자기유변유체를 이용한 롤금형 디버링

Deburring of roll molds using a magnetorheological fluid

*남은석[1], 김두연[1], 이재호[1], #민병권[1], 이상조[1]
*E. S. Nam[1], D.-Y. Kim[1], J. H. Lee[1], #B.-K. Min(bkmin@yonsei.ac.kr)[1], S. J. Lee[1]
[1]연세대학교 기계공학과

Key words : Roll mold, MR fluid, Micropatterning, Micromachining

1. 서론

디스플레이 부품 등 정밀 패턴의 연속 성형이 증가함에 따라 롤금형을 이용한 공정이 주목받고 있다. 금형 패턴이 복잡해지고 다양한 공정이 적용되면서 롤금형을 가공할 때 버가 발생하는 빈도가 증가하고 있다. 이에 따라, 롤금형 가공 후의 디버링 공정의 필요성이 높아지고 있다.

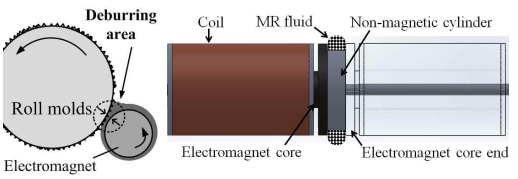
기존의 디버링 공정은 미세 패턴에 발생하는 버를 제거할 때 패턴 형상을 손상시키기 쉽다.[1] 이를 극복하기 위해 자기유변유체를 공구로 이용하여 미세 패턴 형상을 유지하면서 버를 제거하는 자기유변유체 디버링이 연구되었다.[2]

본 연구에서는 자기유변유체 디버링으로 롤금형의 버를 제거하기 위한 디버링 공구를 설계 및 제작하였으며, 제작한 공구를 이용해 롤금형의 버를 제거함으로써 그 성능을 확인하였다.

2. 디버링 공구 설계 및 제작

Fig. 1은 본 연구에서 디버링 대상으로 삼는 정밀 패턴 성형 용 롤금형이다. 직경 300mm, 길이 2m의 실린더 형상이며 동, 니켈 등의 코팅을 입힌 후 패턴 형상을 가공한다.[3] 롤금형의 자기유변유체 디버링 공구는 Fig. 2(a)와 같이 롤금형과 약 3mm 떨어져 있고, 전자석 외부의 자기유변유체가 롤금형과 접촉하여 버를 제거한다. Fig. 2(b)는 전자석 공구의 구조이다. 전자석은 실린더 형태로 두 개를 제작하여 N, S극이 마주보게 하고, 자기유변유

Fig. 1 Nickel plated roll molds[3]



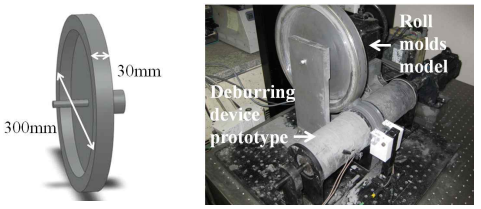
(a) (b)
Fig. 2 Designs of (a) roll deburring; (b) electromagnet

체는 두 개의 전자석 사이에 위치한다. 설계한 전자석 코일의 직경은 100mm고, 두 전자석 사이의 간격은 20mm로 결정했다.

디버링 공정에서 가공력은 자기유변유체의 항복응력과 자기유변유체와 버 사이의 상대운동에 의해 결정된다. 디버링 성능을 높이기 위해 코일 내부에 순철 재질의 코어를 사용하여 자기장을 강하게 인가하여 유체의 항복응력을 크게 하고, 롤금형과 전자석 공구를 회전시켜서 유체와 버의 상대속도를 증가시켜 가공력을 증가시키고, 디버링 후 유체가 지속적으로 롤금형에 공급되도록 하였다. 전자석 공구를 회전시킬 때 외부 전원과 연결된 코일은 고정시키고, 코어와 비자화성 실린더만 모터축에 연결하여 회전시켰다.

기존 연구를 통해 디버링에서 자기유변유체의 항복응력은 약 50kPa이 필요함을 확인했다. 이 항복응력은 약 0.1T의 외부 자기장 세기에 의해 결정되므로 롤금형 표면에 인가되는 자기장 세기가 0.1T를 만족하도록 전자석 공구의 기하학적 형상을 설계하였다.

전자석 코어의 끝단 직경은 100mm로 하였으며, 두 전자석 사이에 직경 45mm의 비자성체 실린더를 사용하였다. 전자석 코어의 끝단과 비자성체를 통해 자기력선이 롤금형 표면에 집중되게 하였고, 자기장 해석을 이용해 설계한 전자석 디버링 공구가 약 0.1T이상의 자기장을 인가함을 확인했다.



(a) (b)

Fig. 3 Images of (a) Roll molds model; (b) deburring device prototype

3. 디버링 실험 및 결과

본 연구에서 제작한 디버링 공구를 평가하기 위해 Fig. 3(a)와 같이 실제 롤금형과 직경은 같고 폭은 30mm로 축소시킨 모델을 제작하였다. 실제 롤금형과 투자율이 비슷한 알루미늄 재질로 휠 형태로 제작하였다. Fig. 3(b)는 실제 제작한 롤금형 모델과 자기유변유체 디버링 공구를 설치한 디버링 장비의 모습이다.

다양한 패턴 형상에 대한 디버링 성능을 효율적으로 실험하기 위해 롤금형 모델에 직접 패턴을 가공하여 실험하는 대신 휠 표면에 10mm × 10mm 홈을 가공하고 시편을 부착하여 실험을 수행할 수 있게 하였다. 본 논문에서는 패턴 형상을 가공한 황동 시편을 부착하여 디버링 실험을 하였다.

Fig. 4는 제작한 디버링 공구를 이용한 2단계의 디버링 공정이다. 타입 1은 패턴 형상에 수직하게 자기유변유체를 왕복운동 시켜 버를 제거한다. 타입 2는 타입 1을 거친 후 남은 버를 제거하기 위해서 패턴 방향으로 유체를 공급하는 공정으로, 롤금형 디버링을 마무리하는 단계이다.

Fig. 5는 롤금형 패턴 가공 후 발생한 버의 형상과 디버링 후 패턴의 형상이다. Fig. 5(a,c)은 디버링 전의 패턴의 모습이고 형상에 버가 생성된 것을 확인할 수 있다. 이 롤금형 패턴에 제안한 공구를 이용하여 Fig. 4의 2단계의 디버링 공정을 순차적으로 적용하였으며, 그 결과 Fig. 5(b,d)처럼 패턴 형상은 유지하면서 버가 제거됨을 볼 수 있다.

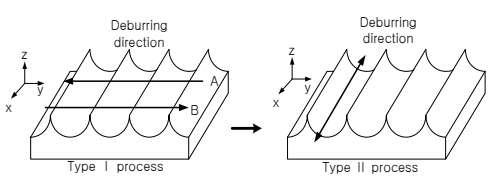


Fig. 4 Deburring process

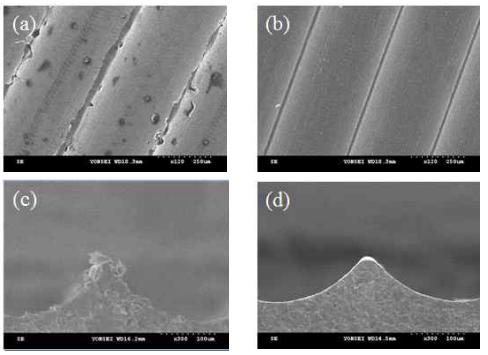


Fig. 5 SEM images of brass (a,c) an as-machined; (b,d) after deburring

4. 결론

본 연구에서는 정밀 패턴의 연속 성형용 롤금형의 자기유변유체 디버링 공구를 설계 및 제작하였다. 실제 롤금형의 가공 공정을 재현하는 실험장치를 제작하여 제안한 디버링 공구의 성능을 실험적으로 검증하였다. 황동 시편의 디버링 실험결과 제안한 공구와 공정이 롤금형의 디버링에 적용됨을 보였다.

후기

이 연구는 지식경제부의 전략기술개발사업 “대면적 미세형상 가공시스템 개발” 과제의 지원 하에 수행하였습니다.

참고문헌

1. Lee, K., Dornfeld, D.A., “ Microburr formation and minimization through process control,” Precision Engineering, 29, 246–252, 2005.
2. Seok, J., Jang, K.-I., Min, B.-K., and Lee, S. J., "A study on the fabrication of curved surfaces using magnetorheological fluid finishing," Int. J. Mach. Tools Manuf, 47, 2077-2090, 2007.
3. Dongyoon Lee, Kihyeong Song, Seokwoo Lee, Hochul Kang, Yunhye Cho, “Machining Characteristic of Electrolytic Nickel Plated Roll molds in accordance with the Change of Phosphorous Content,” KSME, 1885-1888, 2010.