

경면 다듬질을 위한 자동화 장치 개발

(Development of the Automatic Fine Polishing System)

박 균명(Gyuin Myoung Park, 생산기술연구원 금형연구실)*,
장 진희(Jin Hee Jang, 한양대학교 정밀기계공학과 대학원),
한 창수(Chang Soo Han, 한양대학교 기계공학과)

ABSTRACT

Die making process is classified into design, manufacturing, polishing, assembly, and performance test. Die polishing is not a machining process by cutting edge of tool, but it is finishing by relative cutting movement under the surface contact between grinding particles and workpiece, and this process comprised 30-40% of total manufacturing hours. However, die polishing process is still performed by the skilled workers. Now a days, it is very difficult to secure skilled workers due to the hardworking environment and this situation will be getting worse in the future which has great difficulty of dies and molds industries. This process has the common problem on the elimination of tedious manual polishing among the tool making industries. Therefore this study is aimed at the development of an automatic polishing attachment which could be attached on the spindle of CNC machine tool and controlled by the NC program data created by CAD/CAM system. As a result, this study will contribute the realization of automatic fine polishing process and improvement of quality level of dies and molds.

1. 서 론

금형은 자동차, 가전제품, 항공기, 펌파기, 사무용품, 안구류에 이르기까지 광범위하게 적용되고 있는 제품 수단으로써 상품의 품질과 기능에 절대적 영향을 미치고 있는 분야이다. 현재는 신상품 개발 경쟁, 상품의 life cycle 단축, 다품종 소량 생산에 따른 금형 제작 시간의 단축과 금형의 고품질이 더욱 요구되고 있다. 그러나 금형 제작 시간에 있어 전체 공정중 다듬질 공정이 차지하는 비율이 약 30~40%를 차지하고 있어 금형의 단납기 실현에 큰 장애요인으로 작용하고 있는 반면에 주된 연구가 금형 설계 및 가공에 초점을 맞추고 있기 때문에 이 분야에 대한 연구에 관심을 갖는 것은 중요하다 할 수 있다. 더욱이 사출 금형의 제조 공정에 있어서 다듬질 가공은 대부분 숙련된 기능공에 의한 감각과 경험에 의존하고 있을 뿐 아니라 수작업에 의해 이루어지고 있다.

현재까지 금형의 자동 다듬질에 대한 연구는 일본을 위시한 선진 각국에서 다방면으로 이루어져 왔으며 이러한 연구들 중에는 공작기계를 이용한 다듬질 작업방법과 사람에게 의한 다듬질 방법이 활발히 연구되어져 왔다. 특히 사람에게 의한 다듬질 작업은 초음파 다듬질기구, 왕복운동에 의한 다듬질기구, 회전체에 의한 다듬질기구등을 개발하여 사람에게 의한 다듬질 작업이 다소 편리해지긴 하였으나 이러한 기구를 이용한 경면다듬질이나 다듬질면의 정밀도에는 한계가 있어 왔다. 그러나 다듬

질작업중에서도 모서리나 좁은 홈 등 자동다듬질이 곤란한 부위들은 사람에게 의해 다듬질을 할 수 밖에 없었으며 이러한 기구들은 사람으로 하여금 다듬질을 쉽게 할 수 있도록 크게 기여해 오고 있는 것이 사실이다.

다듬질작업을 자동화 하기 위해서 초기에는 기존 공작기계를 이용한 다듬질 작업이 2차원적인 방법으로 단순하게 이루어졌으나 기술상의 문제로 실용화를 시키지 못하였다. 일본의 경우 1980년대에 들어서서 일본의 산업용 로봇 공업회사 중소기업사위단, 연구소, 학교, 관련기업등에서 다듬질 전용기구를 개발하고 적용실험을 발표하며 다듬질작업의 자동화를 위한 연구개발이 적극적으로 추진되어 왔다. 이와같은 연구는 대부분 공간상에서 다듬질하고자 하는 면 전체를 처리할 수 있는 로봇을 이용한 전용기에 대한 연구로 로봇의 운동에 의한 다듬질 유형과 다듬질경로를 최적화하기 위한 소프트웨어적인 해석방법에 의한 연구가 중심을 이루고 있으며 국내에서도 오프라인 로봇작업을 중심으로한 자동 다듬질 가공방법에 관한 연구결과들이 학계에 보고되고 있는 실정이다. 특히 로봇의 말단부(end effector)라 할 수 있는 자동 다듬질 기구가 장착되고 있는데 이 기구에 대한 연구는 동경대학 생산기술연구소의 나카가와(中川)교수팀의 자기 흡입식 다듬질공구⁶⁾와 오오사카(大阪)機工의 차동변압기를 이용한 자기추종 연마 헤드, 홋카이도(北海道)대학의 사이토 교수팀의 2축회전 마이크로 연삭장치등이 대표적이라 할 수 있다. 이와 같은 자동 다

듬질 장치는 대부분 기계가공 후 커터 마크(cutter mark)를 제거하기 위한 형상다듬질작업에 주안점을 두고 있는 장치들이며 앞으로는 정밀도를 향상시키고 경면다듬질을 자동으로 할 수 있는 다듬질장치가 요구되고 있는 실정이다.

기존 금형공정에서는 대부분 CNC 미싱 센터를 보유하고 있으며 이 기계를 이용하여 각 공장에서는 CAD/CAM 시스템에 의해 생성된 NC 프로그램 자료를 기계가공 방향을 제어하며 금형의 자유곡면의 형상을 가공하고 있다. 이러한 배경으로 본 논문에서는 CNC 기계에서 최종 기계가공이 끝나면 끝이어서 다듬질장치를 CNC기계의 구동축에 장착하여 이미 기계가공시 사용했던 CAD/CAM 시스템에서 생성된 pick feed 방식의 NC 프로그램 자료를 다시 자동다듬질 작업에 적용하고 하나의 기계에서 기계가공과 경면다듬질을 동시에 실현하기 위한 자동 다듬질 장치를 개발하는데 그 목적이 있다. 또한 최소한의 비용으로 고가인 CNC 기계를 최대한으로 활용하고 다듬질면의 정밀도를 향상시키고 요구되는 경면다듬질을 효과적으로 수행할 수 있는 자동 다듬질 장치를 개발하는데 그 목표를 두었다.

II. 시스템의 설계 및 이론

본 연구를 통하여 제작된 자동 다듬질 장치는 기존 금형공장에서 쉽게 찾아볼 수 있는 CNC Milling M/C인 NTC 50 type을 설계 기준으로 하였다. 기계에서의 X, Y, Z축의 이송은 CAD/CAM 시스템에서 생성한 NC 프로그램 자료에 의한 CNC 컨트롤러의 시보 모터에 의하여 이루어진다. 여기서 NC 프로그램 자료에 의하여 위치변화가 일어나는 X, Y, Z, 방향을 공구 경로라고 하는데 본 논문에서 제작한 자동 다듬질 장치 역시 이 공구 경로를 따라 이동하면서 다듬질이 자동으로 수행 되도록 하는데 설계의 주요한 점을 두었다.

다듬질 장치의 구성은 Fig. 1과 같이 기계의 주축대헤드부에 설치될 수 있는 MTS0의 arber를 중심으로 공기의 공급부와 실린더 및 피스톤, 피스톤 로드와 피스톤 내부에 장치된 베인 모터, 그리고 베인 모터에 연결된 스플라인 축으로 구성 되도록 설계하였다. 또한 공압 실린더 내부에 장치된 피스톤의 상하 이동을 제어할 수 있는 공압 장치를 별도로 개발하였으며 단독식 공압 실린더 방식으로 구성된 실린더와 피스톤에 의해 항상 일정한 압력이 유지되도록 설계하였다. 압축기에서 공급된 공기는 두 방향으로 나뉘어지고 한쪽은 조절기(regulator)와 속도 제이기(speed controller)를 통하여 피스톤 압력을 일정하게 유지시킬 수 있도록 실린더에 공급되며, 이미 설정된 압력을 초과하게 될 경우 공기를 자동으로 배출시켜 주는 드레인 부분으로 구성되어 있다. 다른 한쪽은 직접 베인 모터를 회전시키기 위해 피스톤에 뚫려진 공기 유입구멍으로 연결되도록 설계되었으며 이때 베인 모터에 연결된 스플라인 축이 회전하면서 universal body에 접촉된 diamond sheet가 가공물의 표면을 누르며 다듬질 작업이 되도록 설계되었다.

(1) 시스템 본체 설계

1) 피스톤 부

피스톤은 실린더로부터 공기 공급을 받아 상, 하 왕복운동을 하는 것으로 피스톤 상, 하 지지부와 실린더와 슬라이딩이 되는 중심 가이드부가 있다. 중심 가이드부는 공기의 누출을 방지하기 위하여 오일 링을 끼울 수 있도록 하였으며 피스톤 하단에는 공압에 의한 회전 운동이 일어날 수 있도록 베인용

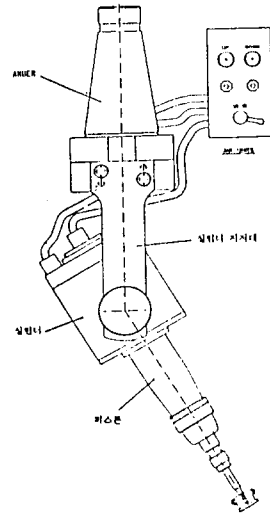


Fig.1 Automatic die polishing device

회전체와 회전체용 실린더가 설치되도록 되어 있다. 베인용용 회전체를 구동시키기 위해서 피스톤의 상부에 공기 공급부가 있고 피스톤을 구동시켜 주는 공기 공급부는 실린더내에 설치되어 있다. 실린더와 피스톤의 구조를 설계하기 위해서는 실린더내의 발생 압력과 실린더 내경 및 압력과의 관계를 고려하여야 한다.^(7,8)

$$F_p = \mu \times F_t \quad (1)$$

$$F_t = P \times \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (2)$$

여기서, F_p = 실린더 내에서의 발생력 (kgf)

F_t = 실린더내에서의 이론 발생력 (kgf)

P = 사용압력 (kgf/cm²)

D = 실린더 내경 (cm)

d = 피스톤 로드 직경 (cm)

μ = 압력계수

일반적으로 숙련공의 다듬질 가공 압력은 2~12kgf/cm²으로 다듬질 가공이 이루어지므로 본 연구에서의 다듬질 장치는 실제 가공 압력의 약 4배인 46kgf/cm²의 발생압력을 기준으로 설계가 이루어졌다. 피스톤 안쪽에는 $\phi 6$ mm의 구멍이 뚫려 있는데 이곳은 공기 공급장치로부터 제공되는 공기의 유입 통로이며 베인 회전체를 구동시켜 고속 회전운동을 일으키도록 되어 있다.

2) 실린더 부

다듬질 장치를 고정시키고 있는 곳은 arber로써 Fig. 1에 나타난 바와 같이 arber부는 CNC milling M/C의 주축부헤드에 고정되게 된다. 실린더는 arber 양쪽에 고정되어 있는 실린더 지지대에 의해서 중간에 설치되게 되어 있으며 M16 나사에 의해 0~90° 각도 범위에서 조절이 가능하도록 설계되어 있다. 이 각도를 조정함으로써 다관절 로봇을 이용하지 않고도 금형

의 캐비티나 코어의 측벽을 다듬질할 수 있도록 하였다. 이것은 또한 경사진 부분 역시 원활하게 다듬질을 할 수 있도록 하기 위해서이다.

(2) 시스템 구동부 설계

금형면의 다듬질에 있어 다듬질 공구는 금형에 항상 수직방향으로 가공할 것을 원칙으로 하며 공구의 종류에 따라 가공회수, 공구압력, 연삭량, 마모특성 등의 상호관계를 고려하여 공구를 선택하여야 한다. 본 장치의 다듬질 공구부는 Fig. 2와 같으며 ⑦번 O-ring에 의해 고정되어 있는 shaft 지지편 4개가 spline 축 ①을 지지해 주도록 되어 있다. Universal body ②에서는 직경 20mm 우레탄 고무를 바닥부에 장착하므로 샌드 페이퍼의 교환이 쉬울 뿐만 아니라 다듬질 요동압력을 흡수하도록 히이 불규칙 파형을 최소화 하도록 하였다.

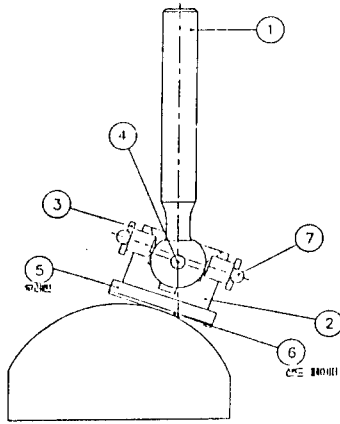


Fig.2 Part of polishing tool

1) Vane Motor의 설계

배인형 모터는 공기 압축기에서 발생한 압축공기를 이용하여 기계적 연속 회전 에너지로 변환시키는 구동기이므로 비교적 모터의 출력이 작고 소, 중량의 고속 회전용으로 적합하여 본 논문에서 다듬질 공구 회전용으로 채용하였다.

모터의 실린더와 회전체 및 배인의 수는 Fig. 3와 같으며 배인 모터를 구동시킬 수 있는 공기 압축기의 용량은 3.7kw의 동력에 실제 토출량이 0.4m³/min 이하에서 사용할 수 있고, 모터의 체적효율은 75% 정도이다.

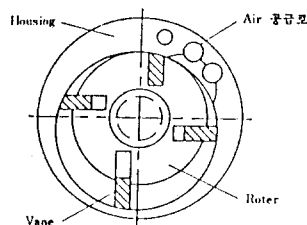


Fig.3 Vane motor

배인 모터의 설계를 위하여 이 모터의 송출량(V)을 계산할 필요가 있다.

$$V = \left(\frac{D_a}{2} + e \right)^2 \pi - \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 \pi - \left[\left(\frac{D_a}{2} - e \right)^2 \pi - \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 \pi \right] \quad (3)$$

$$= 2\pi D_a e \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

여기서, D_a : 실린더의 안지름 (mm)
 D_i : Rotor의 바깥지름 (mm)
 e : 편심량 (mm)

N 을 모터의 회전수, Q 를 실제 송출되는 양, η 을 모터의 체적효율이라 할 때 배인 모터의 송출량(V)과 이론 송출량(V_{th})은 다음과 같다.

$$V = \frac{Q}{N} \quad (4)$$

$$V_{th} = \frac{V}{\eta} = \frac{Q}{\eta N} \quad (5)$$

또한, 배인 모터의 실린더 안지름 D_a 는 다음과 같은 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$D_a = \frac{V_{th}}{2\pi e b} \quad (6)$$

여기서 회전체의 크기 D_i 를 구하기 위해서 아래와 같은 식을 이용한다.

$$\frac{D_a}{2} = \frac{D_i}{2} + e + c$$

$$D_i = 2 \left(\frac{D_a}{2} - e - c \right) \quad (7)$$

그러므로 배인 모터의 실린더 내경과 회전체 외경을 결정하고 배인의 넓이를 결정하여 다듬질에 필요한 다듬질 공구 회전을 위한 동력을 얻을 수 있다.⁽¹⁰⁾

2) 공압 장치 설계

다듬질 장치의 구동은 공압 장치부의 역할에 따라 유연한 다듬질 작업이 이루어지도록 되어 있다. Fig. 4는 다듬질 장치의 구동을 위한 공압 회로도이다. 여기서 filter regulator는 공압이 처음으로 다듬질 장치에 공급되는 곳으로 filter를 통해 흡입된 공기는 최고 사용 압력 9.9kgf/cm²으로 0.5~8.5kgf/cm²의 압력범위를 설정할 수 있다. 이것은 브라켓형으로 공기량을 조절할 수 있는 limit indicator 압력계가 부착되어 있다.

실린더에 설치된 2개의 속도 제어기의 역할은 공기의 공급과 중단에 따른 피스톤의 급강하 또는 급상승을 방지하기 위한 것으로서 저압력 상태에서도 일정한 속도 제어가 가능한 것이 특징이다.

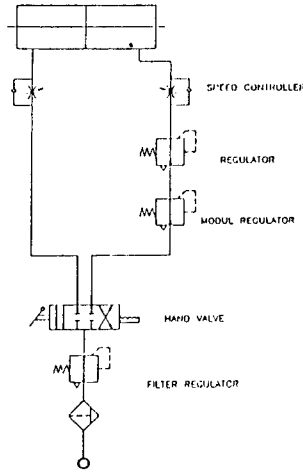


Fig.4 Circuit diagram of the air units

III. 자동 다듬질 시스템의 시험

실험재료는 다음에 Table 1에 준하여 준비하였으며 Cr 함유량이 13.6%로 미려한 경면사상이 가능한 STAVAX를 선정하였다. 이 재료는 정밀하고 경면다듬질이 요구되는 금형에 주로 사용되고 있으며 내부식성, 내마모성, 가공성, 경면성 등이 우수하고 열처리시 치수변화가 거의 없는 특징을 가지고 있다.

Table 1 Test material

| 품명 | 수량 | 치수 | 재질 |
|-------------------|----|----------------|--------|
| 7"TV Monitor core | 2 | 50 x 105 x 145 | STAVAX |

Table 2에는 본 연구를 위해 기계에서의 시험편가공을 위한 절삭 가공 조건을 보여주고 있으며 최종 기계가공은 $\phi 10$ 불앤드밀을 사용하여 가공하였으며 공구이동을 위한 tolerance는 0.02mm로 CAD/CAM 시스템에서 생성한 후 CNC 밀링 머신에서 가공 하였다. Fig.5는 최종 기계가공 하는 것을 보여주고 있다. Table 3에는 CNC 밀링 머신에 관한 필요한 사양을 나타내었으며 이 사양을 기준으로 자동 다듬질 작업에 대한 실험도 하게 된다.

Table 2 The condition for cutting process of test material

| 구분 | 회전수 (rpm) | 이송속도 (mm/min) | 사용공구 | 비고 |
|----|-----------|---------------|----------------|-------------|
| 황삭 | 300 | 20 | $\phi 16$ 평앤드밀 | TIN Coating |
| 중삭 | 800 | 60 | $\phi 16$ 불앤드밀 | " |
| 정삭 | 1500 | 200 | $\phi 10$ 불앤드밀 | " |

CNC Milling M/C을 구동시키기 위해서는 기계에서 인식할 수 있는 입력 자료가 있어야 한다. 입력 자료를 생성시켜 주는 장치는 CAD/CAM 시스템으로 현재 여러 소프트웨어들이 실용화되어 있지만 본 과제에 적용한 시스템은 현재 보유하고 있는 DUCT 시스템을 이용하여 NC 프로그램 자료를 생성하였으며 본 다듬질 가공장치의 실험을 위하여 금형 가공과 다듬질 가공 입력 자료로 활용하였다⁽¹³⁾.

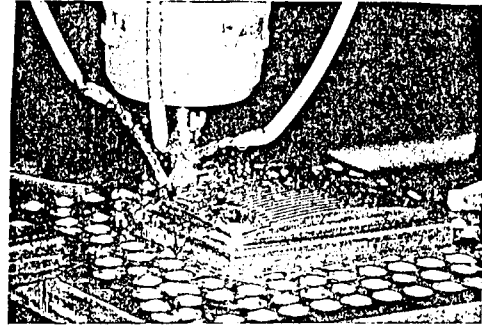


Fig.5 Cutting process of test material

Table 3 Basic data of CNC milling M/C

| CNC Milling M/C | 사양 |
|-------------------------|-----------------|
| Working Surface (LXW) | 1600 x 1600mm |
| Max. Long | 1050mm |
| Max. Cross | 500mm |
| Max. Vertical | 500mm |
| Cutting Feedrate | 10 ~ 2000mm/min |
| Rapid Traverse | 10,000mm/min |
| Spindle Taper | NST No. 50 |
| Spindle Speed Range | 30 ~ 3150 rpm |
| Spindle Vertical Travel | 100mm |
| Head Swivel Angle | ± 30 deg. |
| Spindle Drive Motor | AC 15kw/11kw |
| Feed Motor (X, Y, Z) | DC 1.8kw |
| Spindle Lubricate Motor | 400 W |
| Slideways Lub. Motor | 25 W |
| Machine Net Weight | 8000kg |
| NC Controller Model | FANUC 9A |

DUCT 시스템에서의 자유곡면을 갖는 제품 형상을 정의하는 곡선은 parametric cubic curve라 하는데 이 곡선은 Bezier가 정의했다 하여 Bezier 곡선이라고도 한다. Fig. 6에서 보듯이 곡선의 시작점과 끝점과 접하는 접선위에 C_0 와 C_1 의 두개의 control point가 있어 이 두 개점의 위치와 벡터값을 바꾸어 주므로써 정의하고자 하는 DUCT의 형상을 만들 수가 있다.

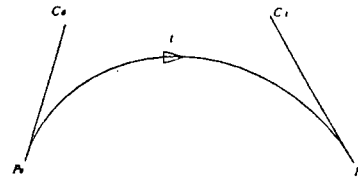


Fig. 6 Parametric cubic curve

본 연구를 통하여 개발된 자동 다듬질 장치의 시험방법은 사람에 의한 손다듬질과 CNC milling M/C에 설치한 자동다듬질 장치에 의한 자동다듬질 방법으로 나누어 실시하였다.

IV. 시험 결과 및 고찰

금형의 다듬질에 있어서 scratch는 다듬질 정도(精度)에 많은 영향을 미친다. 특히 이크립이나 폴리 카보나이트를 이용한 투명한 제품들에게는 scratch가 제품의 기능을 좌우하기도 한다. 더욱이 콤팩트 디스크나 CD (compact disk) 금형등은 Ra 0.02 μ m 이내에 들 수 있도록 초 경면 다듬질을 요하는 경우가 있다. 본 연구를 위한 실험은 형상과 크기가 같은 시험편을 가지고 금형다듬질 경력 12년의 경험자를 가진 숙련공의 손다듬질에 의한 다듬질 방법과 실험장치로 개발한 자동다듬질 장치를 CNC milling M/C에 설치하여 금형의 경면 다듬질을 자동으로 실험한 결과이다.

Table 4와 Table 5는 숙련공에 의한 다듬질 작업과 CNC 밀링 머신에 설치한 자동다듬질 장치를 활용한 자동다듬질 작업의 결과에 대하여 공정별로 나타나고 있으며 공정별 공구의 교환단계가 기계에 의한 자동다듬질이 5회, 사람에게 의한 손다듬질이 10단계에 의해 이루어졌음을 알 수 있다. 전자에서 가리키는 회전수는 자동다듬질 장치에 부착된 고속 베인 모터에 의하여 출력되는 회전수이며 이송속도는 CNC 밀링 머신의 이송속도 제어부에서 지정한 이송속도이다. 평면상태에서의 pick feed의 크기는 tolerance에 의해 결정되며 주어진 값인 0.1mm에 의해 CAD/CAM 시스템에서 생성하였다. Cutter mark가 심한 초기 상태에서 universal body에 장착된 diamond paper의 위도는 #200 을 사용하였으며 소요시간은 150분 걸렸다. 이것은 손다듬질을 처음 시작할 때 줄이나 디스크 그라인더를 사용하여 거친 cutter mark를 빠른 시간내에 제거하는 방법과 같은 유사한 작업 방법으로 기계가공한 상태를 가능한 한 빨리 제거하여 경면 다듬질을 쉽게 하기 위한 작업 수단이라 하겠다. 손다듬질 상태에서는 cutter mark를 제거하기 위한 초기 작업 수단은 10분 평균에 의하여 이루어졌으며 약 40분 정도 소요되었다. 다듬질 초기 작업상태에서 기계다듬질과 손다듬질의 작업시간의 차이는 사용공구의 기질 기 정도에 따라 다르게 나타나며 사람의 손놀림과 일정한 유형을 갖고 있는 기계의 운전 방식에서도 차이가 있음을 알 수 있다. 그러나 결과적으로 같은 시간내에 최종 요구 정밀도를 비교해 보면 Table 4와 Table 5에 나타난 바와 같이 최종 표면거칠기에 있어서 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. 즉 사람이 6시간 동안 계속 작업대에 앉아 다듬질 작업을 할 수가 없을 뿐만 아니라 사람 손에 의한 다듬질은 Ra 1.0 μ m 이하에서는 더이상의 표면 거칠기 향상을 위해서는 시간과 노동을 해야 한다는 사실을 발견할 수가 있다.

상대적으로 기계에 의한 다듬질은 같은 시간에 요구하는 거칠기 목표치에 쉽게 도달하게 됨을 알 수 있다. Fig. 7에 나타난 바와 같이 scratch에 대한 평균 거칠기가 Ra 1.5 μ m인 위치에서 부터 손다듬질과 기계에 의한 다듬질의 차이가 발생함을 알 수 있다. Fig.8을 통하여 표면 거칠기와 작업시간과의 상향을 보면 기계 다듬질일 경우에는 평균 거칠기의 구분점은 240분쯤 경과한 후이며 손다듬질일 경우에는 약 220분쯤 지난 후이다. 이것은 초기 다듬질 작업에 있어서 사람에게 의한 손다듬질이 생산적임을 나타내주고는 있으나 최종 목표치를 향한 다듬질 작업에 있어서는 기계에 의한 자동 다듬질작업이 역시 효과적이고 생산적임을 발견할 수가 있으며 기계에서만이 가능한 연속적이고 지속적인 작업의 결과라 하겠다. Fig.9,10에서는 2.5 μ m범위에서 길이와 길이방향으로 각각 2000배와 200배로 중방향과 횡 방향을 측정된 결과들을 그래프로 보여주고 있다. 본 실험을 통하여 얻은 결과는 현재 대

부분 금형공장에서 사용하고 있는 CNC milling M/C을 효과적으로 활용될수 있는 방안을 제시하였으며 기계에 의한 자동다듬질 작업이 가능하다는 점과 요구 정밀도에 대한 목표치에 손다듬질에 비해 쉽게 접근할 수 있었다는 점이 하겠다.

S : Oil Stone
P : Sand Paper
D : Diamond Paper
L : Soft Lap

— 손 다듬질
— 기계 다듬질

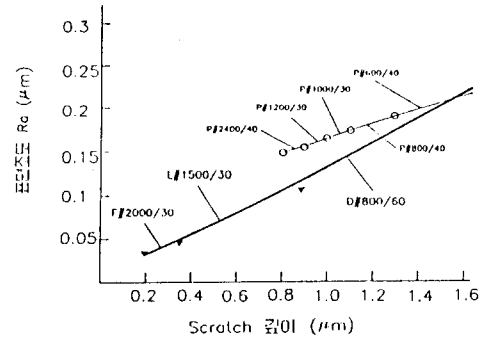


Fig.7 The mean roughness of polishing with hand & machine

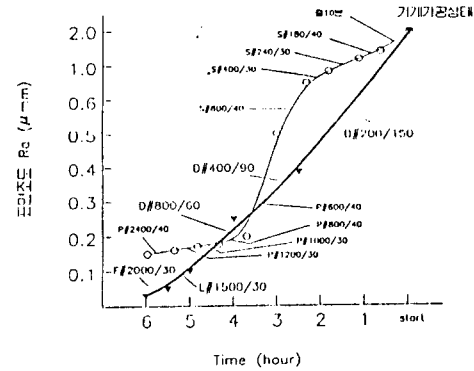


Fig.8 The state of mean roughness according to the processing time

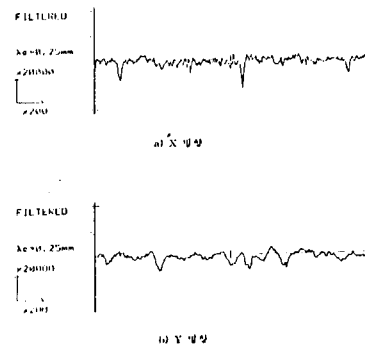


Fig.9 The final surface roughness for hand polishing

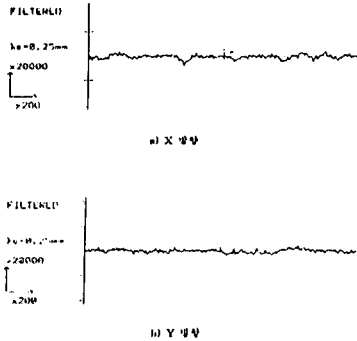


Fig.10 The final surface roughness for automatic polishing

Table 4 The conditions for hand polishing

| 구분 | 다듬질 방법 | 소요 시간 (분) | 표면 거칠기 | | | 비고 |
|-------------|------------|-----------|------------|--------------|-------------|----|
| | | | 평균거칠기 (Ra) | 심경평균 거칠기(Rz) | 최대높이 (Rmax) | |
| 최종 기계 가공 상태 | | | 2.0 | 10.8 | 13.4 | |
| 총 10분 | 줄다듬질 | 40 | 1.42 | 10.4 | 12.5 | |
| #180 | Oil Stone | 30 | 1.35 | 9.5 | 11.5 | 습식 |
| #240 | " | 40 | 0.92 | 6.9 | 9.3 | " |
| #400 | " | 30 | 0.77 | 5.8 | 7.2 | " |
| #800 | " | 40 | 0.50 | 4.4 | 5.3 | " |
| #600 | Sand Paper | 40 | 0.19 | 1.0 | 1.3 | " |
| #800 | " | 40 | 0.17 | 0.9 | 1.1 | " |
| #1000 | " | 30 | 0.16 | 0.8 | 1.0 | " |
| #1200 | " | 30 | 0.154 | 0.7 | 0.9 | 건식 |
| #2400 | " | 40 | 0.15 | 0.66 | 0.8 | " |
| 총 소요 시간 | | 360 | | | | |

Table 5 The conditions for automatic polishing

| 구분 | 회전수 (rpm) | 이송 속도 (mm/min) | 소요 시간 (분) | 반복 횟수 | 표면 거칠기 | | | 비고 |
|----------|-----------|----------------|-----------|-------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| | | | | | 평균 거칠기 (Ra) | 심경평균 거칠기 (Rz) | 최대 높이 (Rmax) | |
| 최종 기계 가공 | | | | | 2.0 | 10.8 | 13.4 | |
| #200 | 2000 | 200 | 150 | 4 | 0.37 | 2.60 | 3.12 | Diamond paper |
| #400 | 2500 | 300 | 90 | 3 | 0.25 | 1.70 | 1.78 | " |
| #800 | 2500 | 360 | 60 | 2 | 0.105 | 0.72 | 0.86 | " |
| #1500 | 3000 | 360 | 30 | 1 | 0.05 | 0.31 | 0.37 | Soft Lap |
| #2000 | 3000 | 360 | 30 | 1 | 0.027 | 0.16 | 0.20 | Lapping Film |
| 총 소요 시간 | | | 360 | | | | | |

V. 결론

기계 가공후 cutter mark가 심한 표면을 매끈하게 다듬질 한다는 것은 결코 쉬운 일이 아니다. 금형제작에 있어서 다듬질작업은 앞서 언급한 바와 같이 완성된 금형으로 완전한 역할을 하기 위해서는 반드시 요구되는 필수적인 작업공정이라 할 수 있다. 또한 다듬질은 금형제작의 최종공정이며 경면상태와 제품의 정밀도와 관계가 있기 때문에 아무나 쉽게 취급할 수 없는 것이 사실이다. 불행하게도 다듬질분야는 3D의 대표적인 분야로 인식되어 기술을 배우고자 하는 지망생이 갈수록 줄어들고 있는 실정이며 관련기술자 확보가 더욱 어려워

지고 있는 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 기존 대다수 금형업계에서 보유하고 있는 CNC milling M/C 또는 머시닝 센터를 이용한 자동다듬질의 효율성을 확인하고자 기계에 간단히 장착할 수 있는 자동 다듬질 장치를 개발하였으며, 보유 장비를 효과적으로 활용하기 위한 방안을 제시하고자 실험을 통해 손다듬질과 자동 다듬질작업의 공정과 거칠기를 비교, 분석하였고 본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

- ① CNC 기계에서 공작물의 절삭가공과 다듬질 작업이 연속적으로 가능 하였다.
- ② 일정한 압력으로 다듬질이 이루어지는 관계로 균일한 표면을 얻을 수 있어 정밀도를 향상시켰다.
- ③ 평면상태에서의 pick feed 방식에 의한 다듬질에 있어서 자동다듬질 장치를 이용하면 실무의 기계운전자도 쉽고 간단하게 X,Y 좌표에 대한 프로그램을 작성하여 운전할 수 있었다.
- ④ 다듬질 공구인 universal body는 스프라인 축에 지지되어 있어 APT 장치를 이용한 다듬질 공구의 교환이 가능함을 제시하였다.
- ⑤ 다이아몬드 페이퍼의 입도크기에 따라 경면다듬질을 하기 위해서는 공구의 회전력, 토오크, 거칠기상태 등이 어떤 영향을 미치는지에 관한 연구가 뒤따라야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Suzuki, M., Ichiyasu, S., Kirii, K., Sunahara, S., Sakuta, T., and Asai, A., "Development of Die-finishing Robotic System Controlled by CAD/CAM System," JSPE-58-08, pp.1309-1314, 1992
- [2]鈴木 基之, 一安 俊平, "프레스 金型 仕上げ의 자동화", 型 技術, Vol.6, No.9, pp.44, 1991
- [3] Yuzo Sawada, Masanori Yamashita, "自由曲面 に対応する 5軸制御金型自動磨装置の實際", 機械と工具, No.1, pp. 49-55, 1990
- [4] 上條 恵石, "金型の 自動磨きに関する 研究(形状データに基づく自動磨きの試み)", 日本機械學會論文集(C編), Vol.55, No.509, pp.193-196, 1989
- [5] Masanori Kunieda, Takeo Nakagawa and Toshiro Higuchi, "Robot-Polishing of Curved Surface with Magnetically Pressed Polishing Tool," JSPE-54-01, pp.1-125, 1988
- [6] 정연규, "사상용 Robot 개발", 과학기술처, pp.13-15, 1989
- [7] 生産技術研究院 技術教育센터, "空壓 自動化技術 教材", pp.32-34, 1992
- [8] Tanhay-SMC Pneumatics Corp. "空氣壓 技術 教材", pp.60-100, pp.121-122, 1992
- [9] 柳齊九, "成形研削工學", pp.69-72, 1991
- [10] 佐藤 俊雄, "油壓裝置設計の 實際", pp. 66-68, 1985
- [11] 양영규, 김중권, "플라스틱사출금형의 CAD/CAM 기법이 용에 관한 연구", 한국과학기술원 부설 시스템공학센터, pp.59-67, 1989
- [12] 이상조, 유종학, "밀링공작법", pp.139-146, 1993
- [13] 박근명 외, "3차원 자유곡면 자동 다듬질 장치 개발", 생산 기술연구원, 1993