

미세홈 고속가공시 절삭유제 공급방식에 따른 가공성 평가

배정철* (부산대학교 박사과정), 정연행(부산대학교 석사과정)

강명창(부산대학교 기계공학부), 이득우(부산대학교 기계공학부), 김정석(부산대학교 기계공학부),

Cutting Characteristics of Micro grooving by Cutting Environments in High Speed Machining using Ball End Mill

J. C. Bae(Mechanical. Eng. Dept. PNU), Y. H. Choung(Mechanical Eng. Dept., PNU), M.C.Kang(Mechanical Eng. Dept., PNU), D.W.Lee(Mechanical Eng. Dept., PNU), J.S.Kim(Mechanical Eng. Dept., PNU)

ABSTRACT

High speed machining is one of the most effective technologies to improve productivity. It can give great advantage for manufacture of die and Moulds. However, when machining of micro groove in high speed machining a severely thermal damage was generated on workpiece and cutting tool. Generally, the cutting fluid is used to improve penetration, lubrication, and cooling effect. In order to rise the performance of lubrication, it contains extreme pressure agents (Cl, S, P). But the environment of work room go bad by those additive. Therefore, the compressed chilly air with oil mist system was developed to replace the conventional cutting fluid system. This paper carried out the tests to evaluate the machinability by the cutting environment in high speed micro groove machining of NAK80 (HrC40). Compressed chilly air with oil mist was ejected on the contact area between cutting edge and workpiece. The effect of this developed compressed chilly air with oil mist system was evaluated in terms of tool life. The results showed that the tool life of carbide tool coated TiAlN with compressed chilly air mist cooling was much longer than that of the dry and flood coolant when cutting the material.

Key Words : Cutting Environment (가공환경), High Speed Machining (고속가공), Micro Groove (미세홈), Ball End Milling(엔드밀 가공).

1. 서론

근래에 공업선진국들을 중심으로 떠오르고 있는 환경문제에 대한 관심은 산업전반에 걸쳐서 큰 영향을 끼치고 있다. 최근 국내외에서 수행되고 있는 연구방향으로서 절삭유제의 사용을 배제한 상태에서의 가공, 공구의 재질을 개선함으로써 건식에서의 가공, 냉풍을 이용한 절삭유제의 냉각효과를 대체하는 가공과 그리고 윤활효과를 개선시키기 위한 환경친화적인 식물성오일을 이용한 오일미스트 가공 또는 미스트와 냉풍과의 복합형가공도 이루어지고 있는 추세이다. 또한 절삭유제에 의한 작업장

의 환경오염과 폐유의 처리, 유제 관련 경비는 현 시점에서 총생산가공비의 7-17%를 차지하고 있고 앞으로 이 비율이 점점 더 높아질 전망이다. 따라서 가공 시 온도 상승을 줄이기 위해 고압 다량의 절삭유제, 분진 등과 같은 환경오염원의 근본적인 감소와 경제성을 가져올 수 있는 환경친화적인 가공기술을 접목시켜야 할 것이다

본 연구는 소구경 엔드밀을 이용한 NAK80 소재의 미세홈 가공을 위하여 절삭가공에 냉풍미스트를 사용하여 절삭유제에 의한 환경오염 문제를 해결하고자 하였으며 이를 위하여 건식과 절삭유를 사용했을 경우를 비교 대상으로 하여 공구수명과 표면

거칠기를 비교함으로써 냉풍미스트의 절삭특성과 우수성을 규명하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험장치

본 실험에 사용한 피삭재는 현재 여러 금형공장 에서 핸드폰 배터리 금형으로 쓰고 있는 HrC40 정도의 정밀 플라스틱 금형강으로 쓰이는 NAK80 을 선정하였다. Table 1 은 NAK80 의 화학적 성분을 나타낸 것이다.

Table 1 Chemical composition of workpiece.

Symbol	JIS	Component (wt%)							Free Cutting element
		C	Si	Mn	Ni	Cu	Mo	Al	
NAK80	-	0.15	0.3	-	3.0	1.0	0.3	0.1	Add

그리고, 절삭가공의 특성을 검토하기 위한 재료의 시험편형상과 크기는 Fig. 1 와 같다.

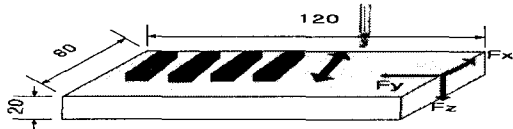


Fig. 1 Dimension of cutting test specimen

본 실험에서 사용한 공구는 (주)샌드빅의 $\phi 1.5$ TiAlN 코팅처리된 것을 사용하였다.

Fig. 2 은 절삭가공에 있어서 절삭유제 대신에 냉풍미스트를 절삭점에 공급하기 위한 냉풍미스트 시스템을 나타낸 그림이다.



Fig. 2 Chilly Air with Oil Mist System

본 연구에 사용된 냉풍미스트 장치는 압축기에서 생성된 압축공기를 메인 라인 필터(Main Line Filter)와 히트레스 에어 드라이어(Heatless Air Dryer)를 이용하여 공기중의 수분을 제거하여 사용하였고, 이

공기는 냉각장치에서 -10°C 로 설정시 공기의 열 교환 후 약 -8°C 정도로 냉각된다. 그러나 보텍스 튜브에 의해 약 -15°C 로 냉각되며 노즐을 통해 분사되는 순간 단열 팽창하여 공기의 온도는 약 -30°C 의 저온으로 되며 공급되는 압축냉각공기의 압력은 약 7.1 kgf/cm^2 이나 보텍스 튜브(vortex tube)를 사용하기 때문에 노즐에서의 압력은 약 3 kgf/cm^2 이었다. 그리고 장치에 사용된 오일 미스트의 분사압력은 컴프레서의 압력을 그대로 사용할 수 있었고, 오일의 분사량은 시간당 4cc 로 유제의 사용을 혁신적으로 줄일 뿐만 아니라 식물성 유제의 사용으로 환경오염방지도 가능하다.

2.2 실험방법

현재 금형공장에서 가공하고 있는 $\phi 1.5$ 의 초경공구를 이용한 테이퍼진 홈가공은 재료에 따라 적절한 조건이 아니면 공구수명의 감소뿐만 아니라 부러지는 문제점이 발생한다는 것으로 인해 품질과 생산성의 향상을 꾀하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 가공시 가공환경의 변화에 따른 공구수명의 증가와 가공면의 정도와 기존의 절삭조건을 향상시킬 수 있는 조건을 선정하여 실험함으로써 생산성의 향상등과 관련한 절삭특성을 검토하고 이 재료에 대한 최적절삭조건을 제시하였다. 다음의 Fig. 3 는 실제 가공된 피삭재의 모습이다.



Fig. 3 Workpiece of experimental

표면정도의 측정은 디지털 CCD Camera (Brand PULNIX 50X)를 사용하였고 측정위치는 각각의 가공환경에 따라 1,5,10,15,20,24 번째 홈에서의 가공 끝단의 두 번째 마디에서 측정하였다.

현재 금형공장에서 가공하고 있는 조건은 18,000 rpm 에 이송속도 700mm/min 으로 가공하고 있다. 이것은 날당이송(Feed per tooth)이 0.019 mm/min 이란 뜻인데 실험에 사용된 고속 머시닝센터 (Makino-V55)는 15,000 rpm 과 18,000rpm 에서 공회전 시 운동오차가 상승하는 문제가 있으므로 그 영역의 속도에서 운동오차가 공구와 가공표면에 영향을 미치는 것을 방지하기 위하여 절삭속도 선정시 주축 회

전수가 위 범위에 포함되지 않도록 하였고 또한 실제 가공량이라 할 수 있는 날당이송을 기존의 가공 조건보다 크게 함으로써 생산성을 향상시킬 수 있는 절삭조건을 선정하였다. 그리고 볼 엔드밀 공구의 마멸현상과 마멸량의 측정은 공구현미경 (Olympus 200X CCD Camera)를 이용하여 측정하였으며 마멸량은 공구의 직경을 고려하여 Frank Wear 0.1mm 를 기준으로 공구수명을 평가하였고 가공환경변화에 따른 절삭특성을 검토하기 위한 절삭속도와 이송량 및 절삭깊이의 조건은 Table 2 와 같다.

Table 2 Cutting conditions

Cutting Condition	Cutting Speed (rpm)	Feed per Tooth (mm/min)	Feed Rate (mm/min)	Cutting Depth (mm)
Dry	16,000	0.03	960	0.040
Flood coolant				
Compressed Chilly				
Air with Oil Mist				
Tool overhang : 18mm				
Step Over : 0.150				

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 4 는 NAK80 을 $\phi 1.5$ 의 볼엔드밀로 홈가공했을 때 가공환경의 변화에 따른 플랭크 마멸을 홈의 개수에 비례해 나타낸 것이다.

습식가공의 경우 홈을 5 개 가공하였을 때 공구 마멸량이 0.05mm 정도로 공구한계 수명인 0.1mm 에 도달하진 않았지만, 3 회에 걸친 실험에서 모두 아홉번째 홈의 가공중에 공구의 이상 파열현상으로 공구가 부러졌다. 이는 엔드밀 가공에서는 단속절삭이 이루어지기 때문에 절삭날이 피삭재에 인게이지(engage)할 때는 큰 기계적 충격이 공구날에 가해지게 되며, 습식의 경우 절삭시 가열과 공전시의 냉각을 반복하여 받기 때문에 열적 충격에 의한 소성변형이 진행되어 공구의 단수명화가 촉진된 것으로 여겨진다. 특히 고속절삭시에는 범용절삭보다 절삭온도가 급격하게 상승하기 때문에 열적 충격이 더 클 것으로 생각되며 습식의 경우 고속절삭시에는 절삭날이 피삭재를 절삭하는 접촉점에서는 상당히 큰 압력이 작용하고 있으므로 절삭점에 발생하는 열을 충분히 발산시킬 수 있을 만큼 충분한 침

투가 이루어지지 않는다. 따라서 단속절삭으로 인하여 작용하는 열적 피로는 건식이나 냉풍미스트보다는 습식의 경우가 더 크다. 그러나 $\phi 10$ 의 공구에서는 공구날 끝의 마멸이 커져 크랙이 발생하는 정도이지만 소구경 공구의 경우 공구 수명의 감소가 아닌 공구자체를 쓰지 못하는 경우가 되어 버린다. 따라서 공구에 부하가 많이 걸리는 고속가공에서의 특성을 살리려고 한다면 기존의 습식에서는 힘들고 다른 냉각의 방법, 즉 오일 미스트, 냉풍가공, 복합미스트 가공등의 새로운 방법이 필요하리라 생각된다.

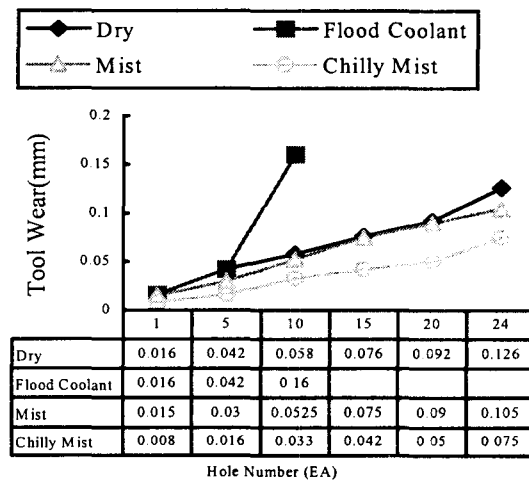


Fig. 4 Flank Wear of Tool by Cutting environments

냉풍미스트의 경우에는 가공된 홈의 개수가 24 개에서 공구의 마멸이 약 0.075mm 로 공구한계 수명인 0.1mm 에 도달하지 못하였고, 건식의 경우 약 20 번째 홈 가공에서 한계 수명인 0.1mm 이 되었고 미스트만을 사용한 경우는 건식과 거의 동일한 공구수명을 가졌다. 냉풍미스트의 경우 건식의 경우보다 약 2 배 정도 공구수명이 향상되었고 습식과는 비교할 수 없을 정도였다. 또한 미스트만을 사용했을 때 공구수명의 향상은 없었으나 실제 제품의 품질에 있어서 대부분의 홈에서 만족할 만한 표면정도를 가졌기 때문에 건식보다는 품질의 면에서 약 50%이상의 성능을 가져올 수 있었다.

실제가공에서는 같은 날당이송에서 18,000 rpm 의 회전을 하기 때문에 표면정도는 실험결과보다 좋았지만 이송속도 700(mm/min)에서 홈 한개를 가공하는데 걸리는 시간은 약 10 여분, 이송속도를 960

과 480(mm/min)으로 분할하여 주었을때의 가공 시간은 약 50%이상 감소한 5분 30여 초였다. 그 결과로써 약 40%이상의 생산성을 향상시킬 수 있었다.

Fig. 5 은 공구가 기준 마멸량에 도달하였을 때의 마멸 형태를 나타낸 사진이다.



Fig. 5(a) Before & Flood Coolant 1,5 times



Fig. 5(b) Dry 5, 15, 24 times



Fig. 5(c) Chilly Mist 5, 15, 24 times



Fig. 5(d) Mist 5, 15, 24 times

Fig. 5 Flank Wear by Cutting Environments

아래의 그림 Fig. 6 은 각 가공환경별로 피삭재의 가공표면형상을 1, 24 번째 홈에서 비교한 것이다.

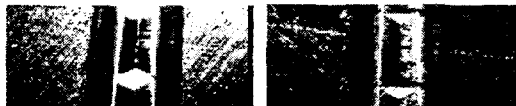


Fig. 6(a) Chilly Mist 1, 24 times



Fig. 6(b) Dry 1, 24 times



Fig. 6(c) Flood Coolant 1, 5 times



Fig. 6 Surface of Micro Groove

냉풍미스트와 미스트가공에서의 경우 초기표면을 비교해 볼 때 미스트 유회의 영향으로 표면상태가

다른 조건에 비해 매우 깨끗한 것을 볼 수 있다. 또한 24 번째 홈의 표면에서 건식에서 보다 표면이 매우 고르게 물결무늬가 생긴 것과 가공부위의 라인도 건식보다 양호하다는 것을 알 수 있었다. 습식의 경우 3 번의 실험 모두에서 공구가 파손되었으므로 1 회와 5 회의 홈만을 비교하였다. 여기서 습식은 유회의 효과에 의해 건식에 비해서는 표면의 정도가 좋았지만 냉풍미스트의 표면과는 확연한 차이를 보였는데 이는 습식의 경우 고속가공에서 유회의 효과는 있지만 냉각은 그렇게 효과적이지 않다는 것을 나타낸다. 결과적으로 표면의 변화를 통해 건식에서는 유회의 작용이 전혀 없었기 때문에 가공 후 표면의 입자가 냉풍미스트에 비해 훨씬 거칠고 조직의 미세화 또한 다르다는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

NAK80 의 휴대폰 배터리 금형에서 미세 홈의 고속가공시 가공환경변화에 대한 가공성 평가실험을 수행한 결과 환경 및 경제적인 측면을 고려한 냉풍미스트 장치를 제작하여 절삭유제를 대신해 사용하고 이를 비교함으로써 실제 산업의 분야에 적용할 수 있는 새로운 냉각방법을 제시하였으며, 소구경 공구의 수명을 증가시킬 수 있었고 냉풍미스트에 의한 결과가 건식, 미스트보다는 약 2 배 습식보다는 약 3.5 배 정도로 공구수명이 가장 길었다. 마지막으로 소구경 공구의 미세홈의 고속가공에서 생산성을 고려한 절삭조건(16000rpm, 960m/min)을 제시하였다.

5. 후기

본 논문은 2002 년도 생산기술연구원 국가청정생산지원센터의 지원을 받아 수행하였으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 鈴木 康夫 복합미스트 절삭가공의 적용과 효과 시즈오카 대학 2001.
2. 横川宗彦, 島ノ江洋司, “環境やさしい冷風旋削加工に関する研究(第2報),” 1998 年度砥粒加工學會學術講演會講演論文集, pp. 98-99, 1998