

교차구멍 에서의 디버링

박노진*(고려대학교 대학원 기계공학과), 김권희(고려대학교 기계공학과)

Deburring of Intersection Holes

N. J. Park(Korea Univ.), K. H. Kim(Korea Univ.)

ABSTRACT

A new design for deburring tools for intersecting holes is introduced. The tool tip is mounted on a slender cantilever assembled into a circular shank. The tool tip has been design to cover ranges of exit angle and diameter ratio between intersecting holes. The design is an improvement over the previous ones by the authors. Experiments have been performed on AL6061. With the new design, mild exit burrs with exit angles greater than 45° are successfully removed. For large burrs with smaller exit angles, however, the deburring could be incomplete.

Key Words : Burr(버), Burr type(버타입), Deburring tool(디버링 기구), Exit angle(교차각), Intersection holes(교차구멍)

1. 서론

버 생성의 원리를 보면 피삭재 끝부분의 굽힘 변형에 의해서 버가 생성이 된다. 거의 대부분의 기계 가공시 필연적으로 발생하는 버에 관해서 버 생성 과정 및 버를 제거하는 기구에 관해서 많은 연구가 진행되고 있다. Stein 과 Dornfeld 는 드릴 작업시 발생하는 버의 형태에 대하여 연구를 하였다⁽¹⁾⁽²⁾. 드릴 작업시 발생하는 버의 형태에 관해서는 김진수와 Dornfeld 는 드릴의 회전속도와 이송속도의 조합에 따른 버 제어 차트(burr control chart)를 제안하였다⁽³⁾. 버를 제거하는 방법에 대한 연구로는 이성환과 Dornfeld 의 레이저 빔을 이용하는 방법⁽⁴⁾, Masaki 와 Dornfeld 의 연삭기와 같은 공구를 로봇에 이용하는 방법⁽⁵⁾ 등이 연구되었으며 고성림, 김지호는 스텝 드릴을 이용하여 버 형상을 최소화 하는 방법을 연구하였다⁽⁶⁾. 드릴에 의하여 생성되는 버는 제거하기가 어렵다는 특징을 가지고 있으며 아직도 많은 연구가 필요한 분야라고 생각된다. 특히 교차구멍에서의 버를 제거하는 것은 매우 어려운 일이다. 보통의 디버링 기구는 평면에서 버를 제거하는데 효과적이거나 임의의 기울기로 이루어진 T자 형태의 교차구멍에서의 버는 제거하지 못한다. 교차구멍에서 일반적인 디버링 기구를 이용하여 버를 제거하면 부분적인 버만 제거 되거나 구멍의 내

부까지 절삭이 된다. 또한 컷팅날이 파괴되는 현상이 발생된다. 평면에서의 디버링은 2 차원 절삭(Orthogonal cutting)을 적용 할 수 있으나 교차구멍에서의 버 제거는 3 차원 절삭(Oblique cutting)이 적용되어야 한다. 교차구멍에서의 디버링을 수행하는 방법의 일환으로 Spring loaded cutter: Heule Tool corp.⁽¹¹⁾, Power & hand tube brush : Weiler corp.⁽¹²⁾, 그리고 J.W.Done의 Flexible rotary tool⁽¹³⁾이 있으나 버를 제거하는 시간이 길고 구멍이 교차되는 부분에서의 과도절삭으로 인한 손상의 문제가 있다.

본 연구는 장착과 분해가 용이하며 평면에서와 교차구멍 모두 적용 할 수 있는 개선된 디버링 기구에 관한 것이다⁽¹⁴⁾.

2. 디버링 기구의 설계

2.1 교차구멍에서의 버 생성 요인

평면에의 버 생성의 가장 주된 요인은 이송속도(feed rate), 와 회전속도(rpm)이 있고 다른 요인은 드릴의 형상, 마모정도, 그리고 냉각 등이 있다. 그러나 교차구멍에서의 버 생성은 평면에서와 같이 이송속도나 회전속도에 영향을 크게 받지 않고 출구각(exit angle)에 의해 버의 크기나 높이에 영향을 받는다. Fig.1 은 출구각의 예를 보여준 것이다. 출구각이란 시편에 구멍을 뚫고 그 구멍에 교차되도

특 구멍을 뚫었을 경우 교차되는 구멍이 최초의 구멍과 편심이 되지 않았을 경우를 On-axis 교차구멍이라 하고 일정한 양만큼 교차 구멍이 편심 되는 경우를 Off-axis 교차구멍이라고 한다. 최초의 구멍과 교차되는 구멍 표면 접선에 기울기와 교차구멍 사이에 이루는 각을 출구각 이라고 한다. 식으로 표현하면

$$\theta_I = \cos^{-1}[(2e-d)/D]$$

$$\theta_{II} = \cos^{-1}[-(2e+d)/D]$$

여기서 e = 교차구멍이 최초구멍에서 편심 된 양

d = 교차구멍 지름

D = 최초구멍의 지름

이며 $D > d$ 이다.

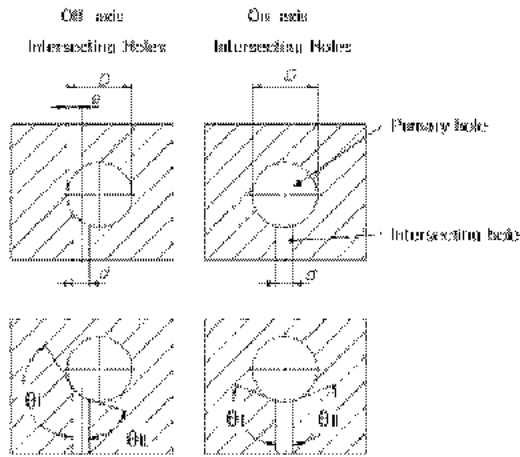


Fig. 1 Exit angle of intersecting holes

Fig.2 는 시편에서 각 위치에 따라서 교차각이 달라지는 모양을 보여준다. 출구각은 A에서부터 D까지 증가하다가 C에서는 다시 감소하는 일정한 사이클을 가짐을 알 수 있다. 교차각이 각각의 위치마다 다른 이유는 Fig.1 에서와 같이 각 위치에 따라 출구각이 달라지기 때문이다. Fig.3 는 버의 높이와 출구각의 관계를 나타낸 것으로 출구각이 작을수록 버의 높이는 커지고 출구각이 클수록 버의 높이는 작아짐을 알 수 있다⁽³⁾.

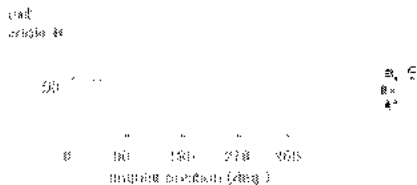


Fig. 2 Exit angle variation angular position

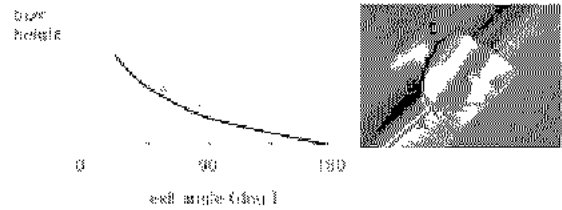


Fig. 3 Burr size vs. exit angle

2.2 디버링 기구의 설계

Fig.4 는 디버링 기구의 조립된 모습과 커팅날의 형상을 나타낸 것이다. 컷터는 자투부에 편으로 고정되고 컷터 아랫부분에 판 스프링과 결합되어 용수철과 같은 역할을 하게 된다. 드릴이 재료의 구멍 속으로 들어갈 때 재료가 컷터 부분을 밀게 되면 판 스프링이 구부러지고 컷터는 재료 구멍 속으로 들어가는 구조로 되어 있다. 이럴 경우 용수철과 같은 복잡한 구조를 갖을 필요가 없게 된다.

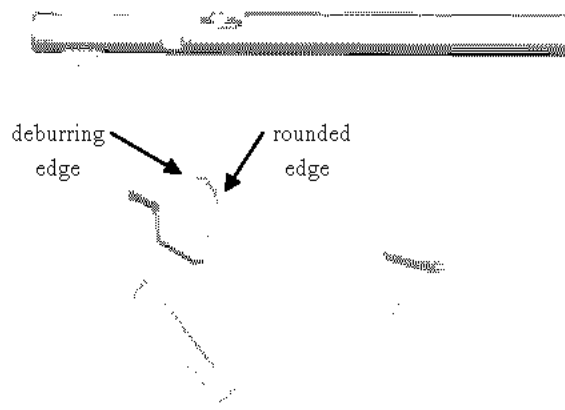


Fig. 4 Deburring tool: previous design, clockwise rotation

커팅날의 앞부분은 날이 없고 블랜드밀 형상을 하고 있어 공작물의 구멍속으로 들어갈 때 내부를 손상시키지 않는다. 그리고 뒷부분은 날이 있어 구멍 밖으로 나오면서 버를 제거하게 된다. Fig. 5 에서와 같이 교차구멍에서의 디버링은 출구각의 위치에 따라 컷팅날과 버의 끝부분에 접촉하는 위치가 달라진다. 이러한 이유로 컷팅날의 전체적인 모습은 반원의 형상을 하여 컷팅날이 각 위치에서의 버와 항상접촉을 할 수 있다. 하지만 컷팅날이 점진적으로 버를 제거하지 못하기 때문에 재료가 연할 때 과도 절삭이 되거나 재료가 강할 때 컷팅날이 파손되는 문제점이 발견이 되었다.



Fig. 5 Cutter in contact with burr edge at various angular position

2.3 개선된 형태의 디버링 기구 설계

개선된 형태의 디버링 기구는 과도절삭 및 컷팅날의 파손 등의 문제점을 만족시킨다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 디버링 기구는 크게 몸체부, 컷터, 연결부재, 그리고 판스프링으로 이루어 졌다. 컷터는 판통구멍 표면 접선에 수직한 방향에 대하여 경사각이 형성된 날부를 가진다. 연결부재는 몸체를 기준으로 컷터가 길이방향에 대해 일정하게 기울기를 가지며 판스프링은 몸체부와 연결부재의 기울어진 방향에 대하여 탄성력을 가한다

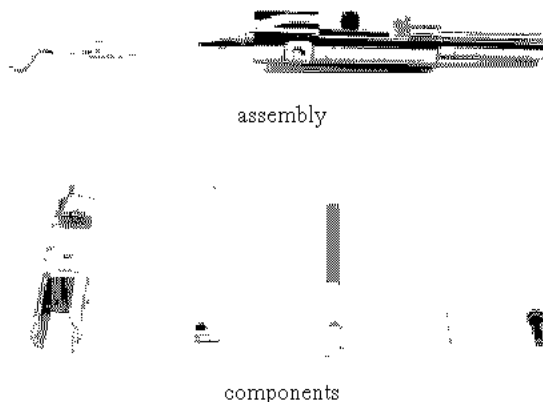


Fig. 6 Prototype of our new deburring tool

날부는 윗면경사각과 여유각이 형성되어 있다. Fig. 8은 컷터날의 중요 각도를 나타낸 것이다. 먼저 윗면 경사각(rake angle)의 영향은 바이트의 경우와 같고 경사각의 증가와 더불어 저항은 차츰 감소하고 경사각이 30°를 넘으면 거의 일정하다⁽⁷⁾. 여유각(relief angle)은 알루미늄 합금, 동합금의 경우 7°~11°가 적당하다⁽⁸⁾. 또한 3 차원 절삭에서 절삭날 경사각(inclination angle)은 대략 윗면 경사각과 같다⁽⁹⁾.

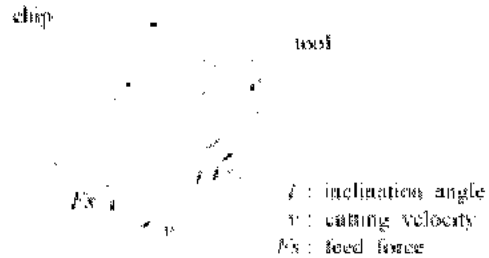
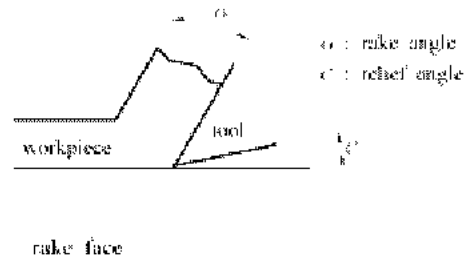


Fig. 7 Oblique cutting geometry

디버링 기구의 공정은 Fig. 8에 나타난 것과 같다. 먼저 디버링 기구가 판통구멍에 들어간다. 구멍에 들어간 디버링 기구는 판통구멍의 벽면을 타고 전진한다. 이때 판스프링이 연장부재에 대하여 탄성력을 가하게 된다. 디버링 기구가 판통구멍의 벽면을 넘어 컷터부의 날부가 벽면 표면에 뚫출된다. 이때 컷터부는 연장부재에 기울어진 경사(inclination)에 의하여 판통구멍 원주의 외측에 위치하게 된다. 이 상태에서 디버링 기구와 연결된 공작기계가 반시계 방향으로 회전하게 되면 컷터부는 판통구멍의 외주를 따라 반시계 방향으로 회전하며 버를 제거하게 된다. 드릴이 시계방향으로 회전하면서 절삭함에 따라 재료가 밀려 버가 생긴다. 버의 표면에서 보면 좌측하단에 집중적으로 생긴다. 이러한 이유로 인하여 디버링 기구는 반시계방향으로 회전하여 버 제거를 할 때 가장 효과적으로 교차구멍의 버를 제거 할수 있다. 또한, 연장부재의 경사만큼 기울어져 있으므로 회전에 따라 컷터부는 원운동을 하게 된다. 이렇게 몸체부의 길이방향에 대하여 경사를 갖도록 연결된 컷터부가 회전운동을 하게 되면 연결부재와 컷터부가 그리는 궤적은 원추형이 된다. 또한 컷터부의 날부는 경사각에 따라 점진적으로 버를 절삭하게 되며, 연결부재를 탄성적으로 지지하는 판스프링에 의하여 그 절삭반력에 탄성적으로 대응하게 된다. 즉 절삭반력에 대하여 탄성적으로 대응하면서 점진적으로 판통구멍의 원주를 따라 버를 제거하게 된다. 따라서 교차구멍의 버를 제거할 때 발생하던 과도절삭의 문제가 발

생하지 않으며 효과적으로 버를 제거 할 수 있다.

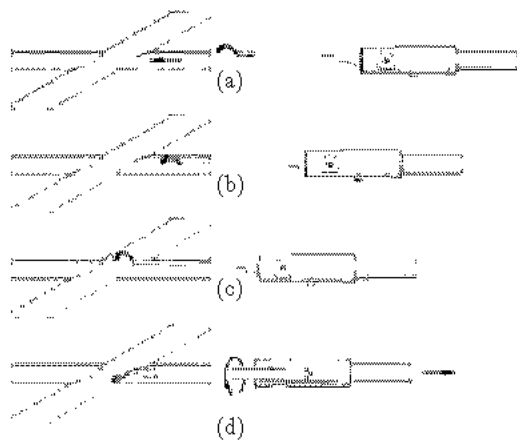


Fig. 8 Deburring sequence: (a) tool approach (b) insert (c) arrival at the deburring site (d) counterclockwise rotation and retreat in the deburring range

Fig. 9 는 개선된 디버링 기구의 컷팅날을 나타낸 것이다. 개선되기 전 컷팅날과 기본적인 형상은 같으며 전체적으로 컷팅날은 블랜드밀과 같은 형상을 하고 있다. 컷팅날은 반원의 모양을 하고 있고 반원의 아랫면은 날이 없는 볼 형상을 하고 있어 재료의 구멍을 절삭하지 않는 특징이 있다. 윗면은 볼 형태를 따라 날이 있어 구멍 밖으로 나올 때 버를 제거한다.

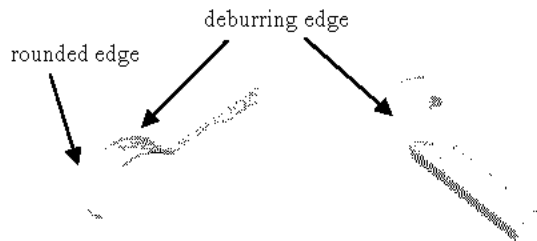


Fig. 9 Geometry of the cutter: current design, counterclockwise rotation

3. 디버링 기구의 성능평가

3.1 성능평가 실험개요

디버링 실험에서 재질은 알루미늄 합금(AL6061)을 사용하였으며 재료의 바닥면에서 최초의 구멍 사이의 경사각이 30°경사로 가공된 시편을 가지고 실험을 하였다. 최초의 구멍을 R1 이라 하고 교차구멍을 R2 라 하면 R1 은 $\phi 10$, R2 는 $\phi 10$, $\phi 8$ 두 가지 종류로 디버링 실험을 하였다. 회전속도는 1200rpm, 이송속도는 100mm/min이고 절삭유는 사용하지 않았다. 공작기계로는 NC 머신을 사용하였다.

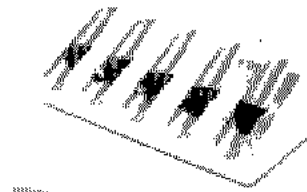


Fig. 10 Iso view of specimen

3.2 성능평가 결과

Fig. 11 은 디버링 전과 후의 결과를 나타낸 것으로 같은 조건에서 R1 과 R2 의 비율만 다르게 했을 경우 R1, R2 의 비가 1:1 일 경우 버가 가장 크게 생성 되었음을 알 수 있다. (a)는 R1 이 $\phi 10$ 이고 R2 가 $\phi 10$ 이며, (b)는 R1 이 $\phi 10$ 이고 R2 가 $\phi 8$ 이다. 모든 타입에 관하여 디버링이 되었음을 알 수 있으며 기존의 디버링 기구와는 다르게 교차구멍에서의 과도절삭 및 컷팅날의 파손이 없었다. 또한, 부분적인 버 제거가 아니라 전체적으로 깔끔하게 디버링 작업이 수행 되었다.

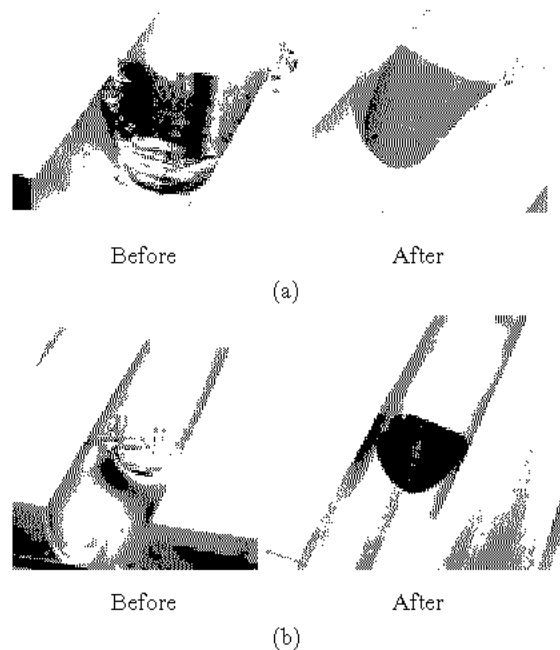


Fig. 11 Examples of deburring tests.

Angle between hole axes: 60deg. AL6061

- (a) Primary hole dia.=10mm, Intersecting hole dia.=10mm
- (b) Primary hole dia.=10mm, Intersecting hole dia.=8mm

4. 결론

본 연구는 일반적인 디버링 기구를 사용하여 효과적으로 작업을 할 수 없는 교차구멍에서 디버링

을 수행하기 위한 목적으로 이루어졌다. 절삭반력에 대하여 탄성적으로 대응하면서 점진적으로 관통 구멍의 원주를 따라 버를 제거 하여 교차구멍의 버를 제거할 때 관통구멍의 내면 또는 표면에 대하여 발생하던 과도절삭의 문제가 발생하지 않았으며 효과적으로 버를 제거하는 디버링 기구이다.

향후에는 다양한 시편 경사각에 대하여 실험을 해 봐야 할 것이며 절삭날의 형상 및 컷터날의 중요 각도에 따른 버 제거 결과에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다.

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 workpiece 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 Control Chart for Stainless Steel", Trans. North American Manufacturing Research Institute, SME, 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. 고성림, 김지호, " 구멍 가공 시스템 드릴을 이용한 버 형성 최소화를 위한 연구", 한국정밀 공학회지 vol. 19, No. 10, 2000, pp.132-140
7. 김동원. 기계공작법. 청문각, 1991, pp.428-429
8. KORLOY catalog "Cutting tools" 2003~2004, pp.123
9. Yusuf Altintas. Manufacturing Automation. CAMBRIDGE. 2000, pp.21
10. 조창희, 김권희, "디버링 기구를 내장한 드릴의 성능에 관한 연구", 한국정밀공학회지 vol. ,No. 10,2002, pp.740-744
11. <http://www.heuletool.com/casts/cat-comb.pdf>
12. <http://www.flatbrushes.com/powpg.htm>
13. <http://www.jwdone.com/orbitool.html>
14. 대한민국특허 출원번호 NO. 10-2004-0073673 "버 제거기구", 김권희