

디버링 기구를 내장한 드릴의 성능에 관한 연구

조창희*(고려대학교 대학원 기계공학과), 김권희(고려대학교 기계공학과),
Kiha Lee(U.C.Berkeley), D.A.Dornfeld (U.C.Berkeley)

Performance of the Drills with Deburring Inserts

C. H. Cho(Korea Univ), K. H. Kim(Korea Univ.), Kiha Lee(U.C. Berkeley) and D. A. Dornfeld(U. C. Berkeley)

ABSTRACT

This paper describes the design and development of drills with deburring inserts. The drills can be used to drill holes and deburr the edges of the drilled holes simultaneously. The drills incorporate deburring inserts within the shank. The insert consists of a fixing base, a cantilever spring and a cutting tip. The stiffness of the cantilever spring and the details of the cutting tip play a central role for the successful deburring performance. The deburring performance is also governed by the conditions of the drilling burr best described by the burr control chart suggested by Dornfeld. With careful burr control, successful deburring is obtained by the drills with deburring inserts.

Key Words : burr(버), drill(드릴), deburring(디버링), burr types(버의 형태), feed rate(이송속도), rpm(회전속도),

1. 서론

거의 모든 기계가공의 부산물로 생기는 버(burr)에 대하여 많은 연구가 있었다. Stein 과 Dornfeld 는 드릴 작업 시 발생하는 버의 형태에 대하여 연구를 하였다⁽¹⁾⁽²⁾. 김진수 와 Dornfeld 는 드릴의 회전속도와 이송속도 조합에 따라 생성되는 버의 형태에 대하여 연구하여 버 제어 차트(burr control chart)를 제안하였다⁽³⁾. 버를 제거하는 방법에 대한 연구로서는 이성환과 Dornfeld 의 레이저 빔을 이용하는 방법⁽⁴⁾, Masaki 와 Dornfeld 의 연삭기와 같은 공구를 장착한 로봇을 이용하여 버를 제거하는 방법⁽⁵⁾ 등이 연구되었. 고성림, 김지호는 스톱 드릴을 이용하여 버 형성을 최소화 하는 방법을 연구하였다⁽⁶⁾. 이러한 기술들은 드릴 작업 후 별도의 디버링 공정을 필요로 한다는 문제점이 있다. 드릴에 의하여 생성되는 버는 제거하기가 어려운 경우가 많다는 특징을 가지고 있는데 아직도 많은 연구가 필요한 분야라고 생각된다.

여기서는 별도의 디버링 공정을 생략하고 디버링 기구를 내장한 드릴을 설계하여 하나의 공정으로 구멍가공과 디버링을 수행하는 방법을 모색하고자 한다. 이러한 시도의 일환으로 독일의 HEULE사에서 디버링 기구를 내장한 드릴을 개발 했는데

⁽⁶⁾, 디버링 기구가 복잡하여 가격이 높아지고 직경이 작은 드릴에는 적용할 수 없다는 문제점을 가지고 있는 것으로 판단된다. Halpern 은 버를 제거할 수 있는 도구에 대한 특허를 등록하였고⁽⁷⁾ Shifferly 동종을 개발 하여 같은 이름으로 특허를 등록하였다⁽⁸⁾.

본 연구는 장착과 분해가 용이하며 작은 직경의 드릴에도 적용할 수 있는 외팔보 지지형 디버링 기구를 내장한 드릴⁽¹⁰⁾에 관한 것이다. 디버링 기구의 여러 설계 인자, 버의 형상 그리고 소재가 디버링 결과에 미치는 영향을 알아보고 디버링 기구의 설계를 개선하는데 본 연구의 목적이 있다.

2. 디버링 기구의 설계

2.1 디버링 기구의 설계

Fig.1 은 드릴 안에 들어갈 인서트의 설계를 보여준 것이다. 인서트의 베이스 부분을 드릴의 홈에 억지끼움으로 고정 시키고 외팔보에 의하여 용수철과 같은 역할을 하게 한다. 드릴이 재료의 구멍속으로 들어갈 때 재료가 인서트의 커터 부분을 밀게 되면 외팔보가 구부러져 드릴 속으로 들어가게 되는 구조로 되어 있다. 이럴 경우 드릴 내부에

용수철과 같은 복잡한 구조를 갖을 필요가 없게 된다.

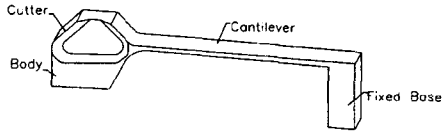


Fig.1 Deburring insert.

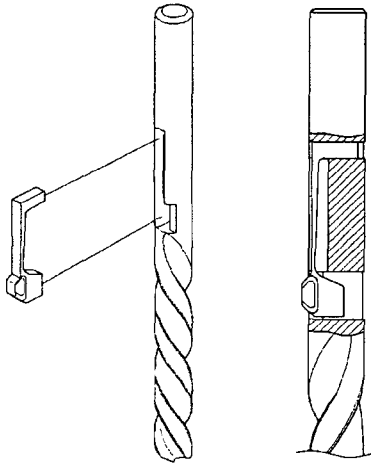


Fig.2 Deburring insert with the drill ⁽¹⁰⁾.

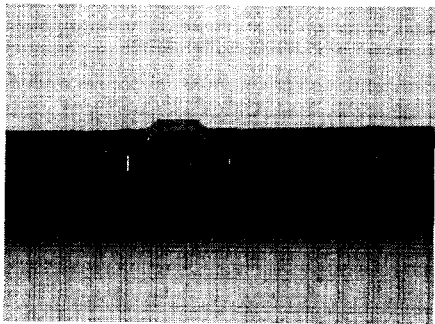


Fig.3 Photograph of a drill with deburring insert.

디버링 기구를 내장한 드릴의 디버링 공정은 Fig. 4 에 나타난 것과 같다. 드릴이 공작물의 구멍 속으로 들어갈 때 디버링 공구가 입구쪽 모따기를 진행한다. 그리고 공구가 완전히 공작물 속으로 들어갈 경우 공작물의 압에 의하여 외팔보가 구부러지면서 드릴 속으로 들어가게 된다. 그리고 공구가 완전히 공작물 밖으로 나온 후 다시 들어갈 때 출구쪽의 버를 제거하게 된다.

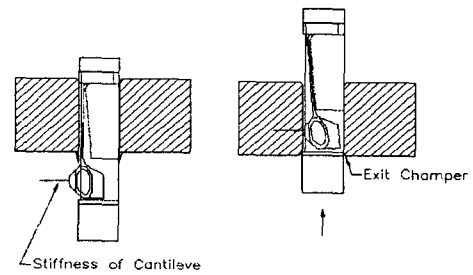
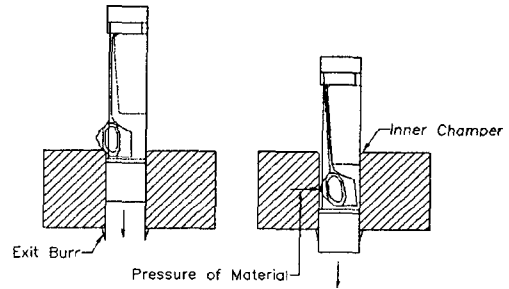
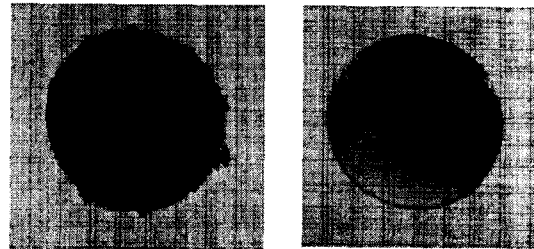


Fig. 4 Deburring process with deburring tool

같은 공정으로 몇 가지 금속에 대하여 실험한 결과가 다음과 같다.



Hole drilled with a regular twist tool

Hole drilled with a deburring tool

a. aluminum6061-T6



Hole drilled with a regular twist tool

Hole drilled with a deburring tool

b. Low carbon steel

Fig. 5. Comparison of hole drilled with a regular twist tool and deburring tool

2.2 디버링 기구의 강성 해석

드릴에 부착되는 디버링 기구는 재료의 압력에 의하여 변위가 일어나게 된다. 그러므로 몸체 부분에 변위가 생겼을 때 외팔보에 항복이 일어나는 점을 측정하고 인서트가 구멍 안으로 들어갈 때 외팔보의 반력에 의하여 구멍의 직경이 커지지 않도록 외팔보의 강성을 적절히 선택하는 것이 필요하다.

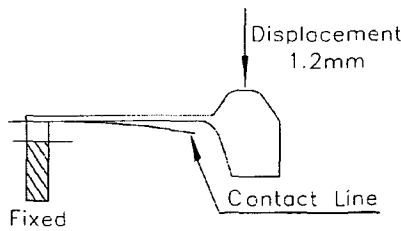


Fig. 6 Analysis model.

Fig. 6 에서 강성 해석 모델을 나타내었다. 인서트의 외팔보 부분에 처짐이 생길 때 드릴 벽과 접촉이 생겨 변위가 일정한 한계를 초과하지 않도록 한다. 커터 부분의 드릴 몸체에 대한 들출 높이가 1.2mm 이므로 최대 변위를 1.2mm 로 하여 해석 하였다.

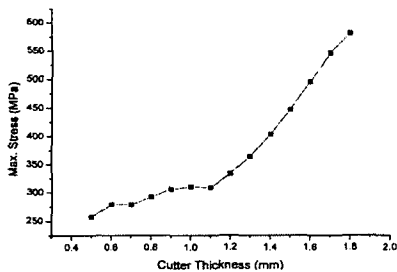


Fig. 7 Maximum stress vs. insert height.

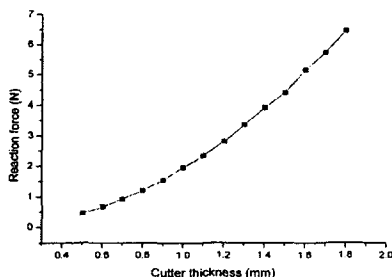


Fig. 8 Spring force vs. insert height.

디버링 기구에 의한 과다 절삭을 방지하려면 외팔보의 강성이 낮게 설정되어야 한다. 응력이 허

용범위 이내에 들어가게 하면서 외팔보 강성을 낮추기 위해서 위해서는 최대 응력 발생 지점의 형상을 변화 시키면서 외팔보의 최적 두께를 찾았다. Fig.7 과 Fig.8 은 외팔보 끝 부분의 두께를 변화시키면서 얻은 응력과 반력(reaction force)에 대한 그래프이다. 이 그래프로부터 외팔보 끝부분의 두께가 0.64mm 일 때가 최적의 설계임을 알 수 있었다.

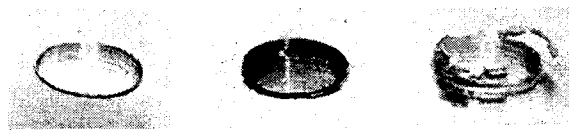
3. 디버링 기구의 성능 평가

3.1 성능평가실험 개요

버의 형상은 드릴의 회전속도와 이송속도에 따라 결정되며 그 크기에 따라서 높이가 낮고 일정한 모양의 제 1 형식 버, 높이가 높고 일정한 모양의 제 2 형식 버, 불규칙한 모양이며 높게 형성된 제 3 형식 버 등 세가지 형태로 분류할 수 있다(Table 1 참고)⁽³⁾.

Table 1 Burr Classifications⁽³⁾

	TYPE I	TYPE II	TYPE III
Burr Type	Uniform with a drill cap	Crown	
Burr Height(mm)	~0.15	0.15~1.1	$(1.1\sim1.5)\times(d/2)$
Height/Thickness	0.8~1.6	1.5~3.2	3.8~5.3



제 1 형식버 제 2 형식버 제 3 형식버

Fig. 9 Three types of burr.

세가지 종류의 알루미늄 합금(AL1050, AL5056, AL6061)에 대하여 드릴의 회전속도와 이송속도를 변화시켜 세가지 형태의 버를 만들고 디버링 작업을 하여 디버링 기구의 성능을 평가 하였다. 먼저 버 제거 유무를 관찰하여 버를 제거할 수 있는지를 점검한다. 그리고 디버링 기구에 의하여 모따기 된 부분의 크기를 측정한다. 디버링 기구에서 실제 가공물을 절삭하게 되는 부분의 높이는 0.6mm 이고 45 도 경사로 설계 되었다. 그러므로 가공물의 모따기 길이를 측정하여 기구의 커터 부분이 제대로 작동하는지 확인할 수 있다. 마지막으로 디버링 전과 후의 가공물의 구멍 지름을 측정한다. 디버링 기구가 구멍을 통과할 때 기구의 윗부분이 드릴 속으로 완전히 들어가지 않을 경우 공작물을 깔게 되고 그 결과 구멍의 지름이 넓어 질 수 있다. 그렇기 때문에 디버링 후의 공작물의 지름을 측정 하여 구멍의 절삭 여부를 확인 하여야 한다. 물론, 버의 형성은 구멍의 입구 보다는 출구에 많으므로 출구에 대한 버를 중심으로 측정 한다.

3.2 성능평가 결과

Table 2. Deburring performance

a. AL 1050

ALRPM		400		
Feed rate (mm/rev)		0.05	0.1	0.2
Burr height (mm)		0.75~2.10	0.70~2.30	1.55~3.40
Burr type		TYPE II	TYPE III	TYPE III
Deburring		YES	YES	NO
Chamfer height (mm)		0.90~1.20	1.10~1.30	-
Hole Dia. (mm)	Before	10.00	10.00~10.05	10.10~10.30
	After	10.20	10.10~10.30	10.20~10.40

b. AL 5056

RPM		400		
Feed rate (mm/rev)		0.1	0.2	0.4
Burr height (mm)		-0.03	0.40~0.60	0.70~2.20
Burr type		TYPE I	TYPE II	TYPE III
Deburring		YES	YES	YES
Chamfer height (mm)		1.20~1.40	1.00~1.60	0.95~1.25
Hole Dia. (mm)	Before	10.00~10.05	10.00~10.15	10.00
	After	10.10~10.15	10.20~10.30	10.20~10.20

c. Al 6061

RPM		400		
Feed rate (mm/rev)		0.1	0.2	0.4
Burr height (mm)		0.01~0.03	0.25~0.50	0.8~2.4
Burr type		TYPE I	TYPE II	TYPE III
Deburring		YES	YES	YES
Chamfer height (mm)		0.85~1.15	0.90~1.40	0.80~1.20
Hole Dia. (mm)	Before	10.00~10.05	10.05~10.15	10.00~10.10
	After	10.15~10.20	10.25~10.30	10.10~10.15

AL1050 의 경우 순도가 높은 재료이므로 버가 다른 재료에 비하여 크게 형성 되었고, 또한 버의 높이가 큰 편차를 보인다(Table 2-1 참고). 그리고, AL1050 의 제 3 형식의 경우 버의 크기가 너무 크기 때문에 디버링 기구에 의하여 버가 제거 되지 못하였고 그 외에는 버가 잘 제거 되었다.

모든 시험편에 대하여 출구에 모따기 된 높이를 봤을 때 대부분이 1mm 이상으로 설계한 사항보다 높게 형성 되어 있다. 구멍의 입구 부분의 모따기 높이가 0.50~0.80mm 로 설계 사항에 어느 정도 부합됨을 볼 때 생각해 봐야 할 문제이다. 출구 모따기 높이가 커진 이유는 몇 가지가 있겠지만 가장 큰 이유로는 입구쪽 보다는 출구쪽의 커터 크기가 더 크기 때문으로 보인다. 디버링 기구는 정밀한 부품이기 때문에 커터 부분의 작은 차이에도 다른

결과를 얻을 수도 있기 때문이다. 구멍의 지름 크기를 비교해 봤을 때 디버링 한 쪽이 약 0.2mm 크게 측정 되었는데, 이것은 디버링 기구가 공작물을 절삭 했다고 보다는 공작물과 기구간의 마모, 혹은 공작물이 기구의 압력을 받아 약간의 변형에 의하여 생긴 것으로 보여진다. 특히 재료가 무른 AL1050 의 경우에 구멍의 지름이 더 넓어진 것이 이러한 사실을 뒷받침 한다.

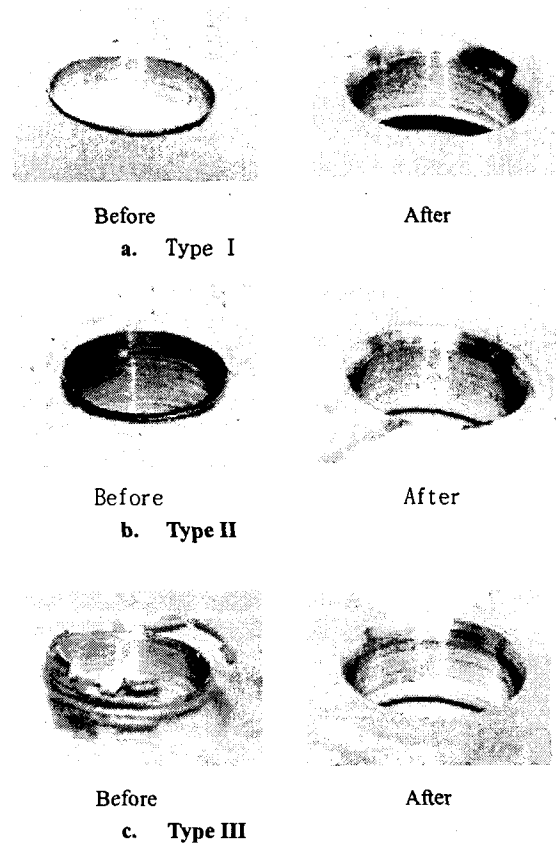


Fig. 10 Holes before and after deburring.

4. 결론

본 연구는 드릴 작업과 디버링 작업을 한번에 할 수 있도록 하는 디버링 기구를 내장한 드릴을 개발하기 위한 목적으로 이루어졌다. 설계를 통해 제작된 디버링 기구는 디버링 성능이 우수하며 구멍 모따기도 깔끔하게 수행되었다.

앞으로는 좀더 많은 재료에 대하여 실험을 해 봐야 할 것이며 드릴의 절삭속도와 이송 속도를 더 많은 단계별로 나누어 여러 형태에 버에 대하여 디버링 실험을 해야 것이다. 또한 실험결과 디버링

기구의 커터 부분의 정밀도에 의하여 모따기나 디버링 정도가 달라 진다는 점이 발견 되었으므로 기구의 정밀도 특히, 커터 부분의 정밀도를 높일 수 있는 방법들이 필요 하겠다. 또한 강성 해석 시 공구가 공작물을 절삭할 때의 절삭저항도 고려해야 할 것이며 디버링 기구의 마모에 의하여 버를 제거한 면이 매끄럽지 못한 점을 개선하기 기구의 내마모성에 대한 연구도 필요할 것으로 보인다. 디버링 기구의 과도한 강성 때문에 재료를 계속해서 절삭하는 것을 방지 하는 것에 대한 연구도 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

1. Stein, J. M, D. A. Dornfeld, "Burr Formation in Drilling Miniature Holes", CIRP Annals, 46, 1997, vol.46, 63-66
2. J. Stein, I. Park, D. A. Dornfeld, "Influence of Work piece Exit Angle on Burr Formation in Drilling Intersection Holes", Trans. North American Manufacturing Research Institute, SME, vol. 24, 1996, pp.39-44
3. J. Kim, D. A. Dornfeld, "Development of a Drilling Burr Control Chart for Stainless Steel", Trans. North American Manufacturing Research Institute, SEM, vol. 28
4. Lee, S. H, D. A. Dornfeld, "Precision Laser Deburring", Trans. ASME. J. Manufacturing Science and Engineering, 2000, to appear
5. D. A. Dornfeld, T. Masaki, "Acoustic Emission Feedback for Deburring Automation", Modeling and Control. of Robotic Manipulators Processes, R. Shoureshi, K. Youcef-Toumi, and H. Kazerooni, eds, ASME, New York, 1987, pp.81-89
6. HEOUL, NO. US 6238150 B1 "Drinning Tool", Jun Yamada, Gifu-ken; Kazumasa Miura, Kitakyusyu
7. Patent NO. US3877099, "Deburring tool", Willian Halpern
8. Patent NO. US5291135S "Deburring tool", John P. Shifferly
9. 고성림, 김지호, "구멍 가공 시 스텝 드릴을 이용한 버 형성 최소화를 위한 연구", 한국정밀공학회지 vol. 17, No. 10, 2000, pp.132-140
10. 대한민국특허 NO. 2002517870000, "드릴", 김권희