

# 압축냉각공기와 오일미스트를 이용한 환경친화 연삭가공기술

이석우\*, 최현종, 허남환(한국생산기술연구원)

## Ecological Grinding Technology Using Compressed Cold Air and Oil Mist

Seok-Woo Lee\*, Hon-Zong Choi, Nam-Hwan Heo  
(Korea Institute of Industrial Technology)

### ABSTRACT

The environmental problems by using coolant demanded the new cooling methods. As one of them, the studies on the grinding with compressed cold air and oil mist have been done. The cooling method using compressed cold air was effective through going down the temperature of compressed air supplied below  $-25^{\circ}\text{C}$  and increasing the amount of compressed cold air, but had not enough cooling effect due to the low performance of lubrication. Therefore, the cooling methods using oil mist newly were suggested. This method can satisfy both cooling effect and lubrication with only small amount of coolant, also have the benefit in the point of decreasing the environmental pollution. This paper focused on analyzing the grinding characteristics of the cooling method using oil mist. The grinding test according to compressed cold air, oil mist spray pressure and oil mist supply direction were done.

**Key Words** : Environment-friendly(환경친화), Surface Integrity(표면품질), Compressed Cold Air(압축냉각공기), Cooling Effect(냉각효과), Oil Mist(오일 미스트), Roundness(진원도), Residual Stress(잔류응력)

### 1. 서 론

연삭유는 기계 가공시의 냉각이나 윤활유에 없어서는 안될 존재지만 염소계를 중심으로 한 극압첨가제를 대량으로 혼합하여 사용되기 때문에 작업자의 건강, 악취, 박테리아 발생, 노동환경 악화, 폐액 지하 침투로 인한 토양오염 과 수질 오염 등 여러가지 환경문제를 안고 있다.

그뿐 아니라, 최근에는 공작기계의 대형화로 연삭유 사용량이 대용량화 함에 따라서 환경오염이 증가하고 기계가공 비용면에서도 커다란 비중을 차지하고 있다. 이런 현재의 방법을 가공후 부품세정이나 폐수 처리등의 문제점 등을 재검토해야 할 단계이다. 환경오염은 인류의 존망에 직접적인 위협성도 내재하고 있으므로, 원가를 절감하고 환경친화적인 가공기술의 확립이 필요하다.

연삭 가공에서는 스톨과 공작물 사이의 윤활, 공작물의 냉각 및 칩 배출을 위해 다량의 연삭유를 사용하고 있다. 그러나 최근에 가공 중에 사용하는 연

삭유로 인한 환경문제가 대두되면서 생산현장을 비롯한 여러 곳에서 환경오염을 줄이기 위한 많은 노력과 연구가 진행되고 있다.<sup>1,2</sup> 연삭유는 윤활성, 냉각성, 침투성이 목적인데 연삭스톨과 가공물의 접촉점에서의 윤활작용을 향상시키기 위해서 염소(Cl), 유황(S), 인(P) 등을 함유하고 있는데 이 첨가물은 연삭 가공 중에 미세하게 날려 작업환경을 악화시키고 작업자에 나쁜 영향을 미친다. 그래서 최근에는 연삭유를 적게 사용하기위한 연구를 하고 있으나 연삭유의 사용량이 적을 경우에는 공작물의 열적 변형으로 기계적 성질 및 표면 품질에 나쁜 결과를 초래한다.

실제로 압축냉각공기를 이용한 연삭실험에서 압축냉각공기의 온도를  $-25^{\circ}\text{C}$  이하로 낮게 하고, 충분한 유량을 가공점에 공급해주면 스톨과 공작물 사이에 냉각효과가 좋아져서 연삭 후 공작물의 표면품질이 향상되는 것을 볼 수 있었다.<sup>2,3</sup>

하지만, 압축냉각공기만을 이용한 건식연삭 가공

경우에는 슷들과 공작물사이의 가공 점에서 윤활효과를 얻기 위한 매체가 존재하지 않기 때문에 연삭 슷들과 공작물사이의 마찰이 커져 연삭 열이 많이 발생하고 표면품질이 나빠지게 된다. 또한 압축냉각 공기에 의한 냉각은 고체와 기체간의 열 교환에 의한 것이기 때문에 효율이 떨어진다. 따라서, 냉각효과와 윤활효과 두 가지 모두를 만족시킬 수 있는 새로운 대체냉각 가공기술이 절실히 요구되고 있다.

현재, 극미량 공급 장치나 mist를 이용한 대체냉각가공기술이 연구되고 있는데 이러한 가공방법은 공작물의 냉각효과 및 윤활효과를 향상시키면서 연삭유 사용을 최소화하여 환경오염을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 본 실험에서 사용한 mist공급장치는 균일한 mist입자를 발생시키며 발생된 초미세립 mist는 가공 점까지의 균일하고 안정되게 즉, 입자는 입자 상호간의 응결 현상을 일으키지 않고 공급이 가능한 장치이다.

또한 본 장치는 기존의 압력차에 의해 mist를 발생시키는 장치와는 달리 장치내에서 mist를 발생하여 분사시키므로 분사시 안개현상을 일으키지 않는다. 생성된 mist입경은 0.7 $\mu$ m 정도로 만들어지며 큰 입자라 할지라도 1 $\mu$ m 이하로 아주 작다. 기존의 불균일한 입자와 mist입자를 비교할 때, 초미세립 mist는 중력과 원심력의 영향을 전혀 받지 않는다. 또한 고속 회전되는 연삭에서도 회전운동에 영향을 전혀 받지 않고 침투성이 좋아 윤활 표면적이 많아지게 된다.

따라서 본 연구에서는 압축냉각공기와 oil mist의 공급방법과 연삭특성의 분석과 oil mist분사압력에 따른 연삭실험을 하여 표면 거칠기, 잔류응력, 진원도 등을 비교분석 하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 실험장치

그림 1은 압축냉각공기와 oil mist를 이용한 실험 장치를 나타낸 그림이다. 압축냉각공기의 경우 air compressor로부터 공급된 압축공기를 air filter와 air dryer를 통과하면서 압축 공기내에 포함된 습기가 먼저 제거되고, 항온수조를 통해 미리 정해진 온도까지 냉각한후 가공점에 공급하였다. 또한 oil mist의 경우는 air compressor으로부터 공급된 공기와 식물성 연삭유가 Oil Mist장치내의 탱크에서 혼합하여 초미세립 mist가 발생하여 압축냉각공기에 의한 mist의 결빙을 막기 위해 공기와 mist가 독립된 Line을 통해 공급 하였다.

항온수조를 통해 발생된 압축냉각공기의 유량은 400l/min이며 노즐의 압력은 4.5 kgf/cm<sup>2</sup>을 통해 가공점에 직접 분사되며, 식물성 연삭유를 사용한 Oil Mist장치의 Mist분사노즐의 사용압력은 0.4 ~ 0.7

MPa, 유량은 4cc/h으로 공급된다.

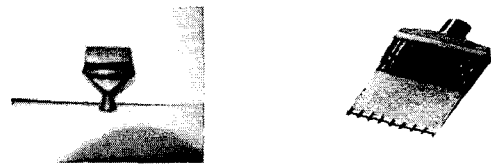


Fig.1 Experiment set-up for cylindrical grinding using oil mist

본 실험에서는 Jones & Shipman사의 CNC 원통연삭기와 EBARA사의 oil mist장치를 이용하였으며, WA(White Alumina) 슷들을 이용하여 스피들용 재질인 SCM21종을 가공하였다. SCM21종은 침탄법에 의해 열처리를 하고, 열처리 후 표면깊이에 따른 경도 값은 58 ~ 60(Hrc)을 보이고 있으며, 잔류 응력 값은 5 ~ 20 $\mu$ m일때 -270 ~ 430MPa이며 그 이상의 깊이에서는 -300MPa 정도를 보이고 있다.

### 2.2 실험 결과 및 고찰

압축냉각공기와 oil mist를 이용한 외경 연삭시, oil mist의 압력변화와 압축냉각공기와 oil mist의 nozzle의 위치 변화에 따른 실험과 oil mist의 분사 압력을 변화 하면서 실험을 실시하여, 가공조건에 따라 표면품질(표면 거칠기, 잔류응력, 진원도)등을 비교하였다. 외경 연삭 시 노즐의 위치에 따른 압축냉각공기(-25 $^{\circ}$ C)의 냉각효과를 비교하기 위하여 연삭 깊이를 변화하고, oil mist의 분사 압력을 변화 시키면서 실험을 하여 노즐 위치가 표면 품질에 미치는



(a) Oil mist nozzle (b) Compressor air nozzle

Fig.2 Photographs of spray type nozzle

영향을 파악하고자 하였다. 그림 2의 (a),(b)는 실

형 oil mist의 노즐 직경은  $\phi 1.0$  이며 노즐 구멍에 사용된 압축냉각공기용 노즐과 oil mist용 노즐 나타낸 그림이다. 9개소이다. 그림 3은 압축냉각공기와 mist공급용 노즐의 공급 위치를 나타낸 그림이다.

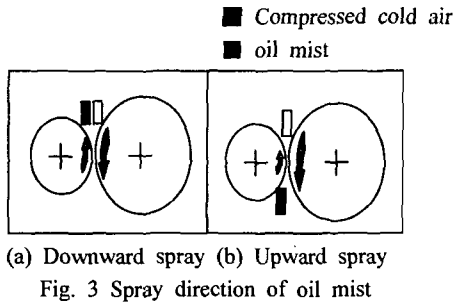


그림 3의 (a)는 oil mist가 공작물과 연삭숫돌의 중간위치에서 분사되고, 그림 3의(b)는 oil mist가 공작물 아래에서 분사되는 형태이다.

Table 1은 대체냉각기술의 냉각효과를 분석하기 위해서 압축냉각공기와 Mist화 연삭유를 이용한 연삭 가공방법의 실험조건을 나타낸 것이다.

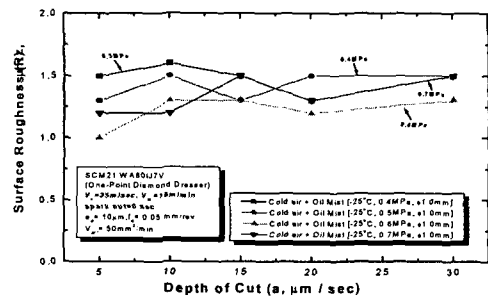
Table 1 Experimental conditions

Grinding Machine		CNC cylindrical grinding machine	
Grinding Wheel		WA80LJ7V 305 ■ 25 ■ 127	
Workpiece		SCM21	Carburizing and quenching (H <sub>RC</sub> 58 ~ 60)
Grinding Fluids	Compressed Cold Air	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	4, 8
		Amount (ℓ/sec)	5.5, 11
	Oil Mist	Temperature (°C)	-25
		Amount (cc/h)	4
Dressing Condition	Dresser	Pressure (MPa)	0.4, 0.5, 0.6, 0.7
		Dresser	Single point diamond dresser
		Depth of Cut (μm)	10
Working Condition	Depth of Cut (a, μm/sec)	Feed rate (mm/rev)	0.05
		Depth of Cut (a, μm/sec)	5, 10, 15, 20, 30

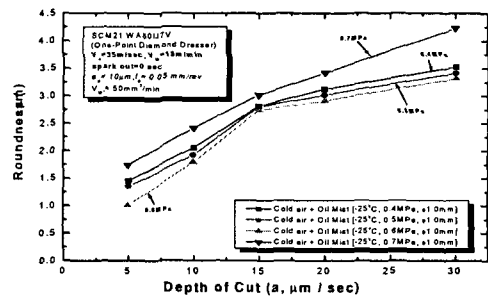
### 2.3 노즐의 위치에 따른 영향

그림 4와 그림 5는 oil mist의 분사방향에 따른 연삭 가공 후 공작물의 표면 거칠기, 진원도 그리고 잔류응력을 측정하였다. 그림 4를 보면 oil mist를 공작물과 연삭숫돌의 중간에 노즐을 위치하여 분사시킨 경우 표면거칠기가 그림 3(b)의 분사방법보다

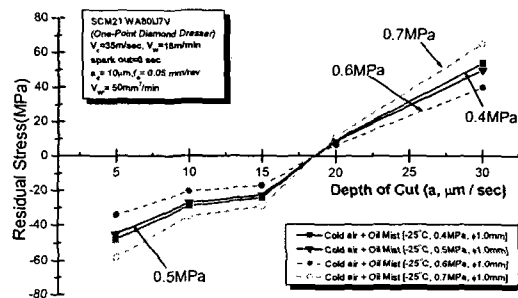
결과보다 좋다. 이것은 oil mist와 압축냉각공기가 가공점에서는 압축냉각공기가 oil mist와 혼합되지 않고 바로 가공점에 도달되기 때문에 압축냉각공기에 의한 냉각효과가 크기 때문이다.



(a) Roughness



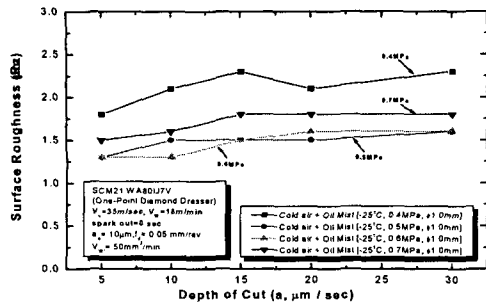
(b) Roundness



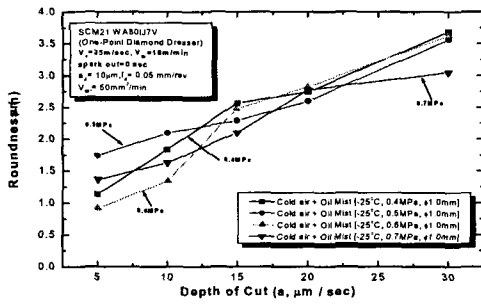
(c) Residual Stress

Fig.4 Surface integrity down of spray direction of oil mist

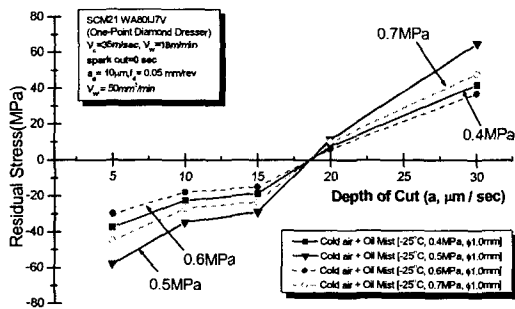
그러나 oil mist를 공작물 아래에서 분사시킨 경우 oil mist분사방향이 공작물의 회전방향과 같게 되므로 oil mist가 가공점에 원활하게 공급되어서 윤활 작용이 좋아 진원도가 좋은 결과를 얻었다. 잔류응력은 그림 3(a)와 그림 3(b)의 두 가지 경우가 비슷한 유형의 실험 결과 값을 얻었다.



(a) Surface Roughness



(b) Roundness



(c) Residual Stress

Fig.5 Surface integrity down of spray direction of oil mist

### 3. 결론

압축냉각공기와 oil mist를 이용한 냉각방식에서 노즐의 분사방향에 따른 연삭실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Oil mist분사방향에 따른 연삭 가공결과를 보면 oil mist와 압축냉각공기를 공작물 아래에서 분사시킨 경우 oil mist가 가공점으로서의 연삭유 유입이 원활하여 진원도 좋은 결과를 얻었다.

2. oil mist와 압축냉각공기를 가공물 위에 분사시킨 경우 표면거칠기가 oil mist를 아래에서 분사시킨것보다 좋게 나왔다.
3. 잔류응력을 측정된 결과 압축냉각공기와 oil mist의 공급 방법에 관계없이 비슷한 값과 결과를 나타내었다.
4. 이상의 실험에서 압축냉각공기와 oil mist를 이용한 대체 냉각기술의 연삭가공 공정에 적용 가능할 것이다.

### 후 기

본 연구는 선도기술개발 사업의 연구비에 의하여 지원되었으며 이에 감사합니다.

### 참 고 문 헌

1. H. Z. Choi, S. W. Lee, J. S. Ahn, "A comparison of the cooling effects of the compressed cold air and coolant for the cylindrical grinding", International euspen conference, pp. 416~419, 1999.
2. H. Z. Choi, S. W. Lee, J. S. Ahn, "A study on the surface integrity for the cylindrical grinding with compressed cold air", ISAAT, pp. 187~192, 1998
3. 김남경, 이동호, 성낙창, 송지복, "냉각 공기 장치에 의한 환경친화 연삭 연구", 한국정밀 공학회지, No. 15 Vol. 9, pp. 145~151, 1998
4. Takashi Ueda, Masahiko Sato, Kazuo Nakayama, "Cooling characteristics of cutting grain in grinding", Annals of the CIRP vol. 45/1/1996
5. T. Kato, H. Fujii, "Energy Partition in Conventional Surface Grinding", ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering, pp. 393-398, 1999.
6. C. Guo, Y. Wu, V. Varghese, S. Malkin, "Temperature and Energy Partition for Grinding with Vitrified CBN Wheels", Annals of the CIRP Vol. 48/1, 1999