

휴대용 면취기의 냉각 방법에 따른 공구수명 평가

민병훈*, 최원용⁺, 민택기⁺⁺

(논문접수일 2008. 4. 7, 심사완료일 2008. 9. 23)

The Test for Tool Life of Portable-Bevelers with the Various Cooling System

Byung-Hoon Min*, Won-Yong Choi⁺, Taeg-Ki Min⁺⁺

Abstract

This study is to evaluate the tool life of portable beveler which have various cooling system. It was compared with 3 different bevelers which has each other cooling system. Beveler A has no cooling system, beveler B has the cooling system for only inside of body, and beveler C has the cooling system for both the cutter and inside of body. The temperature of beveler A cutter surface had been continuously increasing as processing, but the rising tendency of temperature of beveler B cutter surface has slightly changed. In case of beveler C, the temperature is maintained. The tool life of beveler C is about 105m which is around 400% of beveler A(25m), and around 130% of beveler B(80m).

Key Words : Beveler(면취기), Tool Life(공구수명), Flank Wear Land(여유면 마모폭)

1. 서론

면취기는 목재, 강재 등 피가공물의 모서리를 다듬거나 일정한 형상으로 라운딩하거나 용접모재의 그루브와 같은 형상을 형성시키기 위하여 피가공물의 모서리를 절삭가공하는 공구이다.

면취기는 산업현장에서 널리 쓰여지고 있으며 위치 고정식과 휴대방식으로 구분된다. 위치 고정식의 경우 큰 절삭 부하를 견딜 수 있지만 피가공물을 직접 운반 및 위치시켜야

하는 단점이 있다. 또한 기기의 크기가 크고 이동이 불가능하므로 피가공물의 부피와 크기가 큰 조선소 등에서는 사용이 불편하다. 그에 반해 휴대용(또는 소형) 면취기는 크기가 작고 가벼워서 기기를 직접 이동시켜 피가공물을 절삭하므로 여러 형상과 원하는 작업 위치를 정확하고 쉽게 절삭할 수 있다.

절삭가공에서는 절삭속도가 증가할수록 공구의 수명은 상대적으로 감소한다. 특히 고속가공에서는 공구수명의 지배적인 요인이 되는 절삭온도가 증가하여 공구수명을 급격

* 충남대학교 교육대학원 (hoonyx@nate.com)

주소: 305-764 대전시 유성구 궁동 220번지

+ 충남대학교 일반대학원

++ 충남대학교 기계공학과

히 감소시킨다. 절삭온도의 상승은 공구 수명을 단축시킬 뿐만 아니라 피가공물의 표면에 여러 결함을 발생시키고 표면의 거칠기를 크게 하여 선박재 등의 도장작업 시 쉽게 박리가 되는 결함의 원인이 될 수 있다⁽¹⁾.

휴대용 면취기는 고속가공을 하므로 많은 가공열이 발생한다. 공구수명을 단축시키는 가공열을 냉각하기 위해 주로 절삭유제를 사용하거나 압축냉각공기를 사용하기도 한다. 그러나 고속회전을 하는 면취기의 경우 절삭유제가 컷터의 원심력 등에 의해 튕겨나가거나 면취기의 특성상 절삭유제나 압축냉각공기가 컷터에 닿지 않기 때문에 위와 같은 방법을 사용하기 어렵다. 가공열을 냉각하는 방법은 휴대용 면취기 자체의 구조를 변경하는 방법이 사용되어야 한다.

따라서 본 연구는 냉각 구조가 없는 휴대용 면취기, 본체 내부만을 냉각하는 구조의 휴대용 면취기, 본체 내부 및 컷터 날을 냉각하는 구조의 휴대용 면취기를 비교하여 냉각이 용이한 구조를 갖는 휴대용 면취기의 절삭능력 및 공구수명을 평가하는데 중점을 두었다.

2. 휴대용 면취기 구조

본 실험에서는 냉각이 없는 구조, 본체 내부만을 냉각하는

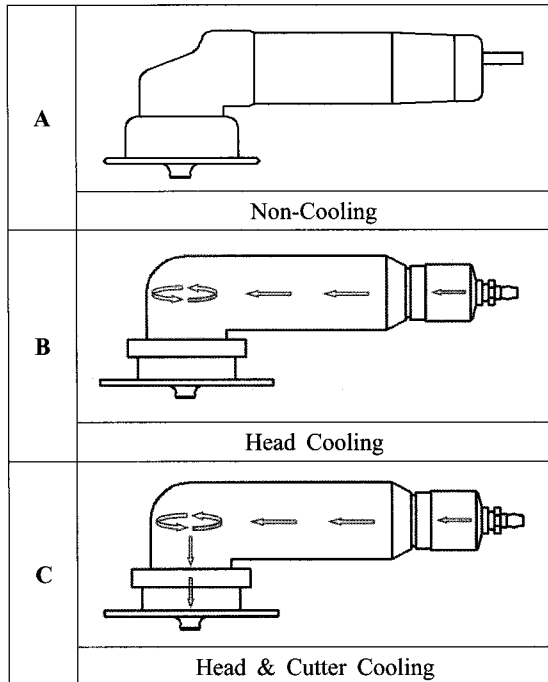


Fig. 1 Structure of beveler

구조, 본체 내부 및 컷터 날을 동시에 냉각하는 구조의 휴대용 면취기 총 3대를 사용하였으며 각각 A, B, C로 명명 하였다.

A면취기는 어떠한 냉각방식도 취하지 않는 구조이며 전기로 구동된다. B면취기는 내부에 공기압으로 회전되는 구동축과 상기 구동축과 직교되어 동력을 전달받는 회전축이 설치되고, 상기 회전축의 단부에 다수개의 면취날이 형성된 커터가 부착되어 피가공물의 모서리를 가공하는 구조로 되어 있다. 압축공기가 동력원을 제공하는 동시에 면취기 내부를 순환하면서 컷터와 연결된 회전축과 주변부, 즉 헤드부분을 냉각시키게 된다. C면취기는 동력원을 제공한 압축공기가 헤드부를 냉각시키고 일부가 커터를 냉각시킴과 동시에 절삭칩을 배출시키도록 하는 구조로 되어있다.

3. 실험

3.1 실험 방법

본 실험에서는 다양한 냉각구조를 갖는 휴대용 면취기의 공구수명을 평가하기 위해 기존의 냉각구조가 없는 휴대용 면취기와 비교하고 각 공구마멸특성을 알아보았다.

Table 1에 실험조건을 나타내었다. 휴대용 면취기의 작업 특성상 작업자가 직접 기기를 작동하였으며 예비 실험을 통해 적정 작업시간은 30분 가공, 15분 휴식(통상적인 작업환경을 고려)이다. 가공속도는 1m/min로 작업시간 30분 동안 30미터를 10미터 단위로 절삭 가공하여 1차 실험을 실시하였다. 2차 실험은 B와 C가 마모기준에 도달하지 못하여 다시 120m를 가공 하여 마모량 및 공구마멸특성을 관찰하였다.

Table 1 Experimental conditions

| Machining parameters | | |
|----------------------|---------------|-----------------------|
| Cutter material | W-Co | |
| Workpiece material | SS400(Hv280) | |
| Cutting tool | φ26.3(6 edge) | |
| Number of processing | 3 Times | |
| Cutting speed | 1 m/min | |
| Depth of cut | R 3.5mm | |
| Cutting length | 1st | 30m(by 10m) |
| | 2nd | 120m(by 10m) |
| Cooling conditions | A | Non-cooling |
| | B | Head cooling |
| | C | Head & cutter cooling |

면취기의 특성상 공작물의 결과물은 Fig. 2에서 보는바와 같이 모서리가 둥글게 되며 본 실험에서 최대 절삭 반경은 R3.5mm이고 가공방향은 모서리를 따라 장축 방향으로 가공하였다.

컷터의 형상은 Fig. 3와 같이 6개의 날을 가졌으며 곡면형상가공에 최적화 되어있다. 공구현미경을 사용해서 컷터 날을 100배율로 확대하여 날 끝단 부분을 기준으로 가공 후의 마모량 및 공구마멸특성을 측정하였다. 가공은 최대 절삭 깊이로 세팅하여 총 3회 실시하였다.

휴대용 면취기에 부착된 컷터 날의 온도측정을 하기위해 midi Logger의 GL450 열전대 측정기를 사용하여 측정하였다. 공기중에서 날 끝을 열전대에 접촉하여 GL450에서 디지털방식으로 저장하여 측정하였다.

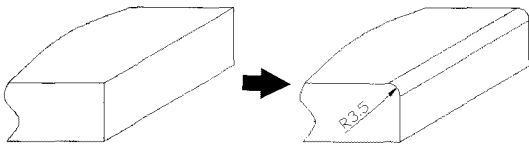


Fig. 2 Cutting processing

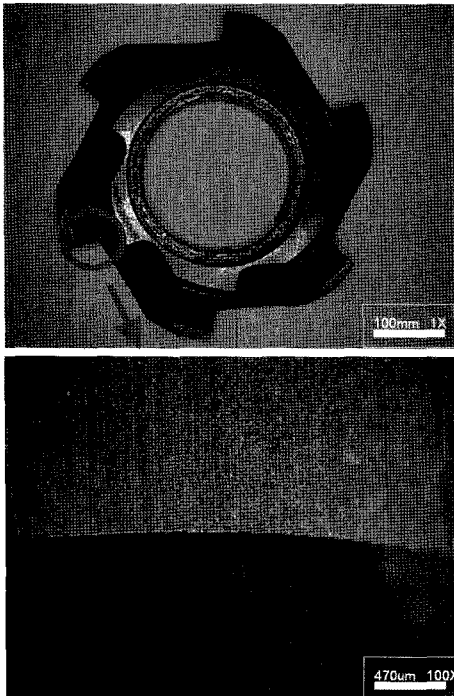


Fig. 3 Shape of cutter

3.2 공구 마모

절삭 작업시 절삭공구에 나타나는 마모는 크게 플랭크 마모와 크레이터 마모로 구분되며, 전자는 공구의 측면에서 나타나는 마모이며, 후자는 칩의 유동으로 인하여 '공구 표면에서 일어나는 마모이다. 그러나 마모시험 중에 측정하는 마모 기준은 주로 프랭크 마모를 기준으로 하고 있으며 ISO 및 KS규격에서 권장하는 균일 마모는 여유면 평균마모가 $V_b=0.3\text{mm}$ 이고 불균일 마모일 경우 최대마모가 $V_b=0.5\text{mm}$ 이다⁽²⁾. 공구마모는 가공조건이나 피삭재 및 절삭공구의 재질에 따라 각기 다른 형상으로 나타나지만, 초경공구를 사용한 일반적인 정삭 가공이나 경제적인 절삭상태에서는 ISO 및 KS 추천 공구수명 판정기준에 근거하여 여유면 마모를 공구 교환시기와 공구수명 판정기준으로 삼았다^(3,4).

4. 실험결과 및 고찰

4.1 공구수명평가

4.1.1 1차 실험

Fig. 4는 냉각이 없는 구조, 본체 내부만을 냉각하는 구조, 본체 내부 및 컷터 날을 동시에 냉각하는 구조의 휴대용 면취기를 사용하여 가공속도 1m/min로 절삭하였을 때 절삭길이에 따른 여유면 마모량을 나타낸 것이다. A, B 및 C기기는 모두 10m 가공까지 거의 마모가 나타나지 않았다. 절삭길이가 길어질수록 A기기의 마모량이 증가하였고 20m지점에서는 마모정도가 0.2mm를 넘어서었다. 30m지점에서는 마모가 급격히 증가하여 공구수명기준을 넘었다. 반면 B와 C기기는 30m가공까지 마모량의 변화가 크게 나타나지 않았다.

각 기기의 냉각 구조에 따른 공구수명을 평가하기 위해 절삭길이 10m단위로 컷터 날의 표면온도를 측정하여 Fig.

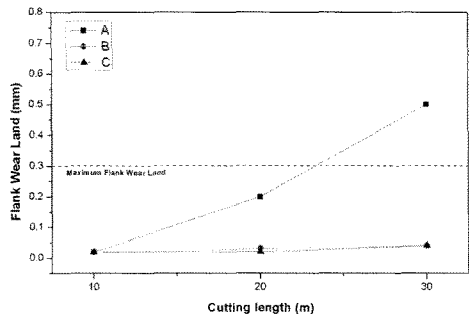


Fig. 4 The relation between cutting length and flank wear land

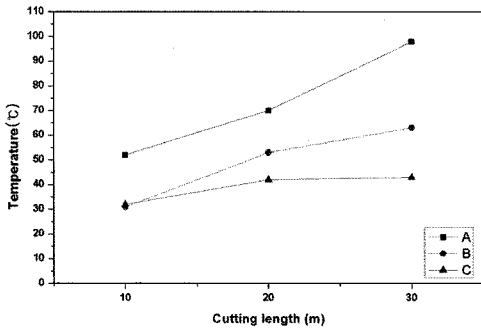


Fig. 5 The relation between cutting length and temperature

5에 나타내었다. 절삭 가공 직후에 면취기의 컷터 날 끝부분에서 열전대 측정기를 통하여 측정한 결과 A기기의 컷터 날 온도는 10m가공 시 52°C이고, 20m 가공 시 70°C이며 30m 가공 시엔 98°C로 약 100°C에 가까웠다. 절삭길이 약 20m를 넘어서는 지점부터 불꽃이 발생하였으며 30m지점까지 불꽃의 크기와 양이 계속해서 증가하였다. 불꽃이 발생한 칩의 온도는 약 85°C로 공기 중 냉각을 고려하면 100°C 이상이 될 것으로 생각되고 안전사고가 우려된다. 또한 컷터 날에서 발생된 열이 A기기 내부에 계속 누적되어 헤드부분에 상당한 열이 발생하였으며 장시간 사용 시 내부구조물 등의 손상이 우려된다. B기기의 컷터 날 온도는 10m가공 시 31°C이고, 20m 가공 시 53°C이며 30m 가공 시 60°C를 조금 넘었다. C기기의 컷터 날 온도는 10m 가공 시 32°C를 조금 넘어 B기기와 비슷하고, 20m이후부터는 42°C를 유지하였다.

아무런 냉각 구조를 갖지 않는 A기기는 내부를 냉각하는 구조를 갖는 B기기와 컷터 날의 온도 차이가 최고 35°C 이상이고, 본체 내부 및 컷터 날을 동시에 냉각하는 구조를 갖는 C기기와 온도 차이는 최고 56°C를 나타내었다. 위 결과는 냉각 구조를 갖지 않는 A기기의 내부에 계속해서 열이 누적되고 있음을 나타내며, 이 영향으로 20m 가공지점부터는 불꽃이 발생하고 가공열이 누적되면서 여유면 마모가 급격히 증가한 것으로 사료된다. 따라서 면취작업 시 적절한 냉각방법을 취해야 함을 알 수 있는데 B, C와 같은 내부 냉각 구조를 갖게 되면 기존의 습, 건식 외부 냉각방법을 사용하지 않더라도 Fig. 4에서 보는 것과 같이 공구수명을 연장할 수 있다. 본 실험에서 A기기의 공구수명은 30m를 넘지 못했으며 B와 C기기는 각각의 냉각 구조로 인해 계속해서 사용이 가능함을 알 수 있다.

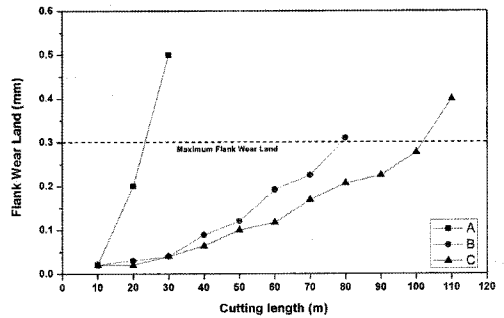


Fig. 6 The relation between cutting length and flank wear land

4.1.2 2차 실험

위 결과에서 A기기의 공구수명은 30m가 채 되지 않는 것으로 나타났으나 B와 C기기의 공구수명은 알 수 없었다. 그래서 냉각 구조가 다른 B와 C기기의 공구수명을 알아보기 위해 2차 실험을 실시하였고 Fig. 6에 그 결과를 나타내었다.

A기기는 절삭길이가 30m에 도달하기 전에 이미 공구수명에 도달했다. B기기는 절삭길이가 약 70m에 도달했을 때 불꽃이 발생하기 시작하여 총 3회 가공 중 2회는 80m전에서 컷터가 파괴되었고 1회는 80m에서 공구수명에 도달했다. B기기의 컷터 파괴 현상은 연속 절삭 시 공구인선에서 가열의 가속화와 컷터 회전시 받는 운동에너지에 의해 칩핑 형태의 마모가 고온균열로 확대되어 일어난 현상으로 생각된다. C기기는 절삭길이에 따라 일정하게 마모되다가 약 100m지점부터 불꽃이 발생하였으며 110m에서 마모량이 증가하면서 공구수명에 도달했다.

A, B 및 C기기는 모두 불꽃이 발생하면서 급격히 마모량이 증가한 것을 알 수 있다. 이것은 마모가 점차 증가하면서 공구인선의 입력이 더욱 크게 되어 가열 및 마모가 가속화되었기 때문으로 생각된다. 또한 냉각 구조를 갖는 B와 C기기의 냉각속도가 컷터가 마모하면서 발생하는 절삭열의 발생 속도를 충분히 따라가지 못했기 때문에 컷터 날에 절삭열이 누적되어 불꽃이 발생한 것으로 생각된다.

본 실험에서 내부 및 컷터 냉각 구조를 갖는 C기기의 공구수명은 약 105m이며 이것은 아무런 냉각 구조를 갖지 않는 A기기의 공구수명 25m의 약 400%이며 내부 냉각 구조를 갖는 B기기의 공구수명 80m의 약 130%이다.

4.2 공구마멸특성

1, 2 차 실험 후 공구마멸특성을 관찰하여 Fig. 7에 나타내

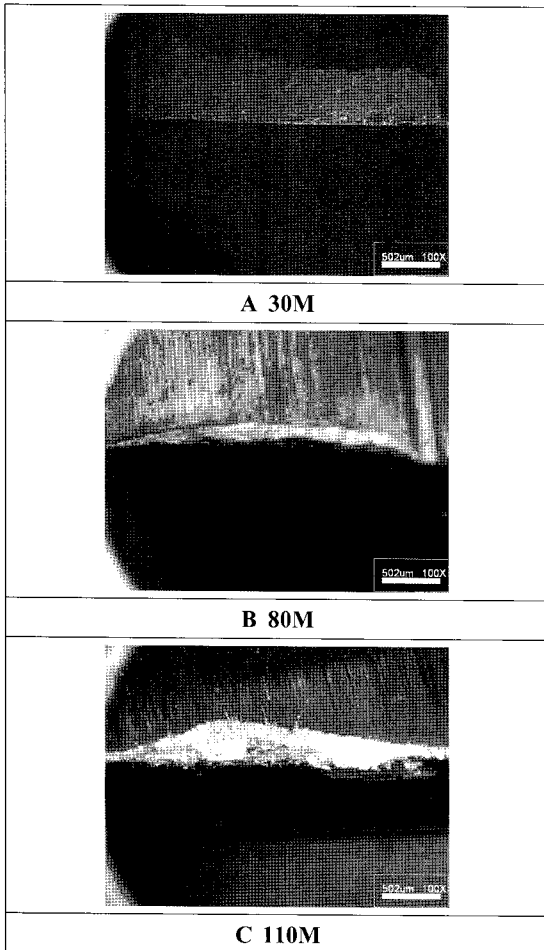


Fig. 7 Tool wear pattern

었다. 1차 실험 결과 A기기를 제외한 B와 C기기의 마모량은 아주 적었다. A기기의 경우 30m가공 후 여유면 마모량이 0.48mm 이상이며 날 끝부분 마모는 0.75mm 이상을 나타냈다. 전체적으로 크레이터와 칩핑 또는 균열의 현상은 없었고 여유면 마모가 넓게 형성되어 있었다. 이것은 절삭 가공 시 컷터 날에 누적된 열과 마찰에 의하여 닳아 버리는 마멸현상이 발생했기 때문으로 생각된다.

B기기는 절삭길이 80m에서 최대 마모량을 나타냈으며 컷터 날이 상당히 마모되어 결손된 형상이다. 또한 상당수 날에 칩핑현상이 일어났으며 이로 인해 절삭가공 시 70m 전후에서 고온 균열이 발생하여 컷터가 결손된 것으로 생각

된다. C기기는 모든 날에서 대부분 여유면 마모가 관찰되었으며 결손으로 인한 형상 변화는 없었으나 마모된 부분이 거칠게 뜯겨져나간 것으로 보아 결손이 진행되고 있는 마모 형상으로 생각된다.

5. 결론

본 실험에서는 휴대용 면취기의 공구수명을 평가하기 위해 냉각이 없는 구조, 본체 내부만을 냉각하는 구조, 본체 내부 및 컷터 날을 동시에 냉각하는 구조의 휴대용 면취기를 각각 A, B, C로 명명 하고 각 공구마멸특성을 알아보았으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 절삭가공 시 A기기의 컷터 날 표면 온도는 계속 상승했고 B기기는 상승폭이 크지 않았으며 C기기는 일정온도에서 유지되어 비교적 안정적이다.
- (2) 내부 및 컷터 냉각 구조를 갖는 C기기의 공구수명은 약 105m이며 이것은 아무런 냉각 구조를 갖지 않는 A기기의 공구수명 25m의 약 400%이며 내부 냉각 구조를 갖는 B기기의 공구수명 80m의 약 130%이다.
- (3) C기기와 같이 내부 냉각 구조를 갖게 되면 기존의 습, 건식 외부 냉각방법을 사용하지 않고 공구수명을 연장할 수 있다.

참고 문헌

- (1) Kim, S. W., Ahn, C. S., and Lee, D. W., 2000, "Evaluation of Machinability by Cutting Environments in High-Speed Machining of Difficult-to-cut Materials," *KSMTE*, Vol. 9, No. 6, pp. 158~163.
- (2) Chun, S. S., 1981, "New Development of Long-Life Cutting Tool Materials," *KAIST Press*, Republic of Korea, pp. 1~54.
- (3) Kim, J. H. and Kim, H. S., 1994, "A Study on Optimal Design of Face Milling Cutter Geometry(II) -With Respect to Tool Life and Surface Roughness," *KSMTE*, Vol. 18, No. 9, pp. 2225~2233.
- (4) In, C. B. and Chun, S. S., 1993, "Wear Behavior of TiN Coatings Deposited by Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition," *MRSK*, Vol. 3, No. 5, pp. 451~458.