

자동차용 Power steering unit 의 자동측정시스템 개발에 관한 연구 A Study on the Development of the measurement system of the Power steering unit for Automobile

기 창 두(전남대 공대), 김 상 목(전남대 대학원)

Chang-Doo Kee (Chonnam Univ.), Sang-Muk Kim (Graduate School, Chonnam Univ.)

ABSTRACT

Recently, the system of the industry demands quick and accurate measurement for the mass production and high quality. Also, we need to improve the accuracy to decrease the failure rate in automatic assembly processing and improve the confidence, durability and the compatibility of parts. To answer this tendency and requirement, we have developed many accurate measuring instruments and methods.

In this paper, we develop the windows program using the DSP board (TMS320C25) which is used the data acquisition and the Visual C++, a windows programming language. We perform the measurement, analysis and output process in GUI(Graphic User Interface) environment. By using this system, we will save the time required for the hand-worked measurement and avoid the useless iterative measurement. Furthermore, we expect to improve the productivity through automotive quality control in manufacturing process.

Key Words : impulse invariant method(임펄스 불변법), butterworth filter(버터워스 필터), low pass(저역 통과), Electric Micrometer (전기 마이크로미터), GUI(그래픽 사용자 인터페이스)

1. 서론

초정밀 기계 가공에 있어서 소요시간을 단축시키고 불량률을 감소시키며 정밀 정확도를 향상시키는 일은 제품의 원가 정감과 신뢰도 향상을 위하여 매우 중요하다.

본 연구에서 측정하고자 하는 부품은 전유압형 파워 스티어링에서 핵심이 되는 유압식 차동장치의 주요 부품으로 하우징, 슬리브, 스폴로 구성되어 있으며, 이 부품들은 $8\mu m$ 정도의 고정밀도 가공 공차를 요구한다. 그러나 허용 공차를 맞추어 가공한다 하더라도 상대 부품과의 조립 허용 공차가 매우 엄격하여 상호 허용공차가 $8-16\mu m$ 가 되는 조립쌍을 선택하여 조립해야 한다.

현재 이와 같은 작업은 각 생산 부품의 가공 정밀도를 측정하고 부품번호에 따라 그 공차를 기록하였다가 적절한 조립공차를 갖는 쌍을 찾아 조립하게 된다. 현재의 수작업으로 진행되고 있는 유니트 조립공정으로는 조만간 생산량과 품질면에서 문제가 발생하게 되고 제품에 대한 소비자의 신뢰성도 확보하기가 어렵게 된다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 부품의 가공 치수를 정확하게 측정하는 시스템을 구성하여 측정

결과는 디지털로 화면에 표시 하고 측정 시그널은 컴퓨터로 보내져 부품번호와 함께 관리될 수 있도록 한다. 이 데이터를 컴퓨터가 분석하여 최적의 조립 쌍을 자동 선정하도록 하고, 또 일정기간의 모델명과 생산량 등을 쉽게 알아 볼 수 있도록 정리하여 생산 관리의 효율성도 재고 시킬 수 있도록 운용체제를 확립하였다.

2 측정부품

1) 스폴(control spool)

스폴은 외경의 가공치수가 $32_{-0.008} \sim 32 mm$ 로 슬리브와 $8-16\mu m$ 의 조립공차를 유지하면서 조립된다.

2) 슬리브(control sleeve)

슬리브는 외경의 가공치수가 $42_{-0.008} \sim 42 mm$ 로 하우징과 $8-16\mu m$ 의 조립공차를 갖고 조립되며, 내경은 $32 \sim 32^{+0.008} mm$ 로 스폴과 $8-16\mu m$ 의 조립공차를 유지하면서 조립 된다.

3) 하우징(housing)

하우징의 내경은 직경이 $40mm$ 인데 $8-16\mu m$ 의 공차를 유지하면서 슬리브와 조립되어야 한다.

3. 시스템 구성

작업장은 외경 작업 선반과 내경 작업 선반으로 구성되어있고 각 선반으로 부터 계측기의 probe를 통하여 치수를 측정하고 그 값은 DSP 보드를 통하여 PC상에 받아들여 지게 된다. 이 데이터를 필터링을 거쳐 정확한 치수를 구하고 PC에서는 개발된 소프트웨어를 이용하여 작업과 관련된 모든 자료들을 사용자에게 보여 주게 된다.

3.1 계측기

본 연구에서는 생산현장에서 가공이 끝난 부품에 대해 전기 마이크로 미터를 사용하여 접촉식 측정을 행하는 방식을 택하였다.

전기 마이크로미터(Electric Micrometer)는 사용 목적에 따라서 여러가지 종류가 있지만 정도, 안정도가 좋고 취급이 쉬운 차동 변압기를 사용한 유도형을 사용하였다.

가변 차동 변압기 또는 LVDT라고 하는 이 변환기는, 감긴 코일에 대한 변압기 코어의 상대적인 변위에 비례하는 교류전압 출력을 낸다. 중앙의 코일은 외부교류전원에 의하여 자화되고, 양단의 코일은 서로 상반된 위상으로 연결되어 검출 코일로 사용된다.

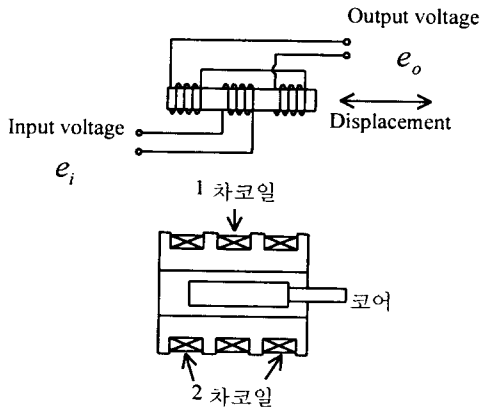


Fig. 1 차동변압기 구성

3.2 신호 처리(Signal Processing)

대부분의 센서는 실험을 수행할 때 회로, 전원 및 측정에 사용된 보드 등에서 발생하는 잡음에 대한 대책으로 여러가지 필터들이 사용되고 있다. LPF(Low Pass Filter), HPF(High Pass Filter), BPS(Band Pass Filter), Notch Filter 등 여러 주파수 대역의 성분을 제거하여

신호를 처리하는 필터들이 많이 사용된다

측정 신호에 대해 샘플링 주파수는 1000Hz로 하고 2000 개의 데이터를 획득하여 FFT를 하면 측정신호는 저 주파수대에 분포함을 알수있다. 그러므로, 임펄스 불변법(Impulse invariant method)을 버터워스 필터(Butterworth filter)에 적용하여 저역통과 이산시간 필터를 설계하여 사용함으로써 잡음을 제거 하였다.

신호의 통과 대역은 0~2 Hz로하고 저지대역 주파수는 40Hz로 하고 저지대역 감쇠를 15dB로 하고 필터를 설계하였다.

먼저 연속시간 필터의 시스템 함수는 다음과 같다.

$$H(s) = \sum_{k=1}^N \frac{1}{s - s_k} \quad (1)$$

여기서 s_k 는 시스템의 극점이다.

필터의 차수

$$N \geq \frac{\log[(1/\delta_s) - 1]}{2 \log(\omega_s' / \omega_p')} \quad (2)$$

여기서 δ_s : 저지대역 감쇠 ($-20 \log(\delta_s)$)

$$\omega_p' = \omega_1 T = \frac{2\pi f_1}{F_s} : \text{통과대역 주파수}(f_1)$$

$$\omega_s' = \omega_2 T = \frac{2\pi f_2}{F_s} : \text{저지대역 주파수}(f_2)$$

식(2)에서 $N=1.1046$ 이다. N 은 정수가 되어야 하므로, 설계조건을 만족하거나 능가하도록 N 은 2 로 한다.

이 시스템의 극점의 좌표는

$$\begin{aligned} s_k &= \omega_p' e^{j\pi(2k+N-1)/2N} \\ &= \omega_p' \cos\left[\frac{(2k+N-1)\pi}{2N}\right] + j \omega_p' \sin\left[\frac{(2k+N-1)\pi}{2N}\right] \\ & \quad k = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (3)$$

에서 $-0.0089 \pm j(0.0089)$ 이다.

따라서, 2 차 연속시간 필터의 시스템 함수는 아래와 같다.

$$H(s) = \frac{1}{s^2 + 0.01777s + 0.00158} \quad (4)$$

이산시간 필터의 최종적인 시스템 함수는 다음과 같고,

$$H(z) = \frac{\sum_{k=0}^N a_k z^{-k}}{1 + \sum_{k=1}^N b_k z^{-k}} = H(s) \Big|_{s=\cot(\omega_1 T/2) \frac{(z-1)}{(z+1)}} \quad (5)$$

$$= \frac{0.00004 + 0.00008z^{-1} + 0.00004z^{-2}}{1 - 1.9822z^{-1} + 0.9824z^{-2}}$$

입력신호 $x(n)$ 과 출력신호 $y(n)$ 의 관계는 다음과 같다.

$$y(n) = \sum_{k=0}^N a_k x(n-k) - \sum_{k=1}^N b_k y(n-k) \quad (6)$$

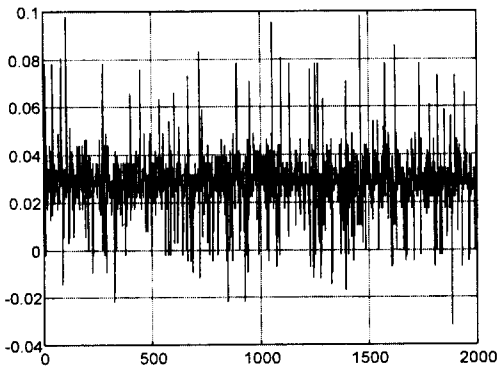


Fig. 2 측정된 신호

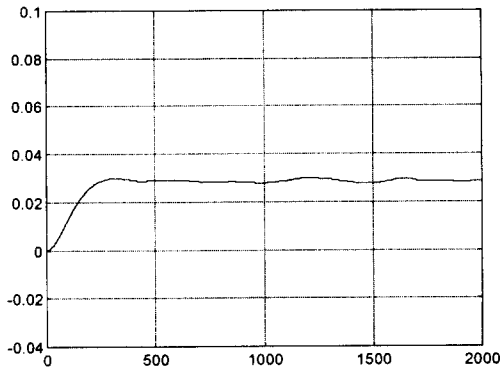


Fig. 3 필터링된 신호

4. 프로그램

개발된 프로그램은 Windows 95나 NT를 오퍼레이팅 시스템으로 하고 사용자가 쉽게 쓸 수 있도록 모든 정보의 입출력이 윈도우즈 GUI(Graphical user interfaces)환경에서 이루어 지도록 Windows 용

프로그래밍 언어인 Visual C++ 4.0을 사용하였다.

주 메뉴는 치수 측정을 위한 “치수 측정”, 측정할 부품의 허용 오차를 설정하고 변경시킬 수 있는 “허용 치수 조정”, 조립공차를 지정 해주는 “조립 공차 조정”, 작업의 순서를 결정하고 바꿔줄 수 있는 “우선 작업 결정”, 현 상태에서의 제품의 제작 상태 등을 볼 수 있는 “제품 현황”, 짝맞춤 된 상태를 볼 수 있는 “제품 조립 현황”, 보여진 제품 조립 현황을 프린트할 수 있는 “프린트”로 구성되어 있으며 메뉴선택은 단축키나 마우스를 사용할 수 있도록 하였다.

4.1 우선작업 결정

외경우선작업 일 경우에는 Spool 외경, Sleeve 외경 부품의 제작을 먼저 실행하고 외경의 치수를 측정하여 측정된 치수를 파일 형식의 데이터로 저장한다. 그 후에 Sleeve 내경, Housing 내경을 제작과 동시에 측정하고 부품이 합격품일 경우에 저장된 외경 데이터로부터 설정된 조립 공차를 만족하는 짝을 찾아주게 된다.

내경우선작업 인 경우에는 내경을 먼저 측정한 후 외경을 측정하는 순서로 작업이 진행된다.

프로그램상에서 작업 순서를 결정할 때는 Toolbar 에 있는 콤보 박스를 사용하거나, “우선작업결정” 메뉴버튼을 이용하여 작업 결정 다이얼로그를 활성화시켜 선택 할 수 있다.

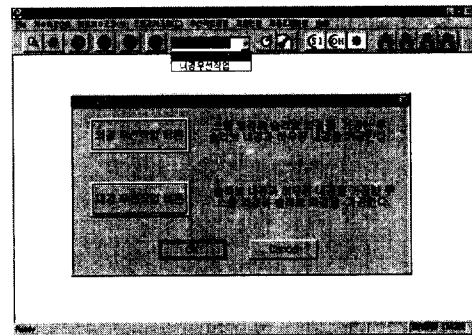


Fig. 4 우선작업 선택 다이얼로그

4.2 짝 맞춤

짝 맞춤 작업은 치수 측정작업 시 측정부품이 합격품이면 자동으로 이루어 지도록 하였다.

스폴 외경과 슬리브 내경의 짝 맞춤 flow chart 는 아래와 같고, 슬리브 외경과 하우징 내경의 경우도 동일한 방법으로 짝 맞춤 한다.

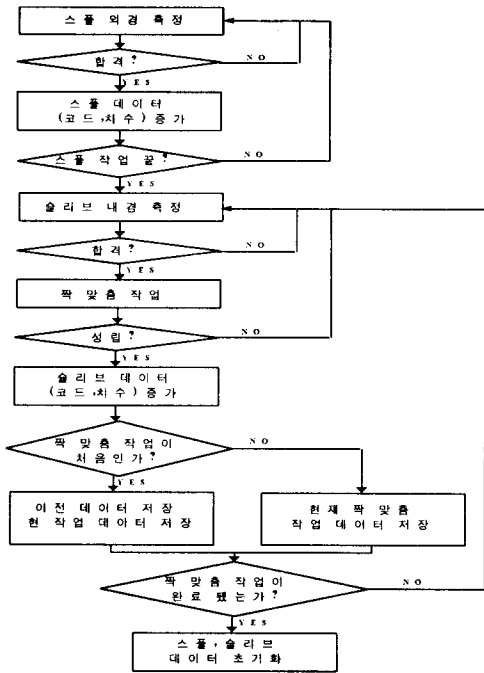


Fig. 5 “외경우선작업”의 짝 맞춤 Flow chart

4.3 제품현황

제품현황에는 “Spool 외경현황”, “Sleeve 내경현황”, “Sleeve 외경현황”, “Housing 내경현황” 메뉴가 있다. 각 메뉴를 선택하면 지금까지 제작된 합격 부품들의 그래프를 사용하여 사용자 하여금 현재 제작된 제품들이 허용된 오차내의 어느 부분에 편중되지 않는지를 한눈에 파악할 수 있도록 하였다.

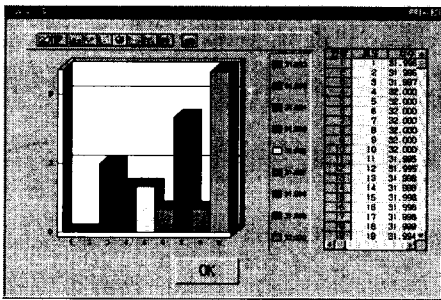


Fig. 6 스펴외경의 제품현황 다이얼로그

4.4 제품 조립 현황

제품조립현황은 “현재작업”, “전작업”, “전전작업”으로 구성되어 있으며, “현재작업”은 다시 “스플과 슬리브”, “슬리브와 하우징”, “같이 보기”로 나누

어져 있다. “스플과 슬리브”에서는 스펴외경과 슬리브 내경의 조립 부품 코드번호와 제품치수, 조립 공차를 보여주고 현재 짝맞춤이 이루어지지 않은 부품이 몇 개가 남았는지를 Edit Box를 통해 보여주고 짝맞춤 완료 부품과 미완료 부품을 비율로써 나타나도록 하였다.

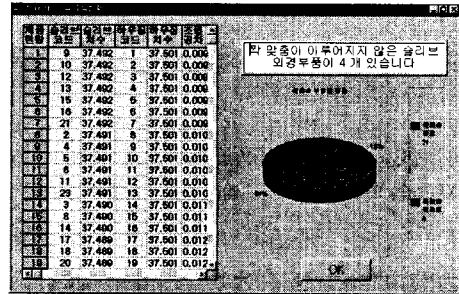


Fig. 7 슬리브와 하우징의 조립현황 다이얼로그

5. 결론

본 연구에서는 측정물을 가공작업과 동일한 장소에서 측정할수 있는 시스템을 설계하였다. 전기 마이크로미터를 사용하여 가공체의 치수를 측정하였고 측정된 데이터에 포함된 잡음 제거를 위하여 지역통과 버터워스 필터를 사용하였다.

개발된 윈도우즈 프로그램을 이용하여 수동작업을 자동화로 대체함으로써 대량생산체제를 구축하고 생산성을 향상시키며 가공 중에 부품의 짝 맞춤 작업을 완료 할 수 있어서 제품의 재고를 없앨 수 있다. 또한 부품의 품질균일화로 제품의 품질을 향상시킬 수 있고 부품치수의 문서화를 통하여 사용자에게 제품에 대한 신뢰성을 줄 수 있다.

참고 문헌

1. SIMON HAYKIN, *Adaptive Filter Theory*, Prentice-Hall, 1991
2. Emmanuel C.Ifeachor & Barrie W. Jervis, *Digital Signal Processing*, Addison-Wesley, 1993
3. David J. Kruglinski, *Inside Visual C++*, Microsoft Press, 1997
4. 이상엽, *Visual C++ Programming Bible Ver 4.x*, 영진 출판사, 1997
5. 한국표준연구소, “가공체 치수의 자동 측정기술 개발 (I) (II)”, 1989, 1991
6. 이성철, “정밀측정공학”, 동명사, 1990