

금형제품용 형상안내형 자동면취기의 개발

황종대[#], 김진섭^{*}, 정윤교^{*}

The Development of Shape Guided Automatic Deburring Machine for Mold Products

Jong-Dae Hwang[#], Jin-Seob Kim^{*}, Yoon-Gyo Jung^{*}

(Received 4 November 2010; received in revised form 12 January 2011; accepted 14 February 2011)

ABSTRACT

Recently, the deburring process which is last process of manufacture is one of the important process for complete product. The development of shape guided automatic deburring machine is essential because manual deburring process has very irregular quality and higher error rate as well as consider irregular shape radius. In order to develop of shape guided automatic deburring machine, in this study, we conducted 3D design, assembly, machine simulation and structural analysis using CATIA. Also, we conducted to make automatic deburring machine and conducted a performance test.

Key Words : Deburring Machine(디버링머신), Surface Roughness(표면거칠기), Chamfer Width(첵퍼폭), Machine Simulation(머신시뮬레이션)

1. 서 론

가전제품 부품의 제작에 일반적으로 사용되어지는 플라스틱 사출 금형에서는 형분할면에 의해 금형의 고정 측과 이동측이 합칠 때 그 경계면에서 버(burr)가 반드시 발생하게 되며, 또한 다이캐스팅을 이용해 사출하는 알루미늄 제품도 마찬가지로 버가 발생하게 된다. 이러한 버는 사출부품에 대한 상품성을 해칠 뿐만 아니라, 버를 완전히 제거하지 못할 경우 도금 공정 후 잔류하는 수 마이크론 단위의 버가 매우 날카로운 흉기로 변할 수 있다. 이러한 버에 대하여 고가형 제품에서는 수 마이크론 단

위까지 파팅 라인의 버를 사출공정에서 제거하는 기술이 개발되고는 있으나, 설비의 정도, 금형의 노후 및 작업환경의 영향 등에 기인하여 버의 제거를 위하여 현장에서는 작업자의 수작업에 의한 디버링(Deburring)이 행해지고 있다.

국내에서는 제품의 시장성을 확보를 위해 매우 중요한 요소인 디버링 작업의 중요성과 문제의 심각성에 대하여 간과하고 있는 것이 현실이며 이러한 현실은 세계 최고 제품을 자랑하는 국내 굴지의 가전 3사인 삼성, LG 및 대우의 경우에도 크게 다르지 않다. 따라서 협력사의 디버링 공정시 수작업에 기인하는 높은 불량률, 디버링 작업시의 숙련도 차이에서 오는 상품성의 불균일 및 디버링 작업인력의 수급 부족 등 품질관리상의 다양한 문제점에 대한 해결 필요성이 끊임없이 제기되어 오고 있다.^[1-9]

* 창원대학교 기계공학과

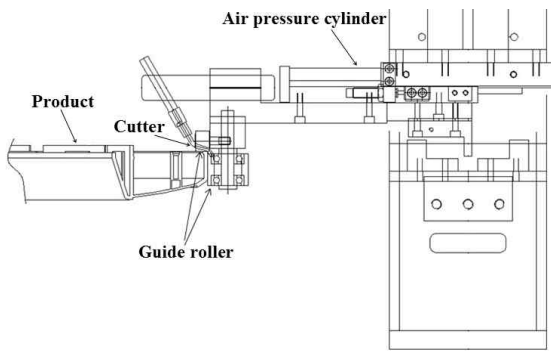
교신저자 : 창원대학교 TIC

E-mail : ybigbell@daum.net

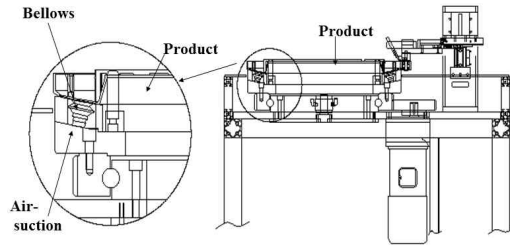
따라서 본 연구에서는 디버링 작업시의 문제점을 해결하기 위하여 제품의 형상을 따라 자동적으로 버를 제거할 수 있는 형상안내형 자동면취기의 개발을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 면취기의 제작시 발생하는 시행착오를 줄이기 위하여 자동면취기의 시뮬레이션 및 커터부와 흡착부의 구조 해석을 실시하였고, 제작되어진 면취기의 성능평가를 수행하였다.

2. 형상안내형 자동면취기의 구조 및 작동원리

형상안내형 자동면취기는 크게 공압실린더, 가이드롤러 및 커터부로 구성된 공구대와 제품을 장착해서 회전시킬 수 있는 흡착부로 이루어져 있다. Fig. 1의 (a)는 공구대의 모습을 보여주는 그림으로 그림에서 보는 바와 같이, 회전하고 있는 제품의 상부와 외경부에 가이드롤러를 접촉시켜서 제품의 형상안내가 가능하도록 하였고, 임의 형상의 반경이 변하는 제품이라도 균일한 면취가 가능하게 하기 위해서 면취를 수행하는 커터부의 접촉압력이 항상 일정한 값을 유지할 수 있도록 공압실린더에 의해 구동하게 하였다. Fig. 1의 (b)는 제품의 흡착 시스템으로 다수의 벨로스(Bellows)를 이용하여 내부로부터의 공압에 의해 흡착으로써 사출부품이 어느 정도 휨이나 비틀림이 발생하더라도 버(burr)



(a) Tool post system



(b) Suction system

Fig. 1 Schematic design of deburring machine

제거 가공시에 미세한 손상도 발생하지 않도록 하는 구조를 가지고 있다.

3. 형상안내형 자동면취기의 머신 시뮬레이션

본 절에서는 3차원 설계 프로그램인 CATIA V5의 Digital Mockup 기능을 이용하여 면취기 구동시의 간섭 유무, 일정량의 면취량 확인 및 실린더의 정상구동확인 등에 초점을 맞추어 머신시뮬레이션을 실시하였다. Fig. 2의 (a), (b), (c) 및 (d)는 40여개의 부품으로 이루어진 면취기의 각 부품을 3D 모델링을 수행하여 각각 Frame 부, Fixture 부, Tool post 부, 및 Gear 부의 4개의 파트로 종합하여 조립된 형상을 보여주고 있으며, 이 네 파트의 서브어셈블리를 조합하여 최종 조립을 수행하였고 완성된 면취기의 모델링을 Fig. 3에 나타내었다.

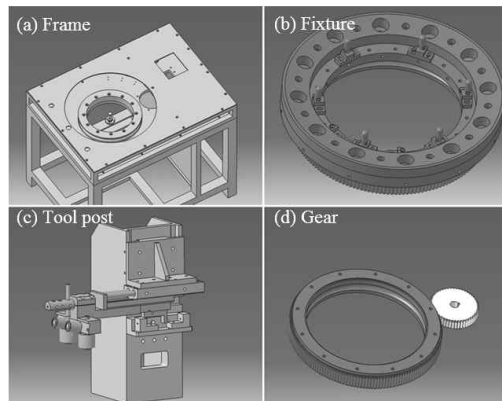


Fig. 2 Parts of deburring machine

완성된 면취기의 시뮬레이션을 수행하기 위하여서는 우선, 면취기의 하부에 설치되어 있는 기어와 기어사이의 조인트, 공구대의 크로스롤러가이드의 상하 조인트, 실린더의 전후 조인트 및 가공소재의 형상을 따라 커터를 움직이게 하는 4개의 조인트를 형성하게 하였고, 이들 조인트간의 상호작용을 위해 조인트간의 자유도를 0으로 만들어 머신시뮬레이션을 가능하게 하였다. 머신시뮬레이션을 수행한 결과, 회전하는 제품의 형상을 따라 실린더가 상하전후로 미세하게 움직이면서 커터가 일정량으로 절입이 되어 움직이는 것을 확인할 수 있었고, 간섭 및 오류는 발생하지 않는 것을 알 수 있었다.

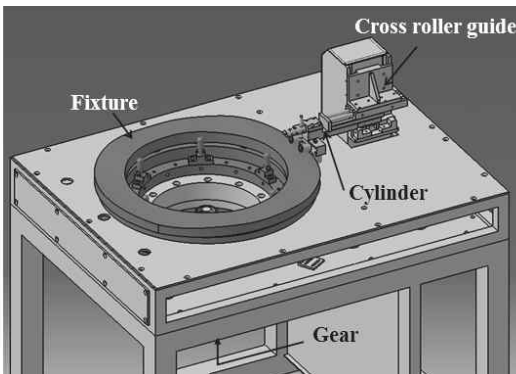


Fig. 3 Deburring machine

4. 커터부의 구조 해석

제품의 재질에 따라 면취 과정에서 커터에 과도한 부하가 발생할 수가 있고 이로 인한 파손, 파대 면취가 행해지거나 진동 및 소음이 발생할 수 있으며 커터의 파손까지 일으킬 수 있다. 본 절에서는 Fig. 4에서 보는바와 같이 S45C 재질의 공구를 사용한 커터부에 대해 상면을 고정시킨 후 커터의 인선에 45도 방향으로 절삭저항력을 가한 후 CATIA V5를 이용하여 실린더스트로크를 변화시켜가면서 커터부의 최대응력 및 최대변형량을 측정하였다. 가하여진 절삭저항력은 면취할 제품의 재질이 플라스틱, 구리와 알루미늄, 연강 및 경강인 경우에 대하여 비절삭저항으로 부터 계산되어진

값으로 설정하였고, 플라스틱은 50N, 구리와 알루미늄은 100N, 연강은 200N 그리고 경강은 250N으로 각각 계산되어졌다.

Fig. 5는 실린더 스트로크의 변화에 대한 최대변형량의 크기를 각 재질에 대한 절삭저항별로 비교한 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이, 스트로크가 증가하면 최대변형량은 증가하나, 50N과 100N의 절삭저항력이 작용하는 경우, 본 실험의 범위 내에서는 KS B O412에 준거한 면취허용오차 0.1mm 범위 내에 포함되지만, 200N과 250N의 절삭저항을 가한 경우에는 허용오차를 벗어나는 것이 확인되었다. 이러한 결과로 부터 면취재질이 연강과 경강인 경우는 구조변경을 통하여 시스템의 강성을 크게 할 필요가 있음이 확인되었다.

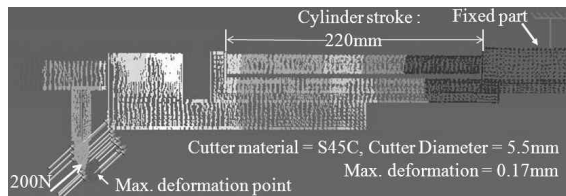


Fig. 4 Structural analysis of cutting part

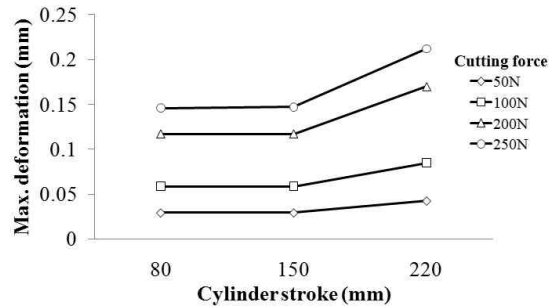
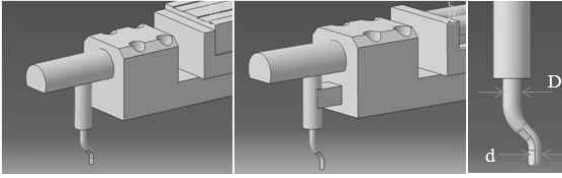


Fig. 5 Change of max. deformation according to cylinder stroke in each cutting force

커터부는 Fig. 6(a)의 기본구조를 Fig. 6(b)에서 보는바와 같이 커터몸체의 뒷부분에 지지대를 설치한 구조변경의 경우와, Fig. 6(c)에서의 커터하부직경 d에 대해 커터의 상부직경 D를 일정배율로 증가시키는 경우의 구조변경을 하여 재차 구조해석을 실시하였다. 해석 후의 결과를 Fig. 7에서 보여주고 있다.



(a)Basic structure (b)Changed structure (c)Cutter
Fig. 6 Structure modification of cutting part

그림에서 절삭저항력은 250N, 커터의 하부직경 d는 3.2mm로 설정하였다. 예상한 바와 같이 지지대를 설치한 경우가 설치하지 않은 경우보다 변형이 작았으며, 또한, 커터의 상부직경이 커질수록 변형량이 적어지지만, 커터부의 구조상의 문제로 커터 상부직경은 면취허용오차 범위 이내로 포함되는 2.0d 이상의 커터를 사용하는 것이 적절할 것으로 판단하였다.

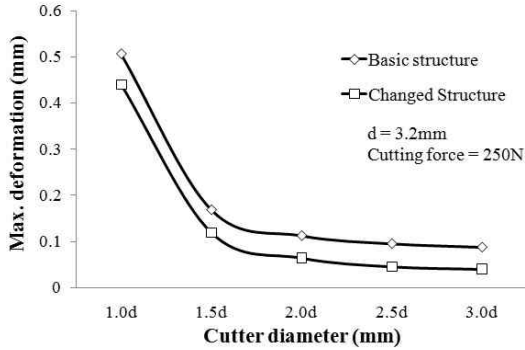


Fig. 7 Change of max. deformation according to cutter diameter in changed structure

다음으로 커터 소재는 S45C, 커터 직경은 3.2mm로 설정하여 네 가지의 절삭저항력에 대하여 실린더 스트로크에 따른 커터부의 최대 응력의 변화를 나타낸 것이 Fig. 8이다. Fig. 8에서 보는바와 같이, 실린더 스트로크변화는 최대변형응력에는 거의 영향이 없으며, 절삭저항력에 따라서는 증가함을 알 수 있다. 여기서 절삭저항력이 50N이나 100N으로 설정되어진 경우의 최대응력값은 공구소재인 S45C의 항복강도인 490MPa에 미치지 않으므로 S45C를 공구소재로 사용할 수 있지만, 절삭저항력이 200N 및 250N 일 경우 최대변형응력이 항복강도에 가깝

거나 초과하므로 이러한 높은 절삭저항력을 가지는 재질을 면취하는 경우에는 항복강도의 값이 3250MPa인 고속도강을 사용하는 것이 적절하다고 할 수 있다.

면취제품의 재질이 플라스틱인 경우는 흡착부의 구조에 따라 흡착시 제품의 변형을 초래할 수 있다. Fig. 9는 플라스틱제품이 흡착되었을 때의 구조 해석 결과를 나타내고 있으며, Fig. 10은 제품 흡착용 벨로스 개수의 증가에 따른 최대응력 및 변형량의 변화를 보여주고 있다. 그림에서 보는바와 같이, 흡착부에 전달되는 공기압은 일정하지만 벨로스 개수의 증가에 따라 공기압이 분산되어 흡착력이 약해지기 때문에 벨로스 개수의 증가에 따라 최대응력과 변형량은 감소하는 경향을 보인다. 그러나 벨로스의 개수가 12개 이상이면 응력과 변형량의 감소폭이 크게 줄어, 본 연구에서 개발하는 면취기의 경우 벨로스의 개수를 12개를 설치하는 것으로 하였다.

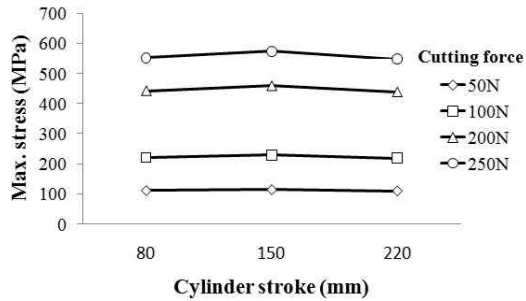


Fig. 8 Change of max. stress according to cylinder stroke in each cutting force

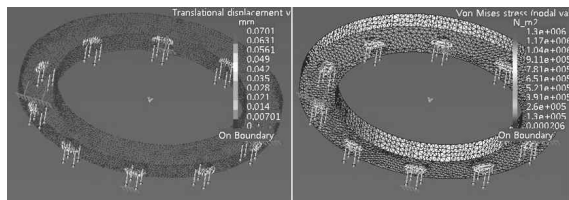


Fig. 9 Structural analysis of product part

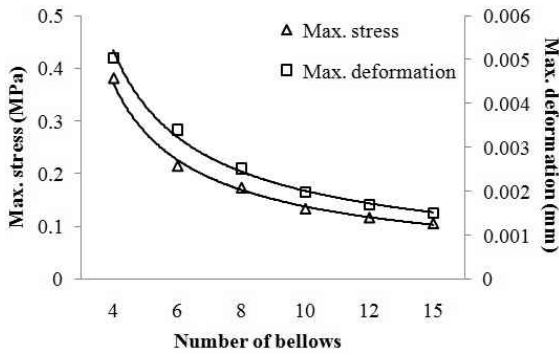


Fig. 10 Change of max. stress and max. deformation according to the number of bellows

5. 면취기의 제작 및 면취조건의 결정

초기 설계된 제작도면과 3D시뮬레이션 결과를 토대로 하여 제작공정을 따라 공압 흡착 시스템 부착 형상안내형 자동면취기의 시제품을 제작하였다. 모든 제조공정은 공차 이내로 관리하였으며 제작도면과 비교한 기술적 완성도를 100% 만족하였다. Fig. 11은 본 연구를 통하여 제작되어진 자동면취기의 모습을 나타낸 사진이며 Fig. 12는 공작물을 고정하기 위한 테이블의 흡착부와 가이드 포스트를 나타내는 그림이다. 그림과 같이 정밀한 위치결정을 통한 가이드 포스트가 제품의 내경부 위치를 결정하고 공압흡착 벨로스가 저면 방향으로 제품을 흡착하므로 제품고정 시 공작물의 설치 오차가 최소화된다. 또한 공작물 설치 시 오차가 발생하더라도 공구대를 제품에 밀착하는 실린더의 공기압이 일정하므로 가이드롤러를 따라서 일정한 면취가 가능하다. Fig. 13은 개발기에 의한 디버링작업과정을 보여주는 사진으로, 공압실린더에 부착된 공구대의 커터가 제품의 가장자리로 직선 이송되고 상면 및 측면 가이드 롤러가 제품에 밀착된 후 테이블이 회전하게 되면 실린더가 가이드롤러에 의하여 제품형상에 따라 움직이면서 면취가 행해지고 있는 것을 알 수 있다. Fig. 14에서는 면취 전후의 제품표면을 보여주고 있다.

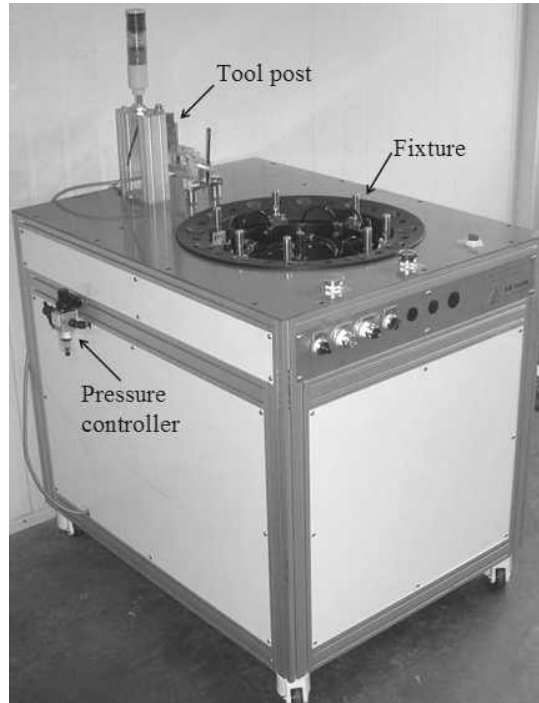


Fig. 11 Automatic deburring machine

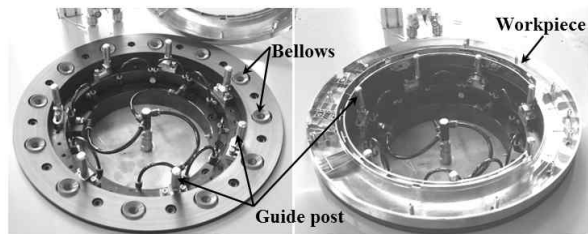


Fig. 12 Guide post and bellows to fix the workpiece



Fig. 13 Deburring process

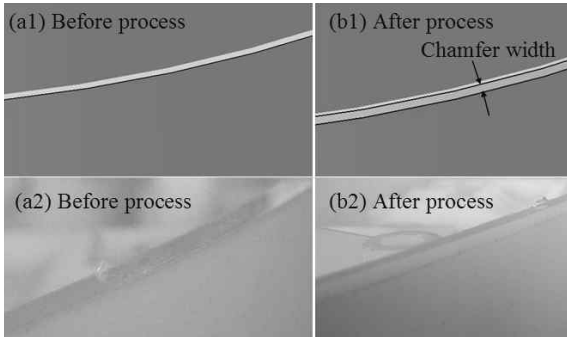


Fig. 14 Surface before and after deburring process

다음으로 면취 후 제품의 면취상태를 정량적으로 평가하기 위하여 면취부의 표면조도와 챔퍼폭 (Chamfer width)의 균일성을 측정하였다. Fig. 15는 면취기의 실린더공압을 변화시키면서 면취를 수행하였을 때 면취부의 표면조도를 테이블 회전속도 별로 비교한 그림이다. 표면조도의 값은 면취부의 등간격 8개소 측정치의 평균값으로 하였다. 그림에서 보는 바와 같이, 실린더의 공압이 클수록, 테이블 회전속도가 느릴수록 면취부의 표면조도가 양호해짐을 알 수 있다. 그러나 테이블 회전속도가 너무 느려지면 생산성이 저하되므로 사출라인의 전후 공정을 고려하여 6rpm을 사용하였다. 적용제품인 드럼세탁기 도어의 직경이 550(mm)이므로 절삭속도는 아래의 식 (1)을 적용할 경우 10.4(m/min)이 된다. 결국 적용제품의 직경이 변할 경우에는 다음의 식 (2)를 사용하여 절삭속도, 10.4(m/min)을 적용함으로써 적정 회전수를 결정할 수 있다.

$$v = \frac{\pi \times D \times N}{1,000} \quad (1)$$

$$N = \frac{1,000 \times v}{\pi \times D} \quad (2)$$

where, $v = \text{cutting velocity}(m/min)$
 $D = \text{Diameter of workpiece}(mm)$
 $N = \text{Rotational speed}(rpm)$

Fig. 16은 Fig. 15와 동일한 조건으로 면취했을 때의 면취부의 60개소 챔퍼량의 표준편차를 각 조건에서 비교한 그림이다. 챔퍼량의 표준편차가 크

다는 것은 균일한 면취가 일어나지 않았음을 의미한다. 그림에서 보는 바와 같이 실린더공압과 테이블속도의 크기에 관계없이 균일한 면취가 가능함을 확인할 수 있었다.

이상의 결과로 부터 테이블속도가 너무 빠르거나 공기압이 너무 낮으면 면취 시 체터 진동이 발생하여 표면조도에 악영향을 미침을 알 수 있으나 챔퍼량에는 큰 영향을 미치지 않는다는 결론을 얻을 수 있다. 이는 면취 시 기본적으로 가이드롤러에 의한 형상 안내가 이루어지고 챔퍼량이 구속된 상태에서 가공하기 때문인 것으로 파악된다.

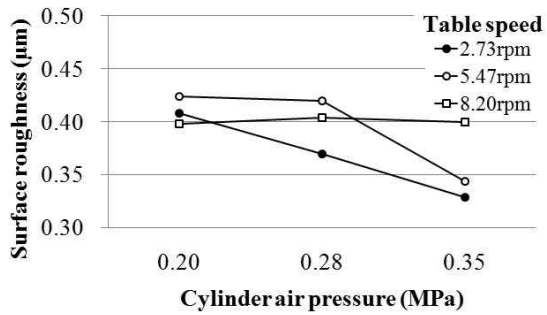


Fig. 15 Surface roughness according to the cylinder air pressure and table speed

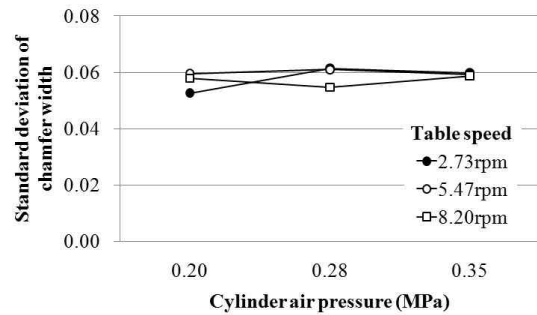


Fig. 16 Standard deviation of chamfer value according to the cylinder air pressure and table speed

Table 1은 개발된 자동면취기의 주요 제원으로서 전후, 상하 실린더 스트로크와 적용가능한 공작물의 크기, 적절한 테이블 스피드와 공기압을 아래와 같이 제시하였다.

Table 1 Specification of automatic deburring machine

Items	Specifications
Cylinder stroke(horizontal)	75(mm)
Cylinder stroke(vertical)	60(mm)
Diameter range of workpiece	D450-D600(mm)
Height range of workpiece	H40-H100(mm)
Maximum table speed	16(rpm)
Proper table speed	10.4(m/min)
Proper air pressure	0.35(MPa)

6. 결 론

본 연구에서는 제품의 형상에 따라 자동적으로 버를 제거하기 위한 형상안내형 자동면취기를 개발하기 위하여 일련의 실험을 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 면취기의 머신시뮬레이션을 수행한 결과, 간섭 및 오류가 발생하지 않는 것을 알 수 있었고, 커터부 및 흡착부의 구조해석을 통하여 적절한 강성의 커터부 설계가 가능하였으며 최적의 흡착부 벨로스 개수를 선정할 수 있었다.
2. 결론 1을 토대로 형상안내형 자동면취기가 개발되었고 개발기의 성능평가를 통하여 적절한 면취조건이 결정되었다. 즉, 실린더의 공기압을 크게 하고 테이블속도를 작게 하는 조건이 면취부의 표면조도를 양호하게 하는 조건임이 확인되었다. 그러나 표면조도 개선을 위하여 테이블 회전속도를 너무 낮추게 되면 생산성 저하의 문제가 발생하므로 사출라인에서 전후 공정 흐름에 방해되지 않는 적절한 면취조건을 사용할 필요가 있다.
3. 테이블속도가 너무 빠르거나 공기압이 너무 낮으면 면취 시 채터 진동이 발생하여 표면조도에 악영향을 미침을 알 수 있으나 챔퍼량에는 큰 영향을 미치지 않는다는 결론을 얻을 수 있다. 이는 면취 시 기본적으로 가이드롤러에 의한 형상 안내가 이루어지고 챔퍼량이 구속된 상태에서 가공하기 때문인 것으로 파악된다.

후 기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(RT104-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. M. S. Choi, J. D. Kim, "Characteristics of Burr Generation and Deburring in Honing", KSPE, Nov. 01, pp. 100-104, 1996.
2. J. H. Yoon, B. W. Ahn, S. J. Park, "A Deburring Characteristics of Small Punching Holes using Micro Press", KSMTE, Vol. 13 No. 3, pp. 61-67, 2004.
3. G. J. Choi, Y. W. Kim, S. W. Shin and D. S. Ahn, "Deburring of Irregular Burr using Vision and Force Sensors", KSPSE, Vol. 2 No. 3 pp. 83-88, 1998.
4. J. H. Joo, K. M. Lee, J. M. Lee, "A Study on Deburring Task of Robot Arm using Neural Network", KACC, Oct. 01, 1996.
5. S. L. Ko, J. E. Chang, "Development of Drill Geometry for Burr Minimization in Drilling." Proceedings of KSPE Fall Conference, pp. 45-48, 2003.
6. W. S. Yeo, C. S. Lee, S. S. Chae, H. Choi, J. C. Lee, "Deburring using Magnetic Abrasive Machining" KSMPE, Vol. 5, No. 1, pp. 13-18, 2006.
7. D. S. Park, J. Y. Han, E. J. Seong, "Deburring of the Inner Edge in Intersection Hole by Powder Blasting" Proceedings of KSMPE Spring Conference, pp. 44-49, 2006.
8. G. H. Bag, M. W. Doo, K. M. Park, Y. K. Kim, "Development of Deburring Automatic System of Aluminium Wheel for Vehicles" Proceedings of KSPE Fall Conference, pp. 15-16, 2008.
9. S. M. Kim, J. D. Hwang, S. R. Cho, Y. G. Jung, "A Study on the Generalization of a Shape Guided Automatic Deburring Machine", Proceedings of KSMPE Spring Conference, pp. 51-52, 2010.