

절삭가공시 절삭유제가 환경에 미치는 영향에 관한 연구

최명수*(금오공대 기계공학부 대학원), 정선환, 노승훈, 최환,
최성대(금오공대 기계공학부 교수)

A Study on the Influences of the cutting fluid to the Environment

M. S. Choi*(Mech. Eng. Dept. Grad, KNU), S. H. Cheong, S. H. Ro, H. Choi,
and S. D. Choi(Mech. Eng. Dept. Prof, KNU)

ABSTRACT

This study was carried out to examine the influences of the cutting fluid to the environment of the small and the medium industries in the Kumi complex. The result of this study shows that the cutting fluid includes a few of hazardous materials such as phenol and benzen. Therefore a new cutting technology without cutting fluid should be strongly recommended in the nearest future.

Key Words : Environment(환경), Cutting Fluid(절삭유제), Cutting(절삭가공)

1. 서론

1-1 연구 동향

절삭가공에 있어서 공구와 공작물 사이의 마찰과 소성변형 등으로 인해 필연적으로 절삭열이 발생하기 때문에 절삭열의 냉각과 유희효과를 위해 절삭유제를 사용한다.

산업혁명 시대의 초기에는 절삭유제로써 물이나 동·식물유를 사용하였다. 그러나 기계공업이 점차 발전함에 따라 절삭유제의 다량 소비 현상이 발생하고 또한 냉각 및 유희효과 등을 증가시키기 위해 광물유를 기반으로 하는 석유정제물 또는 화학공업에 의해 만들어지는 유기합성물에 극압첨가제, 합성계면활성제, 알카노민, 유황, 염소 등의 첨가제를 첨가한 절삭유제가 오늘날 많이 사용되고 있다.

산업혁명 이후 20세기 중반까지는 대량생산체제로써, 모든 산업이 환경이나 안전과 같은 문제에 대하여 깊이 생각할 여유도 없이 생산성만을 추구하였다. 그러나 20세기 후반에 들어오면서 지구환경 및 공장내의 환경문제에 대한 인식이 높아지면서 기계공장에서 다량으로 소비되는 절삭유제의 유해성과 환경오염 문제를 연구하기 시작하였다.

이와 같은 결과로써 절삭유제의 유해성이 밝혀짐에 따라 선진국에서는 이미 절삭유제를 사용하지 않는 방법으로써 냉풍 절삭, 드라이 절삭, 미스트 절삭 같은 청정 생산기술을 개발하여 실용화 하고 있다.⁽¹⁾

그러나 우리나라는 이제 기초연구 단계이고, 일반적으로 기계공업 현장 특히 중소기업에서는 청정 생산기술에 관한 인식 자체도 매우 빈약한 실정이다.

1-2 연구 범위

절삭유제는 금속제조업과 기계장비제조업의 현장에서 많이 사용되고 있는데, 실제로 대부분의 사업장의 근로자들이 이러한 절삭유제의 유해성을 모른채 무방비 상태로 노출되고 있다. 특히 오일 미스트(mist)는 절삭유제를 사용하는 중에 분산되어지는 액체입자로서, 현재 금속가공유에 관하여 적용할 수 있는 규제치는 광물성 오일 미스트(mist)의 경우, 허용농도 5mg/m³(한국산업안전보건법)이다. 이것은 절삭유제를 사용했을 때 공기중으로 발생할 수 있는 여러 인자 중 여과지를 이용해 채취한 양만 고려하고 있다.

따라서 본 연구에서는 절삭가공시 절삭유제가 작

업환경 및 공해에 미치는 영향을 조사하기 위해 국부적이긴 하지만 구미 공단내에 위치한 중소기업체를 대상으로 하여 오일 미스트(oil mist)에 대하여 정량분석을 흠(fume)에 대해서는 정성분석을 통하여 이들 성분들이 환경에 미치는 영향만을 고려하였다.

이 연구 결과는 우리나라 산업체에서 안전한 작업환경을 구축할 수 있는 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

2. 실험

2-1 실험 대상

경북 구미시에 소재한 금속절삭 가공업체를 대상으로 절삭 가공시 발생하는 오일 미스트(oil mist)의 양을 측정하기 위해 수용성 및 비수용성 절삭유제를 사용하는 사업체 각각 2곳을 선정하여 3회에 걸쳐 정량분석을 하였으며, 또한 절삭 가공시 공구와 피삭제 간의 마찰열에 의해 발생하는 흠(fume)의 유해성분을 측정하기 위해 수용성 및 비수용성 절삭유제를 사용하는 사업체 각각 1곳을 선정하여 정성분석을 실시하였다.

2-2 실험방법 및 장비

2-2-1 정량분석 방법

1,2,3차 방문조사 때마다 1일 근로시간 8hr/day을 기준으로 하여 절삭 가공시에 직장내에 비산되는 미스트(mist)를 Personal Air Sampler로 채취하여 채취전의 필터(filter)의 무게와 채취후의 필터(filter)의 무게의 차를 측정해 봄으로써 미스트(mist)의 양을 알 수 있다. 정량분석 절차 및 방법은 아래 그림2-1과 같다.

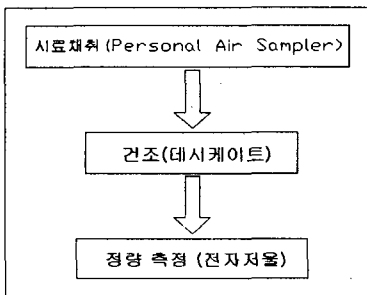


그림 2-1 정량분석 절차 및 방법

정량분석 계산식은 식(1)과 같으며, 실험에 사용된 장비의 사양은 표2-1과 같다.

$$\frac{\text{측정후}(mg) - \text{측정전}(mg)}{\text{유량}(l/min) * \text{시간}(min)} * 1000 = (mg/m^3) \text{---(1)}$$

표 2-1 실험 장비 사양표

기기명	제조회사	사용용도	규격
Personal Air Sampler	Gilian	중금속,분진 포집	50/100 (mg)
Glass fiber filter	SKC	오일 미스트 포집	37 mm
Filter Holder Cassette		filter 고정	37 mm
전자저울	Mettler Toledo	중량측정	AG-245
데시케이트		수분 제거	

2-2-2 정성분석 방법

절삭가공시 공구와 피삭제 간의 마찰열에 의한 오일 흠(oil fume)을 Personal Air Sampler로 포집하여 포집된 흠(fume)을 GC(Gas Chromatography)를 이용, 흠(fume)에 포함된 유해성분을 분석하여 인체 및 환경에 미치는 영향을 알아 보았다.

정성분석 조건은 다음과 같다.

포집기 : Personal Air Sampler(0.2ℓ /min)

GC(Gas Chromatography) : HP-6890

Mass Detector : JEOL

MOdel Name : JMS-700

Column : HP5(40℃에서280℃까지 승온분석 (10℃/min))

Injection(주입) : 230℃

가스 크로마토그래피(GC)의 구성도는 그림2-2와 같다.

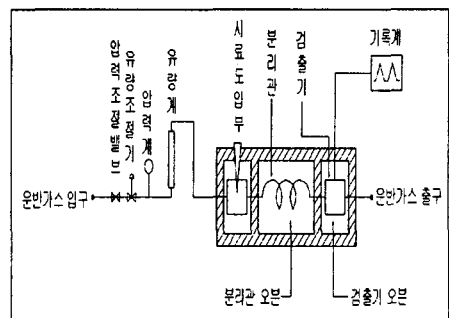


그림 2-2 GC 장치 구성도

3. 결과 및 고찰

표 3-1 정량분석 결과

3-1 정량분석

표 3-1의 정량분석 결과에서 알 수 있는 바와 같이 광물성오일 미스트(oil mist)량이 산업안전보건법에서 정하고 있는 5mg/m³을 초과 하지 않아서 다행이다. 그러나 평균치가 각 업체별로 다소 차이가 있는데, 이는 계절, 기후, 사업장의 규모, 환기시설, 공작물의 종류 및 작업 형태에 따른 것이라고 볼 수 있으므로 작업장 환경에 따라서는 더욱 나빠질 수 있다는 개연성을 가지고 있다.

더욱이 이들 사업체에서 근무하고 있는 근로자들의 대부분이 보호장비 없이 거의 무방비 상태로 접촉되고 있기 때문에 장시간 노출될 경우 호흡기 및 각종 피부 질환의 요인이 될 수 있다.

오일 미스트(oil mist)의 발생경로는 절삭 작업시 보다 작업자가 공작물을 교체할때 공작물에 묻어 있는 각종 이물질들을 제거하기 위해 에어 건(Air Gun)으로 공기를 분사하는 작업에서 다량 접촉되는 사실을 시료 채취중 발견하였다. 그러므로 에어 건(Air Gun) 사용을 위해 별도의 환풍장치를 마련하는 것이 안전상 필요하다고 생각한다.

구분 회사명	절삭유 종류	측정 회수	필터무게 (mg)		차이 (mg)	측정 조건		환산 미스트 량 (mg)	평균 (mg/m ³)
			측정전 (mg)	측정후 (mg)		유량 (ℓ/min)	시간 (min)		
			1	2					
A	비수용성	1	69.90	74.54	4.64	2.0	480	4.833	4.690
		2	69.98	74.25	4.27	2.0	480	4.635	
		3	70.15	74.57	4.42	2.0	480	4.604	
B	비수용성	1	70.33	74.21	3.88	2.0	480	4.042	4.130
		2	70.05	73.30	3.25	2.0	480	3.385	
		3	71.20	73.30	2.1	2.0	480	2.187	
C	수용성	1	72.57	75.30	2.73	2.0	480	2.843	4.104
		2	71.0	75.77	4.77	2.0	480	4.960	
		3	70.15	74.48	4.33	2.0	480	4.510	
D	수용성	1	68.90	73.90	5	2.0	480	5.208	4.67
		2	69.90	74.10	4.2	2.0	480	4.375	
		3	69.98	74.23	4.25	2.0	480	4.427	

3-2 정성분석

그림 3-1은 수용성 절삭유제의 흠(fume)을 Mass Spectrum을 사용하여 기체상태의 양이온과 음이온을 40℃에서 280℃까지 승온(10℃/min)으로 36분간 이온화 시킨 것이다.

각각의 피크(peak)들은 일련의 자발적 경쟁적인 분해 반응에 의해서 독특한 패턴을 보이고 있다.

이들중 15.30분과 19분에서 26분 사이의 피크에서는 탄화수소화합물(HC)의 성분을 나타내고 있으며, 17.60분, 18.05분, 18.43분에서 벤젠고리화합물에 치환된 탄화수소류가 포함되어 있음이 나타났다.

그리고 이들 성분중 대표적인 피크를 그림 3-2에 나타내었다.

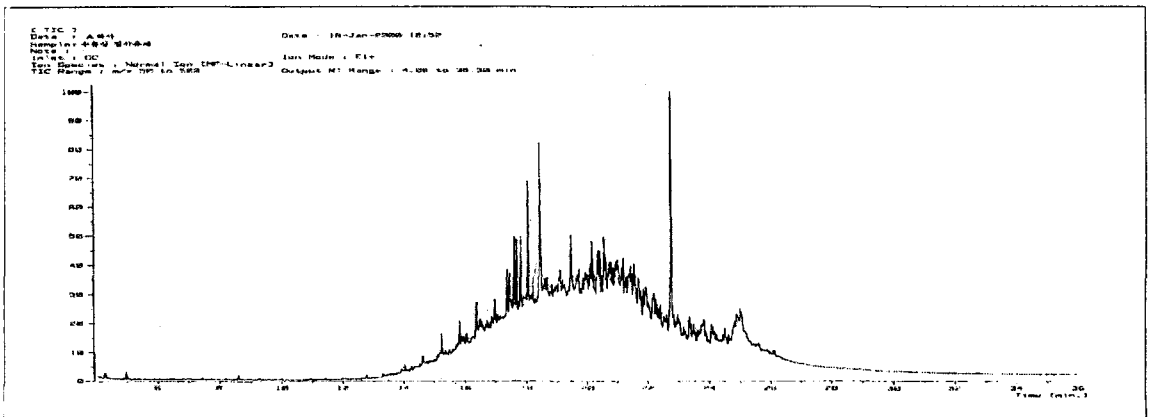


그림 3-1. 수용성 절삭유제의 Mass Spectrum

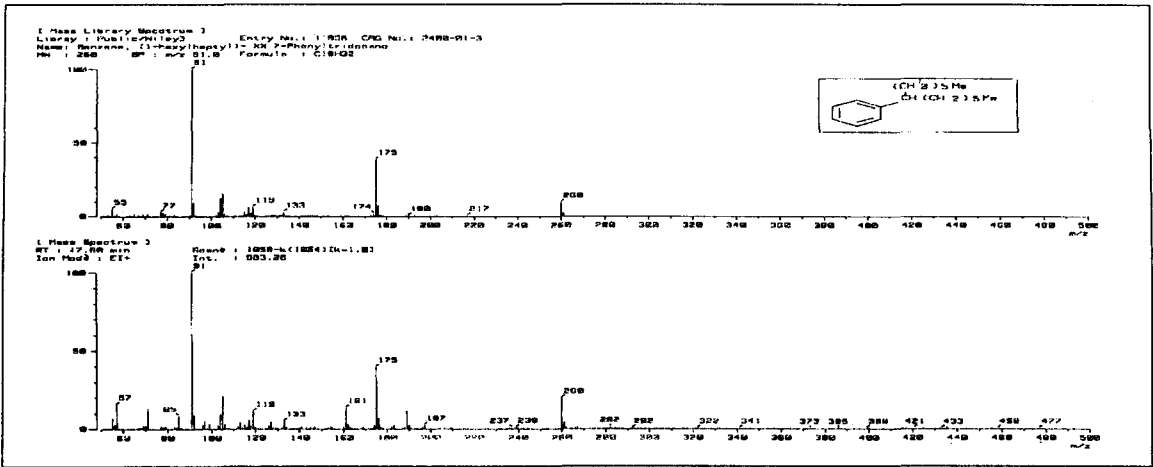


그림 3-2 RT(Retention Time) 17.60min 에서의 Spectrum

그림 3-2는 머무름 시간(Retention Time)17.60min 에서 검출한 Mass Spectrum으로서 m/z(질량대 전하비, mass to charge ratio)값 91에서의 Mass Library Spectrum의 결과이다.

여기서 알 수 있듯이 방향족 화합물인 벤젠(Benzen)과 질삭유제의 구성 성분인 탄화수소 화합

물(HC)이 검출되었음을 알 수 있다.

특히 벤젠은 발암성 물질(산업안전보건법)로써 단기적으로는 호흡곤란, 혈액장애, 심장박동, 두통 등을 포함한 혼수상태를 일으킬 수 있으며, 장기적으로는 폐손상, 뇌손상, 시각장애 등이 야기될 수 있다.⁽²⁾

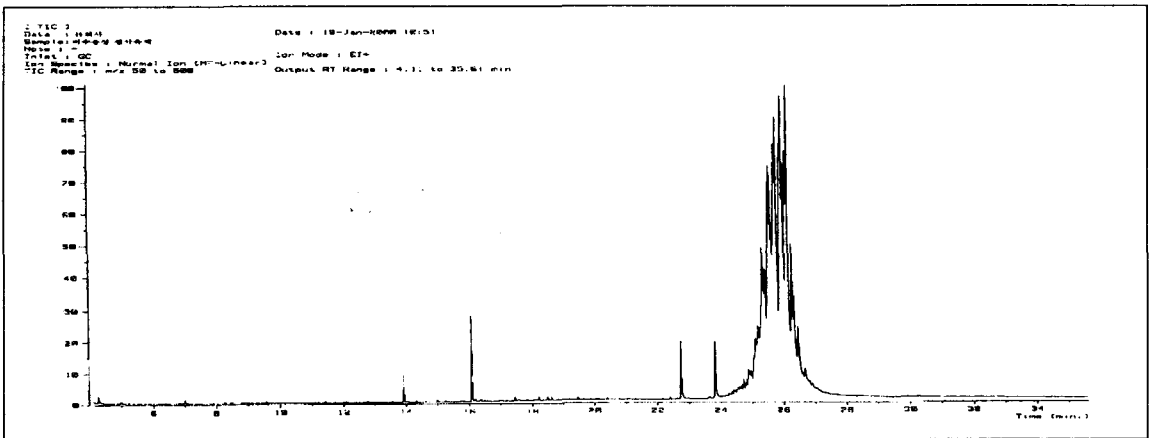


그림 3-3 비수용성 질삭유제의 Mass Spectrum

그림 3-3은 비수용성 질삭유제 흠(fume)을 Mass Spectrum을 사용하여 그림 3-1과 같은 방법으로 이온화 시킨 것이다.

이들 피크중 13.92분에서 페놀(phenol) 성분이 검

출되었으며, 15.0분, 16.09분, 22.75분, 25.26분, 26.26분에서는 탄화수소화합물(HC)로 밝혀졌다. 이중에서 13.92분에 대한 피크(peak)를 그림 3-4에 나타내었다.

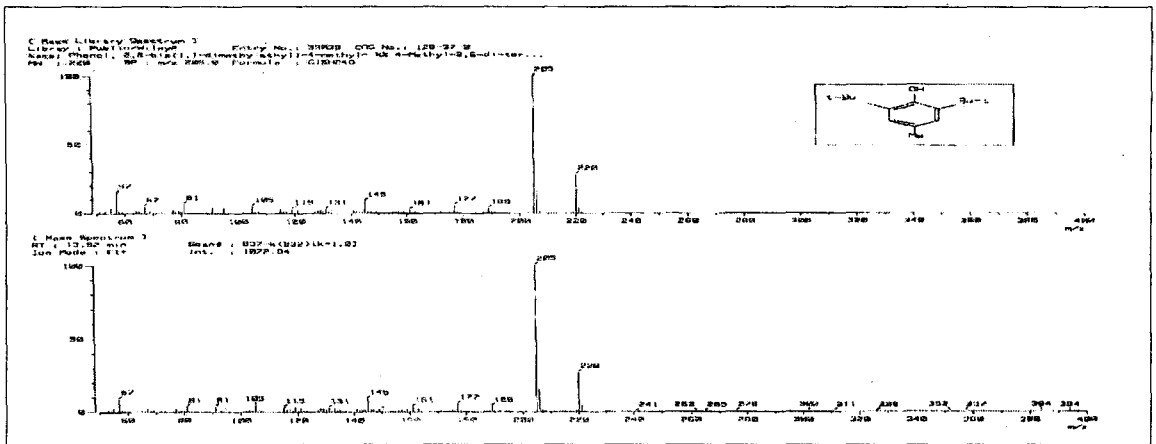


그림 3-4 RT(Retention Time)13.92min 에서의 Mass Spectrum

그림 3-4는 머무름 시간(Retention Time) 13.92min 에서 검출한 Mass Spectrum으로서 m/z(질량대 전하비, mass to charge ratio)값 220에서의 Mass Library Spectrum의 결과이다. 여기서 알 수 있듯이 방향족 화합물인 페놀 성분이 검출되었다.

페놀은 발암성 물질은 아니지만 장기적으로 접촉하게 되면 피부 및 호흡기 질환을 일으킬 수 있는 물질로써 벤젠과 마찬가지로 앞으로 지향되어야 할 것이다.

4. 결론

참고문헌

절삭가공시 절삭유제가 환경에 미치는 영향에 관한 연구를 위해 절삭가공시 비산하는 오일 미스트(oil mist)와 흠(fume)을 채취하여 정량 및 정성분석을 통하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째. 정량분석을 통하여 오일 미스트(oil mist)발생량은 계절, 기후, 사업장의 규모, 환기시설, 공작물의 종류 및 작업형태에 따라서 많은 차이를 보임을 알 수 있었다.

둘째. 정성분석을 통해 절삭가공시 절삭열에 의해 흠(fume)으로 발생하는 입자를 포집하여 성분을 분석한 결과 수용성에서는 벤젠(Benzen)이 비수용성에서는 페놀(Phenol)이 각각 검출되었다.

이러한 성분들은 절삭유제 제조회사에서 절삭가공시 절삭효율을 높이기 위한 수단으로 첨가한 첨가제로 보여진다. 이러한 물질들이 인체나 환경에 미치는 영향이 크기 때문에 절삭유제 사용을 줄여야 함을 알았다.

현재 사용되고 있는 절삭유제에는 벤젠, 페놀과 같은 환경오염 물질이 함유되어 있기 때문에 이것의 사용이 중지되어야 함으로 향후 연구과제는 냉풍 절삭, 드라이 절삭에 초점을 맞추어야 할 것이다.

1. "절삭유제의 현상과 과제", 월간기계설계, 1996
2. Geoged Cloyton & Florence.E Cloyton. "Putty's Industrial Hygiene & Toxicology", 1998.
3. 이홍락 · 배준용 · 박정학 · 이광필 "기기분석", 형설출판사, 1996.
4. 신석봉외 5인 "금속가공 공정의 오일함유페액의 감량화 및 재이용 System 개발", 한화중합화학(주) 중앙연구소, 1996.
5. "절삭유제와 연삭유제", 한국기기유화시험연구원, 1996.
6. 고태조 · 김주현 · 박영우 · 양승한 "절삭이론과 공작기계", 동명사, 1998.
7. 서남섭 "금속절삭이론", 동명사, 1988