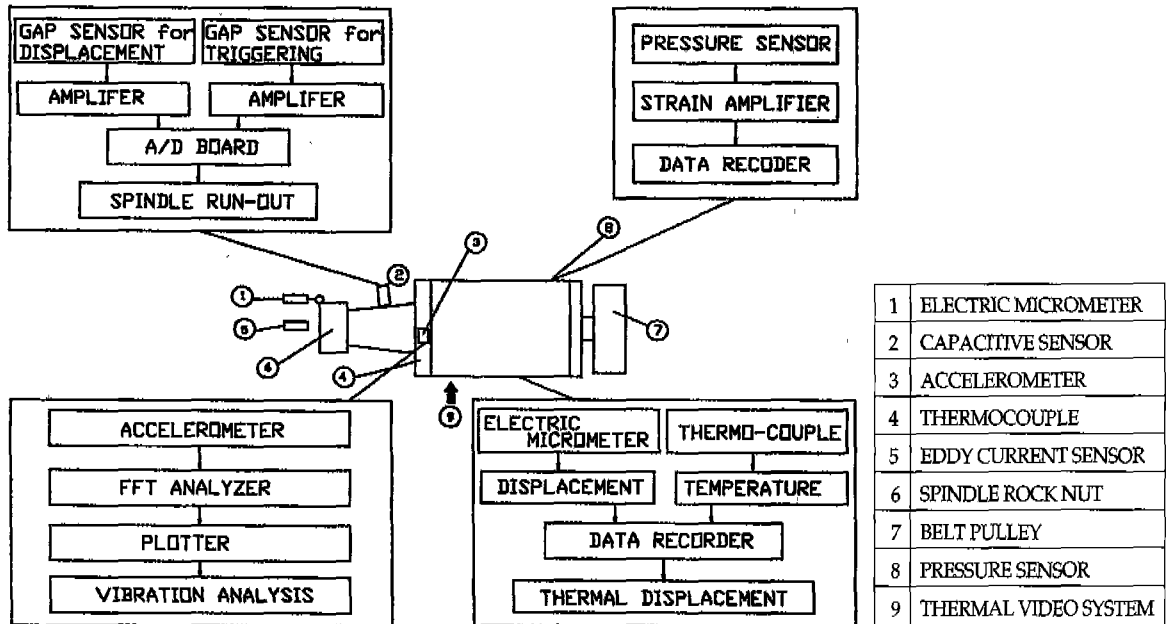


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus

2산 성분부터 20산 정분이하의 값을 취한 후 11회전분을 평균하여 회전정밀도를 나타내는 런아웃으로 나타내었다. 이때 공급유압은 15kg/cm²로 하였고, 공급 유온을 일정하게 하기 위해 윤활유온도조절기를 가동하였다.

평벨트는 가장 일반적으로 사용되는 벨트인 endless type이며 AC 스핀들모터의 구동마력을 고려하여 폭 50mm, 두께 3mm의 것을 선정하였다. V벨트는 평벨트와 마찬가지로 모터의 전달마력을 고려하여 B-type을 선정하였다. 플렉시블 커플링은 스틸벨로우즈(steel bellows)형 커플링을 사용하였다.

주축용 풀리(pulley)는 주축부와와의 체결 부위에 벨트방향으로 타원형의 홈을 내어 조립오차(misalignment)를 줄 수 있는 구조로 되어 있으며 이 때의 조립 오차는 연삭가공된 주축용 풀리상면에 전기 마이크로미터 센서를 접촉시키고, 저회전수로 모터를 회전시켜 1회전분의 런아웃을 측정하는 방식으로 0 μ m에서 400 μ m까지 100 μ m 간격으로 조절, 설치하였다.

또한 벨트를 이용한 실험시에 벨트의 장력변화의 영향을 최소화하기 위해서 유정압베어링에 설치된 4개의 포켓에 있어서의 포켓압력비(포켓압력/공급압력)가 일정하게 유지되도록 주축풀리와 모터풀리를 미세조정할 수 있도록 하였다.

점성마찰에 의한 윤활유 점도변화가 회전정도에 미치는 영향을 알아보기 위해서는 주축을 50분간 워업시키면서 5분마다 run out을 측정, 비교하였으며 언밸런스가 미치는 영향을 알아보기 위해 각 회전수마다 자동과 수동으로 밸런싱(balancing)을 할 수 있는 오토밸런서(auto balancer)를 주축 선단부에 장착하였다.

주축의 진동특성은 임팩트 해머에 의한 가진법을 이용하여 측정하였으며 회전시의 진동특성과 회전정도와 의 관계를 알아보기 위해 가속도계를 하우징 선단부의 수평방향과 수직방향에 부착하여 진폭 및 주파수특성을 측정하였다.

한편 회전정도 측정시의 센서장착위치에 따른 측정데이터의 변화를 알아보기 위해 센서장착위치를 주축하우징과 실험용 베드상면으로 바꾸어 가며 회전정도 및 진동특성의 변화를 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 측정조건 설정을 위한 예비실험 결과

3.1.1 주축의 고유진동수 및 감쇠능 측정

Fig. 3은 임팩트해머의 가진에 의한 유정압주축의 주파수응답특성을 측정한 결과로서 1차 고유진동수가

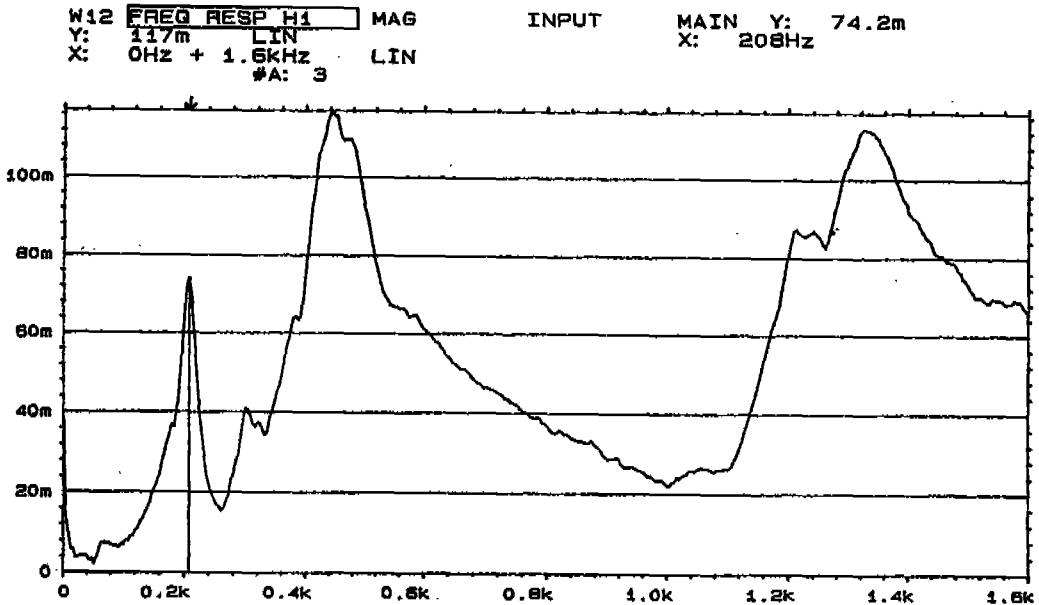


Fig. 3 Frequency response of the spindle excited by impact hammer

208Hz, 2차 고유진동수는 484Hz로 나타났다. 따라서 본 주축은 실험 회전수(500rpm~3,000rpm)영역에서 안정함을 알 수 있으며 Half Power법을 이용하여 감쇠비를 구해보면 약 0.017로 나타나 감쇠성이 우수하다는 것을 알 수 있다.

3.1.2 점성마찰에 의한 발열의 영향

Fig. 4는 유온상승이 회전정도에 미치는 영향을 알아보기 위해, 회전수 1000rpm에서 워업시간에 따른 회전정도를 측정 한 결과이다.

회전 초기에는 윤활유의 점성마찰에 의한 발열의 영향으로 윤활유 점도가 변화하여 주축의 회전중심이 변하므로 회전정도가 상대적으로 나쁘게 나타나게 되나 시간이 경과함에 따라 정도의 경향이 안정화됨을 나타내고 있으며 30분 정도가 경과한 이후에는 베어링내의 온도상승이 거의 일정하게 되어 회전정도의 변화가 거의 없음을 알 수 있다. Fig. 5는 이것을 전 회전수 영역에 대해 실험한 결과로 회전수가 증가할 수록 워업 전후의 회전정도의 변화가 상대적으로 작은 경향을 나타내고 있다. 이 때 회전정도가 안정되는 워업시간은 회전수 별로 다소 차이를 나타내었으며 따라서 본 실험에서는 최소 30분간의 워업을 진행한 후 5분마다 1회씩, 3회의 측정값을 얻어 측정값이 지속적으로 감소하지 않을 때 회전정도를 다시 측정하여 측정값으로 나타내었다.

3.1.3 벨트 수 및 장력에 의한 영향

복수의 V벨트를 동시에 사용할 경우, 선택된 각각의

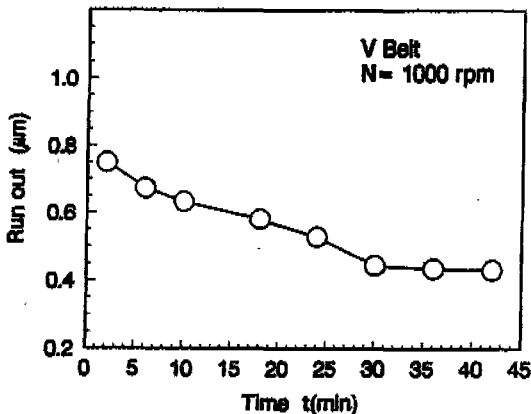


Fig. 4 Variation of rotational accuracy by warm up time at 1000rpm

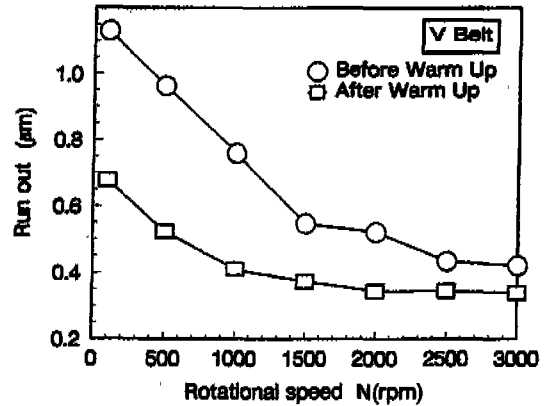


Fig. 5 Variation of rotational accuracy by warm up

벨트의 길이가 엄밀히 같지 않기 때문에 각각의 벨트에 걸리는 힘의 차이에 따라 요동(fluctuation)이 발생하며 이러한 요동은 회전정도를 악화시키는 결과를 초래할 우려가 있다. Fig. 6은 V벨트를 1, 2개로 각각 설치했을 때의 회전수에 따른 회전정도를 측정 한 결과로서 전 회전수 영역에 있어 2개의 V벨트를 사용할 경우 1개를 사용할 때에 비해 회전정도가 나빠지는 것을 알 수 있다. 따라서, 본 실험에 있어 V벨트에 의한 구동시에는 벨트 수에 따른 영향을 없애기 위해 1개의 벨트만을 사용하였다.

한편 조립오차 또는 벨트종류별 측정값의 비교를 위해서는 주축 풀리에 가해지는 벨트에 의한 장력을 일정하게 유지할 필요가 있다. 본 실험에서는 벨트장력을

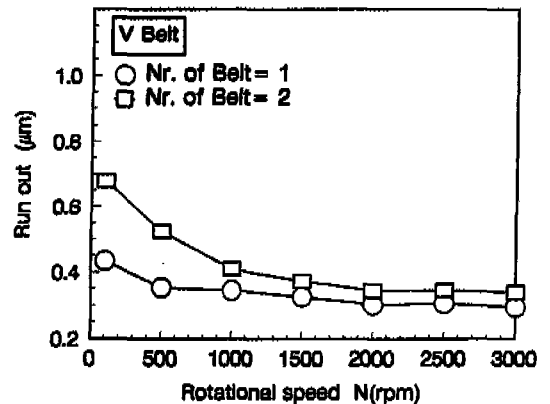


Fig. 6 Variation of rotational accuracy by the number of V-belt

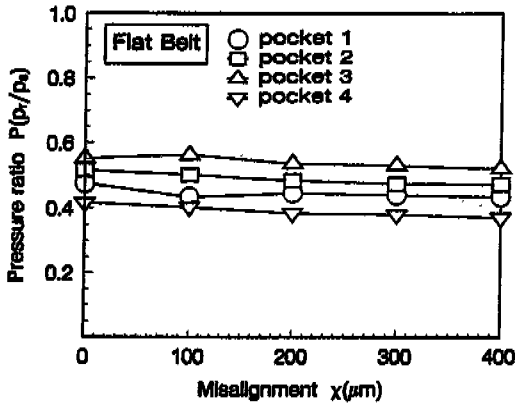


Fig. 7 Pressure ratio of each pocket by misalignment at rear bearing

가능한한 일정하게 유지하기 위해 벨트장력이 주로 작용되는 후부베어링 각 포켓부의 압력을 압력센서를 이용하여 측정하고 포켓압력비(포켓압력/공급압력)가 일정한 값이 되도록 주축풀리와 모터풀리의 간격을 미세하게 조정하였다.

Fig. 7은 조립오차량 x 를 0~400 μm 까지 변화시켜가며 간격을 미세 조정하였을 때의 포켓압력비를 측정할 결과로 각 포켓압력비는 거의 일정한 값을 유지하고 있음을 알 수 있다. 이것은 평벨트의 경우의 측정 예로서 V벨트 구동을 위해 주축 풀리를 바꿀 경우에는 Fig. 7에 있어 조립오차량이 0 μm 일 경우의 각 포켓압력비와 일치하도록 간격을 재조정함으로써 벨트장력이 일정하게 유지될 수 있도록 하였다.

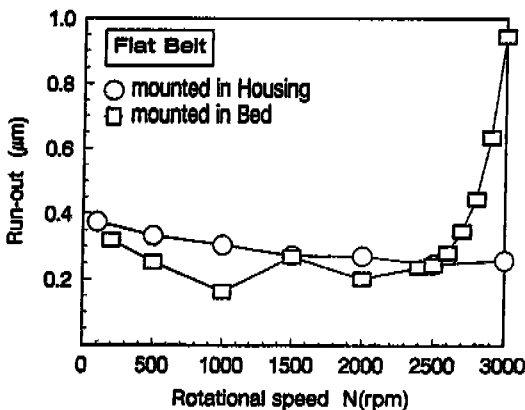


Fig. 8 Variation of run out by the mounting position of sensor

3.1.4 센서의 장착위치에 따른 영향

Fig. 8은 측정위치에 따른 영향을 알아보기 위해 주축 하우징과 베드에 각각 센서를 설치했을 때 회전정도의 측정결과로서, 주축 하우징에 센서를 부착할 경우 회전수의 증가에 따라 회전정도가 향상되는 베드면에 설치할 경우 3,000rpm부근에서 회전정도가 급격히 나빠지는 경향을 보이고 있다. 이것은 하우징에 센서를 부착할 경우, 센서와 하우징간의 동기화로 고주파 성분의 진동이 검출되지 못하기 때문이며 이러한 영향이 포함된 출력을 얻기 위해서는 센서를 베드에 부착해야 할 필요가 있다. 따라서 본 실험에 있어 이후의 실험에서는 측정용센서를 베드에 설치하고 측정하였다.

3.1.5 밸런싱에 의한 영향

이론적으로 어떤 특정 회전수에서 완벽히 밸런싱을 행하면 전 회전수에 걸쳐 언밸런싱은 없어지게 되나 실제에 있어서는 여러 가지 요인에 의해 반드시 각 회전수에 따라서 언밸런싱량이 달라지며 완전히 제거하기는 어렵다. 그러므로 실제 현장에서는 주로 사용되는 회전수에서 밸런싱을 하게 된다.

본 실험에서는 어떤 회전수에서 밸런싱을 하는 것이 전 회전영역에 걸쳐서 또는 실제 사용 회전수에서 양호한 회전정도가 얻어지는 지 알아보기 위해 자동 밸런싱 장치를 이용하여 주요 회전수에서 밸런싱을 한 후 데이터를 얻었다.

Fig. 9, Fig. 10 및 Fig. 11은 각각 V벨트, 평벨트 및 플렉시블 커플링으로 구동하였을 때의 결과를 나

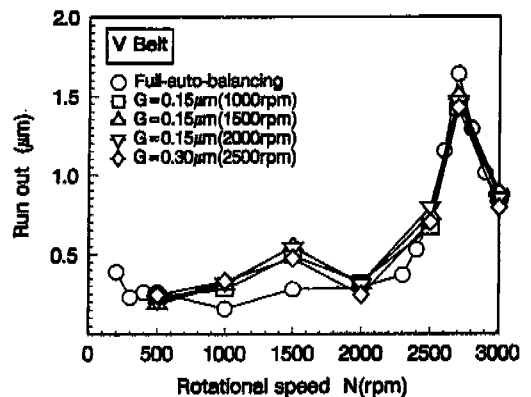


Fig. 9 The effect of balancing on rotational accuracy at V belt

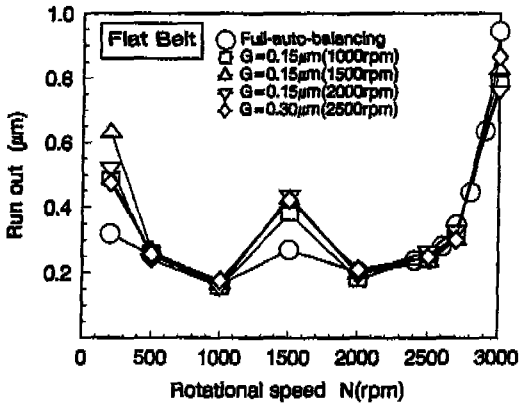


Fig. 10 The effect of balancing on rotational accuracy at flat belt

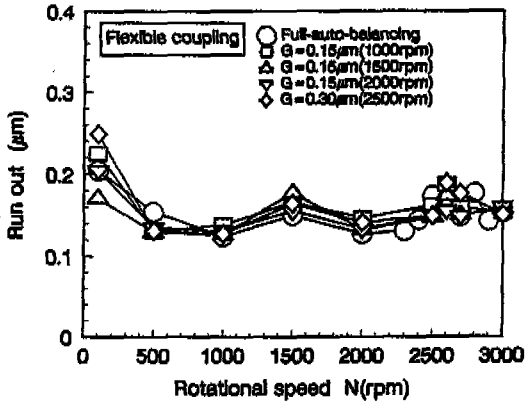


Fig. 11 The effect of balancing on rotational accuracy at flexible coupling

타낸 것이며 그림에서 G값은 불균형의 수준을 정의하기 위한 단위로 물리적으로 회전체 기하중심에서 무게중심까지의 편심거리를 의미한다.

이상의 그림에서 알 수 있듯이 각 회전수마다 밸런싱을 행하는 오토밸런싱에 의한 결과가 특정회전수에서 밸런싱한 결과에 비해 전 범위에 걸쳐 가장 좋은 결과가 얻어짐을 알 수 있으며 그 차이는 상대적으로 크지 않음을 알 수 있다.

또한 특정 회전수에서 밸런싱을 해야할 경우를 고려하면 1,000~2,500rpm의 범위에서는 어떤 회전수 부근에서 밸런싱을 해도 회전정도에는 큰 차이가 없는 것을 알 수 있다.

3.2 주축 풀리의 조립오차가 회전정도에 미치는 영향

Fig. 12 및 Fig. 13은 각각 V벨트와 평벨트에 있어서, 주축풀리의 조립오차가 회전정도에 미치는 영향을 검토하기 위해, 각각의 풀리의 조립오차를 0 μ m에서부터 400 μ m까지 100 μ m씩 증가시켜가며 회전수의 변화에 따른 회전정도를 측정한 결과이다.

V벨트, 평벨트 모두 조립오차량이 증가함에 따라 회전정도가 특정한 경향을 지니고 변화하는 현상은 찾아보기 어려웠다. 또한 400 μ m까지의 조립오차에 의해 회전정도가 변화하는 양은 회전 정도 자체에 비해 최대 1/3이하로, 상대적으로 작음을 확인하였다. 이것은 유정압베어링의 강성에 비해 주축과 풀리의 동심도 오차에 기인한 벨트장력의 변화량이 미소하여 그 영향이 상대적으로 작기 때문이며 조립오차가 더욱 커질 경우 회전정도에 어느 정도 영향을 미칠 것으로 추정할 수 있으나 일반적으로 제품조립시 주축풀리의 조립오차는 100~200 μ m의 범위를 벗어나지 않음을 고려할 때 유정압주축에 있어 조립오차가 회전정도 자체에 미치는 영향은 무시할 수 있다고 할 수 있다.

3.3 벨트의 진동특성이 회전정도에 미치는 영향

Fig. 8의 실험결과에서 언급했듯이, 측정용 센서를 베드에 설치하여 얻은 회전정도의 측정값은 고속영역에서 고주파진동의 영향으로 급격히 나빠짐을 나타내고 있다.

유정압주축에 있어 진동 요인으로 고려할 수 있는 것

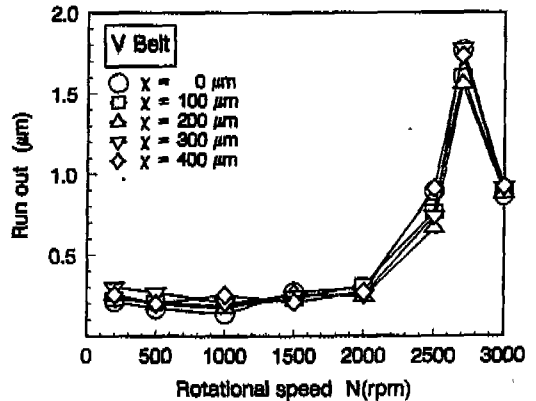


Fig. 12 Effect of the misalignment of V belt pulley on rotational accuracy

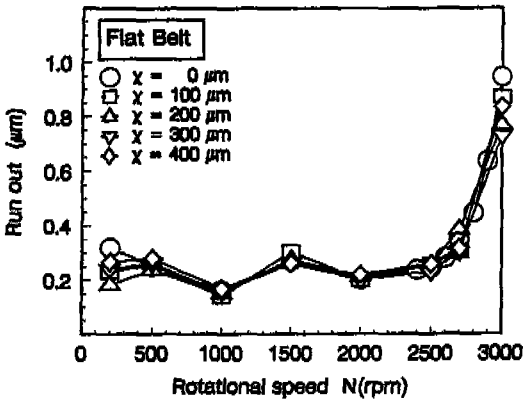


Fig. 13 Effect of the misalignment of flat belt pulley on rotational accuracy

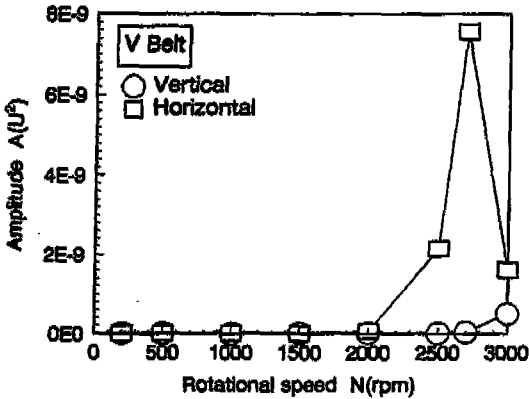


Fig. 14 Amplitude of spindle housing in V belt driving

은 주축의 고유진동, 유압장치의 맥동, 모터에 의한 가진, 벨트의 요동에 의한 가진등을 들 수 있다.

이 가운데 주축의 고유진동수는 3.1.1항의 실험결과로부터 본 실험에서의 회전수 영역에서는 벗어나 있었으며 유압에 의한 맥동 역시 매우 작고 유압장치내에 어큐뮬레이터(accumulator)가 설치되어 있어 그 영향은 무시할 수 있다고 할 수 있다.

따라서 본 절에서는 모터 회전수에 따른 가진효과 및 구동벨트의 진동특성에 의한 영향을 주진동원으로 고려하였다.

Fig. 14는 V벨트 구동시의 회전수에 따른 주축하우징 선단부의 수직, 수평방향의 진폭을 가속도계를 이용

하여 측정된 결과이다. 저속 회전에서는 변위가 작으나 2500rpm부터 수평방향의 진폭이 급격히 증가하여 2700rpm부근에서 최대값을 나타내며 회전수가 더욱 증가하면 다시 감소하였다.

또한 진폭의 크기를 수직방향과 비교하여 보면 2500rpm이상에서 상대적으로 매우 커짐을 보이고 있다. 이러한 경향을 Fig. 12의 회전정도 측정결과와 비교하면 하우징의 수평방향 진폭, 다시말하면 벨트장력이 작용하는 방향의 진동특성이 회전정도의 경향을 주도함을 알 수 있다.

이것을 주파수특성과 비교해보기 위해, 가속도계의 신호를 주파수분석하여 각 회전수에 있어서 최대 peak치를 나타내는 주파수를 선정, 나타낸 것이 Fig. 15 이다.

Fig. 15로 부터 수평방향의 peak치는 저속회전에서는 회전수와 같은 주파수이나 2000rpm 이후에서는 회전수의 약 1/3의 주파수가 peak치로 나타남을 알 수 있으며, 회전수 동기 주파수는 2차 peak치가 되었다. 이것은 회전수가 증가함에 따라 벨트에서의 발열, 미끄러짐현상등에 의해 벨트의 요동이 커지면서 주축폴리, 벨트 및 모터폴리로 이루어진 구동계의 고유진동수 부근에서 공진현상을 발생시켜 주 요동방향이 수직에서 수평으로 변화하는데 기인한 것으로 추정되며 수직방향의 요동 peak치는 저속회전에서는 회전수 동기 주파수와 관계없는 peak치를 가지다가 고속회전에서는 회전수 동기 주파수로 peak치가 옮겨왔다.

Fig. 16은 평벨트에서의 진폭측정 결과로서 회전수

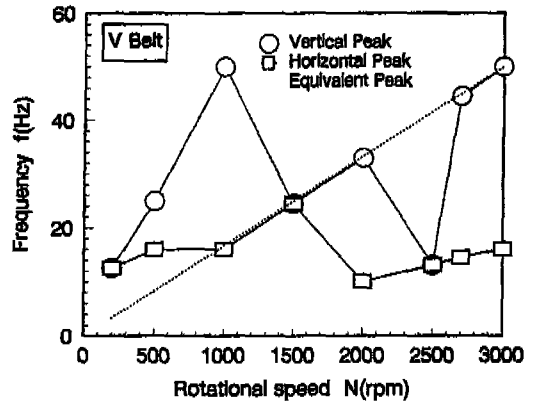


Fig. 15 Variation of peak frequency in V belt driving

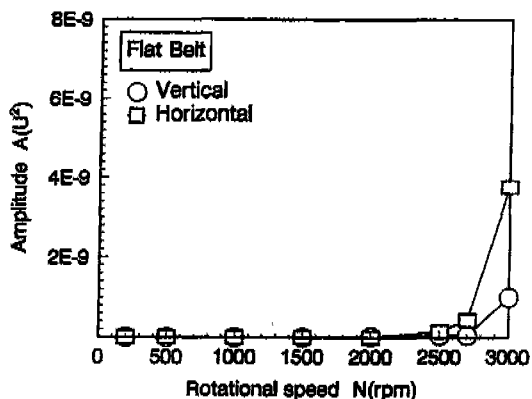


Fig. 16 Amplitude of spindle housing in flat belt driving

의 차이만 있을 뿐 V벨트에서와 같은 경향을 보이고 있으며 이로부터 벨트구동의 경우 상대적으로 고속 영역에서 벨트의 요동에 의해 회전정도가 급격히 나빠지게 됨을 알 수 있다.

3.4 동력전달요소에 따른 회전정도의 비교

본 절에서는 동력전달요소 즉 V 벨트, 평벨트 및 플렉시블 커플링으로 구동할 때 회전정도를 비교·검토하였다. 벨트구동의 경우에는 평가항목으로 회전정도의 비교 이외에, 주축폴리 조립오차에 따른 회전정도의 신뢰성을 비교하기 위해 회전정도의 변동폭(조립오차에 따른 재현성)도 고려하였다. 이 때의 회전정도의 변동폭은 Fig. 12 및 Fig. 13에 있어 각 회전수에서의 조립오차에 따른 회전정도의 흩어짐량으로 나타내었으며 그 결과를 정리한 것이 Fig. 17이다.

Fig. 17로 부터 평벨트인 경우 최대 0.23 μ m서 최소 0.02 μ m의 변동폭을 나타내고 평균 변동폭은 0.07 μ m이며, V벨트인 경우 변동폭이 최대 0.25 μ m에서 최소 0.06 μ m이고 평균 변동폭은 0.12 μ m로 평벨트에 비해 약 2배의 평균변동폭을 보이고 있다. 또한 벨트요동에 의해 회전정도가 급격히 나빠지는 회전수를 제외하면 거의 전 회전수범위에서 평벨트가 V벨트에 비해 적은 회전정도의 변동폭을 가짐을 알 수 있다.

Fig. 18은 동력전달요소에 따른 회전수와 회전정도의 관계를 정리한 것으로 낮은 회전수에서는 그 차이가 거의 나타나지 않으나 상대적으로 고속에서는 벨트 구동(V벨트 및 평벨트)의 회전정도가 급격히 나빠지며 그

정도는 V벨트인 경우가 심한 것을 알 수 있다.

한편 플렉시블커플링의 경우에는 벨트구동에서의 요동과 같이 정도를 급격히 악화시킬 수 있는 변수가 없으므로 회전수의 변화와 관계없이 거의 일정한 회전정도를 나타내며 상대적으로 벨트구동방식에 비해 우수한 회전속도를 보이고 있다.

이상의 결과로 부터 고정밀선반이나 연삭기와 같이 전달동력이 상대적으로 크지 않고 높은 가공정도가 요구되는 가공기의 주축을 벨트로 구동하는 경우 전반적인 회전정도가 상대적으로 우수하고 회전정도의 변동폭이 작아 조립오차에 따른 회전정도의 재현성도 높은 평벨트가 V벨트에 비해 유리함을 확인할 수 있다.

또한 플렉시블 커플링의 경우 벨트구동에서의 진동 및 장력과 같이 정도를 저해할 요인이 상대적으로 적어

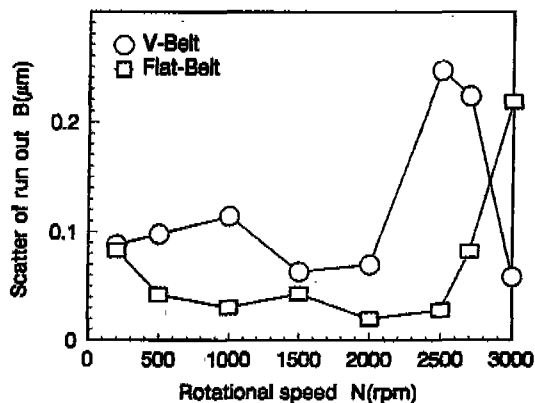


Fig. 17 Scatter of run out by the type of belt

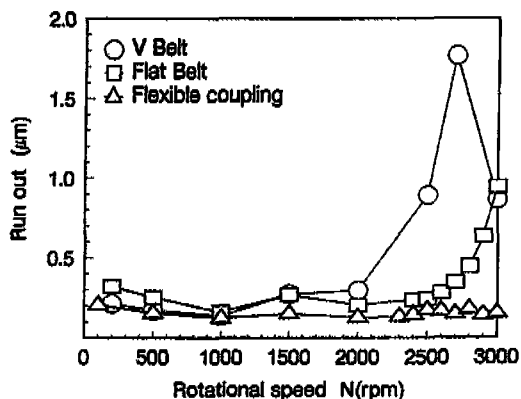


Fig. 18 Variation of run out by the power transmission units

3000rpm까지의 회전수 범위에서 상대적으로 벨트구동에 비해 안정되고 향상된 회전정도를 기대할 수 있으며 따라서 구동모터를 직결할 수 있는 주축구조를 갖는 연삭기동에 유정압주축을 사용하는 경우에는 플렉시블커플링을 이용하는 것이 정밀도면에서 가장 유리함을 알 수 있다.

4. 결 론

동력전달요소에 따른 유정압 주축의 회전정도에 관한 실험결과, 다음과 같은 결론들을 얻을 수 있었다.

1) 주축폴리의 조립오차가 400 μ m이하인 경우 유정압 베어링의 강성에 비해 주축과 폴리의 동심도 오차에 기인한 벨트장력의 변화량이 미소하여 그 영향이 상대적으로 작기 때문에 조립오차가 회전정도에 미치는 영향은 회전정도 자체크기의 1/3이하로 되어 무시할 수 있다.

2) 벨트 구동의 경우 상대적으로 고속회전영역에서는 벨트장력방향으로 벨트의 요동에 기인한 공진이 발생하며 이에 의해 회전정도가 급격히 나타지는 경향을 나타낸다.

3) 평벨트구동의 경우 V벨트구동에 비해 조립오차에 의한 회전정도의 변동폭이 1/2정도로 작고 전반적인 회전정도도 우수하여 전달동력이 상대적으로 크지 않고 높은 가공정도가 요구되는 유정압주축의 구동에는 상대적으로 유리하다.

4) 구동모터를 직결할 수 있는 구조를 갖는 유정압주축에 있어서는 정도를 저해할 요인이 상대적으로 적어

3,000rpm까지의 회전수범위에서 안정되고 향상된 회전정도를 갖는 플렉시블커플링을 이용하는 것이 정밀도면에서 벨트구동에 비해 유리하다.

참고문헌

1. 류근우, 박천홍, 이후상, 정윤교 “동력전달요소에 따른 유정압 주축의 회전정도에 관한 연구”, 추계 학술대회논문집, 한국정밀공학회, pp.321-324, 1993.
2. 신영재, “공작기계 스피들의 회전 정밀도 측정과 평가”, 공작기계기술세미나, 한국기계연구소, pp.5-22, 1990.
3. 박천홍, 류근우, 정윤교, 이후상, “연삭기용 유정압 주축의 구동특성에 관한 연구” 춘계학술대회논문집, 한국정밀공학회, pp.142~145, 1993.
4. 김금모, 김경용, “외부가압공기저어널베어링의 회전정밀도에 관한 해석적 연구”, 춘계학술대회논문집, 대한기계학회, pp.744-747, 1993
5. 金井 彰, 宮下政和, “靜壓軸受における部品精度と回轉精度”, 精密機械 45卷 10號, pp.1174-1176, 1979.
6. 杉田和彦, “超精密加工機械用軸受”, 豊田工機技報 Vol. 25, No. 3, pp.13-19, 1985.
7. 森重光, 山口陸幸, “平BELT, V-BELT”, 機械設計 第33卷 16號, pp.93-108, 1989.
8. 宮下政和, 金井 彰, “高精密回轉軸の驅動法”, 精密機械 第45卷 10號, pp.1177-1181, 1979.