

항공기소재(고크롬강)의 환경친화적 가공기술

강명창*, 김정석, 이득우(부산대 기계공학부),
황윤호(부산대 대학원), 송준호(진영 E.M 테크(주))

Environmentally Conscious Machining Technology of Aircraft Material(12Cr steel)

M. C. Kang, J. S. Kim, D. W. Lee(Mechanical Eng. Dept., PNU),
H. Y. Hwang(Graduate School, Dept. PNU), J.H. Song(Jin Young E.M Tech)

ABSTRACT

Environmentally conscious machining and technology have been taking more and more important position in machining process. Since cutting fluid has some impact on environment, many researches are being carried out to minimize the use of cutting fluid. It can be decreased the environmental pollution through not using coolant any more or minimizing it. In this study, the cooling effects of cutting methods using the compressed cold air, dry cutting and cutting fluid will investigate in the blade machining. In order to examine the characteristics of cutting and tool in the environmentally conscious machining, this work investigates experimentally the degree of tool wear, cutting force and characteristics of surface roughness in relation to machining conditions and cooling methods.

Key Words : Environmentally conscious machining (환경친화적 기계가공), Dry cutting(건식절삭), Tool wear (공구마멸), Cutting fluid(절삭유), Compressed cooling air(압축냉기), Environmental aspect(환경영향)

1. 서론

근래에 공업선진국들을 중심으로 떠오르고 있는 환경문제에 대한 관심은 산업 전반에 걸쳐서 큰 영향을 끼치고 있다. 최근 들어 오존층의 파괴, 지구온난화 등 환경문제가 대두되면서 환경친화적인 가공기술에 대하여 독일 및 일본에서는 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 국내외에서 수행되고 있는 연구방향으로서 절삭유제의 사용을 배제한 상태에서의 가공, 공구의 재질을 개선함으로써 순수 건식에서의 가공, 냉풍을 이용한 절삭유제의 냉각효과를 대체하는 가공과 그리고 윤활효과를 개선시키기 위한 환경친화적인 식물성 오일을 이용한 오일미스트 가공 또는 오일미스트와 냉풍과의 복합형 가공도 이루어지고 있는 추세이다.^(1,2)

생산현장에서 가장 널리 사용되고 있는 절삭가공분야는 환경친화성이 대표되는 생산공정중의 하나로 공구와 피삭재가 접촉하는 절삭부에 절삭유제를 공급하여 윤활기능 및 냉각기능으로 인한 가공

품질의 향상 및 가공능률의 증대를 가져왔다.

한편 절삭유제에 의한 작업장의 환경오염과 폐유의 처리 문제, 그리고 유제 관련 경비는 현시점에서 총생산가공비의 7-17%를 차지하고 있고, 앞으로 이 비율이 점점 더 높아질 전망이다.⁽³⁾ 따라서 가공시 온도 상승을 줄이기 위해 고압 다량의 절삭유제, 분진 등과 같은 환경오염원의 근본적인 감소와 경제성을 가져올 수 있는 환경친화적인 가공기술을 접목시켜야 할 것이다.⁽⁴⁾

본 연구에서는 항공기소재의 냉각방식에 따른 가공특성을 파악하기 위하여 환경친화적인 가공기술인 절삭유제를 사용하지 않는 순수 건식가공으로서 드라이 가공과 압축냉각공기시스템에 의한 가공(냉풍온도 -30℃ ~ -40℃), 그리고 절삭유제를 사용했을 때의 가공을 비교, 분석함으로써 가공조건, 냉각방식에 따른 공구마멸, 절삭력, 표면조도, 표면형상, 칩형상 등을 실험적으로 조사하여 절삭온도의 상승을 억제하기 위한 가공기술로서 효과적인 냉각방법을 제시하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험장치

12Cr 강 의 소재는 크롬을 포함하여 망간, 니켈, 텅스텐, 바나듐 등을 함유한 고인성 소재로서 화학 조성은 Table 1 과 같다.

Table 1 Chemical properties of 12Cr steel material

	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	W
Wt%	0.20-0.50	0.20-0.50	11.0-0.90	0.20-0.90	0.25	1.00	0.50	1.0
	12.5	1.25	0.30	1.25				

냉각방법에 따른 가공특성을 파악하기 위하여 테이블위에 실험에 사용된 12Cr 강 시편과 절삭력 시편을 설치하였고, 공구는 TiAlN 코팅 처리된 평엔드밀(ϕ 12mm, 4 날, R0.8mm)을 사용하여 각각의 냉각방식, 즉 습식, 건식, 압축냉각공기의 환경하에서 가공특성을 파악하였다.

실험장치는 Fig. 1 에 나타난 바와 같이 공작기계는 주축회전속도 최대 20,000rpm, 최대 이송속도 50m/min 인 고속 머시닝 센터 MAKINO V55 를 사용하였다. 그리고 공구마멸 측정시 측정오차성분을 줄이고 위치정밀도를 유지하기 위해 전용공구마멸 장치인 CCD 카메라를 테이블위에 설치하였고, 신뢰성 있는 신호를 측정하기 위해 고속가공용 고응답형 공구동력계를 실험에 이용하였다.

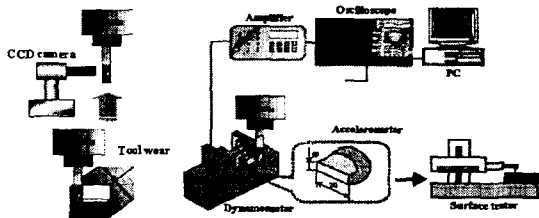


Fig. 1 Experimental setup

다음 Fig. 2 에서 보는 바와 같이 블레이드 형상과 Table 2 에 실험장치를 나타내었다.



Fig. 2 Blade part modeling

블레이드 형상가공시 냉각방법에 따른 공구마모

와 절삭력, 표면조도, 가공품의 표면형상과 그리고 칩형상의 특성에 대한 분석을 절삭속도의 변화에 따른 가공특성을 파악하고 공구마모를 최소화하면서 Table 3 에 나타난 바와 같이 다양한 절삭조건으로 실험을 행하였다.

Table 2 Experimental equipment

Machining center	MAKINO V55
Workpiece	12Cr Steel(HRC 25)
Tool	ϕ 12 Flat End mill
Dynamometer	3Axis Force Sensor 9251A
Surface tester	Stylus type(Mitutoyo)
Ocilloscope	4Ch, LT 224 Max sampling : 400kHz
CCD camera	Neocom X200

Table 3 Cutting conditions

Condition	
RPM	8000, 10000, 12000
Feed rate[mm/min]	1280, 1600, 1920
Feed tooth [mm]	0.04
Depth of cut [mm]	Axial 2
Coolant	Cutting fluid(water soluble), Dry cutting, Compressed cooling air

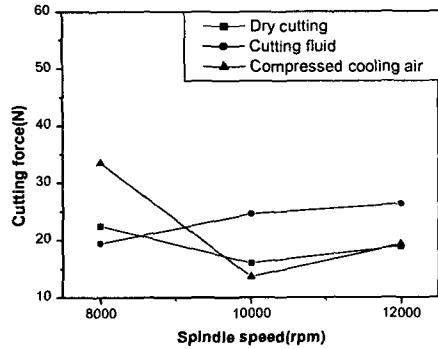
본 실험에서 사용된 압축냉각공기는 압축냉각공기시스템에서 $-30^{\circ}\text{C} \sim -40^{\circ}\text{C}$ 의 냉풍을 공구와 공작물의 절삭부위에 분사하였는데, 노즐설치 경사각을 45° 로 하고 노즐출구와 절삭점 사이의 거리를 50mm 로 일정하게 유지하면서 수행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

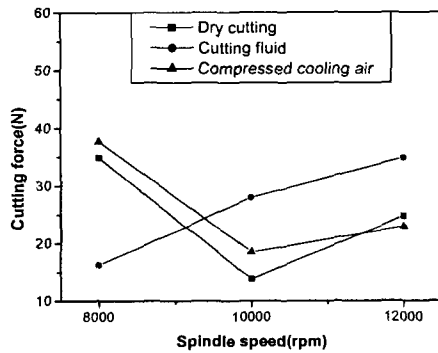
3.1 절삭속도 변화에 따른 가공특성

절삭속도 변화에 따른 가공특성을 알아보기 위하여 날당 이송량을 0.04mm, 축방향 절입깊이를 2mm 로 일정하게 유지하면서 주축회전수를 8000rpm 에서 12000rpm 까지 가변시킬 때의 냉각방법에 따른 가공특성을 평가하기 위한 실험을 수행하였다.

절삭속도의 변화에 따른 절삭력의 변화는 Fig. 3 과 같다.



a) Cutting force before the machining



(b) Cutting force after the blade machining

Fig. 3 Cutting force versus of cutting speed at a different cooling method

8000rpm에서는 고인성소재의 가공에 충분하지 않은 저속의 절삭속도로 인하여 건식 및 압축냉각공기를 이용한 가공에서는 절삭력이 높은 것을 알 수 있다. 하지만 주축회전수가 고속이 될수록 안정된 절삭력을 보이고 있다.

절삭속도 변화에 따른 공구마멸의 변화는 Fig. 4와 같다. 절삭유제를 사용한 가공에서는 날당 이송량은 일정하지만 절삭속도의 증가할수록 공구마멸이 아주 심하였으며 유제의 냉각작용에 의해 절삭시 발생하는 절삭열을 과도하게 냉각시켜 결과적으로 공구에 열적충격으로 작용하여 공구수명을 감소시키는 것을 볼 수 있다.

건식 및 압축냉각공기를 사용한 가공에서의 공구마멸은 정상적인 형태의 증가를 보였으며, 압축냉각공기는 고압의 분사로 인해 칩이 원활하게 배출되고 냉각공기에 의해 절삭열을 적절하게 냉각시킴으로써 습식에 비하여 공구수명이 20~30% 향상되었다.

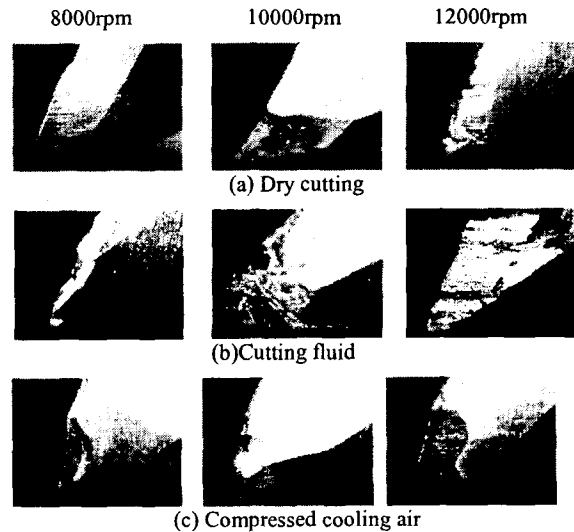


Fig. 4 Tool wear according to spindle speed

절삭속도 변화에 따른 블레이드 표면형상의 변화는 Fig. 5와 같다. 표면형상의 측정은 블레이드 날을 중심으로 좌, 우측의 곡면을 측정하였으며 공구마멸의 정도에 의해 그 형상이 결정되므로 습식보다는 건식 및 압축냉각공기를 사용하였을 때 표면형상이 균일하였으며 절삭유제를 사용한 가공에서는 가공면에 커스프(cusp)다르게 생성되어 표면형상도 서로 다르게 나타나고 있다.

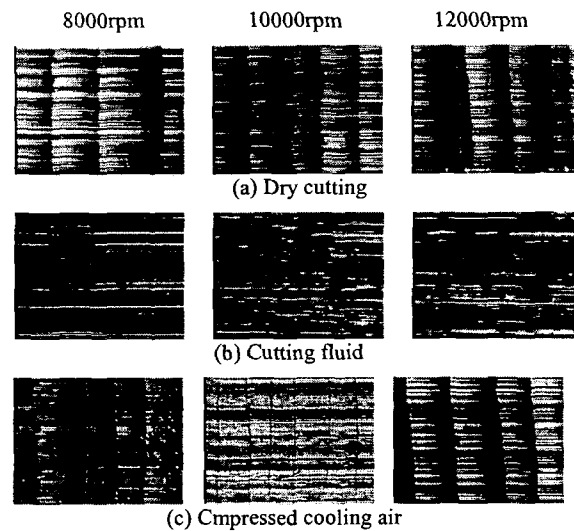


Fig. 5 Surface shape according to spindle speed

Fig. 6은 절삭속도 변화에 따른 칩형상을 나타내었다. 가공시 칩 형상은 공구인선의 형상이나 소재의 재질, 절삭조건에 따라서 달라지며 또한 냉각방

법에 의해서도 형상이 결정된다.

4. 결론

절삭속도의 변화에 따른 각각 다른 냉각방식을 통해 블레이드와 같은 고크롬강 소재의 가공성을 평가하고, 환경친화적인 냉각방식을 적용함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 고크롬강 소재의 가공시 건식 및 압축냉각공기를 이용한 가공에서 주축회전수의 고속화에 따라 절삭력이 감소하는 것을 볼 수 있는데 특히 10000rpm 에서 절삭력이 가장 낮은 것을 볼 수 있다.

2) 냉각방식에 따른 특성을 비교한 결과 압축냉각공기를 사용하였을 때가 절삭유제를 사용했을 때보다 냉각효과도 우수하고 또한 칩의 원활한 배출로 인해 공구마멸이 감소하였다.

3) 건식 및 압축냉각공기를 사용하여 블레이드 형상가공을 하였을 때가 일정한 절삭력에 의해 표면이 향상되었고, 또한 공구의 마모도 균일하게 증가하였으나, 습식의 경우에는 칩핑 등 공구의 이상마멸이 나타났다.

4) 압축냉각공기를 이용하여 가공하였을 때 절삭속도의 변화에 관계없이 칩의 배출이 가장 원활하고 단속적이며 일정한 형태의 칩이 배출되었다.

후 기

본 연구는 2001년 생산기술연구원 국가청정생산지원센터의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 横川宗産, 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
2. 上原 正也, “최신 드라이 가공,” 기계설계, 제 14권, 제 12호, pp. 74-81, 1999
3. F. Klocke, G. Eisenblatter, “Dry cutting,” *Keynotepaper, Annals of CIRP*, Vol. 46, No. 2, pp. 519-526, 1997
4. X. D. Liu, S. Enomoto, L. C. Lee and E. H. Tan, “Development of New Milling Cutter for Inconel Machining,” ICPE'97 TAIPEI, TAIWAN, 1997

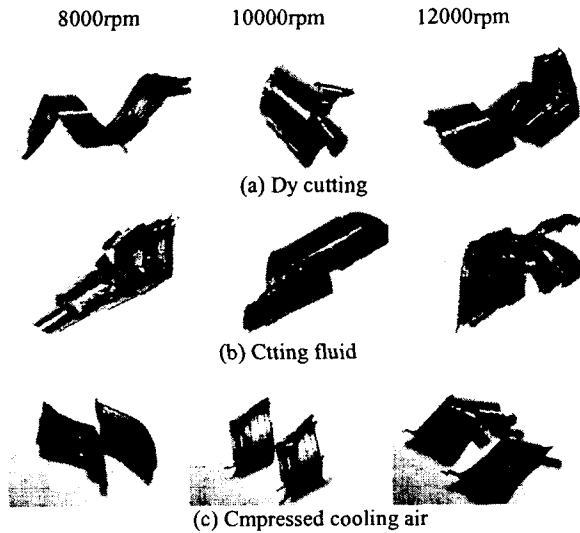


Fig. 6 Chip shapes according to spindle speed

Fig. 6 에서 보는 바와 같이 건식 및 습식가공에서 칩의 배출이 원활하지 않고 불규칙한 것을 알 수 있다. 그에 따른 공구에 칩중용력을 발생시켜 열적 발생과 공구수명에 영향을 미치게 되었다.

압축냉각공기의 냉각방식을 이용한 경우 고압의 냉각공기에 의해 칩의 배출이 용이하며 칩 모양 또한 절삭속도의 변화에 관계없이 단속적이며 균일하다는 것을 알 수가 있다.

Fig. 7 은 절삭속도 변화에 따른 블레이드 형상의 표면조도 변화를 나타내었다. 측정방법은 축척식으로 중심선 평균거칠기(Ra) 값을 나타내었으며 습식 및 압축냉각공기의 냉각방식과는 달리 건식가공에서 주축회전수 12000rpm 일 때의 표면조도가 증가하는 것을 볼 수 있다.

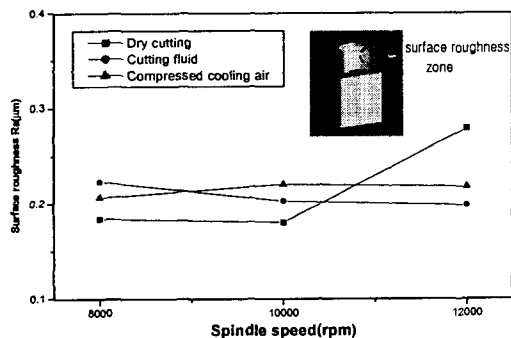


Fig. 7 Surface roughness according to spindle speed