

연구 자료

위생 96-7-29

Oil Mist 종류별 특성에 관한 연구

- 윤활유제조 및 절삭유 취급사업장의 Oil Mist의 성분 및 노출농도에 관한 연구 -

1996



한국산업안전공단
산업보건연구원

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 연구결과를 1996년도 산업보건연구원의 연구사업중 "Oil Mist 종류별 특성에 관한 연구"에 대한 최종결과보고서로 제출합니다.

이 연구보고서에 수록된 내용에 대하여 연구자 개인의 의견과
본 연구원의 공식견해가 다를 수 있음을 밝혀 드립니다.

1996년 12월 31일

제 출 자 : 산업보건연구원장 문 영 한

연구책임자 : 수석연구원 정 동 인

공동연구자 : 수석연구원 오 세 민

선임연구원 변 상 훈

기술직 4급 박 승 현

목 차

I. 서 론

1. 연구배경	1
2. 연구목적	1
3. 윤활유(Lubrication Oil)의 일반적 현황	2
가. 윤활유(Lubrication Oil)의 정의	2
나. 윤활유의 분류	2

II. 연구대상 및 방법

1. 대상사업장	5
2. 실험방법	9

III. 연구결과

1. 윤활유 제조공장(A)	11
2. 절삭유 사용업체(B)	11
3. 절삭유 사용업체(C)	12

4. 절삭유 사용업체(D)	13
5. 수용성 절삭유 사용업체	14
6. 절삭유 사용업체(F)	15

IV. 결과에 대한 고찰

1. 개인시료 및 지역시료 분석에 대한 고찰	24
2. 사업장(A~F)의 포집시료 분석치 및 각 공정별 노출농도 비교 ..	25
3. 기초오일 및 사용된 절삭유 성분분석에 따른 고찰	30

V. 요약 및 결론

부록. Oil Mist에 대한 일반적 고찰

1. 절삭가공 윤활유의 특징	34
2. 오일 미스트의 노출 한계	46
3. 오일의 노출평가	47
4. 광물유의 분류	59
5. 절삭유의 물리화학 및 생물학적 성질	60
6. PAH(Polynuclear Aromatic Hydrocarbon)에 대한 고찰	61
7. 절삭유 미스트에 노출된 근로자중 암 사망률 조사	62
8. 기계 공장에서 휴대 Oil Mist 용 시료에 의한 공기중 농도측정과 작업자의 자각증상	
가. 개요	63
나. Oil Mist의 기중 농도측정	64
다. 작업장의 개략과 측정점	64
라. Oil Mist의 기중농도 측정결과	65

VI. 참 고 문 헌	68
-------------------	----

I. 서론

1. 연구배경

광물유(Mineral Oil)는 주로 조립기계 및 금속가공업에서 다량 사용되고 있는 윤활유의 일종으로 국내기업에서는 자동차 부품업체 및 볼트너트를 제조하는 기업체에서 주로 사용되고 있으며 이때 Oil Mist가 많이 발생한다. 취급하고 있는 업체수는 94년도 실태조사⁽¹⁾에 따르면 약 830여개사가 있으며 사용되는 윤활유의 종류수를 대별하면 21종 이며 이것을 사용도에 따라 소분류하면 정확한 숫자는 알 수 없으나 약 296종에 이른다고 보고하였다⁽²⁾. 이들중에서 특히 절삭유(Cutting Oil)의 관한 Oil Mist의 특성을 연구하였다. 선진국 의학보고서에 따르면 직업성 질환중 피부질환자 41%에 이른다고 보고하였다⁽³⁾. 또한 근로자들의 접촉성 Oil로 인한 질환은 대체적으로 절삭가공시에 많이 발생한다는 여러지도원들의 실태보고서의 내용도 참조하여 연구를 수행하였다. 취급하는 절삭유 사업장에서 시료를 채취하여 함량을 분석한 후 그 성분이 단일성분인지 아니면 PAH(Polynuclear Aromatic Hydrocarbons)로 간주되는 물질이 함유되어 있는지 확인하므로 근로자들의 직업성 질병을 예방하기 위해 심도있는 연구가 절실히 요망되고 있다.

2. 연구목적

Oil Mist는 다양한 광물유를 사용할 때 발생된다. 광물유를 주로 사용하는 작업으로는 금속가공, 섬유기계, 프린팅잉크, 식품 및 의약품 제조업등에서 많은 Mist를 발생한다. 실제적으로 Oil Mist는 공기발생과 같은 여러경로를 통해 생성되며 빨리 움직이는 표면적이나 열처리 접촉시 발생된다. 이러한 Mist를 발생시키는 절삭유에는 수용성 및 비수용성의 절삭유가 사용된다. 본 연구에서 직업성 피부장해의 주요인이 될 뿐만아니라 만일 절삭유중에 PAH와 같은 방향성 핵을 가진 탄화수소계의 구조를 가진 분자가 소량이라도 존재한다면 암발생의 위험성도 배제할 수 없는 최악의 상태가 발현될지도 모르므로 이들 Oil Mist의 성분을 분석하여 내용을 파악한 후 PAH가 없으면 다행한 일이고 그렇지 않다면 취급근로자의 직업성 질환을 예방하기 위한 목적으로 본 연구를 수행하였다.

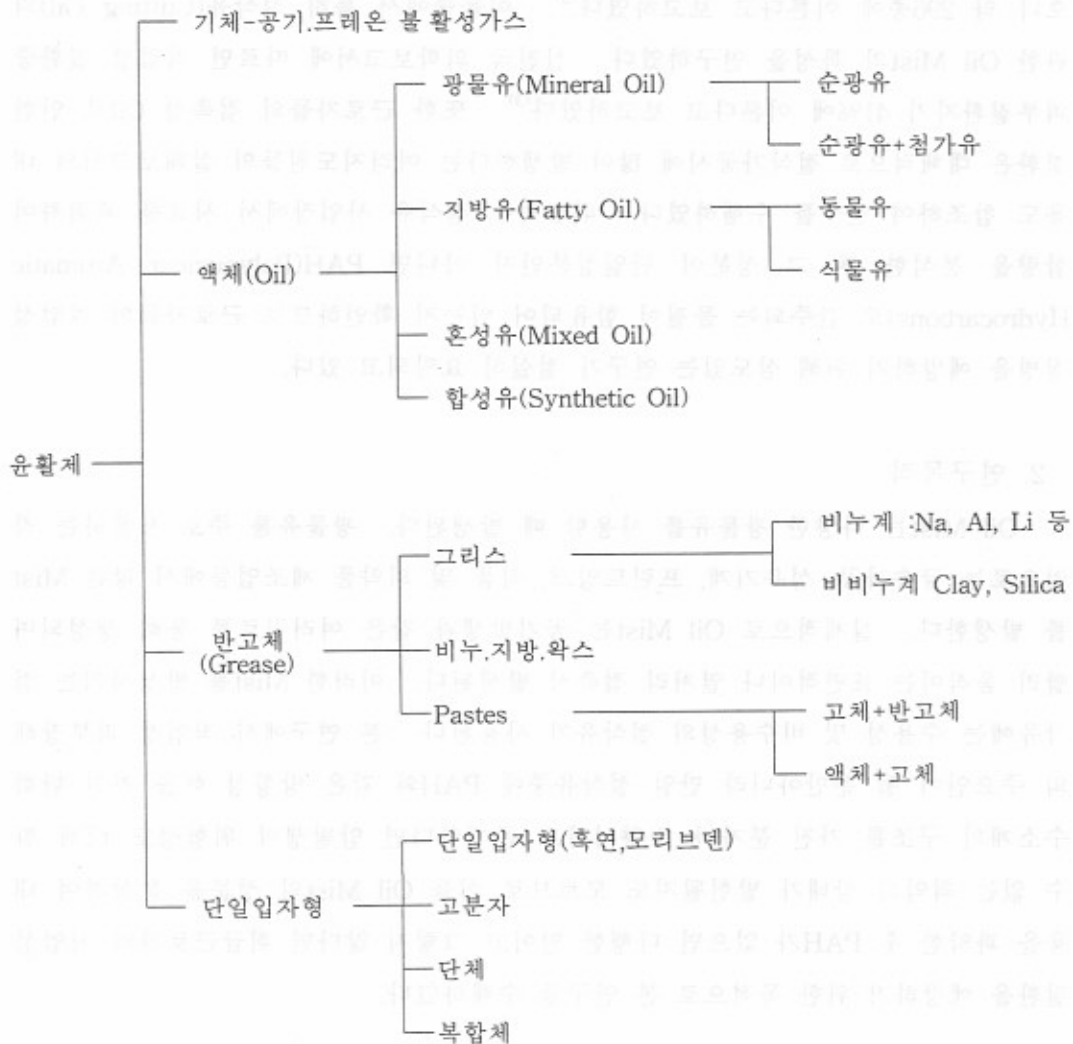
3. 윤활유(Lubrication Oil)의 일반적 현황

가. 윤활유(Lubrication Oil)의 정의⁽⁴⁾

서로움직이는 두물체의 마찰면 사이에 적절한 물질인 윤활제(기체, 액체 또는 고체)를 이용하여 두 물질사이에 마찰저항을 감소시키므로 그 물체의 움직임을 원활하게 하는 동시에 기계적 마모를 최소화시키므로 물체의 움직임을 쉽고 편하게 하며 마찰을 최소로하는 물질을 말한다.

나. 윤활유의 분류

(1) 종류



(2) 특성

- (가) 적절한 점도(Viscosity)를 가질 것
- (나) 한계 윤활상태에서 견딜수 있는 유성을 가질 것
- (다) 화학적으로 안정할 것

(3) 화학조성⁽⁵⁾

윤활유는 종류도 많고 점도 범위도 넓다.

평균탄화수소는 $C_{15} \sim C_{50}$ 개이고

평균분자량은 200~700이며

상압환산비점은 $250^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 범위이다.

탄소수가 동일하더라도 방향족 탄화수소는 파라핀계 탄화수소보다 비점이 높다.

예) C40일 경우 방향족 비점 500°C

파라핀계 비점 400°C 임

윤활유는 가솔린 및 등유, 경유와 달리 탄화수소가 많기 때문에 이성질체(Isomers)의 수가 많고 또한 화학구조도 복잡하다. 고로 가솔린 등은 G.C 분석이 가능하여 탄화수소의 수와량을 명확히 알수 있지만, 윤활유의 경우는 각 탄화수소의 구조를 결정하는 것이나 그량을 결정하는 일은 불가능하므로 Group별 유형분석이 행해지고 있다. 윤활유 기초유를 구성하고 있는 화학적 성분을 모델별로 표시하면 아래 구조식과 같다. 결국 윤활유 기초유는 다음 화학적 기본성분으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

- 포화성분 (노말-파라핀, 이소-파라핀, 나프탄산)
- 단환방향족성분 + 올레핀류
- 이환방향족성분 + 벤조티오펜류
- 유황화합물 (설파이트 + 벤조티오펜)
- 다환 방향족성분 + 디벤조티오펜류 + 카-바졸류
- 수지분 (유황 화합물, 질소화합물, 산소화합물)

(4) 윤활유의 기능

윤활유는 여러종의 기계장치 중 특히 마찰이 심한부위에 접촉시켜 유막을 형성

케하여 두기계 사이에 마찰을 감소시킬 뿐만아니라 또한 마모를 방지케하여 동력손실을 막고 기계효율을 최대로 하기위한 기능을 한다.

(5) 윤활의 형태

- 완전윤활(Full Film Lubrication)
- 경계윤활(Boundary Lubrication)
- 극압윤활(Extreme pressure Lubrication)

(6) 윤활유첨가제(Additive for Lubrication Oil)⁽⁶⁾

첨가제란 윤활유에 소량을 첨가시키므로 윤활유의 제기능을 발휘할 수 있도록 도와주는 보조제로서 품질을 향상하며 성능을 높이는 화학물질의 일종으로 다음과 같은 종류가 있다.

- 산화방지제 ○ 청정제/분산제 ○ 점도지수 향상제
- 유동점강화제 ○ 기포방지제 ○ 극압제 ○ 녹방지제
- 유성향상제 ○ 부식방지제 ○ 마모방지제
- 점착성 향상제 ○ 항유화제 ○ 유화제 ○ 마찰계수 조정제

II. 연구대상 및 실험방법

1. 대상사업장

가. 조사대상

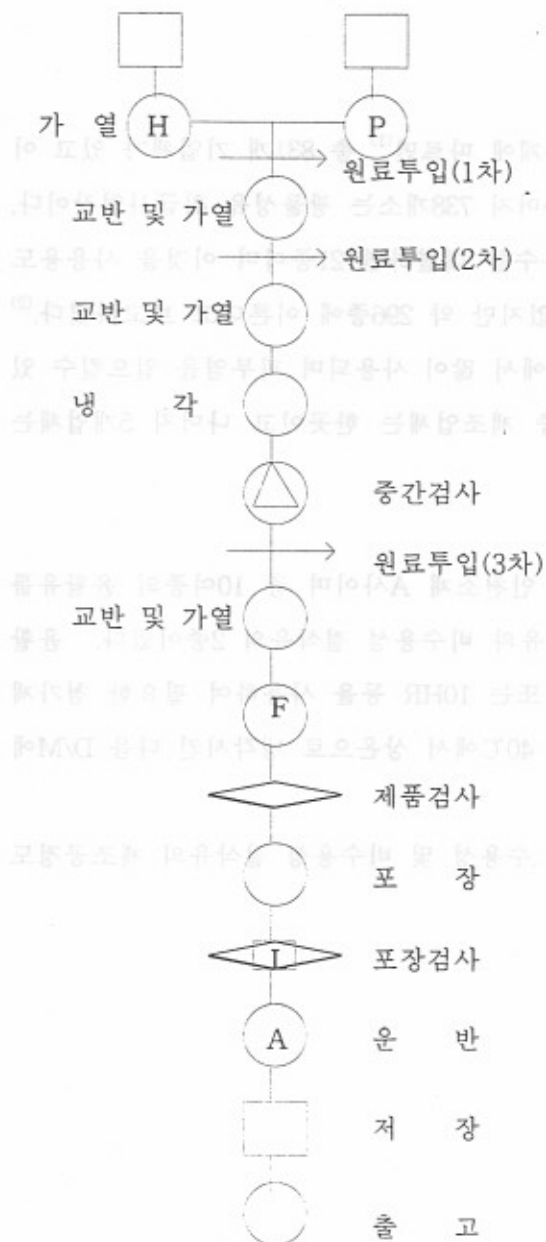
우리나라 윤활유 취급사업장은 '94년 통계에 따르면⁽¹⁾ 총 831개 기업체가 있고 이중 식물성유 취급사업장은 93개소이고 나머지 738개소는 광물성유 취급사업장이다. 국내 윤활유 제조업체에서 생산되는 종류수를 대별하면 21종이며 이것을 사용용도에 따라 소분류하면 정확한 숫자는 알수없지만 약 296종에 이른다고 보고하였다.⁽²⁾ 따라서 본 연구에서는 주로 금속가공업체에서 많이 사용되며 피부염을 일으킬수 있는 절삭유 취급업체를 선정하였다. 그중 제조업체는 한곳이고 나머지 5개업체는 사용업체이다.

나. 윤활유의 제조

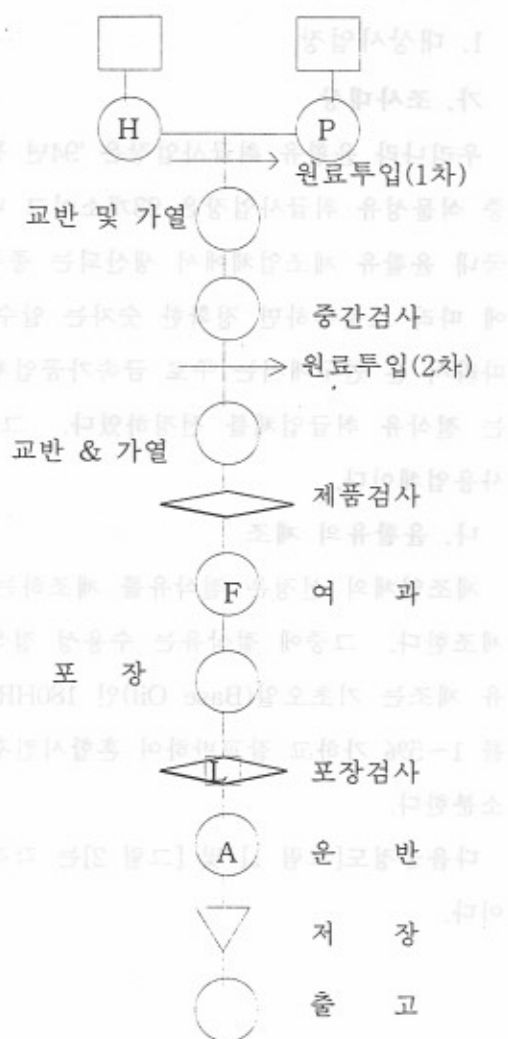
제조업체의 선정은 절삭유를 제조하는 인천소재 A사이며 총 10여종의 윤활유를 제조한다. 그중에 절삭유는 수용성 절삭유와 비수용성 절삭유의 2종이있다. 윤활유 제조는 기초오일(Base Oil)인 180HR 또는 10HR 등을 사용하여 필요한 첨가제를 1~5% 가하고 잘교반하여 혼합시킨후 40℃에서 상온으로 냉각시킨 다음 D/M에 소분한다.

다음공정도[그림 1] 및 [그림 2]는 각각 수용성 및 비수용성 절삭유의 제조공정도이다.

[그림 1] 수용성 절삭유 제조공정도



[그림2] 비수용성 절삭유 제조공정도



(A)사와 같은 윤활유(절삭유, 방청유, 열처리유 등) 제조는 기초오일을 구입하여 첨가제를 가해 혼합제조하는 공장으로 대체적으로 작업환경이 양호하지만 국소 배기 시설의 효율은 좀 낙후된 것으로 판단된다.

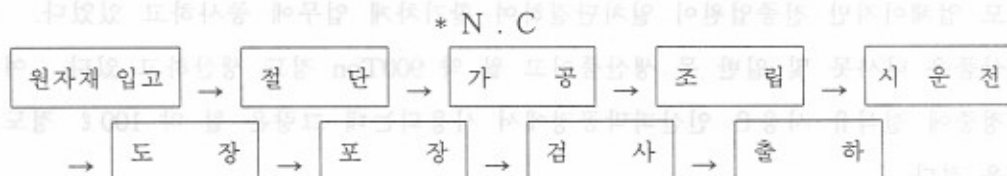
다음[표 1]은 윤활유 제조회사(A)와 오일을 사용하는 사용업체 (B~F)의 규모 및 현황을 요약한 표이다.

[표 1] 절삭유 사업업체 실태조사표

업체명	근로자수	사 용 오 일	제 품 명	설립일 및 소재지	비 고
A	47명	윤활유, 10종	윤활유 제조	'74년 3월 인천시	절삭유 2종
B	173명	절삭유	가스버너 제조	'67년12월 경기.안산	수출내수
C	780명	절삭유 및 냉각유	자동차부품 볼트,너트제조	'54년 3월 경기.안산	국내자동차3사
D	65명	기계작동유, 절삭유	나사못제조	'73년 3월 마산시	수출내수
E	40명	엔진오일, 절삭유	나사못	'79년 9월 마산시	수출 90% 내수10%
F	260명	절삭유 외 9종 사용	볼트 및 너트	'62년12월 경남.양산	수출내수

(B) 사업장은 가스버너를 제작하는 기계공업으로서 여러공정중 절삭유의 사용은 N.C.(자동제어)공정에만 사용되고 있다.

[그림 3] 가스버너 제조공정 개략도

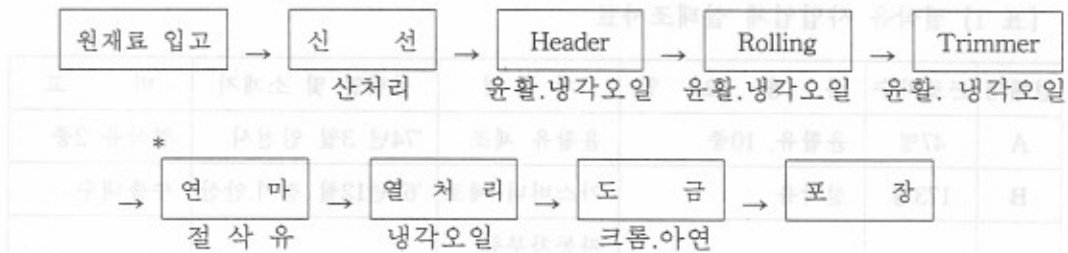


이공장은 전체적으로 매우 청결하고 정리정돈이 양호한 편이고 유기용제는 특히 도장공정에서 많이 사용되므로 이곳에 국소배기 시설은 새로이 설치하고 있어 효율성이 높은 시설로 계속하여 교체하고 매우 효과적이라 판단된다. 특히 절삭유의 Oil Mist는 자동제어기 사용할 때 발생하는 Cover가 되 있어 근로자에 노출은 매우 적다고 판단된다. 사용량은 월 20ℓ 정도로 적지만 근로자에 개인시료 및 지역시료를 동시에 채취하였다.

(C) 사업장은 총근로자가 780명중 생산직 종사자는 450명이며 주생산품은 볼트, 너트외에 유선형나사, 자전거 부품등을 생산하는 매우 큰회사이다. 볼트와 너트등

부품을 제조하는 개략적 공정도를 보면 다음과 같다.

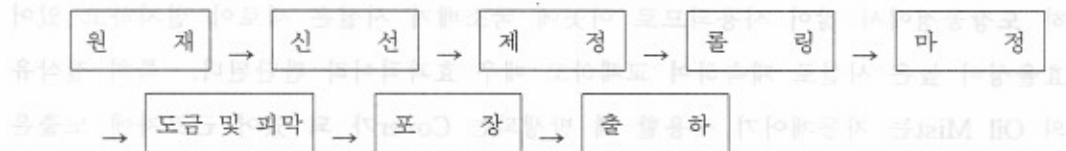
[그림 4] 볼트, 너트 부품 제조공정 개략도



이 사업장에서 사용되는 절삭유는 주로 연마공정에서 많이 사용되므로 Oil Mist 시료 19개중 15개의 개인시료 및 지역시료 4곳을 채취하였다. 본공장은 중소기업체이지만 비교적 규모가 큰 편으로 자동차부품 및 자전거부품을 주로 생산하고 있으며 여러 공정중 Header, Rolling 및 마무리 작업인 Trimmer 공정에서는 매우 높은 소음이 발생하고 있었으며, 해더 공정에서는 Oil Mist가 많이 발생하였다. 절삭유의 사용량은 월 3,000ℓ 정도로 많이 발생하여 이것을 감소시키려는 노력이 매우 활발하였다.

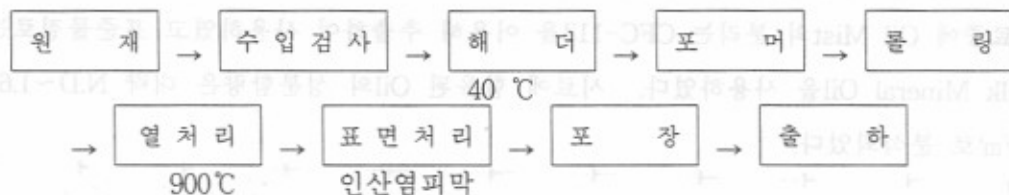
(D) 사업장은 총근로자가 91명이고 이중 생산직에 근무하는 인원은 65명인 소규모 업체이지만 전종업원이 일치단결하여 활기차게 업무에 종사하고 있었다. 주생산품은 나사못 및 일반 못 생산품이고 월 약 900Ton 정도 생산하고 있다. 여러 공정중에 절삭유 사용은 인산피막공정에서 사용되는데 그량은 월 약 100ℓ 정도로 매우 적다.

[그림 5] 제품제조 공정 개략도



(E) 사업장은 금속화스너 및 나사못을 제조하는 업체로서 근로자수는 40여명인 중소기업체이다.

[그림 6] 제품제조 공정개략도



(F) 사업장은 볼트와 너트를 생산하는 자동차 부품생산업체로서 근로자수는 260여명의 중소기업체다.

[그림 7] 제품제조 공정 개략도



사용되는 윤활유의 종류만해도 8종에 이르고 '96년 9월에 총 사용된 오일의량은 약 15,000 l 이다.

2. 실험방법

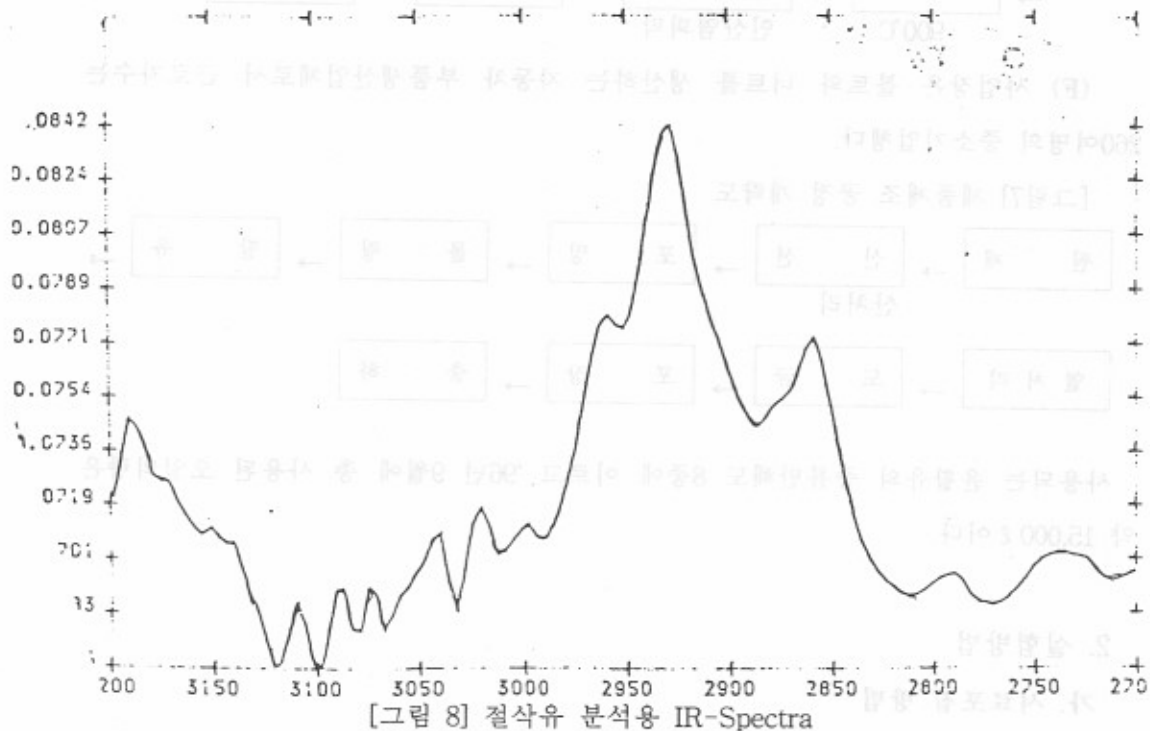
가. 시료포집 방법

작업장내의 Oil Mist 농도측정을 위해 미국국립산업안전보건연구소(NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health)의 공정시험법(NIOSH Method 5026, 1994)에 의해 시료를 포집하였다. 개인용 시료포집기 (Personal Air Sampler, Gilian 및 MSA제, U.S.A)를 이용하여 사용전후에 유량보정계로 유량을 보정한 후 Membrane filter(직경 37mm, 공극크기 0.8 μ m)를 장착시켜 1.7~2.1 l/min의 유속으로 5~7시간 동안 개인의 호흡위치에서 시료를 포집하였다.

나. 분석방법

Oil Mist의 농도의 정량분석은 NIOSH의 공정시험법 5026(1994)에 따라 행하였고 분석기기로는 FTIR(Bruker Model 1FS66, 독일)를 사용하였으며 파장영역은 3,200~2,700 cm^{-1} (3.1~3.7 μ m)사이에 나타나는 최대파장을 선택하여 분석하였다. 이

때에 나타난 최대파장은 [그림 8]에서 보이듯이 $2,927\text{cm}^{-1}$ 가 최대파장이었다. 포집 시료중에 Oil Mist의 분리는 CFC-113을 이용해 추출하여 사용하였고 표준물질로는 Bulk Mineral Oil을 사용하였다. 시료에 함유된 Oil의 성분함량은 대략 $\text{N.D} \sim 1.65 \text{ mg/m}^3$ 로 분석되었다.



[그림 8] 절삭유 분석용 IR-Spectra

다. Oil 성분분석 방법

- (1) 사용기기 : GC-MSD(HP모델, 5890 GC-5971 MSD)
- (2) 분석용매 : CFC-113(1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane)
- (3) 분석조건
 - 분석컬럼 : HP-1(길이 50m*inner 0.2mm)
 - 분석온도 :
 - 오븐 : 200°C 에서 250°C 까지 승온분석($10^{\circ}\text{C}/\text{min}$)
 - 주입기 : 300°C
 - 검출기 : 320°C
 - 성분검색 : Wiley138 database

Ⅲ. 연구결과

1. 윤활유 제조공장 (A)

(A)사는 윤활유를 직접 제조하는 기업체로서 기초오일 180HR(Hudrated heavy paraffinic distillate) B.P범위 (389~530℃)를 사용하여 첨가제 1~5%를 가하여 혼합한후 제품출하함

가. Oil 취급과정

오일을 취급하는 과정은 광물유를 교반기에 투입하는 공정 및 포장공정 등이다.

나. 작업현황

Oil Mist가 발생하는 공정은 따로 없으며 단지 완제품의 광물유를 이송하는 과정에서 손이나 팔과 같은 피부접촉이나 Oil 증기에 의한 노출이 있을 수 있다.

다. 측정결과

[표 2] 시료분석결과

시료번호	작업자	작업내용	노출량(mg/m ³)
①	길. 자. 기	생산부 (투입, 포장 등)	N.D.
②	정. 기. 사	"	0.09
③	표. 사. 사	"	0.06
④	나. 바. 기	"	N.D
⑤	김. 자. 기	"	1.16
⑥	한. 사. 자	"	N.D
⑦	황. 기. 사	"	N.D
⑧	조. 다. 홍.	"	0.08
⑨	오. 사. 홍	"	0.08
	평 균	"	0.13

2. 절삭유 사용업체(B)

(B)사는 산업용 및 가정용 버너를 제조하는 업체로 원자재를 가공하여 생산품을 제조시 절삭유를 사용하는 공정중에 Oil Mist를 발생함

가. Oil 취급과정

극동 Shell사에서 구입한 절삭유는 거의 CNC(Computerized Numeric Control)와 Nc 공정에서 사용되며 18ℓ 통을 월 3~4개(54~72ℓ) 사용함

나. 작업환경

작업시간은 오전 8:30분부터 17:30분 까지이고 CNC와 NC(수치제어 자동선반) 쪽에서 3~4명의 작업자가 있었고 선반기 자체는 덮개가 있어 Oil Mist에 의한 노출은 최소화되고 있었음.

다. 측정결과

[표 3] : 시료분석결과

시료번호	작업자	작업내용	노출량(mg/m ³)
①	원. 스. ㄱ	CNC	0.837
②	이. 오. 나	NC	0.844
③	이. ㄱ. 다	NC	0.051
④	지역시료	NC	0.059
⑤	"	NC	0.039
평 균			0.15

3. 절삭유 사용업체 (C)

(C)사는 원자재(철선)을 가공하여 열처리 및 표면처리하여 볼트, 너트 및 공구를 생산함.

가. Oil 취급공정

Oil을 취급하는 작업공정은 원재를 성형하는 해더, 덤핑 및 롤링공정으로 절삭유는 월 3,000ℓ 정도 사용함.

나. 작업현황

볼트, 너트 및 자동차 부품을 생산하는 주요공정인 해더, 탭핑 및 롤링공정의 생산시 마찰열로 인해 Oil Mist alc 증기가 작업장 전체로 비산됨.

다. 측정결과

[표4] 시료분석결과

시료번호	작업자	작업내용	노출량 (mg/m ³)
①	홍. 비. 인	폴링	0.13
②	정. 비. 인	탭핑	0.23
③	유. 오. 자	"	0.39
④	김. 자. 오	"	0.24
⑤	조. 자. 천	해더	0.60
⑥	김. 인. 천	"	0.76
⑦	김. 인. 자	폴링	0.19
⑧	김. 오. 자	해더	0.32
⑨	이. 오. 인	폴링	0.26
⑩	박. 기. 오	해더	0.64
⑪	송. 천. 천	폴링	N.D
⑫	오. 인. 오	열처리	N.D
⑬	최. 인. 오	"	0.18
⑭	박. 리. 인	"	0.22
⑮	서. 인. 리	"	N.D
⑯	지역시료	해더	1.20
⑰	"	"	0.17
⑱	"	폴링	0.60
⑲	"	해더	0.26
평 균			0.33

4. 철삭유의 사용업체(D)

(1) 원재(철선)를 제품별로 신선후 가공 및 표면처리 하여 산업용 및

일반용못을 생산하는 업체

가. Oil 취급공정

이공정은 가공시의 나사성형작업, 인산염 피막후 녹방지 작업, 기계부품 선반작업이다.

나. 작업현황

사용되는 Oil은 제정 및 가공공정에서 기계작동을 위해 사용되는 기계유와 표

면피막후 방청을 위해 사용되는 수용성 방청유(100 ℓ/월), 인산피막 공정에서 사용되는 수용성 절삭유(100 ℓ/월)등을 사용하고 있었고 기타 신선 작업시 철선 인발을 위해 사용되는 윤활제로서 Drawing Powder를 사용하고 있음.

다. 측정결과

[표 5] 시료분석결과

시료번호	작업자	작업내용	노출량(mg/m ³)
①	지역시료	나사 성형	0.04
②	"	"	0.08
③	이. 오. ㄱ	인산피막 공정	N.D
④	지역시료	"	N.D
⑤	지역시료	선반작업	N.D
⑥	오. ㅅ. ㅎ	"	N.D
평 균			0.04

5. 수용성절삭유 사용업체(E)

이업체는 근로자 30여명의 소규모 업체로서 볼트, 너트를 생산하는 업체임

가. Oil 취급과정

이 공정은 주로 나사를 성형하는 작업중 해더, 포머, 롤링 작업과, 열처리 작업 등에서 이다. 취급하는 Oil 은 주로 롤링작업에서 절삭유(600 ℓ/월)와 냉각유(13,000 ℓ/월)를 사용하며 해더 공정에서는 월 3,000 ℓ의 열처리 공정에서는 월 1,000 ℓ의 오일을 표면처리 공정에서는 방청유(600 ℓ/월)을 각각 사용하고 있었다.

나. 작업현황

나사를 생산하는 주요공정인 해더, 포머, 롤링 공정에서는 생산기기의 마찰열로 인해 Oil Mist 및 증기가 작업장 전체로 비산되고 있었다.

다. 측정결과

[표6] 시료분석 결과

시료번호	작업자	작업내용	누출량(mg/m ³)
①	이. 人. ○	롤 링	1.60
②	최. ㅎ. ㅈ	“	1.65
③	김. 口. ㅎ	헤더성형	0.23
④	차. ○. 人	“	0.37
⑤	박. ㅌ. ㅈ	“	0.76
⑥	이. ㅎ. 人	열 처 리	0.23
⑦	”	열 처 리	0.89
	평 균		0.62

6. 절삭유 사용업체(F)

이 업체는 원재(철선)를 제품별로 신선후 가공하여 볼트와 너트류를 생산하는 부품 생산업체이다.

가. Oil 취급과정

볼트나 너트를 가공하는 너트포밍, 태핑, 볼트포밍, 헤더등의 공정과 열처리 공정에서 주로 많이 사용됨.

나. 작업현황

볼트 너트 포밍 공정에서는 기계유와 가공유가 주로 사용되고 있었으며 (기계유 : 5,000~7,000 ℓ/ 월), 가공유 : 4,000~6,000 ℓ/월), 태핑공정에서는 절삭유가 월 3,000~5,000 ℓ가 사용되며, 방청유는 월 200~600 ℓ가 사용되고 있었다.

다. 작업현황

볼트, 너트를 주생산하는 공정중에 너트포밍, 태핑, 볼트 포밍, 헤더 공정들 중에 생산기종의 마찰열등으로 인해 각종 Oil Mist 및 증기가 작업장전체에 비산되고 있었으며 이로인해 작업장바닥도 매우 미끄러운 상태임.

라. 측정결과

[표 7] 시료분석결과

시료번호	작업자	작업내용	노출량(mg/m ³)
①	이. 자. 오	볼트포밍	1.20
②	김. 자. 사	해더	1.12
③	김. 홍. 천	"	0.48
④	박. 홍. 사	"	0.96
⑤	곽. 자. 오	"	0.93
⑥	김. 자. 홍	너트포밍	0.61
⑦	김. 홍. 자	"	2.09
⑧	김. 홍. 오	"	0.27
⑨	최. 비. 기	선반	0.21
⑩	문. 비. 기	밀링	0.18
⑪	김. 다. 오	물링	0.10
⑫	김. 오. 오	태핑	0.12
⑬	김. 다. 사	태핑	0.14
⑭	지역시료	볼트포밍	1.20
⑮	"	태핑	0.52
⑯	"	너트포밍	0.34
⑰	"	너트포밍	2.61
	평 균		0.50

[표 8]기초오일(10HR)성분분석 결과

순 번	성 분	GC-MSD %
1	Pentadecane	1.38
2	Hexadecane	3.78
3	Heptadecane	6.27
4	Octadecane	7.01
5	Nonadecane	6.27
6	Eicosane	6.27
7	Trimethyl-naphthalene	0.92
8	Dibenzothiophene 또는 Methyl-anthracene	3.32
9	Methyl-dibenzothiophene	7.20
10	Methyl-phenanthrene 또는 Methyl-anthracene	2.40
11	Ethyl-dibenzothiophene	1.75
12	Dimethyl-dibenzothiophene	7.38
13	Dimethyl-naphtho(2,3-b)thiophene	4.43
14	Dimethyl-phenanthrene 또는 이성질체	3.23
15	기타	38.38

순 번	성 분	GC-MSD %
1	1,2-Ethandiol	1.12
2	3-Butylamino-ethanol	0.27
3	1,2-Ethandiol amine	23.69
4	Nonanoic acid	1.42
5	1,2-Ethandiol amine	23.69
6	Nono 2,2,2-trifluoro-ethoxide	20.75
7	기타	23.39

[표 9] 10HR를 원료로 사용 제조한 절삭유

순 번	성 분	GC-MSD %
1	Pentadecane	1.07
2	Hexadecane	2.73
3	Heptadecane	5.03
4	Octadecane	5.25
5	Nonadecane	4.18
6	Eicosane	5.25
7	Triethanolamine	8.84
8	Trimethyl-naphthalene	1.23
9	Dibenzothiophene 또는 Thiaphenalene	1.98
10	Methyl-dibenzothiophene	5.03
11	Methyl-phenanthrene 또는 Methyl-anthracene	2.04
12	Ethyl-dibenzothiophene	1.18
13	Dimethyl-dibenzothiophene	3.27
14	Dimethyl-naphtho(2,3-b)thiophene	2.25
15	Dimethyl-phenanthrene 또는 이성질체	2.41
16	기타	48.26

[표10] 수용성 절삭유

순 번	성 분	GC-MSD %
1	1,2-Ethanediol	14.12
2	2-Butylamino-ethanol	0.57
3	Diethanol amine	25.69
4	Nomanoic acid	1.42
5	Triethanol amine	29.09
6	Boron 2,2,2-mitrilo-triethoxide	26.72
7	기 타	2.39

[표11] 절삭유(4KS)

순번	성분명	GC-MSD%
1	Undecane	0.46
2	Dodecane	0.84
3	Tridecane	1.69
4	Tetradecane	3.10
5	Pentadecane	3.83
6	Hexadecane	4.38
7	Heptadecane	3.79
8	Octadecane	3.13
9	Nonadecane	2.93
10	Eicosane	2.97
11	Tetramethyl benzene	0.42
12	Diethyl-methyl-benzene	0.46
13	Methyl-naphthalene	1.65
14	Dimethyl-naphthalene	4.97
15	Trimethyl-naphthalene	7.53
16	Ethyl-dimethyl-azulene 또는 이성질체	0.53
17	Triethanol-amine	1.80
18	Methyl-dibenzothiophenene	2.35
19	Dimethyl-dibenzothiophene	3.59
20	기타	49.58

순번	성분명	GC-MSD%
1	Octanol amine	8.17
2	2-Ethyl-hexanoic acid	25.77
3	Hexadecane	2.90
4	Heptadecane	4.90
5	Octadecane	6.53
6	Nonadecane	3.45
7	Eicosane	4.17
8	기타	48.10

[표12] 절삭유(7EK)

순 번	성 분	GC-MSD%
1	Nonane	0.46
2	Decane	0.55
3	Dodecene 및 이성질체	2.77
4	Dodecane	1.11
5	Tridecane	2.03
6	Tetradecane	3.23
7	Pentadecane	4.25
8	Hexadecane	4.90
9	Heptadecane	4.71
10	Octadecane	4.71
11	Nonadecane	3.88
12	Eicosane	3.23
13	Tetramethyl-benzene	0.55
14	Methyl-naphthalene	1.57
15	Dimethyl-naphthalene	3.23
16	Trimethyl-naphthalene	4.34
17	2,6-Bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-phenol	6.93
18	Methyl-dibenzothiophene	2.50
19	Dimethyl-dibenzothiophene	0.46
20	기 타	44.55

[표13-A] : 방청유

순 번	성 분	GC-MSD%
1	Diethanol amine	6.17
2	2-Ethyl-hexanoic acid	25.77
3	Hexadecane	2.90
4	Heptadecane	4.90
5	Octadecane	6.53
6	Nonadecane	3.45
7	Eicosane	4.17
8	기타	46.10

[표13-B] : 방청유(P-SV)

순 번	성 분	GC-MSD%
1	Hexane	0.59
2	Methyl-cyclopentane	1.54
3	Benzene	1.09
4	Cyclohexane	2.78
5	Dimethyl-pentane	0.83
6	Methyl-hexane	2.23
7	Dimethyl-cyclopentane	4.75
8	Heptane	3.46
9	Methyl-cyclohexane	6.43
10	Dimethyl-hexane	2.52
11	Ethyl-cyclopentane	1.02
12	Trimethyl-pentane	0.17
13	Trimethyl-cyclopentane	2.73
14	Methyl-heptane	7.36
15	Toluene	8.21
16	Trimethyl-cyclopentane	7.17
17	Dimethyl-cyclohexane	12.03
18	Dimethyl-heptane	2.90
19	Trimethyl-cyclohexane	3.39
20	Ethyl-benzene	4.37
21	Xylene	11.91
22	Methyl-octane	2.40
23	Nonane	0.71
24	Ethylmethyl-benzene	0.19
25	Trimethyl-benzene	0.21
26	Decane	0.19
27	Dodecane	0.36
28	Tridecane	0.52
29	Tetradecane	0.36
30	Pentadecane	0.19
31	2,6-Bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-phenol	1.07
32	1,2-Benzenedicarboxylic acid diethyl ester	0.36
33	기 타	5.98

[표 14] : 가공유(NB30)

(표 13-B) : 가공유(NB30)

순 번	성 분	GC-MSD%
1	Hexadecane	2.74
2	Heptadecane	4.77
3	Octadecane	6.05
4	Nonadecane	5.30
5	Eicosane	5.74
6	Trimethyl-naphthalene	1.90
7	Methyl-dibenzothiophene	5.97
8	Dimethyl-dibenzothiophene	10.65
9	Dimethyl-anthracene 또는 Dimethyl-phenanthrene	2.08
10	Ethyl-pentamethyl-naphthalene	3.31
11	기 타	51.48

[표15] : 경유(DH 70S)

순 번	성 분	GC-MSD%
1	Toluene	0.33
2	Dimethyl-heptane	0.38
3	Trimethyl-cyclohexane	0.35
4	Ethyl-benzene	0.33
5	Xylene	1.97
6	Methyl-octane	0.43
7	Ethyl-cyclohexane	0.33
8	Nonane	1.71
9	Decane	2.82
10	Undecane	2.90
11	Dodecane	2.60
12	Tridecane	2.58
13	Tetradecane	2.92
14	Pentadecane	2.82
15	Hexadecane	1.89
16	Heptadecane	1.63
17	Octadecane	1.47
18	Nonadecane	1.47
19	Eicosane	1.20
20	Dimethyl-octane	1.36
21	Trimethyl-benzene	9.95
22	Methyl-nonane	1.16
23	Dimethyl-octene	0.55
24	Tetramethyl-benzene	6.39
25	Methyl-decane	1.20
26	decahydro-Naphthalene	0.48
27	Methyl-propenyl-benzene	1.14
28	Methyl-undecane	1.62
29	Azulene 또는 Naphthalene	1.41
30	Dimethyl-undecane	1.17
31	Methyl-tridecane	1.11
32	Methyl-naphthalene	2.04
33	Trimethyl-dodecane	1.38
34	Dimethyl-naphthalene	2.17
35	Timethyl-naphthalene	1.13
36	기 타	35.58

IV . 결과에 대한 고찰

o 개요

대상사업장 6개에는 모두다 절삭유 및 기타 윤활유를 취급하고 있었으나 포집한 개인시료중에서 절삭유만을 별도로 분리하여 분석은 할 수 없었고 NIOSH의 공정시험법(5026)에 따라 모든 윤활유는 함께 최대 파장이 2927cm⁻¹ 부근에서 성분을 분석한 값들이다. 주로 절삭유를 취급하고 있는 업체인 볼트 및 너트를 제조하는 사업장을 대상으로 Oil Mist의 정확한 농도값을 알기위함이다. 지금까지는 일반분진과 같은 총 중량법으로 무게 차이만을 가지고 분석하였으나 본 연구에서는 FT-IR를 써서 일반분진을 제외한 윤활유의 농도값만 정확히 분석하였다.

1. 개인시료 및 지역시료 분석에 대한 고찰

A작업장은 윤활유를 직접 사용하는 업체가 아니라 9종의 윤활유를 제조하는 회사이며 근로자가 제품을 접촉하는 장소는 소분하여 드럼에 넣는 작업을 하고 있고 또한 온도는 상온으로 매우 온화한 조건이고 배기시설이 매우 효율적으로 설치되어있어[표 2]에서 보이는 바와 같이 Oil Mist의 농도는 기준농도인 5mg/m³보다 훨씬 낮은값을 보이고 있다. 즉 결과를 보면 적게는 N.D.에서 1.16mg/m³이며 기하 평균치는 0.13mg/m³이었다.

B작업장은 가스버너(가정용 및 산업용)를 제작하는 회사로 수치제어 자동선반(N.C)공정에서만 절삭유를 사용하고 있었는데 이곳에서는 기계자체에 덮개가 있어 비교적 Oil Mist의 노출량이 적게 나타나고 있다. 측정결과 작업장은 전체적으로 0.039~0.844mg/m³(허용기준5mg/m³)의 농도분포를 보이고 있어 노출농도는 허용기준 미만으로 나타났으며 작업장 평균 Oil Mist의 농도는 0.15mg/m³이었다.

C작업장은 절삭유 및 냉동유를 사용하는 업체로서 철선을 열처리 및 표면처리하여 볼트, 너트 및 공구를 생산제작하는 업체로[표 4]에서 보는 바와 같이 개인시료 ①번에서 ⑮번 까지는 N.D.에서 최고치는 0.76mg/m³이 분석되었으나 ⑯번의 지역시료는 비교적 높은 값인 1.20이 나왔고 ⑰~⑲까지의 지역시료는 개인시료의 평균

값과 큰 차이가 없었다. 이 전체 작업장의 개인시료의 평균값과 큰 차이가 없었다. 이 전체 작업장의 평균농도치는 $0.33\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 허용기준치 미만으로 나타났다.

D작업장은 절삭유 및 방청유등을 사용하여 원재를 제품별로 신선후 가공 및 표면처리하여 산업용 및 일반용 못을 생산하는 소규모의 업체이며 [표 5]에서 보듯이 Oil Mist의 노출량은 타 작업장에 비해 매우 양호하여 지역시료①,②번에서만 $0.04\sim0.08\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 분석되었고 기타 ③-⑥번 시료에서는 N.D.로 측정되었다.

E작업장은 절삭유 및 냉각유를 사용하여 볼트 및 너트를 생산하는 근로자가 30여명의 소규모업체로서[표 6]에서 보듯이 작업장의 전체적인 Oil Mist의 농도 분포는 $0.23\sim1.65\text{mg}/\text{m}^3$ 의 농도 분포를 보이고 있고 평균노출값은 $0.62\text{mg}/\text{m}^3$ 이었다.

F작업장은 절삭유, 기계유 등을 사용하여 원재를 제품별로 신선가공하여 볼트와 너트를 생산하는 업체로서 개인시료 ①~⑬번까지는 대체적으로 Mist의 농도가 기준치를 훨씬 미달하는 수준의 값을 보이고 있고 지역시료 역시 ⑭번의 너트포밍의 $2.61\text{mg}/\text{m}^3$ 을 제외하고 매우 낮은 값으로 분석되었다. 특이하게 볼트포밍시에 개인시료 및 지역시료의 값은 $1.20\text{mg}/\text{m}^3$ 로 동일하였다. 이는 작업자가 작업을 수행하는 동안 3의 자리를 이탈하지 않고 고정된 장소에서 작업을 하였다고 판단되며 작업장 전체 분포는 $0.10\sim2.61\text{mg}/\text{m}^3$ 의 농도값을 보였으며 평균값은 $0.50\text{mg}/\text{m}^3$ 이었다.

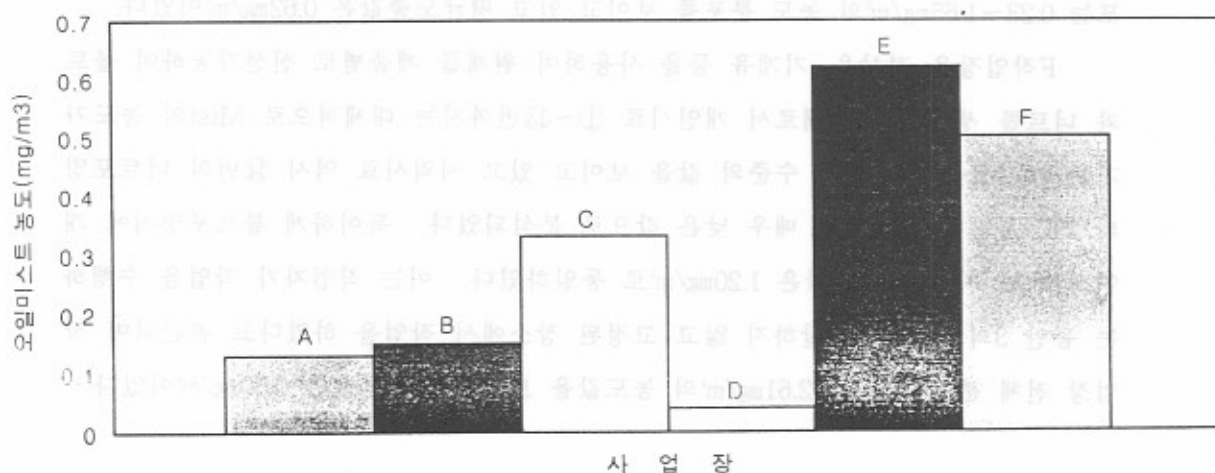
2. 사업장의(A~F)의 포집시료 분석치 및 각공정별 노출농도 비교

다음표[16]은 제조업체(A)사와 사용업체(B~F)사들의 포집시료의 농도 측정치 및 기하평균값을 비교한 표이다.

[표16] : 업체별 윤활유 또는 절삭유 측정결과

업체명	시료수(개)	농도범위(mg/m^3)	기하평균치(mg/m^3)	비 고
A	9	$0\sim1.160$	0.13	윤활유 9종생산업체
B	5	$0.039\sim0.844$	0.15	절삭유 사용업체
C	19	$0\sim120$	0.33	"
D	5	$0\sim0.008$	0.04	"
E	7	$0.23\sim1.65$	0.62	"
F	17	$0.10\sim2.69$	0.50	"

가. A사는 절삭유를 제조하는 제조업체로서 기하평균농도값은 $0.13\text{mg}/\text{m}^3$ 로서 대체적으로 농도값이 크지않다. 즉 Oil Mist의 허용기준치인 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 보다 훨씬 미달되는 수준이다. 그러나 B~F의 절삭유 사용업체의 측정결과를 보면 D사가 농도값이 각 별히 적은 이유는 절삭유 자체의 양이 타사에 비해 월등히 적었고 인산피막공정에서 사용되는 절삭유는 수용성 절삭유로서 물현 상태에서 사용되므로 측정농도치가 제일 적게 나타난 것으로 판단된다.



[그림 9] 윤활유 제조업체 및 절삭유 사용업체의 노출농도

나) [그림 9]를 보면 B, C, E, F사 들은 각각의 기하평균 농도값은 0.15, 0.33, 0.62 및 $0.50\text{mg}/\text{m}^3$ 로 절삭유는 직접 제조하는 A사보다는 1.15배에서 4.77배 만큼의 농도값이 크게 분석되었다. 이 실험치로 보아 제조업체에서 발생되는 Oil Mist 보다는 사용업체에서의 Oil Mist 값이 크므로 앞으로 사용업체에서 일하는 근로자 및 작업 환경에 대한 국소배기시설 및 안전한 보호구 착용이 절실히 요망되는 바이다.

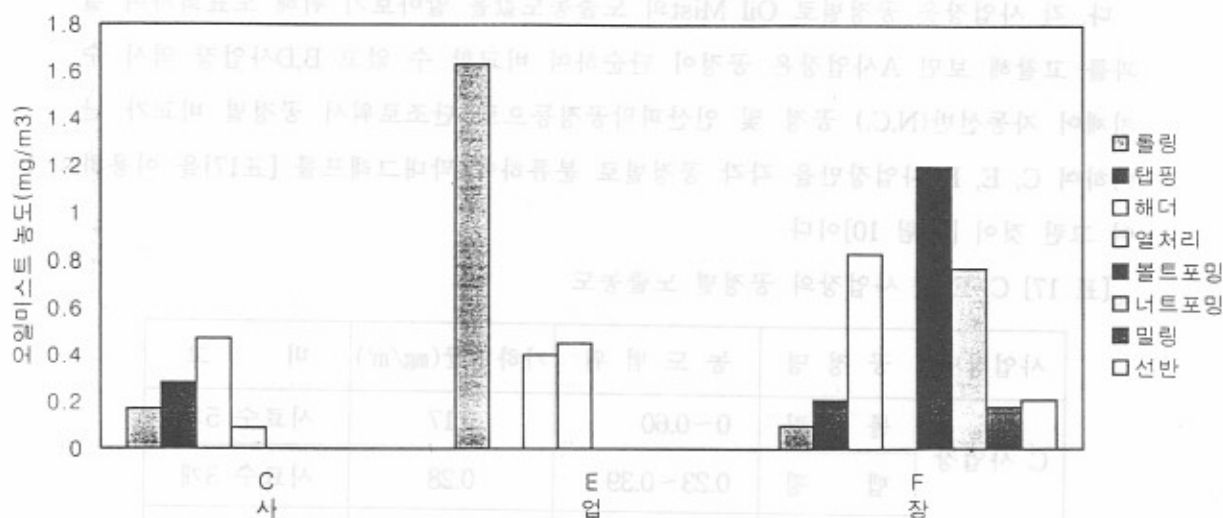
[그림 9]는 [표16]을 이용하여 그린 막대그래프이다.

한편 C, E, F사들의 공정별로 및 Oil Mist의 농도값을 도표화 하여 결과를 고찰해 보면 다음과 같다.

다. 각 사업장을 공정별로 Oil Mist의 노출농도값을 알아보기 위해 도표화하여 결과를 고찰해 보면 A사업장은 공정이 단순하여 비교할 수 없고 B,D사업장 역시 수 치제어 자동선반(N.C.) 공정 및 인산피막공정등으로 단조로워서 공정별 비교가 난 이하여 C, E, F 사업장만을 각각 공정별로 분류하여 막대그래프를 [표17]을 이용하여 그린 것이 [그림 10]이다.

[표 17] C, E, F 사업장의 공정별 노출농도

사업장명	공 정 명	농 도 범 위	기하평균(mg/m ³)	비 고
C 사업장	물 링	0~0.60	0.17	시료수 5개
	탭 핑	0.23~0.39	0.28	시료수 3개
	해 더	0.26~1.20	0.47	시료수 7개
	열 처 리	0~0.22	0.09	시료수 4개
E 사업장	물 링	1.60~1.65	1.63	시료수 2개
	해 더	0.23~0.76	0.40	시료수 3개
	열 처 리	0.23~0.89	0.45	시료수 2개
F 사업장	볼트포밍	0.20	1.20	시료수 2개
	탭 핑	0.12~0.52	0.21	시료수 3개
	해 더	0.48~1.12	0.83	시료수 4개
	너트포밍	0.27~2.61	0.77	시료수 5개
	물 링	0.10	0.10	시료수 1개
	밀 링	0.18	0.18	시료수 1개
	선 반	0.21	0.21	시료수 1개



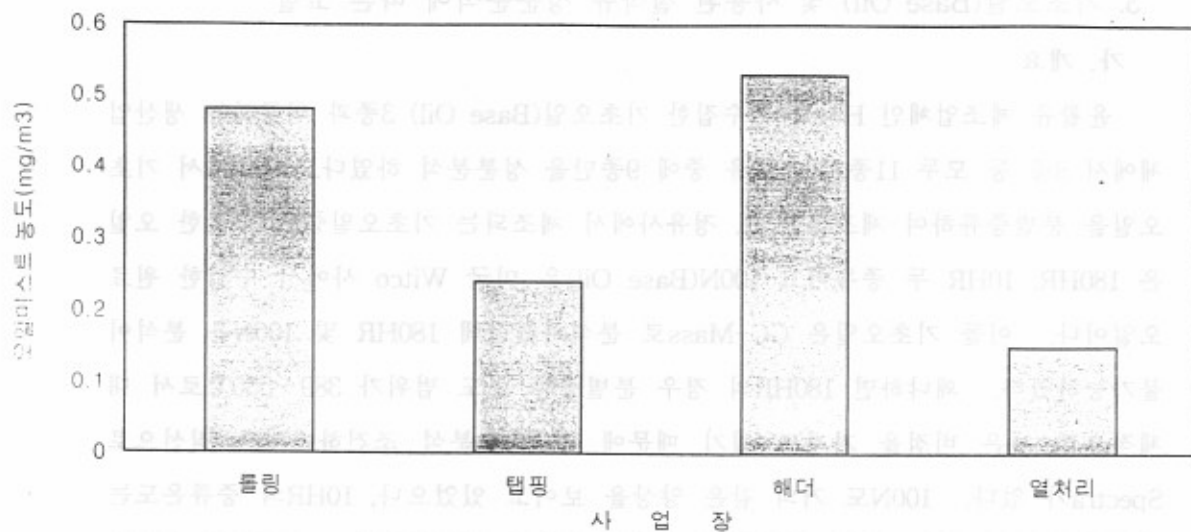
[그림10] 공정별 사업장 농도

[그림10]에서 보면 C 사업장에는 태핑공정에서 가장 노출농도값이 크고 E사업장에서는 열처리 공정에서 가장 노출농도값이 크며 F사업장에는 해더공정이 가장 노출농도값이 큼을 알 수 있다.

[표18] C, E, F사의 각공정을 합한 노출농도의 기하평균치

공정명	농도범위	평균치(mg/m³)	비고
롤 링	0~1.65	0.48	시료수 8개
태 핑	0.12~0.52	0.24	시료수 6개
해 더	0.23~1.20	0.53	시료수 14개
열처리	0~0.89	0.15	시료수 6개

라. C, E 및 F사의 각 공정은 사업장에 따라 공정명칭이 달리 표현된다. 볼트 및 너트포밍이 롤링공정으로 불리우는 경우도 있어 유사공정을 모두 합하여 표10을 작성하여[그림11]을 만들었다.



[그림11] 3개사업장(C, E, F)의 합한 공정도표

[그림11] 역시 노출이 심한 공정은 해도(Header)공정으로 볼트나 너트를 깎는 공정으로 Oil Mist가 많이 발생하고 롤링(Rolling)공정도 쇠에 흠을 파는 작업이므로 평균 노출농도가 심하게 나타나며 제일 적은 열처리 공정은 완제품을 열처리하여 절삭유를 제거하는 공정이므로 노출농도는 제일적다고 판단된다.

3. 기초오일(Base Oil) 및 사용된 절삭유 성분분석에 따른 고찰

가. 개요

윤활유 제조업체인 H사에서 수집한 기초오일(Base Oil) 3종과 취급하는 생산업체에서 8종 등 모두 11종의 윤활유 중에 9종만을 성분분석 하였다. 국내에서 기초오일을 분별증류하여 제조하는 H. 정유사에서 제조되는 기초오일중에 수집한 오일은 180HR, 10HR 두 종류이고 100N(Base Oil)은 미국 Witco 사에서 수입한 원료오일이다. 이들 기초오일은 GC-Mass로 분석하였는데 180HR 및 100N은 분석이 불가능하였다. 왜냐하면 180HR의 경우 분별증류 온도 범위가 389~530℃로서 대체적으로 높은 비점을 가지고 있기 때문에 최적의 분석 조건하에서도 직선으로 Spectra가 없다. 100N도 거의 같은 양상을 보이고 있었으나, 10HR의 증류온도는 이들보다 낮은 294~418℃ 이므로 화학성분 분석이 가능하였다. 대부분의 윤활유는 탄소수가 약 15개이상의 지방산으로 형성되어 있어 비점은 약 300~600℃를 나타내고 있다. 일반적으로 Paraffinic crude Oil은 높은 Wax 성분을 함유하고 높은 점도지수를 가지고 있으나 비교적 낮은 aromatic hydrocarbon을 함유하고 있다. 한편 Naphthenic crude Oil은 낮은 Wax성분이며 비교적 높은 Cycloparaffins와 aromatic hydrocarbon을 함유하고 있다⁽⁶⁾.

나. [표 8]: 10HR의 분석 고찰

순번 1은 탄소수 15개인 Pentadecane이 1.38%이고 순번 2인 Hexadecane 은 16개의 탄소수이며 3.78%로 분석되었고 순번 3~5는 탄소수 17~19개의 지방족 탄화수소의 화합물이다. 그러나 고리 화합물인 방향족 탄화수소는 지방족 화합물과 달리 두 개 이상의 방향족 탄화수소 즉 다핵성 방향족 탄화수소(PAH, Polynuclear Aromatic Hydrocarbon)의 화합물이 피부에 접촉되면 피부암을 유발할 가능성이 있다는 보고도 있어 과연 기초오일중에 이와 같은 PAH의 함량이 어느정도 인가를 모색하기 위해 성분분석을 시도하였다. 순번 8은 dibenzothiophene으로서 PAH의 일종으로 간주된다. 이물질의 탄소수는 12개 이지만 방향족 구조를 가진 화합물로서 그 함량은 3.32%이다. 순번 9는 메틸기가 하나더 있는 dibenzothiophene 이며 그 함량은 7.20%이다. 순번 11은 에틸기가 하나있고 12번은 메틸기가 2개 더 있는

PAH의 일종이며 그 함량은 각각 1.75, 7.38%이다. 13번 14번은 각각 나프타린과 페난트렌의 유도체인 PAH의 일종으로 그 함량은 각각 4.43% 및 3.23%이다. 따라서 순번 7은 나프타린의 유도체로 그 함량은 0.92%이다. 따라서 전체적인 혼합비를 보면 PAH로 간주되는 총 함량은 무려 30.63%로 상당량이 기초오일(10HR)중에 존재함을 알수 있고 한편 탄소수가 15개 이상인 지방족 탄화수소의 총합량도 30.98%나 된다. 그리고 기타성분은 약 40%이므로 이 10HR를 써서 제조한 절삭유를 사용할 때 많은 주의가 요망된다. 여기에서 알 수 있는 사실은 우려했던 PAH의 화합물중 발암성을 가진 것이 정확히 어떤 종류인지는 알수 없으나 단지 피부접촉을 직접하지 않도록 철저한 보호구의 착용을 반드시 실행되어야 할 것이며 또한 호흡성 및 흡입성 경로를 통해 침입하지 못하도록 마스크나 기타 보호장비를 착용하므로 유사 PAH에 대한 직업성 질환을 사전에 예방해야 할 것으로 사료되는 바이다.

다. [표 9] 기초오일(10HR)을 원료로 사용한 절삭유의 분석고찰

[표 9]를 고찰해 보면 순번 1~6까지는 10 HR 원액과 성분은 같으나 조성비만 다르고 순번 11의 Triethanolamine (8.84%)는 첨가제로서 가한 화학약품인 것으로 추측된다. 그 이하순번 물질의 화학조성은 10HR와 성분은 같으나 조성비만 다르다. 따라서 이 절삭유를 취급하는 근로자들의 피부접촉 및 기타 호흡성, 흡입성의 Oil Mist도 철저히 막을 수 있는 시설물 및 보호구의 사용을 강구해야만 직업성질환 예방을 할 수 있을 것으로 판단된다.

라. [표10] 수용성 절삭유의 분석 고찰

[표10]에서 보면 유사 PAH로 간주되는 화합물은 포함되어있지 않고 있어 대체적으로 안전하다고 평가된다. 최근에 절삭유 사용 동향을 보면 비수용성보다는 수용성 절삭유의 사용을 선호하고 있는 경향이 있는데 이는 물에 잘녹으므로 취급이 용이하다는 장점도 있겠으나 특히[표10]에서 보는 바와 같이 유사 PAH의 성분이 없다는 것이 첫째 이유가 아닌가 평가된다.

마.[표11,12] 비수용성 절삭유의 분석 고찰

이들표의 성분을 보면 탄소수가 적게는 9개에서 20개 사이의 지방족 탄화수소

로 형성되고 있고 또한 유사 PAH로 간주되는 나프타린 및 디벤조티오펜과 같은 다핵성 방향족 탄화수소가 [표11] 및 [표12]에서 각각 13~14%, 및 12~13%로 근사한 조성비로 형성되고 있어 이들 수용성 절삭유는 비수용성 절삭유보다는 근로자들이 취급사용시에 보다 완벽한 보호구의 착용이 요망되고 있다.

바. 방청유의 분석 고찰

[표13-A] 결과를 보면 이들 성분은 방청유로서 탄화수소인 순번 2와 같은 핵산이 25.77% 함유되고 있고 탄소가 16~20개의 지방족 탄화수소가 모두 20%정도 함유되어 있어 발암성 유발 가능성이 있다는 PHA의 함량은 존재하지 않아 안전한 물질로 예측되나 한편 사항[표13-B]과 같은 방청유는 그 화학적 성분이 바항과는 달리 방향족 화합물인 벤젠, 톨루엔 및 자일렌등도 각각 1.09%, 8.21%, 11.91%로 각각 함유되어 있어 사용자들이 오일에 대한 접촉 및 흡입의 억제를 위해 효율성 있는 시설 및 보호구를 착용해야 할 것이다.

아. 가공유(NB30)의 분석 고찰

[표14]의 사항 가공유(NB 30)의 성분을 보면 탄소가 16개~20개의 지방족탄화수소도 존재하지만 순번 9,10번과 같은 일종의 PHA로 간주되는 방향족 탄화수소도 5% 함유되어 있어 피부 및 호흡성에도 보호될 수 있는 효율성 있는 보호구의 착용이 필요하다.

자. [표15]의 사항의 경우 성분을 고찰해 보면 35종 이상의 여러종류의 화학물질로 구성되어 있으며 탄소수가 9개 이상 19개의 지방족 탄화수소는 물론 순번 26, 29, 32, 34 및 35번과 같은 나프타렌계의 방향족 탄화수소가 함유되어 있어 절삭유와는 성분은 다르지만 오일 미스트로 인한 작업자들의 피부 접촉을 철저히 회피토록 조치해야 할것으로 사료되는 바이다.

V. 요약 및 결론

① 6개 사업장 140여개 시료의 Oil Mist를 분석한 결과는 거의 허용기준 ($5\text{mg}/\text{m}^3$) 이하 농도를 나타내고 있었다.

③ 피부암을 일으킬 가능성이 있다는 다핵성 방향족 탄화수소(PAH, Polynuclear Aromatic Hydrocarbon)등의 함량분석은 총시료 11개 기초오일(Base Oil)중에 9종만이 GC-Mass 기로 성분분석이 가능하였다.

④ 기초오일(Base Oil) 및 일반적 윤활유의 분석조건이 매우 까다로워 본 연구수행시 수차에 걸린 예비실험을 통하여 만족스러운 조건을 모색한 후 시도하였으며 이때 기초오일 뿐만 아니라 절삭유, 방청유 및 일반경유등과 같은 오일의 성분분석을 하였다.

⑤ 전체적으로 보아 Oil Mist가 발생하는 사업장에서는 효율성이 좋은 국소배기시설을 설치해야 함은 물론 보호구의 사용을 철저히 하므로 보다 쾌적한 작업환경을 조성해야 할것이다.

⑥ 절삭유 제조에 필요한 기초오일(Base Oil)과 그것을 사용하여 제조한 절삭유 및 다른 종류의 윤활유에 대한 화학성분을 분석한 결과 PAH로 간주되는 다핵성방향족 탄화수소가 존재하고 있어 그 내용을 보면 기초오일(10HR) 비수용성절삭유 및 가동유등의 PAH로 간주되는 분석된 물질의 함량은 각각 30.63%, 12~14% 및 5%씩 큰 혼합비로 존재하고 있으나 이 함량은 1983년 Concave 등이 PAH로 대분해 놓은 6종류의 부류에 속할뿐 그 자체가 발암성을 유발시키는 것을 의미 하는 것은 아니다.

외국의 경우는 절삭유 미스트에 노출된 5년 혹은 그 이상 종사한 근로자들에게 20년간 추적한 후에 발견하였다.⁽¹⁰⁾ 우리나라에 경우 아직은 피부암 및 호흡성 암등과 같은 질병의 발견은 되고 있지 않다. 그러나, 국내 사업장의 경우 본격적으로 절삭유등의 사용은 약 20여년 경과 됐고 또한 장기근무자가 많지 않아 다소 발암성에 대한 위험요소는 적다고 판단되나 지금부터 미래에 대비한 각종 시설물의 보완은 물론 피부접촉성 보호구의 철저한 사용을 권장해야 할것으로 판단된다.

부록 : Oil Mist에 대한 일반적 고찰

1. 절삭가공 윤활유의 특징

가. 절삭가공시의 윤활작용

절삭(Cutting)이란 같은 금속물체를 가공하고자 할 때에는 경도가 보다 큰 공구를 이용하여 피가공체를 절단하거나 부분적으로 깎아내는 칩(Chip)을 생성시키는 작용을 절삭이라 하며 이때 절삭하는 공구 종류는 단인공구(Bite)와 드릴(Drill)이나 밀링카-터(Milling Cutter)와 같은 다인 공구가 있고 이밖에 연삭숫돌과 같이 입자로 된 것도 있다. 이와같이 생성된 연삭입자는 결합제로 되었으며 입자가 둔화되어 절삭작용이 결합제의 강도이상인 되며 숫돌의 열 전도성이 좋지 않기 때문에 대부분 가공물에 전도된다. 그러한 결과로서 연삭균열이 발생하며 공작물의 재질도 변하므로 연삭유를 공급하여 이러한 불합리한 조건을 제거시켜야 한다. 연삭유는 윤활성, 냉각성 및 침투성이 있어야 하며 윤활작용을 할 때에는 숫돌입자의 절삭작용을 용이하게 하며 숫돌입자가 마모되거나 열을 발생하는 것을 감소시키는 역할도 한다.

냉각작용의 역할로는 생성된 열을 신속히 흡수하여 제거하게 되며 침투작용으로는 숫돌입자사이에 연삭칩이 스며들어 갈수 있는 작용을 막아주게 된다. 금속절삭시 공구와 금속재료의 마찰로 인하여 열(Heat)이 발생되며 동시에 마모된다. 이러한 현상을 감소시키기위해 절삭유(Cutting Fluids)를 사용하게 된다. 금속을 절삭하거나 연삭가공시에 물이나 동·식물유를 사용하는 것은 우리조상들이 옛부터 사용해 왔든 경험적 지식에 바탕을 둔 것이다. 현재 절삭유 사용은 주로 자동차 부품, 기계 전기 등의 기계공작 분야에 널리 사용되며 산업발전에 크게 기여하고 있다. 최근에는 기계 가공시 고능율화 고정도화 추세에 맞추기 위해 절삭유 사용에 대한 기대가 매우 큰 것이 사실이다. 최근 현대화물결에 모든 작업장의 근로자들은 쾌적한 절삭유사용에 대한 성능도 매우 복잡 다양화되고 있다. 절삭유의 중요한 두가지 작용은 냉각작용 및 윤활작용이다. 냉각작용은 공구 인선부에서의 온도를 하강시켜 공구수명을 연장시키며 공작물의 온도구배에 의한 열변형을 방지시

켜주는 역할을 하며 한편 윤활작용은 공구와 금속체사이에 마찰을 감소시켜 절삭공구의 수명을 늘리고 가공면의 정확도를 향상시키는 역할을 한다.

나. 절삭시 공구수명과 마모관계

공구파손의 원인은 다음네가지 경우로 구별된다.

1) 온도상승에 따른 파손 (Temperature Failure)

절삭작업에서 속도가 상승하면 온도도 함께 상승하여 마모형태도 커지게 된다. 마모가 클 경우 공구날의 입력에너지가 크게되어 가열 및 마모가 더 심하게 된다. 때로는 불꽃이 발생하는 경우도 있다.

2) 크레이터마모(Crater wear)

경화된 칩이 공구면을 유동할 때 공구면의 마모작용을 분화구작용이라 하며 이때의 마모를 분화구(Crater)마모라 한다.

3) 후랭크마모(Flank wear)

가공면에 평행한 공구후랭크의 마모를 후랭크마모라 하며 마모량은 후랭크마모의 폭으로 표시한다.

4) 파손(Chipping)

공구날이 파괴되어 탈락되는 현상을 Chipping이라하며 평삭과 밀링에서와 같이 충격을 받는 경우에 흔히 생긴다.

다. 절삭유의 분류

(1) 개요

일반적으로 절삭유(Cutting Fluids)는 크게 두종류로 구별된다. 즉 비수용성 절삭유와 수용성 절삭유이다. 비수용성 절삭유는 그대로 사용할 수 있으나 수용성 절삭유는 물에 일정온도로 희석시켜 절삭시에나 연삭가공시에 사용한다. 이들은 함유된 성분의 차이로 인해 각기 다른 성질 및 현저한 성능의 차이를 보이고 있다. 일반적으로 비수용성 절삭유는 두종류가 있고 수용성 절삭유도 두종류로 분류되고 품질 및 성능에 따라 각각 1~17호, 1~3호로 다시 세분할 수 있다.

[표 1] 절삭유의 종류

비수용성 절삭유	1종(광유, 동식물유, 에스테르유) 1~6호 2종() 극압첨가제 1~9호
수용성 절삭유	W1종(광유, 계면활성제, 백탁)1~3호 W2종(계면활성제, 투명, 반투명) 1~3호

(주) 수용성 W1종 : Emulsion (혼탁 또는 백탁)

W2종 : Soluble (용해후 투명)

[표 2]비수용성 절삭유(KS M 2173)

성상 종류		동점도 cSt (mm ² /s) (40℃)	지방유분 (%)	염소분 (%)	전유 황분 (%)	동판부식		인화점 (℃)	유동점 (℃)	내하중 성능 MPa {kgf/cm ² }	
						100 1h	150 1h				
비수용성 절삭유제	1 종	1호	10미만	3이상 8미만	-	-	1 이하	70 이상		0.10 {1.0}이상	
		2호		8이상15미만							
		3호		15이상							
		4호	10이상	3이상 8미만				130 이상		0.15(1.5) 이상	
		5호		8이상15미만							
		6호		15이상							
	2 종	1호	10미만	-	1이상 5미만	5이하	2 이하	2 이상 ⁽¹⁾	70 이상	-5 이하	0.20(2.0) 이상
		2호			5이상 15이하						
		3호	10이상	3이상 10미만	1이상 5미만				130 이상		
		4호		5이상 15이하							
		5호		10이상	1이상 5미만						
		6호		5이상 15이하							
		11호	10미만	-	1이상 5미만				70 이상		
		12호			5이상 15이하						
		13호	10이상	3이상 10미만	1이상 5미만		3 이상 ⁽¹⁾	-	130 이상		0.25(2.5) 이상
		14호		5이상 15이하							
		15호		10이상	1이상 5미만						
		16호			5이상 15이하						
		17호	50이상	-			150 이상	-			

[주](1) 유황계 극압첨가제를 함유하는 것에 적용

[표 3] 수용성 절삭유 (KS M 2173)

성상 종류			표면장력 10-3N/m {dyn/cm}	유화 안정도 ml (실온, 24h)				불취 발분 (%)	pH	염소분 (%)	전유 황분 (%)	기포 시험 ml (24± 2℃)	금속부식 (실온, 48h)
				물		경 수							
				유층	크림층	유층	크림층						
수용성 절삭유제	W 1 종	1호	-	혼적	2.5 이하	2.5 이하	2.5 이하	90 이상	8.5이상 10.5미만	- 1이상 15이하	5이하	1이하	변색이 없을 것 (강 판)
		2호							8.0이상 10.5미만	-			변색이 없을 것 (알루미늄판 및 동판)
		3호							8.5이상 10.5미만	1이상 15이하			변색이 없을 것 (강 판)
		1호							8.0이상 10.5미만	-			변색이 없을 것 (알루미늄판 및 동판)
		2호							8.5이상 10.5미만	1이상 15이하			변색이 없을 것 (강 판)
		3호							8.0이상 10.5미만	-			변색이 없을 것 (알루미늄판 및 동판)
	W 2 종	1호	40미만				30 이상		-			변색이 없을 것 (강 판)	
		2호							1이상 15이하			변색이 없을 것 (강 판)	
		3호							-			변색이 없을 것 (알루미늄판 및 동판)	
		1호							8.5이상 10.5미만	1이상 15이하		변색이 없을 것 (강 판)	
		2호							8.0이상 10.5미만	-		변색이 없을 것 (알루미늄판 및 동판)	
		3호							8.5이상 10.5미만	1이상 15이하		변색이 없을 것 (알루미늄판 및 동판)	

(2) 비수용성 절삭유

비수용성 절삭유는 광유(Mineral Oil)에 유성향상제를 첨가한 혼성유, 동식물유 등이며 한편 극압첨가제를 가한 극압유등이 여기에 속한다.

(가) 광유(mineral Oil)

경유와 같은 경질유와 스펀들유 및 기계유 등의 일반 윤활유를 단독이나 또는 혼합 사용하며 광유는 그성분이 탄화수소로 되어 있어 분자 구조식중에 극성기를 가지고 있지 않는 비극성 구조단으로 이루어져 있어 경계 윤활성능이 나빠서 절삭유로서의 윤활효과 및 반응착성등이 좋지 않다. 그러나 한편 참윤성이나 열에 대한 안정성이 비교적 좋기 때문에 구리, 알루미늄이나 그것의 합금 등을 적삭할 때 많이 사용된다.

(나) 스펀들유나 기계유를 광유에 동식물유 · 지방산 · 지방산에스테 및 기타 유성향상제를 혼합한 것으로 유성향상제의 윤활특성을 응용한 Oil 이다. 광유에 비하여 윤활효과는 우수하여 절삭가공의 향상, 공구수명의 연장 등에 유효하게 작용한다. 그러나 절삭조건이 나빠서 마찰면 온도가 높은 곳에서는 유성향상제의 흡착

분자막의 열적항목에 의해 윤활효과가 감소한다. 고로 비교적 저속또는 경절삭의 경우, 공구날의 온도가 그리높지 않을 경우 단속절삭 경우나 변색 또는 부식이 발생되는 비철금속 특히 동이나 동합금절삭에 사용된다. 유성향상제로서 주로 식물유의 일종인 미강유, 채종유, 장유, 대두유등이 있으며 지방산류로서는 올레인산, 스테아린산, 올레인산에스테르 등을 단독적으로나 또는 혼합해서 사용한다. 부가되는량은 약 5~30%정도되고 색채, 냄새등이 좋아 작업하기 좋은 것이 큰 장점이다.

(다) 동·식물유

일반적으로 동물유는 라드(Lard), 경유와 같은 것을 사용하며 식물유로서는 채종유, 대두유, 장유등이 사용된다. 절삭속도가 느린 경절삭이나 단속절삭시에는 다듬질면 및 공구수명에서 다른것과 비교해서 효과가 크지만 중절삭에는 사용범위가 한정되어 있다. 이들은 화학적 안정성이 나쁘고 산화중합이 쉬어서 오래토록 사용할 수 없고 기계나 가공물에 수지상 막이 부착되어 파손되기 쉽거나 경제성이 없다는 결점도 가지고 있다. 주로 송곳, 쇠못, 나사 등의 저속절삭에 사용된다.

(라) 극압유

극압유에 첨가되는 첨가제로는 유황(S), 염소(Cl_2), 및 인(P)과 같은 물질을 사용한다. 일반적으로 유황과 염소의 물질을 단독 또는 혼합하여 사용하기도 한다. 극압유는 변색정도에 따라 활성형과 불활성형으로 구별되는데 이때의 조건은 섭씨 100도에서 1시간의 동판 부식시험(ASTM, D-130-56)에 의해 변색정도로 판정하는데 번호가 2이하는 불활성형, 번호가 3이상인 경우를 활성형으로 구분하고 있다. 불활성 극압유는 일반적으로 광유(Mineral Oil)에 1종 또는 2종의 극압첨가제를 혼합한 것이고 활성형 극압유는 광유에 유황을 극압첨가제로 첨가한 것이나 또는 활성황화물을 첨가한 것이다.

극압유는 비수용성 절삭유의 주체를 이루며 극압첨가제 과에 따라 절삭효율을 높일수도 있으며 특히 중절삭(重切削) 피절삭성질이 나쁜재료 가공에 더욱 효율적이다. 저속절삭, 단속절삭에는 염소화합물을 많이 포함한 것이 효과면에서 우수하나 높은 열을 발생시키는 중절삭시에는 염소와 유황을 모두다 함유한 것이 더 효율적이다.

극압유의 효과는 활성형과 불활성형 및 극압첨가제의 종류 및 부가량에 따라 각기 다르게 나타나므로 다듬질을 중요시 하는 가공에는 활성형, 공구수명을 중시하는 작업에는 불활성형이 적합하며 속도가 적을수록 단단하고 재질이 질긴 가공형태일수록 첨가제의 양을 많이 가할수록 효과가 크다.

(3) 수용성 절삭유

(가) 에멀전(Emulsion)형

에멀전형의 절삭유는 물에 가하면 녹지않고 외형상으로 우유빛으로 되기 때문에 그러한 호칭을 하는것이며 보통물에 10~50배로 희석시켜 사용한다.

[표 4]에 정리된 것과 같이 W1종은 광물유 유지 또는 합성윤활제를 계면활성제로 유화시켜 조작한다.

일반적으로 W1종 1호는 극압첨가제를 가하지 않은 일반절삭용 에멀전이고 W1종 2호는 극압첨가제를 가하지 않은 일반절삭용 에멀전이고 W1종 3호는 극압첨가제를 가한 에멀전이며 W1종 3호는 비철금속가공용 에멀전이다.

[표 4]수용성 절삭유의 구성성분

종류 성분	W1종	W2종
광물유	50~80%	0~30%
유지 및 지방산	0~30%	5~30%
극압첨가제	0~30%	0~20%
계면 활성제	15~35%	5~20%
알카놀 아민	0~5%	10~40%
유기인히비터	0~5%	5~10%
무기인히비터	-	0~10%
방부제	2%이하	2%이하
비철금속 방식제	1%이하	1%이하
소포제	1%이하	1%이하
물	0~10%	5~40

W1종은 일차성능 특히 윤활성능이 우수하여 주로 절삭가공에 사용된다. 일반적으로 에멀전형은 기계접동면에 있어서 유체윤활조건하의 윤활효과는 다른 두종류의 수용성 절삭유에 비해 양호하지만 절삭작업시의 경사면과 여유면에서의 윤활효과는 매우 우수하지 못하여 냉각작용이 추가된다. 장점은 거품이 적고 피부의 탈지작용이 적은것이고 단점으로서에는 에멀전 자체가 불안정하고 부패를 발생시키기 쉽다는 것이다.

(나) 솔루블(Soluble)형

솔루블형은 이것을 물에 가하면 성상이 모두 녹아 투명하거나 또는 반투명한 콜로이드(Colloid)용액으로 된다. 보통물에 30~40배로 희석하여 사용한다.

[표18]에 표시된 것과 같이 W2종은 계면활성제를 주성분으로 하여 이것에 광물유, 극압첨가제, 합성윤활제 등을 부가하여 구성한 것이며, 극압첨가제의 유무 또는 성상에 따라 1~3호로 분류된다. W2종은 세척능력이 우수하여 주로 정밀연삭가공작업에 많이 쓰이지만 최근에는 기계회전부의 오손방지나 작업성면으로 부터 절삭가공에 사용되는 경우도 많다. 또한 유황이나 염소물질을 극압첨가제로 부가하면 솔루블형은 윤활작용, 참윤작용 및 녹방지작용면에서 매우 우수하며 거의 투명하므로 가공작업물질을 볼수 있는 장점이 있고 유분의 분리부패의 곤란한 점에서도 에멀전형보다 작지만 일반적으로 거품이 일기쉽고 피부의 탈지작용이 있고 공작기계의 접동면에서의 윤활성을 격하시킬수 있는 단점을 가지고 있다.

(다) 기타 수용성 형

과거에는 W1종, W2종 이외에 솔루션(Solution)형이라는 물에 완전히 용해되어 투명한 액체로 되는 수용액형으로 소포성 및 방청성이 매우 우수한 W3종의 수용성형이 있었으나 이러한 솔루션형의 주성분인 아초산 나트륨과 알카놀아민이 원액중에 반응하여 암을 일으킬수 있는 발암성물질인 N-Nitrosoamine을 생성하기 때문에 최근에는 사용하지 않는다. 고로 이들의 대체물질로서 유기 인히비터를 주성분으로 하는 세미화학 물질형 또는 인산계의 무기 인히비터를 주성분으로 하는 화학물질 용액형(Chemical Solution)을 사용하고 있다.

이들은 W1종과 W2종에 비하여 소포성, 방청성이 우수하고 황유화성이 많은

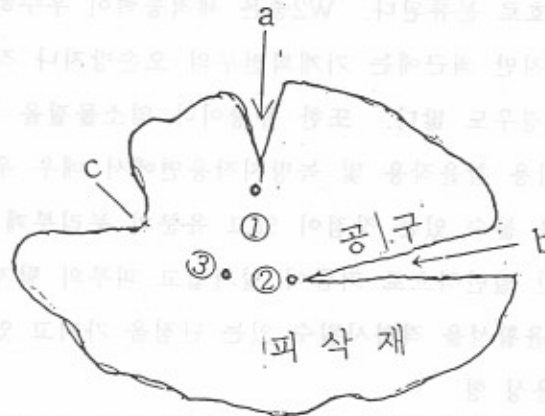
것에 반해 세척작용, 윤활작용이 떨어지므로 비교적 다듬질면의 정도가 요청되지 않는 능률연삭가공에 주로 사용된다. 이외에도 폴리글리콜을 주성분으로한 소량의 물과 계면활성제를 첨가해서 원액 그대로 사용한 난연성형도 수용성 절삭유의 일종으로 간주되고 있다.

(라) 절삭유의 효율

절삭유(수용성, 비수용성)를 사용하는 주 목적은 공구수명과 다듬질면 상태에서 본 피절삭성을 개선시키는데, 그목적이 있는 것이다. 이들의 효율은 윤활작용, 반응착작용 및 냉각작용이라 볼 수 있다.

(1) 윤활작용 원리

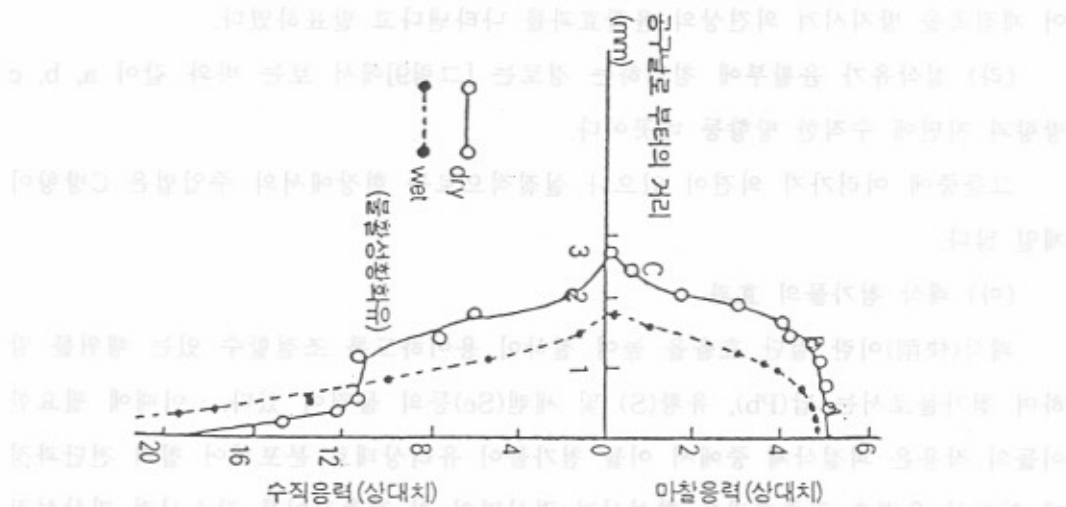
금속을 가공할 때는 반드시 절삭가공 절차가 필요하게 된다. 이때 절삭유를 사용하므로 윤활작용을 하는 부분은 [그림1]에서 볼수 있는 바와 같이 ① 경사면, ② 여유면, ③ 전단면이다.



[그림 1] 절삭유가 작용하는 복분과 침입경로

(가) 경사면에서의 윤활작용

[그림 1]에서 보면 공구와 칩의 마찰면에 절삭유가 존재하면 윤활작용이 일어났을 당연한 일이다. 실제 경사면의 공구와 칩의 접촉부분 사이에 응력이 매우 커지기 때문에 접촉면 대부분은 거의 완전한 금속접촉이 일어나기 때문에 절삭유의 삼입이 불가능하다.



[그림 2] 공구경사면의 응력분포

[그림 2]에서 보는 바와 같이 점 B와 C사이에는 응력이 점차적으로 감소되기 때문에 절삭유의 침입이 가능해지며 여기에서 절삭유의 효과가 기대될 수 있다. 다만 이 경우 대단히 압력이 높은 경계윤회상태가 된다. 고로 극압유가 더 효과적이다. 실험 Data에 따르면 절삭유가 작용하게 되면 경사면의 응력분포는 실선에서 점선으로 변하게 되어 결국에는 공구날의 응력은 변화되지 않고 시간경과에 따라 응력은 감소하게 되어 평균하여 접촉면적 및 마찰응력이 감소하게 되고 칩 생성이 개선되어 마찰저항이 작아지게 된다.

(나) 여유면에서의 윤회작용

여유면에서도 공구의 마모가 진행된 경우는 피절삭재의 마찰이 현격하다. 따라서 이러한 마찰면의 응력도 경사면과 같은 정도이며 여기서 금속접촉 부분과 경계윤회부분이 존재하게 된다.

(다) 전단면에서의 윤회작용

전단면은 소성유동을 하고 있는 금속의 내부이므로 종래에는 절삭유의 효과가 미치지 않는 부분이라고 생각하였으나 Rehbindr 등에 의하면 올레인산 등의 유기산 절삭유는 소성변형중 금속의 미세한 틈새 표면으로 스며 들어가 항장력을 감소시킨다는 효과가 있다고 발표하였다. 이러한 효과를 Rehbindr 효과라고 부른다. 또한 Shaw 등에 따르면 사염화탄소는 전단면에 발생한 미세한 틈새에 침투흡착되

어 재접촉을 방지시켜 외견상의 윤활효과를 나타낸다고 발표하였다.

(라) 절삭유가 윤활부에 침입하는 경로는 [그림9]에서 보는 바와 같이 a, b, c 방향과 지면에 수직한 방향등 네곳이다.

그들중에 여러가지 의견이 있으나 실질적으로는 현장에서의 주입법은 C방향이 제일 많다.

(마) 쾌삭 첨가물의 효과

쾌삭(快削)이란 절단 효율을 높여 절삭이 용이하도록 조절할수 있는 행위를 말하며 첨가물로서는 납(Pb), 유황(S) 및 세렌(Se)등의 물질이 있다. 이때에 필요한 이들의 작용은 피절삭체 중에서 이들 첨가물이 유리상태로 분포되어 칩의 전단과정에 있어서 응력의 집중효과를 형성시켜 경사면의 칩 접촉길이를 감소시켜 피삭성질을 높이는 작용을 한다.

(2) 냉각작용

절삭유 사용의 목적은 단순한 절삭만을 위한 것 외에 냉각작용도 동시에 이루어지는데 그 원리는 매우 복잡하다. 즉 냉각성능의 정도는 절삭유의 비열, 기화잠열, 열전도율 및 비점등의 열적 성질에 따라 차이가 날 뿐만아니라 침입성 등의 효과면에도 의존된다. 그러나 냉각작용 결과 공구날 온도의 감소함은 공구의 수명을 연장시키고 또한 열 팽창에 의한 가공물의 정도 저하를 방지하기도 한다. 이러한 모든 상황을 볼 때 냉각 능력이 우수한 수용성 절삭유가 사용하기에 매우 좋다. 그러나, 한편 결점도 수반된다. 예로서 공구날 온도감소에 따른 결과를 보면 용착에 의한 다듬질 면의 정도를 저하시키거나 또는 초 경공구 등에서는 열로인한 균열을 일으킬 수도 있다. 이와 같은 현상은 세라믹에서도 같은 경우가 일어날 수도 있다. 단지 낮은온도의 절삭과 같은 특이한 경우에는 고체 이산화탄소인 드라이아이스, 약화공기등을 이용할 수 있다.

(3)반용착성

일반적으로 저속절삭의 경우 공구날에 피삭체가 용착되어 용착이 쉽게 일어난다. 이것이 생성, 탈락되어 다듬질면을 거칠게하고 공구마모를 증가시킨다. 이러한 의미에서 절삭유의 반착용성(反溶着性)은 매우 중요시 된다. 이것을 위해 극압

첨가제에 의한 화학적 피막 형성의 효과는 증대되는 것이다.

(4) 부가작용

상기에 언급한 작용외에는 절삭유의 부가작용으로는 방청, 방진, 칩배출 및 부식작용등이 있다.

(5) 절삭유의 특징

절삭유의 주요특성은 다음과 같다.

- (가) 윤활성 및 반 용착성
- (나) 냉각성
- (다) 세척성
- (라) 방청성
- (마) 안전성 등이다.

수용성 및 비수용성 절삭유를 비교해 보면 수용성 절삭유는 냉각성 및 안전성 면에서 비교적 우수하며 한편 비수용성 절삭유는 윤활성 및 방청성면에서 비교적 우수하다.[표 5] 또한 수용성은 부패와 열화가 생성되기 쉬울 뿐만 아니라 유제의 보수관리가 어려운 단점도 있다.

[표 5] 비수용성 절삭유와 수용성 절삭유의 성능 비교

항 목		유 제	비수용성 절삭유	수용성 절삭유
1차성능	공구수명		○	△
	가공정도		○	△
	다듬질면 거칠기		○	△
2차성능	기계·가공물의 녹		○	△
	유제의 열화		○	△
	공구·가공물로부터의 칩 제거		○	△
	액판리의 난이		○	△
	폐액처리		○	△
	기포		○	△
	도료의 박리		○	△
	발연, 인화		△	○
	냉각성		△	○
	피부염		△	○
	기계주위의 오염		△	○
	탱크내 칩의 제거분리		△	○

2. 오일미스트의 노출한계

가. 개요

인체의 건강연구를 기초로 할 때 Oil Mist에 대한 노출(Exposure)은 단지 농도가 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 이상일 경우에는 해를 주게되나 그이하 농도에서는 인체 건강영향에 나쁜결과를 나타내지 않는다는 것을 알게 되었다. 즉 그것은 피부와 호흡관에 해를 주는 잠재성을 최소화하는 수준이라는 것을 기대하게 하였다. 그러나 TWA로서 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 의 농도치가 모든종류의 허용되는 노출농도로서 결론을 맺는다는 것은 가능하지 않다. 독성을 포함하고 있는 Oil에 대하여 노출을 검색하고 관리하는 것이 더 타당할 것이다. 발암성을 야기할지도 모르는 생성물에 대하여는 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 이하의 노출수준이라도 현저하게 위험성이 있을 것으로 추측할 수 있다. 만일 발암성 물질로 추정되는 PAH(Polymuclear Aromatic Hydrocarbons)를 함유하고 있는 Oil이라면 발암성 PAH를 측정할 수 있는 량을 함유한 Oil에 대하여 총부유물의 입자를

사이크로헥산에 용해되는 부분으로서 TLV-TWA는 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 로 권장되어야 할 것이다. 이것은 Coal Tar pitch 휘발성 물질에 대한 권장된 TLV와 같이 취급된다. 암 연구소(IARC)권장에 따르면, 이러한 Oil은 확인된 인간의 발암성 물질은 기호 A1에 해당된다. TLV가 명시되지 않은 Oil들은 온화하게 용제로 정제된 것, 온화하게 수소화된 것, 산으로 처리된 Oil방향족 증류추출물, 촉매를 사용하여 열분해시킨 Oil 및 전혀 처리되지 않은 그러한 Oil 등이다. 위에 언급된 Oil들은 IARC 문헌 33에 더 상세히 기록되어 있다. 사용했던 Oil속에 존재하지 않는다고 할지라도 사용조건에 따라 생성된 발암성물질을 포함하고 있을지도 모른다.

나. 허용농도(TLV)권장치⁽⁷⁾

(1) OSHA PEL : $5\text{mg}/\text{m}^3$

OSHA가 허용노출의 권장치는 광물유 미스트에 노출된 눈과 호흡관자극에 매우 위험한 사항에 대하여 노출된 근로자를 보호해야 한다는 결론을 내리고 있다.

(2) NIOSH REL (노출권장치) $5\text{mg}/\text{m}^3$

NIOSH STEL (단시간 노출허용치) : $10\text{mg}/\text{m}^3$ 로 권장하고 있다.

(3) ACGIH PEL 및 REL(허용치 및 권장치) : $5\text{mg}/\text{m}^3$

(4) 기타국가(Other Nations)

호 주 : REL : $5\text{mg}/\text{m}^3$, STEL : $10\text{mg}/\text{m}^3$ (1990)

스웨덴 : REL : $3\text{mg}/\text{m}^3$, STEL : $5\text{mg}/\text{m}^3$ (1990)

영 국 : REL : $5\text{mg}/\text{m}^3$, STEL : $10\text{mg}/\text{m}^3$ (1991)

3. 오일의 노출평가⁽⁸⁾

가. 광물유의 명칭

일반명 : 광물유(Mineral Oil)

CAS. 등록번호 : 8002-05-9

동의어 : 석유증류분(Petroleum distillate)

나. 석유정제물질의 물리화학적 성질 및 독성학적 특성⁽⁸⁾

미국독성물질 관리법(TSCA, U.S., Toxic substances Control Act.)에 의거

1981년에 채택되었고 유럽공동체에서는 상용화학물질 목록표(EINECS, European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances)를 작성하여 위험물질에 관한 제 6개정판을 1981년에 발간하였다.

다. 윤활유 정제 분류액

공업용 석유 Oil로 부터 정제된 기초 Oil은 직선 또는 가지 달린 파라핀계, 나프타렌계 및 방향족 탄화수소인데 이들의 탄소개수는 15개이상이고 끓는점은 300~600℃영역에 있다. 잔류액 부분에서 얻은 더 무거운 윤활유 기초 Oil은 비점이 815℃ 이다. 윤활유 정제분류액은 일반적으로 파라핀계나 나프타렌계로 설명되는데 이것은 공업용오일의 근원을 두고 결정되는 것이다. 파라핀계 공업용오일은 높은 Wax성분을 함유하고 있고 높은 점도지수를 가지며 비교적 낮은 방향족 탄화수소성분을 함유하고 있다. 한편, 나프타렌계 공업용 오일은 낮은 Wax성분 이며 비교적 높은 사이크로파라핀계와 방향족 탄화수소를 함유하고 있다. 점도(Viscosity)는 경과 중으로 구분되는데 경점도 오일은 37.8℃에서 최대 점도가 20.5mm/sec를 갖는 기초오일을 말하며 20.5이하의 점도값을 갖는 오일은 경 점도 오일로 규정하고 있다.

[표 6]은 윤활유 기초오일의 물리적성질을 표시한 Data 인데 특히 백색오일(White Oil)중에 파라핀계와 나프타렌계의 여러성질을 표시하고 있다.

[표 6] 백색오일의 물리적 성질

오일종류 점도 (40℃), 100℃, 인화점(℃) 유출점, 밀도 백색오일(White Oil)

파라핀계

의약용

경(Light) 14.8 3.4 208 -12 0.844

중(Heavy) 66.7 7.8 228 -6 0.884

공업용

경(Light) 15.4 3.5 195 -15 0.843

중(Heavy) 67.0 7.5 230 -14 0.890

의약용					
경(Light)	14.2	3.1	-	-49	0.868
중(Heavy)	60.7	7.8	-	-23	0.885
중방향성(Heavy aromatic)					
경(Light)	65	6.0	212	3	1.016
중(Heavy)	108	25.1	247	26	1.001

의약품이나 화장품 원료로 사용되는 광물유 시료중에는 다환핵 방향족 화합물(PACs, Polynuclear aromatic Compounds)이 검출되었다. 그 결과치는 [표22]에 종합하였다. 또 다른 경우는 1983년에 Concave 등은 다환핵 방향족 탄화수소(PAHs, Polynuclear aromatic hydrocarbons)6개를 발표하였다. [표23] 참조

[표 7] 의약품과 화장품에 사용되는 광물유 속에서 확인된 PACs의 함량

PAC 명칭	농 도 [mg / kg]		
	의약품 오일 (a)	의약품 오일 (b)	선텐 오일 (c)
Phenanthrene	140.0	-	-
Triphenylene	1.5	-	-
Fluoranthene	-	18.4-25.9	116.3
Alkylfluoranthene	10.0	-	-
Perylene	-	1.1	2.0
Enzo[k] fluoranthene	1.0	0.4-1.1	1.3
Enzo[b] fluoranthene	-	2.0	-
Enzo[a] pyrene	-	3.1-8.6	1.5
Alkyl dibenzothiophenes	180.0	-	-

(a) 1975, Popl 등

(b) 1981, Monarca 등

(c) Suntan Oil은 이태리에서 사용되는 상용기초 광물유 임

(b)

(a)

(c)

[표 8] 백색유중 PAHs의 함량

백색오일명칭	제조과정	PAHs함량(c) (g/kg)
파라핀계	보 통	0.4-1.6
점도 : 경	형태 1	0.07-1.6
	형태 2	0.06-1.0
나프타린계	보 통	0.2-1.6
점도 : 중	형태1	0.07-1.4
파라핀계	형태2	0.06-0.9
나프타린계	보 통	0.06-0.9
	형태1	0.1-0.9
	형태2	0.2-1.2

(주) (a) 6개의 PAHs의 명칭은 다음과 같다.

Fluoranthene, benzo[b] fluoranthene, benzo[k] fluoranthene, benzo[a] pyrene,

benzo[ghi] perylene 및 indeno[1,2,3-cd] pyrene 등이다.

(b) 1983년, Concauwe,

(c) 6개의 PAHs의 합계에 대한 실험실 측정값으로부터 얻어진 결과 범위값

일본 약전규정 : 의약품에 사용되는 백색오일은 방향족 화합물이 0.4%를 넘어서는 안되며 포화탄화수소의 함량은 최소한 99.6%이어야 하며 이들 오일은 냄새와 맛이 없어야 하고 형광성질을 나타내면 안된다.

라. 윤활유 기초오일속에 불순물

대다수의 정제되지 않은 오일속에는 약간의 PACs(Polynuclear aromatic Compounds)를 함유하고 있다. Crude Oil중에 내용물은 다양하지만 최종기초 Oil속에 불순물의 비와 형태는 정제과정에 의해 주로 결정되는 것이다. 약산 및 진흙과 같은 은화한 공정을 거칠때는 약간의 방향족화합물의 불순물은 감소되지만 PACs의 량을 많이 감소시키지는 못한다. 한편 수소화 과정과 같은 은화한 공정에서는 PACs의 함량을 감소시키지만 전체적으로 방향족탄화수소의 감량효과는 거의 없다. 용매추출이나 수소화 과정으로 PACs와 총방향족화합물의 함량을 실질적으로 감소시킨다. 발연황산을 사용할 경우 방향족 불순물을 제거할수 있다. 이때에 거의 모든 PACs도 포함된다.

잔류수분이나 모래, 먼지등과 같은 불용성 미립자들이 윤활유 기초오일에 존재할 수도 있다. 기타의 불순물은 용매 정제공정에서 펜올 및 휘휘랄(Furfural)등과 같은 용매의 흔적이 포함될 수도 있고 Clay의 잔량은 Clay 처리공정에서 옮겨질 수도 있다.

마. 광물유(Mineral Oil) 사용업체에서의 Oil Mist 농도평가⁽⁸⁾
Mineral Oil이 냉각제, 절삭유 및 윤활제로서 사용되는 여러형태의 기업체중에서 광물유 Mist를 발산하는 기업체들의 농도를 알아보면 평균노출수준은 15.0mg/m³를 넘지 않고 있다. [표24]에 수록된 여러기업체들중의 Oil Mist의 노출농도는 다음과 같다.

[표 9] : 선정한 미국산업체에서 Oil Mist의 노출치

기 업 체	관 찰 개 수	농 도 범 위 (mg/m ³)
자동차제조	37	1.0~56.5
녹쇠 및 알루미늄 제조	5	1.4~20.7
구리 생산	7	5.4~22.0
강철제조	33	0.6~50.0
신문사(인쇄실)	8	2.0~16.6
나사제조	6	1.0~14.2

[표10]에 수록된 Oil Mist의 노출농도는 미국산업안전보건연구원(NIOSH)에 수행한 여러종류의 산업체에서 광물유를 사용할 때 직접 환경을 측정하여 평가한 값들이다.

[표10] 미국공장에서 광물유의 직업성 노출치

오일종류	사용처	노출방법	Oil Mist 농도(mg/m ³)
절삭유	비행기엔진광택	직접	0.37~0.55
	항공기부품제조	"	1.10~20
	금속부품조립	"	0.03~0.80
	금속가공제조	"	0.035~3.10

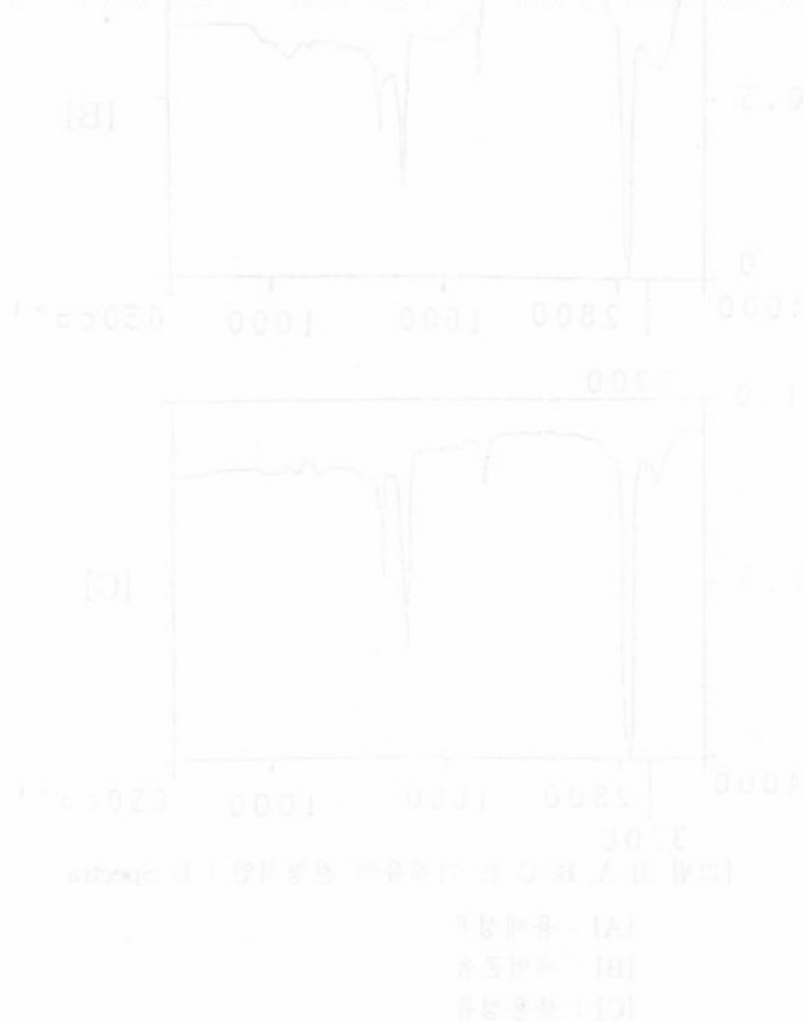
바. 기계유 Mist 노출평가⁽⁹⁾

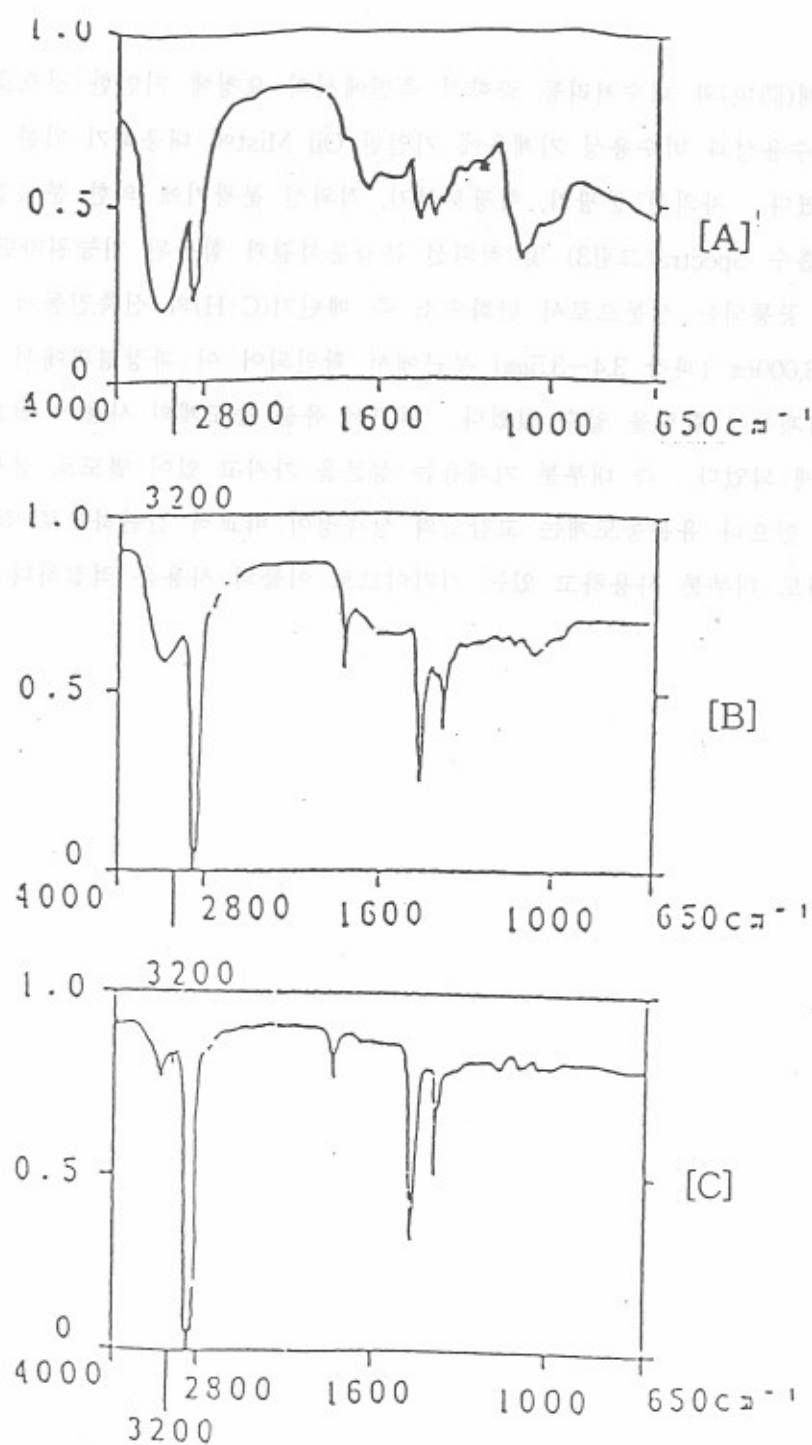
종래의 연구방법은 Low Volume Sample에 의한 여과지의 포집 또는 미체트 임편저를 이용한 액체중에 포집하는 방법을 이용하였는데 이방법은 작업환경평가범으로는 유용한 방법이지만 작업자 개인의 노출량 측정에는 대응하기 어렵다. 고로 개인노출량 측정을 염두에 둔 시료채취 개발의 필요성이 대두되고 있어 본 연구를 수행하게 되었다.

(1) 기계유 사용과 그 성분

최근기계공장에서 사용되고 있는 윤활연마제, 절삭연마제를 입수하여 그 사용형태와 특성을 조사한 결과 종래의 유지를 기본재료로 한 유성(비수용성)기계유에서 물로희석하여 사용할 수 있는 수용성 기계유로 전환이 진행되고 있다. 그 이유는 방

화(防火), 방재(防災)와 폐수처리등 공학적 측면에서의 요청에 기인한 것으로 고려된다. 고로 수용성과 비수용성 기계유에 기인한 Oil Mist에 대응하기 위한 분석방법을 검토하였다. 자외선 분광기, 형광분석기, 적외선 분광기에 의한 분석결과 기계유의 적외흡수 Spectra(그림3) 및 적외선 분광분석결과 함유된 기능원자단(표11)에서 양자의 공통되는 성분으로서 탄화수소 즉 메틴기(C-H)의 신축진동에 기인한 흡수파수가 $3,000\text{cm}^{-1}$ (파장 $3.4\sim 3.5\mu\text{m}$) 부근에서 확인되어 이 파장영역에서 측정하여 대다수 기계유에 함량을 알수 있었다. 여기서 유분 농도계의 사용이 필요한 것으로 생각하게 되었다. 즉 대부분 기계유는 성분을 가지고 있어 별도로 상세히 검토할 필요가 있으나 유분농도계는 고감도의 상측정이 비교적 간단하므로 작업환경 측정기관에서도 대부분 사용하고 있는 기기이므로 이들의 사용은 적절하다고 판단된다.





[그림 3] A, B, C 는 기계유의 전형적인 I-R Spectra

[A] : 용해성유

[B] : 에멀존유

[C] : 불용성유

[표11] IR Spectra로부터 추정되는 절삭연마제에 포함된 기능원자단

추정되는 원자단	← 水 溶 性 →					← 不 水 溶 性 →					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
methylene			○								
methyl and/ar methylene	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
primary alcohol	○			○							
secondary alcohol	○										
tertiary alcohol					○						
phenol					○						
alhyl ether	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
aryl ether				○							
ester	○				○	○		○	○		○
aldehyde	○				○	○	○				
primary amide		○	○	○			○				
amino acid		○	○	○			○				
aromatic amine	○			○							
aliphatic amine	○	○	○	○	○	○	○		○	○	
salfinyl	○	○	○	○		○		○	○	○	
sulfonyl					○	○		○	○	○	
sulfonate						○					

※ ○ 표는 기능원자단이 존재하는 것을 표시한다.

(2) 광물유(Mineral Oil) 미스트 포집에 관한문제

시료포집후 정량법에 유분농도계를 사용하는 것으로 추출액 1mg/ℓ 정도까지 고감도의 검출이 가능하므로 현행 일본산업위생학회에 의한 미스트의 허용노동 3mg/m³에 대하여 0.1mg/m³까지 측정 가능한 것을 목표로 하였다. 즉 추출액의 총량 20ml로 하면 성분으로서의 절대량을 0.02mg 이상이 필요하다. 따라서 채취량 0.1mg/m³이면 0.2m³가 필요하게 되어 2~4ℓ/min의 이동할 수 있는 펌프로 흡인하게 되면 50~100분의 채취시간이 소요된다. 이와같은 조건을 만족시키는 체제를 검토하였다. 실용상 문제점으로서의 다음과 같다.

(가) 여과지상에 흡착한 후 용매추출에 의한 회수율의 저하를 방지한다.

(나) 물방울등을 함유한 입경과 호흡성크기의 분류를 하고싶다.

(다) 가능한 한 경량소형의 체제로 할 것등을 고려하였다. 즉 광물유 미스트 표준기재 발생장치의 시험제작도 고려하였으나 곤란하였으므로 기계공장에 있어 운전중 기계에서 시험제작한 운반가능한 시료포집기를 설치함과 동시에 종래방법인 Low Volume Sampler를 주위에 설치하여 측정실험을 하였다. 이동가능한 시료포집기는 그대로 Low Volume Sampler를 채취전.후에 유리섬유 여과지의 중량치를 측정함과 동시에 4염화탄소로 초음파 진동추출하여 유분(油分) 농도계로 기중유분 농도를 구하였다. [표12]은 두가지 방식으로 측정한 결과를 수록한 것이다.

[표12] 작업환경측정시 Portable과 Low vol. 시료채취기로 포집한 시료를 측정한 Oil Mist의 값

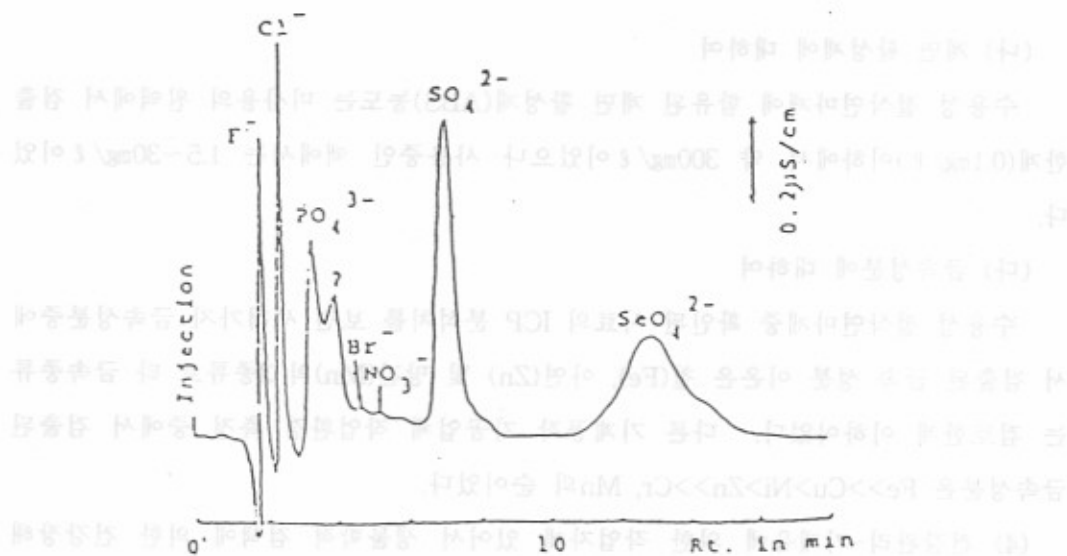
실 험	PSa		PSb		LS 1~5		
	상단	하단	상단	하단	추출 Ccl ₄	무게	유속
1	71	144	288	156	106±23	475±160	5.4 l/m
합계	215		444				
2	372	192	516	264	109±24	519±159	5.4 l/m
합계	564		780				
3	41	89	100	63	53±28	268±29	3.0 l/m
합계	130		163				
4	59	63	96	44	72±27	300±62	3.0 l/m
합계	122		140				

단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PSa 와 PSb : Oil Meter 기로 측정한 값.

LS 1~5 : 청평으로 측정한 값임.

포집된 Mist 입경(粒經) 분포에 대하여

가) 음이온에 관하여



[그림 4] 절삭유의 이온크로마토그램의 전형적인 모양

[그림 4]는 수용성 절삭 연마제의 Ion Chromatogram의 예를 보여주는 그림이며 [표13]에 측정결과치를 수록하였다. 염소음이온(Cl^-) 및 황산음이온(SO_4^{2-})을 측정하여 얻은 전체 시료에서 확인하였다. 또한 세렌산음이온(SeO_4^{2-})을 함유한 절삭연마제도 있었으나 그 건강 영향에 대해서는 금후 재검토할 예정이다.

[표13] 이온 크로마토그램에 의해 측정된 절삭유 중 음이온 수치

시료번호		F^-	Cl^-	NO_2^-	PO_4^{3-}	Br^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	SeO_4^{2-}
1	환산값	nd	2815	nd	nd	nd	40.6	427	nd
	시료값	nd	72.6	5.14	nd	nd	16.2	48.8	nd
2	환산값	87.5	157	11.4	35.7	11.4	8.11	502	+
	시료값	182	16.6	2.29	20.0	nd	9.73	136	nd
3	환산값	22.9	74.1	nd	nd	nd	nd	67.8	nd
	시료값	167	24.3	nd	nd	nd	nd	16.3	nd
4	환산값	nd	26.7	8.57	nd	nd	203	203	+
	시료값	7.91	20.8	nd	nd	nd	nd	24.4	nd
5	환산값	30.2	2667	nd	nd	nd	nd	67.8	nd
	시료값	21.9	81.5	nd	nd	nd	nd	57.0	nd

단위 : ppm, nd : 검출안된 것, + : 검출된 것. 환산값 : 원액을 환산한 값.

시료값 : 시료채취값 그대로

(나) 계면 활성제에 대하여

수용성 절삭연마제에 함유된 계면 활성제(ABS)농도는 미사용의 원액에서 검출한계($0.1\text{mg}/\ell$)이하에서 약 $300\text{mg}/\ell$ 이었으나 사용중인 액에서는 $1.5\sim 30\text{mg}/\ell$ 이었다.

(다) 금속성분에 대하여

수용성 절삭연마제중 확인된 시료의 ICP 분석치를 보면 서너가지 금속성분중에 서 검출된 금속 성분 이온은 철(Fe), 아연(Zn) 및 망간(Mn)의 3종류로 타 금속종류는 검토했게 이하이었다. 다른 기계공작 가공업체 작업환경 측정 중에서 검출된 금속성분은 $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Zn} > \text{Cr}$, Mn의 순이었다.

(4) 건강관리-기계유에 의한 작업자에 있어서 생물학적 검색에 의한 건강장해 지표에 관하여

본 연구의 성과로부터 생물시료에서 검출되는 지표가 되는 물질은 특정화 되지 않았다. 게다가 뇨중 성분에서 출현되지 않는 간, 및 타액등에 관해서도 검토를 추가할 필요가 있다.

(가)기계유 분석에 관한 문제점

최근 시판되어 사업장에서 사용되고 있는 기계유는 수용성 연삭연마제의 경우 만 해도 1700여종이상이다. (일본 윤활유 편람, 1984년), 비수용성의 절삭제나 윤활제등, 작업장에 투입되어 광물유 Mist가 되는 제품을 더하면 매우 많은 숫자이다. 그럼에도 불구하고 이들 제품에 대한 건강장해에 관련 성분표시는 미비하여 분석상의 지침도 분명치 않다. 따라서 앞으로는 함유성분의 명확한 표시, 의무가 작업자의 건강유지를 위해 불가결한 것으로 판단된다.

(나) 독성에 관한 문제점

(가)에서 지적한바와 같이 성분이 불분명하고 또한 사용과정에서 변성하여 독성이 출현할 가능성이 있는 혼합물에 대하여 변이원성등의 단시간에 결과가 얻어지는 수법에 의한 독성 Monitoring을 하는 것은 작업환경 관리면에서 유효한 방법으로 생각된다. 금번 대상으로 한 기계유의 일부가 사용과정에서 변이원성을 일으킬 가능성을 사업장에 알리지 않은 결과 사용문제의 변경등의 이루어진일은 본 연구의

부차적인 효과로 생각할 수 있겠다.

(다) Oil Mist의 기중농도와 노출농도 측정에서의 문제점

종래부터 Oil Mist 측정방법은 중량법에 의한 평가가 널리 이루어져 왔으나, 본래는 독성성분에 관점을 둔 측정방법, 즉 성분의 분리측정이 요망된다. 본 연구에서는 개인 노출량이 측정될 수 있는 것을 염두에 둔 시료포집기를 검토하여 4염화탄소 용매에 가용성분으로 유분농도를 측정하는 방법을 개발하였다.

금번 포집된 시료중에서 또한 변이원성등의 독성성분을 측정하는 방법의 개발이 시급한 것으로 생각된다. 이상에서 최근 사용량이 증가하고 있는 수용성의 기계유(절삭연마제)에 대응하여 이들 Mist 포집방법의 종합적인 검토와 함께 사용과정에 있어서 독성면의 Monitoring을 병용하는 것에 의해 공작기계 작업환경의 관리면과 건강장해 방지에 현실적인 대응이 가능한 것으로 판단된다.

4. 광물유의 분류⁽⁸⁾

국제 암연구소는 광물유를 다음과 같이 8개종으로 분류하고 있다.

Class 1 : 진공감압증류분 (액체) : 이들은 산으로 처리했거나 용매로 추출된 것이 아니다.

Class 2 : 이들은 산으로 처리된 것이다. (용매 추출아님)

Class 3 : 용매로 정제된 오일

Class 4 : 수소로 처리된 오일

Class 5 : 백색오일 및 식품과 의료용을 위한 적절한 오일

Class 6 : 용매로 추출하거나 촉매로 열분해 한 방향족 오일

Class 7 : 다용도로 사용되는 오일

Class 8 : 기타로 분류되지 않고 석유로 유도된 물질

상기 오일들이 사용될 때 직업성 노출의 근원은 다양한 광물유(Mineral Oil)를 사용할 때 Oil Mist가 발생한다. 이들 Oil Mist가 발생될 수 있는 기업체 들은 금속작업, 섬유기계 작업, 바위굴착, 농업용 스프레이, 콩클리트모형, 부식방지, 프린트잉크, 고무확대기, 식품 및 의약품 제조에서 발생한다. 실제적으로 Oil Mist는 공기

발생과 같은 여러개의 경로에 의해 생성되며 빨리 움직이는 표면적이나 열처리 하므로써 접촉시 발생된다. 생성된 Mist 입자크기는 여러종류의 과정에 따라 다양하게 나타난다.

5. 절삭유의 물질, 화학 및 생물학적 성질

피부암을 유발하는 공업용 오일 노출평가에 관한 첩보고는 1936년 경, 방직공업에서 윤활유로 사용된 혈암유(Shale Oil)와 석유를 사용한 후에 나타났다는 보고가 있었다. 영향을 받은 주요한 피부취치는 음낭이었다. 결과적으로 피부암의 증가는 산업체에서 사용되는 절삭유가 산으로 정제된 Oil을 사용할때인 1950년경 영국 버밍감지역에서 보고 되었으며 유사한 경우도 다른 나라에서 발생하였다. 많은 연구자들은 습관적으로 산으로 정제된 절삭유가 실험동물 속에서 피부암을 유발시킬수 있다는 것을 보고하였으며 그것은 오일이 함유하고 있을지도 모르는 4.6 다환 방향족 탄화수소(PAH)가 피부암에 대한 중요한 연관성이 있다는 것이 오래동안 인식되고 있었다. 광물유에 의한 발암성 발생에 있어서 다환 방향족 탄화수소의 중요성은 Grimmer(1982)씨 등에 의해 최근 확인되었다. 많은 연구자들은 발암성 활동의 지표로서 PAH의 수준을 특정화하므로 절삭유의 사용을 적절히 조절할 수 있는 오일을 정의할 수 있도록 시도하였다. 그러나 PAH 수준을 측정하기 위한 분석방법은 만족스럽지 못하게 표준화 되었고 오일의 발암성 활동도는 다른 PAH와 기타 성분들의 복잡한 상호작용에 의존되어 있었다. 이와 같이 PAH의 분석방법과 발암성 활동도 사이에 정밀한 관계는 아직도 분명하게 증명되지 않고 있다. 요즈음 절삭유의 공식적인 사용에 대한 문제는 산으로 정제된 Oil 사용은 위생학적 측면에서 개선됨에 따라 Oil과 관련된 피부암의 발생을 크게 감소시키고 있다. 이에 대한 결과는 1985년에 Jarvholm 등이 발표하였다. 이와 같은 절삭유는 실험동물의 결과를 보면 PAH의 낮은 함량을 보이고 있어 암을 유발하지 않는 것으로 보고 되었다. 피부암이 진전되기 위해서는 보통 상당기간이 걸리기 때문에 산으로 정제된 Oil이 사용될 경우에는 20~30년전에 노출된 Oil과 관련된 경우를 강조하고 있다. 광물유 속에 PAH의 수준은 사용하는 동안 늘 증가할 가능성이 존재하고 있다. 이것은 특

별히 연소산물로 오염이 발생하고 있는 곳에서 일어나는 경우이다.(예, 엔진오일) 그러나 절삭유속에 PAH의 축적은 보통은 적고 기계의 극심한 정도에 따라 다르다는 것을 암시하고 있다. 절삭유속에서 화학적, 생물학적 변화를 야기시킬수 있는 수많은 작용 변수들이 영향을 줄 수 있다는 것을 인식해야 한다. 예를들어 오일손실을 보충하기 위해 계(System)에 새로운 오일을 추가하는 것은 경우에 따라 필요하다. 기계의 윤활유와 물에 녹는 오일과 같은 액체에 의해 절삭유의 오염은 높고려되어야 한다. 또한, 기계의 중요성과 양을 쉽게 측정할 수 있는 평가는 사용된 전기에너지의 량이다. 고로 모든 가해진 오일(윤활유와 물에 녹는 액체 포함)과 기계에 의해 소비된 전기적 에너지는 전 연구를 통해 축적되고 기록되어야 한다. 사용된 절삭유는 40℃에서 점도가 약 20cSt를 갖는 용매로 정제된 순수한 광물유이었고 가압하여 유황화한 지방산을 포함하고 있는 것이었다.

가. 물리적 시험
 절삭유의 점도 측정은 석유연구소 시험법 71번을 인용하여 세탁 전과 후에 사용된 절삭유를 써서 수행하였으며 13개 Oil 시료와 하나의 Mist 시료를 정확한 끓는점 자료를 제공하기 위한 ASTM 2887 시험법에 의해 자극적인 증류법으로 시행하였다. 사용된 Oil 속에 형성된 입자물질은 석유에테르를 써서 물린후에 침전법을 써서 회수하였다. 석유에테르에 불용물질은 해마다 측정된다.

나. 화학적 분석
 여러종류의 오일과 첨가물로부터 유도된 기계작업시 생성된 물질과 원소들 그리고 도구로부터 발생한 오염된 금속류들은 프라즈마 원자방출 분광기를 써서 측정하였다. 석유 에테르에 녹지 않은 입자와 사용된 Oil로부터 생긴 침전물은 형광분광광도계에 의해 분석되었고 시료는 1988년에 Pullen 등에 방법으로 원래 각각의 PAH를 이중으로 분석하였다. 이것은 HPLC를 사용하는 Silica Gel의 Chromatography를 포함하고 있다. 부가하여 여섯 개의 선택한 시료는 중량법 측정에 의한 총 PAH(Ring 4~6개)에 대해 분석하였다.

6. PAH(Polynuclear Aromatic Hydrocarbons)⁽²³⁾에 대한 고찰

1982년 Grimmer씨 등은 광물유 중에 있는 PAH의 함량은 적용되는 오일 종류에 따라 증가 될 수도 있다는 것을 보고 하였다. 그런데 가소린 엔진 오일과 같은 생성물로 부터는 많은 PAH가 발생될수도 있으나, 기어오일, 수압오일 및 절삭유와 같은 비엔진오일에 대하여는 문제가 제기되는 온도의 증가가 한정되 있기 때문에 사용하는 동안 의미심장하게 기대하는 것처럼 발생되지 않는다고 보고하였다. 한편 Evans 씨등은 큰 제조설비에서 연장사용되는 오일에 대하여 조사한 내용으로는 잘 정제된 광물유와 용제의 화학적 물리적 및 생물학적 변화를 검사하기 위해 5년간 연구를 수행하였다. 이때 절삭유의 시료는 규칙적인 간격으로 수집하였고 수집된 절삭유는 개별적으로 분석하였는데 PAH중에 고리는 4개에서 6개의 방향족을 함유하고 있었고 부가하여 유해한 것, 감각적인 것 그리고 잠재적인 발암성을 측정하기 위해서 생물학적 시험도 병행하였다. 절삭유를 사용하는 동안 각개의 PAH의 생성된 량은 기기(가스크로마토그래피)를 사용해 분석한 결과 그 량은 매우 적었고 중량법 측정결과도 총 PAH중에 측정할 수 있는 증가분은 생성하기 에도 충분한 량이 아니었다.

절삭유를 사용했던 49주에서 86주 기간동안 채취한 광물유 시료에서 총 PAH의 평균측정치는 Oil Mist 1g 당 $7.65\mu\text{g}$ 의 PAH의 농도값을 보였다. 생물학적 연구결과로서는 잠재적인 예민성과 피부손상을 증대시키는 것 또는 오일을 사용하는 동안 잠재적인 피부암의 관한 증거를 발견하지는 못하였다. 잠재적인 피부암의 결핍은 5년이상 오일속에 PAH축적의 낮은 수준과 관계가 있는 것으로 판단된다.

7. 절삭유 미스트에 노출된 근로자중 암사망을 조사⁽¹⁰⁾

절삭유 미스트에 노출된 근로자들중 특정한 암에 대한 사망의 잠재적인 이유를 규명하기 위해 조사된 내용을 보면 그것은 사용됐든 오일의 전부나 또는 일부에 대하여 발암성을 지적하고자 하는 것이다. Pierre 씨등의 연구집단은 1938년에서 1967년 사이 미국 금속기계 공장에서 일했던 2485명의 백인 남자 근로자를 대상으로 하였다. 그리고 1968년 이전에 절삭유 미스트에 다양한 농도로 그들에게 노출되는 직장에서 5년 또는 그 이상의 작업을 수행하였다. 그들중 1137명은 절삭유

미스트에 오랜동안 노출된 금속기계업에 종사하는 근로자들이었다.

1938년과 67년 사이 근로자들사이에 특별히 원인이 되고 있는 사망률의 모형은 미국 백인남자들의 사망률과 비교된다. 총 암사망율은 기대치와 매우 밀접하지만 그 사망률은 주된 질병 범주에서 찾아 볼수 있었다. 15개 암위치에 대하여 사망률의 분석치는 거의 모든 비교치와 대조해보면 기대하고 관찰했던 수치와 거의 큰 차이를 보이지 않고 있었다. 그러나 위암과 대장암의 이중의 위험은 1938년 이전에 절삭유 미스트에 노출된 근로자들중에 5년 혹은 그 이상 노출됐든 근로자들은 약 20년 간 추적한 후에 발견되었다. 질병의 원인으로 인한 사망률은 기대했던 것보다 크지 않았다. 이러한 결과로 알 수 있는 사실은 여러 가지 금속기계 작업도중 발생하는 절삭유 미스트가 용해되거나 용해되지 않던간에 직업성 노출은 호흡성암과 치명적인 호흡성 질병에 의한 건강위험성에 의존되는 것이 아니라 위암에 형태로 연관되고 있다는 것을 암시하고 있다. 미국에 있는 단순한 공장에서 1년 혹은 그 이상동안 절삭유에 노출된 백인남자 기술자들 사이에 특별한 원인으로 사망한 사망률에 관한 보고서는 일반지역 주민들 중에 사망한 암사망자들과 비교하여 크게 증가하지 않은 것을 보여주고 있다. 그러나 근로자들이 노출을 시작해서 30년이상 노출된 근로자들 중에는 소화성 암이 41% 호흡성암이 15%로 다소과다한 비율을 보이고 있다고 보고하였다.

8. 기계공장에서 휴대 Oil Mist용 시료에 의한 공기중 농도측정과 작업자의 자각증상⁽¹¹⁾

가. 개요

기계유는 금속가공에 있어서 재료나 공구의 냉각 등 공작 성능을 높일 목적으로 광범위하게 사용되고 있다. 최근 기계공장에서는 작업행정에 대응하여 많은 종류의 기계유가 사용되고 있으며 대부분은 광물유나 동식물유의 기계에 여러 가지 화학첨가물을 혼입한 제품으로 취급하고 있다. 기계유를 화학첨가물을 혼입한 제품으로 취급하고 있다. 기계유를 사용하는 작업자의 건강장해에 대한 보고는 피부장해⁽¹²⁾나 호흡기^(13,14)에 영향이 예로부터 알려져 왔다. 또한 기계유와 암과의 관련

을 실험적⁽¹⁵⁾으로 또는 역학적^(16,17)으로 지적인 연구자도 있다. 일본에서는 1977년 일본산업위생학회가 광물유 Mist로서 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 를 권고하고 있다.⁽¹⁸⁾ 최근에는 작업 자동화의 촉진과 기계공작면의 밀폐화가 추진되어 종래와 같이 고농도의 기중 미스트에의 노출이나 직접접촉의 기회는 감소하였으나 1인당 관리운전하는 기계의 수가 증가하는 경향이 있다. 따라서 기계유 작업자에 건강영향을 파악하기 위해서는 기계유의 독성면에서의 검토와 비교적 저농도에서의 역학적 조사연구가 필요하다. 이러한 배경에서 연구자는 지금까지 기계유에 관해서 사용중에 발현한 변이원성을 검출하여⁽¹⁹⁾ 경시적인 결과를 보고하였다.⁽²⁰⁾ 또한 Oil Mist의 농도측정 중요한 과제로 고려되어 휴대용 Oil Mist 채취장치를 개발하였다.⁽²¹⁾ 본연구에서는 자동차부품을 가공하고 있는 기계공장에서 휴대용 시료채취를 이용한 결과도 보고하였다.

나. Oil Mist의 기중 농도측정

작업환경 공기중의 Oil Mist의 채취와 측정은 앞서 보고한 방법⁽²¹⁾으로 실행하였다. 즉 Yasto와 Tamura 씨에 의해 개발한 휴대용 Sampler⁽²²⁾의 Head를 사용하여 Stainless 판상에 $10\mu\text{m}$ 이상 및 $2\sim 10\mu\text{m}$ 의 입경으로 2단계로 채취하였다. 채취한 기체에 이용한 펌프는 일정장소에 고정하여 정점에서 측정하는 경우에는, Shibata 과학전원, 펌프분리형의 장치를 이용하여 어느경우에도 $2.5\text{ l}/\text{min}$ 로 흡입하였다. 채취시간은 정점측정 개인 폭로량의 측정 모두 2시간씩 하였다. 각 단계별로 포집된 Oil Mist를 사염화탄소 20ml 로 초음파진동 추출한 후 유분 농도계에 의해 B 중 유 회석액을 표준액으로하여 측정하였다. 회수된 절대량을 채기량에서 제외하고서 B 중유량의 액중농도의 시간가중평균치(TWA)로 산출하였다.

다. 작업장의 개략과 측정법

금회 측정대상으로 한 작업자는 자동차부품의 조립, 가공을 하는 동일사업장에서 A, B 2개의 공장에서 작업을 공정별로 10~20명의 작업자가 한 개 작업만을 형성하여 거의 동일 기계를 관리, 사용하여 작업을 하고 있다. B공장의 일부기계에는 강제 배기장치가 부착되어 있다. 금회의 대상공장의 개략과 측정점은 [그림 5]에서 볼수 있다.



[그림 5] 조사대상 공장의 개략도 및 Oil Mist의 측정점

측정은 '89년 7월에 2일간 수행하였다. 측정점 1~7 및 10, 11을 작업자의 행동 범위로 하고 측정점 8, 9는 비교적 고농도라 생각되는 장소로 작업자가 상주하는 장소는 아니다. 또한 개인노출량의 측정에 대해서는 [그림 5]의 측정점 1, 2, 4, 6 및 10에 대응하는 작업장에서 작업자 각 1명을 선택, 작업복 옷깃에 Sampler Head를 부착하였다. 이 개인 노출량의 측정은 '89년 12월에 2일간 하였다. 이때 측정 대상, 작업자가 작업중에 행동하는 범위내의 2개소에서 지역측정도 아울러 실시하였다. 작업내용이 오전과 오후에 반드시 동일하지 않으므로 측정은 오전, 오후로 나누어 실시하고 각각의 시간내에 있어 그 시간의 TWA를 구하였다.

라. Oil Mist의 기중농도 측정결과

[표14] 작업환경 기중 Oil Mist농도 측정결과표

측정점	오전작업 TWA($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	오후작업 TWA($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	152	108
	103	108
2	225	127
	179	153
3	261	214
	170	123
4	462	270
	204	50
5	310	97
	52	41
6	157	84
	68	59
7	56	43
	90	51
8	168	
	282	
9	203	
	522	
10		520
		293
11		393
		102

[표15] 개인시료 Oil Mist농도 측정결과표

대응측정점	TWA($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1.2 오전에 측정	208
	158
	123
	360
	266
4 오후에 측정	161
	321
	133
	125
	62
6 오전에 측정	110
	95
	83
	97
	113
10 오후에 측정	93
	96
	96
	162
	141
	133
	98
	121
	81

(1) 정점에서는 기중농도 : [그림 5]에서 본바와 같이 측정점에서의 Oil Mist의 기중농도를 입경별로 구함과 동시에 양자의 합으로부터 TWA를 산출하여 [표29]에 표시하였다. A공장 [그림 5중의 측정점 1~7]에 있어서 14지점에서의 측정치의 기하평균치는 $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ (범위 : $94\sim 597\mu\text{g}/\text{m}^3$)이었다. 또 B공장(그림 5의 10, 11)의 두 측정점을 495 및 $813\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 B 공장측이 농도가 높았다. Oil Mist가 육안으로 확인할 수 있는 절삭분말의 배출구 부근[그림 5와 8]에서의 농도는 $450\mu\text{g}/\text{m}^3$ 기공중에 절삭면에 압축공기를 간헐적으로 불어주는 작업주변[그림 5의 9]에서는 $725\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.

(2) [표15]은 개인노출농도 결과를 나타내고 있는데 이표에는 오전 또는 오후에

각각 측정하였다. 각 작업자의 행동범위에 있어서 두 측정저머에서의 측정최와 반드시 일치하지는 않으나 큰 차이는 확인되지 않았다.

(3) 채집된 Oil Mist의 입경 : 금번 측정한 공장에서는 수용성 및 비수용성의 절삭유를 사용하고 있으나 측정점 주변기계에 사용하고 있는 기계 유형별로 입경비율을 구하였다. 호흡성크기($2\sim 10\mu m$)는 수용성 절삭유를 사용하고 있는 측정점(그림13의 3~7, 10, 11)에서는 $32.85\pm 16.1\%$ 이었고, 비수용성을 사용하고 있는 측정점(그림13의 1, 2, 8, 9)에서는 $50.0\pm 1.24\%$ 이므로 비수용성 절삭유를 사용하는 기계로부터의 Oil Mist쪽이 비교적 작은 크기의 유분을 발생하고 있다는 것을 알 수 있었다.

본 연구시험과 일본문헌값과 비교해 보면 개인 휴대용 Oil Mist의 측정방법 자체는 유사하나 분석방법에서는 다소 차이가 있었다. 즉 본 실험은 1994년도의 NIOSH (5026)법을 사용하여 CFC-113으로 추출한 FT-IR로 정량분석한 Oil Mist의 농도값을 측정한 반면 일본 문헌에서는 분석방법이 약간의 차이가 있었다. 또한 시료포집시간은 2시간씩으로 3~4회씩 측정한 후 평균치로서 TWA 값을 계산하였으나 본 연구에서는 6시간씩으로 시료포집후 1회값만으로 TWA를 계산하였다.

VII. 참고문헌

1. 최승부, 제조업체 작업환경실태조사, 한국산업안전공단, 금강문화사 1994, 112-165.
2. 박상태, 윤활유의 분류, 윤활유험회보, 1997, 80호, 21
3. 정동철, 광물유, 취급사업장 건강장해 조사, 한국산업안전공단(산업보건부), 성립사, 1989. 1.
4. 김광민, 윤활유개론, 화학세계, 1995, 35, 34-37
5. 유용진, 윤활기유의 제조방법과 화학적조성, 화학세계 1995, 35, 37-39
6. Lyon, France, Polynuclear Aromatic Compounds., Part, Carbon black, Minerals and some Nitrarenes, IARC, 1984, 33, 87-168
7. Charles Lorberau, Oil Mist Mineral Method, NIOSH(5026) 4th ed, 1994, 15(Aug)
8. Notice of Intended Change(Oil Mist, Mineral), Appl. Occup. Environ. Hyg.1993. 8(5), 494-501
9. 吉良尙平, 機械油 Mist 露出評價法, 研究課題番號 61570274, 1988, 9
10. Pierre Decoufle. Sc. D. Futher Analysis of Cancer Motality Patterns Among Workers Exposed to Cutting oil mists, 1978, 61, 1025-1030
11. Shohei Kira, Yusaku Nogami and Massana Ogata, Measurment of Oil Mists by a portable sampler and Subjective symptoms among Machine Workers. Jap. J. of Ind. Healty, 1990. 32. 356-365
12. 野村 茂, 職業性 皮膚障害와 그 對策, 日本 勞動科學研究所, 1974, 118-134
13. Drasche VH, Finzel L, etal., Arbeitsmedizinische Erhebungen beiolnelex-ponierten personen. Zbl. Arbeitsmed, 1974, 24, 305-312
14. Jarvholm B. Bake B. Labenius B. etal., Respiratory sympton and lung function in Oil Mist exposed Workers, J. Occup. Med. 1982, 24, 473-479

15. Jepsen JR, Stoyanov S, Unger M., Cutting fluid and their effects on the skin of mice, *Acta path Microbiol Scand sect A*. 1977, 85, 731-738
16. Decoufle P. Further analysis of Cancer Mortality pattern among Workers exposed to cutting oil mists. *J. Natl cancer Inst*. 1978, 61, 1025-1030
17. Roush GC, Kelly AJ, Meig JW, Etal., Scrotal Carcinoma in Connecticut metal-Workers ; Sequel to a study of Sinonasal Cancer. *Am J. Epidemiol*, 1982, 116, 76-85.
18. 日本産業衛生學會 許容濃度 勸告(1989) 産業醫學 1989, 31, 257-277
19. Kira S, Hayatsu H, Nogami Y. et al., Mutagenicity in machine oils, 産業醫學 1987. 29. 296-297
20. Kira S, Hayatsu H, Nogami Y. et al., Monitoring of mutagenicity in cutting fluids during their recycled use. *Ind. Health*. 1989 27, 17-21
21. 吉良尙平, 野上, 早律彦배 等 Oil Mist의 個人暴露 測定法の 検討, 産業醫學, 1989, 31, 246-247
22. 安藤 満, 田村憲治, 交叉點附近 및 屋内外에서의 浮遊粒子相物質(SPM)의 研究 日本産業衛生學會誌, 1987, 42, 939-946.
23. M. J. Evans, W. B. Hooper, et al., The Chemical, Physical and biological properties of a neat cutting oil during prolonged use in a large manufacturing facility. *Ann. Occup. Hyg.*, 1989, 33(4), 537-553.