韓國精密工學會 2003 年度 春季學術大會論文集 pp.300-304

절삭유 사용량의 억제를 위한 적절한 공급 방식의 설정을 위한 연구

강재훈*, 송준엽, 송철원, 최종호 (한국기계연구원 지능생산시스템그룹)

A Study on the Establishment of Proper Metalworking Fluids Supply Method to Reduce the amount Used

J. H. Kang* , J.Y. Song , C.W. Song , J.H.Choi (KIMM, Advanced Manufacturing System Group)

ABSTRACT

Metalworking fluids (MWFs) are fluids used during machining and grinding to prolong the life of the tool, carry away debris, and protect the surfaces of work pieces. These fluids reduce friction between the cutting tool and the work surface, reduce wear and galling, protect surface characteristics, reduce surface adhesion or welding and carry away generated heat. Workers can be exposed to MWFs by inhaling aerosols (mists) and by skin contact with the fluid. Skin contact occurs by dipping the hands into the fluid, splashes, or handling workpieces coated with the fluids. The amount of mist generated (and the resulting level of exposure) depends on many factors.

To reduce the environmental pollution wastes and the potential health risks associated with occupational exposures to MWFs, it is required to establish optimum MWFs supply method and condition with minimum quantity in all over the mechanical machining field including high-speed type heavy cutting process.

Key Words : Metalworking Fluids (절삭유), Proper Supply Method (적절한 공급 방식), Minimum Quantity (최소량), Cutting force (절삭력), Machining Temperature (가공 온도)

1. 서언

절삭유는 일반적으로 냉각 작용제(Coolant) 라고 표현되나, 실제로는 기계적인 제거 가공 과정에서 절삭 작용을 원활하게 돕기 위해 사용되는 유제로서의 금속 가공유(Metal Working Fluids) 일종인 가공유(Machining Fluid)를 의미한다.

기계적인 제거 가공은 가공 시스템(Machine Tool) , 가공공구(Cutting Tool), 가공공작물(Workpiece Material)의 3 대 요소와 절삭유, 작업자의 숙련된 경험(Expert) 등으로 이뤄진다고 할 수 있다.

절삭유의 기능으로는 통념적인 가공 발생열의 냉각 기능 외에도 공구와 공작물간의 마찰을 저감하는 윤활 기능과 칩의 원활한 배출 기능 등을 들 수 있으며, 따라서 공구의 마멸과 마모를 억제하고 가공면의 품위를 향상시키는 한편, 열 변형을 방지하는 작용을 수행한다.

또한, 첨가되는 극압첨가제, 계면활성제, 미스트나 거품발생 억제 성분 등의 다양한 화학적인 성분들 외에도 방청제가 포함되어 공작기계의 부식 작용을 방지하는 작용도 부수적으로 수행한다.

중절삭 가공이나 고속 가공 및 난삭재 가공의 경우에는 일반적인 가공 방식에 비하여 더욱 많은 절삭유를 공급하는 것이 요구되나, 절삭유의 과다한 사용에 따른 환경 오염이나 작업자에 대한 인체 위해성, 작업 환경 분위기의 열악화 문제 등을 충분히 감안하여 절삭유의 적정한 공급량을 설정하여 적용하는 개념의 도입이 현재로서는 미비한 실정이다 [1].

따라서 향후의 미래지향적인 고속 지능화 가공 시스템의 개발을 위해서는 절삭유의 적정한 공급 방식의 채택도 병행하여 요구되므로, 이에 대한 체계적인 신뢰성 평가 기술에 관한 연구를 수행할 필요가 있다 [2].

본문에서는 현재 진행중인 고속 지능화 가공 시스템의 개발을 위한 신뢰성 평가 기술의 일환으로 수행중인 절삭유 공급 방식의 신뢰성 평가에 관한 기술적인 내용과 실험 결과들을 정리하여 나타내었다.

2. 절삭유 사용상의 문제점과 공급 방식의 예

2.1 인체 위해성과 환경 오염성

대부분의 경우인 습식 가공 라인에 있어서 작업자들은 분무 형태로 부유되는 절삭유 입자들에 불가피하게 노출하게 되며, Fig.1 과 같이 흡입 및 피부 접촉 등 여러 형태의 경로를 통하여 각종 암이나 피부병 등의 산업 재해에 직면할 수 있다는 것이 이미 역학적 분석에 의하여 알려진 바 있다.

한편, Fig.1 에 나타낸 바와 같이 폐절삭유의 수집 및 처리 등의 체계적인 관리가 미흡하여 매립 및 방류 등에 의한 대지, 수질 오염이 문제시 되고 있는 실정이다. 또한, 폐절삭유의 정상적인 청정 방류가 이뤄진다고 해도 많은 양의 물과 부대 장치 시설 등을 필요로 하고 완벽한 처리도 거의 불가능하며, 최종 소각 처리에 의해서도 황, 인, 납, 일산화탄소 등이 다량 방출됨으로써 대기 환경 오염의 주요인으로 제기되고 있다.

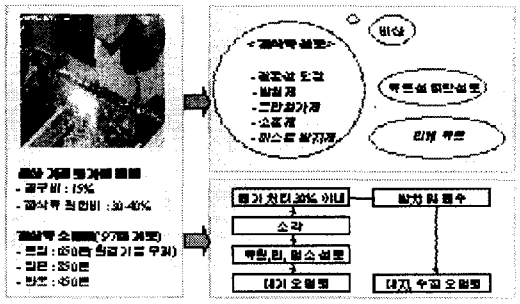

Fig.1 Environment pollution related problem in post treatment process of metalworking fluids

2.2 절삭유 공급 방식의 형태

절삭유를 사용하는 경우에 있어서의 공급방식은 Fig.2 에 나타낸 바와 같이 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 절삭유를 다량으로 흘려주는 Flood(범람식) 형태는 상대적으로 저압의 일반 펌프를 사용하여 가공 영역을 포함한 광범위한 부위에 지속적으로 공급하는 방식으로써, 발생 칩 등을 원활하게 배출해줄 수 있다는 특성을 지닌다. 이에 비하여 Jet(수류식) 형태는 고압의 펌프를 이용하여 빠른 유속으로 절삭유를 공급하는 방식으로써 가공시의 발생열을 상대적으로 급속히 냉각하여 공작물의 열변형이나 공구의 마모를 억제하여 가공 품위를 개선하기 위한 용도로 채택된다. Mist(분무식) 형태는 절삭유를 분무하여 공급하는 방식으로써, 빠른 유속의 공기 흐름에 오리피스 작용을 적용하여 절삭유를 혼입, 공급하는 방식이며 절삭유를 소량으로 사용하면서 윤활 작용 기능을 기대할 수 있고 공작물을 세정하는 효과도 동시에 얻을 수 있다.

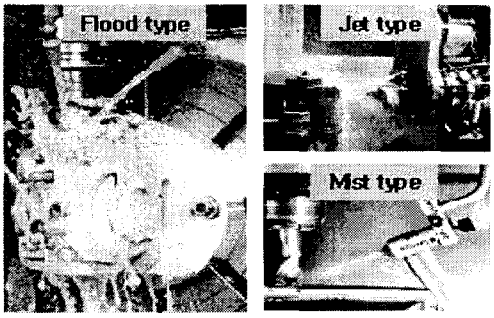

Fig.2 Various supply methods of metalworking fluids

3. 적절한 절삭유 공급 방식의 설정용 실험

3.1 실험 방법 및 조건

절삭유는 전용 탱크로부터 펌프에 의하여 가공 중에 지속적으로 공급되며 다양한 사양의 노즐에 의하여 가공 영역에 작용된 후, 탱크로 다시 보내져 필터에 의하여 여과되어 재순환함으로써, 제 수명에 도달하여 교체되기 전까지 계속 사용하는 것이 일반적이다.

절삭유의 공급 방식은 절삭유 종류(사양), 공급량과 분사압, 분사 각도(위치), 필터링과 리싸이클링, 노즐 사양(형태, 크기, 위치, 개수) 등의 요소들로 이뤄진다고 할 수 있으며, 따라서 Fig.3 과 같이 이 들을 다양하게 변화하며 제어, 운용할 수 있는 한편, 현장 적용형을 고려하여 이동식이 될 수 있도록 총합적인 전용 시스템을 설계, 제작 및 구성하여 실험에 적용하였다.

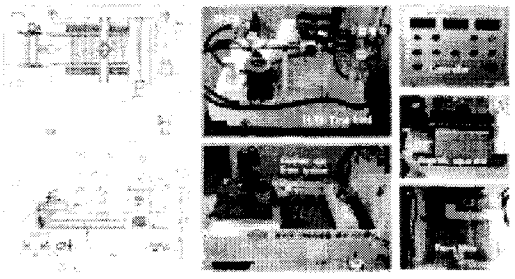

Fig.3 H/W test-bed system for metalworking fluids

수직형 NC 머시닝센터(Daewoo M/C Co., Type FZ25)를 이용하여 Fig.4 에 나타낸 바와 같이 실험 시스템을 구비하였다.

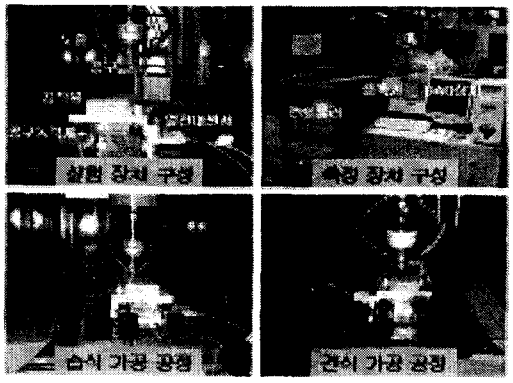

Fig.4 Experimental system using vertical type NC M/C

가공 조건들을 다양하게 변화하며 가공 공정 중에 발생되는 절삭 저항과 가공 열을 In-process 방식으로 측정하고, 가공을 수행한 후에 공구의 마모 및 가공면의 상태 등을 각각 측정하여 비교함으로써, 가능한 한 최소한의 절삭유 사용만으로도 기존의 경우와 상응한 가공 결과를 달성할 수 있는 적정한 절삭유 공급 방식을 설정하고자 하였다.

Fig.5 에는 In-process 방식의 측정 장치 구성에 대한 개략도를 나타내었다.

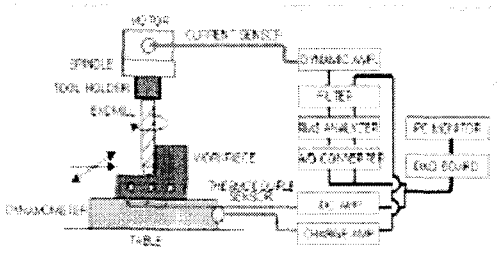

Fig.5 Diagram of In-process type measuring system

절삭 저항은 공구 동력계(KISTLER Co., Type 9257A)를 사용하여 측정한 후, 증폭기(KISTLER Co., Type 5019A)를 거쳐 데이터 해석용 S/W(KISTLER Co., Type 2825D1-2)로 분석하는 한편, 가공 열은 열전대를 사용하여 측정한 후, 온도 해석용 S/W (Agilent Co., Type 34970A)로 분석하여 각각 비교하였다.

Al 소재와 대상으로 하여 직경 20mm 의 초경합금 코팅형 볼엔드밀(Taegu Tec Co., Type BBZ220)과 수용성 절삭유(Castrol Co., Type CA2705K)를 사용하여 실험을 수행하였다.

가공 실험은 2,000~4,000rpm 의 공구 회전속도, 2~4m/min 의 이송속도, 0.5~2.0mm/pass 의 절입량 조건 범위 내에서 건식과 습식 방식으로 수행하였으며, 습식 가공의 경우에는 절삭유를 1~5 kg_f/cm^2 의 분사압력과 3~6liter/min 의 공급량 범위 내에서 적용하였다.

3.2 실험 결과

공구 회전 속도, 이송 속도, 절삭유의 공급량과 분사압력은 일정하게 하되 절입량을 0.5~2.0mm/pass 로 변화하며 건식, 습식 가공을 수행한 경우의 절삭 저항과 가공 열 측정 성분을 비교하여 Fig.6,7 에 각각 나타내었다.

절입량이 커질수록 절삭 저항이 증가하며, 건식과 습식 방식에 대한 크기의 차이는 아직 뚜렷하게 나타나지는 않으나 상대적으로 습식의 경우에 있어서 파형이 안정된 상태를 나타내고 있다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 초기의 공구 상태가 아직 유지되고 있으며, 절삭유의 윤활 성능이 충분히 작용하여 치핑 작용이 원활하게 이뤄지기 때문이라고 예측된다.

한편, 건식 방식의 경우에는 절입량이 커질수록 상대적으로 가공 열이 뚜렷하게 높아지나 절입량이 비교적 적은 0.5mm/pass 의 조건 하에서는 건식과 습식 방식에 따른 차이가 거의 나타나지 않으며, 습식 방식의 경우에는 절삭유의 냉각 작용에 의하여 거의 일정하게 유지된다는 것을 확인할 수 있다.

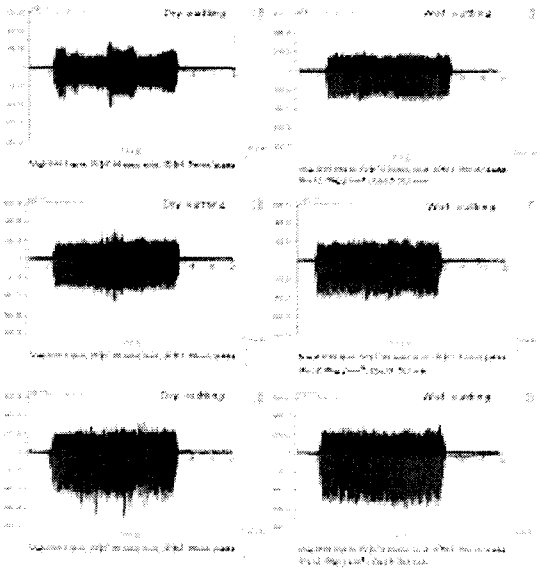

Fig.6 Comparison of cutting force Fx &Fy

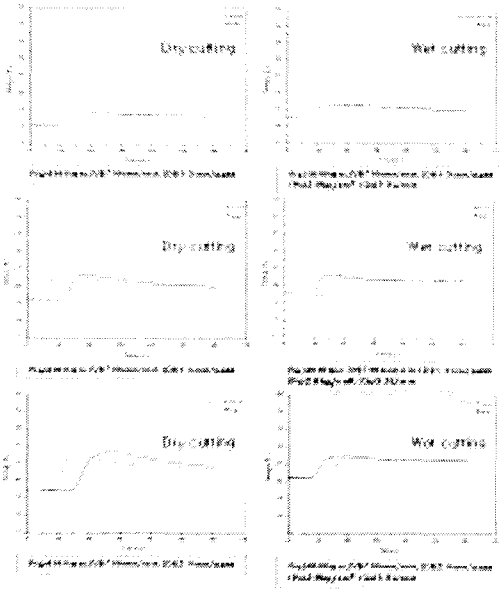

Fig.7 Comparison of generated heat in machining

건식과 습식 방식에 의하여 약 20,000mm^3 의 총 제거 체적누적량이 이뤄진 시점까지 가공을 수행한 후에 공구선단의 마멸 및 가공면의 궤적상태를 측정,비교하여 Fig.8,9 에 비교하여 각각 나타내었다.

습식 방식의 경우에 있어서 가공 열의 발생이 억제되는 한편, 치핑 작용이 원활하게 이뤄져 절삭날끝의 마멸정도와 공작물의 가공품위가 모두 상대적으로 양호하게 된다는 것을 재고찰할 수 있다.

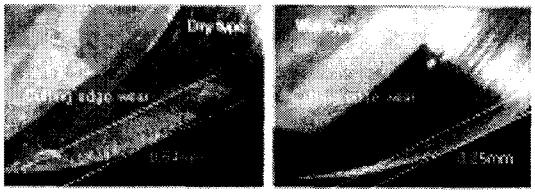

Fig.8 Comparison of tool wear condition

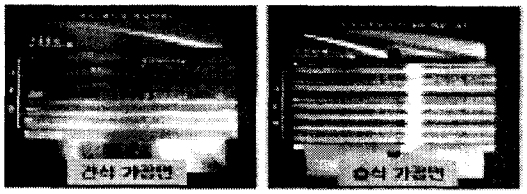

Fig.9 Comparison of machined surface condition

본 실험의 가공 조건하에서는 Fig.10,11 에 나타낸 바와 같이 절입량이 비교적 적은 경우를 제외하고는 습식방식의 경우에 있어서 약 2.5kg$_f$/cm^2 의 분사압과 약 5.5liter/min 의 공급량이 적절한 임계치가 될 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

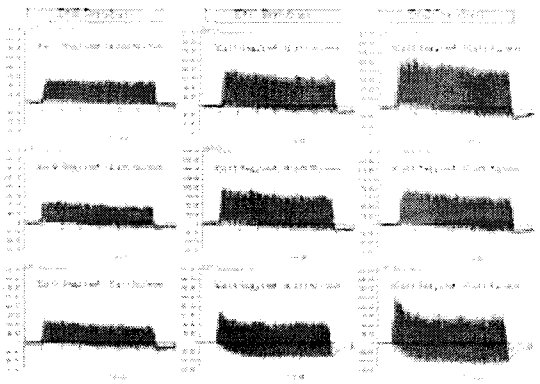

Fig.10 Comparison of cutting force Fz

Fig.11 Comparison of generated heat in wet machining

4. 결언 및 향후 계획

현재까지의 연구를 수행한 결과 동일한 가공조건하에서 절삭저항과 가공열 및 공구마멸과 가공면 품위동의 측면을 만족하면서 절삭유의 사용을 억제할 수 있는 공급량과 분사압의 임계조건을 실정할 수 있었으며, 향후 노즐의 사양을 다양하게 변화하며 지속적인 실험을 수행하여 환경친화를 고려한 고속 가공에서의 적정한 절삭유 공급 방식을 실정할 예정이다.

참고문헌

1. 강재훈, "환경성과 경제성을 고려한 고속가공 기술," 한국정밀공학회 2001 가공기술 세미나, pp. 51-62, 2001.
2. 강재훈 외 4 인, "절삭유 공급방식의 신뢰성평가 기술," 한국공작기계학회 2002 춘계학술대회논문집, pp. 206-208, 2002.