

아노다이징 표면 처리된 항공기 저장조의 내면 정밀연마를 위한 제조공정의 개선

김웅범*, 조영태*, 정윤교*, 최정동*[#]

*창원대학교 기계공학과

Manufacturing Process Improvement for Precision Inner Surface Polishing of Anodizing Treated Airplane Reservoir

Woong-Beom Kim*, Young-Tae Cho*, Yoon-Gyo Jung*, Jeong-Dong Choi*[#]

*Changwon University of Mechanical Engineering

(Received 20 November 2015; accepted 30 November 2015)

ABSTRACT

Airplane reservoirs made of Al7075 are coated with an anodizing layer to maintain precision, air tightness and corrosion resistance. It is commonly required that the inner surface roughness of the reservoir be less than an average $0.2\mu\text{m}$ to maintain stable oil pressure. Even though precision polishing is necessary to achieve this quality it is not easy. Inner surface roughness is not uniform and the quality of the product is irregular because most of the work is done by hand. The purpose of this study is to design an exclusive polishing machine and to determine the standard cutting condition and polishing condition necessary for good inner surface roughness and to improve work efficiency.

Key Words : Airplane Reservoir(항공기 저장조), Surface Roughness(표면거칠기), Polishing Machine(연마기계), Polishing Film(연마필름), Anodizing Surface Treatment(아노다이징 표면처리)

1. 서 론

항공기내에서 각종 유압장치회로의 유압균형과 유압유 손실을 보충하면서 유압유를 저장하는 항공기 저장조는 최근 항공 산업의 발달과 더불어 그 수요가 급증하고 있는 추세에 있다. 그러나 성층권내의 가혹한 환경 하에서 항공기 저장조 내부

에 위치하는 피스톤을 원활하게 구동을 시키기 위해서 항공기 저장조 내면의 표면 거칠기를 Ra 0.2 μm 이하로 가공될 수 있도록 요구 되고 있다. 이러한 요구에 부응하기 위해서 현장에서는 수작업에 의해 저장조 내부를 연마하는 원시적인 방법에 의존하고 있고 그 공정 또 한 중복되어 있어 생산성 저하를 야기하고 있는 실정이다. 가공 표면 거칠기의 개선 및 균일성을 유지하기 위한 연마작업에 대한 연구는 근래부터 많은 연구를 통해 여러 방법으로 시도되고 있지만^[1-4] Al7075 제의 저장조 내면 정밀연마에 대한 연구는 전무한 실정이다.

Corresponding Author : info_hitech@daum.net

Tel: +82-55-274-1351, Fax: +82-55-264-1351

따라서 저장조 내면의 표면거칠기 값을 Ra 0.2 μm 이하로 균일하게 유지함과 동시에 연마효율을 높이기 위해서, 자동화된 연마기계의 개발과 연마조건의 표준화가 필수적이라 할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 요구에 부응하여 현장에서 비효율적인 저장조 제조공정을 개선하고 연마작업의 효율성을 증대시키는 것을 목표로 연구를 진행하였다. 이를 위하여 선삭 실험을 통한 중복된 연마 공정의 개선과, 저장조 제조공정의 자동화를 위한 연마장치의 설계 및 모델링작업을 수행하고 기초실험을 통해 합리적인 제조공정 개선을 이루고자 한다.

2. 항공기 저장조의 구조 및 제조 공정

항공기 저장조는 항공기내의 유압 조절과 유압 유 손실을 보충하고 유압유를 저장하게 된다. 따라서 Fig. 1과 같이, 고압배관과 내부의 저압배관 사이의 유압의 균형을 유지하도록 저장조 내경부에 위치하는 피스톤이 원활하게 작동해야 한다.

이를 위하여 현장에서는 저장조 내면의 표면 거칠기 Ra(중심선 평균 거칠기)가 균일하게 0.2 μm 이하로 가공 되도록 요구하고 있으며, 유압유를 저장하고 있기 때문에 아노다이징 처리를 통하여 저장조 내부 표면의 내식성을 유지할 수 있도록 규정되어 있다.

직경 260mm, 길이 170~270mm, 두께 2.5mm의 Al7075 박판으로 이루어져 있는 항공기 저장조의 제조공정은 Fig. 2에 나타내었다. 먼저 Al7075 통소재를 건드릴(Gun drill)로 저장조의 형태를 대략적으로 제작 후, NC 선반에서 황삭, 정삭을 통하여 치수정밀도를 맞추고 1차 연마작업을 수행한다. 현장에서 연마작업의 목표는 Ra 0.2 μm 이하이며 전 과정이 수작업으로 진행된다. Ra 0.2 μm 이하로 연마하는 이유는 저장조 내면의 아노다이징 처리 후 연마 량을 최소화하기 위함이다. Al7075 선삭표면의 연마작업은 알루미늄재료의 특성상 연마가 어려울 뿐만 아니라 수작업의 비효율성으로

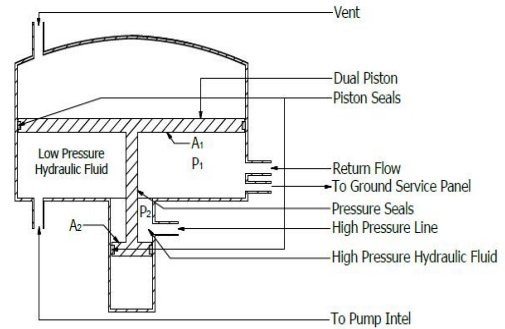


Fig. 1 Schematic diagram of airplane reservoir

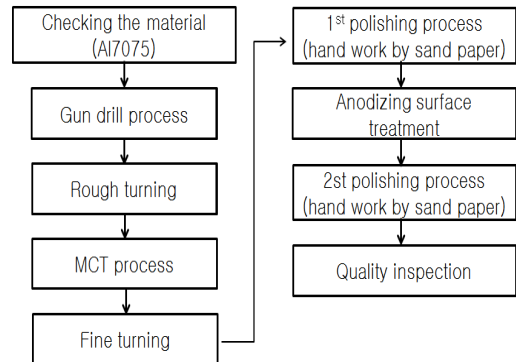


Fig. 2 Manufacturing process of airplane reservoir

전체 저장조의 제조단가를 높이는 요인으로서 반드시 개선해야 할 필요가 있다.

1차 연마공정 후 아노다이징 처리를 수행하는데 이때 표면 처리에 의해 저장조의 내부 표면 거칠기가 나빠지기 때문에 2차 연마작업을 수행한다. 아노다이징 처리표면은 산화알루미늄(Al_2O_3)층으로, 현장에서는 일반적인 SiC 입자의 샌드페이퍼(Sand paper)로 수작업에 의해 저장조 내부의 전체표면에 대하여 Ra 0.2 μm 이하로 균일하게 연마작업을 수행하는 원시적 방법을 택하고 있다. 따라서 산화알루미늄표면의 연마를 위한 적절한 연마입자의 선정과 원시적인 수작업에서 탈피 할 수 있는 자동화 되어진 연마기계의 개발이 필수라 할 수 있다.

3. 1차 연마공정의 개선

1차 연마공정은 현장에서는 선삭 된 Al7075 표면을 Ra 0.2 μm 이하로 수작업으로 연마하는 공정이다. 따라서 본 연구에서는 1차 연마공정의 비효율성에서 탈피하기 위하여, 연마공정을 배제한 선삭 공정만으로 Ra 0.2 μm 의 표면을 얻기 위한 일련의 실험을 수행하였다.

3.1 실험장치 및 실험 방법

본 실험에 사용한 선반은 화천 선반 (모델 HI ECO10)이며, 절삭공구는 Fig. 3에서 보여주는 초경합금제의 뾰족 날 바이트(DC type)와 둥근 날 바이트(R type)를 사용하였다. 선삭 된 표면의 거칠기와 형상은 KOSAKA SE-3500 축침식 표면거칠기 측정기를 사용하여 측정하였으며, 표면의 관찰은 전계 방사형 주사전자현미경 (FE-SEM)을 사용하였다. Fig. 4는 실험장치의 모식도를 보여주고 있다. 실험에 사용한 시편은 Al7075이며 절입 깊이는 0.1로 일정하게 유지하였다. Table 1은 실험 조건을 나타내고 있다.

3.2 선삭을 통한 표면 거칠기의 개선

현재 수작업으로 진행되는 1차 연마 공정을 없애기 위해 효율적인 선삭 공정만으로 Ra 0.2 μm 를 달성할 필요가 있다. Fig. 5는 뾰족 날 바이트(DC)와 공구의 직경 이 각각 8mm(R8) 및 10mm(R10)의 둥근 날 바이트를 사용하여 스피들 속도를 300rpm으로 유지 하였을 때, 이송 (f)의 증가에 따른 표면거칠기의 변화를 도시하고 있다. 그림과 같이, Ra 0.2 μm 의 표면을 얻기 위해서는 DC 바이

Table 1 Experimental condition

Workpiece	Al7075
Spindle speed V_w (rpm)	300, 600, 900, 1200
Depth of cut d_s (mm)	0.1
feed f (mm/rev)	0.01, 0.05, 0.1, 0.15

트를 사용한 경우는 이송의 값이 0.01mm/rev에 국한되어져 가공시간이 과다해지므로 비효율적이다. 그러나 R 바이트를 사용한 경우는 실험에서 사용한 전 범위의 이송 값에서 얻을 수 있었다.

이러한 사실은 R 바이트를 사용하면 단시간에 연마 공정 없이 선삭 가공만으로 Ra 0.2 μm 를 달성

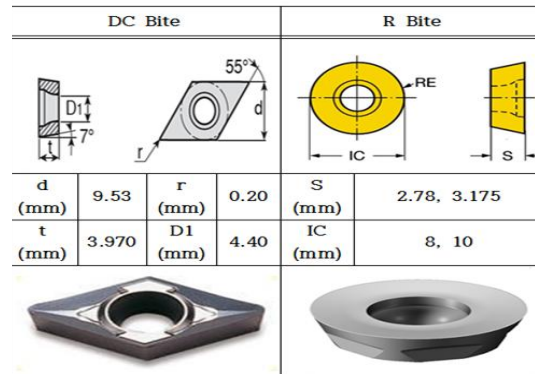


Fig. 3 Specification of tool types

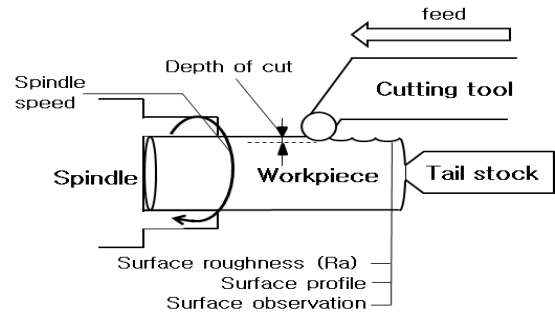


Fig. 4 Experimental set up

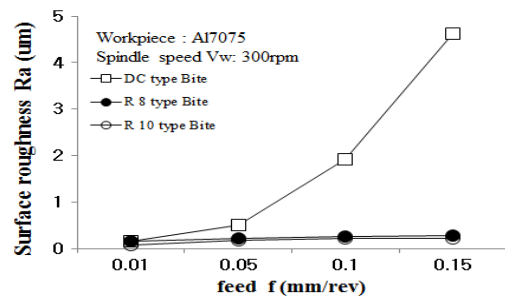


Fig. 5 Relationship between feed and Ra using DC and R type tool

할 수 있음을 의미한다. 본 실험에서 스펀들 스피드 V_w 의 변화는 표면 거칠기의 변화에 영향이 없음이 확인되었다.

3.3 아노다이징 처리와 표면 거칠기와의 관계

통상적으로 아노다이징 처리를 하게 되면 산화층을 성장시키는 과정에서 표면이 불규칙해 지기 때문에 거칠기 값이 상승하게 된다. Fig. 6과 같이 아노다이징 처리는 황산 계열의 용액 안에서 통전하면 발생하는 산소에 의해 알루미늄 면이 산화되어 산화알루미늄 층이 생성되게 된다. 이때, 기존의 표면이 부식이 되면서 산화층이 성장하게 되고 산화층 표면에 다공 층(porous layer)이 생성되어 이로 인해 표면거칠기 값이 나빠지게 된다.

Fig. 7 은 1차 선삭 가공 실험을 통해 얻은 데이터를 토대로 Ra가 0.1-1.1 μm 내의 범위로 가공되어진 Al7075 표면에 아노다이징 처리를 하였을 때 Ra의 변화를 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이, 선삭표면의 거칠기 Ra가 0.1 μm 정도 양호할 때는 Fig. 6에서 서술한 바와 같이 아노다이징 처리에 의한 처리에 의해 표면거칠기가 악화되지만, 선삭 표면거칠기가 나빠짐에 따라 아노다이징에 의한 영향이 줄어들게 되어 선삭 표면거칠기 1.1 μm 정도에서는 아노다이징 처리가 Ra 에 거의 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서 선삭작업에서 0.2 μm 정도의 Ra 를 얻은 경우, Fig. 7의 실험의 결과에 의하면 아노다이징 처리 후 Ra 0.7 μm 전후의 표면 거칠기를 얻기 때문에, 2차 연마작업에서 연마 량을 약 0.5 μm 정도로 연마를 하면 Ra 0.2 μm 이하의 표면을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 8은 아노다이징 전후의 선삭표면의 프로파일과 단면형상을 관찰한 그림이다. 먼저 선삭표면의 프로파일을 보면 DC 바이트와 R 바이트 모두 아노다이징 전에는 분명한 이송무늬가 관찰 되지만 아노다이징 후에는 약 20-30 μm 두께의 산화층 표면에 다공 층이 형성되는 과정에서 이송무늬의 주기성이 소멸됨을 알 수 있고 이는 2차 연마공정에서 좋은 영향을 줄 것으로 기대된다.

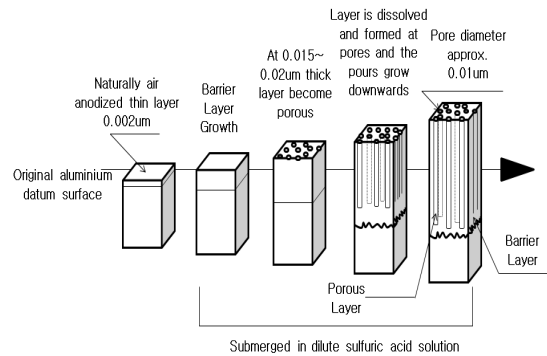


Fig. 6 Schematic diagram for anodizing surface treatment process

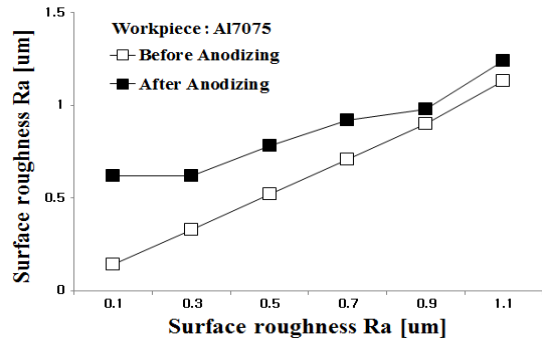


Fig. 7 Behavior of surface roughness according to the anodizing surface treatment

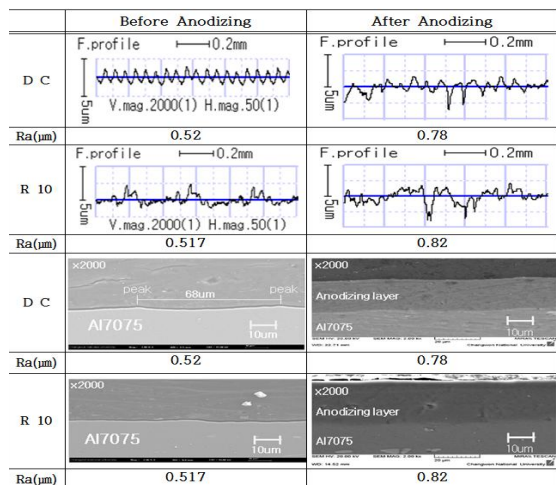


Fig. 8 Surface profile and sectional area observation before and after anodizing

4. 2차 연마 공정의 개선

본 장에서는 현장에서 비효율적인 2차 연마 공정을 개선하는 연구로서 자동화 되어진 연마기계를 제안하고 제안 되어진 연마기계에 사용될 연마입자의 선정을 목표로 하였다.

4.1 연마기계의 제안

연마기계의 개발목표는 빠른 시간에 저장조의 내부표면의 거칠기를 균일하게 $0.2\mu\text{m}$ 이하로 연마하는 것이다. 연마필름을 이용한 수퍼피니싱 연마는 기존의 슷돌에 의한 연마에 비해 항상 새로운 입자가 연마에 관여 할 수 있기 때문에, 연마입자의 변화에 따른 영향을 배제 할 수 있고 항공기 저장조 내면의 표면거칠기의 균일성을 유지 할 수 있을 것으로 기대 된다.^[5]

Fig. 9 는 본 연구에서 제안된 연마기계의 모델링을 보여주고 있다. 제안된 연마기계는 고정부와 구동부 및 수퍼피니셔부로 구성되고, 고정부는 베드(Bed) 와 프레임(Frame)으로 이루어져 전체 연마기계를 고정하는 역할을 한다. 구동부는 수퍼피니셔(Super finisher)를 장착하여 좌우로 구동하는 슬라이딩테이블(Sliding table), 슬라이딩테이블을 구동하게 하는 슬라이딩가이드(Sliding guide) 와 저장조를 회전 시킬 수 있는 로터리테이블(Rotary table)로 구성된다.

로터리테이블에는 저장조를 장착 시킬 수 있는 특수 지그(Special jig) 가 설치되어 있어 얇은 두께의 저장조를 장착 할 시 변형이 최소화 될 수 있도록 고안되어 있다. 슬라이딩테이블에 연결되어 상하로 구동하게 되어 있는 수퍼피니셔부는 내부에는 연마필름을 이송시키는 피딩 롤러(Feeding roller) 와 소비된 연마필름을 회수하는 와인딩 롤러(Winding roller), 그리고 저장조 내면에 직접 접촉하여 압력을 가하면서, 캠 구동방식에 의해 전후로 요동운동을 가능하게 설계한 접촉롤러(Contact roller) 로 구성되어 있다.

4.2 연마 필름의 선정

본 제안된 연마기계로 연마작업을 수행할 시

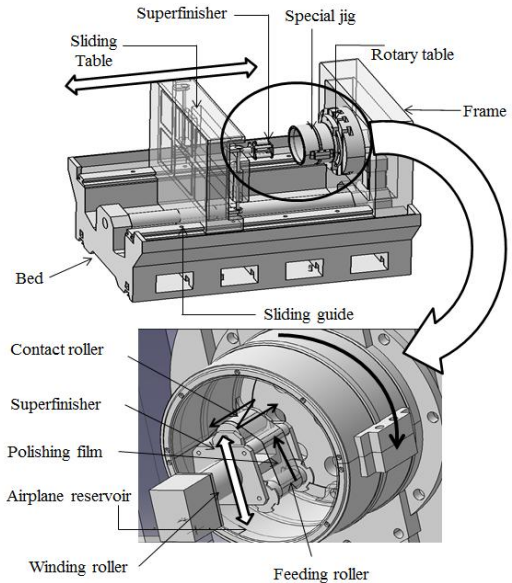


Fig. 9 Proposed polishing machine in this study

Oscillation speed V_0 (rpm)		300
Workpiece rotation speed V_w (rpm)		200
feed rate V_f (mm/min)		50
workpiece		Al7075
Polishing Film	Kinds of film	Grain size (μm)
	Diamond	○ 9
	Al_2O_3	■ 9
	Sic	□ 9

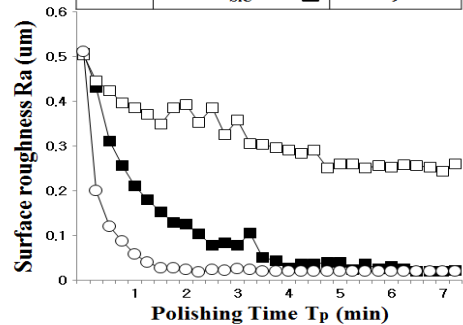


Fig. 10 Behavior of surface roughness according to time at various polishing films

사용될 적절한 연마필름의 선정은 연마 결과에 큰 영향을 준다. 아노다이징 표면은 경질의 산화알루미늄 층이므로 다이아몬드 입자를 사용하는 것이 타당 할 것으로 판단되나^[6], 경제적인 관점에서 기

존의 SiC나 Al₂O₃ 입자의 사용가능여부를 확인 할 필요가 있어 이에 대한 기초실험을 수행하였다.

Fig. 10 에서는 입자의 크기가 9 μ m 인 Al₂O₃, SiC 및 다이아몬드인 연마필름을 이용하여 아노다이징 표면의 연마작업을 수행하였을 때 연마시간 T_p의 경과에 따른 표면거칠기의 거동을 나타내었다. 실험에 사용한 연마장치와 실험조건은 기존의 연구에서 인용하였다.^[7] 기초실험의 결과로부터 아노다이징표면의 연마에 적합한 인자는 다이아몬드 입자임이 확인되었고 충분히 목표로 하는 Ra 0.2 μ m 의 표면을 달성할 수 있을 것으로 기대된다. 또 한 Al₂O₃ 입자의 연마필름도 다이아몬드 입자에는 미치지 못하지만 경제성을 고려한다면 충분히 적용 가능하다고 볼 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 현장에서의 항공기저장조의 비효율적인 제조공정을 개선하고, 연마작업의 효율성을 증대시키기 위한 일련의 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. R 타입 바이트를 사용하면 선삭공정 만으로도 효율적으로 알루미늄 선삭 표면을 Ra 0.2 μ m 이하로 가공 되어질 수 있어 1차 연마 공정을 삭제 할 수 있음이 확인되었다.
2. 2차 연마 공정을 효율적으로 수행하기 위하여 자동화 되어진 연마기계가 제안되어지고 모델링 되었으며, 기초실험을 통하여 아노다이징 표면 연마에는 다이아몬드입자의 연마필름이 적절함을 알 수 있었다.

후 기

"본 연구(결과물)는 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학연협력 기술개발사업 (NO.C0330837)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다."

REFERENCES

1. Kim, J. S., Lim, E. S., Jung, Y. G., "Determination of Efficient Superfinishing

Conditions for Mirror Surface Finishing of Titanium," Journal of Central South University Vol. 19, No. 1, pp. 155-162 2012.

2. Namba, Y. and Tsuwa, H., "Wear Process of Abrasive Belt-Studies on the Belt Grinding (3rd Report)," Japan Society of Precision Engineering, Vol. 38, No. 2, pp. 202-208, 1972.
3. Suzuki, K., Uematsu, T., Ohashi, H., Kitajima, K., Suga, T., Imanaka, O. and Kobayashi, A., "Development of New Mechanochemical Polishing Method with a Polishing Film for Ceramic Round Bars," CIRP Annals-Manufacturing Technology, Vol. 41, No. 1, pp. 339-342, 1992.
4. Evans, C. J., Paul, E., Dornfeld, D., Lucca, D. A., Byrne, G., Tricard, M., Klocke, F., Dambon, O. and Mullany, B. A., "Material Removal Mechanisms in Lapping and Polishing," CIRP Annals-Manufacturing Technology, Vol. 52, No. 2, pp. 611-633, 2003.
5. Jung, S. Y., Park, K. B., Jung, Y. G. and Jung, S. Y., "An Experimental Study on the Determination of Efficient Superfinishing Conditions Using Polishing Film," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 28, No. 8, pp. 55-61, 2009.
6. Seong, C. H., Kim, H. C. and Kim, K. S., "Characteristics of Surface Roughness in the High Speed Micro Turning of Aluminium Alloy," Journal of the Korean Society for Precision Engineering Vol. 16, No. 7, pp. 94-100, 1999.
7. Jun, J. U., Chung, J. S. and Ha, M. K., "Influence of Surface Roughness by Feed-rate and Side rake Angle at Turning of Non-ferrous Metals," Transactions of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 10, No. 4, pp. 1-6, 2001.
8. Wood, G. C. and O'Sullivan, J. P., "The Anodizing of Aluminium in Sulphate Solutions," Electrochimica acta, Vol. 15, No. 12, pp. 1865-1876, 1970.