

정압 폴리싱 머신에 의한 연마면조도 향상에 관한 연구

정윤교*, 조종래⁺, 윤상대⁺⁺, 김남경⁺⁺⁺

A Study on the Improvement of Polishing Surface Roughness using Polishing Machine with Constant pressure

YoonGyo Jung*, JongRae Cho⁺, SangDae Yoon⁺⁺, NamKyung Kim⁺⁺⁺

Abstract

This polishing machine has many advantages to polish complicated shaped molds due to spindle header with constant pressure. But, because of new polishing machine, there is no study of the standardization of polishing by polishing conditions yet. So we want to know the relation between polishing conditions(a kind of tool, grain size) and surface roughness. The result of experimental was obtained surface roughness of $0.061\mu\text{m}$ Ry in case of using wood tool and grain of $6\mu\text{m}$ diamond.

Key Words : Constant prssure(정압), Polishing machine(연마기), Surface roughness(표면조도)

1. 서론

최근 소비자의 다양한 요구에 따라 모든 가전제품, 생필품과 IT제품이 라이프사이클이 짧아짐에 따라 몰드 금형, 단조금형 등의 제조기술도 발달하게 되었다. 금형기술이 발달함에 따라 경쟁사와의 경쟁에서 우위를 점할 수 있는 것은 결국 가격과 납기일의 단축이다.

금형은 크게 설계, NC가공, 사상(연마)의 3부분으로 나눌 수 있는데, 설계의 경우 3차원으로 설계할 수 있는 프로그램의 개발로 제작시 문제점을 미연에 방지하여 불량을 많이 줄 수 있다. NC가공 역시 고속가공기의 보급으로 절

삭시간이 대폭 줄어들고 5축 가공기와 복합가공기 등의 개발로 기존의 방전을 필요로 하는 부분이 필요 없어서 생산공정이 줄어드는 효과를 가져올 수 있다. 그러나 금형작업의 마무리 공정이라 할 수 있는 사상작업에서는 소재의 원활한 흐름, 내마모성, 표면조도 등이 중요한 요소인데 날로 복잡해지는 제품형상에 따라 부분적으로 나누어 연마하였다. 하지만 일일이 수작업으로 하기에는 표면조도가 각 부분마다 다르며 시간도 많이 걸리기 때문에 일정한 표면조도와 작업시간 단축을 위해 자동화할 필요가 있다.

* 정윤교, 창원대학교 기계공학과 (ygiung@changwon.ac.kr)

주소: 641-773 창원시 사림동 9번지

+ 창원대학교 대학원

++ (주)화인 ATC

+++ 진주산업대학교 기계설계공학과

이에 부응하여 정압주축을 채용하여 일정한 공압으로 가 공할 수 있으며, HMI(Human Machine Interface)방식의 소프트웨어를 적용하여 NC수치제어와 로봇 티칭기술이 조합되어 비숙련자도 쉽게 사용할 수 있는 정압폴리싱 머신을 개발하였으나, 아직 연마작업에 대한 표준화가 이루어지지 않아 연마작업 표준화를 통하여 금형작업의 마무리 단계인 연마시간의 단축과 작업의 효율성을 높이고자 한다. 따라서 본 연구에서는 개발된 정압 폴리싱 머신의 작업표준화를 위한 연구로 연마입자의 크기와 공구의 재질에 따른 연마면 조도를 관찰하여 최적의 연마조건을 찾고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 정압폴리싱 머신

본 실험에서는 (주)화인 ATC에서 제작한 정압폴리싱 머신으로 실험하였으며, 정압폴리싱 머신의 스피들 헤드는 연마시 5kgf로 정압이 유지되면서 50mm의 여유스트로크가 있어서 입체형상의 공작물을 연마할 수 있다. 그림 1과 같이 공작물 표면이 복잡한 곡면으로 되어있어도 스피들 헤드의 여유스트로크에 의해 공구는 공작물의 표면형상에 따라 이동하게 된다. 정압폴리싱 머신의 사양은 Table 1과 같다.

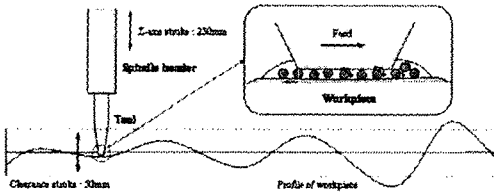


Fig. 1 Schematic diagram of polishing



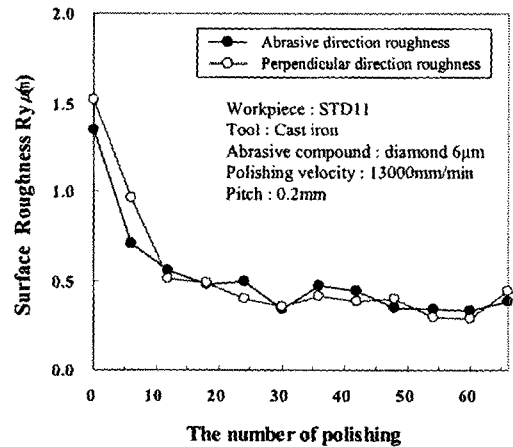
Fig. 2 Photograph of experimental apparatus

Table 1 Experimental specifications

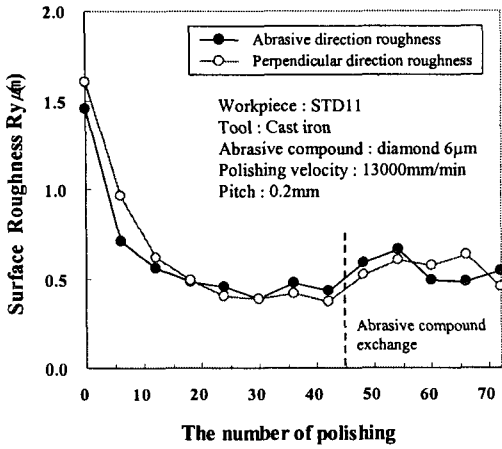
Items	Specifications
Axis	5 axis control
Axis stroke	x axis : 550 mm y axis : 390 mm z axis : 250 mm B axis : 110°
Table type	Rotational table(φ530mm)
Polishing pressure	Max, 5kgf
clearance stroke	50 mm(Constant pressure)
Max. speed	4500rpm, 20,000mm/min

2.2 연마액의 공급

연마액을 초기에 한번 주입하고 연마작업을 수행하면 더 이상 표면조도가 향상되지 않는 시간에 도달하게 된다. 이때, 초기에 주입한 연마액을 제거하고 재주입하고 연속하여 연마작업을 수행하면 표면조도가 더 좋아질 것이라 생각되지만 실험결과는 오히려 악화되는 것으로 나타났다. Fig. 3의 (a)는 연마액을 초기에 공급하고 66회까지 연마한 결과를 나타낸 그림이고, (b)는 연마액의 초기 공급후 44회까지 연마한 후 초기 주입한 연마액을 제거하고 재주입하여 연속하여 연마하였을때의 연마면 조도를 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와같이 연마액의 재주입후 연마면조도가 더 악화되는데 이는 연마시 연마입자가 부서지면서 연마하게 되는데 연마액을 재공급하게 되면 큰입자가 공급되는 결과를 가져오므로 표면조도에 악영향을 미치는 것으로 생각된다.



(a) No exchange



(b) Abrasive compound exchange

Fig. 3 Surface roughness on abrasive compound exchange

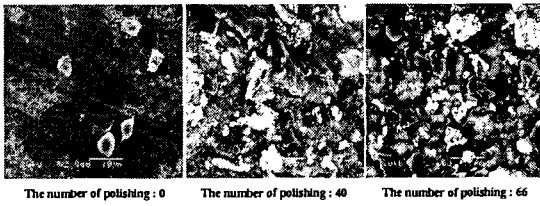


Fig. 4 Photograph of abrasive compound(SEM)

Fig. 4의 주사전자현미경 사진은 연마전, 40회연마, 66회 연마 후의 연마제 사진으로 가공횟수가 많을수록 연마입자가 부서져 작은 입자가 보인다. 따라서, 본 실험에서 연마액의 공급은 초기에 한번 공급하는 것으로 결정하여 실험하였다.

2.3 연마조건

실험에 사용된 공작물은 금형재료로 많이 사용하는

Table 2 Experimental conditions

Items	Conditions
Polishing velocity	5000,13000 mm/min
Pitch	0.2mm
Workpiece	STD11
Tool	Cast iron, Bronze, Wood
Abrasive compound	Diamond (1, 3, 6 μm)

STD11 재종으로 하였으며, 10mm×10mm의 면적을 연마하였다. 공구는 주철, 청동, 나무로 하였으며, 연마제는 다이아몬드 1, 3, 6μm입자를 사용하였다.

연마면 조도는 표면조도계(SV-624, Mitutoyo)를 사용하여 3회 측정하여 평균하였다. 실험조건은 Table 2와 같다.

3. 연마형태의 결정

3.1 연마패턴

실험에 사용된 연마기의 연마패턴은 S타입과 N타입이 있다. S타입은 평면이나 단순 곡면의 경우 사용 가능하나, 복잡한 곡면의 경우는 사용이 불가능한 패턴이다.

Fig. 5는 연마패턴을 보여주고 있으며, 이러한 연마패턴으로 평면을 연마한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 패턴에 따른 연마면 조도의 차이는 없으므로 나타났다. 따라서 복잡한 곡면에도 적용할 있는 N타입으로 실험을 하였다.

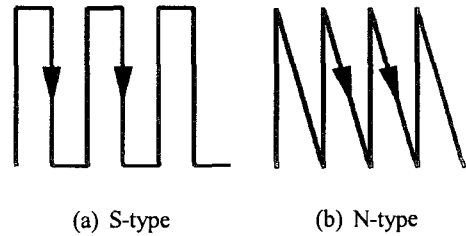


Fig. 5 Polishing patterns

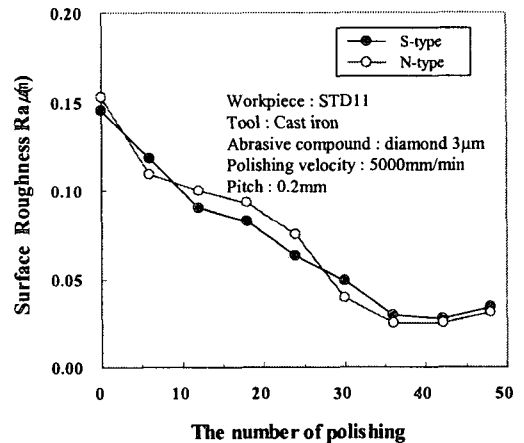


Fig. 6 Surface roughness for polishing pattern

3.2 연마방향

연마방향은 공구의 이송방향을 한 방향으로만 연마하는 방식(One direction)과 직각으로 교차하는 방식(Cross direction)으로 Fig. 7과 같다.

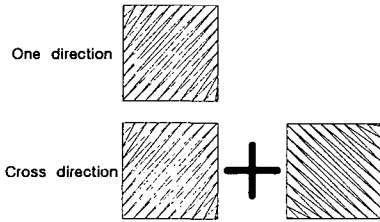
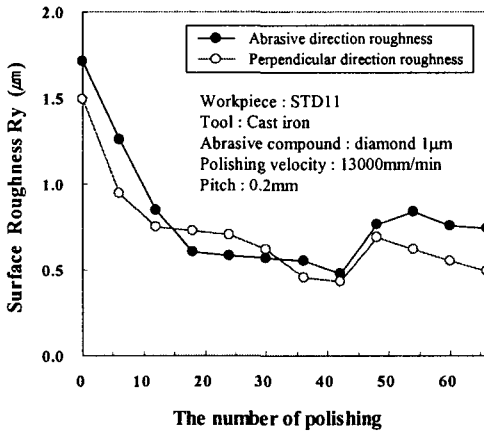
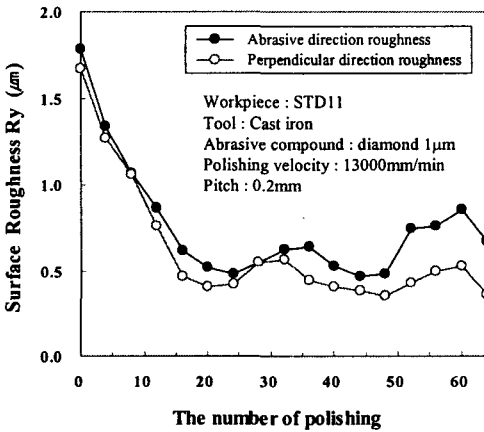


Fig. 7 Polishing directions



(a) One direction



(b) Cross direction

Fig. 8 Surface roughness for polishing patterns

Cross direction 방식은 방향을 바꾸는 시간이 추가되어 가공의 시간이 더 소요되나 연마면 조도는 우수할 것으로 생각되지만 Fig. 8의 연마방향에 따른 표면조도의 변화를 나타낸 그림에서 보는바 같이 그 값의 차이는 미미하다. 그리고 Cross direction 방식의 경우 연마방향의 표면조도와 연마방향의 직각방향의 표면조도와의 차가 없을 것으로 생각되지만 오히려, 그 차이가 One direction에 비해 더 크다. 따라서 본 실험에서는 가공의 시간도 적고, 표면조도도 우수한 One direction 방식으로 실험을 하였다.

4. 공구의 종류에 따른 연마면 조도

본 절에서는 공구종류와 연마입자 종류에 따른 연마면 조도를 알아보려고 한다. 공구종류는 주철, 청동, 나무로 하였으며, 연마입자는 1, 3, 6 μm의 다이아몬드 입자를 사용하였다. Fig. 9의 (a)는 주철공구를 사용하였을 경우의 가공횟수에 따른 연마면 조도를 나타낸 그림으로 40여회 이후부터는 연마면 조도가 나빠지는데, 이는 연마입자가 부서져 점점 작아지고, 슬러리에 의해 연마성능이 제한됨에 의해 연마수명에 도달했기 때문이라 생각된다.

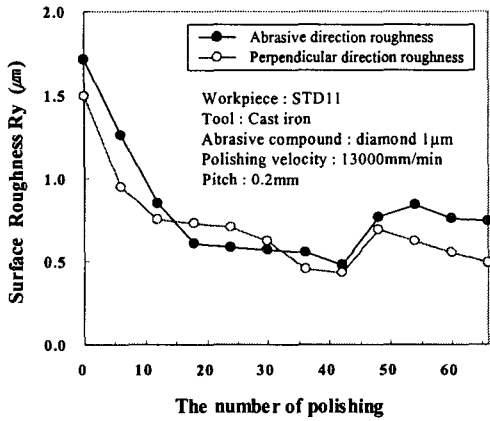
Fig. 9의 (b), (c)는 공구를 청동과 나무를 사용한 경우의 그림으로 그림 (a)와 마찬가지로 일정 회수 이상에서는 연마면 조도가 오히려 거칠어진다.

5. 고찰

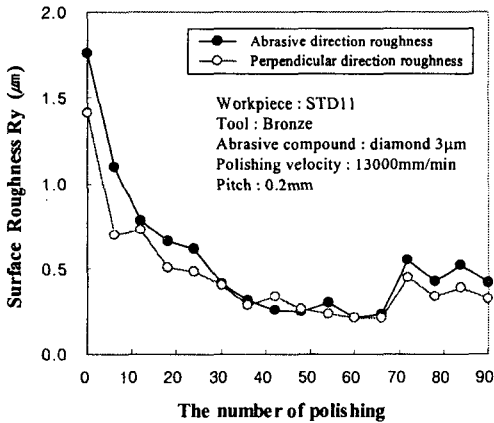
본 절에서는 앞 절의 실험결과를 이용하여 최적의 연마조건을 선정하고자 한다. 먼저 실험조건에 따른 최적의 표면조도를 구하기 위해 Fig. 10과 같이 실험으로 얻은 결과데이터를 2차 다항식의 근사곡선을 구하고 이때 곡선의 기울기가 0이 되는 지점을 최적의 표면조도와 연마회수라 결정하였다. 최적의 표면조도는 연마방향에 직각방향의 표면조도를 이용하여 구하였다.

Fig. 12의 (a)는 주철공구로 연마한 경우에 연마입자의 크기에 따른 최적의 표면조도와 연마회수를 나타낸 그림으로, 연마입자의 크기변화에 따라 연마회수는 차이가 없으나 표면조도는 입자가 클수록 좋은 것으로 나타난다.

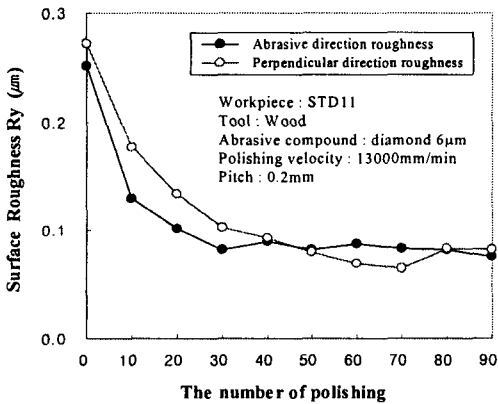
Fig. 12의 (b)와 (c)는 청동공구와 나무공구로 연마한 경우로 주철공구로 연마한 (a)와 유사한 경향을 나타내고 있다. 이는 연마입자가 부서지면서 연마하기 때문에 이러한 경향이 발생하는 것으로 큰 입자는 초기의 거친면을 빠르게



(a) Cast iron tool



(b) Bronze tool



(c) Wood tool

Fig. 9 Relationship between surface roughness and Polishing tools

연마하지만 작은 입자는 큰 입자에 비해 연마성능이 떨어지며, 또한 큰 입자는 연마하면서 부서져 작은 입자가 되어 연마면을 생성시킨다. 그리고 점점 슬러리의 양이 많아지면 입자성능을 상실하게 되어 더 이상 표면조도의 향상은 기대할 수 없게 된다. 이러한 방식으로 연마가 이루어지므로 연마입자가 6μm인 경우가 연마공구에 관계없이 좋은 표면조도를 얻게 된다.

Fig. 12에서 연마입자 6μm에 대해서 연마공구와 표면조도의 관계를 다시 나타낸 그림이 Fig. 13이다. 그림에서 막대 옆의 숫자는 가공회수를 나타내는 숫자로 주철공구의 경우 44회정도 연마하면 Ry 0.3μm 정도의 표면조도를 얻을 수 있다는 것을 보여주고 있다. 이 그림을 이용하면 얻고자 하는 연마면 조도가 Ry 0.2μm라면 주철공구만으로 얻을 수 없고, 주철공구로 44회 연마하여 Ry 0.3μm까지 얻은 다음 나무공구로 10회 연마하면 Ry 0.2μm를 얻을 수 있다. 또 다른 방법은 청동으로 59회 정도 연마하게 되면 Ry 0.2μm를 얻을 수 있다. 연마의 시간을 고려한다면 Ry 0.2μm 정도의 연마는 청동공구로만 연마하는 것이 연마시간을 절약할 수 있다. 물론 Ry 0.2μm 이하의 표면조도를 연마한다면 나무공구를 이용해야만 연마할 수 있는 표면조도이다.

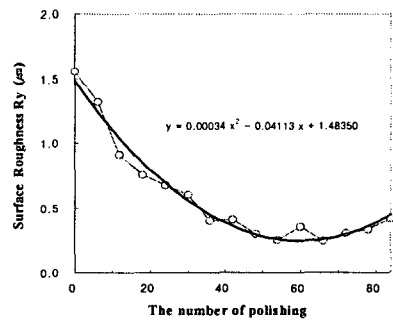


Fig. 10 Determination of optimum condition

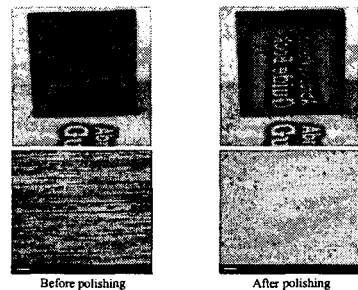
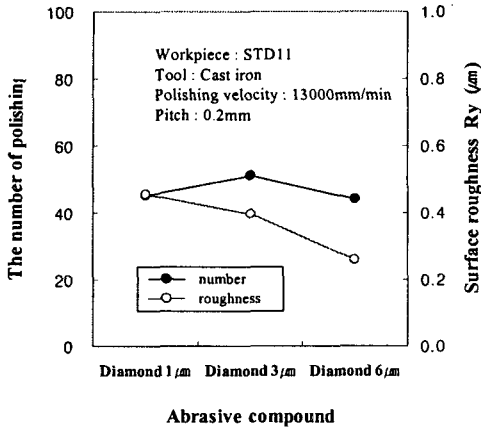
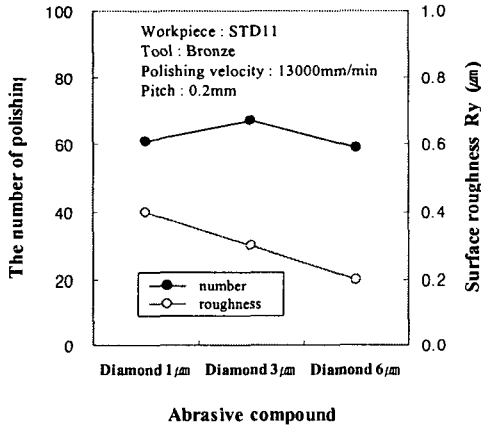


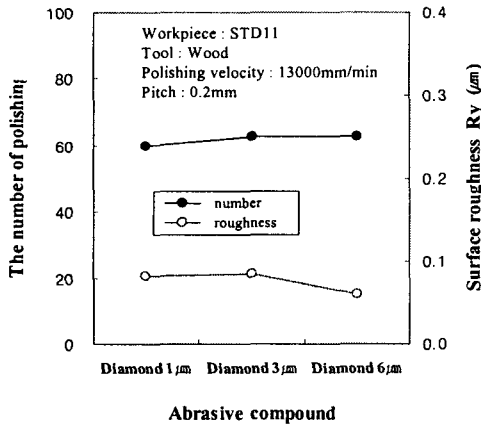
Fig. 11 Example of polishing



(a) Cast iron



(b) Bronze tool



(c) Wood tool

Fig. 12 Roughness & number of polishing for polishing tool

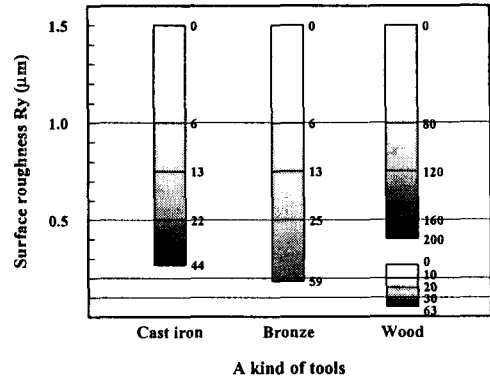


Fig. 13 Optimum polishing number

6. 결론

정압폴리싱 머신을 이용하여 연마면 조도향상을 위하여 연마공구와 연마입자의 크기에 따른 연마면 조도를 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 연마패턴과 연마방향은 본 실험 조건에서는 영향을 주지 않았다.
2. 본 실험장치의 연마방식은 투입된 연마입자가 부서지면서 연마면을 생성시킨다는 것을 확인할 수 있었다.
3. 굵은 연마입자인 6μm로 연마한 경우가 연마공구에 상관없이 좋은 연마면 조도를 얻을 수 있었다.
4. 연마공구의 종류에 따른 최적의 표면조도와 연마회수와의 관계를 구했다.
5. 본 실험장치를 이용하여 Ry 0.061μm의 연마면 조도까지 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- (1) 최민석, 김정두, 1995, "자유곡면 금형가공면의 급속 자력폴리싱 시스템에 관한 연구", 한국정밀공학회 '95년 춘계학술대회논문집, pp.102~107
- (2) 안중환, 2000, "금형자동연마기술의 개요", 프레스기술, pp.112~124.
- (3) 백종훈, 이상태, 김남우, 정윤교, 2003, "MAGIC 스톨에 의한 연마작업의 표준화", 한국공작기계학회 2003 춘계학술대회 논문집, pp.318~323.