

디버링 휠의 회전수 변화에 따른 디버링 특성에 관한 실험적 연구

천경호*, 김해지**,#

*경남과학기술대학교 대학원 자동차공학과, **경남과학기술대학교 자동차공학과

An Experimental Study on the Deburring Characteristics according to rpm Change of Deburring Wheel

Kyeong-Ho Cheon*, Hae-Ji Kim**,#

*School of Automotive Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology

**Department of Automotive Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology

(Received 19 July 2018; received in revised form 24 August 2018; accepted 25 August)

ABSTRACT

The modern aircraft consists of tens/hundreds of thousands of components. A large proportion of these components are manufactured using a machining process. A deburring process must be performed after to machining. This study investigates the effect of changes in the deburring wheel rpm on the deburring force and radius. The deburring wheel is used to trim sharp edges off machined parts of the aircraft. The deburring wheel used consists of a core and a nylon hair(this new concept is protected under patent). We find that higher deburring wheel rpm results in increased deburring force and radius. For deburring wheel rotation rates of 500~750rpm, deburring force of 3.4~6.5kgf and deburring radius of 0.4~0.5mm were observed.

Key words : Deburr Process(디버 공정), Deburring Wheel(디버링 휠), Deburring Force(디버링 힘),
Deburring rpm(디버링 회전수), Deburring Radius Value(디버링 레디어스 값)

1. 서 론

항공산업은 다양한 분야의 지식과 기술이 집약된 것으로 생산 및 기술 파급효과가 매우 큰 미래형산업이다^[1]. 최근의 항공기 제조기술은 대형항공기^[2]의 중량을 줄이기 위해 부품의 일체화 및 대형화 추세이다. 이와 같은 추세는 설계 및 제작기

술의 발전과 함께 제작에 소요되는 시간을 줄이기 위한 공정기술, 장치, 공구 등의 개발을 요구하는 경향이 두드러지게 나타나고 있다. 일반적으로 항공기는 수십만 개의 부품으로 구성되며, 기계가공, 성형, 특수공정, 도장, 첨단소재 및 전자장치 등과 같이 다양한 공정과 기술이 융합되어 있는 최첨단 산업의 산물이다. 이와 같이 기술 우위에 있는 항공기 제조에서도 기술의 발전 추이를 따라가지 못하는 공정이 있는데, 그 중 한 가지가 디버 공정(deburr process)이라고 할 수 있다. 디버 공정은

Corresponding Author : khji@gntech.ac.kr

Tel: +82-55-751-3647, Fax: +82-55-751-3649

기계 가공이 끝난 후 수행하는 공정으로써 기계 가공 공정에 의해 생성된 날카로운 모서리를 둥글게 만드는 공정이다. 항공기 부품의 대형화는 3차원의 복잡한 형상 설계, 날카로운 가공 모서리 증가 및 작업시간 증가로 인해 지금까지 수작업으로 수행한 디버 공정에 대한 새로운 패러다임의 필요성을 요구하게 되는 것이다. 이것은 수작업의 한계와 디버 공정의 품질 균일성, 지속성 및 생산시간 단축의 요구인 것이다. 여러 가지 특성의 항공기 구성품 중에서 항공기 주익(날개)을 구성하는 윙 탑 판넬(wing top panel)의 외피(skin)와 윙 바텀 판넬(wing bottom panel)의 외피 사이에 조립되는 윙립(wing rib)^[9]처럼 복잡한 형상의 대형 기계 가공 부품을 디버링^[3-5]하기 위해서는 새로운 디버링 장치^[6-8]가 필요할 것이다.

Fig. 1에서는 항공기에 장착되는 구성품 중 복잡한 형상의 예시로 윙립을 나타내었다.

본 연구에서는 항공기의 구성품 중 복잡한 형상 및 대형 기계 가공 부품의 디버 공정 자동화를 위한 기초 연구 과정인 디버링 휠의 개발에서 디버링 휠(deburring wheel)의 회전수(rpm) 변화에 따른 디버링 힘(deburring force)과 디버링 Radius 값(deburring radius value)과의 상관관계에 관하여 연구하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험 장치

본 실험에 사용된 장비는 수평형으로 X/Y/Z 축의 스트로크가 최소 1,000mm 이상, 최대 회전수 1,000 범위이다. 이것은 외경이 최대 850mm인 디버링 휠을 장착하기 위해서이다.

Fig. 2에서는 장비 및 디버링 힘을 측정하는 장치인 로드 셀과 인디케이터를 나타내었다. Table 1에서는 장비의 세부내용을 나타내었으며, Table 2에서는 디버링 힘을 측정하는 장치인 로드 셀과 인디케이터 세부내용을 나타내었고, Table 3에서는 실험에 사용된 시편인 AL7075-T651 알루미늄 합금 재료의 주요 화학적 성분을 나타내었다.

Fig. 3에서는 디버링 휠의 형상을 나타내었다. 휠

전체 외경 850mm, 폭 100mm이고, 내부 코어(core)는 외경 300mm, 내경 100mm, 폭 100mm로 기계 가공되었으며, 모(nylon hair)를 고정하기 위한 홀이 가공되어 있다. 모는 메시(mesh) #180, 외경 1mm, 길이 275mm로 구성되어 있다.

Fig. 4(a)에서는 R게이지의 형상을 나타내었다. 디버링 Radius 값을 측정하는 측정 게이지는 최소 측정단위 R0.1mm부터 시작하여 0.1mm 단위 간격으로 증가하여 R0.1mm~R1.0mm까지 측정할 수 있는 범위이다. Fig. 4(b)에서는 디버링 시편의 형상을 나타내었다. 디버링 Radius 값 확인을 위한 시편은 윙립의 소재와 유사한 AL70계열을 적용했으며, 크기는 300mm(L), 75mm(W), 6mm(t)의 사각 판재이다.

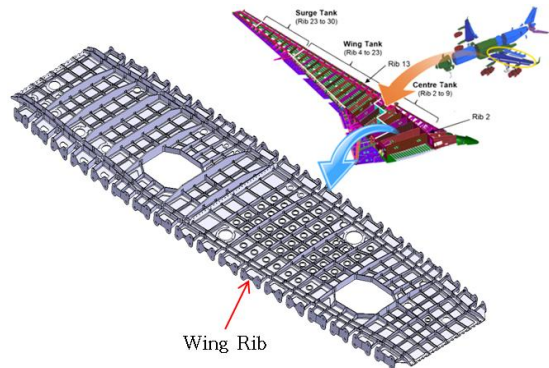


Fig. 1 Example of machined part complicated and large

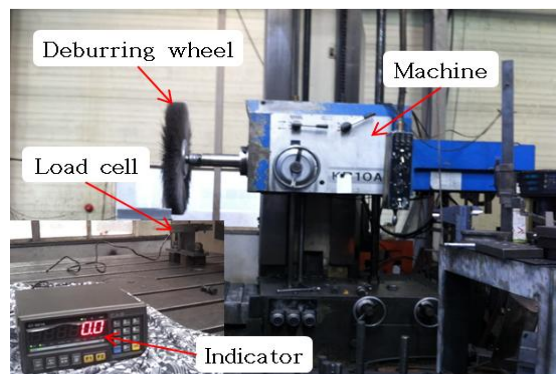


Fig. 2 The machine of test for the deburring force and deburring radius value of deburring wheel

Table 1 The machine specification for the deburring test

Description	Specification	Remarks
Machine name	KING SUPER	WIA
Model	KB-10A	-
X-Axis	1800mm	-
Y-Axis	1700mm	-
Z-Axis	1500mm	-
rpm	1000 Max.	-
Control	General type	-

Table 2 The sensing devise for measuring of the deburring force

Description	Specification	Remarks
Device name	Load cell	CAS
Model	BS-250L	-
Capacity	250kgf Max.	-
Accuracy	0.1kgf	-
Indicator	CI-501A	CAS

Table 3 Chemical compositions of AL7075-T651 aluminum alloy

Component	Wt%	Remarks
AL	Balance	-
Cr	0.18~0.28	-
Cu	1.2~2.0	-
Fe	0.50 Max.	-
Mg	2.1~2.9	-
Mn	0.30 Max.	-
Si	0.40 Max.	-
Ti	0.20 Max.	-
Zn	5.1~6.1	-
Other, each	0.05 Max.	-
Other, total	0.15 Max.	-



Fig. 3 The deburring wheel



(a) Gauge



(b) Specimen

Fig. 4 The gauge for the deburring radius measuring and test specimen

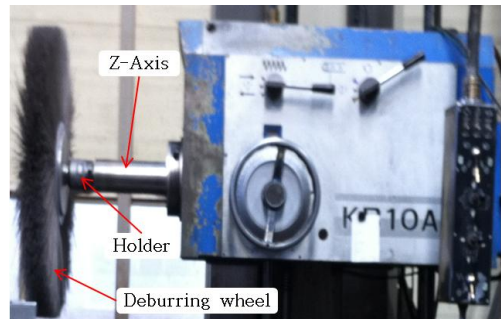


Fig. 5 The assembly Status of the deburring wheel on the spindle in the machine

2.2 실험 방법

디버링 휠의 회전수 변화에 따른 디버링 힘과 디버링 Radius 값을 검출하기 위한 테스트 장비는 3축(X/Y/Z 축)과 스피들 회전수(spindle rpm)를 가변할 수 있는 장비를 적용했다. 스트로크는 X축 1,800mm, Y축 1,700mm, Z축 1,500mm이며, 스피들 회전수는 최대 1,000까지 가변 가능한 장비이

다. 또한 테스트에 필요한 로드 셀, 인디케이터 및 바이스를 고정할 수 있는 테이블이 포함된 것이 특징이다. 본 연구에서 디버링 휠은 장비의 Z축 구조물에 포함된 스피들에 장착되어 회전된다.

Fig. 5에서는 디버링 휠이 장비에 장착된 형상을 나타내었다. 로드 셀은 테이블 상면에 수평으로 고정하여 디버링 휠의 회전에 의한 힘 발생을 감지할 수 있게 공간을 확보하여 위치시켰다. 시편은 로드 셀이 위치한 방향 및 상단 높이가 일치되게 하였으며, 테이블에 고정된 바이스에 의해 고정되는 구조이다.

Fig. 6에서는 로드 셀과 시편이 테이블에 고정된 지그 및 바이스에 의해 위치한 형상을 나타내었다. 인디케이터는 테이블 상면에 고정되지 않은 상태로 디버링 휠의 회전에 의한 간섭을 받지 않는 이격된 위치에 놓았다. 인디케이터는 로드 셀의 센스와 시그널 케이블로 연결되어 있으며, 케이블을 통해 전달된 힘을 시각적으로 확인할 수 있게 디지털 형식의 숫자로 표시하는 기능이다.

Fig. 7에서는 인디케이터의 형상을 나타내었다. 이와 같이 준비된 상황에서 테스트 공정의 첫 번째는 a)디버링 휠 높이 조정 → b)장비 시작 위치로 이동, 디버링 휠 회전, X축 이동 → c)시편과 디버링 휠 접촉 → d)로드 셀과 디버링 휠 접촉 → e)장비 시작 위치로 이동 순이다. 두 번째부터는 b)~e) 공정을 반복하게 되는 것이다. 디버링 휠 회전수 가변은 필요 시 b) 공정에서 가능하다. 이러한 공정으로 각 회전수에서 9회를 반복하여 테스트하였다.

Fig. 8에서는 테스트 공정의 흐름을 나타내었다.

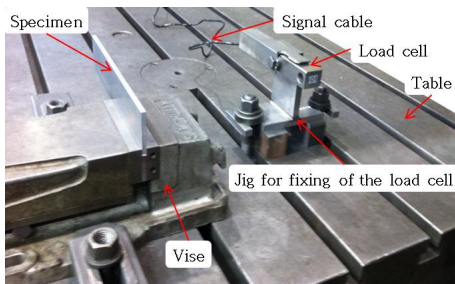


Fig. 6 The fixed status of load cell & specimen on table

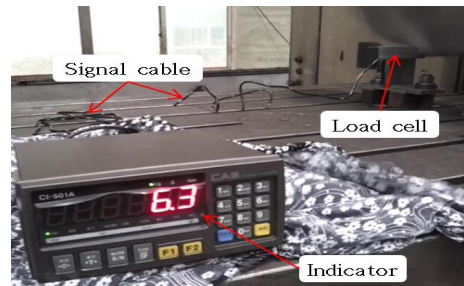
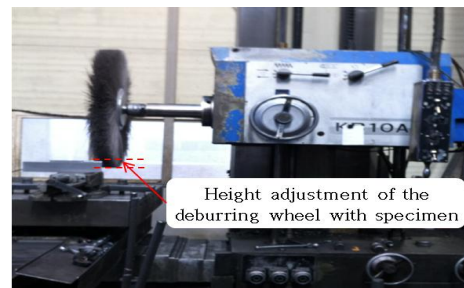
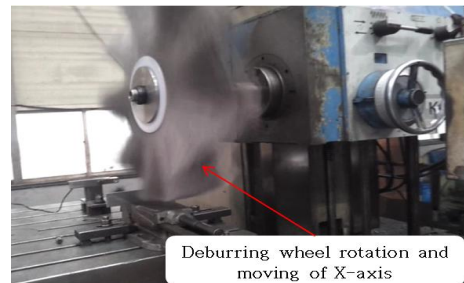


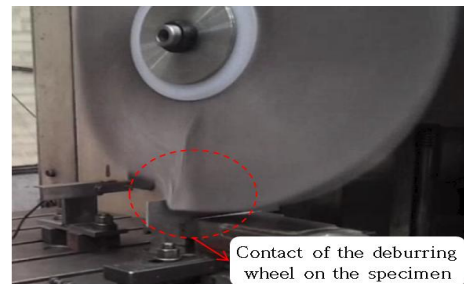
Fig. 7 The indicator for measurement of deburring force by rotation of deburring wheel



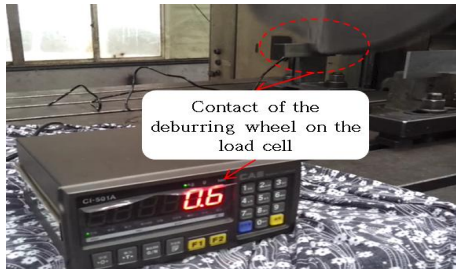
(a) Adjustment of deburring wheel



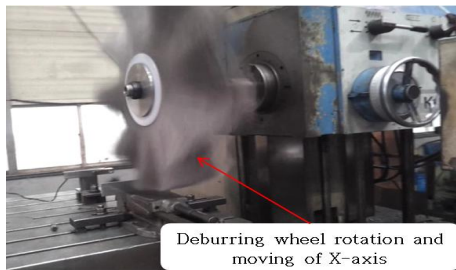
(b) The deburring wheel rotation, the movement to start position of X-axis and X-axis moving



(c) Contact of the deburring wheel & specimen



(d) Contact of the deburring wheel



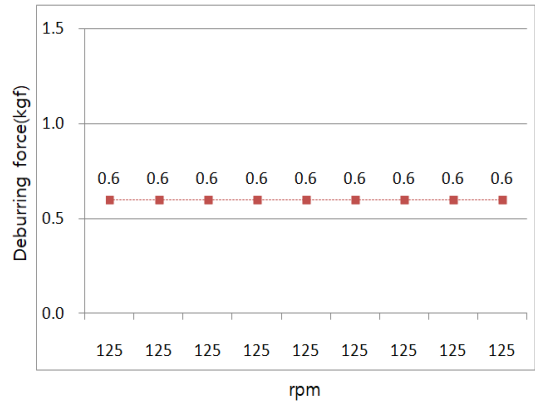
(e) The deburring wheel rotation, the movement to start position of X-axis and X-axis moving

Fig. 8 The indicator for measurement of deburring force by rotation of deburring wheel

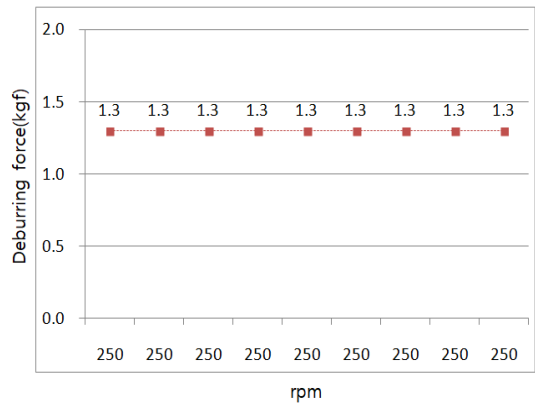
3. 실험결과 및 고찰

3.1 디버링 휠의 회전수 변화에 따른 디버링 힘의 측정 결과

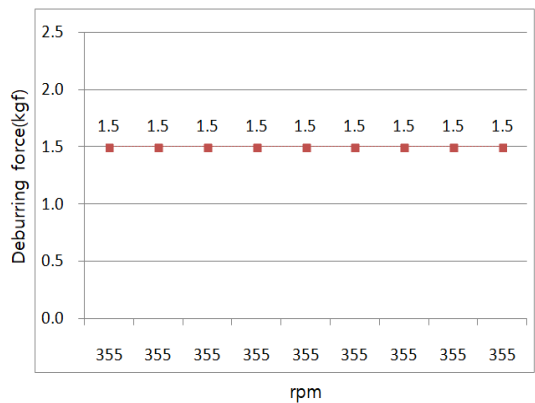
Fig 9에서는 각 회전수에서 측정된 디버링 힘을 나타내었으며, 로드 셀과 디버링 휠이 접촉하는 깊이 10mm를 기준으로 10mm 단위로 증가시켜 10mm, 20mm, 30mm, 40mm, 50mm로 테스트한 결과 40mm일 때가 디버링 Radius 값이 요구 범위내($0.1\text{mm} \leq R \leq 0.5\text{mm}$)에 분포하는 유효한 접촉 깊이였으며, 이때 각 회전수에서 측정된 디버링 힘은 0.6kgf-125rpm, 1.3kgf-250rpm, 1.5kgf-355rpm, 3.4kgf-500rpm, 6.5kgf-750rpm으로 나타났다. 디버링 휠의 회전수는 100rpm을 기준으로 하여 100~200rpm, 200~300rpm, 300~400rpm, 400~600rpm, 600~800rpm 범위에서 테스트 장비가 회전 가능한 rpm으로 테스트 하였다. 위의 결과로써 디버링 휠의 회전수 변화에 따른 디버링 힘의 변화는 회전수 증가에 비례하여 힘이 증가함을 확인할 수 있었다.



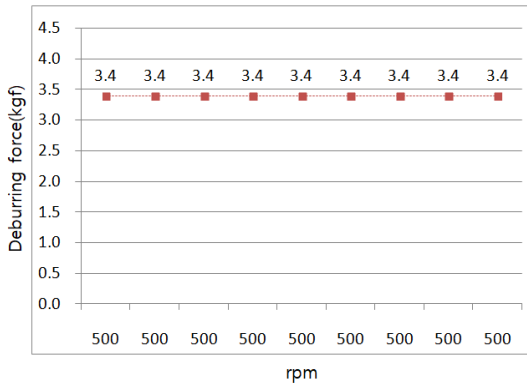
(a) Deburring force(125 rpm)



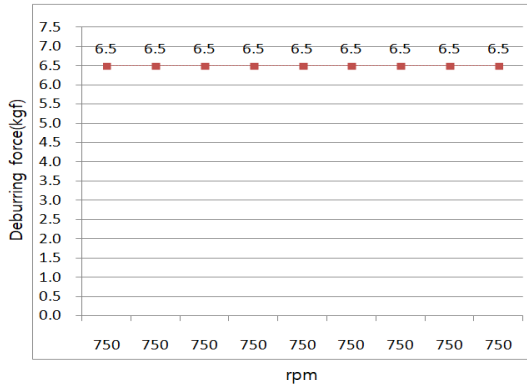
(b) Deburring force(250 rpm)



(c) Deburring force(355 rpm)



(d) Deburning force(500 rpm)



(e) Deburning force(750 rpm)

Fig. 9 The deburring force with rpm

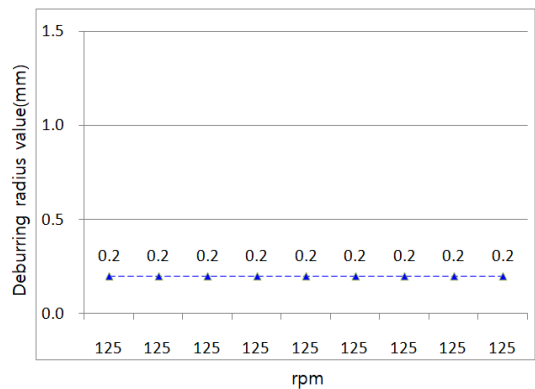
3.2 디버링 휠의 회전수 변화에 따른 디버링 Radius 값 측정 결과

Fig. 8과 같은 공정으로 테스트한 디버링 휠의 회전수 변화에 따른 디버링 Radius 값의 변화는 회전수 증가와 비례하여 디버링 Radius 값이 증가하는 결과로 나타났다. 디버링 휠의 회전수 변화에 따른 디버링 힘의 변화보다는 완만하게 증가하는 결과를 보였다. 로드 셀과 디버링 휠이 접촉하는 깊이 10mm를 기준으로 하여 10mm 단위로 증가시켜 10mm, 20mm, 30mm, 40mm, 50mm로 테스트한 결과 40mm일 때가 디버링 Radius 값이 요구 범위내($0.1\text{mm} \leq R \leq 0.5\text{mm}$)에 분포하는 유효한 접촉 깊이였으며, 이때 각 회전수에서 Fig. 4의 측정

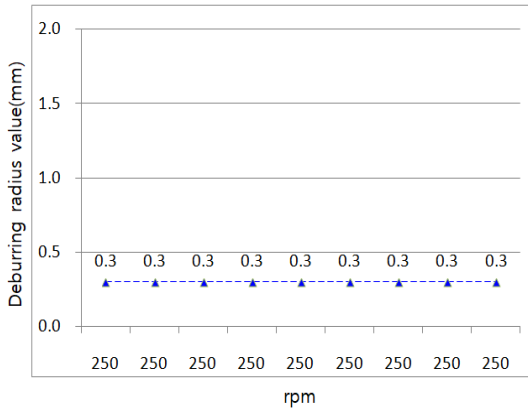
게이지를 사용하여 측정된 디버링 Radius 값은 0.2mm-125rpm, 0.3mm-250rpm, 0.3mm-355rpm, 0.4mm-500rpm, 0.5mm-750rpm으로 나타났다. 디버링 휠의 회전수는 100rpm을 기준으로 하여 100~200rpm, 200~300rpm, 300~400rpm, 400~600rpm, 600~800rpm 범위에서 테스트 장비가 회전 가능한 rpm으로 테스트 하였다. Fig. 10에서는 각 회전수에서 측정한 디버링 Radius 값을 나타내었다.

3.3 디버링 휠의 회전수 변화에 따른 디버링 힘 및 디버링 Radius 값 측정 결과

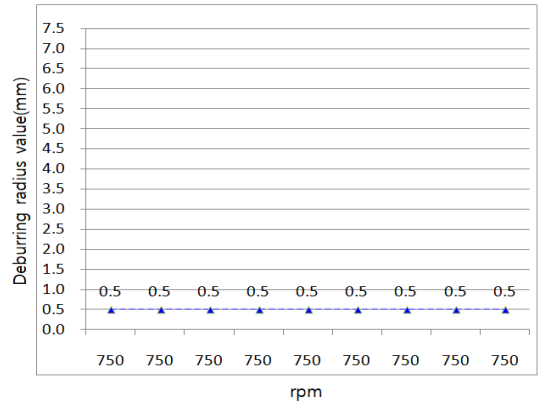
Fig. 8과 같은 공정으로 테스트한 디버링 휠의 회전수 변화에 따른 디버링 힘과 디버링 Radius 값의 변화는 회전수 증가와 비례하여 힘과 Radius 값이 증가하는 결과로 나타났다. 디버링 휠의 회전수 대비 디버링 힘과 디버링 Radius 값이 0.6kgf/0.2mm-125rpm, 1.3kgf/0.3mm-250rpm, 1.5kgf/0.3mm-355rpm, 3.4kgf/0.4mm-500rpm, 6.5kgf/0.5mm-750rpm으로 나타났다. 디버링 휠의 회전수 변화에 따른 디버링 힘의 증가 폭은 6:10(회전수 증가비:힘 증가비)으로 컸으며, 디버링 Radius 값의 증가 폭은 6:2.5(rpm 증가비:Radius 증가비)로 작은 것을 테스트 결과로 확인할 수 있었다. Table 4에서는 테스트 조건 및 결과를 나타냈으며, Fig. 11에서는 각 회전수에서 측정한 디버링 힘 및 디버링 Radius 값을 그래프로 나타내었다.



(a) Deburning radius value(125 rpm)

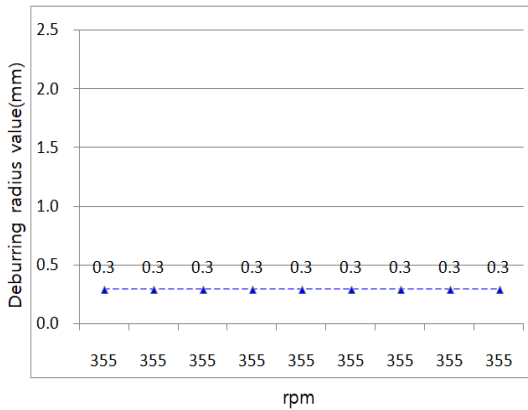


(b) Deburring radius value(250 rpm)

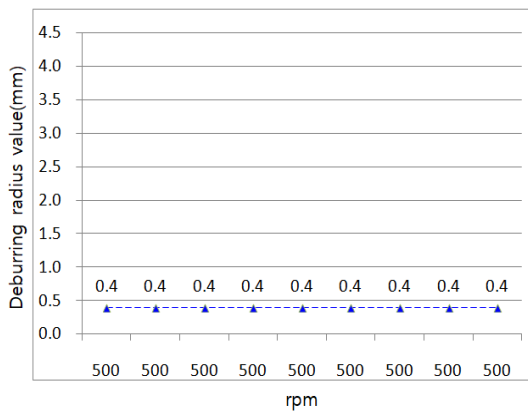


(e) Deburring radius value(750 rpm)

Fig. 10 The deburring radius value with rpm



(c) Deburring radius value(355 rpm)



(d) Deburring radius value(500 rpm)

Table 4 The test condition and result by deburring rpm

rpm	Deburring force(kgf)	Deburring radius value(mm)	Contact depth of Deburring wheel(mm)	Cycle Q'ty
125	0.6	0.2	40	9
250	1.3	0.3	40	9
355	1.5	0.3	40	9
500	3.4	0.4	40	9
750	6.5	0.5	40	9

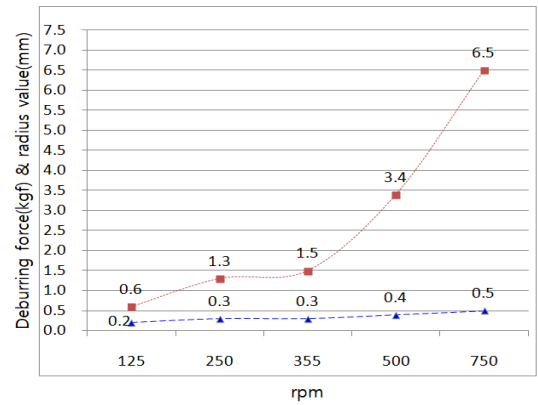


Fig. 11 The deburring force and deburring radius value with rpm

4. 결론

본 논문에서는 디버링 휠의 회전수 변화에 따른 디버링 힘과 디버링 Radius 값을 실험적으로 연구한 결과에 대하여 고찰하였다.

디버링 휠^[10]은 항공기 구성품 중 복잡하고 대형 기계 가공 부품을 인력으로 디버링하는 수작업을 자동화 공정으로 설계 및 공정 변화를 위한 것이며, 이것을 적용한 테스트는 기초 연구 자료 확보와 디버 공정 자동화를 위한 디버링 장비 개발 및 그 장비에 적용 가능한 것을 확인하였다. 디버 공정에서 요구되는 규격의 예시로 원림의 디버링 Radius 값은 $0.1\text{mm} \leq R \leq 0.5\text{mm}$ 이다. 디버링 Radius 값은 요구도의 최댓값을 초과하지 않으면서 가능한 큰 값을 선호함으로 디버 공정의 자동화에 적용할 적절한 디버링 휠의 회전수 범위는 500~750 사이인 것을 확인하였다. 이때의 디버링 힘은 3.4~6.5kgf로 나타났으며, 디버링 Radius 값은 0.4~0.5mm로 나타났다.

본 실험적 연구 결과를 바탕으로 디버 공정 자동화를 위한 장비 개발과 연계하여 수작업 공정을 자동화 공정으로 설계하는 패러다임을 실현할 수 있는 기초 자료를 확보하였다.

REFERENCES

1. Choi, W. Y., "The history and current state of Korean Aircraft Industry," Current Industrial and Technological Trends in Aerospace, Vol. 9, No. 1, pp. 27-36, 2011.
2. Chang, T. J., "The Market result and forecast of Commercial Aircraft industry," Current Industrial and Technological Trends in Aerospace, Vol. 9, No. 1, pp. 15-26, 2011.
3. Lee, Y. C., Shin, G. H. and Kwak, T. S., "Deburring Technology of Vacuum Plate for MLCC Lamination Using Magnetic Abrasive Polishing and ELID Process," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 3, pp. 149-154, 2015.
4. Lee, S. H. and Kwak, J. S., "Application and Parameter Optimization of EP-MAP Hybrid Machining for Micro Pattern Deburring," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers Vol. 12, No. 2, pp. 113-119, 2013.
5. Shine, K. S., "A Study on the Process Optimization of Brush Deburring Grinding System," Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers Vol. 21, No. 3, pp. 394-400, 2012.
6. Koo, J. H., Kim, I. H. and Hur, N. S., "A Study on Development of High Speed Deburring Machine," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers Vol. 12, No. 5, pp. 116-121, 2013.
7. Hwang, J. D., Kim, J. S. and Jung, Y. G., "The Development of Shape Guided Automatic Deburring Machine for Mold Products," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers Vol. 10, No. 1, pp. 16-22, 2011.
8. Kim, S. M., Jung, Y. G. and Cho, S. L., "A Basic Research for the Development of Generalized Shape Guided Automatic Deburring Machine," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers Vol. 11, No. 3, pp. 104-109, 2012.
9. Lee, I. S., Kim, H. J., Kim, D. H. and Kim, N. K., "A Study on Simulation of Chip Recycling System for the Management of Cutting Chip in 5-Axis FMS Line," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 12, No. 6, pp. 175-187, 2013.
10. Cheon, K. H., "Deburring Machine and Deburring Wheel," Retrieved 18, Apr, 2012, from <http://www.kipris.or.kr>.