

절삭유 공급 방식의 최적화를 위한 실험적 연구

강재훈*, 송준엽+, 최종호++ (KIMM 지능형정밀기계연구부)

An Experimental Study on the Proper Supply Method of Metal Cutting Coolant

J. H. Kang*, J. Y. Song+, J. H. Choi++ (Intelligent Precision Machine Dept., KIMM)

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 : Metal Cutting Coolant (절삭유), Proper Supply Method (적절한 공급 방식), Minimum Quantity (최소량), Cutting force (절삭력), Surface Quality (가공품질), Machining Temperature (가공온도)

1. 서론

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

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

절삭유의 기능으로는 통념적인 가공 발생열의

냉각기능 외에도 공구와 공작물간의 마찰을 저감하는 윤활기능과 칩의 원활한 배출기능 등을 들 수 있으며, 따라서 공구의 마멸과 마모를 억제하고 가공면의 품질을 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.

중절삭가공이나 고속가공 및 난삭재 가공의 경우에는 일반적인 가공방식에 비하여 더욱 많은 절삭유를 공급하는 것이 요구되나, 절삭유의 과다

* 발표자. 한국기계연구원 지능형정밀기계연구부 (jhkang@kimm.re.kr)

주소: 305-600 대전광역시 유성구 장동 171

+ 한국기계연구원 지능형정밀기계연구부

++ 한국기계연구원 지능형정밀기계연구부

한 사용에 따른 환경오염이나 작업자에 대한 인체 위해성, 작업환경 분위기의 열악화 문제 등을 충분히 감안하여 절삭유의 적정한 공급량을 설정하여 적용하는 개념의 도입이 현재로서는 미비한 실정이다¹⁾.

따라서 향후의 미래지향적인 고속 지능화 가공 시스템의 개발을 위해서는 절삭유의 적정한 공급 방식의 채택도 병행하여 요구되므로, 이에 대한 체계적이고 실험적인 평가기술에 관한 연구를 수행할 필요가 있다²⁾.

특히, 대부분의 수용성절삭유를 사용하는 중소 기업 형태의 영세한 생산제조 작업 현장에 있어서는 비산, 분무되는 절삭유에 의하여 작업환경이 악화될 뿐만 아니라 이를 방치하여 점진적으로 부패되어 악취가 발생됨으로써 작업자가 기피하거나 산업재해의 원인으로도 작용되므로 우선적으로 절삭유 사용량의 억제를 위한 방식이 요구된다.

따라서, 본 연구에서는 기존에 작업자의 경험에만 의존하여 적정성에 대한 개념이 없이 대부분 과다하게 사용하던 절삭유의 사용방식으로부터 탈피하여 주요한 기능들을 충분히 유지하여 발휘하면서도 적절한 절삭유의 공급량을 설정함으로써 절삭유의 과다한 사용을 방지하는 한편, 절삭유의 사용을 효율적으로 운용할 수 있는 공급방식을 설정하고자 다양한 관련실험을 수행하였다.

2. 적절한 절삭유 공급 방식의 설정

2.1 실험 방법

절삭가공에 있어서 절삭유는 절삭유가 혼합된 전용탱크로부터 펌프에 의하여 가공중인 국부적인 영역에 다양한 사양의 노즐에 의하여 지속적으로 공급된 후, 탱크로 다시 보내져 필터에 의하여 여과되어 재순환함으로써 제수명에 도달하여 교체되기 전까지 계속 사용하는 것이 일반적이다.

절삭유의 공급방식은 절삭유의 종류(사양), 공급량과 분사압, 분사 각도(위치), 필터링과 리사이클링, 노즐 사양(형태, 크기, 위치, 개수) 등의 요소들로 이뤄진다고 할 수 있으며, 따라서 Fig.1 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.

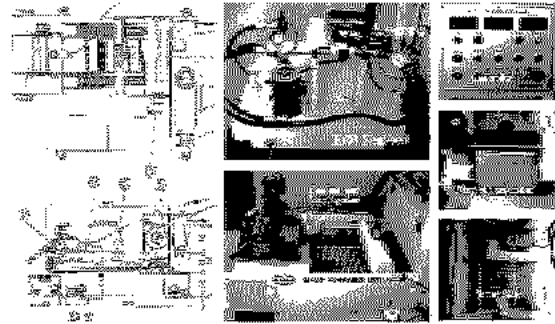


Fig 1. H/W test-bed system for metal cutting coolant

한편, 수직형 NC 머시닝센터(Daewoo M/C Co., Type FZ25)를 이용하여 Fig 2 에 나타낸 바와 같이 실험 시스템을 구비하였다.

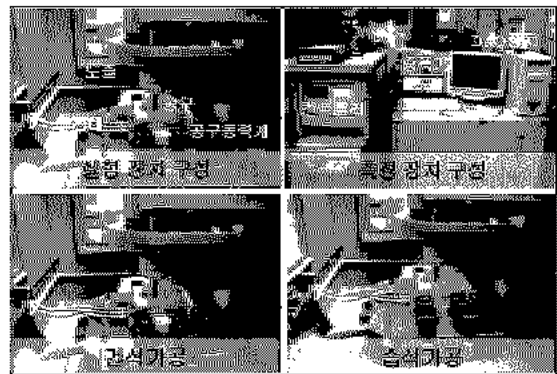


Fig 2. Experimental system using vertical type NC M/C & H/W test-bed system

가공조건들을 다양하게 변화하며 가공공정 중에 발생하는 절삭저항과 가공열을 In-process 방식으로 측정하고, 가공을 수행한 후에 공구의 마모 및 가공면의 상태 등을 각각 측정하여 비교함으로써, 가능한 한 최소한의 절삭유 사용만으로도 기존의 경우와 상응한 가공결과를 달성할 수 있는 적절한 절삭유의 공급방식을 설정하고자 하였다

2.2 실험조건

절삭저항은 공구동력계(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, 온도해석

용 S/W (Agilent Co., Type 34970A)로 분석하여 각각 비교하였다.

Al 소재와 FCD 소재를 대상으로 하여 직경 20 mm의 초경합금코팅형 볼엔드밀(Taegu Tec Co., Type BBZ220)과 수용성절삭유(Castrol Co., Type CA2705K)를 물과 10:1의 비율로 희석하여 사용하여 실험을 수행하였다.

가공실험은 2,000~4,000rpm의 공구 회전속도, 2~4m/min의 공작물 이송속도, 0.5~2.0mm/pass의 절입량 조건 범위 내에서 습식방식으로 수행하였으며, 습식가공의 경우에는 절삭유를 2~6 kg/cm의 분사압력과 2~6liter/min의 공급량 범위 내에서 적용하였다.

각각의 경우에 대한 가공을 수행한 후에 Digital Microscope S/W (IMT Co., VideoTesT-4.0)를 이용하여 공구의 마모정도와 공작물의 가공면 상태를 측정하여 비교하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 가공면 상태

공구의 회전속도와 공작물의 이송속도를 각각 4000rpm과 700mm/min으로 설정하고 절입량을 1.2 mm/pass로 변화하는 한편, Dual type의 노즐을 사용하여 절삭유의 공급량과 분사압력도 각각 2~6 kg/cm와 2~6liter/min로 다양하게 변화하면서 Al과 FCD 소재를 가공한 후에 가공면의 상태를 건식가공의 상태와 비교하여 Fig.3에 나타내었다.

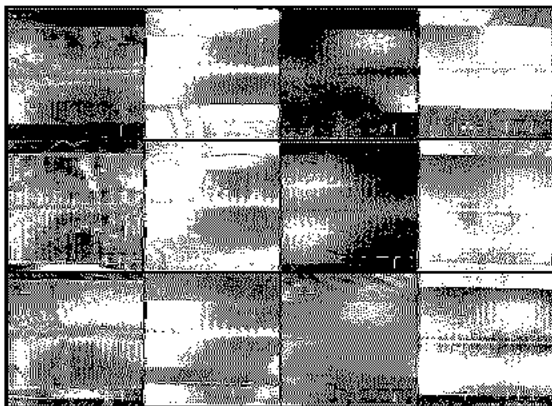


Fig 3. Comparison of machined surface morphology

Fig.3 으로부터 Al의 경우에는 건식가공에 있어

서 가공열의 작용에 의하여 가공면의 레적이 확인하지 않고 다소 눌러 붙은 것과 같은 상태를 나타내며, 습식가공에 있어서는 상대적으로 가공면의 레적이 뚜렷이 나타나나 4kg/cm²와 4liter/min의 절삭유 분사압력 및 공급량 조건 이상에서는 뚜렷한 차이가 나타나지 않는다는 것을 확인할 수 있다.

FCD의 경우에는 건식과 습식가공에 따른 가공면의 상태에 있어서 상대적으로 차이가 거의 없으며 Al의 경우에 비하여 가공면의 품질이 양호하다는 것을 확인할 수 있으며, 건식가공에 있어서의 이러한 결과는 구상후연의 조직이 포함된 판재로 인하여 칩의 발생시 원활한 윤활작용을 부여했기 때문이라고 추정된다.

3.2 절삭 저항

공구의 회전속도와 공작물의 이송속도를 각각 4000rpm과 700mm/min으로 설정하고 절입량을 1.2 mm/pass로 변화하는 한편, Dual type과 Circular type의 노즐을 사용하여 절삭유의 공급량과 분사압력도 각각 2~6 kg/cm와 2~6liter/min로 다양하게 변화하면서 Al과 FCD 소재를 가공하는 경우에 있어서 나타나는 절삭저항을 비교하여 Fig. 4에 나타내었다.

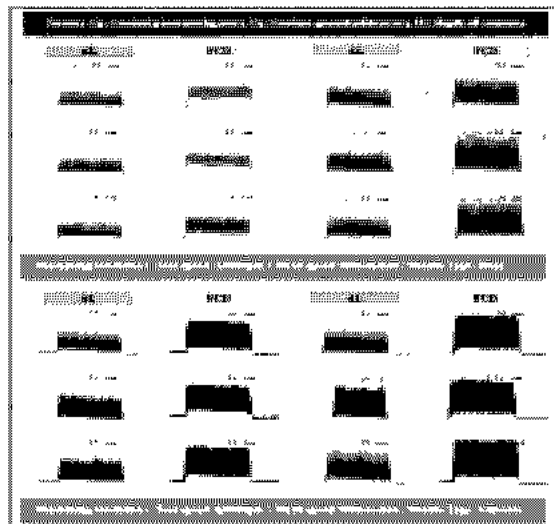


Fig 4. Comparison of cutting force

동일한 가공조건 하에서 Dual type의 경우보다 Circular type의 경우에 있어서 절삭저항이 상대적

으로 최대 약 20% 이상 낮게 나타나며, AI 에 비하여 FCD 에 있어서 절입량이 2mm/pass 인 경우에 최대 약 60% 이상 높게 나타나고 4kg/cm² 와 4liter/min 의 절삭유 분사압력 및 공급량 조건 이상에서는 큰 차이가 나타나지 않는다는 것을 확인할 수 있다.

이와 같은 결과는 가공이 이뤄지는 영역과 가공공구가 표면에 노출되는 2 차원적인 가공공정이므로 Circular type 의 노즐에 의하여 절삭유가 용이하게 공급되어 냉각과 윤활작용 등이 이뤄지는 한편, 공작물의 재질과 절입량의 크기에 영향을 받기 때문이라고 추정된다.

3.3 공구의 마모

공구의 회전속도와 공작물의 이송속도 및 절입량을 각각 4000rpm, 700mm/min, 2mm/pass 로 설정하고 Circular type 의 노즐을 사용하여 절삭유의 공급량과 분사압력을 각각 4kg/cm 와 4liter/min 로 부가하면서 AI 소재를 약 20,000mm³ 의 총제거체적량이 되도록 가공한 후에 가공공구의 마모상태를 건식가공의 경우와 비교하여 Fig.5 에 나타내었다.



Fig 5. Comparison of tool wear status

습식방식의 경우에 있어서 가공열의 발생이 억제되는 한편, 치핑 작용이 원활하게 이뤄져 절삭날끝의 마모정도와 공작물의 가공품위가 모두 상대적으로 양호하게 된다는 것을 확인할 수 있다.

이와 같은 AI 소재의 경우에는 특히, 건식가공에 있어서 가공조건에 따라 발생하는 과도한 가공열에 의하여 공구의 절삭날끝에 칩이 용착되는 현상이 초래되기도 하여 절삭유의 적절한 사용이 공구수명의 향상과 공작물의 가공품위 측면에서 모

두 중요한 역할을 한다는 것을 재고찰할 수 있다.

3.4 가공 온도

공구의 회전속도와 공작물의 이송속도를 각각 4000rpm 과 700mm/min 으로 설정하고 절입량을 0.5,1,2 mm/pass 로 변화하는 한편, Dual type 의 노즐을 사용하여 절삭유의 공급량과 분사압력을 각각 4kg/cm 와 4liter/min 로 부가하면서 AI 소재를 가공하는 경우에 있어서의 가공온도를 건식가공의 상태와 비교하여 Fig.6 에 나타내었다.

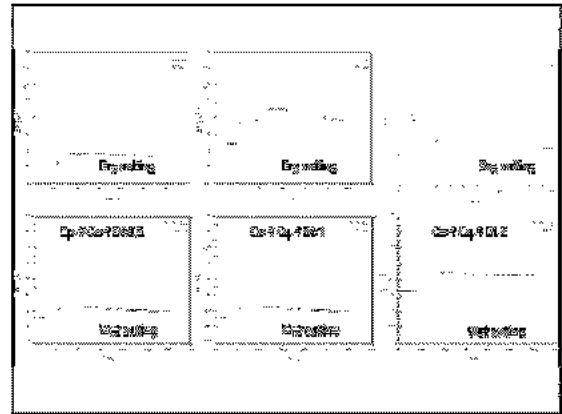


Fig 6. Comparison of generated surface temperature

건식방식에 있어서는 절입량이 증대할수록 특히, 1mm/pass 의 절입량 이후부터는 가공온도가 상대적으로 높게 나타나 습식방식의 경우에 있어서는 본 실험의 조건 내에서 큰 차이가 나타나지 않는다는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론 및 향후계획

본 실험적 연구를 수행한 결과에 의하면 가공형태에 따른 적절한 절삭유의 공급방식이 설정될 수 있다는 것을 확인할 수 있었으며, 향후 체계적인 다양한 실험을 추진하여 이와 관련된 D/B 를 구축함으로써 관련업계의 활용지침이 되도록 할 예정이다.

참고문헌

1. 강재훈 외 4 인, “절삭유 공급방식의 신뢰성평가 기술,” 한국공작기계학회 2002 춘계학술대 회논문집, pp.206-208,2002