

연마패턴에 따른 연마특성 평가

조종래*(창원대 대학원 기계공학과), 이재영(창원대 기계공학과),
김남경(진주산업대 기계설계공학과), 정윤교(창원대 기계공학과)

Evaluation of Polishing Characteristics for Polishing Patterns

J. R. Cho(Mech. Eng. Dept., Graduat Shool, CWU), J. Y. Lee(Mech. Eng. Dept., CWU),
N. K. Kimm(Mech. Design Eng. Dept., JJU), Y. G. Jung(Mech. Eng. Dept., CWU)

ABSTRACT

Polishing is cutting process that polished workpiece by relative motion of abrasive grain between polishing tool and workpiece. According to relative motion forms(polishing patterns) of abrasive grain, the surface quality is different. Then, polishing patterns are important essential in polishing process. In work field, polishing patterns are determined by an expert of experience. Therefore, to work effective polishing, it is necessary that evaluate polishing characteristics for polishing patterns. And, polishing machine is made with cartesian coordinate robots, we estimate polishing characteristics by measurement of surface roughness.

Key Words : Polishing(연마작업), Relative motion(상대운동), Polishing tool(연마공구), Polishing patterns(연마패턴), The surface quality(표면품질), Polishing characteristics(연마특성)

1. 서론

현대 기계산업이 발전함에 따라 사용되는 기계부품과 금형 등은 복잡해지고 소형화될 뿐만아니라 소비자의 다양한 요구에 따라 그 정밀성이 강조되고 있다. 그 결과 연마작업이 아주 중요시 되고 있지만 대부분의 연마작업은 기계작업이 힘들어 작업자의 수작업에 의존하고 있는 형편이다. 한편, 연마작업은 공작물과 공구사이에 미분말상태의 입자와 윤활제를 넣어 이들의 상대운동에 의해 공작물이 연마되는 가공법으로 공작물과 입자의 상대운동 형태(연마패턴)에 따라 공작물의 표면품위가 달라지므로 연마패턴은 연마작업에 있어 중요한 요소라 할 수 있다. 그러나 현재 연마패턴과 연마특성에 관한 연구는 전무한 실정이며, 작업현장에서도 숙련자의 경험에 의해 연마패턴이 결정되고 있어, 효과적인 연마작업의 수행을 위해 연마패턴에 따른 연마특성을 평가할 필요가 있다.

직교좌표 로봇은 고강성의 구조이면서 빠른 이송속도와 우수한 반복위치 정밀도를 구현할 수 있다. 또한 PC로 쉽게 제어할 수 있어, 다양한 연마패턴과

빠른 연마속도를 구현하기에 적합하다.

따라서, 본 논문에서는 연마패턴에 따른 연마특성을 평가하기 위하여 직교좌표 로봇을 설계·제작하였고, 제작된 직교좌표 로봇을 이용하여 다양한 연마패턴을 구현하고, 연마실험을 수행하여 연마패턴에 따른 연마특성을 연마면 거칠기를 측정하여 평가하였다.

2. 직교좌표 로봇 기반 연마장치의 구성

2.1 직교좌표 로봇

직교좌표 로봇은 LM 가이드와 AC 서보모터를 채용한 볼스크류구동형 직교좌표로봇으로 정확하고 다양한 동작을 수행할 수 있도록 제작되었다. 직교좌표 로봇의 각축은 X축 위에 Y축이 올려져 있어, X축이 Y축의 무게와 공구의 가압력을 견딜 수 있도록 X축과 Y축의 모터동력을 달리하였으며, 각축의 끝단에 Limit 스위치를 두어 장치를 보호할 수 있게 하였다. 또한 각축의 Slide table 형식을 달리하여 조립시 하중을 견딜 수 있도록 하였다. 각축의 Stroke는 200mm로 하여 충분한 작업공간을 확보하도록 하였

고, 최대 속도는 500mm/sec 이다.

직교좌표 로봇을 2축 동시제어하기 위해 MCU-MP2 컨트롤러를 사용하였고, MCU-MP2 컨트롤러는 2축 아날로그를 제어하여 서보모터를 구동한다. 또한 MCU-MP2 컨트롤러로 컴퓨터와 통신할 수 있어서 복잡한 동작을 수행할 수 있다. 직교좌표 로봇의 사양은 Table 1에 나타내었다.

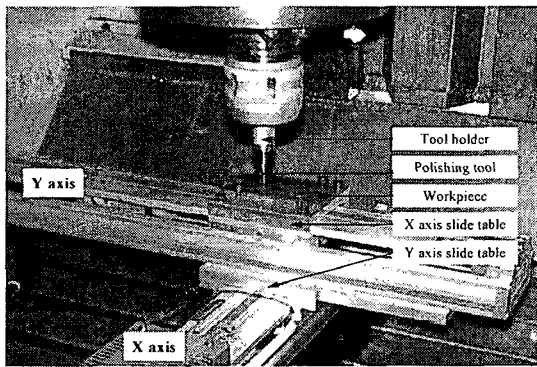


Fig. 1 Photograph of cartesian coordinate robot

Table 1 Specifications of cartesian coordinate robot

| Items | Specifications |
|-------------------|--|
| Drive type | Ball screw, LM guide |
| Motor | AC servo motor, 3,000rpm x : 200W, y : 100W |
| Stroke | x : 200mm, y : 200mm |
| Speed | 500mm/sec |
| Max. load | x : 38(H), 16(V)kgf y : 24(H), 7(V)kgf |
| Repeatability | ? .02mm |
| Motion controller | MCU-MP2 |

2.2 연마공구

실험에 사용된 연마공구와 공구홀더는 Fig. 2에 나타내었다. 그림과 같이 연마공구는 끝단이 뾰족하여 기어의 이뿌리부, 깊은 홈, 복잡한 곡면등 다양한 형태의 공작물에 사용할 수 있다. 연마공구에 가압력을 주기위하여 공구 홀더를 제작하였으며, 가압력은 공구 홀더 내부에 설치된 스프링에 의해 발생되며, 발생된 가압력의 크기는 공구동력계(Tool dynamometer)를 사용하여 측정하였고, 가압력은 25~30N으로 하여 실험하였다. 본 실험에서는 연마공구는 고정되어 있고, 공작물 즉 직교좌표 로봇이 일정한 패턴으로 작동함에 의해 연마가 이루어진다.

2.3 연마패턴 생성

연마는 공구와 공작물 사이의 연마슬러리에 함유

된 연마입자의 상대운동에 의해 공작물을 연마하게 되는데 연마입자의 상대운동 형태 즉 연마패턴에 따라 공작물의 표면품위가 다르게 나타나므로, 연마작업에 있어서 연마패턴은 중요한 요소이다.

연마패턴은 평면, 경사면, 구면, 자유곡면 등 모든 면에서 적용할 수 있어야 하며, 연삭흔적을 남길 수 있는 일정한 방향성을 가지는 연마패턴보다는 임의의 방향과 불규칙한 방향의 연마패턴 생성이 중요하다. Fig. 3은 실험에 사용된 연마패턴이다.

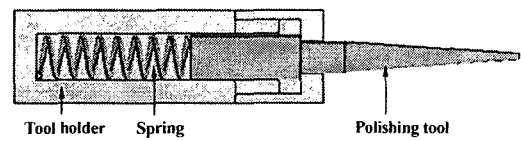
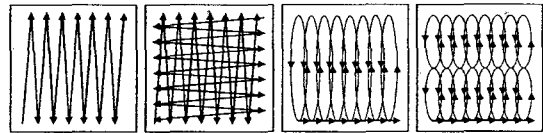


Fig. 2 Shape of tool holder and polishing tool



(a)N type (b)NC type (c)O type (d)8 type

Fig. 3 Polishing pattern

3. 연마실험

연마패턴에 따른 연마특성을 평가하기 위해 제작된 직교좌표 로봇을 이용하여 연마실험을 수행하였다. 가공시편은 STD11을 열처리 후 연삭하여 전 표면의 거칠기가 일정하도록 하여, 가공시편의 초기 표면거칠기가 연마특성에 미치는 영향을 최소화하였다. Fig. 4는 실험에 사용된 가공시편의 형상을 보여주고 있다. 연마슬러리는 Struers사의 DiaDuo로 윤활제에 다이아몬드 6 μ m입자가 혼합된 상용품을 사용하였고, 연마슬러리의 공급은 초기에 1회 공급하고 재공급은 하지 않았다. 연마공구의 가압력은 25~30N이며, 연마속도는 3,000mm/min, 피치는 0.1mm로 하여 연마실험을 수행하였다. 실험조건은 Table 3과 같다.

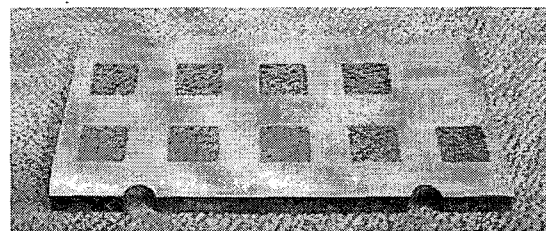
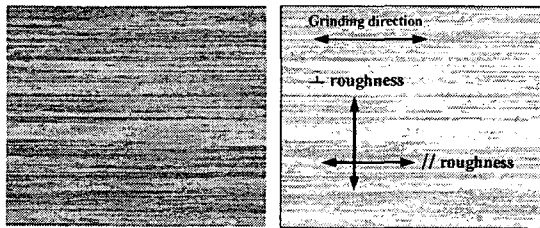


Fig. 4 Shape of workpiece(100 \times 0? mm)

연마 후, 공작물이 표면거칠기는 접촉식 표면조도계(SV-624, Mitutoyo)를 사용하여 연삭방향에 대하여 수평방향 거칠기(\parallel roughness)와 직각방향 거칠기(\perp roughness)를 각각 3회 측정하여 평균하였다. Fig. 5의 (a)는 연마전의 공작물 표면을 나타내는 사진으로 연삭방향으로 연삭흔적이 길게 나타나 있으며, (b)는 연삭방향에 대한 수평방향 거칠기와 수직방향 거칠기의 측정방향을 나타내고 있다.

Table 3 Experimental conditions

| Items | Conditions |
|--------------------|-----------------------------------|
| Workpiece | STD11(HRc 61) |
| Polishing slurry | Diamond 6 μ m(Struers DiaDuo) |
| Polishing speed | 3,000mm/min |
| Pitch | 0.1mm |
| Polishing pressure | 25~30N |



(a) Nonpolished plane (b) Roughness measurement
Fig. 5 Measurement directions of roughness

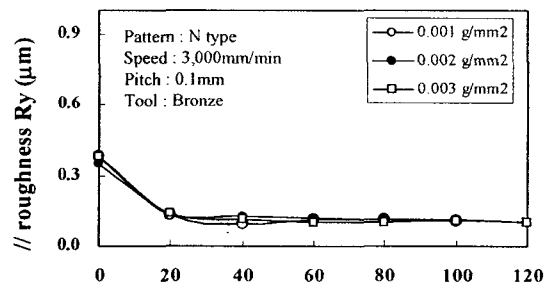
3.1 연마슬러리의 공급량 결정

연마는 공구와 공작물의 상대운동에 의해 연마슬러리에 함유된 연마입자가 공작물을 연마하게 되는데, 연마슬러리의 공급량이 적으면 연마에 참여하는 연마입자의 수가 적어지므로 연마슬러리의 공급량이 연마에 미치는 영향은 크므로, 연마슬러리의 공급량에 따른 연마특성을 고찰하여 최적의 연마슬러리 공급량을 결정하고자 한다.

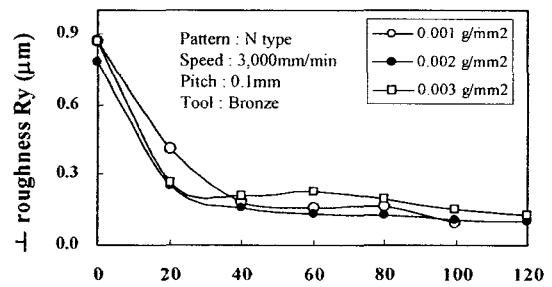
연마슬러리의 공급량이 0.001, 0.002, 0.003g/mm²일 때, 연마패턴은 N패턴으로 하여 연마한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 연마슬러리의 공급량에 따른 수평방향 거칠기의 변화는 거의 없었으나, 수직방향 거칠기는 그 변화가 심하였다.

연마슬러리 공급량이 0.001g/mm²인 경우, 연마횟수 100회에 연마슬러리가 딱딱하게 굳어 더 이상 연마를 수행할 수 없었으며, 연마에 참여하는 연마입자 수가 상대적으로 적으므로 초기 연마면 거칠기가 나쁜 것은 당연한 결과이다. 연마슬러리 공급량이 0.003g/mm²인 경우는 연마에 참여하는 연마입자수가 상대적으로 많아 초기 연마면 거칠기의 향상은 좋으나, 연마면에 6 μ m입자의 원래크기의 입자가 계속 공

급되어 연마면 거칠기의 향상을 지연시키기 때문에 40회~80회 구간에서 연마면 거칠기의 향상이 안 되는 것으로 판단된다. 연마슬러리 공급량이 0.002g/mm²인 경우에 연마면 거칠기의 향상정도가 가장 우수하였는데, 이는 연마초기에는 연마면에 연마입자의 공급이 원활하여 연마면 거칠기의 향상이 우수하였으며, 연마가 진행될수록 연마입자가 조금씩 부서져 작은 입자를 생성하여 어느 정도 향상된 연마면에 작은 입자가 공급되어 더 좋은 연마면을 창성한다고 생각된다.



(a) \parallel roughness Ry



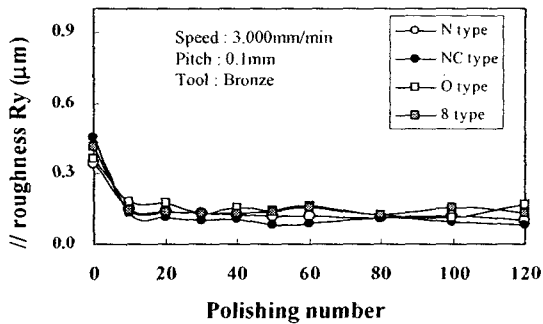
(b) \perp roughness Ry

Fig. 6 Relationship between roughness and polishing slurry amount

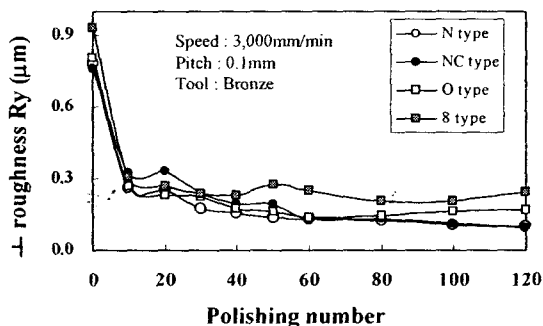
3.2 연마패턴에 따른 연마면 거칠기

연마패턴은 공구와 공작물사이의 연마입자의 상대운동과 관계하는 요소로 연마패턴에 따라 공작물의 표면품위가 달라지므로 연마작업에 있어서 중요한 요소이다. 따라서 연마패턴에 따른 연마면 거칠기와 공작물의 표면품위를 알아보려 한다.

연마패턴은 앞절에서 설명한 N패턴, NC패턴, O패턴, 8패턴 등 4가지 패턴에 연마속도 3,000mm/min, 피치 0.1mm, 연마공구는 청동으로 연마실험하였으며, 실험결과는 Fig. 7에 나타내었다. 결과는 각 패턴별로 수평방향 거칠기와 수직방향 거칠기를 측정하여 나타내었다.



(a) // roughness Ry



(b) ⊥ roughness Ry

Fig. 7 Relationship between roughness and polishing pattern

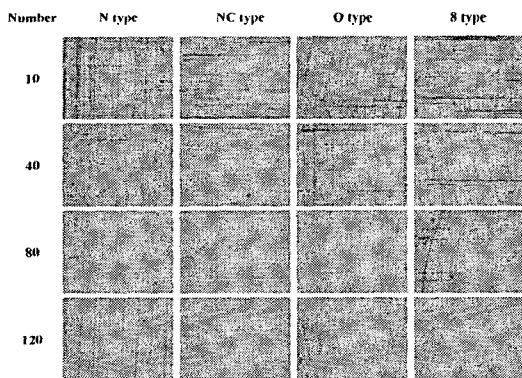


Fig. 8 Photograph of polished plane(x60)

수평방향 거칠기는 연삭방향과 동일한 방향으로 거칠기를 측정하였기 때문에 패턴에 따른 영향은 크지 않은 것으로 나타났다. 한편 수직방향 거칠기는 그 변화가 크게 나타났는데, 이는 연삭작업이 진행될수록 연삭에 의해 생성된 흔적들이 없어지면서 나타난 결과이다.

N패턴과 O패턴의 공구의 이동경로는 연삭흔적과 수직하게 움직이므로, 초기 연마면 거칠기의 향상이 크며, 수평방향 거칠기와 수직방향 거칠기가 짧은

시간에 비슷하게 된다. 그러나 8패턴도 연삭흔적에 대해 공구가 수직하게 움직임에도 수평, 수직방향 거칠기값의 차가 크게 나타나 본 실험조건에서는 적절하지 않은 패턴이라 생각된다. 한편, NC패턴의 공구이동경로는 연삭방향에 수직하게 한번, 수평하게 한번씩 교차 이동하므로, 연삭흔적의 제거에 오랜 시간이 소요되지만 최종 연마면 거칠기는 가장 우수하였다.

Fig. 8은 각각의 패턴에 따른 공작물 표면 사진으로 N패턴과 O패턴의 경우 연마회수 80회에 연삭흔적은 거의 제거되지만, NC패턴은 아직 연삭흔적이 잔존하고 있는 것을 확인할 수 있다. 연마회수 120회의 경우를 보면 N, O, 8패턴은 연마흔적이 상당히 발생한 것을 확인할 수 있는데 이는 공구이동이 한 방향으로만 움직이는 패턴이므로 발생하는 결과라 하겠다. NC패턴은 다른 패턴에 비해 연마흔적의 발생이 가장 적었다.

4. 결론

연마패턴에 따른 연마특성을 평가하기 위하여 지교좌표 로봇 기반 연마장치를 설계, 제작하여 연마 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 직교좌표 로봇을 이용하여 다양한 연마패턴을 구현할 수 있다.
2. 연마슬러리의 공급량에 따라 연마면 거칠기가 다르게 나타났으며, 최적의 연마슬러리 공급량을 결정하였다.
3. 연마패턴에 따른 연마면 거칠기와 연마면 성상을 관찰한 결과, 초기연마는 연삭흔적을 빠르게 없앨 수 있는 연마패턴이 좋으며, 마무리연마는 연마흔적이 남지 않는 연마패턴을 선택해야 할 것으로 생각된다.

후기

본 연구는 창원대학교 공작기계기술연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 박상민, 안종석, 송문상, 김재희, 유범상, 연마로봇용 자동공구교환장치와 Windows환경에서의 통합용 프로그램 개발? 한국정밀공학회지 제20권 제7호, pp. 147-154, 2003.
2. 정운교, 조종래, 윤상대, 김남경, 정갑 폴리싱머신에 의한 연마면조도 향상에 관한 연구? 한국공작기계학회 2004 추계학술대회 논문집 pp. 139-144, 2004.