

크롬 도금 강의 초정밀 연마 가공특성

배 명 일*, 김 흥 배*

Ultra-precision finishing characteristics of Coated Chrome steel

Myung-Il Bae*, Hong-Bae Kim*

Abstract

In this study, The ultra-precision finishing system is applicable to all kind of the cylindrical workpiece products fast and easy. This system was applied to chrome coated steel to investigate the characteristics of grinding: (1) $3\mu\text{m}$ of abrasive film is not use for grinding performance. (2) Grinding condition of coated chrome steel would set up differently, in $30\sim 12\mu\text{m}$, in $9\sim 5\mu\text{m}$. (3) The surface roughness of chrome coated steel was about $Ra\ 0.0009\mu\text{m}$ in abrasive grain size $5\mu\text{m}$.

Keyword : Cylindrical workpiece(원통형 제품), Ultra-precision finishing system(초정밀 연마 가공 시스템), Chrome Coated Steel(크롬 도금강), 연마 필름(Abrasive film).

1. 서론

최근 급속한 산업의 발달과 함께 각종 제품의 제조에 사용되는 부품들은 고정밀도의 상품을 생산하기 위한 고정밀도화가 이루어 지고 있으며, 실리콘 웨이퍼(silicon wafer), 자기헤드(magnetic head), 복사기 및 레이저 프린터용 드럼 등 원형표면에서의 고정밀도의 가공품에 대한 수요가 증가하고 있으며 따라서 그들 제품을 생산하기 위한 생산 시스템분야에서도 자기 연마 및 전해 연마 법등의 연마 가공을 위한 기술에 관한 연구가 활발히 진

행되고 있다.^(1,2)

연마공정은 부품 가공 과정의 마지막 단계로 래핑, 슈퍼 피니싱, 폴리싱등의 연마 가공 공정의 엄격한 관리와 효율성에 따라 제품의 생산성 및 정밀도, 연마 가공에 투입된 공작기계의 효율성을 결정짓는 매우 중요한 공정이다. 하지만 지금까지 높은 정밀도를 얻기위한 연마 공정의 대부분은 숙련공의 수작업에 의하여 생산 제품의 정밀도가 결정되고, 또한 숙련공에 의하여 고정밀도의 제품을 얻고 있기 때문에 가공 코스트나 가공 능력의 문제에 더하여 숙련 작업자의 부족이 현저해져 대부분 중소 기업형태

* 충남대학교 기계공학과

의 영세한 국내 업체들에게 많은 어려움을 안겨주고 있는 실정이다.

따라서 작업자의 숙련도에 의존하는 기존의 연마 가공 방법에서 탈피하여 고능률, 고정밀도의 제품을 얻을 수 있으며, 상대적으로 저급의 기술로도 높은 정밀도의 제품을 얻기 위한 연마 가공 시스템의 필요성이 증대되고 있다.^(3,4)

이러한 요구에 부응하여 최근 초미립자 연마필름을 이용한 가공 시스템의 개발이 이루어 지고, 이 시스템을 이용한 성능평가가 이미 완료 되었으며, 이 시스템은 거의 실용화 단계에 접어 들고 있다⁽⁵⁾. 하지만 실용화 단계에 접어든 가공 시스템을 이용한 연마 가공의 최적화 및 연마가공 특성에 관한 체계적인 연구는 국내뿐만 아니라 해외에서는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 실용화 단계에 접어든 초 미립자 연마 필름을 이용한 초정밀 가공 시스템을 채용하여 생산 현장에서 작업자가 손쉽게 초정밀 가공제품을 연마할 수 있도록 각 연마 필름 입자에서 연마 필름의 이송속도, 연마 필름의 공작물에 대한 가압력, 연마 속도, 진동 주파수, 가공시간을 가변 조건으로 설정하여 연마 가공 특성에 관하여 조사 하였다.

2. 실험 장치 및 방법

초정밀 연마 가공을 수행하는 초정밀 연마 가공 시스템은 Fig. 1과 같다. 초정밀 연마 가공 시스템은 그림에서 나타난 바와 같이 범용 선반, 필름 연마 가공기, 제어반, 연마유 공급장치로 구성되어 있다. 필름 연마 가공기는 연마 필름을 좌우로 강제 진동 시키는 강제 진동 헤드, 연마 필름을 시험편에 가압시키며 압력의 변화를 조절할 수 있는 가압부, 연마 필름의 회수와 공급을 담당하는 연마 필름 이송장치로 구성되어 있다. 제어기는 연마 가공기의 좌우진동, 연마 필름의 이송속도, 전원, 가압력을 제어하고, 연마유 공급장치는 실험중 시험편과 연마필름에 연마유를 공급하여 연마 작업시 발생하는 열과 연마칩, 탈락된 연마 입자를 제거하며 사용된 연마유를 청정상태로 공급하기 위하여 침전, 부유, 여과의 단계를 거치게 된다. 여과 필터는 20 μ m, 5 μ m, 1 μ m로 구성되어 있으며 연마 작업시 발생하는 연마칩과 연마입자가 다시 가공에 사용되어 표면 정밀도를 저하시키지 않도록 미세한 입자까지 여과된다.

연마 필름을 이용하여 가공을 실시하는 경우, 가공 제품의 표면 정밀도는 연마 필름 입자의 크기에 크게 의존하고 있지만 동일한 크기의 연마 입자에서 필름의 이송속

도, 연마 헤드가 공작물에 연마 필름을 가압하는 가압력, 진동 주파수, 연마 속도 등의 조건 변화에 따라 시험편의 표면 정밀도가 달라진다. 따라서 본 실험에는 연마 속도, 진동 주파수, 필름이송, 가압력, 가공시간을 변수로 하여 실험을 실시하였다.

본 실험에 사용된 시험편은 각종 기계의 부품으로 많이 사용되는 SM45C에 경질 크롬 도금을 한 시험편이며, 크롬도금한 시험편의 표면 거칠기는 Rmax 1.4~2.0 μ m, Ra 0.2~0.4 μ m로, \varnothing 100×100mm인 원형 시험편을 사용하였다.

실험에 사용된 선반은 GEMA LZ200이며, 표면 거칠기의 측정은 Mitutoyo Surfpak SV-500 surface roughness tester를 이용하였다.

실험의 방법은 30 μ m~3 μ m의 연마 필름을 이용하여 설정된 연마 필름의 이송속도, 가압력, 연마 속도, 가공시간의 조건에 따라 연마 가공을 실시한 후 표면 거칠기를 측정하였다.

본실험에 사용된 실험조건은 Table. 1과 같다.

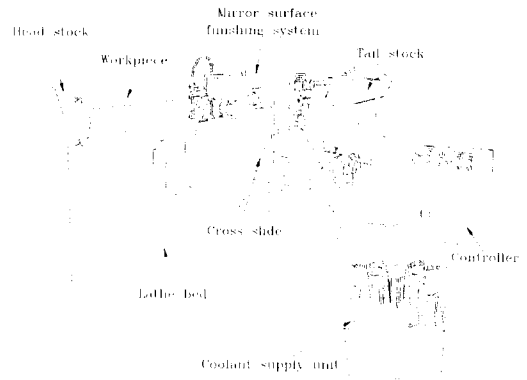


Fig. 1 Configuration of ultra-precision finishing system

Table. 1 Abrasive finishing condition

Item	Unit	Operation condition				
Grinding speed	m/min	47	88	138	177	219
Applied pressure	kgf	57	85	114	141	170
Film feed	mm/min	5	10	15	20	25
Machining time	sec	30	60	90	120	150
Oscillation frequency	Hz	5	10	15	20	25

3. 실험 결과 및 고찰

Fig 2는 연마 필름이 공작물을 가압하는 가압력을 170kgf, 연마 속도를 930m/min, 연마 가공시간 120sec, 진동 주파수의 가공 조건을 25Hz로 고정시킨 상태에서 연마 필름의 이송 속도를 5~25mm/min로 5mm/min의 간격으로 연마 가공 조건을 변화 시켜 얻은 시험편의 표면 거칠기 값을 측정하여 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 바와 같이 30 μ m, 15 μ m, 3 μ m의 연마 필름에서는 연마 필름의 이송속도가 15mm/min일 때 최저의 표면 거칠기 값을 나타내고 있고, 12 μ m, 9 μ m, 5 μ m의 연마 필름에서는 연마 필름의 이송속도가 10mm/min일 때 최저의 표면 거칠기 값을 나타내고 있다. 이것은 연마 가공하는 경우 연마 입자를 연마 필름에 부착시키는 수지와 연마 입자의 결합력이 연마 필름이 공작물에 접촉할 때의 충격량보다 적기 때문에 연마 필름이 시험편에 접촉되는 순간 거의 탈락하는 것으로 생각된다. 따라서 거의 탈락된 연마 입자는 연마액에 의하여 제거되고 연마 입자가 제거된 상태로 가공이 수행되기 때문에 5mm/min의 필름 이송 속도에서는 양호한 표면 거칠기 값을 얻을 수 없었으며, 연마 필름의 이송속도가 10~15mm/min일 때 양호한 표면 거칠기 값을 얻을 수 있었다.

연마 입자의 크기는 같은 크기의 연마 입자라고 해도 그 크기나 형상이 거의 제각각이다. 따라서 양호한 표면 거칠기 값을 얻으려고 한다면 연마 가공시 시험편에 접촉한 연마 입자가 일정한 가공 시간이 지나면서 거의 같은 크기로 마모되고, 이 마모된 연마 입자가 가공에 참여하여 시험편을 연마 가공할 때 일정한 표면 거칠기를 가진 양호한 가공면을 얻을 수 있기 때문이다. 따라서 15mm/min 이상의 연마 속도로 연마 가공하는 경우에는 크기와 형상이 같지 않은 연마 입자들이 충분히 같은 크기로 마모되지 않는 상태에서 즉 연마 필름이 회수 됨에 따라 연속적으로 나타나는 새로운 연마 입자가 시험편을 가공하기 때문에 양호한 표면 거칠기 값을 얻을 수가 없었다.

특이할 만한 사실은 5 μ m의 연마 입자로 도포된 연마 필름으로 가공한 경우보다 3 μ m의 연마 필름으로 가공한 실험결과가 더 좋지 않다. 3 μ m의 연마 필름으로 연마 가공한 표면 거칠기 값은 12 μ m과 9 μ m의 연마 필름으로 가공하여 얻은 표면 거칠기 값의 중간값을 보이고 있다. 이 이유는 육안으로 5 μ m, 3 μ m의 연마 필름을 살펴보면 연마 필름과 연마 입자를 구별하는 것은 불가능하다. 특히 3 μ m의 연마 입자의 연마 필름과의 결합력은 상대적으로 큰 연마

입자들 보다 수지와 연마 입자와의 접촉면적이 작기 때문에 작아 질수 밖에 없으며, 연마 입자의 경도 또한 시험편의 경도보다 작기 때문에 연마 입자가 연마 가공을 수행하기 전에 공작물과 접촉하자마자 파괴되어 버리기 때문에 3 μ m의 연마 필름으로 연마 가공하는 경우 전 실험 조건에서 시험편의 표면에 연마 입자를 연마 필름에 부착하는 수지가 묻어 나오는 것을 볼 수 있다.

Fig 3은 연마 필름의 이송속도를 10mm/min, 연마 속도 930m/min, 연마 가공시간 120sec, 진동 주파수를 25Hz로 고정시킨 상태에서 가압력의 실험 조건을 변화시켜 얻은 시험편의 표면 거칠기 값을 나타낸 것이다.

그림에서 나타난 바와 같이 30 μ m, 15 μ m, 12 μ m, 9 μ m의 연마 필름에서는 141kgf의 가압력으로 시험편을 가압할 때 양호한 표면 거칠기 값을 얻을 수 있었으며, 5 μ m, 3 μ m의 연마 필름에서는 가압력이 114kgf일 때 양호한 표면 거칠기 값을 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 연마 필름을 이용한 연마 가공의 경우 연마 가공의 초기 연마 입자들은 연마 필름이 시험편에 접촉하는 충격에 의하여 파괴되거나 탈락된다. 따라서 연마 가공의 초기에는 연마 입자에 의한 가공이 거의 이루어 지지 않는다고 생각된다. 연마 필름과 공작물과 접촉후 연마 입자가 파괴되거나 탈락된 부분이 필름이송부분의 의해 연마 필름이 감겨짐에 따라 일정 시간이 지나면 탈락되거나 파괴되지 않은 부분이 나타나게 되고 이로 연마 가공을 실시하기 때문에 연마 가공의 초기에는 거의 전 연마 가공 조건에서 양호한 표면 거칠기 값을 얻을 수 없었다. 연마 필름이 시험편을 가압하는 힘을 연마 가공의 변수로 하는 경우 가압력이 일정 이상 크지 않으면 크롬강의 경도가 높기 때문에 연마 입자의 마모만이 심해지고, 시험편은 효과적으로 가공되지 않는다. 따라서 연마필름이 시험편을 가압하는 힘이 적을 때에는 표면거칠기의 값이 좋지 않으며 연마 필름이 시험편을 가압하는 힘을 점차적으로 크게 할 때 표면 거칠기의 값은 점점 더 양호해진다. 따라서 30~9 μ m의 연마필름에서는 170kgf의 가장 큰 가압력으로 가압하지만 오히려 표면 거칠기의 값은 141kgf에서 얻은 결과보다 좋아지지 않는다. 이 것은 170kgf이상의 가압력에서는 연마 입자가 공작물을 가압하는 힘이 너무 크기 때문에 연마 입자가 파괴되어 더 이상 표면 거칠기가 양호해 지지 않는다. 5 μ m, 3 μ m의 연마 필름에서는 114kgf의 가압력으로 시험편을 연마 가공할 때 양호한 표면 거칠기 값을 얻었다. 5 μ m, 3 μ m의 연마 입자는 타 연마입자(30~9 μ m)보다 크기가 작기 때문에 연마 입자가 높은 가압력에 파괴되는

현상이 타 입자보다 일찍 나타난 것으로 생각된다.

Fig 4는 연마 필름의 이송속도를 10mm/min, 가공시간을 120sec, 가압력을 114kgf, 연마 속도를 930m/min으로 고정시킨다음 진동 주파수의 조건을 5Hz~25Hz까지 5Hz의 간격으로 변화 시켜 가면서 실험한 시험편의 표면 거칠기 값을 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 바와 같이 30 μ m~12 μ m의 연마 필름에서는 진동 주파수를 15Hz로 시험편을 연마 가공할 때 양호한 표면 거칠기 값을 얻을 수 있었으며, 9 μ m~3 μ m의 연마 필름에서는 10Hz의 진동 주파수에서 양호한 표면 거칠기 값을 얻을 수 있었다. 30 μ m~9 μ m의 연마 필름으로 가공하는 경우, 낮은 진동 주파수(5, 10Hz)에서는 전 가공 공정에서 발생한 이송마크 및 채터마크, 연마마크를 쉽게 제거하지 못했기 때문에 연마 가공후 측정된 시험편의 표면 거칠기는 양호해지지 않고, 9 μ m~3 μ m의 연마 필름을 이용하여 연마 가공을 실시한 경우 15Hz이상의 진동 주파수에서 표면 거칠기의 값이 오히려 커지는 현상은 연마 입자가 매우 작기 때문에 시험편에 연마 헤드가 접촉한 상태에서 좌우 진동 속도가 빠를 경우 연마 필름에서 연마 입자의 탈락 현상이 매우 빠르게 일어 나기 때문에 연마 입자가 시험편을 가공할 여유가 없어 표면 거칠기는 좋지 않게 된다.

Fig 5는 가압력 114kgf, 연마 필름의 이송속도 10mm/min, 진동 주파수의 조건을 25Hz로 고정시킨 상태에서 연마 속도만을 변화시켜 연마 가공하여 얻은 표면 거칠기 값을 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 바와 같이 30 μ m~12 μ m의 연마 필름을 이용한 연마 가공의 경우 170m/min의 연마 속도에서 양호한 표면 거칠기 값을 얻을 수 있었으며, 9 μ m~3 μ m의 연마 필름을 이용한 경우 84m/min의 연마 속도에서 양호한 표면 거칠기 값을 얻을 수 있었다. 이것은 연마 필름의 입자가 30 μ m~12 μ m와 같이 큰 경우 큰 연마 필름의 입자는 연마 필름에 도포된 연마 입자층이 크기 때문에 연마 입자와 연마 필름과의 부착력이 크므로, 높은 연마 속도에서도 연마 입자의 탈락됨이 효율적이 연마 가공을 수행할 수 있게 된다. 그러나 연마 입자의 크기가 작은 경우 에는 연마 필름과 입자와의 접착력이 연마 입자의 크기가 작기 때문에 상대적으로 약하다. 따라서 연마 속도를 고속으로 하는 경우 결합력이 작은 연마 입자의 탈락이 많기 때문에 표면 거칠기 값은 좋아 지지 않는다.

Fig 2~5를 보면 3 μ m의 연마 필름으로 연마 가공을 수행하여 얻은 시험편의 표면 거칠기값이 5 μ m의 연마 필름으로 연마 가공을 수행하여 얻은 표면 거칠기 값보다 좋

지 않음을 알 수 있다. 따라서 3 μ m의 연마 필름을 이용하여 연마 가공을 수행하는 것은 생산성이나 경제적인 측면에서 볼 때 바람직 하다고 할 수 없을 것이다.

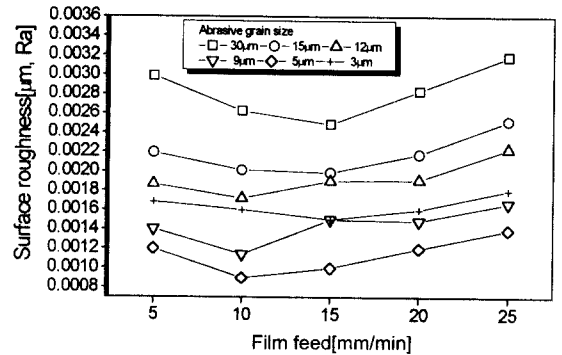


Fig. 2 Experimental result of Film feed

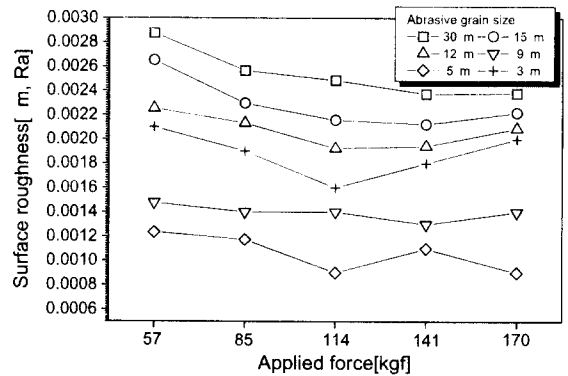


Fig. 3 Experimental result of applied force

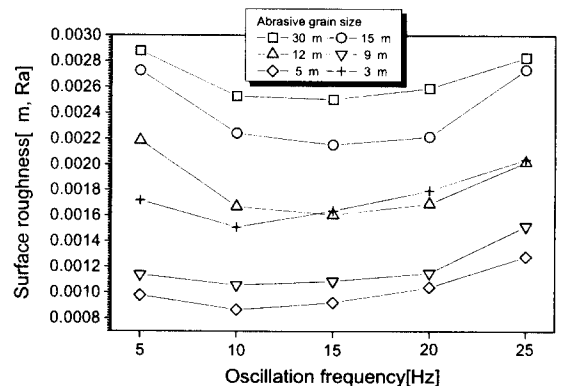


Fig. 4 Experimental result of Oscillation frequency

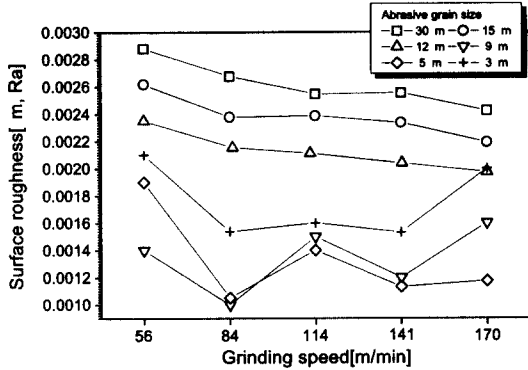


Fig. 5 Experimental result of Grinding speed

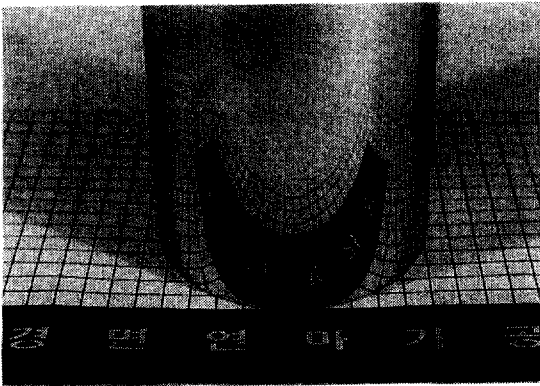


Fig. 6 Mirror surface of the chrome coated cylindrical workpiece(Ra 0.0009μm)

Fig 6은 기계구조용 강에 경질 크롬 코팅후 30, 15, 12, 9, 5μm의 연마 필름을 이용하여 순차적인 연마 가공을 실시하여 얻은 시험편으로 Ra 0.0009μm의 표면 거칠기값을 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 각종 원통형 제품을 쉽고 빠르게 가공할 수 있는 초정밀 연마 가공 시스템을 이용하고 크롬 도금강의 최적 연마 조건을 설정하기 위하여 연마 가공 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 3μm의 연마 필름으로 연마 가공을 수행하는 것은 생산성 및 가공 능률향상이라는 관점에서 볼 때 좋지 못하다.
2. 크롬강을 연마 가공할 때에는 연마 입자의 크기가 큰 연마필름(30~12μm)과 연마 입자의 크기가 작은 연마 필름(9μm~5μm)의 사용할 때 각각 연마 가공조건을 설정을 달리 해 줄 필요가 있다.
3. Rmax 1.4~2.0μm, Ra 0.2~0.4μm인 크롬도금 시험편을 이용하여, 30, 15, 12, 9, 5μm의 연마 필름을 이용하여 순차적인 연마 가공을 실시하여 Ra 0.0009μm의 가공면을 얻을 수 있었다.

참고 문헌

1. H. Ohmori, T. Nakagawa, "Mirror Surface Grinding of Silicon of Wafers with Electrolytic In-Process Dressing", Annals of the CIRP, Vol. 39, No. 1, pp. 329~332, 1990
2. N. Yasunaga et al : Mechanochemical polishing of single crystal with soft powders, Proc. 1st Int. conf. Prec. Eng, Tokyo, 32, 1974
3. P. A. Milkeen, K. Carlisle, P. Shore and R. F. J. Read, "Ultra-precision, High Stiffness CNC Grinding Machines for Ductile Mode Grinding of Brittle Materials", JSPE, Vol. 56, NO. 5, pp. 30~37, 1990
4. Normal J. Brown, "Lapping: Polishing and Shear Mode Grinding", JSPE, Vol. 56, No. 5, pp. 24~29, 1990
5. 김기수, 남궁 석, "마이크로 필름을 이용한 경면 가공 시스템에 관한 연구", '95춘계학술대회 논문집, 한국정밀 공학회, pp. 273~278, 1995