연마필름을 이용한 효율적 수퍼피니싱 조건에 관한 연구

A Study on the Efficient Superfinishing Conditions Using Abrasive Films

*정성용[1], #정윤교[2], 신오철[3],
*S. Y. Jung[1], #Y. G. Jung(ygjung@changwonl.ac.kr)[2], O. C. Sin[3]
[1] 창원대학교 기계공학과, [2]창원대학교 기계공학과, [3](주)솔로몬 메카닉스

Key words : Superfinishing, Polishing film, Optimal polishing time, Surface roughness

1. 서론

최근 초정밀연마를 위한 연마시스템의 개발로 고품질의 가공을 실현하고자 하는 연구가 활발히 진행되어 지고 있지만[1], 연마의 특성상 피할 수 없는 연마제품의 불 균일 및 작업환경의 열악함과 체계적인 기술자료 구축의 미흡 등으로 효율적인 수퍼피니싱 조건을 결정하기가 어려워, 현장에서는 숙련공의 경험에 의존하고 있는 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 연마필름을 이용하여 4종류의 일반적인 기계부품소재재료를 대상으로 수퍼피니싱을 수행할시, 공작물의 회전속도, 오실레이션속도, 필름이송속도, 롤러접촉압력 및 롤러경도의 관점에서, 생산현장에서 실용적이고 경제적으로 활용 할 수 있는 효율적인 수퍼피니싱의 조건을 실험적으로 결정하는 것을 연구의 목표로 하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 연구에서는 기 개발되어진 수퍼 피니싱 시스템을[2] 사용하여 효율적인 수퍼 피니싱 조건을 결정하기 위한 일련의 실험을 수행하였다. 피삭재는 일반적으로 기계부품소재로 자주 사용하는 길이 100mm, 직경 30mm의 SM45C, Al, Brass 및 Ti의 4종류로 하였으며, 연마필름은 입도15㎛의 Al2O3, SiC 및 Diamond로 구성되어진 거친 연마용 마이크로피니싱필름(MF)과 정밀연마용래핑필름(LF), 다이아몬드래핑필름(DLF)을 사용하였다. 연마되어진 공작물의 표면 거칠기는 Mytutoyo 사의 촉침식 표면조도계(SV-600)로 측정하였으며, 연마면 및 연마필름의 표면은 Olympus사의 금속현미경(BX51M)으로 관찰하였다. 본 실험에서 사용한 실험조건은 Table 1과 같다.

Table 1 Experimental conditions

Items		Conditions
Oscillation speed (V_O)		250, 300, 500, 700, 750, 900, 1000 and 1100(rpm)
Workpiece speed (V_W)		50, 200, 300, 350, 400, 500, 600 and 800(rpm)
Contact pressure (P_A)		1, 1.5 and 2(kg_f/cm^2)
Contact roller hardness (C_{rh})		50, 70 and 90(Hs)
Feed rate (V_f)		20(mm/min)
Workpiece		SM45C, Ti, Al and Brass
Abrasive film	Polishing film type	Microfinishing film(MF), Lapping film(LF)
	Kind of abrasive	Al_2O_3, SiC and Diamond
	Grain size	15(㎛)
	Film width	100mm

3. 효율적인 수퍼피니싱 조건

3.1 Vw 및 Vo의 영향

수퍼피니싱 시 가장 기본적 연마조건으로는 공작물회전속도와 오실레이션속도이며, 이 조건들이 가공물표면조도를 지배한다고 할 수 있다. Fig. 1은 SM45C를 대상으로 공작물회전속도와 오실레이션속도의 변화에 대한 최적연마시간(T_{opt})의 변화를 나타낸 그림이다. 최적연마시간은 본 학회에 이미 보고한 바와 같이[2], 수퍼피니싱 연마시간의 경과에 따라 연마면 표면 거칠기의 변화가 없는 시점까지의 연마시간으로 정의된다. 즉 이러한 T_{opt} 가 짧으면 효율적인 연마조건이라는 의미를 가진다고 할 수 있다. 그림에서 보는바와 같이, Vw와 Vo가 크게 되는 조건이 T_{opt} 가 짧아져 효율적인 연마조건이라고 말할 수 있다. 이것은 SM45C 뿐만 아니라 Brass, Al 및 Ti에도 같은 경향을 나타내었다.

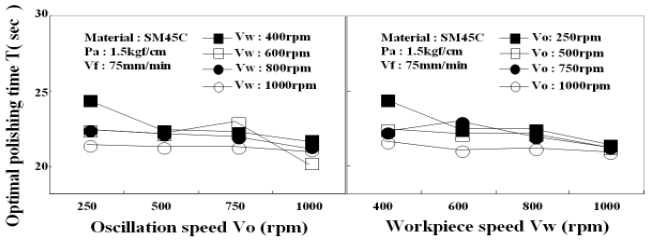

Fig. 1 Behavior of optimal polishing time according to oscillation speed and workpiece speed

3.2 입자의 종류 및 배열상태의 영향

수퍼피니싱은 경면연마공정이므로 연마에 사용된 입자의 종류 및 그 입자들의 배열상태 즉, 입자가 연마필름표면에서 직립(MF필름)하고 있는지, 횡렬(LF)되어 있는지에 따라 피삭재의 재종에 미치는 영향이 상이 할 수 있다. Fig. 2는 SM45C의 피삭재로 다양한 입자의 종류와 MF필름 및 LF을 사용하여 수퍼피니싱 연마 시, 연마시간의 경과에 따른 표면조도의 변화를 보여주는 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 MF필름의 경우, Al_2O_3입자의 사용 시 T_{opt} 가 약 14초정도로 15초정도인 SiC 입자에 비하여 다소 효율적임이 확인되었으며, LF필름의 경우는 Diamond입자의 효율이 현저하지만 연마필름의 경제적문제가 있어 Diamond 입자의 사용에는 부정적 측면은 있다고 할 수 있다.

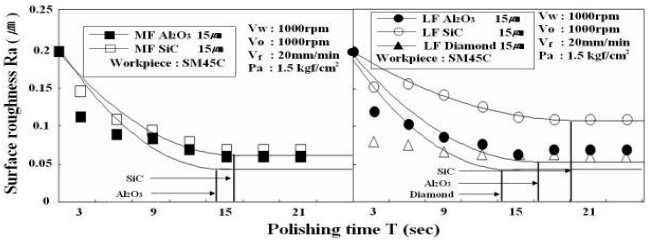

Fig. 2 Behavior of surface roughness according to kinds of polishing film

Table 2 comparison of optimal polishing time for various kinds of film and abrasive

Workpiece	Kind of film	Kind of abrasive	T_{op}
SM45C	MF 15㎛	Al_2O_3	14.2
		SiC	15.6
	LF 15㎛	Al_2O_3	16.8
		SiC	19.5
		Diamond	13.8
Brass	MF 15㎛	Al_2O_3	22.9
		SiC	20.7
	LF 15㎛	Al_2O_3	21.6
		SiC	21.2
		Diamond	19.5
Titanium (Ti)	MF 15㎛	Al_2O_3	21.0
		SiC	19.5
	LF 15㎛	Al_2O_3	27.7
		SiC	22.9
		Diamond	16.3
Aluminum (Al)	MF 15㎛	Al_2O_3	21.6
		SiC	21.0
	LF 15㎛	Al_2O_3	21.7
		SiC	20.2
		Diamond	19.2

LF은 입자의 배열이 횡렬되어 있기 때문에 직립인 MF필름에 비하여 충분히 연마되어지지 못해 최종표면거칠기(T_{opt}경과 후 표면 거칠기)가 열악함을 알 수 있다. Brass, Al 및 Ti에 대하여서도 같은 실험을 수행하여 종합적으로 결과를 정리 한 것이 Table 2이다. Table 2에서 알 수 있듯이 SM45C를 제외한 모든 재료의 경우 동일하게 MF필름인 경우는 SiC입자가, LF필름인 경우는 Diamond입자를 사용한 경우 T_{opt}가 가장 짧게 나타나 가장 효율적인 연마입자임이 확인되었다.

3.3 롤러접촉압력 및 경도의 영향

롤러의 접촉압력과 경도는 연마 시 연마입자와 피삭재간의 간섭면적을 결정하는 중요한 요소이다. Fig. 3은 롤러접촉압력과 경도의 변화에 따른 최종 표면거칠기의 변화를 보여주고 있다. 그림에서 보는바와 같이, SM45C와 Brass의 경우는 접촉압력이 증가함에 따라 양호한 연마 면을 생성하나 Al은 재료가 가지는 연성으로 인하여 접촉압력이 높아짐에 따라 역으로 연마 면이 열악해짐을 알 수 있다. 또한 Ti은 재료의 높은 경도로 인하여 접촉압력 1.5kgf/cm^{2}및 2kgf/cm^{2}의 경우 연마가 불가능하였다. 예상한 바와 같이, 롤러경도의 영향은 크면 클수록 비교적 경도가 낮은 피삭재에는 나쁜 영향을 주지만, Ti과 같이 경도가 높은 피삭재에 대해서는 입자의 파쇄에 기인하여 연마표면에 긍정적인 영향을 미친다고 사료된다.

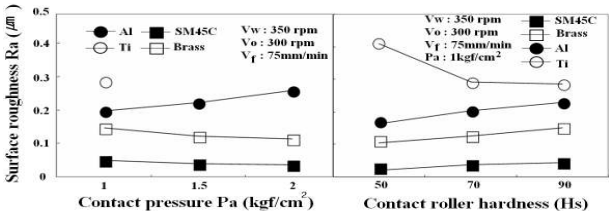

Fig. 3 Behavior of surface roughness according to contact pressure and roller hardness

4. 효율적인 수퍼피니싱 범위의 결정

전술한 바와 같이 Ti을 연마하는 경우 롤러접촉압력이 높으면 연마가 불가능한 경우가 발생한다. 이러한 현상은 다른 피삭재의 경우에도 나타나며, Ti과 Al을 대상으로 연마가 가능했을 때와 불가능했을 때의 연마필름훼손상태를 관찰한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4의 좌측사진에서 보는바와 같이, Ti과 Al의 경우 제시되어진 연마조건에서 연마필름상에 도포되어 있는 연마입자가 벗겨져 연마불능상태로 되었음을 알 수 있다. 본 연구에서는 실험에 선정된 모든 피삭재에 대하여, 수퍼피니싱 장치에서 설정할 수 있는 모든 범위 내에서의 Vw, Vo 및 V_f의 조건을 변화시켜 연마작업을 수행한 후 연마필름사진촬영을 통하여 연마가능조건과 불가능조건을 정리하였다. 정리한 결과를 도시한 것이 Fig. 5이다. 롤러접촉압력은 티타늄의 연마한계 때문에 1kgf/cm^{2}로 일정하게 유지하였다. SM45C와 Brass는 장치에서 설정할 수 있는 모든 조건에서 연마 가능하였으며, Ti과 Al은 재질의 기계적 성질에 기인하여 연마가능범위가 제한적임을 알 수 있었다. 그러나 연마가능범위 내 조건이라 하더라도, Vw와 Vo는 Fig. 1에서 제시된 바와 같이 크면 클수록 효율적임을 알고 있으나, V_f의 경우는 효율성이 불투명하므로 이에 대한 고찰이 필요하다고 본다. 따라서 Fig. 6은 각 피삭재에 대하여 가장효율적인 Vw, Vo, Pa 및 C_{rh}의 조건으로 연마작업을 수행했을 때, V_f의 변화에 대한 최종표면조도의 변화를 나타낸 그림이다. SM45C및 황동은 V_f가 30mm/min 부근에서, 알루미늄은 15mm/min 부근에서 표면조도를 가장양호하게 하는 효율적인 조건임을 알 수 있다. 이는 V_f를 작게 하면 연마입자가 과도하게 연마에 관여하여 연마표면을 손상시키며, 반대로 너무 빠르면 신생 입자가 연마에 관여하므로 오히려 연마결과가 나빠지는 것으로 생각된다. 또한, 티타늄의 경우는 가공가능범위 내에서 가능하면 V_f를 작게 하는 것이 효율적인 연마조건임이 확인되었다.

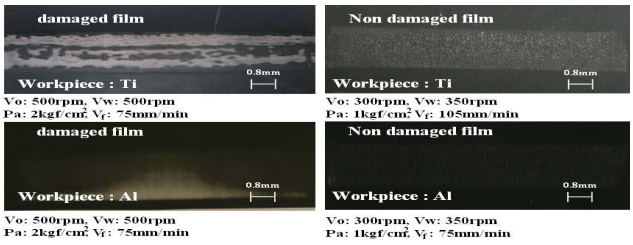

Fig. 4 Photograph of damaged film and non damaged film

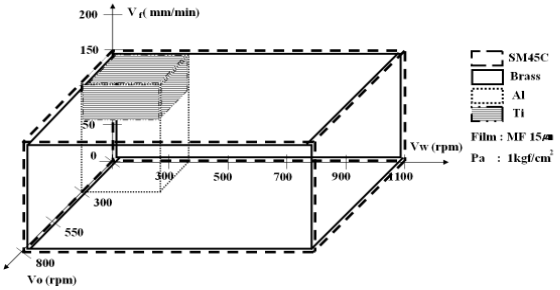

Fig. 5 range of possible polishing for various workpiece

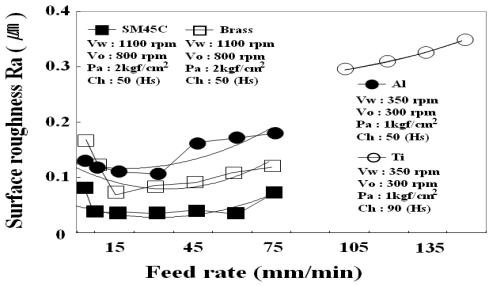

Fig. 6 Behavior of surface roughness according to feed rate of polishing film

5. 결론

본 연구에서는 생산현장에서 실용적이고 경제적으로 활용 할 수 있는 효율적인 수퍼피니싱 조건을 결정하기 위한 일련의 실험적 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 공작물회전속도(Vw) 및 오실레이션속도(Vo)가 빠를수록 최적연마시간을 짧게 하는 효율적인 연마조건임이 확인되었다.

(2) SM45C를 제외한 모든 재료의 경우 동일하게 MF필름인 경우는 SiC입자가, LF필름인 경우는 Diamond입자가 가장 효율적인 연마입자임이 확인되었으나, 경제적인 관점에서의 고찰이 필요하다고 본다.

(3) SM45C와 Brass는 롤러접촉압력 증가가 연마 면에 긍정적이며, Al은 부정적이다. 또한 티타늄은 접촉압력1kgf/cm^{2}에서만 연마가능하였다. 롤러경도는 크면 클수록 SM45C, Brass 및 Al에는 나쁜 영향을 주지만, Ti에는 긍정적인 영향을 미친다고 사료된다.

(4) 모든 피삭재에 대하여 연마가능조건범위를 설정하였고, 효율적인 연마필름이송속도를 결정 할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업자원부 지방기술 혁신 사업(RT104-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Sin, O.C., Jung, S. Y., Jung, Y. G., "Development of Centerless Superfinishing System Using Abrasive film," Journal of KSMTE, pp, 88-92, 2005.
2. Jung, S.Y., Jung, Y. G., Sin, O. C., Jung, Y. G., "The Development of High-Efficiency Superfinishing Conditions Using Abrasive film," Journal of KSPE, pp, 393-394, 2008.6.