韓國精密工學會 2000年度 春季學術大會論文集 pp.792~795

원통내면의 자기연마에 관한 연구

이용철*(연암공대 정밀기계과), 박상길, 송치성((주)신기정공)
이종렬(부산대 대학원) ,이득우(부산대)

A Study on Internal Surface Finishing of Tube Using Magnetic Assisted Polishing

Y.C. Lee(Precision Mech. Dept., YACE), S.K. Park, C.S. Song(Shinki Co. LTD)
J.L.Lee(Graduate School PNU), D.W. Lee(Mech. Eng. Dept. PNU)

ABSTRACT

The magnetic assisted finishing thought to be one of the potential methods for the automatic polishing process. In this study, magnetic assisted finishing process was experimentally attempted to polish the intrnal surface of the cylindrical tube. The newly developed magnetic tool was used, and its polishing performance examined.

From the experimental results, it is found that i) the newly developed tool is suitable for intrnal surface finishing of the tube, ii) the surface roughness of 0.9~1㎛Rmax before polishing is improved to the value of 0.2 ㎛Rmax in the finishing experiment of stainless steel STS3602L tube in 6 minutes finishing time.

Key Words : Magnetic Assisted Polishing(자기연마법), Magnetic Abrasive Polishing(자기연마법), Magnetic Abrasive(자성지립, 자기연마입자), Polishing(연마), Surface Roughness(표면조도)

1. 서론

21세기 정보화시대를 맞이하여 급속한 컴퓨터사회로 나아감에 있어서 없어서는 안될 중요한 기술의 하나가 반도체기술이다. 반도체산업의 제조환경은 고도의 정밀도와 청정도가 요구되고 있다. 고순도 가스를 공급하는 가스관인 클린파이프를 비롯한 휘팅(Fitting)류, 가스충진용 가스용기 등의 내면은 표면조도가 0.2㎛Rmax정도의 경면이 요구[1]되고 있다. 이들 부품의 재질은 난삭재이고, 형상도 가늘고 긴 관류일 뿐만아니라 구부러진 관 및 T, L형상의 휘팅류 등으로 일반적인 연마가공법으로는 쉽지 않은 제품들이다.

현재 파이프류는 기계가공 후 바로 전해연마가공을 하고, 휘팅류는 선삭가공과 리이밍가공을 한 후 전해연마공정을 거쳐서 완제품을 생산하고 있다. 이 경우 전해연마가공에서의 문제점을 들어보면 다음과 같다. i) 공작물의 전해연마가공 전상태의 표면상태가 거칠면 높은 전류를 이용하므로써 가능하지만 전해연마용액에 포함되어 있는 Na성분제거가 곤란하다. ii) 낮은 전류를 이용한 전해연마인 경우는 전해연마용액상의 불순성분을 제거하기가 비교적 용이하지만 연마능력이 작으므로 어느 수준까지의 표면거칠기를 얻을 수 있는 예비연마가공이 필요하다. iii) 강(鋼) 중의 비금속 게재물이 원인이 되어 Pit(孔食)가 발생한다. iv) 강 중의 불순물이 원인이 되어 입계(粒界)부식이 발생한다. v) 산화피막이 생겨 전해연마효율을 떨어뜨린다.

결국은 표면상태가 거친 공작물을 전해연마하면 표면의 광택은 좋게 되지만, 표면은 전가공면의 형상과 파형이 그대로 남은 상태가 되어 궁극적으로 요구하는 표면정밀도를 얻기에는 어려움이 있다.

이러한 문제점을 보완하고 제품의 고품위와 고정밀도를 향상시키며, 생산성을 향상시킬 수 있는 자기연마법[2,3]을 기계가공과 전해연마공정 사이에 도입하여 그 효과를 검토하고자 한다. 그 가운데서도 측면이나 원통내면을 연마할 수 있는 새로운 공구시스템을 개발하여 실험하였다.

2 실험장치 및 실험방법

2.1 자기연마가공 및 실험장치

자기연마의 기본적인 장치는 연마공구인 전자석과 철심, 자성지립, DC전원장치 그리고 공구를 장

착· 회전시킬 수 있는 공작기계로 구성되어 있다. 공구인 철심은 공작물의 형상과 가공목적에 적합한 형상과 구조로 제작하여 사용할 수 있다. 자성지립은 자성과 연마성능을 동시에 가지고 있는 강자성체와 연마재의 복합체로 특수· 제작된 것이다.

이 자기연마공구를 공작기계에 장착하고, 공구표면과 공작물의 가공면 사이에 수mm의 간극을 유지하게 한다. 이 간극에 자성지립을 충진시킴과 동시에 통전시키면 자성지립은 자력에 의해서 공구와 공작물 사이에 브러쉬상으로 정렬하게 되며, 이것이 유연성을 가진 연마숫돌이 된다. 이렇게 한 후 공구에 회전운동과 이송운동을 주면 연마가공이 이루어지며, 자기연마의 가장 큰 특징인 유연성으로 복잡형상의 공작물도 연마가공이 가능하게 된다. 이 때 자기력의 세기가 가공압으로 작용하게 된다. 이 자기연마법의 응용은 평면 및 곡면연마[4,5], 원통의 내· 외면 연마 그리고 버-제거가공(Deburring)[6] 등 다양하게 이용되고 있다.

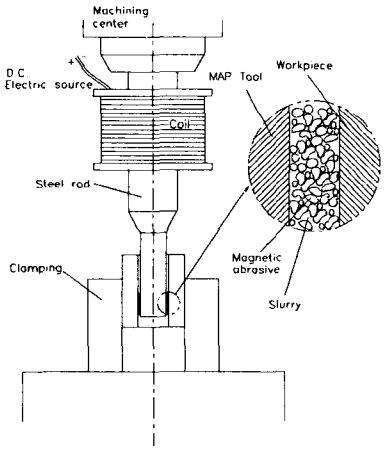

Fig.1 Schematic diagram of internal surface finishing using magnetic assisted polishing

본 연구에서는 반도체 제조공정에서 고순도 가스를 공급해야 하는 가스관인 클린파이프와 휘팅(Fitting)류 등의 원통내면의 자기연마특성을 검토하기 위해서 Fig.1과 같은 실험장치를 구성하였다. Fig.1에서 보는 바와 같이 자기연마공구를 머시닝센터에 장착하고, 원통공작물은 작업테이블에 고정하였다. 자기연마공구는 공급전류로 자속밀도를 조정할 수 있는 구조로 자체· 제작하였다.

2.2 자기연마실험

사용된 시편의 재질은 반도체생산라인의 배관류에 가장 많이 쓰이는 스테인레스강인 STS316L이며, 화학적 성분을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Chemical composition and hardness of STS316L

Chemical composition (Wt %)	Fe	Ni	Cr	Mo	Mn	Si	the others
	67	11.4	17.8	2.3	0.8	0.5	0.2

시편은 CNC선반에서 드릴링과 리이밍가공을 한 상태로 자기연마 전(前) 표면조도는 0.9~1㎛Rmax (0.09~0.11㎛Ra)로 나타났다. 이 시편들에 대해서 연마시간만을 2, 3, 4, 5, 6분으로 변화시키면서 자기연마를 실시하였으며, 나머지 연마조건은 Table 2와 같다. 연마방법은 공작물의 길이가 30mm이므로 이송

Table 2 Conditions of magnetic polishing

Workpiece	Inner dia. 10.6 mm
Tool diameter	8.6 mm
Polishing gap	1.0 mm
Tool revolution	2,000 rpm
Polishing feedrate	30mm/min
Magnetic abrasive	Dia. 80~125 ㎛
Magnetic flux density	0.5 T
Lubricant & slurry	Pure water + Al_2O_3
Polishing time	2, 3, 4, 5, 6 min

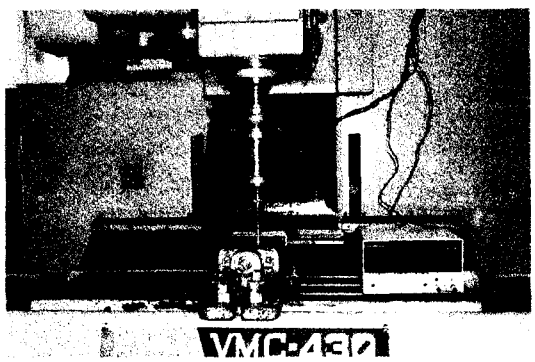

Fig.2 External view of internal surface finishing using magnetic assisted polishing

속도를 30mm/min로 했을 때, 2분은 1회 왕복, 3분은 1.5회, 4분은 2회, 5분은 2.5회, 6분은 3회 왕복하여 자기연마를 실시하였다. 연마유는 단순한 연마유가 아니고 증류수와 Al_2O_3를 일정한 비율로 혼합하여 냉각작용과 연마작용을 동시에 할 수 있도록 하였다. Fig. 2는 자기연마실험장면을 찍은 사진이다.

3. 실험결과 및 고찰

지금까지 원통내면의 연마는 공작물을 회전시키고 자성지립은 정지한 상태에서 자력의 면압으로 연마가공을 실시하였다. 이 경우 연마효율이 매우 낮다는 문제점이 있다. 본 연구에서는 연마효율을 향상시키기 위하여 공구를 회전시켜 연마할 수 있는 자기연마공구를 자체 개발하여 그 실험결과를 고찰하였다.

연마효율은 지금까지 많은 실험을 통해서 알 수 있듯이 일정 수준까지는 시간에 비례하다가 그 이상에서는 연마효율의 상승이 매우 낮게 나타나고 있다. 연마전의 초기표면조도가 0.9~1㎛Rmax (0.09~0.11㎛Ra)인 공작물을 2, 3, 4, 5, 6분간씩 연마한 표면조도의 측정결과를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 본 연구에서도 연마시간에 비례해서 서서히 표면조도가 좋아짐을 알 수 있다.

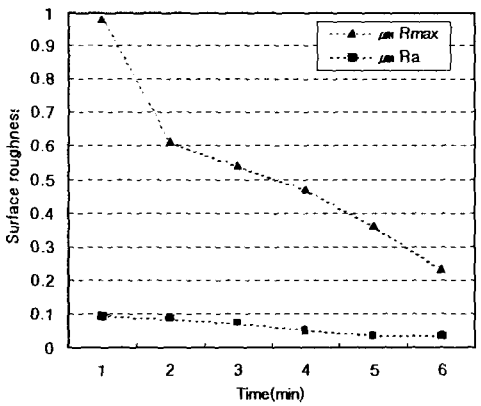

Fig. 3 Variation of surface roughness according to polishing time

Fig. 4에는 자기연마전의 표면조도 프로파일과 연마시간에 따른 표면조도 프로파일을 나타내었고, Fig. 5에는 연마전과 연마시간에 따른 시편사진을 각각 나타내었다. Fig. 4, 5에서 보는 바와 같이 연마시간이 적어도 5분 이상이되어야 경면에 가까운 0.2㎛Rmax (0.035㎛Ra) 전후의 연마면을 얻을 수 있음을 알 수 있다. Fig. 5의 좌측부터 연마전 상태, 그 다음부터 2, 4, 6분간 연마를 한 시편의 사진이다. 사진에서 나타난 바와 같이 4분이상 연마한 시편부터 투영무늬가 조금씩 선명해 지고 있다.

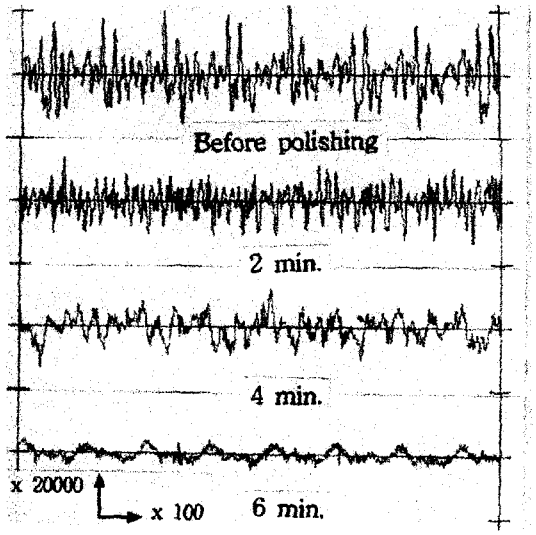

Fig. 4 Surface profile of workpiece according to polishing time

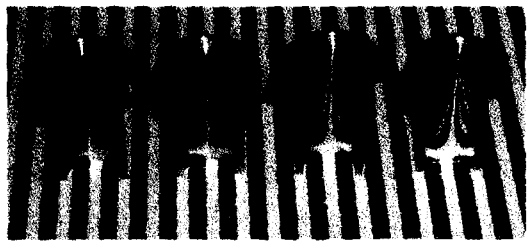

Fig. 5 Photograph of workpiece according to polishing time

4. 결론

비자성체인 스테인레스강재 파이프의 내면을 자기연마법으로 연마실험을 실시하였다. 그동안 여러가지 방법으로 이들 제품의 연마가공을 시행해 왔으나, 그 나름대로의 장단점을 가지고 있다. 본 연구에서 자기연마법을 도입하여 반도체 제조용 고청정배관류의 휘팅류의 내면 연마가공에 관해서 실험연구를 수행한 결론은 자기연마법으로도 경면에 가까운 연마가 가능하다는 것을 입증하였다. 자기연마로 경

면에 가까운 공작물표면을 만든 후, 다음 공정인 전해연마를 실시하면 서론에서 언급한 전해연마의 문제점은 많이 개선될 것으로 전망된다.

현재는 일반 머시닝센터에서 간단한 자기연마 장치를 장착· 실험하여 얻은 결과만으로도 그 가능성을 입증하였으므로, 앞으로는 원통내면 자기연마 전용기를 개발함과 동시에 연마가공시스템의 개선 등으로 연마효율 및 생산성 향상을 더욱 높일 수 있으리라 확신한다.

후기

본 연구는 '99년도 산업기반기술개발사업(과제번호 : 993-76-01)의 일부로 연구되었습니다.

참고문헌

1. 이희용, "반도체 제조용 고청정 가스관의 전해연마", 기계기술, 3월호, pp.35～53, 1999.
2. 이용철, 安齊正博, 中川威雄, "금형면의 자기연마 가공 고효율화에 관한 연구", 한국정밀공학회지, 제13권, 제6호, pp.59～65, 1996
3. 進村武男,山口ひとみ, "磁氣研磨法による圓管內面の平滑加工", 砥粒加工學會誌, 第38卷, 第1號, pp.15～18, 1994.
4. 安齊正博,李龍哲,川島悅哉,中川威雄, "高速Millingと磁氣研磨法の組合による加工效率の向上化", 砥粒加工學會誌, 第40卷, 第2號, pp.35～38, 1996.
5. 安齊正博,吉田拓未,森重功一,中川威雄, 李龍哲, "金型材曲面の磁氣研磨", 日本精密工學會'96春季學術大會論文誌, pp921～922, 1996.
6. 進村武男,兵野義高, "磁氣研磨法による圓管內面のBurr處理技術", 日本機械技術, 第44卷, 第2號, pp.24～28, 1994.