

연구보고서

금속가공 기술변화에 따른 유해물질 사용에 관한 실태조사 및 유해성 분류

박동욱 · 고동희 · 곽현석 · 김신범 ·
이경희 · 최상준 · 하권철

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요 약 문

1. 연구제목

금속가공 기술변화에 따른 유해물질 사용에 관한 실태조사 및 유해성 분류

2. 연구 필요성 및 목적

○ CNC 공정 근로자에게서 발생한 메탄올 중독 사고를 거울삼아 금속가공 공정에서 사용될 수 있는 화학물질의 종류를 추정하고 이들을 사용하는 사업장과 근로자의 현황을 정리하는 연구가 필요함.

○ 본 연구의 궁극적 목표는 금속가공에 사용될 수 있는 화학물질을 정리하고 추정해서 그 독성을 정리하는 한편 이들 화학물질에 노출되는 근로자를 보호할 수 있는 대책을 제안하는데 있음. 구체적인 목표는 아래와 같음.

- 금속가공 공정에서 사용되는 것으로 이미 알려져 있는 물질(MWF 및 알코올류)과 산업변화에 따라 사용될 가능성이 있는 화학물질을 추정함.
- 금속가공에 사용되는 화학물질 종류별로 노출 근로자 수를 산업과 공정별로 추정함.
- 금속가공 공정에 사용되거나 추정되는 화학물질과 첨가제의 독성을 정리함. 독성은 발암성, 변이원성, 생식독성 등을 중심으로 주요 건강영향을 고찰함.
- 금속가공에 사용되는 화학물질 중 독성이 큰 물질과 첨가제에 대한 사용금

지 독성이 낮은 물질로 대체할 수 있는 근원적인 방안을 국가, 사업주 등의 측면에서 제안함.

- 금속가공에 사용되는 화학물질의 노출 및 건강영향의 위험을 줄일 수 있는 공학적, 행정적인 방안을 제안함. 핵심 노출저감 방안을 사업장에 전파할 수 있는 전략도 포함.
- 금속가공 화학물질에 대한 법적 관리와 국가자료(작업환경실태조사, 작업환경측정결과, 특수건강검진결과)의 적극적인 활용을 위한 제도개선 방안을 제안함.

3. 연구 방법

○ 본 연구 목적을 달성하기 위해 문헌 고찰, 국가 산업보건자료 분석, 사업장 방문, 전문가 의견 등을 활용하였음.

○ 금속가공에서 화학물질을 사용하는 사업장과 이들에 노출되는 근로자 수를 추정하는데 3종류의 국가자료(작업환경실태조사: 2009년과 2014년, 작업환경측정결과: 2014년 상/하반기, 특수건강검진자료: 2014년 상/하반기)를 분석하였음.

○ 대표적 금속가공 공정인 CNC 공정을 방문해서 메탄올 등의 화학물질 사용 여부, 공정 특성, 화학물질 발생특성, 근로자 노출 특성 등을 조사하였음.

○ 금속가공 공정에 사용되는 화학물질 유해성, 노출감시 대책, 건강위험 관리 대책, 대책의 사업장 및 근로자 확산 방안은 문헌과 사례를 참조해서 정리하였음.

4. 연구결과

1) 국내 금속가공 산업, 공정, 화학물질 등 노출 현황 추정

(1) 작업환경실태조사 활용

○ 금속가공유(MWF)를 사용하면서 금속가공과 관련 가능성이 높은 사업장 수는 2009년 11,229개소, 2014년 17,873개소임. 금속가공 공정에 노출될 것으로 추정되는 근로자 수는 2009년 50,299명, 2014년 90,661명이었음.

○ 메탄올을 사용하여 금속가공 공정을 갖고 추정되는 사업장은 2009년 18개소였으며, 2014년에는 63개소임. 이들 사업장에서 메탄올에 노출되는 근로자 수는 2009년 721명, 2014년 412명으로 추정함.

○ 에탄올을 취급 또는 사용하면서 금속가공 공정과 관련성이 높은 사업장의 수는 2009년에 14개소, 2014년 95개소였음. 이들 사업장에서 금속가공 공정에 노출될 것으로 추정되는 근로자 수는 2009년 61명, 2014년에는 1,050명임.

(2) 작업환경측정결과 활용

○ 금속가공과 관련된 25개 공정을 선정하였고 이들 공정이 있는 사업장수는 30,961곳, 노출근로자수는 169,102명으로 추정됨. 특히, CNC 공정의 화학적 유해인자의 수는 디에탄올아민 등 총 78종이었으며, 이 공정에 관련된 근로자수는 총 27,976명, 사업장 수는 3,379곳으로 추정됨.

○ 78종의 화학물질 중 실제로 금속가공유의 구성성분으로 사용될 수 있는 화학물질은 디에탄올아민, 디클로로메탄, 1,1-디클로로-1-플루오로에탄, 메틸 클로로포름, 1-브로모프로판, 에탄올아민, 2-부톡시에탄올, 에틸렌글리콜, 트

리클로로에틸렌, 스토타드솔벤트 등 총 10종으로 추정되었음.

○ CNC 공정에서 메탄올을 취급하고 있는 사업장 수는 36개소이고, 노출되는 근로자수는 289명으로 파악되었음. 가장 높은 노출 농도는 92 ppm이었음.

(3) 특수건강검진 결과 활용

○ 세세분류 업종별 금속가공유(미네랄 오일미스트)와 메탄올 노출근로자 수를 추정하였음. 금속가공유(MWF)는 ‘그 외 기타 자동차 부품 제조업(30399)’이 6,410명으로 가장 많았고, 그 외의 금속가공 관련 업종들이 상위를 차지하였음. 인력공급업의 경우에서도 수검자가 202명이었는데, 이는 금속가공유 노출 사업장으로 인력을 파견하는 경우에 해당하는 것으로 보임.

○ 메탄올 노출 근로자 수는 ‘다이오드, 트랜지스터 및 유사 반도체소자 제조업(26120)’이 3,165명으로 가장 많았으며, 그 외 전자, 화학산업, 부품 제조 등에서 메탄올 수검 근로자가 분포하였음. 인력공급업의 경우에서도 수검자가 490명이었는데 이는 메탄올 노출 사업장으로 인력을 파견하는 경우에 해당하는 것으로 보임.

○ 공정별 금속가공 화학물질 검진 근로자 수는 파악할 수 없었음.

2) 금속가공 공정에서 사용되는 화학물질별 유해성 및 건강영향 위험고찰

○ 문헌고찰, 제조사에 대한 설문조사 및 노동환경건강연구소에서 구축한 화학제품 데이터베이스를 참고하여 금속가공유에 사용될 수 있는 성분은 총 558개로 추정함. 이들이 일으키는 주요 건강영향은 피부자극성, 피부과민성, 호흡기자극성과 호흡기과민성, 그리고 발암성과 생식독성 등에 관련됨. 특히,

전통적 성분군인 기유 및 계면활성제와 pH 향상제 및 부식방지제 외에도 방부제(살균제) 성분이 중요한 유해첨가제 군임을 확인함. 금속가공유의 유해성으로부터 노동자의 건강을 보호하기 위해서는 방부제의 관리가 요구됨.

3) 금속가공 최신 기술 변화에 따른 화학물질 사용 전망

○ 향후 금속가공유 시장은 유럽의 REACH, CLP 제도, 폐기물 발생량 감소를 위한 환경 규제 등과 같은 각종 규제 정책, 금속가공유 적용 산업의 변화(자동차 산업 및 항공 산업에서의 차체와 엔진의 경량화를 위한 알루미늄 사용량 증가)에 따라 금속가공 화학물질 사용은 영향을 받을 전망이다.

○ 금속가공 기술 측면에서의 주요 변화는 1) 금속가공유가 필요 없는 건식 가공 방식의 적용 증가, 2) 금속가공유의 재사용 시스템에서 소형 윤활유 공급 시스템(MQL)으로의 전환 증가, 3) 완성품(near-net shape) 구조에 따른 금속가공과 같은 후가공의 필요성이 줄고 점차 초정밀 가공기술의 필요성 증가, 4) 이에 따른 공작기계의 소형화와 금속가공유 공급시스템의 크기도 소형화되는 반면 고속 절삭 가공 등을 위한 금속가공유 공급 압력은 높아지는 경향 등이 나타나며, 국내에서도 5) IT 산업의 발전과 더불어 알루미늄, 탄소섬유강화플라스틱(CFRP)과 같은 신소재의 미세 가공 기술 필요성 증가 등임.

○ 국내 19개 CNC 가공 업체에 대한 현장 조사 결과에서도 금속가공 분야의 변화 경향을 반영하듯이 전자부품의 경우 경량화 된 알루미늄을 가공하는 경우가 많고, 이러한 경량화 재질을 가공할 경우 메탄올이나 에탄올과 같은 알코올류를 사용해 오고 있는 것으로 조사되었음.

○ 핸드폰 부품을 가공하는 업체 및 소형 CNC 기계 제작업체들에 대한 현장 조사를 통해서 핸드폰 모델마다 차이가 있지만 핸드폰의 외장인테리어에 사용되는 소형 부품(홈버튼, 볼륨이나 on-off 버튼, 카메라 장식, 심트레이(sim

tray), 스마트워치 버튼 등 알루미늄 소재의 소형 외장부품)들의 CNC 가공 과정에서 메탄올(또는 에탄올)이 절삭유 대신 냉각재로 광범위하게 쓰였음.

4) 금속가공 공정 근로자 보호 대책과 확산 방안

○ 금속가공 화학물질 중 유해성이 큰 성분의 사용, 발생, 노출을 최소화하는 방안을 사업장과 근로자에게 확산시키는 방안으로 첫째, 유해요인 발생 자체를 줄일 수 있는 금속가공용 제품 내 유해물질 함유량에 대한 규제 제도 마련, 둘째, 금속가공용 취급 근로자 및 사업주에 대한 안전보건 지침 개발 및 온라인을 활용한 보급, 셋째, 금속가공 관련 민간 기업 및 노동조합 단체를 통한 확산, 넷째, 기타 SNS 등을 이용한 확산 등 임.

5) 제도개선

○ 금속가공용 및 살균제에 대한 관리를 “산업안전보건법”, “산업안전보건기준에 관한 규칙” 제 3 편 보건기준의 한 장(chapter)로 넣을 것을 제안함. 법적인 요건으로 만들지 않더라도 가이드라인을 만들 필요가 있음. 그 이유는 ▲ 금속가공 산업, 공정, 노출근로자 수가 많고, ▲ 금속가공용에 들어있는 첨가제 등의 화학물질 종류가 20여 가지가 넘는 것은 물론 대부분 유해성이 큰 물질이고, ▲ 사용방법, 폐기물 관리, 화학물질관리 등이 시스템으로 관리되어야 하기 때문임. 여기에 들어갈 주요 내용은

- 제 1 절 : 통칙
- 제 2 절 : 금속가공 공정 위험관리
- 제 3 절 : 금속가공 화학물질 노출 관리
- 제 4 절 : 금속가공 공정 작업관리
- 제 5 절 : 금속가공 공정 근로자 건강관리
- 제 6 절 : 금속가공 공정 미생물 위험관리
- 제 7 절 : 보호구 착용 등

- 국가자료 관리 시스템을 전면 재검토할 필요가 있음. 작업환경실태조사, 작업환경측정결과, 특수검진결과 등에 대한 국가 자료를 모으고 클리닝하고 가공하는 과정을 체계화해야 함. 이 국가자료는 산업보건정책 등 근로자 유해 요인 노출 및 건강영향 감시에 귀중하게 활용되기 때문임. 핵심 개선 방향은 핵심 국가 변수인 표준산업, 공정, 직무, 용도 등을 표준화하고 이에 근거해서 조사 -> 가공 -> 활용 등을 거치도록 해야 함. 이 정보에 대한 표준화가 되어 있지 않아 주요 산업보건사업을 결정할 수 없음.
- 금속가공유(MWF)에 사용되는 살균제 성분(CMIT/MIT, 포름알데히드 등)의 사용 함량 및 노출정도를 감시하는 정책 마련.

5. 활용방안 및 기대성과

- 국가 산업보건자료를 보다 적극적으로 활용할 수 있는 제도와 시스템을 마련할 수 있음.
- 금속가공 화학물질 사용으로 인한 건강영향이 발생되지 않도록 제도 개선, 사업, 연구 등을 제안할 수 있었음. 우선 금속가공에 들어있는 CMR의 성분 관리, 방부제를 포함한 살균제 관리 등에 제도 개선 대책을 마련할 수 있음.

중심어

금속가공유(Metalworking fluid, MWF), 금속가공공정, 메탄올, 작업 환경실태조사, 작업환경측정결과, 특수건강검진 자료

참고문헌 및 연락처

한국방송통신대학교 박동욱 교수 pdw545@gmail.com

<본문 차례>

I. 서론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 목적	6
II. 연구내용 및 방법	8
1. 연구대상	8
1) 문헌	8
2) 국가 산업보건자료	8
3) 금속가공 공정(CNC)	9
4) 전문가 의견	10
2. 연구 방법	11
1) 금속가공 공정에서 사용될 수 있는 화학물질 현황 추정	11
2) 금속가공 공정 화학물질 유해성 고찰 및 대책	24
3) 제도개선 및 향후 연구과제	26
III. 연구 결과	27
1. 금속가공 공정에서 사용되는 화학물질 추정 및 노출특성 종합	27
1) 작업환경실태조사 자료 활용	27
2) 작업환경측정결과 자료 활용	85
3) 특수건강검진결과 자료 활용	100
4) 종합 및 제한점	105
2. CNC 공정 화학물질 사용 및 노출특성 조사	108

3. 금속가공 공정에서 사용되는 화학물질별 유해성 고찰.....	122
1) 금속가공유(MWF).....	122
2) 알코올류.....	171
4. 금속가공 최신 기술변화에 따른 금속가공 화학물질 사용 특성 전망.....	177
1) 금속가공유 시장 전망.....	177
2) 주요 기계금속가공 산업.....	182
5. 금속가공 공정 화학물질 취급 근로자 보호 대책.....	218
1) 금속가공유(MWF).....	218
2) 금속가공유(MWF) 중 살생물제.....	220
3) 알코올.....	257
6. 금속가공 공정 관리 대책 사업장 확산 방안.....	264
1) 금속가공유(MWF) 제품 내 유해물질 함유량에 대한 규제 제도 마련.....	264
2) 안전보건 지침 개발 및 확산.....	266
3) 기타 SNS를 이용한 확산.....	273
7. 제도 개선.....	276
1) 법적 관리 지침 개발.....	276
2) 국가 산업보건자료 관리 전략 개발.....	278
3) 핵심 산업보건활동 개선.....	287
 참고문헌.....	 289
Abstract.....	297
부 록.....	301

<표 차례>

<표 2-1> 작업환경실태조사 자료 현황	11
<표 2-2> 금속가공과 관련하여 측정 자료를 요청한 25개 공정	20
<표 2-3> 작업환경측정 자료 중 요청한 항목	23
<표 3-1> 작업환경실태조사 자료에서 사용공정으로 분류할 때 금속가공 공정일 가능성이 높은 공정 현황	28
<표 3-2> 작업환경실태조사 자료에서 사용용도로 분류할 때 금속가공 공정 관련 가능성이 높은 사용용도 현황	29
<표 3-3> 작업환경실태조사 자료에서 공정으로 분류할 때 금속가공 공정일 가능성이 있는 공정 현황	31
<표 3-4> 작업환경실태조사 자료에서 사용용도로 분류할 때 금속가공 공정일 가능성이 있는 사용용도 현황	33
<표 3-5> 2009년 작업환경실태조사 자료를 이용한 산업, 공정, 용도별 취급 화학물질 현황	35
<표 3-6> 2014년 작업환경실태조사 자료를 이용한 산업, 공정, 용도별 취급 화학물질 현황	37
<표 3-7> 금속가공유(MWF) 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정	51
<표 3-8> 금속가공 공정별 금속가공유(MWF) 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)	53
<표 3-9> 사용용도별 금속가공유(MWF) 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)	54
<표 3-10> 공정별 금속가공유(MWF) 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)	57

<표 3-11> 사용용도별 금속가공유(MWF) 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)	58
<표 3-12> 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정	59
<표 3-13> 산업별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)	60
<표 3-14> 금속가공 공정별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)	63
<표 3-15> 용도별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)	64
<표 3-16> 작업환경실태조사 자료를 이용한 금속가공과 메탄올 취급 사업장 현황(가능성 높음)	66
<표 3-17> 산업별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)	72
<표 3-18> 공정별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)	73
<표 3-19> 사용용도별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)	75
<표 3-20> 에탄올 취급(노출) 사업장과 노출 근로자 수 추정	76
<표 3-21> 산업별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)	77
<표 3-22> 공정별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)	80
<표 3-23> 사용 용도별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)	81
<표 3-24> 산업별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정	

가능성 있음)	82
<표 3-25> 공정별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)	84
<표 3-26> 용도별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)	85
<표 3-27> 금속가공과 관련하여 측정 자료를 요청한 25개의 공정	86
<표 3-28> CNC 공정의 유해인자 종류와 노출수준	89
<표 3-29> CNC 공정 중 메탄올을 취급하는 사업장의 노출 특성 ...	96
<표 3-30> CNC 공정 중 메탄올 취급사업장의 지역별 특성	98
<표 3-31> CNC 공정의 금속가공유 구성분	99
<표 3-32> 세세분류 업종별 금속가공유 노출 근로자 수 및 노출 비율	101
<표 3-33> 세세분류 업종별 메탄올 노출 근로자 수 및 노출 비율 ..	103
<표 3-34> CNC 가공 공정 화학물질 사용 및 노출 특성 요약	110
<표 3-35> 금속가공유(MWF) 4종류별 성분 및 함량(NIOSH, 1998)	124
<표 3-36> 금속가공유(MWF) 첨가제 성분(Suuronen, 2009)	126
<표 3-37> 금속가공유(MWF) 첨가제 성분 그룹(DFG, 2012)	127
<표 3-38> 금속가공유 중의 피부과민성 물질의 함량에 대한 연구 결과(Henriks-Eckerman et al. 2008)	131
<표 3-39> 금속가공유(MWF) 금지 등 유해물질 성분 목록(VKIS-VSI-IGM, 2012)	132
<표 3-40> 금속가공유 유해물질가이드라인(금속노조 등, 2014)	136
<표 3-41> 금속가공유 제조사들에게 조사한 금속가공유 주요 성분	138
<표 3-42> 노동환경건강연구소 제품 데이터베이스에서 발견된 금속가공유 성분	144

<표 3-43> 노동환경건강연구소 화학제품 DB의 금속가공유 MSDS 작성년도별 분포	147
<표 3-44> 금속가공유 성분의 출처 비교(1)	147
<표 3-45> 금속가공유 성분의 출처 비교(2)	148
<표 3-46> 고용노동부 고시에 따른 유해성 분류 기준	148
<표 3-47> 금속가공유 성분 중 급성독성 물질	150
<표 3-48> 금속가공유 성분 중 피부부식성/피부자극성 물질	154
<표 3-49> 금속가공유 성분 중 심한 눈 손상성/눈 자극성 물질	157
<표 3-50> 금속가공유 성분 중 피부과민성/호흡기과민성 물질	161
<표 3-51> 금속가공유 성분 중 흡입 유해성 물질	162
<표 3-52> 금속가공유 성분 중 특정 표적장기 독성 물질	163
<표 3-53> 금속가공유 성분 중 변이원성 물질	166
<표 3-54> 금속가공유 성분 중 생식독성 물질	167
<표 3-55> 에탄올의 급성노출 기준 및 작업환경 노출기준(ppm) ...	172
<표 3-56> 메탄올의 급성노출 기준 및 작업환경 노출기준(ppm) ...	174
<표 3-57> 세계 경차(light vehicle) 판매량 예측	183
<표 3-58> 금속가공유 공급 시스템에 따른 특성 비교	187
<표 3-59> 금속절삭기계의 종류	192
<표 3-60> 금속성형기계의 종류	193
<표 3-61> 개인 노출에 영향을 미칠 수 있는 공정 및 직무요인 비교	213
<표 3-62> CNC가공 공정의 작업자 노출 농도	214
<표 3-63> 금속가공유(MWF)에 들어 있는 살균제 성분(NIOSH, 1998)	229
<표 3-64> 금속가공 공정에서 확인한 미생물 특성(박동욱, 2007) ...	230

<표 3-65> 포름알데히드 방출형 상생물질 대체제(예) (Dow Microbial Control)	239
<표 3-66> 에탄올과 메탄올의 유해위험성 및 물리화학적 특성 비교	258
<표 3-67> Rule 1144의 적용대상 금속가공유와 VOC 함유 제한 기준 .	266
<표 3-68> 유해화학물질 저감 성과	272

<그림 차례>

[그림 1-1] 금속가공 공정에서 냉각과 윤활 목적을 위해 사용되는 화학 물질 스펙트럼(냉각기능을 달성하기 위한 화학물질의 선택: 가공 제품 재질 등 고려, ?:불확실성 표시)	4
[그림 1-2] 금속가공유의 성질과 금속가공유들 사이의 관계	5
[그림 2-1] 금속가공 화학물질 사용 사업장과 근로자 수 추정	19
[그림 2-2] 금속가공 공정 화학물질 추정과 관리대책 마련 연구 흐름	26
[그림 3-1] 경기도와 그 외 지역의 메탄올 노출농도의 누적확률분포도	98
[그림 3-2] 산업기계부품 가공(사업장 No.1) 기계	113
[그림 3-3] 반도체금형(사업장 No.2) 가공 기계	113
[그림 3-4] 보일러부품(사업장 No.3) 가공 기계-1	114
[그림 3-5] 보일러부품(사업장 No.3) 가공 기계-2	114
[그림 3-6] 핸드폰커버(사업장 No.6) 가공 모습	115
[그림 3-7] 특장차 부품(사업장 No.9) 가공 기계-1	115
[그림 3-8] 특장차 부품(사업장 No.9) 가공 기계-2	116
[그림 3-9] 전자부품(사업장 No.10) 가공 기계	116
[그림 3-10] 자동차부품 제조(사업장 No.11) 가공 기계	117
[그림 3-11] 반도체 금형(사업장 No.12) 가공 기계	117
[그림 3-12] 프레스 금형(사업장 No.13) 가공 기계-1	118
[그림 3-13] 프레스 금형(사업장 No.13) 가공 기계-2	118
[그림 3-14] 발전소 부품(사업장 No.14) 가공 기계	119
[그림 3-15] 프레스 금형(사업장 No.15) 가공 기계-1	119

[그림 3-16] 프레스 금형(사업장 No.15) 가공 기계-2	120
[그림 3-17] 핸드폰 홈키(사업장 No.16) 가공 기계-1	120
[그림 3-18] 금속가공(사업장 No.17) 부품 가공기계	121
[그림 3-19] 모바일 부품(사업장 No.18) 가공 기계	121
[그림 3-19] 에탄올의 체내 대사과정	173
[그림 3-20] 메탄올의 체내 대사과정	176
[그림 3-21] REACH와 CLP 제도의 연도별 적용계획	179
[그림 3-22] 세계 경차 판매량 예측(2007~2015)	182
[그림 3-23] 신차의 엔진 유형별 전망	184
[그림 3-24] 기유에 대한 API 분류	188
[그림 3-25] 공작기계의 분류	194
[그림 3-26] 공작기계의 최신 개발 동향 모식도	195
[그림 3-27] 공작기계의 요소기술 복합화를 통한 고능률화 모식도 ...	196
[그림 3-28] 고품의 표면대응을 위한 초정밀 가공시스템 모식도	197
[그림 3-29] 신기술 융합 미세 가공시스템 모식도	198
[그림 3-30] 자율지능 가공시스템 모식도	199
[그림 3-31] 신개념 가공시스템 모식도	200
[그림 3-32] 알코올을 냉각제로 사용한 알루미늄 부품들	209
[그림 3-33] 핸드폰 On-off 버튼의 CNC 가공 과정	210
[그림 3-34] 국내 °Y. 업체 CNC 가공	212
[그림 3-35] 독일 °Datron. 업체 CNC 가공	212
[그림 3-36] 마그네슘 가공 중 수소 발생 과정	216
[그림 3-37] 총경도 상승 시 유화저하 모식도	217
[그림 3-38] 총경도별 유화	217
[그림 3-39] 대표적인 물리적 금속가공유 정화 기술	244

[그림 3-40] 입자 제거 기술 및 입자 크기에 따른 처리 범위	245
[그림 3-41] 금속가공유 처리용 원심분리 장치	246
[그림 3-42] 타유가 금속가공유에 미치는 부정적인 영향	247
[그림 3-43] 금속가공유 내의 부상유와 분산유	248
[그림 3-44] 금속가공유 내 타유 유적 분포(예)와 제거 기술의 한계	249
[그림 3-45] 경제성 있는 무살생물제(biocide-free) 금속가공유 통합 관리 시스템의 적용과 이익	252
[그림 3-46] 무살생물제 금속가공유 자외선 살균 시스템 (Wallenius Water의 FluidWorker)	253
[그림 3-47] 무살생물제 금속가공유 통합 관리 시스템(WiMMS) 적용 사례 (이탈리아)	254
[그림 3-48] 전면, 윗면이 밀폐되지 않은 CNC 머신	260
[그림 3-49] 유해화학물질 종류별 2012년 대비 저감률	272
[그림 3-50] 알루미늄 가공시 독성이 없고 방청효과가 좋은 금속가공유를 문의한 사례	274
[그림 3-51] 메탄올에 노출될 경우 영구적인 시력 손상을 유발할 수 있음을 경고하는 답변 사례	274
[그림 3-52] 산업보건활동 국가 자료 통합 및 활용 체계	283

I. 서론

1. 연구배경

○ 금속(metal) 기계 공구를 이용하여 또 다른 금속이나 비금속 제품을 다듬거나, 자르거나, 깎거나, 파내는 등의 공정(Working)에서 발생하는 열을 식히거나 공정을 부드럽게 하는 윤활작용(Lubricating)을 위해서 여러 형태의 화학물질이 사용됨. 이들 화학물질은 기계금속 제품을 생산하는 자동차, 농기구, 항공기, 기차, 조선, 자전거, 전자제품, 의료기기 등의 거의 모든 공정에서 광범위하게 쓰이고 있음.

○ 금속가공 공정에서 냉각 및 윤활작용을 위해 가장 많이 사용되는 화학물질은 금속가공유(Metalworking fluids, 이하 MWF라 함)임. 절삭유, 쿨런트(Coolant) 등으로 불리기도 함. MWF는 비수용성, 수용성, 합성, 준합성으로 4가지로 분류됨. 냉각, 윤활 정도에 따라 종류마다 구성 성분이 다름. 석유를 정제하고 마지막 남은 찌꺼기(잔사유)인 기유(基油, Base oil)의 함량이 80~90% 이상인 것은 비수용성(Straight)이고, 이 기유에 물을 50% 이상 섞은 것을 수용성(Water-soluble)이라고 함.

○ 기유 함량이 많을수록 윤활작용이 뛰어나고 반대인 경우 냉각작용이 증가됨. 금속가공 공정에서 윤활 및 냉각을 요구하는 정도에 따라 사용되어야 할 MWF 종류가 결정됨. 따라서 금속가공의 특성에 따라 사용되는 MWF 종류는 다름. 즉 가공공구 재질, 가공되어야 할 금속 제품, 공정 특성 등에 따라 MWF 종류가 선택될 수 있음.

○ 비수용성이든 수용성이든 모든 MWF에는 금속기계가공을 원활하게 하고 가공되는 제품의 질을 관리할 목적으로 수 십 가지 화학물질 첨가제(부식방지제, 계면활성제, 극압첨가제, 살균제 등)가 들어감. 만약, 기유를 석유 정제물이 아닌 인공 화학물질을 사용하면 합성금속가공유(Synthetic)이고 대개 수용성임.

○ MWF 종류 및 구성성분 등에 대해서는 문헌에 많이 보고되어 있음.¹⁾ 암, 호흡기계 질환 등의 원인물질로도 꾸준히 보고되고 있음. 국내에서는 천식 등 일부 호흡기 질환의 원인물질로 보고된 바 있음(Park 등, 2007).

○ 현재까지의 문헌고찰에 따르면, MWF 외에 금속가공에 쓰이는 화학물질 종류, 이들의 독성과 건강영향 등에 대한 문헌은 없음. 최근 우리나라에서 휴대폰 버튼 등의 소형 부품을 만들기 위한 컴퓨터 수치제어(Computer numerical control, CNC) 공정에서 메탄올이 냉각을 목적으로 사용되었던 것이 알려진 바 있음.²⁾ 이 공정에서 메탄올 중독에 의한 시각손상 사례를 통해서 금속가공에서 냉각, 윤활 등을 목적으로 쓰이는 화학물질 종류가 MWF 외에도 사용될 수 있다는 것을 알았지만 구체적인 화학물질이 어떤 금속가공공정에서 사용되는지에 대한 정보는 아직 알려진 바 없음.

○ 그림 1-1과 그림 1-2는 금속가공 공정에서 윤활 및 냉각 기능을 달성하기 위해 사용될 수 있는 화학물질의 특성 및 범위를 나타낸 것임. 윤활작용이 주 사용목적이기 때문에 공정에서 사용되는 화학물질은 고분자인 기유 성분이 많이 들어가는 화학물질이어야 함. 이러한 목적으로 보통 기유가 90% 이상이 들

1) 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), Criteria for a recommended standard occupational exposure to metalworking fluids, 1996: 95년 이전에 보고된 역학조사 논문을 모두 정리한 보고서로서 MWF 종류별 화학물질 특성 및 유해성 등이 정리되어 있음.

2) 올해 휴대전화 부품을 납품하는 공장에서 근로자 4명이 메탄올 중독으로 시력을 잃는 사고가 발생했음. 이들은 CNC 가공과 검사를 담당한 근로자였음. 메탄올은 CNC 설비에서 가공할 때 발생하는 열을 식히는 용도로 사용되었음.

어가는 비수용성 MWF가 사용됨. 냉각용 화학물질은 금속가공 공정에서 발생하는 높은 열로 기계 및 제품이 과열 손상되는 것을 막기 위해 열을 제거하거나 식히는 기능을 달성해야 함.

○ 이상적인 냉각제는 높은 열효율과 낮은 점성을 갖고, 가격도 싸고, 독성이 없고, 화학적으로 안정적이고, 냉각 구조 안에서 부식을 일으키지 않아야 함. 가장 많이 쓰이는 냉각제는 물임. 높은 열효율과 싼 가격은 열전달 매개체로 좋은 이점임. 부식 방지제나 동결 방지제 등의 첨가제가 들어가는 수가 많음.

○ 문헌상 금속가공 공정에서 사용되는 화학물질은 MWF 이었으나, 최근 국내에서 CNC 공정 근로자에게서 메탄올 중독에 의한 시신경 손상이 보고되면서 금속가공 공정에서 알코올류가 사용되는 것이 알려짐.

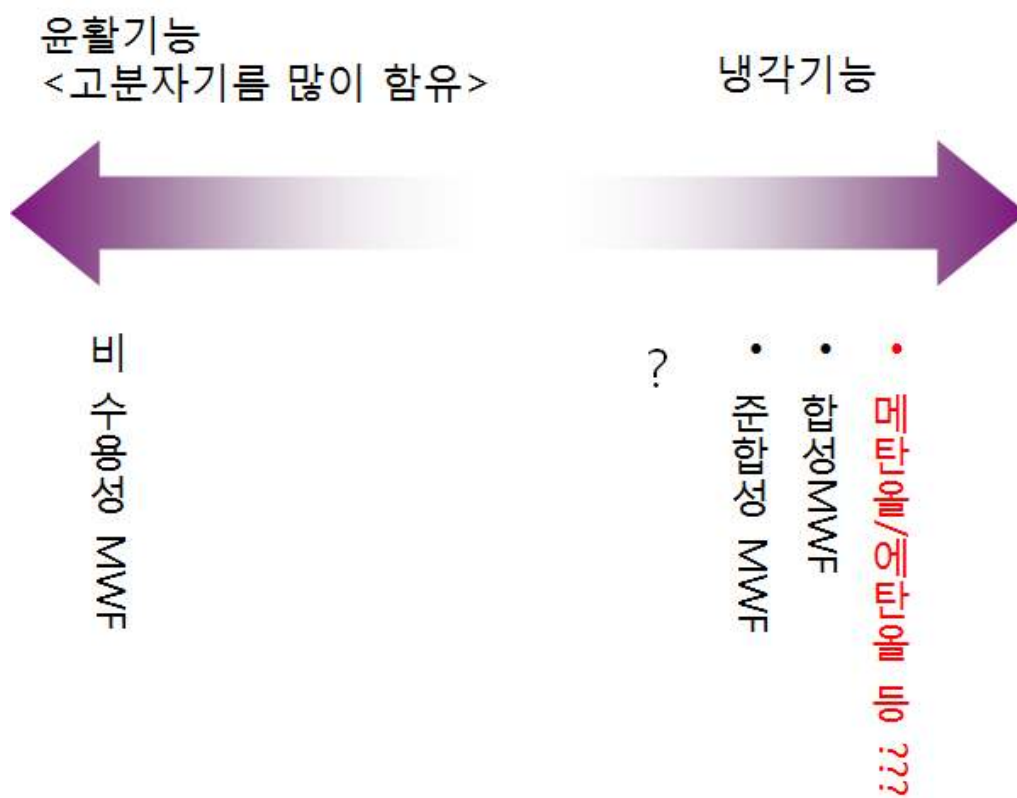
○ CNC 공정은 고속으로 돌아가면서 휴대폰 가장자리 알루미늄 부분을 깎는 과정에서 절삭구의 온도가 올라가지 않도록 노즐을 통해 메탄올이 끊임없이 분사되었음. 에탄올도 이 기능을 달성할 수 있으나 가격 때문에 메탄올이 사용된 것으로 알려져 있음. 메탄올이 CNC 공정에서 기계의 윤활제 겸 냉각제로 사용된 것임. 알코올은 알루미늄처럼 녹이 슬지 않는 비철금속에만 냉각제로 사용할 수 있는 것으로 알려져 있음.

○ 현재까지 전문가 토론 등을 통해서 확인한 바에 따르면 이 공정에서 MWF를 사용할 수 있지만 폐기물 처리비용, 미생물 발생 등을 종합적으로 고려할 때 알코올을 사용하는 것이 비용 측면에서 경제적인 것으로 판단됨.

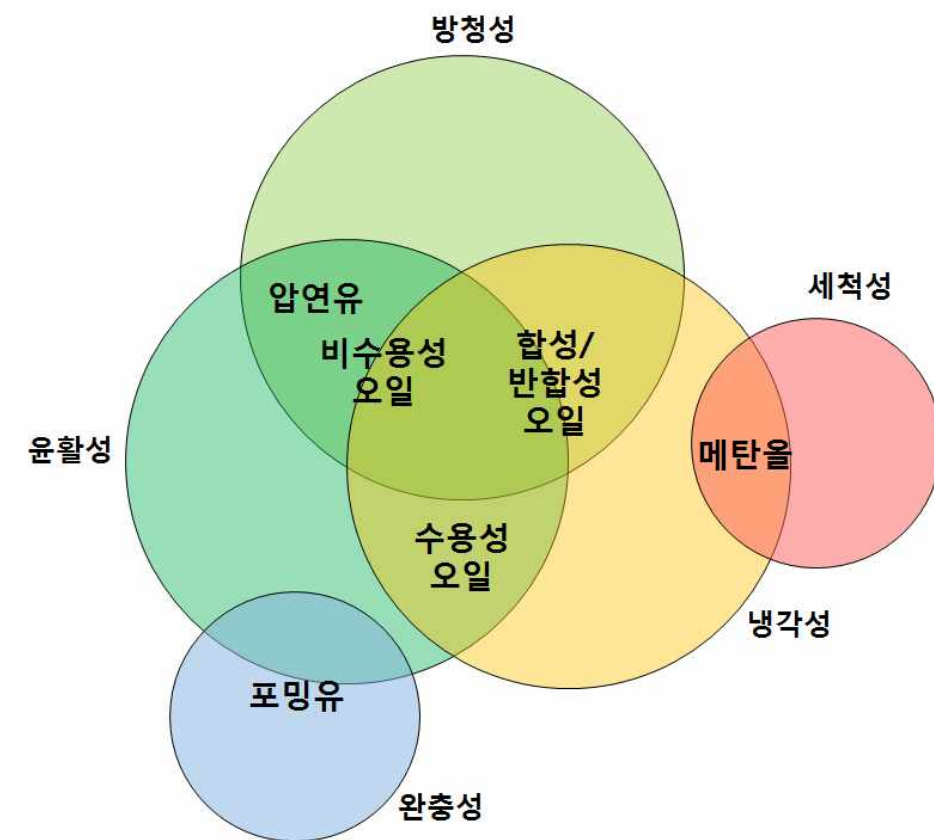
○ 금속가공 공정에서 순수 냉각 목적으로 100% 알코올류가 사용되는 금속가공 공정이 있는 것이 알려짐. 따라서 금속가공 공정에서는 MWF는 물론 알코

올류 외에 다른 화학물질이 사용되는가를 추정하는 연구가 필요함.

○ 금속가공 공정에서 냉각 및 윤활목적으로 사용되는 화학물질의 성분을 알아 내고 이들이 사용되는 산업과 공정특성을 조사하는 것과 함께 노출되는 근로자 수를 추정하는 연구가 필요함.



[그림 1-1] 금속가공 공정에서 냉각과 윤활 목적을 위해 사용되는 화학물질 스펙트럼(냉각기능을 달성하기 위한 화학물질의 선택: 가공 제품 재질 등 고려, ?:불확실성 표시)



[그림 1-2] 금속가공유의 성질과 금속가공유들 사이의 관계

2. 연구목적

○ 본 연구의 궁극적 목표는 금속가공에 사용될 수 있는 화학물질을 정리하고 추정해서 그 독성을 정리하는 한편 이들 화학물질에 노출되는 근로자 건강을 보호할 수 있는 방안을 제안하는데 있음. 구체적인 목표는 아래와 같음.

○ 금속가공 공정에서 사용되는 것으로 이미 알려져 있는 물질(MWF, 알코올류)은 물론 산업변화에 따라 사용될 가능성이 있는 화학물질을 추정함. 향후 산업별 금속가공 소재별 화학물질의 변화도 함께 고찰함.

○ 금속가공에 사용되거나 추정되는 화학물질 종류별로 노출 근로자 수를 산업과 공정별로 추정함.

○ 금속가공 공정에 사용되거나 추정되는 화학물질과 첨가제의 독성을 정리함. 독성은 발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성 등을 중심으로 주요 건강영향을 평가함.

○ 금속가공에 사용되는 화학물질 중 독성이 큰 물질과 첨가제에 대한 사용여부 및 독성이 보다 낮은 물질로 대체할 수 있는 근원적인 방안을 국가, 사업주 등의 측면에서 제안함.

- 금속가공에서 사용되는 화학물질 유해성 심사 및 권고 가이드라인<국가>
- 사업장의 금속가공에서 사용할 화학물질 결정기준 제안. 독성, 가격 등을 고려한 안 제안<사업주 사용>

○ 금속가공에 사용되는 화학물질의 노출 및 건강영향의 위험을 줄일 수 있는

공학적, 행정적인 방안을 제안함. 화학물질 노출을 억제할 수 있는 공정 감시와 화학물질 독성을 줄일 수 있는 물질 대체 등을 중심으로 제안함. 핵심 노출저감 방안을 사업장에 전파할 수 있는 전략도 포함함.

○ 금속가공 공정에 사용되는 화학물질에 대한 법적 관리와 국가자료(작업환경 실태조사, 작업환경측정결과, 특수건강검진결과)의 적극적인 활용을 위한 제도 개선 방안을 제안함.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구대상

○ 본 연구 내용이 “금속가공 기술변화에 따른 유해물질 사용에 관한 실태조사 및 유해성 분류”이므로 문헌 고찰, 국가 산업보건자료 분석, 사업장 방문, 전문가 의견 청취 등이 모두 연구 대상 영역임. 각 연구대상에 대한 연구를 통해 금속가공 기술변화에 따라 사용되는 화학물질을 추정하고 노출 근로자의 특성을 마련함. 연구의 주요 대상을 열거하면

1) 문헌

○ 금속가공과 관련된 국내외 논문, 보고서 등을 수집하고 검토해서 본 연구주제와 관련된 아래와 같은 내용을 고찰함.

- 금속가공에 사용되고 있는 화학물질 및 용도 정리
- 금속가공에 사용되고 있는 화학물질별 유해성, 독성 및 노출억제 방안 정리

2) 국가 산업보건자료

○ 금속가공 공정에 쓰이는 화학물질을 추정하는데 필요한 국가자료로 아래와 같이 선정하였고 자료는 공단을 통해서 구했음.

- 작업환경실태조사: 2009년과 2014년
- 작업환경측정결과: 2014년 상/하반기
- 특수건강검진결과: 2014년 상/하반기

3) 금속가공 공정(CNC)

○ 금속가공 공정 중 하나이고 메탄올 중독이 발생한 CNC 공정을 취급하는 19개 사업장을 방문하여 공정에서 사용되는 화학물질, 공정특성, 노출특성 등을 비교하였음. 특히, CNC 공정에서 MWF, 메탄올 등 취급과 노출특성을 중점적으로 파악했음.

○ CNC 공정 일부는 본 과제 연구원이 직접 방문하였고 일부는 기술사 이상 경험을 가진 산업위생전문가가 조사 또는 과거에 조사한 결과를 활용하였음. 주요 조사 내용은 아래와 같음.

- 업종
- 사업장 이름
- 가공 제품
- 가공 제품 재질(금속 또는 비금속 등 이름)
- 피 가공 공구 재질(금속 또는 비금속 등 이름)
- 가공시간
- 금속가공 화학물질 사용 목적(냉각, 윤활, 냉각과 윤활 등 용도를 기록)
- 금속가공 화학물질 종류(MWF, 메탄올, 에탄올 등)
- 가공된 제품 세척방법
- 가공 목적 외 사용되는 화학물질 종류
- 공기 중 농도(과거 측정 기록이 있는 경우)
- 국소배기장치 설치 여부(예/ 아니요)
- 국소배기장치 성능
- CNC 공정 원리 및 작업방법에 관한 간략한 기술 등
- 기타

○ CNC 공정의 특성은 화학 물질별로 비교하였고, 조사한 공정은 1-2페이지 분량의 표준 조사 내용으로 요약해서 부록에 첨부함.

4) 전문가 의견

○ 매달 1회 금속가공 전문가를 초청해서 연구내용에 맞는 주제를 정리하여 반영함. 본 연구에서 초빙한 연구 분야는 다음과 같음.

- MWF에서 미생물 제거기술
- 금속가공 공정에서 사용하는 화학물질의 변화: (주)범우, (주)한국하우톤
- CNC 가공 공정을 직접 가동하는 사업주 의견
- CNC 공정 노출특성 전문가 의견

2. 연구방법

1) 금속가공 공정에서 사용될 수 있는 화학물질 현황 추정

○ 금속가공 공정에서 냉각 및 윤활목적으로 사용되는 화학물질 종류는 아래와 같은 정보를 이용해서 추정함.

(1) 문헌

○ 보고서/논문/중독사고 등을 통해서 금속가공 공정의 공구 및 제품의 재질에 따라 사용하는 화학물질 종류를 고찰하고 정리함. 추정되는 화학물질은 “금속가공유”, “오일미스트”, “쿨런트”, “메탄올”, “에탄올” 등 임.

(2) 작업환경실태조사 자료

○ 한국산업안전보건공단에서 5년 주기로 실시했던 작업환경실태조사 결과 (2014년 조사 개요는 아래 박스를 참조)를 활용해서 금속가공에 쓰일 수 있는 화학물질을 추정함. 즉, 금속가공에 쓰일 수 있는 화학물질을 추정함.

○ 본 연구에서 분석한 작업환경실태조사 자료 현황은 <표 2-1>과 같음.

<표 2-1> 작업환경실태조사 자료 현황

구분	2009년	2014년
총 사업장 수	46,955	65,553
총 근로자 수	163,238	374,197
총 산업 수(세세분류)	620	580
총 공정 수	39	40
총 화학물질 수	500	550

1. 조사개요

- '91년 수립한 『직업병예방 종합대책』에 따라 **매5년** 주기로 전국 **제조업체의 작업환경실태**를 조사하여 DB 구축
- 작업환경실태조사 DB는 전국 사업장의 **화학물질 취급현황, 위험기계·기구 및 설비 보유현황, 유해 작업 환경요인** 등을 정기적으로 조사하여 산업안전보건 정책 수립 및 산업재해예방 사업계획 수립 시 기초 자료로 활용하고 있음.
- 조사기관
 - 소관부처: 고용노동부(화학사고예방과)
 - 주관기관: 한국산업안전보건공단(직업건강실)
 - 조사기관: (주)코리아데이타네트워크(KDN)
- 조사주기: 5년
- 조사대상: 2014년 1월 1일 산업재해보상보험에 가입된 사업장 15만개소
 - 상시 근로자수 5인 이상 제조업체(전수조사) 약 12만개소
 - 상시 근로자수 5인 미만 제조업체(전수·표본조사) 약 2만개소
 - ※ 11개 표적업종 약 1만 3천 개소 전수조사, 나머지 업종 약 7천개소 표본조사(모수: 약 18만)
 - 비제조업체 14개 표적업종 표본조사 약 1만개소(모수: 약 6만개소)

< 조사대상 사업장 정보 >

구 분		사업장(개소)	조사대상(개소)	비 고
전체 사업장		1,979,897	150,000	
제조업	5인 이상	120,195	120,195	전수 조사
	5인 미만	13,179	13,179	전수 조사 (11개 업종)
		168,931	6,626	표본 조사(3.9%)
비제조업 (14개업종)	5인 이상	58,081	10,000	표적업종 표본조사 (17.2%)

※ 5인 미만 제조업 전수조사 대상업종(11)

①방적및가공사제조업(131), ②가죽,가방및유사제품제조업(151), ③코크스및연탄제조업(191), ④기초화학물질제조업(201), ⑤비료및질소화합물제조업(202), ⑥합성고무및플라스틱물질제조업(203), ⑦기타화학제품제조업(204), ⑧화학섬유제조업(205), ⑨고무제품제조업(221), ⑩기타금속가공제품제조업(259), ⑪그외기타제품제조업(339)

※ 비제조업 표적업종(14)

①농업(01), ②임업(02), ③비금속광물광업;연료용제외(07), ④전기,가스,증기및공기조절공급업(35), ⑤하수,폐수및분뇨처리업(37), ⑥폐기물수집운반,처리및원료재생업(38), ⑦환경정화및복원업(39), ⑧도매및상품중개업(46), ⑨창고및운송관련서비스업(52), ⑩숙박업(55), ⑪사업시설관리및조경서비스업(74), ⑫보건업(86), ⑬스포츠및오락관련서비스업(91), ⑭수리업(95)

○ 주요 조사 항목

- 작업환경 유해요인 현황이나 화학물질 사용 및 취급현황을 파악하는 것으로, 조사대상 사업장 작업환경의 양호·불량 상태나 유해·위험 정도의 평가 및 관련 법규의 위반여부는 조사하지 않음

< 작업환경 실태조사 주요 조사 내용 >

구 분	주요내용
I.일반현황	• 일반현황: 설립일자, 주생산품, 전기정격용량, 근무형태, 표준산업분류, 복지시설 현황, 교대근무형태, 야간작업 유무 등 • 고용현황: 고용형태(정규/비정규), 취약계층(고령, 외국인, 장애인) 현황 • 유해요인조사 및 위험성평가 실시 현황
II.화학물질 취급현황	• 대상: 금지·허가·관리대상 유해물질 및 PSM 대상물질 • 현황: 공정, 취급구분, 용도, 제조/사용량, 취급 근로자수
III.기계·기구 및 설비현황	• 안전검사·인증 대상, 기계·기구 및 설비 보유 현황
IV.작업환경 현황	• 소음·진동 발생작업, 분진·흙 발생작업, 나노물질 제조 및 취급 현황, 고열·한랭·다습 및 방사선 취급 작업, 밀폐공간(산소결핍 위험장소) 보유현황, 사내도급작업

- 작업환경실태조사 2009년 자료는 39개의 화학물질 사용 공정명이 분류되어 있으며, 2014년의 경우 2009년의 자료에 추가적으로 “연구” 공정(코드 40)을 새롭게 지정하였음. 아래 표를 보면 화학물질의 사용공정 코드에 대한 구분 기준이 정의되어 있으며, 기준을 활용하여 코드를 지정하였음을 알 수 있음.

<조사공정 분류표>

코드	공정명	세부공정	코드	공정명	세부공정
01	준비		21	혼합	혼합/혼련/교반/교동
02	지원운영	지원/부속/입고/공무	22	반응	반응/합성/분해/가성
03	투입	투입/삽입/주입/충진	23	정제	정제/냉각/서냉/농축
04	용해	용해	24	건조	건조/소건/서건/염건
05	주조주물	주물/주조/주강 /다이캐스팅	25	분쇄	분쇄/조쇄/파쇄
06	압연압출	압연/인발/압출/전조	26	숙성	숙성/침지/침산/함침
07	절단절곡	절단/재단/슬리팅/전단	27	살균	살균/방사선조사/항균
08	단조	단조/열간압셋팅	28	저장	저장/적치/적재/사일로
09	연마	다듬질/사상/세이빙	29	포장	포장/케이싱/밀봉/실
10	성형가공	발포/제관/압축/관금	30	운반	운반/완성/출하
11	권선	권선/정리/정열/감기	31	광업	광업/탐광/개광/굴진
12	용접	용접/납땜/단접/가접	32	식품공업	조리/튀김/조림/절임
13	접착	접착/본딩/유착/접합	33	섬유공업	
14	조립	조립/캐핑/탈착/장착	34	신발제조	
15	열처리	연소/소성/하소/열처리	35	인쇄업	
16	도금	도금/활성화/동스트	36	제지업	
17	도장도포	도장/도포/코팅/인쇄	37	목재업	
18	기타표면 처리	방청/부식/방식/식각	38	전기전자 산업	
19	세척제거	제거/세척/양금질	39	기타공정	폐수처리/소각/계전
20	검사	검사/측정/측량/계량	40*	연구	시험/연구

* 2014년 작업환경실태조사 자료에만 반영됨

2. 조사 한계점

- 조사자 신뢰도: 많은 작업장을 조사하는 관계로 전문 인력이 아닌 다양한 스펙트럼의 조사자를 활용하여 현장 방문 조사함.
- 광범위한 조사항목으로 인한 세부적인 내용 조사에는 한계
 - 건전지 제조업 등 79개의 주요 공정 및 화학물질로 구분하였으며
 - 사용공정은 “준비” 등 39개의 포괄 공정으로 구분하였으며, 사용 용도의 경우는 “흡수/흡착제” 등 77개의 종류로 구분
 - 화학물질의 경우 노출기준이 설정된 물질(관리대상물질 포함, 약 680종)까지 분류함.
- CNC 공정은 포함되지 않음.

가) 금속가공 공정별 화학물질별 산업, 공정 사업장 수와 근로자수 추정

○ 금속가공 공정에서 노출될 것으로 추정되는 근로자 수를 업종별/공정별/규모별로 구분함. 이 자료를 추정하는데 사용될 정보와 방법은 아래 화학물질 추정의 세부와 같음.

나) 금속가공 공정 화학물질 추정

○ 2009년과 2014년 작업환경실태조사 자료를 분석해서 금속가공에 사용되거나 사용될 것으로 추정되는 화학물질, 이들 화학물질을 사용하는 사업장 수와 노출되는 근로자 수를 종합하고 두 시기별(2009년, 2014년)로 비교 분석하였음. 아래와 같이 3단계를 거쳐 추정했음.

(가) 1단계

○ 금속가공에 사용되는 것으로 잘 알려진 화학물질(절삭유; MWF, 메탄올, 에탄올)의 용도별로 해당되는 산업과 공정을 추출했음. 공정 특성을 평가한 후 금속가공과 관련되는 정도를 평가하여 “가능성 높음”, “가능성 있음”, “가능성 없음” 3개 그룹으로 분류하였음. 각 그룹별 금속가공 해당 산업과 공정에 대한 추정가능성을 설명하면 아래와 같음.

(ㄱ) 금속가공 공정 가능성이 높음

○ 금속가공 공정일 가능성이 높은 공정은 아래와 같이 평가하였음.

- 용도: 윤활유 및 절삭유, 냉각, 냉매, 녹 방지제, 단열, 절삭, 마모방지, 수용성 열처리유, 절삭
- 공정: 가공, 권선, 성형가공, 표면처리, 기타 공정, 연마, 절단 및 절곡, 주조

주물 등

(ㄴ) 금속가공 공정 가능성이 있음

○ 용도는 금속가공 공정과 관련이 있지만 공정과 산업 정보로 볼 때 확실하지 않는 경우임. 예를 들면 도장, 용접, 혼합 등 임. 이 경우는 공무부서 등 지원과 트에서 금속가공에 필요한 화학물질을 사용할 가능성이 있음.

- 용도: 윤활유 및 절삭유, 냉각, 냉매, 녹방지제, 단열, 절삭, 마모방지, 수용성 열처리유, 절삭
- 공정: 압연압출, 혼합, 분쇄, 도장 등 금속가공과 관련이 없는 공정들

(ㄷ) 금속가공 공정 가능성이 없음

○ 용도가 금속가공과 관련 없는 기능임. 예를 들면 첨가물, 세척, 살균, 소독 등임. 산업과 공정에서도 금속가공과 관련이 없는 경우가 해당됨. 본 연구의 분석에서 제외함.

(나) 2단계

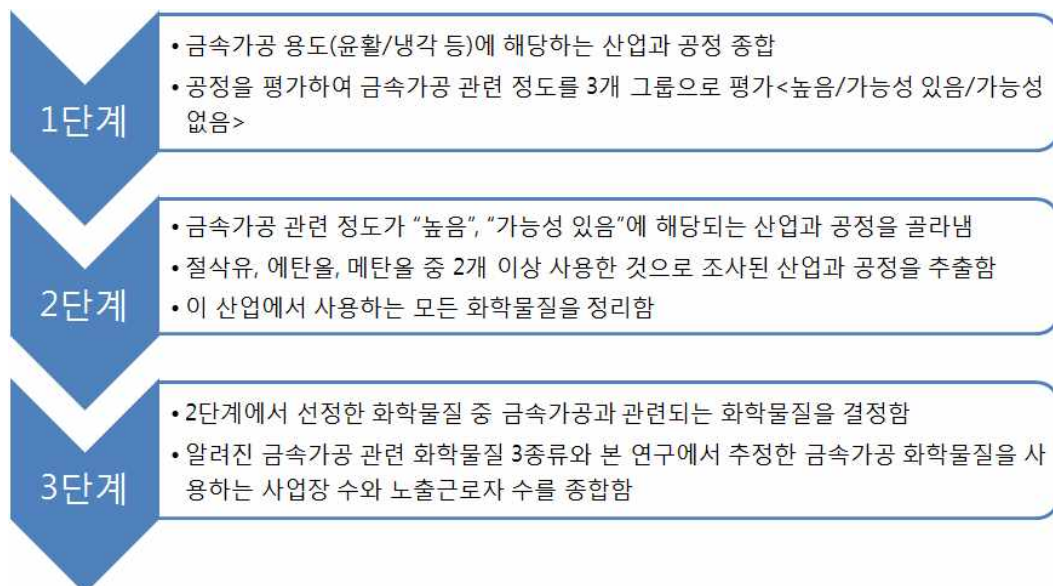
○ 금속가공 관련 가능성에서 “확실”과 “가능성 있음”에 해당되는 산업과 공정을 대상으로 금속가공유(MWF), 에탄올, 메탄올의 취급 여부를 분석하였음. 2개 물질이상 사용하는 산업과 공정을 골라내고 이 공정들에서 사용하는 화학물질을 모두 종합하였음.

(다) 3단계

○ 금속가공 공정에서 사용하는 화학물질 중 금속가공과 관련이 있을 것으로 추정되는 화학물질이 있는지 최종 평가하였음. 문헌과 우리나라 사례에서 알려

진 금속가공유(MWF), 메탄올, 에탄올을 포함한 다른 금속가공 화학물질이 있는지를 평가함.

○ 마지막으로 금속가공 공정에서 사용되는 금속가공유(MWF), 메탄올, 에탄올, 기타 본 연구에서 추정한 화학물질을 대상으로 산업, 공정, 사업장 수, 노출 근로자 수를 정리하였음.



[그림 2-1] 금속가공 화학물질 사용 사업장과 근로자 수 추정

(3) 작업환경측정

○ 산업안전보건법 제42조(작업환경측정)에³⁾ 따르면 본 연구의 대상인 금속가공 공정 중 유해물질을 취급하고 있는 사업장의 사업주는 일정한 자격을 가진 자로 하여금 해당 작업장에 대한 작업환경측정을 하여 그 결과를 기록·보존하고 고용노동부장관에게 보고토록 하고 있음.

○ 고용노동부령에 따른 방법 및 측정횟수에 따라 금속가공 공정과 관련한 작업환경측정 결과 자료는 한국산업안전보건공단에서 일괄적으로 데이터베이스 형태로 보관하고 있음.

○ 공단에서 제공한 2014년 측정 결과 자료 중 금속가공과 관련된 CNC 등 25개의 공정에 대해 다음과 같은 항목을 분석함.

<표 2-2> 금속가공과 관련하여 측정 자료를 요청한 25개 공정

공정명	공정코드	공정 정의
인발	15004	테이퍼 구멍을 가진 다이(die)에 재료를 통과시켜 다이 구멍의 최소 단면치수로 가공하는 것.
전조	15008	가공물 또는 공구를 회전시켜 소성가공을 하는 것. 단, 나사가공은 별도분류함.
테두리가공	16016	금속의 테두리를 공업용 기구로 다듬거나 잘라내는 작업.

3) 산업안전보건법 제42조(작업환경측정 등)

사업주는 유해인자로부터 근로자의 건강을 보호하고 쾌적한 작업환경을 조성하기 위하여 인체에 해로운 작업을 하는 작업장으로서 고용노동부령으로 정하는 작업장에 대하여 고용노동부령으로 정하는 자격을 가진 자로 하여금 작업환경측정을 하도록 한 후 그 결과를 기록·보존하고 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 고용노동부장관에게 보고하여야 한다. 이 경우 근로자대표가 요구하면 작업환경측정 시 근로자대표를 입회시켜야 한다.

공정명	공정코드	공정 정의
세이빙	18003	판금가공에서 펀칭이나 구멍 뚫기를 한 제품의 절단면을 깎아내어 깨끗하게 다듬질하는 것.
광택연마	18012	금속의 표면에 광택을 내는 작업.
절삭	19013	각종 재료를 바이트 등의 절삭공구를 사용해서 가공하여 소정의 치수로 깎는 일.
평면연삭	19017	평면연삭기를 사용하여 공작물의 평면을 연삭하는 것.
원통면연삭	19018	원통 형상이나 테이퍼 형상을 한 공작물의 외주면을 연삭 다듬질하는 것.
선반가공	19022	선반을 이용하여 금속이나 기타 재료를 잘라 내거나 연삭하여 다듬질하는 것.
밀링	19024	밀링컷터(milling cutter)라고 부르는 절삭공구를 회전시켜서 절삭하는 작업.
세이핑	19026	공구의 직선운동과 공작물의 직선 이송운동을 조합시켜서 평면을 깎는 것.
사이드밀링	19028	플레인 밀링 커터의 양 측면에 방사상(放射狀)의 절삭날을 붙인 것을 이용해 밀링하는 것.
금구가공	19029	기타 여러 금구 재료로 가공하는 것.
기계가공	19030	물품에 소정의 형상과 성질을 부여하는 조작으로 공작기계나 압연기, 프레스 등을 사용
기계가공 & A/S	19031	금속학적 입장에서 볼 때 압연, 인발, 압출, 프레스, hammering 등에 의해서 재료의 형태에 변화를 줌과 동시에 조직에 영향을 줌으로써 물리적, 기계적 기타 여러 성질에 변화를 가져오게 하는 것.

공정명	공정코드	공정 정의
기타가공	19032	기타 가공작업.
기초가공	19033	본 가공 전에 기초적으로 원자재나 반제품을 인공적으로 처리하는 것.
CNC가공	19037	CNC 선반을 이용하여 소재를 회전시켜 공구로 절삭하여 만들거나 가공하는 것.
N/C가공	19038	NC는 수치제어를 말한다. 컴퓨터를 써서 가공에 필요한 데이터를 주어 수치 제어 공작기에 의해서 가공하는 것.
MCT가공	19039	MCT 선반을 이용하여 소재를 고정시켜 놓고 공구로 절삭하여 만들거나 가공하는 것.
양면가공	19065	양쪽 면을 선반이나 기타 공구로 가공하는 것.
세척제거	28000	세척을 통해 제조 시 잔여물 등을 제거하는 것.
세척	28045	제조 시 잔여물이나 표면 등을 세척제 등을 이용해 씻어 내거나 제거하는 것.
메탄올세척	28051	메탄올을 이용하여 제조품이나 재료의 표면 등을 세척하는 것.
유기용제세척	28052	각종 유기용제를 사용하여 제조품이나 재료의 표면을 세척하는 것.

<표 2-3> 작업환경측정 자료 중 요청한 항목

No.	변수 명	No.	변수 명
1	측정년도	10	단위작업장소
2	반기	11	유해물질코드
3	사업장 관리번호	12	유해물질명
4	사업장명	13	작업근로자 수
5	주소	14	측정위치
6	근로자 수	15	금회 8시간 환산치
7	부서	16	노출 기준
8	공정코드	17	측정평가 결과
9	공정명		

○ 공정에서 근로자가 노출될 수 있는 유해인자 중 소음 등 물리적 유해인자를 제외한 화학적 유해인자를 분석하였으며, 측정치가 없거나 신뢰성이 떨어지는 이상 값 등의 자료는 통계분석 시 제외하였으며, 화학물질의 노출수준을 파악하기 위하여 측정치를 노출기준치로 나눈 RCR(Risk Characterization Ratio) 값으로 표시하였으며, 불검출, 0, 흔적 등은 최소검출한계값(Limit of Detection, LOD)의 1/2값을 최소측정치로 간주하여 통계 분석함.

(4) 특수건강검진결과 자료

○ 특수건강진단은 177종의 유해물질에 노출되는 근로자를 대상으로, 그 요인이 끼칠 수 있는 건강영향에 대해 주기적으로 검사하는 건강진단임. 특수건강진단은 해당 유해요인에 노출되는 근로자는 모두 받도록 되어 있음. 특수건강진단 결과는 2000년부터 한국산업안전보건공단에 데이터베이스화 되어 있음.

○ 본 분석에서는 2014년 특수건강진단 데이터베이스에서 금속가공유와 메탄올

을 대상으로 특수건강진단을 받은 근로자의 업종별 분포를 분석함.

○ 특수건강진단에는 검진일, 대상 유해물질, 세세분류업종, 대상 사업장 근로자수가 포함되어 있음. 이를 이용하여 금속가공유, 메탄올(유해인자명 메탄올, 메틸알콜 포함)을 따로 분석함. 업종별로 해당 유해물질로 검진 받은 근로자수(a), 그 근로자가 일한 사업장의 근로자수(b), 유해물질 종류와 상관없이 특수건강진단을 받은 그 업종의 모든 근로자수(c)를 계산함.

○ 이를 이용하여 특수검진 받은 근로자수(a), 사업장내 노출비율(a/b %), 특검내 노출비율(a/c %)을 계산함. 검진 받은 근로자수는 절대적인 업종별 노출 인구를 나타냄. 반면 사업장내 노출 비율은 해당 유해물질 노출이 있는 사업장일 경우, 전체 근로자 중에서 몇 %가 그 유해물질에 노출되는지를 보여주는 상대적 지표임. 노출되는 사업장 수는 상대적으로 적지만 이에 비해 노출되는 근로자수가 많은 경우 이 업종은 예방의 우선순위를 정함에 있어 특별한 고려가 필요할 것임.

○ 특검 내 노출비율은 해당 유해물질 노출이 있는 업종의 경우, 어떤 유해인자로든 특검을 받은 근로자가 있는 사업장의 전체 근로자 중에서 해당 유해물질에 대해 특검을 받은 근로자의 비율임. 이는 업종별 전체 근로자수에 대비해 노출근로자 비율이 얼마정도 되는지를 나타내는 상대 지표임. 다만, 특검을 받지 않은 비노출 사업장이 다수 존재할 수 있으므로 이 비율의 절대치는 과대평가 되어 있을 가능성이 있음.

2) 금속가공 공정 화학물질 유해성 고찰 및 대책

○ 본 연구는 국가자료를 활용해서 금속가공에 사용되는 화학물질의 특성을 추정하고 이들에 대한 유해성 정리 그리고 노출관리대책을 수립하는 전략임. 이

과정에서 제도개선 사항을 도출하였음. (그림 2-2 참조).

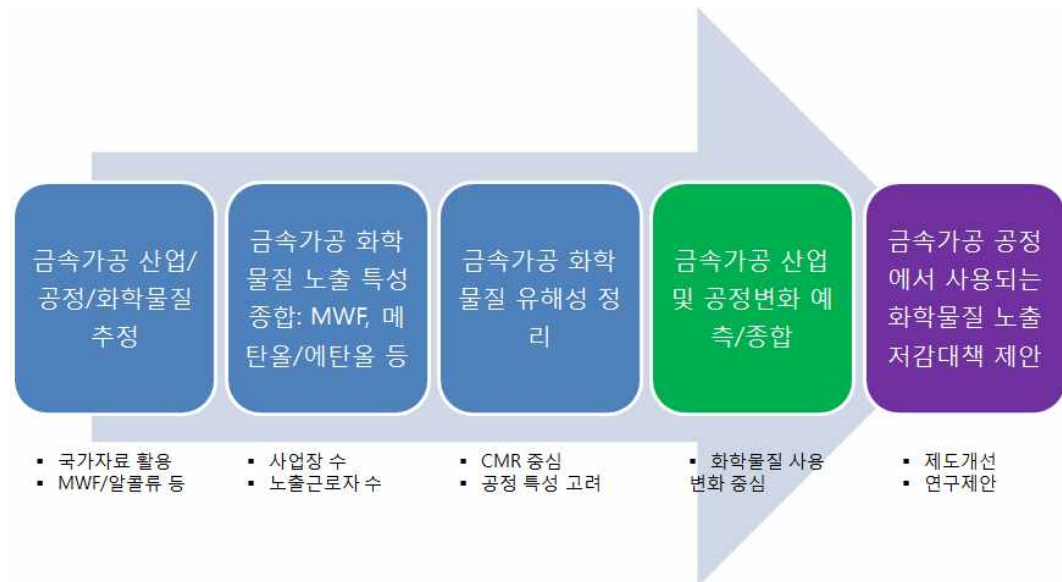
- 작업환경측정결과, 특수건강검진결과, 작업환경실태조사 결과를 분석해서 금속가공 공정에서 사용되는 화학물질을 정리 또는 추정함.
- 금속가공에 사용될 것으로 추정되는 화학물질을 대상으로 운할 및 냉각 등 공정특성에 근거하여 금속가공에 사용되는 화학물질 노출특성을 종합함. 금속가공 화학물질 사용 사업장 수, 노출근로자 수 등을 추정함.

○ 금속가공에 사용되는 주요 화학물질이나 성분에 대한 독성: 발암성, 변이원성, 생식독성을 고찰함.

- 금속가공에 사용될 것으로 추정되는 화학물질을 대상으로 IARC/ NIOSH/ REACH 등 주요 국내·외 산업보건기관에서 제공하는 독성 및 위험정보를 요약함. 정리할 주요 화학물질 정보는 발암성, 생식세포 변이원성, 생식 독성 등을 포함한 건강영향임.
- 유럽 화학물질청(European Chemicals Agency, ECHA)의 REACH 제도에서는 등록대상 화학물질들의 노출 시나리오 등을 SDS(Safety Data Sheet)에 포함시켜 제품사용자에게 제공하고 있음. 이러한 유해물질 정보 전달체계를 벤치마킹하는 등 금속가공에서 사용되는 저독성 대체 화학물질에 대해 제품사용자가 쉽게 접하고, 원할 수 있는 정보전달 체계를 구축하고자 함.

○ 금속가공 공정에서 사용되는 화학물질에 대한 노출을 억제하기 위한 공학적/행정적 주요 대책 제안함. 여기에는 화학물질 사용 및 첨가제 사용금지와 대체가 포함됨.

○ 주요 금속가공 화학물질 관리대책을 사업장에 확산할 수 있는 방안을 마련함.



[그림 2-2] 금속가공 공정 화학물질 추정과 관리대책 마련 연구 흐름

3) 제도개선 및 향후 연구과제

○ 금속가공과 관련된 화학물질의 유해성과 노출로 인한 건강 영향을 예방하기 위한 법적 관리 방안을 제안하였음.

○ 국가산업보건자료의 관리 현황, 문제점, 제도개선 방안을 제안함.

- 작업환경실태조사
- 작업환경측정결과
- 특수건강검진결과

III. 연구결과

1. 금속가공 공정에서 사용되는 화학물질 추정 및 노출특성 종합

1) 작업환경실태조사 자료 활용

(1) 금속가공 관련 가능성이 높은 산업, 공정, 용도 추정

가) 산업별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 자료에서 금속가공 공정일 가능성이 높은 것으로 추정된 산업은 총 470개 중 360개 산업으로 78%였음(부록 1 참조). 2014년 자료에서는 전체 486개 산업 중 325개의 산업으로 67%였음. 조사시기별로 총 산업수와 금속가공 공정비율은 약간 차이가 있으나 유의미하지 않음.

나) 공정별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 자료에서 금속가공 공정일 가능성이 높은 것으로 추정된 공정은 전체 39개(결측 제외) 중 9개(23.1%)로 나타남. 9개 공정을 사업장 수가 많은 순으로 나열하면 성형가공, 연마, 절단절곡, 열처리, 단조, 주조주물, 기타표면 처리, 권선, 기타 공정 등 임.

○ 2014년 작업환경실태조사 자료에서 금속가공 공정일 가능성이 높은 것으로 추정된 공정은 전체 40개 공정(결측 제외) 중 9개로 절단절곡 공정 사업장 수가 가장 많았음(15,583개소). 2009년과 공정(9개)은 동일함.

○ 두 개 시기를 종합하면 금속가공 공정일 가능성이 높은 것으로 추정된 공정

은 총 9개 공정으로 표 3-1에 나타냈음. 두 시기 모두 동일한 공정임.

○ 각 시기별 금속가공 공정 대상 사업장 수의 차이가 많이 남. 특히 절단 절곡, 성형 가공 등은 차이가 매우 큼. 사업장 수 차이에 대한 요인 분석이 필요함.

<표 3-1> 작업환경실태조사 자료에서 사용공정으로 분류할 때
금속가공 공정일 가능성이 높은 공정 현황

No	금속가공 공정	2009년 사업장 수	2014년 사업장 수
1	권선	2	1
2	기타공정	2	7
3	기타표면처리	10	117
4	단조	22	221
5	성형가공	5,640	184
6	연마	4,990	1,844
7	열처리	24	9
8	절단절곡	544	15,583
9	주조주물	19	20
전체	9개 공정	11,253	17,986

다) 사용용도별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 자료에서 유해화학물질의 사용용도별로 분류했을 때 금속가공 공정일 가능성이 높은 것으로 분류된 사용용도는 원 자료 778(결측 제외)개 중 7개 용도가 해당되었음. 7개의 사용용도 중 윤활유, 절삭유 및 첨가제(11,239개 사업장)의 형태로 사용되는 사업장 수가 다른 용도에 비해 많았음.

○ 2014년 작업환경실태조사 자료에서도 비슷한 결과가 나타났음. 금속가공과의 관련 가능성이 높은 것으로 분류된 유해화학물질 사용용도는 원 자료의 1,573개(결측 제외) 중 6개로 2009년 자료와 동일하게 윤활유, 절삭유 및 첨가제로 사용되는 사업장(17,866개)이 대부분을 차지하고 있음. 이 외 금속방청, 방부제나 절삭, 냉매 및 냉각의 용도로도 분류됨.

○ 금속가공의 사용용도로 가능성이 높은 것은 화학물질이 윤활, 절삭의 형태로 사용되고 있었으며, 이 외 금속방청, 방부제 및 냉각, 절삭의 용도로 사용되고 있는 것을 파악했음. 비수용성, 수용성 등 화학물질 이름이 용도로 잘못 조사된 경우가 발견됨.

<표 3-2> 작업환경실태조사 자료에서 사용용도로 분류할 때
금속가공 공정 관련 가능성이 높은 사용용도 현황

No.	사용용도	2009년 사업장 수	2014년 사업장 수
1	금속방청, 방부제		116
2	냉각*	5	
3	냉각수*	1	
4	냉각제*	4	
5	냉매*		1
6	녹 방지 및 방청	1	
7	비수용성 절삭		1
8	수용성 열처리유**	1	
9	윤활유, 절삭유/ 첨가제**	11,239	17,866
10	장비냉각*		1
11	절삭	2	1

No.	사용용도	2009년 사업장 수	2014년 사업장 수
	전체	11,253	17,986

* 냉각 용도가 서로 다른 용어로 사용된 것으로 보임

** 화학물질로 표시됨. 용도라면 윤활, 절삭 등만 표시되어야 함

(2) 금속가공 관련 가능성이 있는 산업, 공정, 용도 추정

가) 산업별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 자료에서 금속가공 공정일 가능성이 있는 것으로 추정된 산업은 총 470개 중 153개 산업으로 32.6%였음(부록 2 참조).

○ 2014년 자료에서는 전체 486개 산업 중 121개의 산업으로 24.9% 임. 조사시 기별로 총 산업수의 비율은 약간 차이가 있으나 유의미하지 않음.

나) 공정별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 자료에서 금속가공 공정일 가능성이 있는 것으로 추정된 공정은 전체 39개 중 24개로 61.5%인 것으로 나타남(표 3-3 참조). 가능성이 있는 것으로 추정한 24개 공정을 사업장 수가 많은 순으로 나열하면 투입, 압연압출 등 임.

○ 2014년 작업환경실태조사 자료에서 금속가공 공정일 가능성이 있는 것으로 추정된 공정은 40개 공정 중 24개(60.0%)로 추정하였음. 24개의 공정 중 압연 압출 공정의 사업장 수(324개소)가 가장 많음. 공정명과 그 수는 2009년과 비슷한 수준임.

○ 위에서 언급한 공정들은 사용 용도로는 금속가공 공정과 관련이 있을 것으

로 추정되지만 공정이름으로 보면 금속가공 공정일 가능성이 낮음. 공무나 지원 부서에서 금속가공유를 사용할 가능성이 있는 공정으로 추정됨.

○ 두 개 시기를 종합하면 금속가공 공정일 가능성이 있는 것으로 추정된 공정은 24개 정도임. 이 공정에서 직접 금속가공 화학물질을 사용하기보다 다른 공무부서 등에서 소량 필요할 때마다 금속가공 화학물질을 사용할 가능성이 있는 것으로 추정됨.

○ 시기별 금속가공 공정 대상 사업장 수의 차이가 많이 남. 압연압출, 지원운영 등의 공정은 시기별로 사업장 수의 차이가 크게 나타났으며, 추가적인 원인 분석이 필요함.

<표 3-3> 작업환경실태조사 자료에서 공정으로 분류할 때 금속가공
공정일 가능성이 있는 공정 현황

No	2009년		2014년	
	금속가공 공정	사업장 수	금속가공 공정	사업장 수
1	건조	1	건조	5
2	검사	8	검사	2
3	도금	3	도금	2
4	도장도포	7	도장도포	18
5	반응	1	반응	1
6	분쇄	3	분쇄	5
7			살균	1
8	섬유공업	39	섬유공업	1
9	세척제거	10	세척제거	4
10	숙성	1		
11	식품공업	6	식품공업	3

No	2009년		2014년	
	금속가공 공정	사업장 수	금속가공 공정	사업장 수
12	신발제조	1		
13			실험/연구	2
14	압연압출	97	압연압출	324
15	용접	6	용접	3
16	용해	3	용해	3
17			운반	5
18	인쇄업	8		
19			저장	1
20	전기전자산업	1		
21	접착	3	접착	1
22	정제	7	정제	24
23	조립	66	조립	13
24	준비	1	준비	6
25	지원운영	93	지원운영	9
26	투입	108	투입	67
27	포장	1	포장	2
28	혼합	12	혼합	5
전체	24개 공정	486	24개 공정	507

다) 사용용도별 분포

○ 화학물질의 사용용도, 공정, 산업을 고려하여 금속가공 공정일 가능성이 있는 경우가 해당됨. 2009년 유해화학물질의 사용용도를 기준으로 분류했을 때 금속가공 공정일 가능성이 있는 것은 7개가 해당되었음. 사용용도 중 윤활유, 절삭유, 첨가제(475 개 사업장)의 형태로 사용되는 사업장 수가 가장 많았음.

○ 2014년 작업환경실태조사 자료에서는 총 3종류의 사용용도(윤활유/절삭유/첨가제, 냉매, 금속방청)가 조사되었음. 2009년과 동일하게 윤활유, 절삭유의 첨가제로 사용되는 사업장(482개)이 대부분을 차지하고 있음. 이 외 금속방청, 방부제나 절삭, 냉매 및 냉각의 용도도 검색됨.

○ 냉각, 냉매, 마모방지용 등은 모두 냉각으로 표시할 수 있어 금속가공 공정 가능성이 있는 용도는 3~4개 될 것으로 추정됨.

<표 3-4> 작업환경실태조사 자료에서 사용용도로 분류할 때 금속가공
공정일 가능성이 있는 사용용도 현황

No.	용도	2009년 사업장 수	2014년 사업장 수
1	금속방청, 방부제		12
2	냉각*	1	
3	냉각용*	1	
4	냉각제*	6	
5	냉매*	1	13
6	단열재	1	
7	마모방지용	1	
8	윤활유, 절삭유 및 첨가제**	475	482
	전체	486	507

* 냉각 용도가 서로 다른 용어로 사용된 것으로 보임

** 화학물질로 표시됨. 용도라면 윤활, 절삭 등만 표시되어야 함

(3) 금속가공 공정에서 사용될 것으로 추정되는 화학물질 추정

○ 금속가공 공정에 사용되는 것으로 알려진 3가지 물질인 금속가공유(MWF),

메탄올, 에탄올 중 2개 이상 사용하고 본 연구에서 금속가공 공정일 가능성이 “높음”과 가능성이 “있는” 산업과 공정에서 사용하는 유해화학물질을 종합하였음(<표 3-5>, <표 3-6> 참조).

○ 2009년에는 총 14개 산업과 공정이 추정되었고 여기에 사용된 화학물질 중에서 금속가공에 사용될 가능성이 있는 화학물질을 연구진이 검토하였으나, 금속가공유(MWF), 알코올류 이 외 금속가공에 쓰일 것으로 의심되는 다른 화학물질은 없는 것으로 추정함.

○ 2014년에는 총 60개 산업과 공정이 금속가공 화학물질(MWF, 메탄올 등)을 사용하는 것으로 추정되었음. 여기에 사용된 화학물질 중에서 금속가공에 사용될 가능성이 있는 화학물질을 연구진이 검토하였음. 특별히 금속가공 목적인 윤활, 냉각 등의 용도로 쓰일 수 있는 물질은 발견하지 못함.

○ 밑줄로 표시한 화학물질은 금속가공유(MWF)에 들어가는 첨가제인 것으로 판단됨.

<표 3-5> 2009년 작업환경실태조사 자료를 이용한 산업, 공정, 용도별 취급 화학물질 현황

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
1	그 외 기타 금속가 공업	연마	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	No	Yes	디에탄올아민, 산화알루미늄, 산화철분진과함, 이산화 탄소, 크롬과 그 무기화합물
2	그 외 기타 일반목 적용 기계 제조업	성형가공	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	Yes	No	고형과라핀함, <u>이소프로필 알콜</u>
3	그 외 기타 자동차 부품 제조업	성형가공	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	Yes	Yes	메틸렌디(비스)페닐 디이소시아네이트, 수산화칼륨, <u>에탄올아민</u> , <u>에틸렌글리콜</u> , 용접봉, 카본블랙, 크실렌 (오르토, 메타, 파라이성체), 탄산칼슘, 톨루엔, 톨루 엔 2,4 디이소시아네이트, 트리클로로에틸렌, 헥산(n- 헥산), 헵탄(n-헵탄), 활석(석면불포함)
4	금속 열처리업	성형가공	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	Yes	No	<u>붕소산사나트륨염(무수물)</u> , <u>에탄올아민</u> , 오산화바나듐 (분진과함), 인산
5	금속 열처리업	열처리	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	Yes	No	암모니아, <u>에탄올아민</u>
6	금속 절삭기계 제 조업	절단절곡	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	No	Yes	없음
7	금속단조제품 제조 업	성형가공	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	Yes	No	없음
8	금속압형제품 제조 업	성형가공	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	No	Yes	<u>에틸렌글리콜</u>
9	기타 절연선 및 케 이블 제조업	압연압출	윤활유, 절 삭유/첨가제	있음	Yes	Yes	No	산화마그네슘, 실리카겔, <u>오일미스트(식물성)</u>
10	동주물 주조업	연마	윤활유, 절	높음	Yes	Yes	No	크실렌(오르토, 메타, 파라이성체),

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
11	섬유사 및 직물 호 부처리업	성형가공	삭유/첨가제 윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	Yes	No	<u>이소프로필 알콜</u>
12	승용차 및 기타 여 객용 자동차 제조 업	조립	윤활유, 절 삭유/첨가제	있음	Yes	Yes	No	없음
13	알루미늄주물 주조 업	주조주물	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	Yes	No	산화알루미늄
14	톱 및 호환성 공구 제조업	열처리	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	Yes	No	없음

<표 3-6> 2014년 작업환경실태조사 자료를 이용한 산업, 공정, 용도별 취급 화학물질 현황

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
1	강관 제조업	절단절곡	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	No	Yes	1,2-디클로로프로판/ 2-부톡시에탄올/ <u>디에탄올아민</u> / 로진/ 알루미늄및그화합물/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 철및그화합물/ 활석(석면불포함)
2	구조용 금속판재 품 및 금속공작물 제조업	절단절곡	윤활유, 절 삭유/첨가제	높음	Yes	No	Yes	1,1-디클로로-1-플루오로에탄/ 2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ 니켈및그화합물/ <u>디에탄올아민</u> / 망간및그화합물/ 메틸렌 비스페닐 디이소시아네이트/ 메틸클로로포름/ 폴리브덴및그화합물/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ <u>스토다드솔벤트</u> / 실리콘/ <u>에탄올아민</u> / 철염(가용성)/ 크롬광및 함유제제(열소성처리경우만)
3	그 외 기타 금속 가공업	기타표면 처리	금속 방청, 방부제	높음	Yes	Yes	Yes	1,2-디아미노에탄/ 2-부톡시에탄올/ 2-클로로에탄올(에틸렌클로로하이드린)/ 고형파라핀/ 노말-부틸알콜/ 등유/ 메틸 에틸 케톤 퍼옥사이드/ 메틸메타크릴레이트/ <u>모르폴린</u> / 바륨 및 그 가용성 화합물/ 벤젠/ 벤조피렌/ 부탄/ <u>스토다드솔벤트</u> / 아스팔트/ 아연및그화합물/ 알루미늄및그화합물/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 오쏘-클로로스티렌/ 이산화티타늄/ 이소부틸알콜/ 인산나트륨/ 카본블랙/ 크롬과그무기화합물(6가크롬 화합물)/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ 탄산나트륨 / 탄산칼슘(석회석포함)/ 톨루엔/ 헥산(n-헥산)/ 활석(석면불포함)/ 휘발성콜타르피치 및 함유물질
	그 외 기타 분류	절단절곡	윤활유, 절	높음	Yes	No	Yes	2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ <u>디에탄올아민</u> / 로진/

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
4	안된 금속가공제 품 제조업		삭유/첨가제					부탄/ 브롬/ 수산화칼슘/ <u>스토다드솔벤트</u> / 시안화합물/ 실리콘/ 아연및그화합물/ 알루미늄및그화합물/ <u>액화석유가스/ 에탄올아민</u>
5	그 외 기타 일반목적용 기계 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	Yes	1,1-디클로로-1-플루오로에탄/ 1,2-디클로로프로판/ <u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / 경유/ <u>글리세린</u> / 등유/ <u>디에탄올아민</u> / 로진/ 메틸클로로포름/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 부탄/ 붕소산나트륨염(무수물,오수화물,십수화물)/ 수산화나트륨/ <u>아질산나트륨</u> / 아크릴아미드/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / 이피엔/ 크롬과그무기화합물(금속과크롬3가화합물)/ 톨루엔/ 트리클로로에틸렌/ <u>트리페닐포스페이트</u> / 피리딘/ <u>헥실렌글리콜</u>
6	그 외 기타 자동차 부품 제조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	높음	Yes	No	Yes	<u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / <u>2-부톡시에탄올</u> / 고형파라핀/ 나프탈렌/ 등유/ <u>디페닐아민</u> / 디프로필렌글리콜메틸에테르/ 메틸클로로포름/ <u>모르폴린</u> / 바륨 및 그 가용성 화합물/ 부탄/ 브이엠 및 피 나프타/ 산화규소/ 석고/ <u>스토다드솔벤트</u> / 시클로헥산/ 실리카겔/ 알루미늄및그화합물/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / 인산/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ 톨루엔/ 헵탄(n-헵탄)/ 황산
7	그 외 기타	절단절곡	윤활유,	높음	Yes	No	Yes	1,1,2,2-테트라클로로에탄/

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
	자동차 부품 제조업		절삭유/첨가 제					1,1-디클로로-1-플루오로에탄/ 1,2-디클로로프로판/ 2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ 고형파라핀/ 과산화수소/ 구리및그화합물/ 나프탈렌/ 니트로메탄/ 등유/ <u>디에탄올아민</u> / 디에틸에테르(에틸에테르)/ 디클로로메탄/ 메틸클로로포름/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 벤젠/ 부탄/ 불소/ 붕소산사나트륨염(무수물,오수화물,십수화물)/ <u>수산화 칼륨</u> / 스테아린산/ 시클로나이트/ 아연및그화합물/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 옥살산/ 이산화티타늄/ 코발트및그무기화합물/ 크레졸(모든이성체)/ 탄산칼슘(석회석포함)/ 톨루엔/ <u>헥실렌글리콜</u> / 황/ 황산
8	그 외 기타 전기 장비 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	<u>디에탄올아민</u> / 실리콘카바이드/ <u>에탄올아민</u>
9	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조 업	성형가공	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	아연및그화합물/ 알파-알루미나/ <u>에탄올아민</u> / 탄산칼슘(석회석포함)
10	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조 업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	No	1,1,2-트리클로로에탄/ 1,1-디클로로-1-플루오로에탄/ 1,2-디클로로프로판/ 1-브로모프로판(중량비율0.3%이상)/ 2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ 2-부톡시에탄올/ 과산화수소/ <u>디에탄올아민</u> / 망간및그화합물/ 바륨 및

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
								그 가용성 화합물/ 부탄/ 산화칼슘/ <u>스토다드솔벤트</u> / 실리콘/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 염소/ <u>트리페닐포스페이트</u> / <u>헥실렌글리콜</u> / <u>활성탄</u> / <u>황</u> 2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ 가솔린/ 부탄/ <u>스토다드솔벤트</u> / <u>아질산나트륨</u> / <u>에틸렌글리콜</u>
11	금속 열처리업	기타표면 처리	금 속 방 청 , 방부제 윤활유,	높음	Yes	No	Yes	
12	금속 열처리업	열처리	절삭유/첨가 제	높음	No	Yes	Yes	이소프로필 알콜/ 탄산나트륨
13	금속 조립구조재 제조업	기타표면 처리	금 속 방 청 , 방부제	높음	Yes	Yes	No	2-부톡시에탄올/ 2-에톡시에틸아세테이트/ 고형과라핀/ 나프탈렌/ 니트로 셀룰로오스(질소농도 12.6% 이상)/ 등유/ <u>디에탄올아민</u> / 러버솔벤트/ 메틸에틸케톤/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 부탄/ <u>스토다드솔벤트</u> / 아세톤/ 아연및그화합물/ 액화석유가스/ <u>이소프로필 알콜</u> / 철및그화합물/ 철염(가용성)/ 초산부틸/ 초산에틸/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ 톨루엔/ <u>프로필렌글리콜모노메틸에테르</u> / <u>활석(석면불포함)</u>
14	금속 조립구조재 제조업	성형가공	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	<u>에탄올아민</u>
15	금속 조립구조재 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	1,2-디클로로프로판/ 개미산/ <u>글리세린</u> / <u>디에탄올아민</u> / 메틸클로로포름/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 붕소산나트륨염(무수물,오수화물,십수화물)/ 시클로나이트/ 아세틸렌/ 액화석유가스/ 에탄/

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
16	금속선 제조업	가공제품 압연압출	윤활유, 절삭유/첨가 제	있음	Yes	No	Yes	<u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 이산화탄소 <u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / 산화칼슘/ <u>수산화 칼륨</u> / 수산화칼슘/ 스테아린산/ 시클로헥실아민/ <u>에틸렌글리콜</u> / 활석(석면불포함)/ <u>황</u>
17	금속선 제조업	가공제품 절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	No	<u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / <u>디에탄올아민</u> / 바륨 및 그 가용성 화합물/ <u>수산화 칼륨</u> / 수산화칼슘/ 아세틸렌/ <u>에탄올아민</u> / 인산
18	금속파스너 및 나 사제품 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	1-브로모프로판(중량비율0.3%이상)/ <u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / <u>글리세린</u> / 나프탈렌/ <u>디에탄올아민</u> / 디옥사티온/ <u>디페닐아민</u> / 망간및그화합물/ 메틸메타크릴레이트/ 베노밀/ 벤젠(중량비율0.1%이상)/ 수산화칼슘/ 스테아린산/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 운모/ 이산화티타늄/ 인산/ 철염(가용성)/ 탄산칼슘(석회석포함)/ <u>트리부틸포스페이트</u> / <u>트리에틸아민</u>
19	기체 펌프 및 압 축기 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	<u>에탄올아민</u>
20	기체연료 및 관련 제품 도매업	정제	냉매	있음	No	Yes	Yes	물 질 없음
21	기타 가공공작기 계 제조업	연마	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	<u>디에탄올아민</u> / <u>에탄올아민</u>

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
22	기타 무선 통신장 비 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	메틸클로로포름/ <u>에탄올아민</u>
23	기타 물품취급장 비 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	No	디아세톤알콜/ <u>디에탄올아민</u> / <u>아질산나트륨</u> / 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / <u>이소프로필 알콜</u> / 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)
24	기타 석제품 제조 업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	No	물질 없음
25	기타 절연선 및 케이블 제조업	압연압출	윤활유, 절삭유/첨가 제	있음	Yes	Yes	No	<u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / 수산화칼슘/ 활석(석면불포함)/ <u>활</u>
26	내연기관 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	Yes	1,1-디클로로-1-플루오로에탄/ 1,2-디클로로프로판/ 1-브로모프로판(중량비율0.3%이상)/ 경유/ <u>디에탄올아민</u> / 디클로로메탄/ 메틸클로로포름/ 붕소산사나트륨염(무수물,오수화물,습수화물)/ 브롬화수소/ <u>스토다드솔벤트</u> / <u>에탄올아민</u> / 에틸렌/ <u>에틸렌글리콜</u>
27	농업 및 임업용 기계 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	1,1-디클로로-1-플루오로에탄/ 1,2-디클로로프로판/ <u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / 고형파라핀/ <u>글리세린</u> / <u>디에탄올아민</u> / 디클로로메탄/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 석영/ 실리콘/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 이산화탄소/ 철염(가용성)

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
28	도금업	기타표면 처리	금 속 방 청 , 방부제	높음	Yes	Yes	No	<u>모르폴린</u> / 부탄/ 수산화나트륨/ <u>스토다드솔벤트</u> / 액화석유가스/ 염화수소/ 인산/ 질산/ 크롬과그무기화합물(금속과크롬3가화합물)/ 탄산나트륨 1,2-디아미노에탄/ <u>2-부톡시에탄올</u> / 2-에톡시에탄올/ 고형파라핀/ 노말-부틸알콜/ 니켈및그화합물(중량비율0.1%이상)/ 디프로필렌글리콜메틸에테르/ 러버솔벤트/ 망간및그화합물/ 메틸 에틸 케톤 퍼옥사이드/ 메틸에틸케톤/ 몰리브덴및그화합물/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 부탄/ 셀룰로오즈(페이퍼 화이버)/ <u>수산화</u> <u>칼륨</u> / 수산화나트륨/ <u>스토다드솔벤트</u> / 실리콘/ 아연및그화합물/ <u>아질산나트륨</u> / 알루미늄및그화합물/ 운모/ <u>이소프로필 알콜</u> / 인산/ 주석및그화합물/ 질산/ 초산/ 초산메틸/ 초산부틸/ 초산에틸/ 카본블랙/ 카올린/ 크롬과그무기화합물(6가크롬 화합물, 중량비율0.1%이상)/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ 탄산나트륨/ 톨루엔/ 활석(석면불포함)/ 황산(중량비율0.1%이상)/ 흑연(합성) 2-에톡시에탄올/ 납석/ 노말-부틸알콜/ 등유/ 메틸에틸케톤/ 메틸이소부틸케톤/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 브이엠 및 피 나프타/ 삼산화안티몬(취급,사용)/ <u>스토다드솔벤트</u> / 실리콘/
29	도장 및 기타 피 막처리업	기타표면 처리	금 속 방 청 , 방부제	높음	Yes	Yes	Yes	
30	도장 및 기타 피 막처리업	도장도포	금 속 방 청 , 방부제	있음	No	Yes	Yes	

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
								아연및그화합물/ 알루미늄및그화합물/ 에틸벤젠/ 운모/ 이산화티타늄/ <u>이소부틸알콜</u> / <u>이소프로필 알콜</u> / 주석및그화합물/ 카본블랙/ 카올린/ 크롬과그무기화합물(6가크롬 화합물, 중량비율0.1%이상)/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ 톨루엔/ <u>프로필렌글리콜모노메틸에테르</u> / 활석(석면불포함)
31	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	압연압출	윤활유, 절삭유/첨가 제	있음	Yes	No	Yes	<u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / 메틸에틸케톤/ <u>수산화</u> <u>칼륨</u> / 수산화칼슘/ 스테아린산/ 아세톤
32	반도체 제조용 기 계 제조업	연마	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	<u>디에탄올아민</u> / 부탄/ <u>에탄올아민</u>
33	반도체 제조용 기 계 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	1,1-디클로로-1-플루오로에탄/ 1,2-디클로로프로판/ <u>디에탄올아민</u> / 로진/ 메틸클로로포름/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ <u>수산화 칼륨</u> / 시클로나이트/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / <u>헥실렌글리콜</u>
34	비동력식 수공구 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	No	<u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / 석영/ <u>아질산나트륨</u> / <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 코발트및그무기화합물/ 텅스텐및그화합물
35	산업용 로봇 제조 업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가	높음	Yes	No	Yes	<u>글리세린</u> / <u>에탄올아민</u> / <u>이소프로필 알콜</u>

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
36	산업용 오븐, 노 및 노용 버너 조업	절단절곡 제	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	액화석유가스/ <u>에탄올아민</u>
37	산업처리공정 어장비 제조업	절단절곡 제	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	No	2-에톡시에탄올/ 디아세톤알콜/ <u>에탄올아민</u> / <u>이소프로필 알콜</u> / 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)
38	선박 구성부분품 제조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	높음	No	Yes	Yes	2-부톡시에탄올/ 디아세톤알콜/ 디클로로메탄/ 메틸에틸케톤/ 메틸이소부틸케톤/ 바름 및 그 가용성 화합물/ 부탄/ <u>스토다드솔벤트</u> / 아세톤/ 아연및그화합물/ 알루미늄및그화합물/ 액화석유가스/ 에틸벤젠/ 이산화티타늄/ <u>이소부틸알콜</u> / <u>이소프로필</u> <u>알콜</u> / 철및그화합물/ 초산부틸/ 카올린/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ 클로로디플루오르메탄/ 톨루엔/ 활석(석면불포함)/ 황산(중량비율0.1%이상)
39	선박 구성부분품 제조업	기타표면 처리	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	No	러버솔벤트
40	선박 구성부분품 제조업	도장도포	금속방청, 방부제	있음	No	Yes	Yes	2-에톡시에탄올/ 운모/ <u>이소프로필 알콜</u> / 카올린/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)
41	선박 구성부분품 제조업	절단절곡 제	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	1,1-디클로로-1-플루오로에탄/ 1,2-디클로로프로판/ <u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / <u>디에탄올아민</u> / 디클로로테트라플루오로에탄/ 메틸에틸케톤/

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
								메틸클로로포름/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 부탄/ <u>스토다드솔벤트</u> / 아연및그화합물/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / 에틸렌/ <u>에틸렌글리콜</u> / 에틸벤젠/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ 트리클로로에틸렌(중량비율0.1%이상)/ <u>황</u>
42	선철주물 주조업	주조주물	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	No	Yes	Yes	납석/ 석영/ 철및그화합물/ 카올린/ 흑연(천연 및 합성 Graphite 섬유제외)
43	알루미늄주물 주 조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	등유/ 아세톤/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u>
44	열간 압연 및 압 출 제품 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	경유/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u>
45	유압기기 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	Yes	1,1-디클로로-1-플루오로에탄/ 1,2-디클로로프로판/ <u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / 2-부톡시에탄올/ 2-에톡시에탄올/ 개미산/ 고형파라핀/ <u>글리세린</u> / 나프탈렌/ <u>디에탄올아민</u> / 메틸메타크릴레이트/ 붕소산사나트륨염(무수물,오수화물,십수화물)/ 산화칼슘/ <u>스토다드솔벤트</u> / <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 염소/ 이산화탄소/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ <u>트리에틸아민</u> / <u>트리페닐포스페이트</u> / <u>헥실렌글리콜</u> / <u>황</u>
46	자동차 엔진용 부	절단절곡	윤활유,	높음	Yes	No	Yes	<u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / 과산화수소/

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
	품 제조업		절삭유/첨가 제					디에탄올아민/ 로진/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 부탄/ 붕소산나트륨염(무수물,오수화물,십수화물)/ 브롬화수소/ 수산화 칼륨/ 아연및그화합물/ 에탄올아민/ 에틸렌글리콜/ 요소/ 이소프로필 알콜/ 헥산(n-헥산)/ 흑연(천연 및 합성 Graphite 함유제외)
47	자동차 종합 수리 업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	아세틸렌
48	자동차 차체용 부 품 제조업	기타표면 처리	금 속 방 청 , 방부제	높음	Yes	Yes	No	2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ 2-부톡시에탄올/ 고형파라핀/ 등유/ 디(2-에틸헥실)프탈레이트/ 디에탄올아민/ 메틸에틸케톤/ 모르폴린/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 부탄/ 브이엠 및 피 나프타/ 스토다드솔벤트/ 아연및그화합물/ 아질산나트륨/ 액화석유가스/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ 탄산칼슘(석회석포함)/ 톨루엔/ 프로필렌글리콜모노메틸에테르/ 황
49	자동차 차체용 부 품 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	1,1-디클로로-1-플루오로에탄/ 1,2-디클로로프로판/ 2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ 글리세린/ 디에탄올아민/ 망간및그화합물/ 메틸클로로포름/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 부탄/ 수산화 칼륨/ 아질산나트륨/ 알릴글리시딜에테르/ 액화석유가스/ 에탄올아민/ 에틸렌글리콜/ 옥살산/ 철및그화합물/

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
50	자동차용 동력전 달장치 제조업	기타표면 처리	금 속 방 청 , 방부제	높음	Yes	No	Yes	트리에틸아민/ <u>헥실렌글리콜</u> <u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / <u>고형파라핀</u> / <u>규산칼슘</u> / <u>나프탈렌</u> / <u>등유</u> / <u>로진</u> / <u>바름</u> 및 그 가용성 화합물/ <u>부탄</u> / <u>스토다드솔벤트</u> / <u>아질산나트륨</u> / <u>액화석유가스</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / <u>초산에틸</u> / <u>크실렌</u> (오쏘,메타,파라 이성체)/ <u>톨루엔</u> / <u>헥산</u> (n-헥산)
51	자동차용 동력전 달장치 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	<u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / <u>2-부톡시에탄올</u> / <u>개미산</u> / <u>고형파라핀</u> / <u>디에탄올아민</u> / <u>메틸메타크릴레이트</u> / <u>메틸클로로포름</u> / <u>바름</u> 및 그 가용성 화합물/ <u>붕소산사나트륨염</u> (무수물,오수화물,십수화물)/ <u>아질산나트륨</u> / <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / <u>크레졸</u> (모든이성체)/ <u>트리클로로에틸렌</u> (중량비율0.1%이상) <u>1,1-디클로로-1-플루오로에탄</u> / <u>1,2-디클로로프로판</u> / <u>1-브로모프로판</u> (중량비율0.3%이상)/ <u>2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸</u> / <u>고형파라핀</u> / <u>글리세린</u> / <u>디에탄올아민</u> / <u>메틸아민</u> / <u>바름</u> 및 그 가용성 화합물/ <u>수산화 칼륨</u> / <u>시클로나이트</u> / <u>아스팔트</u> / <u>액화석유가스</u> / <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / <u>트리에틸아민</u> / <u>트리페닐포스페이트</u> / <u>페닐에테르</u> (증기)/ <u>황</u> <u>고형파라핀</u> / <u>디클로로메탄</u> / <u>메틸 에틸 케톤</u> <u>퍼옥사이드</u> / <u>바름</u> 및 그 가용성 화합물/ <u>부탄</u> /
52	절삭가공 및 유사 처리업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	No	Yes	
53	주형 및 금형 제 조업	기타표면 처리	금 속 방 청 , 방부제	높음	Yes	No	Yes	

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
								산화칼슘/ <u>스토다드솔벤트</u> / 시클로펜탄/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 이산화탄소/ 인산/ 칼슘/ 크레졸(모든이성체)/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ 톨루엔/ 헥산(n-헥산)
54	주형 및 금형 제 조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	Yes	1,2-디클로로프로판/ 2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ 2-부톡시에탄올/ 2-에톡시에탄올/ 고히파라핀/ 글리세린/ 나프탈렌/ 등유/ <u>디에탄올아민</u> / 로진/ 메틸 에틸 케톤 퍼옥사이드/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 붕소산나트륨염(무수물,오수화물,심수화물)/ 브롬화수소/ 산화칼슘/ <u>수산화 칼륨</u> / <u>스토다드솔벤트</u> / 실리콘/ 아세톤/ <u>아질산나트륨</u> / 알루미늄및그화합물/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 이산화탄소/ 이소프로필아민/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ 톨루엔/ 트리에틸아민/ 트리플루오로브로모메탄/ <u>헥실렌글리콜</u> / 흑연(합성)
55	증류기, 열교환기 및 가스발생기 제 조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	No	2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ 2-부톡시에탄올/ 구리및그화합물/ <u>디에탄올아민</u> / 메틸프로필케톤/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 철및그화합물/ 크실렌(오쏘,메타,파라 이성체)/ 톨루엔/ 트리에틸아민/ 황석(석면불포함)
56	컴퓨터 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	No	<u>디에탄올아민</u>

No.	산업	금속가공 공정	용도	가능성	금속 가공유	메탄올	에탄올	취급 화학물질 (밑줄은 금속가공유 첨가제로 추정)
57	콘크리트관 및 기 타 구조용 콘크리 트제품 제조업	지원운영	윤활유, 절삭유/첨가 제	있음	Yes	Yes	No	물 질 없음
58	탭, 밸브 및 유사 장치 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	Yes	1,2-디클로로프로판/ 1-브로모프로판(중량비율0.3%이상)/ 2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ 고형 파라핀/ 디글리시딜에테르/ <u>디에탄올아민</u> / 디클로로메탄/ 디클로로프로펜/ 메틸실리케이트/ 메틸아민/ 메틸클로로포름/ 바륨 및 그 가용성 화합물/ 붕소산사나트륨염(무수물,오수화물,십수화물)/ <u>스토다드솔벤트</u> / 실리콘/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / 에틸렌/ <u>에틸렌글리콜</u> / 염소/ <u>이소프로필 알콜</u> / 이소프로필아민/ 톨루엔/ 트리클로로에틸렌(중량비율0.1%이상)/ 헥산(n-헥산)
59	토목공사 및 유사 용 기계장비 제조 업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	No	1,2-디클로로프로판/ 1-브로모프로판(중량비율0.3%이상)/ 2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ <u>디에탄올아민</u> / 디클로로메탄/ 로진/ 메틸클로로포름/ 아세틸렌/ 액화석유가스/ <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 탄산칼슘(석회석포함)
60	톱 및 호환성공구 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가 제	높음	Yes	Yes	No	2,6-디-제3-브틸-파라-크레졸/ 러버솔벤트/ 로진/ <u>아질산나트륨</u> / <u>에탄올아민</u> / <u>에틸렌글리콜</u> / 톨루엔

(4) 금속가공유(MWF) 취급 사업장과 근로자 수 추정

가) 연도별 분포

○ 금속가공 관련 공정에서 MWF를 취급하거나(노출되는) 사업장과 근로자 수를 추정했고 연도별로 비교했음(<표 3-7> 참조). 연도별로 차이가 크게 나타남. 조사 방법, 추정 방법, 공정이나 산업 변화 등에 있어서 차이라고 판단됨.

<표 3-7> 금속가공유(MWF) 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정

분류	2009년		2014년	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
금속가공유(MWF) 노출 가능성 높음	11,229	50,299	17,873	90,661
금속가공유(MWF) 노출 가능성 있음	468	5,864	462	2,480
Total	11,697	56,163	18,335	93,141

나) 산업별, 공정별, 용도별 분포(금속가공 공정 가능성 높음)

(가) 산업별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 자료에 의하면 335개 산업 11,229개 사업장에서 50,299명이 금속가공유에 노출되고 있었음(부록 3 참조). 동일한 산업의 사업장 수가 500개 이상 되는 산업은 3개였음. 주형 및 금형 제조업의 사업장 개소는 1,539개(8,239명)로 가장 많았음. 다음으로 그 외 기타 자동차 부품 제조업(1,22개 사업장), 그 외 기타 금속가공업(553개 사업장) 산업 순으로 사업장의 수가 많았음.

○ 2014년은 324개 산업 17,873개 사업장에서 90,661명의 근로자가 금속가공유에 노출되고 있었으며, 500개 이상 사업장 수를 가진 산업은 8개였음. 주형 및

금형 제조업 산업에서 2,206개 사업장에서 금속가공유를 사용하고 있었으며, 8,930명의 근로자가 노출되고 있었음. 다음으로 절삭가공 및 유사처리업(1,155개 사업장), 그 외 기타 일반목적용 기계 제조업(886개 사업장), 그 외 기타 금속가공업(799개 사업장), 그 외 기타 자동차 부품 제조업(785개 사업장), 그 외 기타 특수목적용 기계 제조업(587개 사업장), 금속파스너 및 나사제품 제조업(514개 사업장), 탭, 밸브 및 유사장치 제조업(502개 사업장) 순임.

○ 두 시기에 금속가공과 금속가공유 사용 관련성의 가능성이 높은 산업은 388개 산업으로 나타남. 2009년에 비해 2014년 작업환경실태조사에서 금속가공유 사용 사업장수가 증가하고 노출 근로자수도 증가한 것을 알 수 있었음. 그 외 기타 자동차 부품 제조업 산업(2009년 8,239명, 2014년은 7,501명)이 다른 산업에 비해 금속가공유에 노출된 근로자수가 더 많았음. 주형 및 금형 제조업 산업의 경우 2009년 5,193명의 근로자가 노출되고 있었으며, 2014년 8,930명이 노출되고 있었음.

(나) 공정별 분포

○ 2009년에 조사된 작업환경실태조사 자료를 보면 성형가공, 연마, 절단절곡 공정의 사업장이 대부분 이었음. 성형가공 공정은 5,632개 사업장(50.2%)에서 24,565명이 노출되고 있었으며, 연마 공정은 4,988개 사업장(44.4%)에서 23,313명이 노출되고 있었음.

○ 2014년의 자료를 보면 절단절곡, 연마, 단조, 성형가공, 기타표면처리, 주조 주물, 기타공정, 열처리, 권선 공정 순으로 금속가공유를 사용하고 있었음. 특히 절단절곡 공정의 경우 15,521개 사업장(86.8%)에서 79,062명(87.2%)이 금속가공유에 노출되고 있었음.

○ 두 시기를 종합하면, 전체 9개 공정에서 금속가공유를 사용해 금속가공과 관련 가능성이 높았음. 2009년 전체 사업장은 11,229개였으며, 근로자수는 50,299명이 노출되고 있었음. 2014년 사업장 수는 17,873개로 90,661명의 근로자가 노출되고 있었음. 사업장과 근로자 수 모두 2014년에 약 1.5배 많았음. 2009년 자료에서는 성형가공 공정의 사업장과 근로자 수가 많았으며, 2014년 자료에선 절단절곡 공정이 사업장과 노출되는 근로자 수가 많은 것을 알 수 있음.

<표 3-8> 금속가공 공정별 금속가공유(MWF) 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)

금속가공 공정	2009년		2014년	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
권선	2	8	1	5
기타공정	2	2	6	33
기타표면처리	10	28	82	330
단조	22	560	221	1,887
성형가공	5,632	24,565	179	754
연마	4,988	23,313	1,842	8,465
열처리	14	65	6	20
절단절곡	543	1,593	15,521	79,062
주조주물	16	165	15	105
Total	11,229	50,299	17,873	90,661

(다) 용도별 분포

○ 2009년 조사에서 금속가공유를 사용하는 용도는 7개였음. 윤활유, 절삭유 및 첨가제의 용도로 사용하는 사업장은 11,221개였으며, 노출되는 근로자는 50,276

명으로 대부분을 차지하고 있었음.

○ 2014년 작업환경실태조사 자료를 분석한 결과 4개의 용도로 사용하고 있었음. 2009년과 동일하게 금속가공유를 가장 많이 사용하는 용도로는 윤활유, 절삭유 및 첨가제였고, 17,790개 사업장에서 90,137명에게 노출되고 있었음. 다음으로 금속방청, 방부제의 용도로 사용되고 있었으며, 이 외 비수용성 절삭 용도로 사용되고 있었음.

○ 2009년과 2014년에 조사된 자료에서 금속가공유를 사용하는 용도로는 8개였으며, 두 시기 모두 윤활유, 절삭유 및 첨가제 용도로 사용하는 것이 대부분이었음. 이 외 절삭, 냉각, 열처리, 방청 등의 용도로 사용되고 있었음.

<표 3-9> 사용용도별 금속가공유(MWF) 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)

No.	용도	2009년		2014년	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
1	금속방청, 방부제			81	504
2	냉각	2	3		
3	냉각수	1	1		
4	냉각제	1	2		
5	녹 방지 방청	1	1		
6	비수용성 절삭			1	10
7	수용성 열처리유	1	13		
8	윤활유, 절삭유 및 첨가제	11,221	50,276	17,790	90,137
9	절삭	2	3	1	10
Total		11,229	50,299	17,873	90,661

다) 산업별, 공정별, 용도별 분포(가능성 있음)

(가) 산업별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사에 의하면 144개 산업, 468개 사업장에서 5,864명의 근로자가 노출되었음(부록 4 참조). 100명 이상 근로자가 금속가공유에 노출되는 산업은 10개 산업으로 그 외 기타 일반목적용 기계 제조업(1,506명), 선박구성부분품 제조업(692명), 승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업(553명), 토목공사 및 유사용 기계장비 제조업(341명), 그 외 기타 자동차 부품 제조업(311명), 시멘트 제조업(267명), 기타 1차 비철금속 제조업(184명), 기타 절연석 및 케이블 제조업(151명), 기어 및 동력전달장치 제조업(147명), 건설, 광업용 기계 및 장비 수리업(107명) 순으로 근로자 수가 많았음. 사업장 수는 그 외 기타 일반목적용 기계 제조업(34개소)과 그 외 기타 자동차 부품 제조업(33개소) 산업이 다른 산업에 비해 사업장 수가 많았음.

○ 2014년 조사된 자료를 산업, 사업장, 근로자 수로 정렬한 결과 금속가공유를 사용하는 산업은 105개 산업에서 462개 사업장, 2,480명의 근로자에게 노출되고 있었음. 100명 이상 근로자가 금속가공유에 노출되고 있는 산업의 수는 8개였음. 금속가공유에 노출되는 산업을 나열하면 기타 절연선 및 케이블 제조업(240명), 철강선 제조업(194명), 금속선 가공제품 제조업(137명), 그 외 기타 자동차 부품 제조업(135명), 동 압연, 압출 및 연신제품 제조업(126명), 금속파스너 및 나사제품 제조업(119명), 금속압형제품 제조업(109명), 열간 압연 및 압출제품 제조업(108명) 순임.

○ 두 시기에 금속가공유를 사용하는 산업을 분류한 결과 191개 산업에서 사용되고 있었음. 두 시기 간 사업장 수는 비슷하지만 2009년 금속가공유에 노출된

근로자 수(5,864명)는 2014년(2,480명)에 비해 두 배 이상 많았음. 다른 산업에 비해 그 외 기타 자동차 부품 제조업(2009년 33개소 311명, 2014년 23개소 135명), 기타 절연선 및 케이블 제조업(2009년 17개소 151명, 2014년 45개소 240명) 산업이 노출되는 근로자와 사업장이 많았음.

(나) 공정별 분포

○ 금속가공과 관련성이 있는 금속가공유가 사용되는 공정을 분류한 결과 2009년 자료에서 23개 사용공정이 있었음. 해당되는 사업장의 수는 468개소에 5,864명의 근로자가 노출되고 있었음. 사업장 수는 투입(106개 사업장), 압연압출(96개 사업장), 지원운영(93개 사업장)의 공정이 대부분임. 근로자 수는 조립 공정에서 2,458명이 노출되고 있었으며, 지원운영(1,252명), 투입(981명), 압연압출(778명) 공정이 높은 비율을 차지하고 있음.

○ 2014년 작업환경실태조사 자료에 의하면 22개 공정에서 금속가공유가 사용되고 있었음. 압연압출 공정(316개 사업장)이 다른 공정에 비해 비교적 많은 수의 사업장이 있음. 노출되는 근로자 수도 동일하게 압연압출 공정(1,707명)이 많았으며, 다음으로 투입 공정(333명) 순이었음.

○ 두 시기(2009, 2014년)를 종합하면, 전체 40개 공정에서 28개 공정(70.0%)이 금속가공유를 사용하고 있었음. 2009년과 2014년 자료에서 노출되는 사업장은 비슷하였으나, 2009년에 노출되는 근로자 수(5,864명)가 2014년(2,480명)에 비해 두 배 가량 많았음. 특히 2014년의 경우 다른 공정에 비해 압연압출 공정의 사업장이 316개소로 전체 462개소의 68.4%를 차지하고 있었음.

<표 3-10> 공정별 금속가공유(MWF) 취급 사업장과 노출 근로자 수
추정(금속가공 공정 가능성 있음)

No.	금속가공 공정	2009년		2014년	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
1	건조			5	14
2	검사	8	104		
3	도금	3	9	1	1
4	도장도포	7	35	9	42
5	반응	1	1		
6	분쇄	3	6	5	45
7	살균			1	40
8	섬유공업	39	118	1	18
9	세척제거	10	30	3	28
10	숙성	1	11		
11	식품공업	6	16	1	1
12	신발제조	1	1		
13	실험/연구			1	1
14	압연압출	96	778	316	1,707
15	용접	5	7	2	5
16	용해	3	12	3	7
17	운반			5	61
18	인쇄업	8	13		
19	저장			1	1
20	전기전자산업	1	1		
21	접착	2	5	1	1
22	정체	4	9	15	44
23	조립	62	2,458	8	22
24	준비	1	3	6	37
25	지원운영	93	1,252	8	53
26	투입	106	981	64	333
27	포장	1	2	2	8
28	혼합	7	12	4	11
Total		468	5,864	462	2,480

(다) 용도별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 결과, 금속가공유를 금속가공과 관련성이 있는 용도로 사용하는 경우는 5개였음. 냉각, 마모방지, 윤활, 절삭/ 첨가제로 사용되고 있었으며, 특히 금속가공유를 윤활, 절삭 및 첨가제로 사용하는 사업장(462개소)과 노출되는 근로자 수(5,852명)가 대부분을 차지하고 있었음.

○ 2014년 분석 결과, 금속가공유를 오직 윤활유, 절삭유, 첨가제 용도로만 사용하고 있었음. 사업장 수는 462개소이며, 2,480명의 근로자가 노출되고 있었음.

○ 2009년과 2014년 자료를 분석한 결과 두 시기 모두 금속가공유를 대부분 윤활유, 절삭유 및 첨가제 용도로 사용하고 있었음.

<표 3-11> 사용용도별 금속가공유(MWF) 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)

No.	용도	2009년		2014년	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
1	냉각	1	2		
2	냉각용	1	1		
3	냉각제	3	8		
4	마모방지용	1	1		
5	윤활유, 절삭유 및 첨가제	462	5,852	462	2,480
Total		468	5,864	462	2,480

(5) 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정

가) 연도별 분포

○ 금속가공 관련 공정에서 메탄올을 취급하는(또는 노출되는) 사업장과 근로자 수를 추정했고 연도별로 비교했음(<표 3-12> 참조). 연도별로 차이가 크게 나타남.

<표 3-12> 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정

분류	2009년		2014년	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
메탄올 노출 가능성 높음	17	76	42	306
메탄올 노출 가능성 있음	11	645	21	106
Total	18	721	63	412

나) 산업별, 공정별, 용도별 분포(금속가공 공정 가능성 높음)

(가) 산업별 분포

○ 2009년 실시된 작업환경실태조사에서는 12개 산업의 17개 사업장에서 76명의 근로자가 메탄올에 노출되고 있는 것으로 추정되었음. 조사 결과 금속 열처리업을 수행하는 사업장 6개소에서 29명의 근로자가 노출되어 노출 가능성이 가장 많은 산업으로 조사되었음. 이 외에 10명 이상의 근로자가 노출되는 산업으로는 강주물 제조업(1개소 11명), 승강기 제조업(1개소 10명), 톱 및 호환성공구 제조업(1개소 10명)이었으며, 기타 산업은 위 산업에 비해 상대적으로 적은 근로자(1~6명)가 노출되고 있었음.

○ 2014년의 조사 자료에서는 산업 수가 42개로 증가하였으며, 사업장 수는 42

개소, 근로자수는 306명으로 2009년에 비해 각각 약 2.5배, 4배 증가하였음. 특히, 근로자 수가 10명 이상인 산업 중 선박구성 부분품 제조업이 2개소 72명으로 가장 많은 근로자가 종사하고 있었으며, 도장 및 기타 피막처리업(3개소 18명), 승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업(1개소 25명), 토목공사 및 유사용 기계장비 제조업(1개소 17명), 도금, 착색 및 기타 표면처리장재 제조업(1개소 16명), 도금업(1개소 16명), 선철주물 주조업(1개소 14명), 기타 절연선 및 케이블 제조업(1개소 12명), 유압기기 제조업(1개소 10명), 인쇄회로기판 제조업(1개소 10명) 등 순으로 종사 근로자 수가 많았음.

○ 두 시기를 종합하면 2009년 기준 12개 산업의 17개소 사업장에서 76명의 근로자가 노출되고 있었으나 2014년에는 35개 산업의 76개소 사업장에서 306명의 근로자가 종사하고 있었음. 산업 수는 약 3배, 사업장과 근로자 수는 각각 4배 가량 증가함.

<표 3-13> 산업별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
1	강주물 주조업	1	11	1	3
2	그외 기타 금속가공업			1	4
3	그외 기타 일반목적용 기계 제조업	1	1	1	2
4	그외 기타 자동차 부품 제조업	1	6		
5	그외 기타 전기장비 제조업			1	10
6	그외 기타 특수목적용 기계 제조업			1	3
7	금속 열처리업	6	29	1	1
8	금속 조립구조재 제조업			1	2
9	금속단조제품 제조업	1	1		
10	금속선 가공제품 제조업			1	10

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
11	금속캔 및 기타 포장용기 제조업			1	1
12	금속파스너 및 나사제품 제조업	1	1		
13	기타 구조용 금속제품 제조업			1	4
14	기타 물품취급장비 제조업			2	3
15	기타 비철금속 주조업			1	5
16	기타 석제품 제조업			1	1
17	기타 절연선 및 케이블 제조업			1	12
18	내연기관 제조업			2	8
19	도금, 착색 및 기타 표면처리장재 제조업			1	16
20	도금업			1	16
21	도장 및 기타 피막처리업			3	18
22	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업			1	1
23	동주물 주조업	1	2		
24	비동력식 수공구 제조업	1	3	1	4
25	산업처리공정 제어장비 제조업			1	3
26	선박 구성부분품 제조업			2	72
27	선철주물 주조업			1	14
28	섬유사 및 직물 호부처리업	1	1		
29	승강기 제조업	1	10		
30	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업			1	25
31	알루미늄주물 주조업	1	1		
32	유압기기 제조업			1	10
33	인쇄회로기관 제조업			1	10
34	일반 병원			1	3
35	자동차 차체용 부품 제조업			1	2
36	주형 및 금형 제조업			1	6
37	증류기, 열교환기 및 가스발생기 제조업			1	2
38	직물 및 편조원단 염색 가공업			1	2
39	컴퓨터 제조업			1	2

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
40	탭, 밸브 및 유사장치 제조업			2	6
41	토목공사 및 유사용 기계장비 제조업			1	17
42	톱 및 호환성공구 제조업	1	10	2	8
Total		17	76	42	306

(나) 공정별 분포

○ 2009년 기준 금속가공과 관련성이 높은 메탄올 취급 공정을 분류한 결과 4개의 공정이 조사되었으며, 총 17개 사업장에서 76명의 근로자가 노출되고 있었음. 공정으로 분류한 노출 근로자수는 열처리(8개소 39명), 주조주물(3개소 22명), 성형가공(5개소 13명), 연마(1개소 2명) 순이었으며 열처리 공정에서 가장 많은 근로자가 노출되고 있음을 확인함.

○ 2014년 조사 결과에서는 6개의 공정에서 금속가공과 관련된 메탄올 취급이 이루어졌으며, 총 42개 사업장에서 306명의 근로자가 노출되고 있었음. 공정으로 분류한 노출 근로자수는 기타표면처리(16개소 168명), 절단절곡(18개소 98명), 주조주물(4개소 32명), 열처리(2개소 3명), 기타공정(1개소 3명), 성형가공(1개소 2명) 순이었음. 2009년에는 열처리 공정에서 노출 근로자수가 많았던 반면, 2014년에는 표면처리와 절단절곡 및 주조주물 공정에서의 노출 근로자수가 현저히 증가하여 전체 노출 근로자의 약 97%를 차지함.

<표 3-14> 금속가공 공정별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공
공정 가능성 높음)

금속가공 공정	2009년		2014년	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
기타공정			1	3
기타표면처리			16	168
성형가공	5	13	1	2
연마	1	2		
열처리	8	39	2	3
절단절곡			18	98
주조주물	3	22	4	32
Total	17	76	42	306

(다) 용도별 분포

○ 금속가공과 관련성이 높은 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자수를 조사한 결과, 2009년에는 각 공정에서 주로 윤활유, 절삭유 및 첨가제(12개소 51명), 냉각(3개소 14명), 냉각제(2개소 11명)용으로 사용하고 있음.

○ 2014년의 경우 윤활유, 절삭유 및 첨가제(24개소 187명), 금속방청 및 방부제(16개소 101명), 장비냉각(1개소 16명) 용도가 대부분을 차지하였으며, 냉매용으로로는 1개소에서 2명의 근로자가 노출 가능성이 있는 것으로 조사되었음. 특히, 윤활유, 절삭유 및 첨가제 용도로 메탄올을 취급하는 근로자 수는 2009년에 비해 2014년에도 187명으로 전체 근로자의 약 60%를 차지하고 있었으며, 금속방청 및 방부제 용도로 메탄올을 취급하는 사업장과 노출 근로자 수도 새롭게 확인됨.

<표 3-15> 용도별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정
가능성 높음)

용도	2009년		2014년	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
금속방청, 방부제			16	101
냉각	3	14		
냉각제	2	11		
냉매			1	2
윤활유, 절삭유 및 첨가제	12	51	24	187
장비냉각			1	16
Total	17	76	42	306

(라) 메탄올 취급 가능성 높은 사업장 정리

○ 작업환경실태조사 자료를 분석하여 금속가공 공정에서 메탄올을 취급할 가능성이 높은 사업장을 추정하였음(<표 3-16> 참조). 이들 사업장을 산업, 공정, 용도별로 구분하여 노출근로자 수를 정리하였음.

○ 2009년 자료를 보면 금속가공 공정에서 메탄올을 취급한 것으로 추정된 사업장은 전체 17개소임. 산업의 형태를 보면 금속 열처리업이 7개소로 다른 산업에 비해 많았음. 공정은 성형가공과 열처리 공정이 각각 5개소였으며, 주조주물, 연마 공정 순임. 메탄올이 사용된 용도는 윤활, 절삭 및 첨가제(12개소)와 냉각(5개소)이었음. 대부분 사업장에서 99% 이상의 메탄올을 사용하고 있었으나, 50% 미만 메탄올을 사용한 곳도 있었음.

○ 2014년 자료를 보면 금속가공 공정에서 메탄올을 사용했을 것으로 추정된 사업장은 총 42개소임. 2009년 보다 훨씬 많았음. 이들 사업장의 업종은 35개

산업으로 골고루 분포되어 있으며, 도장 및 기타 피막 처리업이 3개소로 상대적으로 많았음. 메탄올은 금속가공과 관련이 있는 6개 공정(기타표면처리, 성형가공, 열처리, 절단절곡, 주조주물, 기타공정)에서 사용되고 있었음. 이 중 절단절곡 공정은 18개소, 기타표면처리 공정은 16개 사업장에서 사용하고 있었음. 메탄올 사용용도는 윤활, 절삭 및 첨가제(24개소), 금속방청 및 방부제(16개소), 냉매(1개소), 장비냉각(1개소)으로 분포되어 있었음. 8개 사업장에서만 메탄올 100%를 사용하고 있었으며, 나머지 16개소에서는 10% 미만의 함량의 메탄올을 사용하고 있었음.

○ 메탄올 중독이 일어났던 전자업종의 CNC 공정은 파악할 수가 없었음. 조사 대상 공정에서 CNC 공정이 빠져 있었기 때문임. 또한 두 시기별로 메탄올이 사용된 금속가공 공정의 사업장 수, 업종분포, 공정 분포 등에 차이가 있었음.

<표 3-16> 작업환경실태조사 자료를 이용한 금속가공과 메탄올 취급 사업장 현황(가능성 높음)

No.	년도	사업장명	소재지	산업(세세)	금속가공 공정	사용용도	함유량	취급 근로자수
1	2009	정보****	인천 계양구	강주물 주조업	주조주물	윤활유,절삭유/첨가제	100	11
2	2009	이글****	경기 오산시	그외 기타 일반목적용 기계 제조업	성형가공	윤활유,절삭유/첨가제	100	1
3	2009	인지****	경북 경주시	그외 기타 자동차 부품 제조업	성형가공	윤활유,절삭유/첨가제	100	6
4	2009	금성***	부산 사상구	금속 열처리업	성형가공	윤활유,절삭유/첨가제	100	4
5	2009	진성****	대구 달성군	금속 열처리업	열처리	윤활유,절삭유/첨가제	100	1
6	2009	(주)삼*	경기 화성시	금속 열처리업	열처리	냉각	100	7
7	2009	동서**	인천 남동구	금속 열처리업	열처리	냉각	99	2
8	2009	두리****	인천 남동구	금속 열처리업	열처리	냉각	100	5
9	2009	아세****	광주 광산구	금속 열처리업	열처리	냉각제	100	10
10	2009	세화***	경기 부천시	금속단조제품 제조업	성형가공	윤활유,절삭유/첨가제	100	1
11	2009	우주****	부산 강서구	금속과스너 및 나사제품 제조업	열처리	냉각제	100	1
12	2009	고려**	경북 경주시	동주물 주조업	연마	윤활유,절삭유/첨가제	35	2
13	2009	동진***	인천 서구	비동력식 수공구 제조업	열처리	윤활유,절삭유/첨가제	100	3
14	2009	대림**	경북 경산시	섬유사 및 직물 호부처리업	성형가공	윤활유,절삭유/첨가제	4	1
15	2009	경흥****	경기 수원시	승강기 제조업	주조주물	윤활유,절삭유/첨가제	100	10
16	2009	창원**	경남 함안군	알루미늄주물 주조업	주조주물	윤활유,절삭유/첨가제	43	1

No.	년도	사업장명	소재지	산업(세세)	금속가공 공정	사용용도	함유량	취급 근로자수
17	2009	이화****	충북 청원군	톱 및 호환성공구 제조업	열처리	윤활유, 절삭유/첨가제	100	10
18	2014	태창****	충남 논산시	강주물 주조업	주조주물	윤활유, 절삭유/첨가제	28	3
19	2014	주식회사경도****	부산 강서구	그외 기타 금속가공업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	1	4
20	2014	홍진****	경북 구미시	그외 기타 일반목적용 기계 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	10	2
21	2014	한국****	경기 화성시	그외 기타 전기장비 제조업	주조주물	윤활유, 절삭유/첨가제	10	10
22	2014	(주)오토****	경기 김포시	그외 기타 특수목적용 기계 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	9	3
23	2014	동진**	경남 사천시	금속 열처리업	열처리	윤활유, 절삭유/첨가제	100	1
24	2014	한보****	경기 화성시	금속 조립구조재 제조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	20	2
25	2014	(주)청우****	경남 양산시	금속선 가공제품 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	3	10
26	2014	(주)다인**	경남 김해시	금속캔 및 기타 포장용기 제조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	10	1
27	2014	원영***	경기 화성시	기타 구조용 금속제품 제조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	20	4
28	2014	(주)한국****	경북 포항시	기타 물품취급장비 제조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	1	1
29	2014	선익**	부산 강서구	기타 물품취급장비 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	55	2
30	2014	동화**	부산 사상구	기타 비철금속 주조업	주조주물	윤활유, 절삭유/첨가제	100	5
31	2014	안동****	경북 안동시	기타 석제품 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	100	1

No.	년도	사업장명	소재지	산업(세세)	금속가공 공정	사용용도	함유량	취급 근로자수
32	2014	가온***	경기 군포시	기타 절연선 및 케이블 제조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	100	12
33	2014	영남*****	경남 함안군	내연기관 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	5	5
34	2014	태경**	경남 함안군	내연기관 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	5	3
35	2014	주식회사재영**	경북 포항시	도금, 착색 및 기타 표면처리강재 제조업	절단절곡	장비냉각	0	16
36	2014	(주)유니***	경기 안산시	도금업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	100	16
37	2014	(주)대승***	대구 달성군	도장 및 기타 피막처리업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	100	3
38	2014	(주)성호*****	경북 경주시	도장 및 기타 피막처리업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	15	6
39	2014	주연***	인천 남동구	도장 및 기타 피막처리업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	2	9
40	2014	(주)에스***	충남 예산군	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	30	1
41	2014	금창**	경남 창원시	비동력식 수공구 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	100	4
42	2014	서진*****	경기 성남시	산업처리공정 제어장비 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	55	3
43	2014	(주)국일*****	울산 울주군	선박 구성부분품 제조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	50	2
44	2014	한솔**	경남 거제시	선박 구성부분품 제조업	기타표면	윤활유, 절삭유/첨가제	0	70

No.	년도	사업장명	소재지	산업(세세)	금속가공 공정	사용용도	함유량	취급 근로자수
45	2014	(주)마천***	경남 창원시	선철주물 주조업	주조주물 처리	윤활유, 절삭유/첨가제	40	14
46	2014	기아****	경기 광명시	승용차 및 기타 여객용 자동차 제 조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	3	25
47	2014	신진****	부산 사상구	유압기기 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	10	10
48	2014	(주)에스****	경기 안산시	인쇄회로기판 제조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	45	10
49	2014	김영***	서울 강남구	일반 병원	기타공정	금속방청, 방부제	4	3
50	2014	번창**	전북 완주군	자동차 차체용 부품 제조업	기타표면 처리	금속방청, 방부제	0	2
51	2014	오션***	서울 금천구	주형 및 금형 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	10	6
52	2014	(주)텐*	경남 김해시	증류기, 열교환기 및 가스발생기 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	20	2
53	2014	(주)세*	부산 사하구	직물 및 편조원단 염색 가공업	성형가공	윤활유, 절삭유/첨가제	46	2
54	2014	(주)일진****	경기 성남시	컴퓨터 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	3	2
55	2014	대룡***	광주 광산구	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	2	4
56	2014	태진****	경남 창원시	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	18	2
57	2014	에이****	경남 사천시	토목공사 및 유사용 기계장비 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	4	17
58	2014	디엠**	경기 화성시	톱 및 호환성공구 제조업	열처리	냉매	100	2

No.	년도	사업장명	소재지	산업(세세)	금속가공 공정	사용용도	함유량	취급 근로자수
59	2014	두리**	경북 경산시	톱 및 호환성공구 제조업	절단절곡	윤활유, 절삭유/첨가제	6	6

다) 산업별, 공정별, 용도별 분포(금속가공 공정 가능성 있음)

(가) 산업별 분포

○ 2009년 조사 결과 메탄올을 취급하는 산업이 금속가공과 관련성이 있는 산업은 10개 산업임. 플라스틱 적층 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업 산업만 사업장이 2개소이며, 나머지 9개 산업은 각각 1개소의 사업장이 해당됨. 10개 산업 중 승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업에서 노출되는 근로자 수는 600명임.

○ 2014년에 조사된 작업환경실태조사 자료에 의하면 메탄올을 사용하면서 금속가공과 관련성이 있는 산업은 18개 산업이었음. 도장 및 기타 피막처리업(3개소), 선박 구성부분품 제조업(2개소)의 산업을 제외한 나머지 16개 산업은 각각 1개소의 사업장이 해당됨.

○ 두 시기에 같이 조사된 산업은 기타 절연선 및 케이블 제조업, 승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업 등 2개 산업만 해당되었음. 2009년에 비해 2014년에 조사된 사업장 수는 많았으나 근로자 수는 반대로 2009년이 더 많이 노출되고 있었음.

<표 3-17> 산업별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정
가능성 있음)

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
1	간판 및 광고물 제조업	1	1		
2	강주물 주조업	1	2		
3	그외 기타 고무제품 제조업	1	1		
4	그외 기타 분류안된 금속가공제품 제조업			1	5
5	그외 기타 분류안된 화학제품 제조업			1	4
6	금속 열처리업	1	5		
7	금속압형제품 제조업			1	2
8	기체연료 및 관련제품 도매업			1	2
9	기타 발전기 및 전기변환장치 제조업	1	1		
10	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업			1	6
11	기타 절연선 및 케이블 제조업	1	24	1	5
12	농업 및 임업용 기계 제조업			1	2
13	도금업			1	1
14	도장 및 기타 피막처리업			3	14
15	선박 구성부분품 제조업			2	6
16	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	1	600	1	18
17	완제 의약품 제조업			1	6
18	자동차용 전기장치 제조업			1	5
19	전구 및 램프 제조업	1	2		
20	종합 병원			1	6
21	콘크리트관 및 기타 구조용 콘크리트 제품 제조업			1	7
22	판유리 제조업			1	4
23	플라스틱 적층 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	2	6		
24	항공기용 엔진 제조업			1	12
25	화약 및 불꽃제품 제조업	1	3		
26	화학섬유 방적업			1	1
Total		11	645	21	106

(나) 공정별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 자료를 바탕으로 했을 때 메탄올이 사용되면서 금속가공 공정과 관련이 있는 공정은 8개 공정임. 해당 공정에 해당되는 사업장은 대부분 1개소씩이었으나 정제공정과 조립공정에서는 각각 2, 3개소의 사업장이 포함되어 있었음. 또한 근로자 수는 전체 645명 중 93.5%에 해당하는 603명이 조립공정에서 메탄올에 노출되고 있었음.

○ 2014년 조사 결과 11개 공정에서 메탄올을 사용하고 있었음. 11개 공정 중 도장도포는 5개의 사업장에서 메탄올을 사용하고 있었으며, 노출되는 근로자 수는 35명으로 다른 공정에 비해 사업장과 노출 근로자 수가 많았음.

○ 두 시기를 종합해 보면 압연압출, 정제, 조립, 투입, 혼합 공정 등 5개 공정이 2009년과 2014년 모두 조사되었음.

<표 3-18> 공정별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)

금속가공 공정	2009년		2014년	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
건조	1	2		
검사			1	2
도금			1	1
도장도포			5	35
반응			1	4
실험/연구			1	6
압연압출	1	24	4	27
용접	1	1		
접착	1	2		
정제	2	6	2	8

금속가공 공정	2009년		2014년	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
조립	3	603	3	12
지원운영			1	7
투입	1	3	1	3
혼합	1	4	1	1
Total	11	645	21	106

(다) 용도별 분포

○ 2009년 조사에서 메탄올의 사용이 금속가공과 관련성이 있는 용도는 4가지 (냉각제/ 냉매/ 단열재/ 윤활유, 절삭유 및 첨가제)였음. 윤활유, 절삭유 및 첨가제 용도로 사용하는 사업장이 다른 사업장에 비해 많았으며 근로자 수도 다른 사용용도에 비해 많았음.

○ 2014년 작업환경실태조사 결과 메탄올을 사용하는 용도로는 3가지가 나타남. 윤활유, 절삭유 및 첨가제/ 금속방청, 방부제/ 냉매의 사용용도 순으로 사업장의 수가 많았음. 근로자 수도 동일한 순으로 많음.

○ 냉매로 사용되는 용도와 윤활유, 절삭유 및 첨가제 용도로 사용되는 사업장이 두 시기 모두 조사됨. 메탄올을 금속방청, 방부제 용도로 사용하는 사업장은 2014년에만 조사가 됨. 윤활유, 절삭유 및 첨가제로 사용하는 용도가 두 시기 모두 사업장 수와 근로자 수가 가장 많음.

<표 3-19> 사용용도별 메탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정
가능성 있음)

용도	2009년		2014년	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
금속방청, 방부제			7	47
냉각제	2	6		
냉매	1	3	2	8
단열재	1	2		
윤활유, 절삭유 및 첨가제	7	634	12	51
Total	11	645	21	106

(6) 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정

가) 연도별 분포

○ 2009년과 2014년에 조사된 작업환경실태조사 자료 중 에탄올을 사용하는 용도, 사용공정, 산업을 기준으로 산업위생전문가가 가능성의 높고 낮은 단계를 분류함. 2009년 조사 자료에서는 가능성이 높거나 있는 사업장의 수는 각각 7개 사업장 이었으며, 노출되는 근로자의 수는 가능성이 높았을 때 39명, 가능성이 있었을 때 22명이었음. 2014년 자료에서는 2009년에 비해 에탄올에 노출되는 근로자와 사업장의 수가 많았음. 산업위생전문가가 판단한 가능성 높음의 사업장 수는 71개소이고, 노출되는 근로자 수는 832명임. 가능성이 있는 것으로 분류한 사업장 수는 24개소 218명의 근로자가 에탄올에 노출되고 있었음.

<표 3-20> 에탄올 취급(노출) 사업장과 노출 근로자 수 추정

분류	2009년		2014년	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
에탄올 노출 가능성 높음	7	39	71	832
에탄올 노출 가능성 있음	7	22	24	218
Total	14	61	95	1050

나) 산업별, 공정별, 용도별 분포 사업장과 근로자수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)

(가) 산업별 분포

○ 2009년 자료를 분석한 결과 에탄올을 사용하는 금속가공과 관련성이 높은 산업은 6개 산업으로 그 외 기타 자동차 부품 제조업, 그 외 기타 금속가공업, 금속 열처리업, 금속 절삭기계 제조업, 금속 압형제품 제조업, 모조 귀금속 및

모조 장신용품 제조업이 있음. 그 외 기타 자동차 부품 제조업 산업만 2개소의 사업장이 있었으며, 나머지 산업은 각각 1개소의 사업장만 있음. 사업장 수와 마찬가지로 에탄올에 노출되는 근로자 수가 많은 산업은 그 외 기타 자동차 부품 제조업으로 25명이 노출되고 있었음.

○ 2014년 작업환경실태조사 자료에서 40개 산업의 에탄올 사용이 금속가공과 관련성이 높은 것으로 나타남. 분류 결과 사업장 수가 5개소 이상인 산업은 그 외 기타 자동차 부품 제조업(7개소), 선박 구성부분품 제조업(6개소), 주형 및 금형 제조업(5개소)임. 에탄올에 노출되는 근로자는 그 외 기타 자동차 부품 제조업의 산업에서 가장 많은 448명(53.8%)으로 나타남.

○ 두 시기(2009, 2014년) 자료를 분석한 결과, 에탄올 사용이 금속가공과 관련성이 높은 산업은 42개 산업임. 2009년(6개 산업)에 비해 2014년(40개 산업)에 에탄올에 노출되는 산업이 훨씬 많았음. 사업장 수와 노출되는 근로자 수도 2009년에 비해 2014년이 많았음.

<표 3-21> 산업별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
1	강관 제조업			1	3
2	공기조화장치 제조업			1	1
3	구조용 금속판제품 및 금속공작물 제조업			1	10
4	그외 기타 금속가공업	1	7	1	3
5	그외 기타 분류안된 금속가공제품 제조업			2	14
6	그외 기타 일반목적용 기계 제조업			3	47
7	그외 기타 자동차 부품 제조업	2	25	7	448

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
8	그외 기타 전기장비 제조업			1	2
9	그외 기타 특수목적용 기계 제조업			1	2
10	금속 성형기계 제조업			1	1
11	금속 열처리업	1	1	2	2
12	금속 절삭기계 제조업	1	1		
13	금속 조립구조재 제조업			2	8
14	금속압형제품 제조업	1	1	1	1
15	금속파스너 및 나사제품 제조업			1	2
16	기어 및 동력전달장치 제조업			1	3
17	기체 펌프 및 압축기 제조업			1	5
18	기타 가공공작기계 제조업			1	5
19	기타 무선 통신장비 제조업			1	3
20	기타 발전기 및 전기변환장치 제조업			1	2
21	기타 섬유, 의복 및 가죽 가공 기계 제조업			1	10
22	내연기관 제조업			3	52
23	농업 및 임업용 기계 제조업			1	12
24	도장 및 기타 피막처리업			2	6
25	모조 귀금속 및 모조 장신용품 제조업	1	4		
26	반도체 제조용 기계 제조업			2	6
27	배관 및 냉·난방장치 도매업			1	2
28	산업용 로봇 제조업			1	1
29	산업용 오븐, 노 및 노용 버너 제조업			1	6
30	선박 구성부분품 제조업			6	19
31	선철주물 주조업			1	2
32	알루미늄주물 주조업			1	3
33	액체 펌프 제조업			1	1
34	열간 압연 및 압출 제품 제조업			1	6
35	유압기기 제조업			1	10

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
36	자동차 엔진용 부품 제조업			2	37
37	자동차 종합 수리업			1	3
38	자동차 차체용 부품 제조업			4	32
39	자동차용 동력전달장치 제조업			2	11
40	절삭가공 및 유사처리업			3	20
41	주형 및 금형 제조업			5	30
42	탭, 밸브 및 유사장치 제조업			1	1
Total		7	39	71	832

(나) 공정별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 결과 에탄올 사용이 금속가공과 관련성이 있는 공정은 4개 공정임. 성형가공, 열처리, 연마, 절단절곡의 순으로 사업장의 수가 많았음. 근로자수는 다른 공정에 비해 성형가공이 26명(66.7%)으로 가장 많았음.

○ 2014년 자료를 분석한 결과 절단절곡, 기타표면처리, 성형가공, 연마, 주조주물, 열처리 공정의 순으로 사업장수가 많음. 특히 절단절곡 공정이 44개 사업장(62.0%)으로 다른 공정에 비해 사업장 수가 많았음. 노출근로자 수는 기타표면처리(446명), 절단절곡(365명) 공정에서 에탄올에 많이 노출되고 있음.

○ 2009년과 2014년 작업환경실태조사 자료를 분석하면 6개 공정에서 에탄올이 사용되고 있음. 기타표면처리, 주조주물 공정은 2009년에 없었으나 2014년에 나타남. 2009년에 비해 2014년 자료에서 기타표면처리와 절단절곡 공정에서 사업장과 근로자 수가 많이 나타남. 이 차이를 자세히 분석해 보아야 함.

<표 3-22> 공정별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정
가능성 높음)

금속가공 공정	2009년		2014년	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
기타표면처리			19	446
성형가공	3	26	4	11
연마	1	7	2	7
열처리	2	5	1	1
절단절곡	1	1	44	365
주조주물			1	2
Total	7	39	71	832

(다) 용도별 분포

○ 2009년 자료를 보면, 에탄올의 사용 용도가 금속가공과 관련성이 높은 것은 2개였음. 즉, 윤활, 절삭 및 첨가제와 냉각제의 용도로 사용되고 있었음. 냉각제는 1개 사업장 1명의 근로자가 에탄올에 노출되고 있었지만 윤활, 절삭 및 첨가제 용도로 사용되는 사업장은 6개소 38명의 근로자가 노출되고 있었음.

○ 2014년 자료를 분석하면 금속방청, 방부제 또는 윤활유, 절삭유 및 첨가제로 에탄올을 사용하고 있었음. 두 용도 중 윤활유, 절삭유, 첨가제 용도로 사용되는 사업장은 52개소, 366명이 노출되고 있음.

○ 2009년과 2014년 작업환경실태조사 자료에서 에탄올 사용이 금속가공과 관련성이 높은 용도는 3개가 있었으며, 대부분 윤활유, 절삭유 및 첨가제 형태로 사용되고 있었음. 사업장 수는 윤활유, 절삭유 및 첨가제로 사용되는 사업장이 많았으며, 근로자는 금속방청, 방부제로 사용하여 노출되는 근로자수가 많았음.

<표 3-23> 사용 용도별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 높음)

용도	2009년		2014년	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
금속방청, 방부제			19	446
냉각제	1	1		
윤활유, 절삭유 및 첨가제	6	38	52	386
Total	7	39	71	832

다) 산업별, 공정별, 용도별 사업장과 근로자수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)

(가) 산업별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 자료를 이용하여 에탄올 사용이 금속가공과 관련성이 있는 산업은 7개 산업이었음. 7개 산업 모두 사업장 수는 각각 1개소였으며, 근로자 수는 인쇄잉크 제조업(8명), 자동차 엔진용 부품 제조업(5명) 산업에서 대부분을 차지함.

○ 2014년 자료에서 에탄올 사용이 금속가공과 관련성이 있는 산업은 17개 산업임. 17개 산업 중 기체연료 및 관련제품 도매업에서 사업장 수는 5개소로 다른 산업에 비해 사업장 수가 많았음. 근로자 수는 218명 중 96명(44.0%)이 도장 및 기타피막 처리업에서 에탄올에 노출되고 있었음. 다음으로 많은 수의 근로자가 노출되는 사업은 항공기용 엔진 제조업으로 73명(33.5%)이 노출됨.

○ 두 시기(2009, 2014년)의 자료에서 에탄올 사용이 금속가공과 관련이 있는 산업은 24개 산업으로 2009년 7개 산업, 2014년 17개 산업이었음. 두 시기에 중

복되는 산업은 없었음. 노출된 사업장수가 많은 산업은 2014년에 조사된 기체 연료 및 관련제품 도매업에서 5개 사업장이 노출되었고, 근로자 수는 동일한 시기에 조사된 도장 및 기타 피막 처리업에서 96명이 노출된 것이 다른 산업에 비해 많았음.

<표 3-24> 산업별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
1	건강보조용 액화식품 제조업			1	1
2	그외 기타 고무제품 제조업	1	1		
3	그외 기타 금속가공업			1	5
4	금속선 가공제품 제조업			1	2
5	기계장비 조립용 플라스틱제품 제조업			1	2
6	기체연료 및 관련제품 도매업			5	10
7	도장 및 기타 피막 처리업			2	96
8	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업			1	10
9	비 및 솔 제조업			2	2
10	선박 구성부분품 제조업			1	3
11	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업			1	1
12	유리섬유 및 광학용 유리 제조업			1	4
13	의약품 화합물 및 향생물질 제조업	1	3		
14	이동전화기 제조업	1	1		
15	인삼식품 제조업			1	1
16	인쇄잉크 제조업	1	8		
17	자동차 엔진용 부품 제조업	1	5		
18	전기식 진단 및 요법 기기 제조업			1	1
19	전자저항기 제조업	1	2		
20	주형 및 금형 제조업			1	5
21	천연 및 혼합조제 조미료 제조업			1	1
22	치약, 비누 및 기타 세제 제조업			1	1

23	플라스틱 적층 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	1	2		
24	항공기용 엔진 제조업			2	73
Total		7	22	24	218

(나) 공정별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 자료에서 에탄올 사용이 금속가공과 관련이 있는 공정으로는 4개 공정이었으며, 혼합, 조립, 정제, 투입에서 사용되고 있었음. 에탄올을 사용하는 사업장과 노출 근로자 수는 다른 공정에 비해 혼합공정(사업장 4개소, 근로자 15명)이 많았음.

○ 2014년 자료에서 에탄올 사용이 금속가공과 관련이 있는 공정은 9개였음. 이 중 사업장 수가 많았던 순서대로 공정을 나열하면 정제, 도장도포, 압연압출, 식품공업, 조립, 투입, 검사, 세척제거, 용접 순임. 에탄올에 노출된 근로자 수는 다른 공정에 비해 도장도포(104명), 압연압출(85명)이 많았음.

○ 2009년과 2014년에 조사된 자료에서 에탄올 사용이 금속가공과 관련이 있는 것으로 분류된 공정은 10개 공정임. 정제, 조립, 투입 공정은 2009년과 2014년 모두 조사되었으며, 혼합공정은 2009년 자료에서만 확인 할 수 있었음. 두 시기 사업장 수가 많았던 공정은 혼합, 도장도포, 압연압출 공정이 4개소로 많았으며, 근로자 수는 2014년에 조사한 자료에서 도장도포(104명), 압연압출(85명)의 공정에서 많았음.

<표 3-25> 공정별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)

No.	금속가공 공정	2009년		2014년	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
1	검사			1	2
2	도장도포			4	104
3	세척제거			1	1
4	식품공업			2	2
5	압연압출			4	85
6	용접			1	1
7	정제	1	1	7	12
8	조립	1	5	2	9
9	투입	1	1	2	2
10	혼합	4	15		
Total		7	22	24	218

(다) 용도별 분포

○ 2009년 작업환경실태조사 자료에서 에탄올 사용이 금속가공과 관련성이 있는 용도는 2개로 냉각제와 윤활유, 절삭유 및 첨가제로 사용되는 것으로 나타남. 대부분의 사업장과 근로자는 윤활유, 절삭유 및 첨가제의 용도로 사용하였으며 사업장은 6개소 노출근로자 수는 21명이었음.

○ 2014년 조사 결과 에탄올 사용이 금속가공과 관련이 있는 용도는 금속방청 및 방부제, 냉매, 윤활유, 절삭유 및 첨가제의 용도임. 냉매 용도로 사용하는 사업장의 수가 많았으며, 금속방청 및 방부제의 용도일 경우 노출 근로자 수가 많은 것으로 나타남.

○ 시기별로 조사 결과를 보면 윤활유, 절삭유 및 첨가제의 용도가 두 시기에 모두 나타남.

<표 3-26> 용도별 에탄올 취급 사업장과 노출 근로자 수 추정(금속가공 공정 가능성 있음)

용도	2009		2014	
	사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
금속방청, 방부제			5	109
냉각제	1	1		
냉매			11	16
윤활유, 절삭유 및 첨가제	6	21	8	93
Total	7	22	24	218

2) 작업환경측정결과 자료 활용

(1) 금속가공과 관련 가능성이 높은 공정의 노출 특성

가) 공정별 화학적 유해인자 노출 현황

○ 공단에서 제공한 작업환경측정 결과 DB를 활용하여 금속가공과 관련한 키워드를 이용하여 25개 공정을 선정하였으며, 각 공정별 작업환경측정 결과 요약은 <표 3-27>과 같음. 전체 시료 수는 141,168개로 파악되었으며, 사업장수는 30,961곳, 노출 근로자수는 169,102명으로 추정됨. 작업환경측정 대상인 화학적 유해인자의 시료 수는 공정별 누적합계 91,325개로 확인되었음.

○ 25개 공정 중 가장 많은 사업장이 포함된 공정은 기타가공(KOSHA code 19032)으로 해당 사업장은 9,331곳이며, 노출근로자는 9,099명으로 추정됨. 화학적 인자의 시료 수는 31,866개(전체시료 49,370개의 64.5%)이었으며, 화학적 유

해인자의 종류는 209개로 추정되었음.

<표 3-27> 금속가공과 관련하여 측정 자료를 요청한 25개의 공정

공정명	공정 코드	전체 시료수	화학적 유해인자			
			사업장 수	노출 근로자 수	시료수	종류 (종)
인발	15004	788	108	711	319	29
전조	15008	438	85	476	204	9
테두리가공	16016	158	32	251	87	18
세이빙	18003	11	3	15	6	3
광택연마	18012	706	207	649	462	55
절삭	19013	708	97	772	300	22
평면연삭	19017	408	131	425	279	37
원통면연삭	19018	319	84	587	215	29
선반가공	19022	3,412	770	3,158	1,781	52
밀링	19024	2,557	685	3,854	1,645	73
세이핑	19026	7	1	10	2	1
사이드밀링	19028	74	19	59	40	15
금구가공	19029	32	13	64	20	11
기계가공	19030	21,471	3,707	*47,767	12,652	117
기계가공 & A/S	19031	5,062	848	*15,420	2,944	79
기타가공	19032	49,370	9,331	*9,099	31,866	209
기초가공	19033	11,307	1,766	*16,968	6,761	162
CNC가공	19037	15,725	3,379	27,976	9,121	78
N/C가공	19038	4,226	772	*6,919	2,211	49

공정명	공정 코드	전체 시료수	화학적 유해인자			
			사업장 수	노출 근로자 수	시료수	종류 (종)
MCT가공	19039	3,303	712	4,779	1,823	43
양면가공	19065	21	5	22	11	4
세척제거	28000	1,492	258	7,782	1,357	77
세척	28045	15,605	6,424	*13,975	13,508	152
메탄올세척	28051	153	53	249	127	12
유기용제세척	28052	3,815	1,471	*7,115	3,584	102
합계		141,168	30,961	169,102	91,325	

* 노출근로자 수 추정: 작업환경측정 DB 근로자 수에 타 공정의 평균 근로자 수를 곱한 값

나) CNC 공정 유해인자 노출 특성

○ 25개의 공정 중 CNC 공정에 대한 작업환경측정 결과 요약은 <표 3-28>과 같음. 전체 시료수는 15,725건이었으며, 이 중 소음 등 물리적 유해인자를 제외한 화학적 유해인자에 대한 시료수는 9,121건이었음. 작업환경측정대상인 유해인자의 수는 디에탄올아민 등 총 78종으로 나타남. CNC 공정에 종사하고 있는 근로자수는 총 27,976명으로 추정되며, 사업장 수는 3,379곳으로 나타남. RCR(Risk Characterization Ratio) 값으로 노출기준을 초과한 시료는 모두 금속가공유로 4개(0.044%)의 시료인 것으로 나타났으며, 시료의 대부분인 75%가 노출기준의 10% 미만으로 조사됨.

○ CNC에서 근로자가 노출되고 있는 금속가공유의 화학적 구성 성분 중 사회적으로 문제가 되었던 메탄올의 경우는 37개 사업장에서 289명이 종사하고 있는 것으로 추정됨. 또한 작업환경측정 결과 자료 중 노출기준을 초과한 시료는 없었으며, 총 시료 104개 중 54개(52%) 시료가 LOD(검출한계, limit of

detection) 이하로 나타났으며, 기준의 10% 이하가 37개(36%), 기준의 50% 이하인 시료가 13개(13%)인 것으로 나타남.

<표 3-28> CNC 공정의 유해인자 종류와 노출수준

No.	Hazard	No. of Workplace	No. of Exposed Employee	Results of Exposure Assessment									
				No. of Samples	Range	AM	SD	RCR					%(>OEL)
								≥LOD	≥10%	≥50%	≥100%	>100%	
1	디에탄올아민	55	398	188	0~0.049	0.00	0.00	186	1	1	-	-	0
2	디클로로메탄	13	57	32	0~12.76	1.14	3.10	27	2	3	-	-	0
3	1,1-디클로로010플루오로에탄	4	8	12	0	0.00	0.00	12	-	-	-	-	0
4	메틸아민	1	2	1	0	0.00	0.00	1	-	-	-	-	0
5	메탄올	37	289	104	0~116.73	34.82	19.29	54	37	13	-	-	0
6	메틸에틸케톤	4	28	17	0~0.373	0.05	0.11	15	2	-	-	-	0
7	메틸이소부틸케톤	8	37	23	0~0.339	0.07	0.11	14	9	-	-	-	0
8	메틸클로로포름	1	2	4	0	0.00	0.00	4	-	-	-	-	0
9	1-브로모프로판	2	6	6	0~2.457	0.42	1.00	5	1	-	-	-	0
10	스티렌	2	6	6	0	0.00	0.00	6	-	-	-	-	0
11	아세톤	6	33	18	0~5.514	0.52	1.36	15	3	-	-	-	0
12	에탄올아민	358	2721	1056	0~0.615	0.00	0.02	1026	23	7	-	-	0
13	에틸벤젠	7	33	19	0~0.350	0.04	0.09	17	2	-	-	-	0
14	에틸아크릴레이트	1	3	2	0	0.00	0.00	2	-	-	-	-	0

No.	Hazard	No. of Workplace	No. of Exposed Employee	Results of Exposure Assessment									
				No. of Samples	Range	AM	SD	RCR					%(>OEL)
								≥LOD	≥10%	≥50%	≥100%	>100%	
15	2-에톡시에탄올	2	1	6	0~0.390	0.07	0.16	5	1	-	-	-	0
16	2-에톡시에틸아세테이트	1	0	4	0	0.00	0.00	4	-	-	-	-	0
17	2-부톡시에탄올	12	120	45	0~0.159	0.00	0.02	44	1	-	-	-	0
18	에틸렌글리콜	23	206	90	0	0.00	0.00	90	-	-	-	-	0
19	이소부틸알콜	2	5	8	0~0.351	0.04	0.12	7	1	-	-	-	0
20	이소프로필알코올	13	183	42	0~17.480	0.57	2.73	38	4	-	-	-	0
21	초산메틸	2	50	11	0~0.378	0.06	0.14	9	2	-	-	-	0
22	초산부틸	3	50	15	0~0.0706	0.03	0.02	15	-	-	-	-	0
23	초산에틸	1	4	2	0~0.067	0.03	0.05	2	-	-	-	-	0
24	초산프로필	1	1	1	0	0.39	0.08	1	-	-	-	-	0
25	초산이소부틸	1	4	2	0	0.00	0.00	2	-	-	-	-	0
26	크실렌(오르토,메타,파라이성체)	8	83	31	0~0.577	0.06	0.13	26	5	-	-	-	0
27	톨루엔	15	119	47	0~2.330	0.28	0.55	27	20	-	-	-	0
28	트리에틸아민	3	44	10	0	0.00	0.00	10	-	-	-	-	0

No.	Hazard	No. of Workplace	No. of Exposed Employee	Results of Exposure Assessment									
				No. of Samples	Range	AM	SD	RCR					%(>OEL)
								≥LOD	≥10%	≥50%	≥100%	>100%	
29	트리클로로메탄	1	3	2	0	0.00	0.00	2	-	-	-	-	0
30	트리클로로에틸렌	15	74	46	0~34.91	2.48	6.28	24	16	5	1	-	0
31	스토다드솔벤트	13	164	80	0~18.09	3.62	5.39	33	39	8	-	-	0
32	n-헥산	8	158	36	0~20.94	2.00	3.92	18	13	5	-	-	0
33	헵탄	5	53	14	0~1.055	0.14	0.36	12	2	-	-	-	0
34	구리(흙)	28	69	61	0~0.037	0.01	0.00	30	29	2	-	-	0
35	구리(분진 및 미스트)	22	168	65	0~0.743	0.11	0.18	23	18	20	4	-	0
36	납 및 그 무기화합물	5	22	12	0~0.002	0.00	0.00	7	5	-	-	-	0
37	니켈(금속)	4	8	7	0	0.00	0.00	7	-	-	-	-	0
38	니켈(가용성무기화합물)	1	0	1	0	0.00	0.00	1	-	-	-	-	0
39	니켈(불용성무기화합물)	1	0	2	0~0.0004	0.00	0.00	2	-	-	-	-	0
40	망간 및 그 무기화합물	155	88	246	0~0.266	0.00	0.02	171	73	2	-	-	0
41	바륨및그가용성화합물	1	14	5	0.0001~0.0002	0.00	0.00	-	5	-	-	-	0
42	산화마그네	1	5	2	0.0114~0.0	0.01	0.00	-	2	-	-	-	0

No.	Hazard	No. of Workplace	No. of Exposed Employee	Results of Exposure Assessment									
				No. of Samples	Range	AM	SD	RCR					%(>OEL)
								≥LOD	≥10%	≥50%	≥100%	>100%	
	습				159								
43	산화아연(흙)	4	47	44	0~0.298	0.01	0.05	37	7	-	-	-	0
44	알루미늄 및 그화합물(금속분진)	21	180	55	0~0.99	0.17	0.25	24	30	1	-	-	0
45	알루미늄 및 그화합물(흙)	1	2	4	0	0.00	0.00	4	-	-	-	-	0
46	이산화티타늄	7	20	17	0~0.0026	0.00	0.00	17	-	-	-	-	0
47	주석(금속)	3	7	5	0~0.0024	0.00	0.00	4	1	-	-	-	0
48	산화철분진과 흙	220	334	404	0~2.632	0.17	0.38	183	170	50	1	-	0
49	코발트 및 그 무기화합물	2	12	3	0~0.0014	0.00	0.00	2	1	-	-	-	0
50	크롬과 그 무기화합물(금속과 크롬 3가화합물)	38	39	78	0~0.0018	0.00	0.00	66	12	-	-	-	0
51	텅스텐(금속과 불용성 화합물)	3	17	7	0~0.0125	0.00	0.00	7	-	-	-	-	0
52	수산화나트륨	1	1	2	0.014~0.058	0.04	0.03	-	2	-	-	-	0
53	수산화	10	174	62	0~0.1463	0.03	0.04	6	56	-	-	-	0

No.	Hazard	No. of Workplace	No. of Exposed Employee	Results of Exposure Assessment									
				No. of Samples	Range	AM	SD	RCR					%(>OEL)
								≥LOD	≥10%	≥50%	≥100%	>100%	
	칼륨												
54	염화수소	1	2	4	0~0.0004	0.00	0.00	4	-	-	-	-	0
55	인산	3	3	5	0	0.00	0.00	5	-	-	-	-	0
56	질산	3	1	7	0~0.0062	0.00	0.00	6	1	-	-	-	0
57	금속가공유	1,857	20,481	5344	0~1.4305	0.13	0.10	716	1,749	2714	161	4	0.076
58	금속가공유 (공단 코드 상이)	38	190	76	0~0.5344	0.16	0.10	-	14	56	6	-	0
59	기타 광물성분진	35	158	72	0~3.8376	0.30	0.54	7	63	2	-	-	0
60	유리규산(Si O ₂)30% 미만의 광물성분진	2	5	3	0.376~0.47 5	0.43	0.05	-	3	-	-	-	0
61	기타분진 (유리규산1 % 이하)	7	48	20	0~1.1699	0.33	0.14	2	17	1	-	-	0
62	목재분진(적삼목외 기타 모든 종, 흡입성)	21	67	42	0~0.9495	0.38	0.24	2	4	25	11	-	0
63	용접 흄 및 분진	162	349	282	0~3.66	0.33	0.36	16	207	58	1	-	0
64	유리섬유	4	58	10	0.381~3.40	1.20	1.07	-	1	7	2	-	0

No.	Hazard	No. of Workplace	No. of Exposed Employee	Results of Exposure Assessment									
				No. of Samples	Range	AM	SD	RCR					%(>OEL)
								≥LOD	≥10%	≥50%	≥100%	>100%	
					1								
65	기타분진	2	15	6	0~1.070	0.38	0.50	2	3	1	-	-	0
66	메탄올*	2	10	6	0~25.902	6.86	11.15	4	1	1	-	-	0
67	석고	3	17	6	0.23 ~ 1.363	0.62	0.49	-	4	2	-	-	0
68	알파-알루미나(산화알루미늄)	1	6	2	0.013~0.125	0.07	0.08	-	2	-	-	-	0
69	초산에틸	1	3	6	0~0.314	0.14	0.15	6	-	-	-	-	0
70	미네랄 오일미스트(광물성)	2	2	4	0~0.12	0.06	0.06	1	3	-	-	-	0
71	카본블랙	2	9	3	0.314~0.463	0.00	0.00	-	1	2	-	-	0
72	펜탄	1	3	1	0.22856	0.23	0.00	1	-	-	-	-	0
73	활석(석면 불포함)	3	3	8	0.011~0.903	0.28	0.28	-	4	4	-	-	0
74	흑연(천연 및 합성 Graphite 섬유제외)	2	3	3	0.066~0.252	0.19	0.11	-	1	2	-	-	0
75	흑연(천연 및합성, 섬유제외)	5	12	10	0.016 ~ 0.354	0.10	0.06	-	8	2	-	-	0
76	흑연(합성	6	21	12	0.045~0.91	0.29	0.29	-	7	5	-	-	0

No.	Hazard	No. of Workplace	No. of Exposed Employee	Results of Exposure Assessment									
				No. of Samples	Range	AM	SD	RCR					%(>OEL)
								≥LOD	≥10%	≥50%	≥100%	>100%	
	호흡성)				4								
77	혼합유기화합물(EM)	40	358	127	0 ~ 0.4188	0.01	0.03	81	37	9	-	-	0
	합계 (%)	3,379	27,976	9,121				3,197 (35.0)	2,725 (29.9)	3,008 (33.0)	187 (2.1)	4 (0.044)	9,121 (100)

* DB 중 화학물질의 명칭과 코드가 다르게 표기되어 있었으며, 자료 입력 시 오류로 판단됨.

다) CNC 공정 메탄올 취급 사업장 현황

○ CNC 공정 중 메탄올을 취급하여 2014년에 작업환경측정을 수행한 사업장의 특성을 <표 3-29>에 표시함. 메탄올을 취급하는 사업장의 수는 36곳이었으며, 노출되고 있는 근로자 수는 298명, 총 시료 수는 104개임. 메탄올에 가장 높은 노출수준을 보인 곳은 경기도에 위치한 사업장이며 9명의 근로자가 노출되고 있는 사업장으로 평균치가 91.47 ppm이었으며, 최대값은 116.74ppm으로 노출기준(200 ppm)의 50%를 초과한 것으로 나타남.

<표 3-29> CNC 공정 중 메탄올을 취급하는 사업장의 노출 특성

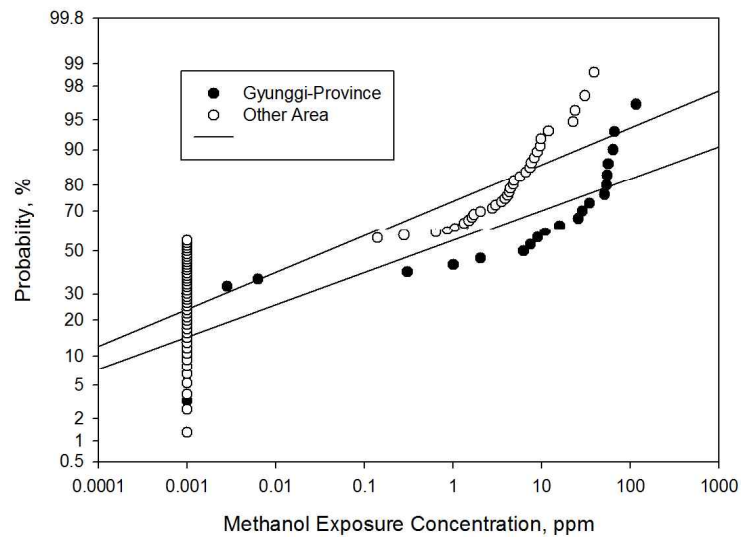
사업장명	지역	근로자수 (명)	시료수 (개)	평균 (ppm)	최소 (ppm)	최대 (ppm)
(주)그랜****	서울	20	4	9.64	0.00	30.90
(주)대원****	서울	2	4	2.10	0.00	4.88
(주)비투**	서울	10	5	6.23	0.00	8.94
(주)크라**	서울	22	5	1.28	0.00	4.33
DI***	서울	4	2	8.35	4.79	11.92
라운***	서울	4	2	2.88	1.33	4.43
모델**	서울	9	8	0.86	0.00	3.87
엠엔****	서울	11	3	0.00	0.00	0.00
엠포****	서울	3	2	16.13	9.77	22.50
우*	서울	5	2	0.00	0.00	0.00
일진**	서울	21	5	9.22	2.79	23.85
진성*****	서울	3	2	0.00	0.00	0.00
필디**	서울	3	2	0.00	0.00	0.00
대한**	부산	1	1	38.90		
쌍용*****	대구	1	2	0.00	0.00	0.00
(주)에스****	대전	6	2	0.00	0.00	0.00
두모****	대전	14	4	0.00	0.00	0.00
(주)정민****	울산	2	2	0.00	0.00	0.00
(주)성창**	경기	9	2	91.47	66.19	116.74

사업장명	지역	근로자수 (명)	시료수 (개)	평균 (ppm)	최소 (ppm)	최대 (ppm)
(주)에이****	경기	10	2	52.93	51.01	54.86
(주)엠이****	경기	4	4	24.30	1.01	56.43
(주)테라**	경기	17	4	0.98	0.14	1.64
나린**	경기	2	4	7.02	0.00	26.05
성보****	경기	3	1	9.00		
아이**	경기	15	5	0.00	0.00	0.00
예술**	경기	3	1	63.82		
주식회사에이**	경기	14	6	19.81	0.30	54.23
체인*	경기	2	2	0.00	0.00	0.01
태백****	경기	4	2	0.00	0.00	0.00
(주)선우**	경북	32	1	0.00		
(주)티엠**	경북	13	4	0.61	0.00	1.30
정현**	경북	4	2	1.39	1.04	1.73
O*	충남	10	2	0.00	0.00	0.00
(주)삼기****	충남	8	2	0.00	0.00	0.00
(주)코엠**	충북	6	2	0.00	0.00	0.00
홍성**	충북	1	1	0.00		
Total		298	104	10.19	0	116.74

○ CNC 공정 중 메탄올 취급사업장의 지역별 특성은 <표 3-30>과 같음. 사업장 분포를 보면 서울과 경기권이 24곳으로 전체 사업장 중 66.7%를 차지하고 있었으며, 근로자 수도 서울, 경기 순으로 분포하고 있었음. 사업장별 메탄올 측정치의 평균값을 지역별로 비교하면 부산 38.9 ppm, 경기 24.49 ppm, 서울 4.36 ppm, 경북 0.67 ppm 순으로 분포하였으나 부산의 경우는 한 개 사업장에서 측정한 한 개의 시료에 대한 자료이기 때문에 지역별 특성을 파악할 때 부산지역을 대표한다고는 볼 수 없음. 단, <그림 3-1>에서 보는 바와 같이 경기도의 경우는 최대값이 측정된 사업장이 있을 뿐만 아니라 다른 지역보다 메탄올 노출 평균 농도도 통계적으로 유의하게 높은 값을 보였음($p=0.00019$).

<표 3-30> CNC 공정 중 메탄올 취급사업장의 지역별 특성

지역	사업장수(개)	근로자수(명)	시료수(개)	평균(ppm)
서울	13	117	46	4.36
경기	11	83	33	24.49
경북	3	49	7	0.67
대전	2	20	6	0.00
대구	1	1	2	0.00
충남	2	18	4	0.00
충북	2	7	3	0.00
부산	1	1	1	38.90
울산	1	2	2	0.00
합계	36	298	104	

[그림 3-1] 경기도와 그 외 지역의 메탄올 노출농도의
누적확률분포도

(2) 금속가공 공정에서 사용될 것으로 추정되는 화학물질

○ 작업환경 측정 자료 DB에서 확인된 78종의 화학물질은 실제로 CNC 공정에 사용하는 금속가공유 성분도 있는 반면, 측정이 근로자 중심으로 이루어지고 있으므로 금속가공 공정 외에 세척 등 인근 공정에서 사용하는 화학물질도 측정될 수 있음. 따라서 기존의 금속가공유 관련 연구 문헌, 제조업체 및 해외 자료 등을 통해서 실제로 금속가공 공정에 금속가공유의 구성성분으로 사용될 수 있는 화학물질은 <표 3-31>와 같이 디에탄올아민, 디클로로메탄, 1,1-디클로로-1-플루오로에탄, 메틸클로로포름, 1-브로모프로판, 에탄올아민, 2-부톡시에탄올, 에틸렌글리콜, 트리클로로에틸렌, 스토타드솔벤트 등 총 10종으로 파악됨.

○ 이 중 금속가공유에서 pH 유지제(pH 향상제) 역할을 하는 것으로 알려진 디에탄올아민(CAS No. 111-42-2, ACGIH A3, 간과 신장독성)과 에탄올아민(CAS No. 141-43-5, ACGIH 눈과 피부 염증)은 금속노조에서 금지물질로 제안하고 있는 화학물질임. 디에탄올아민을 취급하는 사업장은 55곳이며, 398명의 근로자가 노출되는 것으로 추정됨. <표 3-28>의 작업환경측정 결과 자료 중 노출기준을 초과한 시료는 없었으며, 총 시료 188개 중 186개(91%) 시료가 LOD 이하로 나타났으며 노출기준의 10% 이하와 기준의 50% 이하인 시료가 각각 1개인 것으로 파악되었음. 에탄올아민은 358개의 사업장에서 2,721명이 노출되고 있으며, 총 시료 1,056개 중 1,026개(97.2%)가 LOD 이하였으며, 노출기준의 10% 이하가 23개(2.2%), 50% 이하가 7개(0.7%)로 나타났음.

<표 3-31> CNC 공정의 금속가공유 구성분

CAS No.	Hazard	MWF 성분 가능성	MWF 출처				구분
			제조업체	제품DB	금속노조	독일VKIS-VSI-IGM	
111-42-2	디에탄올아민	○	제조업체	제품DB	금속노조	VKIS-VSI-IGM_Pro	pH 유지제

100...금속가공 기술변화에 따른 유해물질 사용에 관한 실태조사 및 유해성 분류

				금지물질	hibited substances*	(pH 향상제)
75-09-2	디클로로메탄	○	제품DB			태핑오일
1717-00-6	1,1-디클로로-1-플루오로에탄	○	제품DB			태핑오일
71-55-6	메틸클로로포름	○	제품DB			태핑오일
106-94-5	1-브로모프로판	○	제품DB			태핑오일
141-43-5	에탄올아민	○	제조업체	제품DB	금속노조 금지물질	VKIS-VSI-IGM_Substances with limit values** pH 유지제 (pH 향상제)
111-76-2	2-부톡시에탄올	○	제조업체	제품DB		VKIS-VSI-IGM_Substances with limit values** 커플링제
107-21-1	에틸렌글리콜	○	제품DB			
78-83-1	이소부틸알콜					커플링제
67-63-0	이소프로필알코올					커플링제
79-01-6	트리클로로에틸렌	○	제품DB			태핑오일
8052-41-3	스토다드 솔벤트	○	제조업체			기유 (베이스오일)

* VKIS-VSI-IGM_Prohibited substances (MWF acc. to DIN 51393 for Metal working fluids)

“” VKIS-VSI-IGM_Substances with limit values / concentration limits(MWF acc. to DIN 51385 for Metal working fluids)

3) 특수건강검진결과 자료 활용

(1) 업종별 금속가공유 특검 수검자

○ 금속가공유에 대해 특수건강진단을 받은 근로자 수(a)에 따른 상위 30개 세분류 업종, 사용사업장 근로자수(b), 사업장내 노출비율(a/b %), 전체 특검 근로자수(c), 특검 내 노출비율(a/c %)은 다음 <표 3-32>와 같음.

○ 자동차 부품 제조업에서 금속가공유 특검 수검 근로자가 가장 많았으며, 사업장내 노출비율(a/b %)도 높았음. 그 외의 금속 가공 관련 업종들이 상위를

차지함. 인력공급업의 경우에서도 수검자가 많았는데, 이는 금속가공유 노출 사업장으로 인력을 파견하는 경우에 해당하는 것으로 보임.

<표 3-32> 세세분류 업종별 금속가공유 노출 근로자 수 및 노출 비율

코드	업종명	금속가공유(a)	사용사업장(b)	a/b (%)	특검전체(c)	a/c (%)
30399	그외 기타 자동차 부품 제조업	6,410	85,332	7.51	200,931	3.19
33999	그외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	1,270	14,883	8.53	79,918	1.59
29199	그외 기타 일반목적용 기계 제조업	1,174	11,887	9.88	25,886	4.54
30121	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	1,101	65,838	1.67	86,592	1.27
29294	주형 및 금형 제조업	1,079	12,473	8.65	21,438	5.03
26299	그외 기타 전자부품 제조업	827	60,937	1.36	221,832	0.37
31114	선박 구성부분품 제조업	626	8,190	7.64	130,773	0.48
29229	기타 가공공작기계 제조업	607	7,298	8.32	11,046	5.50
30320	자동차 차체용 부품 제조업	571	9,888	5.77	32,915	1.73
29141	볼베어링 및 롤러베어링 제조업	498	3,018	16.5	4,737	10.5
29133	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	455	6,413	7.09	10,248	4.44
25999	그외 기타 분류안된 금속가공제품 제조업	439	5,872	7.48	21,328	2.06
29299	그외 기타 특수목적용 기계 제조업	428	8,336	5.13	17,726	2.41
25941	금속파스너 및 나사제품 제조업	350	4,286	8.17	5,145	6.80
30310	자동차 엔진용 부품 제조업	341	4,977	6.85	15,213	2.24
25929	그외 기타 금속가공업	325	3,952	8.22	9,992	3.25
24121	열간 압연 및 압출 제품 제조업	322	6,299	5.11	16,997	1.89
31111	강선 건조업	304	40,912	0.74	76,223	0.40
31322	항공기용 부품 제조업	302	3,362	8.98	8,814	3.43
29271	반도체 제조용 기계 제조업	294	4,133	7.11	31,905	0.92
29142	기어 및 동력전달장치 제조업	288	2,177	13.2	2,812	10.2

코드	업종명	금속가공 유(a)	사용사업장(b)	a/b (%)	특검전체(c)	a/c (%)
24222	알루미늄 압연, 압출 및 연신제품 제조업	252	2,915	8.64	5,185	4.86
28909	그외 기타 전기장비 제조업	250	4,850	5.15	16,165	1.55
29120	유압기기 제조업	236	2,098	11.3	3,112	7.58
24132	강관 제조업	224	2,701	8.29	5,731	3.91
25119	기타 구조용 금속제품 제조업	224	3,825	5.86	14,144	1.58
29210	농업 및 임업용 기계 제조업	224	3,139	7.14	4,626	4.84
96999	그외 기타 달리 분류되지 않은 개인 서비스업	209	2,131	9.81	45,030	0.46
74100	사업시설 유지관리 서비스업	207	1,636	12.7	32,248	0.64
25113	금속 조립구조재 제조업	206	2,348	8.77	8,857	2.33
75120	인력공급업	202	4,307	4.69	203,940	0.10

(2) 업종별 메탄올 특검 수검자

○ 메탄올에 대해 특수건강진단을 받은 근로자 수(a)에 따른 상위 30개 세세분류 업종, 사용사업장 근로자수(b), 사업장내 노출비율(a/b (%)), 전체 특검 근로자수(c), 특검 내 노출비율(a/c (%))은 다음 <표 3-33>과 같음.

○ 반도체소자 제조업에서 메탄올 특검 수검자가 가장 많음. 그 외 전자, 화학 산업, 부품 제조 등에 메탄올 수검 근로자가 분포해 있음. 종합병원에서 특검이 있는 경우는 진단검사의학, 병리과, 외과 등에서 세포 고정 등의 목적으로 메탄올을 사용하는 경우임. 인력공급업의 경우에서도 수검자가 많았는데, 이는 메탄올 노출 사업장으로 인력을 파견하는 경우에 해당하는 것으로 보임.

<표 3-33> 세세분류 업종별 메탄올 노출 근로자 수 및 노출 비율

코드	업종명	메탄올(a)	사용사업장(b)	a/b (%)	특검전체(c)	a/c (%)
26120	다이오드, 트랜지스터 및 유사 반도체소자 제조업	3,165	83,578	3.79	93,630	3.38
26299	그외 기타 전자부품 제조업	2,619	216,386	1.21	221,832	1.18
31114	선박 구성부분품 제조업	2,141	25,656	8.35	130,773	1.64
26329	기타 주변기기 제조업	1,366	14,178	9.63	11,683	11.7
20302	합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조업	1,326	20,665	6.42	30,814	4.30
20499	그외 기타 분류안된 화학제품 제조업	1,052	15,653	6.72	31,465	3.34
33999	그외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	918	18,515	4.96	79,918	1.15
30399	그외 기타 자동차 부품 제조업	915	66,149	1.38	200,931	0.46
26221	인쇄회로기판 제조업	905	11,958	7.57	18,287	4.95
86101	종합 병원	813	82,833	0.98	185,589	0.44
20111	석유화학계 기초화학물질 제조업	804	11,448	7.02	11,754	6.84
21210	완제 의약품 제조업	771	20,767	3.71	14,559	5.30
29271	반도체 제조용 기계 제조업	738	8,132	9.08	31,905	2.31
20119	기타 기초유기화학물질 제조업	733	8,159	8.98	13,453	5.45
31111	강선 건조업	576	49,174	1.17	76,223	0.76
20421	일반용 도료 및 관련제품 제조업	565	6,103	9.26	9,223	6.13
75120	인력공급업	490	14,958	3.28	203,940	0.24
41225	산업플랜트 건설업	471	7,782	6.05	18,877	2.50
30121	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	420	61,855	0.68	86,592	0.49
21101	의약품 화합물 및 향생물질 제조업	395	5,300	7.45	4,117	9.59
73909	그외 기타 분류안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	391	8,895	4.40	24,748	1.58
21300	의료용품 및 기타 의약품관련제품 제조업	314	6,383	4.92	7,076	4.44
29299	그외 기타 특수목적용 기계 제조업	300	6,424	4.67	17,726	1.69
70129	기타 공학 연구개발업	298	19,318	1.54	18,217	1.64

코드	업종명	메탄 올(a)	사용사 업장(b)	a/b (%)	특검전 체(c)	a/c (%)
22212	플라스틱 필름, 시트 및 판 제조업	279	3,789	7.36	7,893	3.53
42209	기타 건물설비 설치 공사업	264	19,907	1.33	37,274	0.71
96999	그외 기타 달리 분류되지 않은 개인 서비스업	238	6,432	3.70	45,030	0.53
28909	그외 기타 전기장비 제조업	236	10,988	2.15	16,165	1.46
70111	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	226	8,302	2.72	5,312	4.25
24312	강주물 주조업	219	3,203	6.84	5,497	3.98

4) 종합 및 제한점

○ 본 연구에서 세 가지 국가 자료(작업환경실태조사, 작업환경측정결과, 특수건강검진결과)를 활용해서 금속가공 화학물질과 이들을 사용하는 사업장 수 그리고 이들에 노출되는 근로자 수를 추정하였음. 주요 결론과 활용하는데 주의해야 할 사항을 아래와 같이 정리하였음.

(1) 소결론

○ 금속가공 공정에서 사용되는 화학물질을 추정하고 이들을 사용하는 사업장 수, 노출되는 근로자 수 그리고 특수건강검진 근로자 수를 다양한 방법으로 추정하여 노출 및 건강영향 감시 자료를 확보하였음. 주요 결론은

첫째, 작업환경실태조사를 활용하여 금속가공에 사용되는 화학물질은 금속가공유(MWF), 메탄올, 에탄올로 추정하였음. 이 화학물질 중 금속가공유(MWF)는 문헌에서 이미 알려졌고 메탄올과 에탄올은 문헌에서는 보고된 바 없으나 최근 발생한 메탄올 중독사건으로 전자업종에서 사용되는 것으로 파악되었음. 이외 금속가공에 사용될 것으로 의심되는 화학물질은 없는 것으로 조사됨. 두 가지 한계점을 갖고 있었음.

- 금속가공 공정에서 화학물질을 사용하는 사업장 수, 노출되는 근로자 수 등은 조사 시기에 따라 많은 차이를 보였음. 조사자의 조사 역량, 조사 방법 등의 차이가 큰 원인으로 의심됨.

- 금속가공 공정의 하나인 CNC 공정은 작업환경실태조사 공정 항목에 들어있지 않아 메탄올 중독이 일어난 CNC 공정 현황을 직접적으로 파악할 수 없었음.

둘째, 작업환경측정결과를 활용하여 25개 금속가공 공정에서 사용하는 금속가

공유(MWF), 메탄올 등 78종의 화학적인자의 노출현황을 정리할 수 있었음. 모두 노출기준 이하로 측정되었음. CNC 공정에서 메탄올을 사용하는 사업장은 총 37개소로 파악되었음. 구체적인 자료는 작업환경실태조사에서 얻을 수 없는 귀중한 정보임. 과거 메탄올 노출특성과 노출된 근로자에 대한 노출 및 건강영향 감시 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단됨.

셋째, 특수건강검진자료를 활용하여 금속가공유(MWF, 오일미스트)와 메탄올에 노출된 근로자 수를 업종별로 정리했음. 그러나 공정 정보가 없어 금속가공 공정이나 CNC 공정에 노출된 근로자들에 대한 특검정보, 건강영향 등을 파악할 수 없었음.

(2) 제한점

○ 본 연구에서 세 가지 국가 자료(작업환경실태조사, 작업환경측정결과, 특수건강검진결과)를 활용해서 다양한 금속가공 공정의 금속가공유 사용 및 노출특성을 추정하였음. 본 연구결과를 활용하거나 해석할 때 아래와 같은 제한점을 고려해야 함.

첫째, 조사정보 중 산업, 공정, 화학물질 등에 대한 표준이 없어 조사기관, 조사자, 시기 등에 따라 차이가 클 것으로 판단됨. 표준정보에 대한 정의와 조사지침이 없어 이러한 차이를 초래할 수 있을 것으로 보임. 산업인 경우에도 표준산업이 있지만 이를 지키지 않음. 또한 조사 자료를 전문가가 클리닝하고 가공하는 과정이 없어 정확성이 의심되는 정보나 자료도 포함된 것으로 보임.

둘째, 작업환경실태조사에서 금속 가공 용도와 공정에 대한 정보가 일반적이어서 본 연구에서 의미한 금속가공 공정에 한정하지 못한 한계가 있음. 특히 금속가공 공정 중의 하나인 CNC 공정은 조사되지 않아 이 공정에서 사용하는

금속 가공 화학물질을 구별해내지 못했음. 즉 메탄올을 취급하는 CNC 공정의 사업장 수와 근로자 수도 추정할 수 없었음.

셋째, 작업환경측정 결과 자료를 활용하여 노출근로자나 건강유해인자를 확인하는 연구를 할 때의 제한점으로는 그 동안 노출기준 추정 연구 등 많은 연구에서 지적되었던 바와 같이 DB 자료의 신뢰도와 함께 해당 연도에 작업환경 측정을 하지 않은 사업장은 전체 통계에서 제외될 수 있다는 점임. 자료의 낮은 신뢰도의 원인은 DB에서 발견되는 많은 빈칸들, 검출한계의 불명확, 유해인자 및 공정 등에 대한 코드 오류, 근로자 수의 중복 산정, 단위의 불명확 등이 제시되고 있음.

넷째, 본 연구에서 금속가공에 사용되는 화학물질은 문헌(metalworking fluids, MWF)이나 독성사례에서 알려진(메탄올) 외에 다른 화학물질은 없는 것으로 판단되나 금속가공기술의 변화(5장 참조) 등에 따라 새로운 냉각 또는 윤활용의 화학물질이 등장할 수 있음. 공정변화와는 상관없이 금속가공 공정의 노출 특성을 관리하면 건강영향은 예방할 수 있음. 예를 들면 사용하는 화학물질의 공기 중 발생과 근로자 노출 위험을 높이는 공정인 CNC, 연마, 연삭 등에 대한 관리가 필요함. 이들 공정들은 금속을 가공하기 위해 공구를 회전시키기 때문에 화학물질의 노출이 클 수 있음. 금속가공 공정에서 사용되는 화학물질 성분과 상관없이 공정 중심의 대책이 필요함.

2. CNC 공정 화학물질 사용 및 노출특성 조사

○ CNC 공정에서 사용되고 있는 금속가공유 화학물질의 종류와 사용 방식, 밀폐 및 환기 상태 등을 조사하고 평가하였음. 19개 사업장에 대한 내용을 <표 3-34>에 요약하였으며, 사업장별 장비 및 작업관련 모습을 그림으로 제시하였음.

○ 조사 사업장은 경기 부천(7), 경기 안성(1), 경기 평택(2), 인천(4), 경북 경주(1), 경북 구미(4) 등 총 19개 사업장이며, 업종별로는 금형제조업(2), 기계부품제조업(2), 기타 금속가공업(1), 방송장비 제조업(1), 보일러부품 제조업(1), 자동차부품 제조업(1), 전자부품제조업(7), 주형 및 금속제조업(1), 컴퓨터 제조업(1), 통신가전관련 가공품 제조업(1), 특장차부품 제조업(1)이었음.

○ 사용하고 있는 금속가공유는 비수용성 금속가공유 2곳, 수용성 금속가공유 12곳, 계면활성제 1곳, 그리고 4곳은 에탄올 혹은 에탄올과 물을 섞어 사용하고 있었음.

○ 비수용성 금속가공유와 수용성 금속가공유를 사용하는 사업장은 가공유 저장탱크를 활용하여 재순환 방식으로 운영되고 있는 반면에 에탄올 혹은 에탄올과 물을 섞어 사용하는 경우 재순환이 아닌 일회용(single use) 방식을 사용하고 있고 이 경우 주로 에어건을 이용하여 가공제품을 건조하고 있음.

○ 조사 대상 사업장 중 기계부품 제조업 2곳(사업장 No. 1, 2)과 전자부품 제조업 5곳(사업장 No. 4-7, 18)에서는 메탄올을 사용해 왔던 사업장이었으며, 최근 수용성 금속가공유나 에탄올, 혹은 계면활성제로 대체 하였고, 기계부품 제조업 한 곳(사업장 No. 1)에서는 금형에 적합한 글씨제거나 세척용으로 부분적으

로 아직도 메탄올을 사용하고 있었음.

○ 환기시스템을 조사한 결과 19개 사업장 중 4개 사업장은 환기시스템이 없었고, 국소배기시스템을 갖춘 곳은 7곳 밖에 없었음.

○ 제품 가공 후 세척은 메탄올과 에탄올을 이용하는 곳이 각 한 곳씩이었고, 물 혹은 초음파 세척이 한 곳, 석유 세척과 초음파 세척을 병행하는 곳이 한 곳이었고, 사업장 한 곳(사업장 No. 8)은 하청업체를 통해 후 가공으로 도금 전에 TCE 세척을 하고, 또 한 곳(사업장 No. 11)도 외주로 TCE 세척을 하는 것으로 조사되었음.

○ 가공 제품의 건조 방법으로 에어건을 이용하는 곳이 11곳으로 조사되었고 나머지는 자연건조하고 있음.

○ 이상의 조사결과를 요약해 볼 때, 전자부품의 경우 경량화된 알루미늄을 가공하는 경우가 많고, 이러한 경량화 재질을 가공할 경우 메탄올이나 에탄올 같은 알콜류를 일회용으로 사용해 오고 있는 것으로 조사되었음.

○ 본 연구결과는 CNC 공정 휴대폰 가공 메탄올 중독 사례공정을 잘 반영하고 있음.

<표 3-34> CNC 가공 공정 화학물질 사용 및 노출 특성 요약

사업장 No	업종	지역	가공 제품	가공 금속	제품 성분	피 가공 공구 금속 성분	가공 시간	가공시 사용 화학물질	제품 건조 방법	제품 세척 방법	환기 설비	비고
1	기계부품 제조	경북 경주	산업 기계		철		480분	수용성 금속 가공유	에어건 사용	금형에 적힌 글씨 제거나 세척용으로 메탄올 일부사용	없음	
2	기계부품 제조	경북 구미	반도체 금형		철	철	480분	수용성 금속 가공유	에어건 사용	없음	전체환기	메탄올에서 물질대체
3	보일러 부품 제조	경기 평택	보일러 부품	비철 금속		초경	22시간 (자동 가공)	비수용성 금속 가공유	자연건조	석유세척 및 초음파 세척	전체환기	
4	전자부품 제조	경북 구미	전자 부품	알루 미늄		철	600분	수용성 금속 가공유	에어건 사용	에탄올 세척	국소배기	메탄올에서 물질대체
5	전자부품 제조	경북 구미	브라켓	알루 미늄		철	600분	수용성 금속 가공유	에어건 사용	없음	없음	메탄올에서 물질 대체
6	전자부품 제조	경북 구미	핸드폰 커버	알루 미늄		철	600분	에탄올	에어건 사용	없음	전체환기	메탄올에서 물질 대체
7	전자부품 제조	경기 부천	핸드폰 부품	알루 미늄		천연 다이아	1-10분 /제품	물, 에탄올	에어건 사용	없음(중간 아노다이징 공정시 물 세척)	국소배기, 전체환기	메탄올에서 물질 대체
8	통신, 가전관련 가공품	경기 안성	통신, 가전관련 부품	금속, 비금속		초경	24 시간 (자동)	비수용성 금속 가공유	자연건조	물 세척 및 초음파 세척	전체환기	후공정: 도금 외주(세척제: TCE)

사업장 No	업종	지역	가공 제품	가공 금속	제품 성분	피 가공 공구 금속 성분	가공 시간	가공시 사용 화학물질	제품 건조 방법	제품 세척 방법	환기 설비	비고
	제조		형상가공				가공)					
9	특장차 부품 제조	인천	베어링, 나사	철	초경	20분/ 제품	수용성 금속 가공유	자연건조	보루로 닦음	없음		
10	전자부품 제조	경기 부천	핸드폰 key	알루 미늄	초경	2분/개	에탄올 (95%)	에어건 사용	없음		국소배기, 전체환기	
11	자동차 부품 제조	경기 부천	자동차 통신기기 부품	철/비철	초경	8-10시 간/일	수용성금 속가공유	없음	TCE세척(외주)		전체환기	
12	주형 및 금속제조	인천	금형 (반도체)	철	초경	8시간/ 일	수용성금 속가공유	자연건조	없음		국소배기, 전체환기	
13	금형 제조	경기 부천	프레스 금형	철	초경	5분/개	수용성금 속가공유	자연건조, 에어건 분사	천으로 닦음		국소배기	
14	컴퓨터 제조	경기 부천	발전소부 품	알루 미늄	인조다 이아몬 드	9시간/ 일	수용성금 속가공유	자연건조	탈지신너		전체환기	
15	금형 제조	인천	프레스 금형	특수강	초경	30분-1 시간/ 개	수용성금 속가공유	에어건 사용	천으로 닦음		없음	

사업장 No	업종	지역	가공 제품	가공 금속 제품 성분	피 가공 공구 금속 성분	가공 시간	가공시 사용 화학물질	제품 건조 방법	제품 세척 방법	환기 설비	비고
16	기타 금속가공	경기 부천	핸드폰 홈키	알루 미늄	PCD	8시간/ 일	에탄올	에어건 사용	없음	국소배기, 전체환기	
17	방송장비 제조	경기 부천	금속가공 기기 및 부품	알루 미늄	초경	10-20 분/개	수용성금 속가공유	에어건 사용	없음	국소배기, 전체환기	
18	전자부품 제조	인천	모바일 부품	알루 미늄	인조다 이아몬 드		계면활성 제	자연건조	없음	국소배기, 전체환기	메탄올에서 물질대체
19	전자부품 제조	경기 평택	냉동기 관련 부품	탄소강	초경		수용성금 속가공유	자연건조	신너세척	전체환기	



[그림 3-2] 산업기계부품 가공(사업장 No.1) 기계



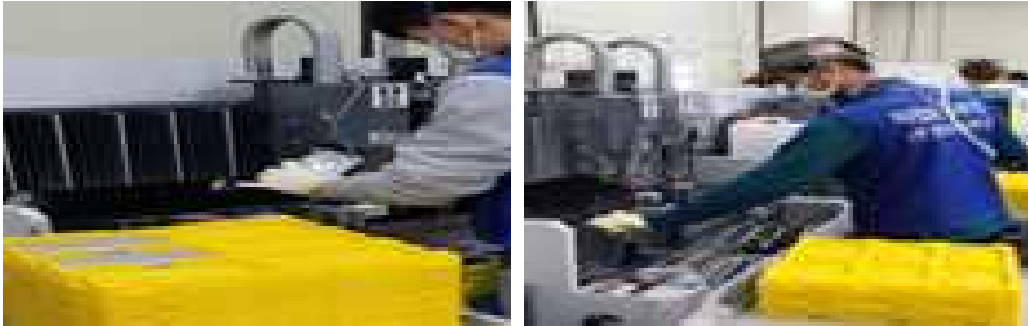
[그림 3-3] 반도체금형(사업장 No.2) 가공 기계



[그림 3-4] 보일러부품(사업장 No.3) 가공 기계-1



[그림 3-5] 보일러부품(사업장 No.3) 가공 기계-2



[그림 3-6] 핸드폰커버(사업장 No.6) 가공 모습



[그림 3-7] 특장차 부품(사업장 No.9) 가공 기계-1



[그림 3-8] 특장차 부품(사업장 No.9) 가공 기계-2



[그림 3-9] 전자부품(사업장 No.10) 가공 기계



[그림 3-10] 자동차부품 제조(사업장 No.11) 가공 기계



[그림 3-11] 반도체 금형(사업장 No.12) 가공 기계



[그림 3-12] 프레스 금형(사업장 No.13) 가공 기계-1



[그림 3-13] 프레스 금형(사업장 No.13) 가공 기계-2



[그림 3-14] 발전소 부품(사업장 No.14) 가공 기계



[그림 3-15] 프레스 금형(사업장 No.15) 가공 기계-1



[그림 3-16] 프레스 금형(사업장 No.15) 가공 기계-2



[그림 3-17] 핸드폰 홈키(사업장 No.16) 가공 기계-1



[그림 3-18] 금속가공(사업장 No.17) 부품 가공기계



[그림 3-19] 모바일 부품(사업장 No.18) 가공 기계

3. 금속가공 공정에서 사용되는 화학물질별 유해성 고찰

1) 금속가공유(MWF)

○ 금속가공유의 유해성은 오래 전부터 알려져 왔음. 특히 피부질환과 호흡기 질환 그리고 각종 암에 대한 연구가 많이 진행되었음. NIOSH(1998)는 금속가공유 노출로 인해 접촉성피부염, 자극성 피부염, 모낭염 등이 발생할 수 있다고 하였으며(NIOSH, 1998), 미네랄 오일에 의한 자극성피부염은 물론 알레르기성 피부염의 원인으로서는 살생물제를 포함한 각종 첨가제류가 구체적으로 언급되어 왔음(Foulds & Koh, 1990; Henriks-Eckerman et al., 2008). 박동욱은 금속가공유로 인한 암과 호흡기질환에 대해 종합검토를 하였음. 미네랄오일, 포름알데히드, 다핵방향족탄화수소, 염화파라핀, 나이트로스아민과 같은 발암물질로 인하여 주로 피부와 소화기계에 암이 발생한다고 하였음(박동욱 등, 2003). 박동욱은 또한 호흡기질환 중에서 기침과 객담, 과민성폐렴과 천식, 만성기관지염 등이 금속가공유와 관련되어 있다고 정리하면서 비염과 부비동염에 대한 추가연구의 필요성을 제기하기도 하였음(박동욱, 2007).

(1) 금속가공유 유해성 파악의 한계

○ 이러한 연구들을 보면 알레르기성피부염의 원인을 진단하기 위하여 살생물제 등을 구체적으로 분석 확인하는 연구들도 있기는 하였지만, 대부분의 연구는 금속가공유 종류별로 질병과의 연관을 확인하는 연구들이었음. 하지만 이러한 질병 양상이 고정된 것으로 볼 수는 없음. 과거에 중요하게 우려되었던 질병은 점차 위험이 감소하고 있고, 새로운 질병의 발생 가능성이 나타나고 있음. 그 이유는 가공기술의 변화 및 각종 환경보건 규제의 강화로 인하여 금속가공유의 조성이 끊임없이 달라지기 때문임. 과거 다핵방향족탄화수소가 제어되지 못하던 미네랄오일을 기유로 사용하다가 최근 다핵방향족탄화수소의 함량이 매

우 낮은 고(高)정제 기유를 사용하면서 다핵방향족탄화수소로 인한 암의 위험이 낮아지는 것이 대표적 사례임. 짧은사슬 염화파라핀이 규제의 영향으로 감소하게 된 사례도 있었음. 최근에는 살생물제의 위험성에 대한 인식 제고 등으로 인하여 지속적으로 금속가공유의 조성에 변화가 이루어지고 있음. 이에 따라 본 연구는 금속가공유에 함유된 화학물질의 종류를 가급적 구체적으로 파악하여 각 물질의 유해성을 분류함으로써, 금속가공유의 종합적 유해성 파악을 위한 기초를 마련하고자 하였음.

(2) 문헌고찰을 통해 확인한 금속가공유의 주요 성분

○ 금속가공유의 성분을 종합적으로 정리한 자료는 크게 세 가지를 확보할 수 있었음. 우선 금속가공유에 의한 건강질환이 문제되어 본격적 관리대책을 수립하던 1990년대 말 미국 NIOSH의 자료는 다음과 같이 금속가공유의 성분을 분류하고 있었음(<표 3-35> 참조)(NIOSH, 1998).

<표 3-35> 금속가공유(MWF) 4종류별 성분 및 함량(NIOSH, 1998)

Component	Function	Amount			
		Straight oils	Soluble oils	Semi-synthetics	Synthetics
Water	Acts as coolant solvent, diluent	Dissolved 10-500 ppm/wt [†]	5-40 parts/ 1 part concentrate	10-40 parts/ 1 part concentrate	10-40 parts/ 1 part concentrate
Mineral oil	Carries lubrication	60%-100%	30%-85%	5%-30%	‡
Emulsifier	Emulsifies	‡	5%-20%	5%-10%	5%-10%
Chelating agents	Tie up ions in solution	‡	0%-1%	0%-1%	0%-1%
Coupling agents	Stabilize	‡	1%-3%	1%-3%	1%-3%
Viscosity index improvers	Maintain viscosity	§	‡	‡	‡
Detergent	Prevents deposit formation	§	§	§	§
Plasticizer	Reduces tackiness	‡	§	§	§
Antimist agent	Reduces misting	§	§	‡	‡
Antiweld agent	Prevents welding	0%-20%	0%-20%	0%-10%	0%-10%
Oiliness agent	Increases film strength	§	‡	‡	‡
Surfactant wetting agent	Reduces surface tension	0%-10%	5%-20%	10%-20%	10%-20%
Dispersants	Prevent fine agglomeration and deposit formation	§	‡	‡	‡
Passivator	Prevents staining	§	‡	‡	‡
Anti-foaming agents	Prevent foaming	0-500 ppm	0-500 ppm	0-500 ppm	0-500 ppm

Alkaline reserve	Acts as buffer control	‡	2%–5%	2%–5%	2%–5%
Dyes	Identify, leak detection	‡	0–500 ppm	0–500 ppm	0–500 ppm
Odorant	Masks odor	§	§	§	§
Corrosion inhibitors, anti-rust	Prevent rust film barrier	0%–10%	3%–10%	10%–20%	10%–20%
Biocides, bioresistant components	Control bacterial and fungal contaminants	‡	0%–2%	0%–2%	0%–2%
Extreme pressure additives	Act as reaction lubricant films	0%–40%	0%–20%	0%–10%	0%–10%

○ NIOSH 분류의 특징은 금속가공유를 비수용성, 수용성, 반합성, 합성으로 구분하였고 각각에 대하여 주요 첨가제 종류별로 함량을 제시하였다는 점임. 이러한 분류는 이후에도 여러 연구자들에게 많이 인용되었음. 하지만 이 분류의 한계는 구체적인 물질의 종류가 파악되지 않고 있다는 점임. 예를 들어 극압첨가제의 경우 과거에는 짧은사슬염화파라핀이 주로 이용되었지만 최근에는 규제로 인하여 짧은사슬염화파라핀이 거의 사용 중단되었고 다른 물질들이 그 자리를 대신하고 있음. 이러한 변화는 NIOSH 분류표로부터 확인이 곤란함.

○ 한편, Suuronen(2009)은 NIOSH의 연구를 토대로 10년이 경과한 시점에서 유사한 표를 작성하여 참고할 수 있게 하였음(<표 3-36> 참조).

<표 3-36> 금속가공유(MWF) 첨가제 성분(Suuronen, 2009)

Component	Function	Neat oils	Emulsifiable oil MWF	Semi-synthetic MWF	Synthetic MWF	Examples of chemical agents
Water	Acts as coolant, solvent and diluent	—	Usually more than 80% in diluted MWF	Usually more than 90% in diluted MWF	Usually more than 90% in diluted MWF	
Petroleum, vegetable or animal oil	Lubricates	60–100%	30–85%	5–30%	—	Naphthenic or paraffinic mineral oil, lard oil, rapeseed oil
Synthetic lubricant	Lubricates	—	—	*	5–30%	Glycol ethers and esters, polyglycols, fatty acids
Emulsifier, surface active agent	Emulsifies, forms a stable emulsion with water	—	5–20%	5–10%	5–10%	Fatty acid soaps, fatty acid alkanolamides, petroleum sulfonates
Extreme pressure additive	Improves pressure durability of the lubricant film	0–40%	0–20%	0–10%	0–10%	Zinc dialkyl-dithiophosphates, chlorinated or sulfurized hydrocarbons
Corrosion inhibitor	Prevents rusting	0–10%	3–10%	10–20%	10–20%	Fatty acid alkanolamides and other fatty acid derivatives, alkanolamine borates
Surface wetting agent	Improves coverage of the metal surfaces for lubrication	0–10%	5–20%	10–20%	10–20%	Alcoxylated alcohols and phenols
Anti-welding agent	Prevent welding	0–20%	0–20%	0–10%	0–10%	Chlorinated or sulfurized paraffin
Coupling agent	Stabilizes the emulsion	—	1–3%	1–3%	1–3%	Fatty acids, glycol ethers
pH adjuster	Acts as buffer control and stabilizes pH	—	2–5%	2–5%	2–5%	Alkanolamines, alkali hydroxides
Chelating agent	Stabilizes, binds free metal ions in the fluid	—	0–1%	0–1%	0–1%	Ethylenediamine tetra-acetic acid (EDTA)
Antimicrobial agent	Prevents bacterial and fungal growth, preserves	—	0–2%	0–2%	0–2%	Formaldehyde liberators, isothiazolinones
Antifoam agent	Prevents foam formation	0–500 ppm	0–500 ppm	0–500 ppm	0–500 ppm	Silicon oils, waxes
Dye	Dyes, leak detection	*	0–500 ppm	0–500 ppm	0–500 ppm	Azo-dyes
Viscosity index improver	Maintains viscosity	*	—	—	—	Polyolefins
Detergent	Prevents deposit formation and improves phase mixing	*	*	*	*	Fatty acid soaps
Plasticizer	Reduces tackiness	—	*	*	*	Polymeric ethers
Anti-mist agent	Reduces misting	*	*	—	—	Acrylate copolymers
Odorant	Masks odour	*	*	*	*	Pine oil, limonene
Antioxidant	Prevents oxidation of the lubricant oil	*	*	*	—	Aromatic amines

* usually present in the MWF class

○ 한편, 독일은 금속가공유에 대한 노출기준을 제정하면서 그 성분을 구체적으로 밝혀주었음. 이 자료를 통해 각각의 첨가제 용도별로 어떤 화학물질들이 사용되었는지 확인이 가능하였음(DFG, 2003). 그 내용이 방대하여 <표 3-37>

에서는 일부 성분만 예를 들어 놓았음.

<표 3-37> 금속가공유(MWF) 첨가제 성분 그룹(DFG, 2012)

No.	Class of Substances	Uses	Concentration in % w/w(approx.)	Examples of Substances
1	Monohydric alcohols	solvents, coupling agents	up to 10	isopropanol, isobutanol
2	Polyhydric alcohols	solvents, coupling agents, lubricity improvers	up to 20	ethylene glycol, propylene glycol
3	Ethers and esters of polyhydric alcohols	solvents, coupling agents, lubricity improvers	up to 10	ethylene glycol n-butyl ether
4	Aliphatic amines	neutralizing agents	up to 25	dicyclohexylamine, MEA, DEA, TEA
5	Aromatic amines	antioxidants, mainly in non-water-miscible metal working fluids	up to 20	diphenylamine, N-phenyl-1-naphthylamine
6	Aminocarboxylic acids and their derivatives (complexing)	complexing agents	up to 20	EDTA, polyaspartic acid
7	Carbamates	fungicides	up to 0.5	3 - i o d o p r o p y n y l butylcarbamate
8	Natural and modified fats (lubricity)	lubricity improvers	up to 100	rape seed oil, lard oil, coconut oil
9	Aliphatic carboxylic acids and their salts (soaps)	in neutralized form: -anionic surfactants, -lubricity improvers, -corrosion inhibitors in not neutralized form: -lubricity improvers	up to 20	undecanoic acid, isooctanoic acid, isooctanoic acid, copper(II) citrate, tartaric acid, naphthenic acids, oleic acid
10	Carboxylic acid amides	corrosion inhibitors	up to 10	fatty acid alkanol amides,

No.	Class of Substances	Uses	Concentration in % w/w(approx.)	Examples of Substances
		and related compounds		saturated/unsaturated C12/C18
11	Carboxylic esters of monohydric and polyhydric alcohols of the fatty acids and fatty acid mixtures	lubricity improvers	up to 10	methyl esters, butyl esters
12	Aldehyde derivatives	biocides	up to 5	benzyl alcohol mono(poly)hemiformal, hexahydrotriazines
13	Succinic acid derivatives	corrosion inhibitors	up to 5	alkenyl succinic acid anhydrides
14	Polyalkylacrylate copolymers	adhesive agents, anti-mist additives	up to 5	polyalkylmethacrylates (PMA)
15	Aromatic carboxylic acids	corrosion inhibitors	up to 20	benzoic acid, 6,6',6''-(1,3,5-triazine-2,4,6 -triyltriimino)trihexanoic acid
16	Phenols	biocides, antioxidants	up to 3	4-tert-butylphenol, o-phenylphenol, tert-butyl-4-hydroxyanisol e (BHA)
17	Heterocycles containing N or N and O	corrosion inhibitors, biocides	up to 1	2-benzimidazole carbamic acid methyl ester (carbendazim), 1-hydroxyethyl-2-heptadec enyl imidazoline, 1H-benzotriazole
18	Heterocycles containing N and S	corrosion inhibitors, biocides	up to 0.1	1,2-benzisothiazol-3(2H)-o ne
19	Salts of naphthenic acids	anionic surfactants, corrosion inhibitors	up to 10	Na naphthenate

No.	Class of Substances	Uses	Concentration in % w/w(approx.)	Examples of Substances
20	Synthetic alkylaryl sulfonates	anionic surfactants, corrosion inhibitors	up to 20	salts of mono or dialkylbenzene sulfonic acids
21	Petroleum sulfonates	anionic surfactants, corrosion inhibitors	up to 20	Na salts, Turkey-red oil (sulfated castor oil)
22	Organic Si compounds	defoamants	up to 0.1	silicon oils
23	Boron compounds		up to 40	boric acid(neutralized) and its salts boric acid alkanolamine condensation products with primary, secondary, tertiary alkanolamines
24	Molybdenum compounds	lubricity improvers	up to 1	molybdenum disulfide, ammonium molybdate
25	Sulfur compounds	lubricity improvers	up to 10	elemental sulfur, dialkyl polysulfides, dithiocarbamates
26	Organic phosphorus compounds	lubricity improvers	up to 5	neutral alkyl phosphates, acid monoalkyl phosphates and their salts
27	Sulfur/Phosphorus compounds	lubricity improvers	up to 5	triphenylmonothiophosphate, alkyl dithiophosphates
28	Chlorine compounds	lubricity improvers	up to 100	chlorinated paraffins with 40 - 70 %w/w chlorine, chlorinated fatty acids

No.	Class of Substances	Uses	Concentration in % w/w(approx.)	Examples of Substances
29	Hydrocarbons	base oils	up to 100	mineral oils - paraffinic base mineral oils - naphthenic base mineral oils - mixed base mineral oils poly- α -olefins (PAO)
30	Other compounds			quaternary ammonium salts, 1,2-dibromo-2,4-dicyanobutane

○ 한편, 금속가공유의 유해성에 대한 우려 때문에 특정 화학물질에 대한 조사 연구가 수행된 문헌들이 있었음. 예를 들어 피부과민성 물질을 확인하기 위해 직접 기기분석을 실시한 연구로 Henriks-Eckerman(2008)을 들 수 있음.

<표 3-38> 금속가공유 중의 피부과민성 물질의 함량에 대한 연구
결과(Henriks-Eckerman et al. 2008)

Analysed compound	Concentrations (% w/w)		Accordance with SDS x/n
	Range	Median	
Alkanolamines and alkanolamine derivatives			
Monoethanolamine	1.4-11	7.2	4/12
Diethanolamine	20-39	21	1/3
Triethanolamine	5.9-26	11	1/7
Methyldiethanolamine	10		1/1
Triethanolamineborate	5.3-24	10	1/7
2-Amino-2-ethyl-1,3-propanediol ^a	0.06-0.39	0.09	0/3
Amino-2-propanol ^b	0.09-2.3	1.4	0/5
Morpholine ^c	1.7-4.6	3.6	3/4 ^d
Formaldehyde ^e			
Total formaldehyde (free and easily released)	0.002-1.3	0.59	0/17
Biocides other than formaldehyde releasers			
Benzisothiazolinone ^e	0.011		1/1
Octylisothiazolinone	0.036		0/1
Iodopropynyl butylcarbamate	0.0002-0.089	0.0021	1/9
Colophonium ^e			
Resin acids	0.41-3.8	1.7	0/7
Other mass spectrometric-identified allergens			
o-Phenylphenol	3		0/1

n, number of concentrates containing the analysed compound; SDS, safety data sheets; x, number of products, where the analysed additive was declared in the safety data sheet of the corresponding product.

^aAdded as such or indicates addition of Bioban CS 1246 (7-ethylbicyclooxazolidine).

^bAdded as such or indicates addition of *N,N*-methylenebis (5-methyloxazolidine).

^cIndicates addition of *N,N*-methylenebismorpholine.

^dDeclared as methylenebismorpholine.

^eClassified as skin sensitizer in the EU.

○ 이러한 우려물질에 대한 조치는 연구에서 끝나지 않고 정부의 규제에 반영되었음. 유럽연합에서는 일찍이 짧은사슬염화파라핀과 알킬페놀류를 금속가공유에 사용하지 않도록 제한함. 하지만 더 많은 유해물질에 대해서는 민간의 협약이나 기준을 통한 사용제한이 추진됨. 이 사례는 독일과 우리나라에 존재함. 독일은 금속노조와 표준화기구 등이 참여한 유해물질 목록을 가지고 있음(VKIS-VSI-IGM, 2012). 이 자료는 금지물질은 물론 노출기준 제정 물질 등에 대해서도 목록을 제공하고 있어 금속가공유 성분 목록을 보완하는데 유용함. 특히, 과거에 사용되었지만 현재는 잘 사용되지 않는 성분을 확인하는데 쓸모가 있음.

<표 3-39> 금속가공유(MWF) 금지 등 유해물질 성분 목록(VKIS-VSI-IGM, 2012)

구분	성분명	카스번호
Prohibited substances	2-bromo-2-nitro-1,3-propanediol	52-51-7
	2-methylamino-2-methyl-1-propanol (MAMP, secondary amine)	27646-80-6
	Amines, secondary, forming carcinogenic N-nitrosamines of category 2	자료없음
	Barium salts, with the exception of barium sulphate	자료없음
	Benzo-(a)-pyrene (BaP), as indicator for polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH/PAK)	50-32-8
	Bis-(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	117-81-7
	Boric acid	10043-35-3
	Carbendazim (2-(methoxycarbonylamino)- benzimidazol)	10605-21-7
	Chlorinated paraffin, short-chain (C10-C13, SCCPs)	85535-84-8
	Compounds, splitting off secondary Amines (e.g. Amides) Amines, secondary	자료없음
	Diethanolamine (2,2'-Iminodiethanol)	111-42-2
	Ethylenediaminetetraacetic acid and its salts (EDTA)	60-00-4
	Morpholine	110-91-8
	morpholine releasing compounds (e.g. Methylene-bis-morpholine / Bis- morpholino-methane)	5625-90-1
	Nitrite and nitrite releasing compounds (e.g. 4-(2-nitrobutyl)-morpholine	2224-44-4
	Nonylphenol	25154-52-3
	Nonylphenol, ethoxylated	9016-45-9
	Ortho boric acid, sodium salt	13840-56-7
	Polychlorobiphenyles - PCB (42 % Cl)	1336-36-3
	Polychlorobiphenyles - PCB (54 % Cl)	1336-36-3
	Silicon oils (Polydimethylsiloxanes, PDMS)	63148-62-9
	Sodium tetra borate	12179-04-3 1303-96-4 1330-43-4
	Sum „TEQ“ Polychlorodibenzodioxins and poly- chlorodibenzofurans; lead component 2,3,7,8- TCDD „Dioxin“	1746-01-6
	Terphenyl, chlorinated - PCT	61788-33-8
	Tri-hydroxymethylnitromethane)	123-11-4
Restrictions of use	1,3-Bis-(hydroxymethyl)-urea	140-95-4
	1-phenoxy-2-propanol	770-35-4

구분	성분명	카스번호
Declarable substances	2-Phenoxy-1-propanol (Mixture)	4169-04-4
	N-cyclohexyl-hydroxydiazene-1-oxide, potassium salt (N-cyclohexyl-N-nitroso- hydroxylamine, potassium salt, K-HDO)	66603-10-9
	Thiabendazol (2-(thiazole-4-yl)benzimidazole)	148-79-8
	1,6-Dihydroxy-2,5-dioxahexane	3586-55-8
	1-hydroxyethane-1,1-diphosphonic acid and its sodium and potas- sium salts, HEDP	2809-21-4 7414-83-7
	2-methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-one (MI)	2682-20-4
	2-methyl-2,4-pentanediol (Hexylene glycol)	107-41-5
	3-iodo-2-propynyl-n-butylcarbamate (IPBC)	55406-53-6
	Adsorbable organic halogen compounds (AOX)	자료없음
	Amines, primary and tertiary, free and blocked, not subject to labelling (group indication)	자료없음
	Amines, primary and tertiary, free and blocked, subject to labelling	자료없음
	Amines, secondary, which do not form carcinogenic N- nitrosamines category 1 or 2 (e.g. dicyclohexylamine)	101-83-7
	Animal raw materials	자료없음
	Benzotriazole	95-14-7
	Benzotriazole, substituted (e.g. Tolyltriazole)	136-85-6
	Boric acid	10043-35-3
	Boron compounds, organic	자료없음
	Chlorinated paraffin, medium chain (C14-C17, MCCPs)	85535-85-9
	Complexing agents, relevant for waste water treatment (except EDTA)	자료없음
	Copper and copper compounds	7440-50-8
	Dipropylene glycol	110-98-5
	Dipropylene glycol (1,1'-oxy-dipropan-2-ol, 2,2'-dihydroxydipropylether)	110-98-5
	Dyes	자료없음
	Fatty alcohol ethoxylate (C12-C15, linear with < 5 EO)	자료없음
	Fatty alcohol ethylate (C12-C15, linear with 5 -10 EO)	자료없음
	Formaldehyde (as contamination or by splitting off from formaldehyde depot substances)	50-00-0
	Fragrances (masking products)	자료없음
	Glycerol	56-81-5
	Heavy metals and heavy metal compounds (except Cu, Ba)	자료없음

구분	성분명	카스번호
OEL/concentration limits	N,N-methylene-bis(5-methyl-oxazolidine)	66204-44-2
	N-butyl-1,2-benzisothiazolin-3-one (BBIT)	4299-07-4
	N-Formals (e.g. 5-Ethyl-3,7-dioxa-1-aza-bicyclo[3.3.0]-octane)	7747-35-5
	N-phenyl-2-naphthylamine	135-88-6
	Octylphenol, Octylphenol ethoxylates	140-66-9
	O-Formals (e.g. Benzyl alcohol-mono(poly)hemiformal	14548-60-8
	O-phenylphenol (Biphenyl-2-ol)	90-43-7
	Organommodified Siloxanes	자료없음
	Phenols	자료없음
		1303-96-4
	sodium-tetra borates	1330-43-3
		1332-28-1
	Tall oil distillates (distilled tall oil, DTO)	8002-26-4
	Triethanolamine (2,2',2''-Nitrilotriethanol)	102-71-6
	1,2-benzisothiazol-3(2H)-one	2634-33-5
	1,3,5-tris-(2-hydroxyethyl)-hexahydro- 1,3,5-triazine (HHT)	4719-04-4
	1-aminopropan-2-ol (Isopropanolamine)	78-96-6
	2-(2-aminoethoxy)-ethanol (Diglycolamine)	929-06-6
	2-(2-butoxyethoxy)-ethanol (Butyl diglycol)	112-34-5
	2,6-di-tert-butyl-p-cresol (Butylhydroxytoluol (BHT))	128-37-0
	2-amino-2-methyl-1-propanol (AMP)	124-68-5
	2-aminoethanol (Monoethanolamine)	141-43-5
	2-butoxyethanol (Butyl glycol)	111-76-2
	2-hexyldecan-1-ol	2425-77-6
	2-methyl-2,3- dihydroisothiazol-3-one mixture in ratio 3:1 (CMI/MI)	2682-20-4
	2-octyl-2H-isothiazol-3-one	26530-20-1
	2-phenoxyethanol (Phenyl glycol)	122-99-6
	3-iodo-2-propynyl-n-butylcarbamate (IPBC)	55406-53-6
	5-chloro-2-methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-one	55965-84-9
	Boric acid (determined as boron)	10043-35-3
	Chlorinated paraffin, medium (C14 - C17, MCCPs)	85535-85-9
	Chlorinated paraffin, medium chain (C14-C17, MCCPs)	85535-85-9
	Diethylene glycol (2,2'-oxydiethanol)	111-46-6
	Dipropylenglycol (Oxydipropanol, mixture of isomers)	25265-71-8
	Distillates (petroleum), hydrotreated heavy	64742-48-9
	Distillates (petroleum), hydrotreated light	64742-47-8

구분	성분명	카스번호
	Dodecan-1-ol	112-53-8
	Glutardialdehyde (Glutaral)	111-30-8
	Hexadecan-1-ol	36653-82-4
	Isotridecan-1-ol	27458-92-0
	long chain (C18, LCCPs) (Chloroalkanes)	85535-86-0
	Polyethylene glycols (medium molar mass 200-400 or 600)	자료없음
	Poly- α -olefine	68649-12-7
	Silver	7440-22-4
	Silver compounds, inorganic	자료없음
	Sodium pyrithione (Pyridine-2-thiol-N-oxide, sodium salt)	3811-73-2
	Tetradecanol	112-72-1
Without final assessment	Triethylen glycol (2,2'-(ethylenedioxy)diethanol)	112-27-6
	1,3,4,6-tetra(hydroxymethyl)-1,3,4,6- tetraazabicyclooctan-2,5-dione	5395-50-6
	1,3,5-tris-(2-hydroxypropyl)-hexahydro- 1,3,5-triazine	25254-50-6
	1,3-bis-(hydroxymethyl)-5,5-dimethylimidazolidine-2,4-dione (DMDMH)	6440-58-0
	1,6-dihydroxy-2,5-dioxahexane (EDDM)	3586-55-8
	2,2-dibrom-cyanacetamid (2,2-dibrom-3- nitrilopropionamide (DBNPA)	10222-01-2
	2-amino-1-butanol	13054-87-0
	2-amino-2-ethyl-1,3-propandiol (AEPD)	96-20-8
	5-ethyl-3,7-dioxa-1-azabicyclo-[3.3.0] octane (EDHO)	115-70-8
	7747-35-5	
	Azelaicacid(Nonandiacid, 1,7-heptandicarboxicacid)	123-99-9
	Chlorocresol (4-chloro-3-methylphenol)	59-50-7
	cis-CTAC (cis-1-(3-chloroallyl)-3,5,7-triaza-1- azoniaadamantane chloride)	51229-78-8
	CTAC (1-(3-chloroallyl)-3,5,7-triaza-1- azoniaadamantane chloride)	4080-31-3

○ 우리나라에서는 2012년부터 금속노조와 발암 물질 없는 사회 만들기 국민 행동 그리고 금속가공유 제조사들이 참여하는 민간협약이 작동되고 있음. 현재 1차 목록개정이 이루어졌는데, 그 목록은 <표 3-40>과 같음(전국금속노동조합, 2014).

<표 3-40> 금속가공유 유해물질가이드라인(금속노조 등, 2014)

No.	물질군	물질명	카스번호	기준	적용일
1	염화파라핀	염화파라핀(짧은사슬)	85535-84-8	사용금지	2012. 7. 17.
		염화파라핀	61788-76-9	포밍유에 한하여 최소량 사용을 허용하되 염화파라핀 함유제품 표기. 특정용도 포밍유는 예외적으로 60%이상 함유 인정하되 염화파라핀고함유제품 표기 및 함량 명시	2014. 11. 16.
		염화파라핀(중간사슬)	85535-85-9		
		염화파라핀(왁스)	63449-39-8		
2	보린산	보린산	10043-35-3	5.5% 이하 최소 사용 허용	2013. 1. 14.
		보락스	1303-96-4		
		보린산(나트륨염)	13840-56-7		
3	알킬페놀	노닐페놀	25154-52-3	사용금지	2013. 1. 14.
		4-노닐페놀	104-40-5		
		옥틸페놀	27193-28-8		
		노닐페놀에톡실레이트	9016-45-9		
		옥틸페놀에톡실레이트	9063-89-2		
		기타 알킬페놀류	별첨 *		
4	에탄올아민	모노에탄올아민	141-43-5	사용금지	대체가능할 때까지 유보
		디에탄올아민	111-42-2	사용금지	2013. 1. 14.
5	윤활기유			고도정제기유 사용 또는 다핵방향족탄화수소류(PAHs) DMSO 3% 미만	2013. 1. 14.
6	방부제	포름알데히드형	방출 4719-04-4, 3586-55-8, 66204-44-2,	가급적 사용하지 않되 0.05%까지 허용	2014. 11. 16

No.	물질군	물질명	카스번호	기준	적용일
			25254-50-6, 5395-50-6, 14548-60-8, 6440-58-0		
		Phenol, 4-chloro-3-methyl- (meta)	59-50-7	사용금지	
		Phenol, 4-chloro-2-methyl- (ortho-)	1570-64-5	사용금지	
		Methylisotiazolinone	2682-20-4	사용금지	
		Chlormethylisotiazol inone	26172-55-4	0.0015%	
		KathonCG	55965-84-9	0.0015%	
		2-Octyl-2H-isothia zol-3-one (OIT)	26530-20-1	0.05%	
		4,5-Diklor-2-n-okt yl-4-isothiazolin-3. on (DCOIT)	64359-81-5	0.05%	
		1,2-benzisotiazol-3(2H)-on (BIT)	2634-33-5	0.05%	
		1,2-benzisothiazol-3 (2H)-one, sodium salt (Na-BIT)	58249-25-5	0.05%	

* 140-66-9, 84852-15-3, 26264-02-8, 27177-08-8, 26571-11-9, 27177-05-5, 65455-72-3, 39464-64-7, 27176-93-8, 7311-27-5, 9036-19-5, 51609-41-7, 51811-79-1, 9014-90-8, 20636-48-0, 27177-01-1, 3115-49-9, 26027-38-3, 68412-54-4, 127087-87-0, 51938-25-1, 68649-55-8, 37205-87-1

(3) 금속가공유 성분 확인을 위한 추가조사

○ 문헌고찰 외에도 두 가지 조사를 더 수행함. 하나는 국내 금속가공유 제조사 3곳에 대해 NIOSH의 표를 전달한 후 해당 첨가제 종류별로 현재 사용하는 화학물질을 직접 기입하도록 한 조사임. 이 조사는 현재 사용하는 성분을 확인

할 수 있다는 장점이 있는 반면, 기업에서 민감한 정보는 제공하지 않음에 따라 누락되는 성분이 다수 존재할 가능성이 있는 방식임. <표 3-41>는 국내 금속가공유 제조사 3곳에서 제공한 자료를 종합한 것임.

<표 3-41> 금속가공유 제조사들에게 조사한 금속가공유 주요 성분

구분	화학물질명	카스번호
기유(베이스오일)	증류된 중질 나프타	66070-61-9
	고도로 수소화 처리된 중파라핀 증류액	64742-54-7
	Hydro desulfurized heavy naphtha	64742-82-1
	n-Decane	124-18-5
	C10-13 ISOALKANES	68551-17-7
	C10-14 ISOALKANES	68551-18-8
	Ultra-S2 / 60N	64742-55-8
	경 알킬레이트 납사(Light Alkylate Naphtha)	64741-66-8
	테트라데칸(TETRADECANE)	629-59-4
	트리데칸(TRIDECANE)	629-50-5
	도데칸(DODECANE)	112-40-3
	아이소-파라핀	64742-48-9
	환상 포화 탄화수소	69430-35-9
	심하게 수소화 처리된 경나프텐 증류액 (Distillates(Petroleum)HydrotreatedlightNaphthenic)	64742-53-6
	Extracts (Petroleum), Heavy paraffinic distillate solvent	64742-04-7
	PAO 4 - 1-Decene, homopolymer, hydrogenated	68037-01-4
	Solvent dewaxed heavy paraffinic petroleum distillate	64742-65-0
	Solvent-refined heavy paraffinic petroleum distillate	64741-88-4
	Solvent-refined light paraffinic petroleum distillate	64741-89-5
	Hydrotreated neutral oil, C15-C30	72623-86-0
	Benzene, monoalkyl(C=12-14) derivs., fractionation bottoms	68515-32-2
	Premium-480 윤활기유	64742-57-0
	저유황 등유(Low Sulfur Kerosene)	64742-81-0
	EXXSOLD80FLUID	64742-47-8
	DISTILLATES(PETROLEUM),HYDROTREATEDLIGHT	
	YK-D130	64742-46-7

구분	화학물질명	카스번호
pH유지제 (pH 향상제)	수첨 탈황 처리된 중간 증류물(Hydrotreatedmiddledistillate)	
	YK-MD40	8052-41-3
	Synfluid® PAO 9 (Polyalphaolefin)	151006-62-1
	Monoethanolamine	141-43-5
	N,N-Diethanolamine	111-42-2
	Diethylenetriamine	111-40-0
	수산화칼륨 (POTASSIUM HYDROXIDE)	1310-58-3
	2-Amino-2-methyl-1-propanol	124-68-5
	2-Methylamino-2-methyl-1-propanol	27646-80-6
	2-(2-아미노에톡시)에탄올	929-06-6
	2,2'-methyliminodiethanol	105-59-9
	1-Amino-2-propanol	78-96-6
	Isopropylaminoethanol	109-56-8
	Isopropyldiethanolamine	121-93-7
	Dicyclohexylamine	101-83-7
	Triethanolamine	102-71-6
	N-Methyl cyclohexylamine	100-60-7
거품방지제	Emulsion Concentrate Based on Modified Siloxanes	68511-37-5
	실록산과 실리콘, 디-ME, ME 실세스퀴옥산과의 중합체	68037-74-1
	Polyoxyethylene Lauryl Ether Phosphate	68909-65-9
	이황화 몰리브데넘(이황화 몰리브덴)(MOLYBDENUM DISULFIDE)	1317-33-5
	FATS AND GLYCERIDIC OILS, ANIMAL, MIXED WITH VEGETABLE OIL METHYL ESTERS, SULFURIZED	68990-81-8
	C14-17 Chlorinated paraffin	85535-85-9
	FATS AND GLYCERIDIC OILS, VEGETABLE, METHYL ESTERS, SULFURIZED	68990-64-7
	Aryl thiophosphate	597-82-0
	henol, isopropylated, phosphate (3:1) [Triphenyl phosphate >5%]	68937-41-7
	Phenol, isobutylenated, phosphate (3:1)	68937-40-6
	Polysulfides, di-tert-dodecyl	68425-15-0
	vegetable-oil fatty acids, methyl esters, sulfurized	72102-30-8

구분	화학물질명	카스번호
	Zinc alkyl dithiophosphate	68649-42-3
	Aryl phosphite	101-02-0
	2-ethylhexyl zinc dithiophosphate	4259-15-8
	2,4,4-Trimethylpentene, Sulfurized	68515-88-8
	tris(2-butoxyethyl) phosphate	78-51-3
방부제	Pyridine-2-thiol 1-oxide, sodium salt	3811-73-2
	2-Methyl-1,2-benzisothiazolin-3-one	2527-66-4
	5-Chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazolone, mixt. with 2-methyl-3(2H)-isothiazolone	55965-84-9
	4,4-Dimethyloxazolidine	51200-87-4
	3,4,4-Trimethyloxazolidine	75673-43-7
	1,2-벤즈아이소티아졸린-3-온	2634-33-5
	2,2',2''-(hexahydro-1,3,5-triazine-1,3,5-triyl)triethanol	4719-04-4
	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)	26530-20-1
	3-요오드-2-프로핀일 뷰틸 카바민산(3-iodo-2-propynyl butyl carbamate)	55406-53-6
	N,N,N',N'-tetramethyl-1,2-ethanediamine Polymer With 1,1'-oxybis[2-chloroethane]	31075-24-8
	Sodium N-Chloro-para-Toluenesulfonamide	127-85-1
	o-Phenylphenol	90-43-7
	Glutaraldehyde	111-30-8
	Sodium Benzoate	532-32-1
	7a-Ethyldihydro-1H,3H,5H-oxazolo{3,4-c}oxazole	7747-35-5
	4-Chloro-3-methylphenol	59-50-7
	(2-hydroxy-ethyl)-phenyl-ether	122-99-6
부식방지제	4-tert-Butylbenzoic acid	98-73-7
	E t h a n o l , 2,2'-[[[(5-methyl-1H-benzotriazol-1-yl)methyl]imino]bis-	80584-88-9
	E t h a n o l , 2,2'-[[[(4-methyl-1H-benzotriazol-1-yl)methyl]imino]bis-	80584-89-0
	벤조트리아졸(BENZOTRIAZOLE)	95-14-7
	메틸-1H-벤조트리아졸(METHYL-1H-BENZOTRIAZOLE)	29385-43-1
	아초산 소다(SODIUM NITRITE)	7632-00-0
	붕산(BORIC ACID)	10043-35-3

구분	화학물질명	카스번호
	3-aminopropyltriethoxysilane	919-30-2
	규산 칼륨 (POTASSIUM SILICATE)	1312-76-1
	NAPHTHALENESULFONICACID,DINONYL-,BARIUMSALT(2:1)	25619-56-1
	NAPHTHALENESULFONIC ACID, DINONYL-, CALCIUM SALT (2:1)	57855-77-3
	도데칸디오익산	693-23-2
	UNDECANEDIOIC ACID	1852-04-6
	SEBACIC ACID	111-20-6
	AZELAIC ACID	123-99-9
	Adipic acid	124-04-9
	Benzenesulfonic acid, C10-16-alkyl derivs., calcium salts	68584-23-6
	Sulfonic acids, petroleum, calcium salts	61789-86-4
	Benzenesulfonicacid,mono-C16-24-alkylderivs., calciumsalts	70024-69-0
	N,N-bis(2-ethylhexyl)-4-methyl-1H-benzotriazole-1-methylamine	80584-90-3
	N,N-bis(2-ethylhexyl)-4-methyl-1H-benzotriazole-1-methylamine	80595-74-0
	Sorbitane Monooleate	1388-43-8
	에톡시레이티드프로폭시레이티드알코올,C6-10(ETHOXYLATED PROPOXYLATEDALCOHOL	68987-81-5
	Glycerinmonooleate	25496-72-4
	폴리옥시에틸렌 (20) 소르비탄 모노올레인산	9005-65-6
	2,4,7,9-Tetramethyldec-5-yne-4,7-diol	126-86-3
에멀전화제/계면활성제/분산제	알코올,C10-12,에톡실산화프로폭실산화	68154-97-2
	Polyoxyalkylene glycol	9003-11-6
	Polyoxyethylene (5) oleyl ether	9004-98-2
	폴리프로필렌 글리콜 모노에테르	9003-13-8
	아민, 코코 알킬, 에톡시레이트	61791-14-8
	Polyoxyethylene lauryl ether	9002-92-0
	에톡실산화 알코올 (C12-C16)(ETHOXYLATED ALCOHOLS (C12-C16))	68551-12-2
	에톡실레이티드파마자유	61791-12-6

구분	화학물질명	카스번호
	(ETHOXYLATEDCASTOROIL)	
	5(or 6)-Carboxy-4-hexyl-2-cyclohexene-1-octanoic acid	53980-88-4
	도데실벤젠술폰산나트륨	25155-30-0
	Ethoxylated 2,4,7,9-Tetramethyl 5 decyn-4,7-diol	9014-85-1
	2,5,8,11 Tetramethyl 6 dodecyn-5,8 Diol Ethoxylate	169117-72-0
	폴리에틸렌 글리콜 디올레산 (디탈르산)	9005-07-6
	Sodium Petroleum Sulfonate	68608-26-4
	A fatty alcohol polyglycol ether	68920-66-1
	Sodium dodecyl sulfate	151-21-3
	Nonylphenol ethoxylate	26027-38-3
	Octylphenoethoxylate	9002-93-1
	폴리옥시에틸렌알킬에테르	84133-50-6
	올레인산	112-80-1
	Oleyl ether carboxylic acid	57635-48-0
	Polyisobutylene succinimide	84605-20-9
연화제	N,N-에틸렌디아민디아세트 산 나트륨 염 (N,N-ETHYLENEDIAMINEDIACETIC ACID	64-02-8
염료(색소)	C20-H12-O5-Na	518-47-8
	DOP (DIOCTYL PHTHALATE)	117-81-7
	Rape Seed Oil	8002-13-9
	DOA (DIOCTYL ADIPATE)	103-23-1
	DOS (Diocetyl sebacate)	122-62-3
	NPG-Dioleate	85186-74-9
	Butyl Stearate	123-95-5
	Isobutyl oleate	10024-47-2
윤활제(막강도 증강)	솔 기름(PINE OIL)	8002-09-3
	대두 기름(SOYBEAN OIL)	8001-22-7
	IOS (Isooctyl stearate)	40550-16-1
	LARD OIL(돼지기름)	8016-28-2
	Tallow(우지)	92113-41-2
	Tall oil	8002-26-4
	Palm oil	8002-75-3
	Trimethylolpropanetrioleate	57675-44-2
	pentaerythritoltetraoleate	19321-40-5

구분	화학물질명	카스번호
	Castor oil	64147-40-6
	Methyl laurate	111-82-0
	GLYCEROL TRIOLEATE	8001-21-6
점도지수향상제	Polyisobutylene	9003-27-4
커플링제	Butyl cellosolve	111-76-2
	프로필렌글리콜모노메틸에테르	107-98-2
	Diethylene glycol monobutyl ether	112-34-5
	폴리에틸렌-폴리프로필렌 모노부틸 에테르	9038-95-3
	Alcohols, C14-16	67762-30-5
	2-헥실데칸-1-올	2425-77-6
킬레이트제	Ethylenediaminetetraacetic acid tetrasodium salt	64-02-8
	Disodium ethylenediaminetetraacetate dihydrate	6381-92-6
	Citricacid	77-92-9
	Phosphonate	6419-19-8
	Phosphonate	2809-21-4
	Phosphonate	15827-60-8

○ 그리고 노동환경건강연구소가 2010년부터 현재까지 구축한 사업장의 화학제품 DB를 검색하여, 금속가공유에 해당하는 모든 제품의 MSDS에 명시된 성분 정보를 확보함. 이 자료를 통하여 최근에는 사용하지 않으나 과거에 사용하던 성분에 대한 파악이 가능할 것으로 보았음. 이 자료는 방대한 물질을 확인할 수 있다는 장점이 있지만, MSDS 자료를 토대로 작성한 것이어서 성분별 용도를 확인할 수 없는 한계도 있음. 이 자료에서는 트리클로로에틸렌이나 테트라클로로에틸렌 같은 성분도 등장하는데, 그 이유는 태핑오일 때문임. 태핑오일은 금속가공유 중의 하나지만 전형적 금속가공유와 성분이 매우 다른 성향을 갖기 때문에 이러한 성분을 함유하고 있음. 약 280개의 성분이 확인되었으나, 물질안전보건자료의 신뢰성이 낮아 잘못된 카스번호를 사용하였을 가능성 등을 고려하여 5개 제품 이상에서 발견된 101개의 성분만 사용하였음.

<표 3-42> 노동환경건강연구소 제품 데이터베이스에서 발견된 금속가공유 성분

카스번호	물질명	발견 빈도
10043-35-3	붕산(BORIC ACID)	109
101-83-7	Dicyclohexylamine	11
102-71-6	Triethanolamine	258
103213-64-5	Phosphoric acid ester	14
105-59-9	2,2'-methyliminodiethanol	8
105-62-4	Symthetic fatty ester	24
106-94-5	1-Bromopropane	5
107-21-1	에틸렌글리콜	20
111-20-6	SEBACIC ACID	36
111-42-2	N,N-Diethanolamine	32
111-76-2	Butyl cellosolve	6
112-05-0	Pelargonic acid	16
112-34-5	Diethylene glycol monobutyl ether	14
112-80-1	올레인산	35
112-86-7	Erucic acid	6
124-07-2	Caprylic Acid	8
124-68-5	2-Amino-2-methyl-1-propanol	14
128-37-0	2,6-Di-Tert-Butyl-P-Cresol	90
1303-96-4	붕산나트륨 데카수화물	14
1310-58-3	수산화칼륨 (POTASSIUM HYDROXIDE)	8
1338-43-8	Sorbitan monoleate	9
141-22-0	Carboxylic acid	65
141-43-5	Monoethanolamine	143
1717-00-6	1,1-Dichloro-1-Fluoroethane	5
2321-07-5	Fluorescein	8
2425-77-6	2-헥실데칸-1-올	11
25265-71-8	Oxybispropanol	17
25322-68-3	PolyEthyleneGlycol	14
25322-69-4	Polypropylene glycol	12
25498-02-6	POLYMETHOXYSILOXANE	5
2634-33-5	1,2-벤즈아이소티아졸린-3-온	43
26896-18-4	Carboxylic Acid	39
26896-20-8	Carboxylic acid	21
27458-92-0	ISOTRIDECANOL	10
29385-43-1	메틸-1H-벤조트리아졸(METHYL-1H-BENZOTRI AZOLE)	10
31075-24-8	N,N,N',N'-tetramethyl-1,2-ethanediamine Polymer With 1,1'-oxybis[2-chloroethane]	5

31512-74-0	Poly(oxyethylene(dimethyliminio)ethylene(dimethylimino)ethylene dichloride	13
3302-10-1	트리메틸헥산산	22
334-48-5	카르복실산	9
3811-73-2	Pyridine-2-thiol 1-oxide, sodium salt	6
39464-69-2	polyoxyethylene oleyl ether phosphate	8
4719-04-4	2,2',2''-(hexahydro-1,3,5-triazine-1,3,5-triyl)triethanol	15
518-47-8	C20-H12-O5-Na	5
55406-53-6	3-요오드-2-프로필일 뷰틸 카바민산(3-iodo-2-propynyl butylcarbamate	6
5625-90-1	N,N'-메틸렌비스모르폴린	6
56-81-5	글리세린	13
57635-48-0	Oleyl ether carboxylic acid	8
57675-44-2	Trimethylolpropane trioleate	63
58249-25-5	Isothiazolinone derivative	8
592-88-1	ALLYL SULFIDE	30
61788-76-9	Chlorinated Paraffins	11
61789-86-4	Sulfonic acids, petroleum, calcium salts	11
61790-12-3	tall oil fatty acid	9
61790-48-5	barium sulfonate	16
61790-49-6	Sulfurized Lard oil	16
63148-62-9	POLYDIMETHYL SILOXANE	29
63449-39-8	Chlorinated paraffin	90
64741-89-5	Solvent-refined light paraffinic petroleum distillate	10
64742-46-7	YK-D130 수첨탈황처리된중간증류물(Hydrotreatedmiddledistillate)	15
64742-47-8	EXXSOLD80FLUID DISTILLATES(PETROLEUM),HYDROTREATEDLIGHT	53
64742-48-9	아이소-파라핀	21
64742-52-5	Mineral oil	25
64742-53-6	심하게수소화처리된경나프텐증류액(Distillates(Petroleum)HydrotreatedlightNaphthenic)	15
64742-54-7	고도로 수소화 처리된 중파라핀 증류액	116

64742-55-8	Ultra-S2 / 60N	214
64742-65-0	Solvent dewaxed heavy paraffinic petroleum distillate	48
67700-76-9	Soybean Oil	8
67784-80-9	Soybean Oil, Methyl Ester	14
68002-94-8	올레일알콜	5
68131-40-8	Ethoxylated alcohols	29
68155-20-4	Fatty Amide	16
68425-15-0	Polysulfides, di-tert-dodecyl	19
68425-34-3	페트롤레이텀(석유), 산화된 칼슘염	10
68440-40-4	SULFURIZED FATTY ESTER	14
68608-26-4	Sodium Petroleum Sulfonate	29
68937-41-7	henol, isopropylated, phosphate (3:1) [Triphenyl phosphate >5%]	8
68937-55-3	Polyalkyleneoxide modified polymethylsiloxane	36
68937-72-4	Carboxylic acid	19
693-23-2	도데칸디오익산	84
71-55-6	1.1.1 Trichloroethane	19
72162-23-3	Carboxylic acid Mixture	7
7732-18-5	물	342
78-87-5	PROPYLENE DICHLORIDE	12
78-96-6	1-Amino-2-propanol	13
8002-13-9	Rape Seed Oil	89
8002-26-4	Tall oil	58
8012-95-1	Mineral oil	8
8016-28-2	LARD OIL(돼지기름)	35
8023-79-8	Vegetable oil	10
8042-47-5	WHITE MINERAL OIL	5
84133-50-6	폴리옥시에틸렌알킬에테르	53
85535-84-8	Chloroalkanes C10-13	46
85535-85-9	C14-17 Chlorinated paraffin	57
9003-11-6	Polyoxyalkylene glycol	41
9003-27-4	Polyisobutylene	6
9004-62-0	소포제(유해하지않음)	8
9004-96-0	Polyglycol oleate	9
9016-00-6	poly dimethyl siloxane	5
9016-45-9	Ethoxylated nonylphenol	26
929-06-6	2-(2-아미노에톡시)에탄올	7
95-14-7	벤조트리아졸(BENZOTRIAZOLE)	129

○ 노동환경건강연구소의 데이터베이스는 2010년부터 현재까지 사업장에서 사용하는 화학제품의 데이터베이스인데, 주로 자동차산업과 조선업을 중심으로 되어 있음. 따라서 금속가공유에 대해 매우 많은 제품이 포괄되어 있음. 그리고 MSDS의 작성년도가 1996년도부터 2014년까지 분포하고 있어서 과거에 사용하였지만 현재는 사용하지 않는 성분을 찾아내는 것이 가능할 수 있음.

<표 3-43> 노동환경건강연구소 화학제품 DB의 금속가공유 MSDS 작성년도별 분포

MSDS 작성년도	제품수
1996-2000	63개
2001-2005	311개
2006-2010	178개
2011-2014	95개
없음	146개
계	793개

(4) 금속가공유 성분 목록의 통합

○ 문헌고찰 결과와 제조업체 조사 결과 및 노동환경건강연구소 화학제품 데이터베이스 확인 결과를 종합하였더니, 총 406개의 성분이 금속가공유에 함유되어 있었거나 함유될 가능성이 있는 것으로 확인됨. 문헌고찰을 통해 확인한 성분은 총 268개였음. 금속가공유 제조업체로부터 파악한 성분 중에서 카스번호가 확인된 것은 156개였음. 물론 한 성분이 여러 첨가제로 중복 사용되고 있었음. 노동환경건강연구소 데이터베이스에서 확인된 성분은 5개 이상의 제품에서 발견된 것으로 총 101개임.

<표 3-44> 금속가공유 성분의 출처 비교(1)

문헌고찰	제조업체 조사	노동환경건강연구소 DB	계
268개	156개	302개	558개

○ 세 가지 출처에서 모두 확인된 성분은 29개 밖에 되지 않았음. 문헌고찰에서만 확인된 물질이 194개, 제조업체 조사에서만 확인된 것도 84개, 노동환경건강연구소 DB에서만 확인된 것이 38개로 서로 중복되어 파악되는 것이 적었음. 이는 금속가공유의 성분이 매우 다양하게 변화할 수 있으며, 어느 한 가지 출처만으로 금속가공유의 성분을 예측해서는 안된다는 것을 뜻함.

<표 3-45> 금속가공유 성분의 출처 비교(2)

문헌고찰	제조업체 조사	노동환경건강연구소 DB	물질수
○	○	○	29개
○	○		27개
○		○	18개
	○	○	16개
○			194개
	○		84개
		○	38개

(5) 금속가공유 성분에 대한 유해성 확인 결과

○ 확인된 성분에 대하여 안전보건공단 데이터베이스를 대조하여 H-code를 확인함. 그리고 다시 이 H-code를 통해 고용노동부고시 제2016-19호 「화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준」에 의거 유해성 분류를 실시함.

<표 3-46> 고용노동부 고시에 따른 유해성 분류 기준

H-code	건강 유해성	유해성분류
H300	삼키면 치명적임	급성독성 1, 2
H301	삼키면 유독함	급성독성 3
H302	삼키면 유해함	급성독성 4

H-code	건강 유해성	유해성분류
H304	삼켜서 기도로 유입되면 치명적일 수 있음	흡인 유해성 1
H305	삼켜서 기도로 유입되면 유해할 수 있음	흡인 유해성 2
H310	피부와 접촉하면 치명적임	급성독성 1, 2
H311	피부와 접촉하면 유독함	급성독성 3
H312	피부와 접촉하면 유해함	급성독성 4
H314	피부에 심한 화상과 눈 손상을 일으킴	피부부식성/ 피부자극성 1
H315	피부에 자극을 일으킴	피부부식성/ 피부자극성 2
H317	알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음	피부 과민성 1
H318	눈에 심한 손상을 일으킴	심한 눈 손상성/ 눈 자극성 1
H319	눈에 심한 자극을 일으킴	심한 눈 손상성/ 눈 자극성 2
H330	흡입하면 치명적임	급성독성1,2
H331	흡입하면 유독함	급성독성3
H332	흡입하면 유해함	급성독성4
H334	흡입시 알레르기성 반응, 천식 또는 호흡 곤란을 일으킬 수 있음	호흡기 과민성1
H335	호흡기계 자극을 일으킬 수 있음	특정표적장기 독성(1회노출) 3
H336	졸음 또는 현기증을 일으킬 수 있음	특정표적장기 독성(1회노출) 3
H340	유전적인 결함을 일으킬 수 있음	생식세포 변이원성 1A, 1B
H341	유전적인 결함을 일으킬 것으로 의심됨	생식세포 변이원성 2
H350	암을 일으킬 수 있음	발암성 1A, 1B
H351	암을 일으킬 것으로 의심됨	발암성 2
H360	태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 수 있음	생식독성 1A, 1B
H361	태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨	생식독성 2
H362	모유를 먹는 아이에게 유해할 수 있음	수유독성
H370	신체 중 (...)에 손상을 일으킴	특정표적장기 독성(1회노출) 1
H371	신체 중 (...)에 손상을 일으킬 수 있음	특정표적장기 독성(1회노출) 2
H372	장기간 또는 반복노출 되면 신체 중 (...)에 손상을 일으킴	특정표적장기 독성(반복노출) 1
H373	장기간 또는 반복노출 되면 신체 중 (...)에 손상을 일으킬 수 있음	특정표적장기 독성(반복노출) 2

○ 그 결과를 간단하게 표로 살펴보면 다음과 같음.

① 급성독성

<표 3-47> 금속가공유 성분 중 급성독성 물질

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
급성독 성 1,2	삼키면 치명적임 (H300)	방부제	7747-35-5	7a-Ethylidihydro-1H,3H,5H-oxazolo(3,4-c)oxazole
			2682-20-4	2-methyl-4-isothiazolin-3-one
	피부와 접촉하면 치명적임(H310)	방부제	55965-84-9	5-Chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazol one, mixt.with2-methyl-3(2H)-isothiazolo ne
			2682-20-4	2-methyl-4-isothiazolin-3-one
		부식방지제	111-76-2	Butyl cellosolve
		계면활성제	111-40-0	Diethylenetriamine
	흡입하면 치명적 임(H330)	방부제	26896-20-8	Carboxylic acid
			111-30-8	Glutaraldehyde
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
			50-00-0	formaldehyde
		부식방지제	55965-84-9	5-Chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazol one, mixt.with2-methyl-3(2H)-isothiazolo ne
			64359-81-5	4,5-Diklor-2-n-octyl-4-isothiazolin-3, on (DCOIT)
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
			65-85-0	benzoic acid
		윤활제(막강도증강)	126-73-8	tri-n-butyl phosphate
			26444-49-5	diphenyl cresyl phosphate
급성독 성 3	삼키면 유독함 (H301)	pH유지제(pH향상제)	1310-58-3	수산화칼륨 (POTASSIUM HYDROXIDE)
		계면활성제	25103-52-0	isooctanoic acid
		방부제	111-30-8	Glutaraldehyde
			2682-20-4	2-methyl-4-isothiazolin-3-one
			50-00-0	formaldehyde
			55965-84-9	5-Chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazol one, mixt.with2-methyl-3(2H)-isothiazolo ne
			2682-20-4	2-methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-one
		부식방지제	2682-20-4	2-methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-one

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
피부와 접촉하면 유독함(H311)		산화방지제	35554-44-0	1-(2-allyloxy)-2-(2,4-dichlorophenyl)ethyl-1H-imidazole
			7632-00-0	아초산 소다(SODIUM NITRITE)
			122-39-4	diphenylamine
		pH유지제(pH향상제)	101-83-7	Dicyclohexylamine
			111-40-0	Diethylenetriamine
			141-43-5	Monoethanolamine
		방부제	110-91-8	Tetrahydro-2H-1, 4Oxazine
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
			50-00-0	formaldehyde
			55965-84-9	5-Chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazol one, mixt.with2-methyl-3(2H)-isothiazolo ne
		부식방지제	26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
			98-73-7	4-tert-Butylbenzoic acid
		산화방지제	122-39-4	diphenylamine
		에멀전화제/계면활성제/분산제	151-21-3	Sodium dodecyl sulfate
흡입하면 유독함 (H331)		기유(베이스오일)	151006-63-2	polyalphaolefin
		방부제	110-91-8	Tetrahydro-2H-1, 4Oxazine
			111-30-8	Glutaraldehyde
			1570-64-5	Phenol, 4-cloro-2-methyl- (ortho-)
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
			50-00-0	formaldehyde
			55406-53-6	3-요오드-2-프로필릴 뷰틸 카바민산 (3-IODO-2-PROPYNYL BUTYL CARBAMATE)
			55965-84-9	5-Chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazol one, mixt.with2-methyl-3(2H)-isothiazolo ne
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
		산화방지제	122-39-4	diphenylamine
		커플링제	111-76-2	Butyl cellosolve
			112-30-1	decanol

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
급성독성 4	삼키면 (H302) 유해함	pH유지제(pH향상제)	101-83-7	Dicyclohexylamine
			105-59-9	2,2'-methyliminodiethanol
			109-56-8	Isopropylaminoethanol
			111-40-0	Diethylenetriamine
			111-42-2	N,N-Diethanolamine
			1310-58-3	수산화칼륨 (POTASSIUM HYDROXIDE)
			141-43-5	Monoethanolamine
			3040-44-6	N-(hydroxyethyl)piperidine
			78-96-6	1-Amino-2-propanol
		계면활성제	57-11-4	stearic (octadecanoic) acid
		극압첨가제	101-02-0	Aryl phosphite
		방부제	110-91-8	Tetrahydro-2H-1, 4Oxazine
			122-99-6	(2-hydroxy-ethyl)-phenyl-ether
			128-37-0	2,6-Di-Tert-Butyl-P-Cresol
			128-39-2	2,6-di-tert-butylphenol
			132-27-4	o-phenylphenol sodium (OPP-Na or SOPP)
			25013-16-5	tert-butyl-4-hydroxyanisole (BHA)
			26172-55-4	5-chloro-2-methy
			2634-33-5	1,2-벤즈아이소티아졸린-3-온
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
			3811-73-2	Pyridine-2-thiol 1-oxide, sodium salt
			4719-04-4	2,2',2''-(hexahydro-1,3,5-triazine-1,3,5-triyl)triethanol
			51200-87-4	4,4-Dimethyloxazolidine
			55406-53-6	3-요오드-2-프로필릴 뷰틸 카바민산 (3-IODO-2-PROPYNYL BUTYLCARBAMATE)
			59-50-7	4-Choro-3-methylphenol
			6440-58-0	포름알데히드 방출형
			90-43-7	o-Phenylphenol
		부식방지제	26172-55-4	5-chloro-2-methy
			2634-33-5	1,2-벤즈아이소티아졸린-3-온
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
			29385-43-1	메틸-1H-벤조트라이아졸 (METHYL-1H-BENZOTRIAZOLE)
			3811-73-2	Pyridine-2-thiol 1-oxide, sodium salt
			6440-58-0	포름알데히드 방출형

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
			65-85-0	benzoic acid
			919-30-2	3-aminopropyltriethoxysilane
			95-14-7	벤조트리아졸(BENZOTRIAZOLE)
			98-73-7	4-tert-Butylbenzoic acid
		산화방지제	122-39-4	diphenylamine
			68921-45-9	diphenylamine, octylated
			90-30-2	N-phenyl-1-naphthylamine
		에멀전화제/계면활 성제/분산제	151-21-3	Sodium dodecyl sulfate
			25155-30-0	도데실벤젠술폰산나트륨
			61791-14-8	아민, 코코 알킬, 에톡시레이트
		연화제	9002-93-1	Octylphenol ethoxylate
			64-02-8	Ethylenediaminetetraacetic acid tetrasodium salt
		윤활제(막강도증 강)	11098-84-3	ammoniummolybdate
			126-73-8	tri-n-butyl phosphate
			148-18-5	sodium diethyldithiocarbamate
		커플링제	107-21-1	에틸렌글리콜
			111-27-3	hexanol
			111-46-6	Diethylene Glycol
			111-76-2	Butyl cellosolve
			111-87-5	octanol
			122-99-6	(2-hydroxy-ethyl)-phenyl-ether
			25322-68-3	PolyEthyleneGlycol
			57-55-6	Propyleneglycol
		킬레이트제	94-96-2	2-ethyl-1,3-hexandiol
			64-02-8	Ethylenediaminetetraacetic acid tetrasodium salt
피부와 접촉하면 유해함(H312)		pH유지제(pH향상 제)	111-40-0	Diethylenetriamine
			141-43-5	Monoethanolamine
			78-96-6	1-Amino-2-propanol
			929-06-6	2-(2-아미노에톡시)에탄올
		방부제	110-91-8	Tetrahydro-2H-1, 4Oxazine
			111-30-8	Glutaraldehyde
			122-99-6	(2-hydroxy-ethyl)-phenyl-ether
			51200-87-4	4,4-Dimethyloxazolidine
			59-50-7	4-Choro-3-methylphenol
			90-43-7	o-Phenylphenol
		커플링제	111-27-3	hexanol
			111-76-2	Butyl cellosolve
			122-99-6	(2-hydroxy-ethyl)-phenyl-ether
			94-96-2	2-ethyl-1,3-hexandiol
흡입하면 유해함		pH유지제(pH향상 제)	101-83-7	Dicyclohexylamine
			141-43-5	Monoethanolamine

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
(H332)		극압첨가제	101-02-0	Aryl phosphite
			151006-61-0	polyalphaolefin
		기유(베이스오일)	64741-88-4	Solvent-refined heavy paraffinic petroleum distillate
			64741-89-5	Solvent-refined light paraffinic petroleum distillate
			YK-D130	
			64742-46-7	수첨탈황처리된중간증류물 (Hydrotreatedmiddledistillate)
			64742-53-6	심하계수소화처리된경나프 텐 증 류 액 (Distillates(Petroleum)Hydrotreatedli ghtNaphthenic)
			64742-55-8	Ultra-S2 / 60N
			64742-65-0	Solvent dewaxed heavy paraffinic petroleum distillate
			72623-86-0	Hydrotreated neutral oil, C15-C30
		방부제	110-91-8	Tetrahydro-2H-1, 4Oxazine
			26172-55-4	5-chloro-2-methy
			51200-87-4	4,4-Dimethyloxazolidine
		부식방지제	26172-55-4	5-chloro-2-methy
			35554-44-0	1-(2-allyloxy)-2-(2,4-dichlorophenyl ethyl)-1H-imidazole
		커플링제	95-14-7	벤조트리아졸(BENZOTRIAZOLE)
			107-98-2	프로필렌글리콜모노메틸에테르
			111-27-3	hexanol
			111-76-2	Butyl cellosolve
			78-83-1	isobutanol

② 피부부식성/피부자극성

<표 3-48> 금속가공유 성분 중 피부부식성/피부자극성 물질

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
피부부 식성/피 부자극 성 1	피부에 심한 화 상과 눈 손상을 일으킴(H314)	pH유지제(pH향상 제)	101-83-7	Dicyclohexylamine
			111-40-0	Diethylenetriamine
			1310-58-3	수산화칼륨 (POTASSIUM HYDROXIDE)
			141-43-5	Monoethanolamine
			78-96-6	1-Amino-2-propanol
			929-06-6	2-(2-아미노에톡시)에탄올
		기유(베이스오일)	64741-66-8	경알킬레이트납사(Light Alkylate Naphtha)

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
피부부 식성/피 부 자극 성2	피부에 자극을 일으킴(H315)	방부제	110-91-8	Tetrahydro-2H-1, 4Oxazine
			111-30-8	Glutaraldehyde
			132-27-4	o-phenylphenol sodium (OPP-Na or SOPP)
			1570-64-5	Phenol, 4-chloro-2-methyl- (ortho-)
			26172-55-4	5-chloro-2-methy
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
			2682-20-4	2-methyl-4-isothiazolin-3-one
			50-00-0	formaldehyde
			55965-84-9	5-Chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazol one, mixt.with2-methyl-3(2H)-isothiazol one
			26172-55-4	5-chloro-2-methy
		부식방지제	26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
			2682-20-4	2-methyl-4-isothiazolin-3-one
			919-30-2	3-aminopropyltriethoxysilane
			7704-34-9	SULPHUR
		윤활제(막강도증 강)	112-30-1	decanol
		커플링제	102-71-6	Triethanolamine
		pH유지제(pH향상 제)	111-42-2	N,N-Diethanolamine
			121-93-7	Isopropyl-diethanolamine
			124-68-5	2-Amino-2-methyl-1-propanol
			3040-44-6	N-(hydroxyethyl)piperidine
			111-20-6	SEBACIC ACID
		계면활성제	112-80-1	올레인산
			123-99-9	AZELAIC ACID
			30399-84-9	isostearic acid
			57-10-3	palmitic (hexadecanoic) acid
			57-11-4	stearic (octadecanoic) acid
			61790-37-2	tallow fatty acid
			77-92-9	Citric acid
		극압첨가제	101-02-0	Aryl phosphite
			4259-15-8	2-ethylhexyl zinc dithiophosphate
			68515-88-8	2,4,4- Trimethylpentene,Sulfurized
			68649-42-3	Zinc alkylidithiophosphate
		기유(베이스오일)	11138-60-6	Trimethylolpropane trioleate
			112-40-3	도데칸(DODECANE)
			629-50-5	트리데칸(TRIDECANE)

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
방부제			64742-53-6	심하게수소화처리된경나프 텐 증 류 액 (Distillates(Petroleum)Hydrotreatedli ghtNaphthenic)
			64742-81-0	저유황 등유(Low Sulfur Kerosene)
			64742-82-1	Hydro desulfurized heavy naphtha
			68515-32-2	Benzene, monoalkyl(C=12-14) derivs., fractionation bottoms
			68551-17-7	C10-13 ISOALKANES
			8052-41-3	YK-MD40
			118-82-1	4,4'-methylene bis(2,6-di-tert-butylphenol) (dimeric BHT)
			122-99-6	(2-hydroxy-ethyl)-phenyl-ether
			128-39-2	2,6-di-tert-butylphenol
			132-27-4	o-phenylphenol sodium (OPP-Na or SOPP)
			2634-33-5	1,2-벤즈아이소티아졸린-3-온
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3 -ONE)
			3586-55-8	포름알데히드 방출형
			50-00-0	formaldehyde
			55406-53-6	3-요오드-2-프로필일 뷰틸 카바민산 (3-IODO-2-PROPYNYL BUTYL CARBAMATE)
			5625-90-1	N,N'-메틸렌비스모르폴린
			59-50-7	4-Choro-3-methylphenol
			6440-58-0	포름알데히드 방출형
			90-43-7	o-Phenylphenol
			98-54-4	4-tert-butylphenol
부식방지제			10043-35-3	붕산(BORIC ACID)
			111-20-6	SEBACIC ACID
			123-99-9	AZELAIC ACID
			1312-76-1	규산 칼륨 (POTASSIUM SILICATE)
			2634-33-5	1,2-벤즈아이소티아졸린-3-온
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3 -ONE)
			61789-86-4	Sulfonic acids, petroleum, calcium salts
			6440-58-0	포름알데히드 방출형
			65-85-0	benzoic acid
			80584-91-4	카보실릭산

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
	산화방지제		98-73-7	4-tert-Butylbenzoic acid
			122-39-4	diphenylamine
			90-30-2	N-phenyl-1-naphthylamine
	에멀전화제/계면활성제/분산제		112-80-1	올레인산
			25155-30-0	도데실벤젠술포산나트륨
			68154-97-2	알코올, C10-12, 에톡실산화 프로폭실산화
				에톡실산화 알코올
			68551-12-2	(C12-C16)(ETHOXYLATED ALCOHOLS (C12-C16))
			68608-26-4	Sodium Petroleum Sulfonate
			84133-50-6	폴리옥시에틸렌알킬에테르
			9002-92-0	Polyoxyethylene lauryl ether
			9002-93-1	Octylphenol ethoxylate
			9004-98-2	Polyoxyethylene (5) oleyl ether
	염료(색소)		518-47-8	C20-H12-O5-Na
			107-66-4	dibutyl phosphate
			11098-84-3	ammoniummolybdate
	윤활제(막강도증강)		111-82-0	Methyl laurate
			122-62-3	DOS (Diethyl sebacate)
			123-95-5	Butyl Stearate
			126-73-8	tri-n-butyl phosphate
			7704-34-9	SULPHUR
			8001-31-8	coconut oil
			8001-79-4	ricinus oil
			8002-09-3	솔기름(PINE OIL)
	커플링제		107-41-5	hexylene glycol
			111-76-2	Butyl cellosolve
			112-27-6	triethylene glycol
			122-99-6	(2-hydroxy-ethyl)-phenyl-ether
			3913-02-8	2-butyl-1-octanol
			57-55-6	Propyleneglycol
	킬레이트제		78-83-1	isobutanol
			77-92-9	Citric acid

③ 심한 눈 손상성/ 눈 자극성

<표 3-49> 금속가공유 성분 중 심한 눈 손상성/눈 자극성 물질

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
심한 눈에 눈 손 을 일으킴(H318)	심한 손상 pH유지제(pH향상제)		101-83-7	Dicyclohexylamine
			111-40-0	Diethylenetriamine

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
상성/눈 자극성 1			111-42-2	N,N-Diethanolamine
			115-70-8	2-amino-2-ethyl-1,3-propanediol
			124-68-5	2-Amino-2-methyl-1-propanol
			1310-58-3	수산화칼륨 (POTASSIUM HYDROXIDE)
			141-43-5	Monoethanolamine
			78-96-6	1-Amino-2-propanol
			929-06-6	2-(2-아미노에톡시)에탄올
		계면활성제	77-92-9	Citric acid
		기유(베이스오일)	64741-66-8	경 알킬레이트 납사(Light Alkylate Naphtha)
	방부제		110-91-8	Tetrahydro-2H-1, 4Oxazine
			111-30-8	Glutaraldehyde
			132-27-4	o-phenylphenol sodium (OPP-Na or SOPP)
			26172-55-4	5-chloro-2-methy
			2634-33-5	1,2-벤즈아이소티아졸린-3-온
			2682-20-4	2-methyl-4-isothiazolin-3-one
			55406-53-6	3-iodo-2-propynyl butyl carbamate
			55965-84-9	5-Chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazolone, mixt.with 2-methyl-3(2H)-isothiazolone
			59-50-7	4-Chloro-3-methylphenol
			6440-58-0	포름알데히드 방출형
			98-54-4	4-tert-butylphenol
	부식방지제		26172-55-4	5-chloro-2-methy
			2634-33-5	1,2-벤즈아이소티아졸린-3-온
			2682-20-4	2-methyl-4-isothiazolin-3-one
			35554-44-0	1-(2-allyloxy)-2-(2,4-dichlorophenyl)ethyl-1H-imidazole
			6440-58-0	포름알데히드 방출형
			65-85-0	benzoic acid
			919-30-2	3-aminopropyltriethoxysilane
	산화방지제		122-39-4	diphenylamine
	연화제		64-02-8	Ethylenediaminetetraacetic acid tetrasodium salt
	윤활제(막강도증강)		11098-84-3	ammoniummolybdate
			7704-34-9	SULPHUR
	커플링제		112-30-1	decanol
			143-22-6	2-(2-butoxyethoxy)ethoxyrthanol
			78-83-1	isobutanol

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
심한 눈손상성/눈 자극성 2	눈에 심한 자극 을 일으킴(H319)	킬레이트제	94-96-2	2-ethyl-1,3-hexandiol
			64-02-8	Ethylenediaminetetraacetic acid tetrasodium salt
			77-92-9	Citric acid
		pH유지제 (pH향상 제)	102-71-6	Triethanolamine
			105-59-9	2,2'-methyliminodiethanol
			109-56-8	Isopropylaminoethanol
			121-93-7	Isopropyl-diethanolamine
			124-68-5	2-Amino-2-methyl-1-propanol
			3040-44-6	N-(hydroxyethyl)piperidine
			34375-28-5	2-((hydroxymethyl)amino)ethanol
			96-20-8	2-amino-1-butanol
		계면활성제	124-04-9	Adipic acid
			1338-24-5	Fatty Acid
			25103-52-0	isooctanoic acid
			57-11-4	stearic (octadecanoic) acid
			61790-37-2	tallow fatty acid
		극압첨가제	693-23-2	도데칸디옥산
			101-02-0	Aryl phosphite
			4259-15-8	2-ethylhexyl zinc dithiophosphate
			68515-88-8	2,4,4-Trimethylpentene,Sulfurized
		기유(베이스오일)	68649-42-3	Zinc alkyl dithiophosphate
			629-50-5	트리데칸(TRIDECANE) 심하게수소화처리된경나프 텐 증 류 액 (Distillates(Petroleum)Hydrotreated lightNaphthenic)
			64742-53-6	
			68037-01-4	PAO 4 - 1-Decene, homopolymer, hydrogenated
			68515-32-2	Benzene, monoalkyl(C=12-14) derivs., fractionation bottoms
			68551-17-7	C10-13 ISOALKANES
			8052-41-3	YK-MD40
		방부제	118-82-1	4,4'-methylene bis(2,6-di-tert-butylphenol) (dimeric BHT)
			122-99-6	(2-hydroxy-ethyl)-phenyl-ether
			2224-44-4	4-(2-nitrobutyl)morpholine
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3- ONE)
			3586-55-8	포름알데히드 방출형
			50-00-0	formaldehyde
			55406-53-6	3-요오드-2-프로필릴 뷰틸 카바민산 (3- IODO-2-PROPYNYL

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
				BUTYLCARBAMATE
			5625-90-1	N,N'-메틸렌비스모르폴린
			7747-35-5	7a-Ethyldihydro-1H,3H,5H-oxazol o{3,4-c}oxazole
			90-43-7	o-Phenylphenol
			98-54-4	4-tert-butylphenol
			10043-35-3	붕산(BORIC ACID)
			124-04-9	Adipic acid
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3- ONE)
			35554-44-0	1-(2-allyloxy)-2-(2,4-dichlorophen yl)ethyl)-1H-imidazole
	부식방지제		61789-86-4	Sulfonic acids, petroleum, calcium salts
			65-85-0	benzoic acid
			693-23-2	도데칸디오익산
			7632-00-0	아초산 소다(SODIUM NITRITE)
			80584-91-4	카보실릭산
			95-14-7	벤조트리아졸(BENZOTRIAZOLE)
			98-73-7	4-tert-Butylbenzoic acid
	산화방지제		90-30-2	N-phenyl-1-naphthylamine
	소포제		9004-62-0	소포제(유해하지않음)
			25155-30-0	도데실벤젠술포산나트륨
			61791-12-6	에톡실레이티드파마자유 (ETHOXYLATEDCASTOROIL)
			68551-12-2	에톡실산화 알코올 (C12-C16)(ETHOXYLATED ALCOHOLS (C12-C16))
	에멀전화제/계면활 성제/분산제		68608-26-4	Sodium Petroleum Sulfonate
			84133-50-6	폴리옥시에틸렌알킬에테르
			9002-92-0	Polyoxyethylene lauryl ether
			9002-93-1	Octylphenol ethoxylate
			9004-98-2	Polyoxyethylene (5) oleyl ether
			9014-85-1	Ethoxylated 2,4,7,9-Tetramethyl 5 decyn-4,7-diol
	염료(색소)		518-47-8	C20-H12-O5-Na
			107-66-4	dibutyl phosphate
			126-73-8	tri-n-butyl phosphate
			1623-15-0	mono-n-butyl phosphate
			1809-19-4	di-n-butyl phosphite
	윤활제(막강도증강)		2527-58-4	2,2'-dithiobis(N-methylbenzamide)
			8001-31-8	coconut oil
			8001-79-4	ricinus oil
			8002-09-3	솔 기름(PINE OIL)

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
		커플링제	107-41-5	hexylene glycol
			107-98-2	프로필렌글리콜모노메틸에테르
			111-27-3	hexanol
			111-76-2	Butyl cellosolve
			111-87-5	octanol
			112-34-5	Diethylene glycol monobutyl ether
			122-99-6	(2-hydroxy-ethyl)-phenyl-ether
			143-22-6	2-(2(2-butoxyethoxy)ethoxy)ethanol
			57-55-6	Propyleneglycol
			67-63-0	isopropanol
			78-83-1	isobutanol
			94-96-2	2-ethyl-1,3-hexandiol
		킬레이트제	2809-21-4	Phosphonate
			60-00-4	ethylene diamine tetraacetic acid
			6381-92-6	D i s o d i u m ethylenediaminetetraacetate dihydrate
			6419-19-8	Phosphonate

④ 피부과민성/ 호흡기과민성

<표 3-50> 금속가공유 성분 중 피부과민성/호흡기과민성 물질

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
피부 과민성 1	알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음(H317)	pH유지제(pH향상 제)	102-71-6	Triethanolamine
			111-40-0	Diethylenetriamine
			115-70-8	2-amino-2-ethyl-1,3-propanediol
			141-43-5	Monoethanolamine
		계면활성제	77-92-9	Citric acid
		극압첨가제	101-02-0	Aryl phosphite
		기유(베이스오일)	151006-63-2	polyalphaolefin
		방부제	111-30-8	Glutaraldehyde
			128-37-0	2,6-Di-Tert-Butyl-P-Cresol
			26172-55-4	5-chloro-2-methy
			2634-33-5	1,2-벤즈아이소티아졸린-3-온
			26530-20-1	2-N-옥틸-4-아이소티아졸린-3-온 (2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
			2682-20-4	2-methyl-4-isothiazolin-3-one
			4719-04-4	2,2',2''-(hexahydro-1,3,5-triazine-

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
호흡기 과민성 1	흡입시 알레르기성 반응, 천식 또는 호흡 곤란을 일으킬 수 있음(H334)	부식방지제		1,3,5-triyltriethanol
			50-00-0	formaldehyde
			55406-53-6	3-요오드-2-프로핀일 뷰틸 카바민 산 (3- IODO - 2 - PROPYNYL BUTYLCARBAMATE
			55965-84-9	5-Chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazolone,mixt.with2-methyl-3(2H)-isothiazolone
			59-50-7	4-Choro-3-methylphenol
			6440-58-0	포름알데히드 방출형
			26172-55-4	5-chloro-2-methy
			2634-33-5	1,2-벤즈아이소티아졸린-3-온
			26530-20-1	(2-N-OCTYL-4-ISOTHIAZOLIN-3-ONE)
			2682-20-4	2-methyl-4-isothiazolin-3-one
			61789-86-4	Sulfonic acids, petroleum, calcium salts
			6440-58-0	포름알데히드 방출형
			919-30-2	3-aminopropyltriethoxysilane
		산화방지제	122-39-4	diphenylamine
			90-30-2	N-phenyl-1-naphthylamine
		에멀전화제/계면활성제/분산제	25155-30-0	도테실벤젠술폰산나트륨
		윤활제 (막강도증강)	68608-26-4	Sodium Petroleum Sulfonate
			26523-78-4	trisnonylphenyl phosphite
		커플링제	94-96-2	2-ethyl-1,3-hexandiol
		킬레이트제	77-92-9	Citric acid
		pH유지제(pH향상제)	111-40-0	Diethylenetriamine
			141-43-5	Monoethanolamine
		방부제	111-30-8	Glutaraldehyde
			50-00-0	formaldehyde
		부식방지제	6440-58-0	포름알데히드 방출형
			6440-58-0	포름알데히드 방출형

⑤ 흡인유해성

<표 3-51> 금속가공유 성분 중 흡인유해성 물질

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
흡인 유해성	삼켜서 기도로 유입되면 치명적	pH유지제(pH향상제)	1310-58-3	수산화칼륨 (POTASSIUM HYDROXIDE)

1	일 수 있음 (H304)	기유(베이스오일)	629-50-5	트리데칸(TRIDECANE)
			64741-66-8	경 알킬레이트 납사(Light Alkylate Naphtha)
			64741-88-4	Solvent-refined heavy paraffinic petroleum distillate
			64742-47-8	EXXSOLD80FLUID DISTILLATES(PETROLEUM),HY DROTREATEDLIGHT
			64742-48-9	아이소-파라핀
			64742-53-6	심하게수소화처리된경나프 텐 증 류 액 (Distillates(Petroleum)Hydrotreated lightNaphthenic)
			64742-81-0	저유황 등유(Low Sulfur Kerosene)
			64742-82-1	Hydro desulfurized heavy naphtha
			8052-41-3	YK-MD40
흡 인 유 해 성 2	삼켜서 기도로 유입되면 유해할 수 있음(H305)	pH유 지 제(pH향상 제)	78-96-6	1-Amino-2-propanol
		계면활성제	57-11-4	stearic (octadecanoic) acid
		기유(베이스오일)	64742-81-0	저유황 등유(Low Sulfur Kerosene)
		윤 활 제 (막 강 도 증 강)	8002-09-3	솔 기름(PINE OIL)
		커플링제	111-27-3	hexanol
			111-87-5	octanol
			67-63-0	isopropanol
			78-83-1	isobutanol

⑥ 특정 표적장기 독성

<표 3-52> 금속가공유 성분 중 특정 표적장기 독성 물질

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
특 정 표 적 장 기 신 체 중 (...) 독 성 (1 손상을 일으킴 회 노 (H370) 출)1		pH유 지 제(pH향상 제)	1310-58-3	수산화칼륨 (POTASSIUM HYDROXIDE)
			141-43-5	Monoethanolamine
		기유(베이스오일)	151006-63-2	polyalphaolefin
			110-91-8	Tetrahydro-2H-1, 4Oxazine
		방부제	111-30-8	Glutaraldehyde
			128-37-0	2,6-Di-Tert-Butyl-P-Cresol
			50-00-0	formaldehyde
			122-39-4	diphenylamine
		커플링제	107-21-1	에틸렌글리콜
			67-63-0	isopropanol

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
특 정 표 적 장 기 독 성 (1 회 노 출)3	호흡기계 자극을 일으킬 수 있음 (H335)	pH유지제(pH향상 제)	102-71-6	Triethanolamine
			34375-28-5	2-((hydroxymethyl)amino)ethanol
			124-04-9	Adipic acid
		계면활성제	61790-37-2	tallow fatty acid
			77-92-9	Citric acid
			8002-26-4	Tall oil
		극압첨가제	4259-15-8	2-ethylhexyl zinc dithiophosphate
			68649-42-3	Zinc alkylidithiophosphate
			68937-41-7	henol, isopropylated, phosphate (3:1) [Triphenyl phosphate >5%]
		기유(베이스오일)	68037-01-4	PAO 4 - 1-Decene, homopolymer, hydrogenated
			68515-32-2	Benzene, monoalkyl(C=12-14) derivs., fractionation bottoms
			68551-17-7	C10-13 ISOALKANES
			8052-41-3	YK-MD40
			122-99-6	(2-hydroxy-ethyl)-phenyl-ether
			132-27-4	o-phenylphenol sodium (OPP-Na or SOPP)
			3811-73-2	Pyridine-2-thiol 1-oxide, sodium salt
		방부제	55406-53-6	3-요오드-2-프로핀일 뷰틸 카바민 산 (3-IODO-2-PROPYNYL BUTYLCARBAMATE
			6440-58-0	포름알데히드 방출형
			90-43-7	o-Phenylphenol
			98-54-4	4-tert-butylphenol
		부식방지제	10043-35-3	붕산(BORIC ACID)
			124-04-9	Adipic acid
			3811-73-2	Pyridine-2-thiol 1-oxide, sodium salt
			6440-58-0	포름알데히드 방출형
			95-14-7	벤조트리아졸(BENZOTRIAZOLE)
			98-73-7	4-tert-Butylbenzoic acid
		산화방지제	90-30-2	N-phenyl-1-naphthylamine
		소포제	9004-62-0	소포제(유해하지않음)
			9016-00-6	poly dimethyl siloxane
			25155-30-0	도데실벤젠술폰산나트륨
			61791-12-6	에톡실레이티드파마자유 (ETHOXYLATEDCASTOROIL)
		에멀전화제/계면활 성제/분산제	61791-14-8	아민, 코코 알킬, 에톡시레이트
			68154-97-2	알코올, C10-12, 에톡실산화 프로폭 실산화
			84133-50-6	폴리옥시에틸렌알킬에테르
			9002-92-0	Polyoxyethylene lauryl ether

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
특정 표 적 장기 독성(반 복 노출 출)1	장기간 또는 반 복노출 되면 신 체 중 (...)에 손 상을 일으킴 (H372)	윤활제(막강도증 강)	9003-13-8	폴리프로필렌 글리콜 모노에테르
			9014-85-1	Ethoxylated 2,4,7,9-Tetramethyl 5 decyn-4,7-diol
			107-66-4	dibutyl phosphate
			8001-31-8	coconut oil
			8002-26-4	Tall oil
		커플링제	107-41-5	hexylene glycol
			111-27-3	hexanol
			111-76-2	Butyl cellosolve
			111-87-5	octanol
			122-99-6	(2-hydroxy-ethyl)-phenyl-ether
			78-83-1	isobutanol
		킬레이트제	9003-13-8	폴리프로필렌 글리콜 모노에테르
			77-92-9	Citric acid
		pH유지제(pH향상 제)	111-42-2	N,N-Diethanolamine
		기유(베이스오일)	68515-32-2	Benzene, monoalkyl(C=12-14) derivs., fractionation bottoms
		방부제	132-27-4	o-phenylphenol sodium (OPP-Na or SOPP)
		산화방지제	90-30-2	N-phenyl-1-naphthylamine
		커플링제	107-66-4	dibutyl phosphate
			107-98-2	프로필렌글리콜모노메틸에테르
			67-63-0	isopropanol
			78-83-1	isobutanol
특정 표 적 장기 독성(반 복 노출 출)1	장기간 또는 반 복노출 되면 신 체 중 (...)에 손 상을 일으킴 (H372)	pH유지제(pH향상 제)	141-43-5	Monoethanolamine
		계면활성제	124-04-9	Adipic acid
		기유(베이스오일)	64742-82-1	Hydro desulfurized heavy naphtha
			8052-41-3	YK-MD40
		방부제	110-91-8	Tetrahydro-2H-1, 4Oxazine
			111-30-8	Glutaraldehyde
			50-00-0	formaldehyde
			55406-53-6	3-요오드-2-프로필일 뷰틸 카바민 산(3-IODO-2-PROPYNYL BUTYLCARBAMATE
		부식방지제	10043-35-3	붕산(BORIC ACID)
			124-04-9	Adipic acid
			65-85-0	benzoic acid
			98-73-7	4-tert-Butylbenzoic acid
		산화방지제	122-39-4	diphenylamine
		커플링제	107-21-1	에틸렌글리콜

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
특정 표 적 장기 독성(반 복 노출 출)2	장기간 또는 반 복노출 되면 신 체 중 (...)에 손 상을 일으킬 수 있음(H373)	킬레이트제	111-46-6	Diethylene Glycol
		pH유지제(pH향상 제)	60-00-4	ethylene diamine tetraacetic acid
			111-42-2	N,N-Diethanolamine
		극압첨가제	101-02-0	Aryl phosphite
			85535-85-9	C14-17 Chlorinated paraffin
		기유(베이스오일)	64741-88-4	Solvent-refined heavy paraffinic petroleum distillate
			64742-48-9	아이소-파라핀
			8052-41-3	YK-MD40
		방부제	128-37-0	2,6-Di-Tert-Butyl-P-Cresol
				3-요오드-2-프로필릴 뷰틸 카바민 산(3-iodo-2-propynyl butylcarbamate
			55406-53-6	
		부식방지제	35554-44-0	1-(2-allyloxy)-2-(2,4-dichlorophen yl)ethyl)-1H-imidazole
			65-85-0	benzoic acid
			7632-00-0	아초산 소다(SODIUM NITRITE)
		산화방지제	122-39-4	diphenylamine
			90-30-2	N-phenyl-1-naphthylamine
		윤활제(막강도증 강)	107-66-4	dibutyl phosphate
			117-81-7	DOP (DIOCTYL PHTHALATE)
			126-73-8	tri-n-butyl phosphate
		커플링제	111-76-2	Butyl cellosolve
			67-63-0	isopropanol

⑧ 변이원성

<표 3-53> 금속가공유 성분 중 변이원성 물질

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
생식 세 포 변 이 원 성 1A,1B	유전적인 결함을 일으킬 수 있음 (H340)	기유(베이스오일)	64741-66-8	경 알킬레이트 납사(Light Alkylate Naphtha)
			64742-48-9	아이소-파라핀
			64742-82-1	Hydro desulfurized heavy naphtha
			8052-41-3	YK-MD40
		부식방지제	10605-21-7	2-benzimidazole carbamic acid methyl ester
생식 세 포 변	유전적인 결함을 일으킬 것으로	기유(베이스오일)	79-01-6	BASE OIL(TRICHLOROETHYLENE)
		방부제	50-00-0	formaldehyde

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
이 원 성 2	의심됨(H341)	산화방지제	90-30-2	N-phenyl-1-naphthylamine
		윤 활 제 (막 강 도 증 강)	22042-96-2	diethylenetriamine pentakis(methylenephosphonic acid)
			26444-49-5	diphenyl cresyl phosphate
		커플링제	111-87-5	octanol
		킬레이트제	15827-60-8	Phosphonate

⑨ 생식독성/수유독성

<표 3-54> 금속가공유 성분 중 생식독성 물질

유해성 분류	H-code내용	구분	카스번호	화학물질명
생 식 독 성 1A,1B	태아 또는 생식 능력에 손상을 일으킬 수 있음 (H360)	부식방지제	10043-35-3	붕산(BORIC ACID)
			10605-21-7	2-benzimidazole carbamic acid methyl ester
			98-73-7	4-tert-Butylbenzoic acid
		윤 활 제 (막 강 도 증 강)	117-81-7	DOP (DIOCTYL PHTHALATE)
생 식 독 성2	태아 또는 생식 능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨(H361)	방부제	98-54-4	4-tert-butylphenol
		소포제	9004-62-0	하이드록시에틸 셀룰로스
			9016-00-6	poly dimethyl siloxane
		윤 활 제 (막 강 도 증 강)	103-23-1	DOA (DIOCTYL ADIPATE)
			8001-79-4	ricinus oil
		커플링제	112-27-6	triethylene glycol
			112-30-1	decanol
수 유 독 성	모유를 먹는 아 이에게 유해할 수 있음(H362)	극압첨가제	85535-85-9	C14-17 Chlorinated paraffin
		윤 활 제 (막 강 도 증 강)	22042-96-2	diethylenetriamine pentakis(methylenephosphonic acid)

(6) 금속가공유의 유해성에 대한 검토 결과

○ 금속가공유와 관련한 암과 피부질환 및 호흡기질환은 잘 알려져 있음. 본 연구는 그러한 질환이 금속가공유 중에서 어떤 성분들과 관련이 있는지 살펴볼

수 있음. 특히, 중요한 첨가제들과 그로 인한 건강문제를 살펴보면 다음과 같음.

○ 압과 피부질환 및 호흡기질환은 모두 금속가공유의 주성분을 이루고 있는 기유로부터 비롯될 수 있다는 점을 다시 확인함. 비수용성 및 수용성 금속가공유의 기유는 미네랄오일을 기반으로 하며 다핵방향족탄화수소의 함유가능성이 있어 발암성 1B로 구분되고 있었음. 물론 다핵방향족탄화수소의 함량이 낮아 발암 우려가 없는 기유들도 존재함. 미네랄오일의 경우 피부자극은 있지만 알레르기성 피부염을 일으키지는 않음. 한편, 반합성 및 합성 오일의 기유인 일부 폴리알파올레핀은 발암성은 없으나 알레르기성 피부염과 호흡기계 자극을 발생시킬 수 있는 것으로 보임. 극압첨가제는 염화파라핀 계열이 사용되는데 이 물질은 잔류성과 발암성 등이 우려됨.

○ 피부질환을 일으키는 첨가제 종류로 주목받고 있던 방부제의 경우 자극성피부염은 물론 CMIT, MIT, BHT, OIT, glutaldehyde, formaldehyde 등의 다수 성분이 알레르기성 피부염을 일으킬 수 있으며, CMIT/MIT와 같은 방부제는 피부에 대해 급성독성 1 또는 2로 구분되고 있음. Glutaldehyde와 formaldehyde 방출형 방부제는 호흡기 과민성과도 관련 있음. BHA와 formaldehyde는 발암성이 있었고, 일부 방부제는 생식독성과도 관련이 있음. 사실 방부제의 경우 과민성뿐 아니라 발암성, 변이원성, 생식독성 때문에 더욱 주목받고 있는데, 그러한 사실이 다시 한 번 확인된 셈임. 물론, 금속가공유 중 방부제의 함량이 어느 정도 되느냐에 따라 이러한 독성은 실제로 발생할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있을 것임. 그러한 점에서 독일이나 우리나라 금속노조가 방부제의 함량을 ppm 수준에서 관리하도록 가이드를 제시한 것은 매우 의미가 크다고 할 수 있음.

○ pH 향상제로 사용되는 다수의 아민류는 자극성을 가지고 있었으며, 일부 아민은 알레르기성 피부염을 유발할 수 있는 것으로 확인됨. 그리고 일부 2차 아민은 니트로스아민을 발생시킬 수 있는 종류임. 따라서 pH 향상제 역시 암

과 피부 및 호흡기 질환과 연관성이 큰 첨가제라고 할 수 있었음. 산화방지제도 주로 아민류로 이루어져 있어서 이러한 우려는 유사할 것으로 예상됨.

○ 부식방지제 또한 유해성이 강한 물질들이 다수 사용되고 있었음. 특히 질소와 산소 및 황을 함유한 헤테로싸이클(heterocycle) 화합물들은 호흡기에 대한 자극성과 함께 피부에 대한 과민성을 가진 물질들이었음. 한편 붕산 및 보론화합물들이 부식방지제로 사용되는데 이 물질들은 잘 알려진 생식독성물질임.

○ 계면활성제나 윤활제(막강도강화제), 에멀전화제 및 분산제는 서로 유사한 물질들이 사용되고 있었는데, 프탈레이트와 같은 환경호르몬이자 생식독성물질이 극히 일부지만 발견되기도 함. 그 밖에는 주로 자극성과 피부에 대한 알레르기성 피부염 유발 가능성이 확인됨.

(7) 금속가공유의 성분별 유해성에 대한 검토 의견

○ 금속가공유의 성분이 가진 유해성은 함량에 의해 위해여부가 판가름 날 것으로 보임. 기유, 부식방지제, 계면활성제, 커플링제, 윤활향상제, 극압첨가제 등 다수의 유해첨가제 군이 1% 이상 함유되고 때로는 10% 이상 함유되는 점을 고려하면 물질안전보건자료를 통해 해당 성분의 유해성을 잘 확인하고 금속가공유를 선택하는 것이 노동자의 건강 보호를 위해 유효한 방법이 될 수 있을 것으로 보임. 그러나 소포제와 색소 및 방부제류는 첨가되는 양이 1% 미만으로 MSDS 기재 대상이 아닌 경우가 대부분임. 그러나 방부제류의 경우 앞에서 살펴본 피부과민성이나 자극성이 발생하는 수준이 수십 ppm이기 때문에, MSDS 상의 정보로는 방부제의 유해성으로부터 노동자를 보호하는 것이 불가능함. 예를 들어 CMIT/MIT는 0.0015% 이상 함유되어 있을 경우 피부과민성에 대한 경고가 필요하고, OIT와 BIT의 경우는 0.05% 이상 함유되어 있을 때 경고가 필요하다고 독일 VKIS, VSI, IGM 리스트는 주장하고 있음. 게다가 방

부제의 경우 발암성이나 생식독성 물질도 다수 포함되어 있어 더더욱 우려가 큰 상황임. 고용노동부의 「화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준」에서도 과민성 물질에 대해 컷오프 값을 1%로 제시하고 있어, 제조자들이 자신들이 생산하는 금속가공유가 피부과민성 또는 호흡기 자극이나 천식 등 알레르기 증상을 유발할 수 있다는 것을 알고 있더라도 물질안전보건자료에는 표시하지 않아도 무방한 상황에 놓여있다고 할 수 있음. 이러한 상황은 GHS 분류를 따르더라도 유사하게 발생될 수 있는 문제로서, 살생물제에 대한 사회적 민감도가 높아진 한국사회에서는 별도의 대책을 마련하는 것이 바람직할 것으로 여겨짐. 금속가공유 내 방부제 성분에 대해서는 별도의 표시기준을 마련하거나 유해성 분류와 관련한 가이드라인을 제공해야만 하는 상황임.

○ 두 번째로 여러 아민류가 사용되는 것에 대해 관심이 필요함. 니트로스아민을 발생시킬 수 있는 2차 아민류인 디에탄올아민이나 모폴린 계열의 물질들에 대해서는 사용을 금지하는 것이 타당함. 유럽에서는 오래 전에 이러한 제도가 도입되었는데, 우리나라에서는 용도별 제한이라는 개념이 없어서 제조자들이 니트로스아민을 발생시킬 수 있는 아민류를 금속가공유에 사용하더라도 그것을 막을 길이 없는 상황임. 하지만 금속노조와 금속가공유 제조자들이 2012년에 체결한 민간협약에서는 이미 디에탄올아민 사용을 금지하는 등 시장에서 보다 적극적 움직임이 펼쳐지고 있는 점을 주목할 필요가 있음. 정부가 허가나 사용 제한 및 금지를 도입하고 시행하는 데는 고려할 사항이 많고 추진하는데 오랜 시간이 걸린다는 점을 고려한다면, 한국에서 민간의 협약이 존재하는 것을 정부가 적극 활용하여 자발적으로 유해물질을 저감하도록 하고 그 결과를 반영하여 금속가공유 내 유해성분을 사용제한할 수 있는 길을 찾는다면 실효성이 높을 것으로 보임. 극압첨가제로 염화과라핀 계열이 사용되는 것도 마찬가지로의 해법이 적용되어야 할 것으로 봄.

2) 알코올류

(1) 에탄올

○ 에탄올은 탄소 두 개를 가진 알코올(C_2H_5OH)로서 ‘술’의 주성분으로 인체독성은 다른 화학물질에 비해 크지 않으며, 섭취, 흡입, 피부를 통해 체내에 흡수됨. 급성 건강영향은 술에 취한 증상과 같이 중추신경계에 주로 영향을 미쳐, 두통, 어지러움, 보행 장애 등의 증상을 일으킴. 장기간 에탄올에 노출되면 간이나 신경계 증상을 일으킬 수 있으며, International Agency for Research on Cancer(IARC)에서 정한 섭취에 의해 암을 유발할 수 있는 화학물질임. 눈과 같은 점막에 접촉하면 타는 듯 한 느낌과 심한 자극 증상을 일으킴.

○ 미국 질병관리본부(CDC, Centers for Disease Control)의 Standards Completion Program(SCP)에서 정한 즉각적으로 생명이나 건강에 위험한 IDLH(Immediately Dangerous to Life or Health) 농도는 15,000 ppm이지만 폭발안전을 고려해 10% LEL값인 3,300 ppm을 권고하고 있음.

○ 에탄올의 급성노출 가이드라인(AEGL, Acute Exposure Guideline Level)은 따로 정해진 것이 없으며 AIHA(American Industrial Hygiene Association)에서 정한 비상대응계획 가이드라인(Emergency Response Planning Guideline)인 ERPG-1과 ERPG-2가 각각 1,800 ppm, 3,300 ppm임. 거의 모든 사람들이 생명을 위협하는 증상 없이 1시간 동안 노출될 수 있는 최대농도를 의미하는 ERPG-3은 따로 권고되고 있지 않음. 작업환경기준인 8시간 TWA 노출기준은 우리나라를 비롯해 대부분의 기관에서 1,000 ppm을 권고하고 있으며 단시간 노출기준은 따로 정해진 것이 없음.

<표 3-55> 에탄올의 급성노출기준 및 작업환경 노출기준 (ppm)

	30 min	60 min	8 hrs
IDLH ^a	3,300*		
ERPG-1 ^b		1,800	
ERPG-2 ^c		3,300	
ERPG-3 ^d		N/A	
TLV-TWA ^e			1,000
PEL-TWA ^f			1,000
8-hr TWA (산안법) ^g			1,000

* 흡입에 의한 급성 중독을 고려하면 10,000-15,000 ppm이 IDLH 농도로 적절하지만 폭발안전을 우선 고려해 10% LEL(Lower explosion Limit, 폭발 하한계=33,000ppm) 값을 IDLH 값으로 지정함.

a IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health), 즉각적으로 생명이나 건강에 위험한 농도

b ERPG-1 (Emergency Response Planning Guidelines, American Industrial Hygiene Association), 거의 모든 사람들이 특별한 증상 없이 노출될 수 있는 최대농도

c ERPG-2, 거의 모든 사람들이 비가역적 증상 없이 1시간 동안 노출될 수 있는 최대농도

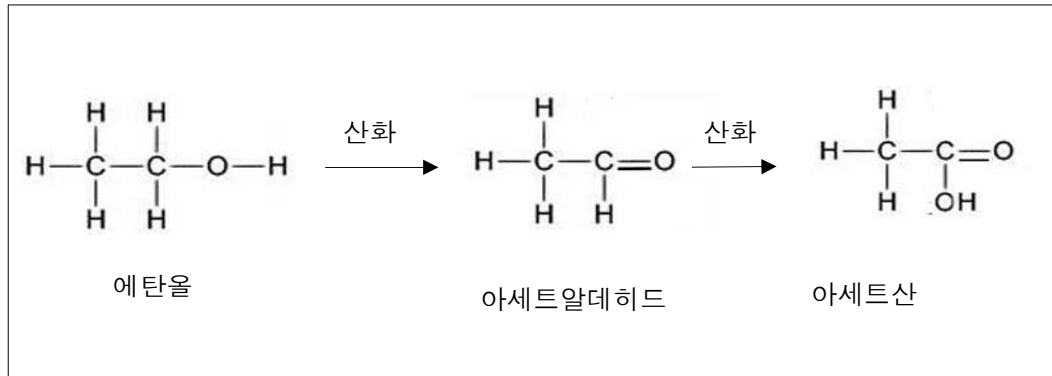
d ERPG-3, 거의 모든 사람들이 생명을 위협하는 증상 없이 1시간 동안 노출될 수 있는 최대농도

e ACGIH의 8시간 노출허용기준

f 미국 산업안전보건청(Occupational Safety & Health Administration)의 8시간 노출기준

g 고용노동부 고시 제 2013-38호 「화학물질 및 물리적인자의 노출기준」에 따른 8시간 노출기준

○ 에탄올은 인체에 들어오면 알코올 산화효소인 탈수소효소(Alcohol dehydrogenase, ADH)의 작용으로 아세트알데히드(Acetaldehyde)가 되며 또다시 알데히드분해효소(Aldehyde Dehydrogenase, ALDH)의 작용으로 아세트산(acetic acid)이 되고, 더 산화되면 물과 이산화탄소로 분해됨. 술을 마신 후 일어나는 숙취는 바로 체내에 분해되지 않고 남아있는 아세트알데히드에 의해 일어나는 증상임.



[그림 3-19] 에탄올의 체내 대사과정

(2) 메탄올

○ 메탄올은 알코올류 중 탄소 하나를 가진 가장 간단한 알코올(CH_3OH)로서 탄소 두개를 가진 에탄올과 물리적 성질이나 냄새가 매우 유사하지만 인체에 들어와서 일으키는 독성 작용은 아주 다름. 메탄올은 흡입, 섭취, 피부 흡수를 통해 체내에 침투할 수 있음. 메탄올의 급성 건강영향은 체내 대사산물에 의한 것으로 혈 중 대사성 산증(metabolic acidosis), 중추신경계를 억제하여 두통, 어지러움, 운동능력 상실 등의 증상을 일으키며, 고농도에 노출되면 시력장애를 일으켜 실명 및 죽음에 이를 수 있음. NIOSH(National Institute of Occupational Safety & Health, 미국 국립산업안전보건연구원)에서 정한 즉각적으로 생명이나 건강에 위협한 IDLH(Immediately Dangerous to Life or Health)는 6,000 ppm임.

○ EPA에서는 메탄올의 급성노출 가이드라인(Acute Exposure Guideline Level)을 3단계로 제시하고 있음. 통상적인 작업노출시간인 8시간 노출을 기준으로 하면 각각 AEGL 1, 2, 3가 270 ppm, 520 ppm, 1600 ppm 임(<표 3-56> 참조). 이 기준은 화학물질에 민감한 그룹을 포함하는 모든 일반인을 대상으로

하기 때문에 작업환경기준 보다는 엄격함(낮음). 특히 메탄올의 비가역적 신체 영향을 예방하는 노출기준인 AEGL 2의 경우 불충분한 증거로 인해 휴먼 데이터가 아닌 동물실험 데이터에서 외삽된 것임. 치명적인 신체영향을 예방하고자 마련된 기준인 AEGL 3의 경우는 혈액투석이 필요한 피크 혈중메탄올 농도인 500 mg/L에 3의 안전계수를 적용한 혈중메탄올 농도 167 mg/L를 기준으로 정한 값임. 즉, 167 mg/L에 Perkins et al.의 약동력학 모델을 적용하여 공기 중 농도로 환산한 후 노출시간 별로 구한 공기 중 농도임. 한편 Kawai et al.의 연구에서는 459 ppm의 공기 중 농도에 반복적으로 노출되었을 때 일시적인 시력 약화가 발생했음을 보고되기도 함. 그러나 다른 케이스 스터디를 보면 혈중 농도 250 mg/L에서 영구시력을 잃었다는 보고가 있으며, 이는 8시간 노출을 가정하면 공기 중 농도가 약 2,300 ppm으로 환산됨. 이는 8시간 작업환경 노출기준인 200 ppm의 10배 이상의 고농도임. 최근 우리나라에서 일어난 메탄올 중독에 의한 시력손실은 정확한 당시 측정 자료는 없지만 이 정도의 고농도에 노출되었을 것으로 추정됨.

<표 3-56> 메탄올의 급성노출기준 및 작업환경 노출기준 (ppm)

	10 min	30 min	60 min	4 hrs	8 hrs
AEGL 1 ^a	670	670	530	340	270
AEGL 2 ^b	11,000*	4,000	2,100	730	520
AEGL 3 ^c	**	14,000*	7,200*	2,400	1,600
IDLH ^d		6,000			
ERPG-1 ^e			200		
ERPG-2 ^f			1,000		
ERPG-3 ^g			5,000		
TLV-TWA ^h					200
TLV-STEL ⁱ	250				

	10 min	30 min	60 min	4 hrs	8 hrs
	(15min)				
PEL-TWA ^j					200
PEL-STEL ^k	250				
	(15min)				
MAK (독일) ^l					200
MAK Spitzenbegrenzung (독일) ^m		1,000			
8-hr TWA (산안법) ^o					200
STEL (산안법) ^p	250				
	(15min)				

a AEGL 1 (Acute Exposure Guideline Level, 불편함을 호소하지만 비가역적인 신체증상은 없음)

b AEGL 2 (비가역적이거나 심각한 장기적인 신체 영향을 일으킬 수 있음)

c AEGL 3 (생명을 위협하는 영향이나 죽음에 이를 수 있음)

* > 10% LEL(Lower explosion Limit, 폭발 하한계=55,000ppm)이므로 폭발에 대한 안전을 반드시 고려해야 함.

** > 50% LEL이므로 폭발에 대한 안전을 반드시 고려해야 함.

d IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health), 즉각적으로 생명이나 건강에 위험한 농도

e ERPG-1 (Emergency Response Planning Guidelines, American Industrial Hygiene Association), 거의 모든 사람들이 특별한 증상 없이 노출될 수 있는 최대농도

f ERPG-2, 거의 모든 사람들이 비가역적 증상 없이 1시간 동안 노출될 수 있는 최대농도

g ERPG-3, 거의 모든 사람들이 생명을 위협하는 증상 없이 1시간 동안 노출될 수 있는 최대농도

h ACGIH의 8시간 노출허용기준

i ACGIH의 15분 단시간 노출허용기준

j 미국 산업안전보건청 8시간 노출허용기준

k 미국 산업안전보건청 15분 단시간 노출허용기준

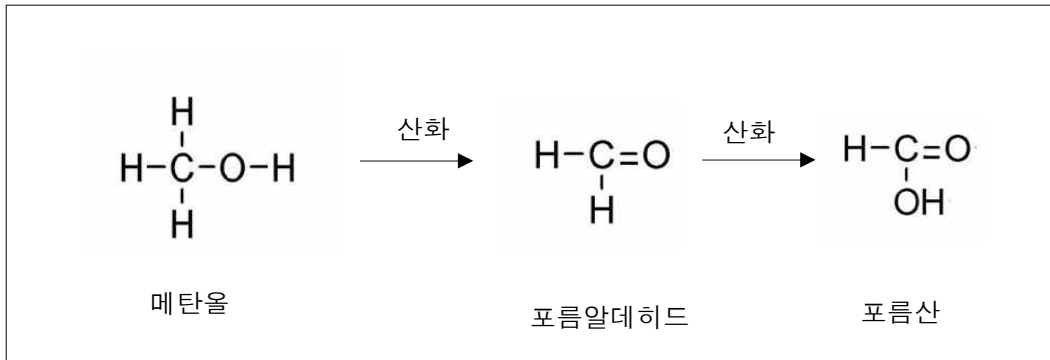
l 독일 Maximum Workplace Concentration, 작업자가 30분간 노출될 수 있는 최대 허용농도

m 작업자가 30분간 2회/일 노출될 수 있는 최대 허용농도

o 고용노동부 고시 제 2013-38호 「화학물질 및 물리적인자의 노출기준」에 따른 8시간 노출기준

p 고용노동부 고시 제 2013-38호 「화학물질 및 물리적인자의 노출기준」에 따른 단시간 노출기준

○ 메탄올은 체내에서 산화되면 포름알데히드(Formaldehyde)를 거쳐 포름산(Formic acid)이 된 후 최종적으로 물과 이산화탄소로 분해됨. 특히 포름알데히드는 알려진 2급 발암물질로서 단백질을 경화, 변성시켜 살균 작용을 하기 때문에 방부제로 널리 쓰이며 단시간 내에 인체에 과도한 양이 들어오면 치명적인 독성작용을 일으키게 됨.



[그림 3-20] 메탄올의 체내 대사과정

○ 특히 메탄올은 과다 노출이 일어날 경우 시신경에 치명적인 손상을 일으킴. 눈의 시각시스템은 간상세포(Rod cell)에서 비타민 A를 레티놀(알코올의 일종)로 저장하고 있다가 어두운 환경 등 필요할 때마다 알코올 산화효소가 레티놀에 작용해 알데히드의 일종인 레티날로 산화시켜 사용함. 하지만 과도한 메탄올이 시각세포로 들어오게 되면 레티놀 산화효소가 메탄올에도 작용해 포름알데히드와 포름산으로 산화시키게 됨. 이 때 생성된 포름산이 망막과 시신경에서 ATP 생성을 방해하여 레티날의 작용을 방해하고 결국 시신경유두부종, 시신경전달 방해 등을 일으켜 실명에 이르게 함.

4. 금속가공 최신 기술 변화에 따른 금속가공 화학물질 사용 특성 전망

1) 금속가공유 시장 전망

○ 건강과 안전, 환경 문제와 관련한 금속가공유의 성분과 농도 규제에 대해 가장 큰 영향력을 발휘하는 규제 제도는 유럽의 REACH(Registration, Evaluation, Authorization and Restrictions of Chemicals)와 미국의 EPA 환경 규제, 그리고 화학물질에 대한 분류·표시 국제조화 시스템인 GHS(Global Harmonized System of classification and labelling of chemicals) 임.

○ 프랑스 윤활유 협회(CSNIL)의 HSE & REACH 회장인 Christian Eyler은 2010년 비엔나에서 개최된 UEIL(Independent Union of the European Lubricants Industry) Congress에서 ‘Trends in Metalworking Fluids - Are you ready for 2020?’ 이라는 주제로 금속가공유 관련 산업의 동향과 향후 전망에 대해 발표하였음(Christian, 2010).

○ Christian은 금속가공유 시장의 주요 변화를 이끄는 요인으로 1) 환경안전보건 관련 규제(regulation)의 증가, 2) 금속가공유 적용 산업의 변화(application), 그리고 3) 기술혁신(innovation)의 영향이라고 지적하고 있음.

○ Christian의 발표 내용은 향후 국내 금속가공유의 시장 전망에도 유사하게 적용가능하다고 판단되며, 금속가공유 취급 근로자들의 안전보건 측면에서 향후 고려해야 할 내용이 무엇인지를 예측하는데도 도움을 줄 수 있을 것임. 따라서 Christian이 지적하고 있는 금속가공유 시장의 향후 변화에 영향을 주는 세 가지 요인들을 중심으로 요약하였음.

○ 가장 주요한 영향을 미치는 규제는 유럽의 REACH(Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals)와 CLP(Classification, Labelling and Packaging)를 들 수 있음([그림 3-21] 참조).

○ REACH는 2018년까지 유럽 시장에서 판매되는 모든 화학물질을 등록하도록 하였으며, 일정량 이상의 화학물질을 제조하고 수입하는 업체들은 반드시 물질에 관한 모든 정보를 서류로 제출하도록 하였음. 화학물질에 대한 정확한 정보 없이는 유럽 시장 내에서 제조, 수입, 판매, 사용하는 것이 불가능(no data, no market)하도록 한 것임. 이에 따라 규제를 받게 되는 금속가공유 첨가제의 종류가 크게 늘어날 것으로 예상됨.

○ 2007년부터 시행된 REACH는 EU내에서 연간 1톤 이상 제조 또는 수입되는 모든 화학물질에 대해 제조량, 수입량과 위해성에 따라 등록, 평가, 허가 및 제한을 받도록 하는 화학물질 관리 규정임. REACH에 따르면 금속가공유 제조사가 최종 사용자에게 유해성분의 정보와 노출시나리오를 제공해야 함. 특히 CMR(발암성, 돌연변이성, 생식독성) 카테고리 1,2와 PBT(잔류성, 생물농축성, 독성), vPvB(고잔류성, 고생물농축성) 물질들 또는 이와 동등한 수준의 우려를 나타내는 물질과 이를 0.1% 이상 함유한 제품의 경우 허가(authorisation)를 받도록 하고 있고, 제한(restriction)물질로 분류될 경우 사용이 불가능함.

○ 금속가공유의 성분 중 붕산(boric acid)과 붕산염(borate)은 부식 방지제로 수용성 금속가공유에 광범위하게 사용되어 왔으나 생식독성이 있어 2010년 허가 후보물질 목록에 포함되었음. 또한 짧은 사슬 염화파라핀(SCCPs)은 유럽화학물질청(ECHA)의 권고물질 목록에 포함됨.

[그림 3-21] REACH와 CLP 제도의 연도별 적용계획

○ 금속가공유 시장에 영향을 주는 또 하나의 규제는 폐기물 관리제도임. 경제

개발협력기구(OECD)에서는 2020년까지 1995년과 비교하여 45% 이상의 폐기물을 더 발생시킬 것이라고 전망하고 있음. 유럽연합의 6차 환경행동프로그램(EU's Sixth Environment Action Program)에서는 폐기물의 감소와 관리를 환경관리를 위한 4대 우선순위 사업 중 하나로 지정하고 있음. 유럽연합의 폐기물 관리를 위한 3대 원칙은 폐기물 발생 예방, 재사용, 그리고 최종 폐기 및 모니터링임(EU, 2010). 향후 금속가공유 취급 사업주들도 폐기물 발생을 최소화할 필요성이 증가하게 될 것임.

○ 미국 EPA는 환경과 건강을 보호하기 위한 화학물질 규제 법안을 국회에서 통과시켜 금속가공유 제조사들을 압박하고 있으며, GHS는 2012년에 기존의 MSDS를 새로운 형태의 SDS(new safety data sheets)로 기준을 바꾸고, 금속가공유 제조사들에게 새로운 제품 분류와 표기 체계를 따르도록 요구하고 있음. 이를 준수하는 경우, 금속가공유 제조사와 사용자 모두 비용 부담을 안을 수밖에 없는 상황임.

○ 금속가공유 사용량을 줄이기 위하여, 고속 절삭(HSC: high-speed cutting), 최소 윤활 가공(MQL: minimum quantity lubrication), 건식 기계가공(dry machining), 레이저 절삭(laser cutting) 등과 같은 다양한 가공기술들도 지속적으로 개발되고 있음. 비록 이런 기술들을 모든 금속가공 분야에 적용할 수 없고, 많은 양의 금속가공유를 사용하는 대량생산 현장에 적용하기도 어렵지만, 금속가공유 제조사들은 까다로운 새 가공기술에 맞는 금속가공유와 첨가제를 개발할 수밖에 없게 되었음.

○ 각종 규제 강화 및 새로운 가공기술 개발과 더불어 금속가공유 시장에 큰 변화를 가져온 것은 가공재료 종류의 다양화와 신소재의 등장임. 자동차와 항공기 제조 분야의 고강도 초경량 소재에 대한 수요 증가가 이러한 가공재료의

변화를 주도하고 있음. 알루미늄, 마그네슘, 티타늄 등과 같은 비철금속과 이들의 합금, 섬유강화금속(fiber reinforced metal), 강화흑연강(compact graphite iron)등이 시장 변화에 따라 수요가 늘고 있는 대표적인 소재들임. 금속가공유 제조사들이 이러한 신소재 가공에 적합한 새로운 금속가공유 제품 개발을 위해 노력하고 있으나 여러 가지 기술적인 문제로 어려움을 겪고 있음.

○ 연비에 민감한 자동차와 항공기 제조 산업에서 경량화를 위해 많이 사용하는 알루미늄 합금의 경우, 알칼리 성분에 의해 얼룩이 생기기 쉬워 금속가공유의 pH를 낮추어야 함. 이렇게 되면 금속가공유의 수명은 크게 줄어들 수밖에 없음. 기존의 살생제를 쓰지 않고도 이러한 조건에 맞게 첨가할 수 있는 물질을 찾는 것은 쉽지 않음. DCHA(dicyclohexylammonium)와 같이 효과가 있는 물질들은 독성이 강한 것들이고, 인산염 에스테르(phosphate esters)와 같이 독성이 적은 것들은 미생물의 영양분으로 작용하기도 하여 효과가 없기 때문임. 자동차나 항공기 제조와 같은 고부가가치 산업에서 금속가공유의 성능은 그대로 유지하면서 수명을 늘릴 수 있는 해법을, 기존의 화학적 방식이 아닌 새로운 물리적 방식에서 찾고 있는 이유가 바로 이 때문임.

○ Christian은 이상의 규제들이 금속가공유 시장에 다음과 같은 영향을 미칠 것으로 요약하였음.

- 금속가공유 제품의 다양성 감소
- 원료 비용이 높아짐에 따른 최종 제품 가격 상승
- 제품내 성분의 변화가 없음에도 불구하고 ‘위험’ 표시 제품 증가
- 표준화에 따른 기존 원료의 대체와 새로운 제품 생산
- 실질적인 혁신의 필요성 증가

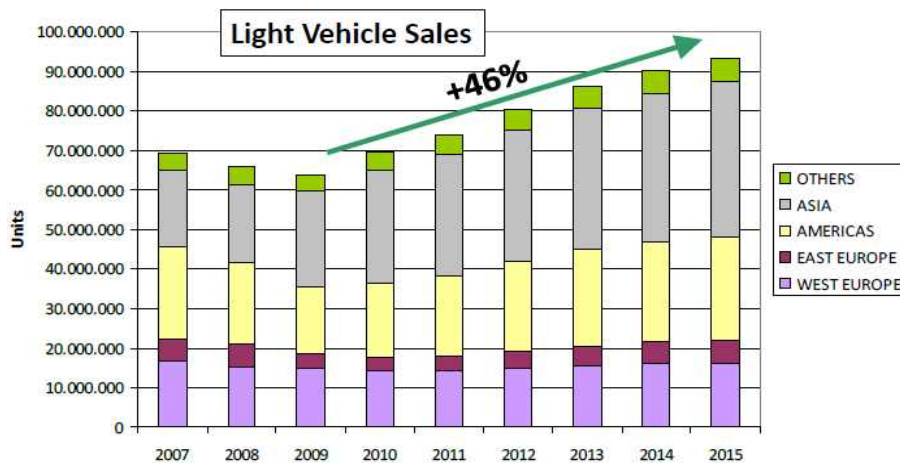
2) 주요 기계금속가공 산업

(1) 자동차 산업

○ 자동차 산업의 경우 지구온난화에 따른 환경오염 문제와 에너지 효율 등의 이유로 경차(light vehicle)의 생산 증가가 예측되고 있음.

○ 전 세계 경차 생산량은 2009년에 비해 2015년에는 46% 증가해 왔고([그림 3-22] 참조), 최근 2015년에 예측한 경차의 지역별 판매량은 2014년에 비해 2022년에는 약 21%가 증가할 전망이다(<표 3-57> 참조).

○ 지역별로는 한국과 일본을 제외한 대부분의 지역에서 증가 추이를 보이고 있고, 특히 인도(100% 증가), 유럽 중부(52% 증가), 아세안(49% 증가), 중국(38% 증가), 유럽 동부(31% 증가) 등의 증가 추이가 클 것으로 전망하고 있음.



(Source: http://www.cimcool.net/en_GB/publications.html/publication/1)

[그림 3-22] 세계 경차 판매량 예측(2007~2015)

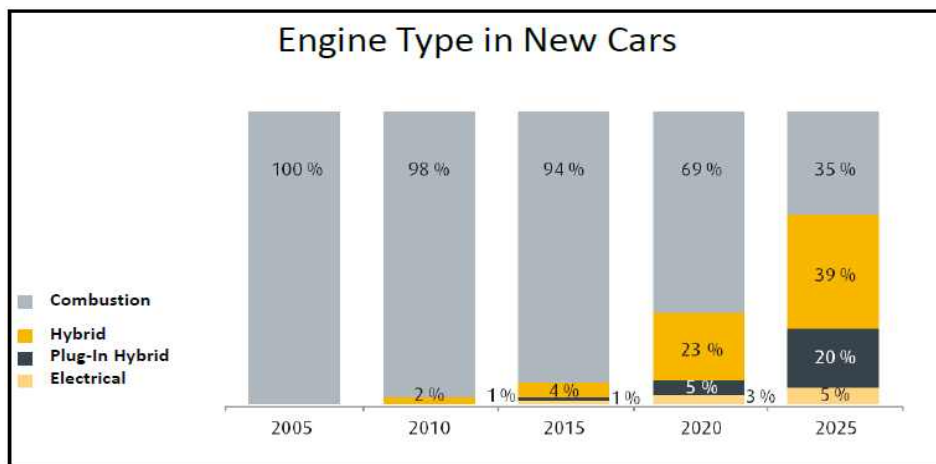
<표 3-57> 세계 경차(light vehicle) 판매량 예측

Source: https://www.ihs.com/pdf/IHS-Automotive-LV-Sales-sample-apr15_144792110915583632.pdf

Vehicle Sales: Sales Region	CY 2014	CY 2015	CY 2016	CY 2017	CY 2018	CY 2019	CY 2020	CY 2021	CY 2022
ASEAN	3,126,386	3,201,319	3,464,518	3,730,818	3,956,869	4,169,741	4,346,958	4,509,196	4,655,934
Central Europe	1,044,600	1,067,082	1,134,636	1,208,222	1,281,722	1,336,846	1,446,131	1,535,256	1,589,663
East Europe	3,640,020	2,778,814	2,858,147	3,215,504	3,689,546	4,196,527	4,355,710	4,508,422	4,784,877
Greater China	23,565,894	25,198,089	26,800,561	28,165,891	28,897,311	29,794,868	30,740,887	31,677,179	32,594,506
Indian Subcontinent	3,093,400	3,288,052	3,651,172	4,083,227	4,454,957	4,782,355	5,254,384	5,719,468	6,193,677
Japan/Korea	7,050,880	6,755,589	6,742,847	6,508,790	6,352,472	6,302,326	6,218,211	6,133,432	6,053,219
Middle East/Africa	5,104,136	5,118,727	5,184,505	5,374,483	5,524,932	5,682,111	5,852,637	5,995,414	6,100,943
North America	19,497,596	19,979,107	20,372,363	20,804,895	20,628,510	20,394,554	20,259,807	20,248,910	20,162,597
Oceania	1,217,019	1,278,915	1,305,674	1,287,341	1,296,579	1,316,099	1,328,985	1,340,294	1,346,342
South America	5,360,784	4,673,693	4,685,008	4,867,104	5,088,552	5,363,713	5,662,741	5,949,989	6,225,435
West Europe	13,634,366	14,208,676	14,486,449	14,700,618	14,970,683	15,246,820	15,323,178	15,283,000	15,184,297
TOTAL	86,335,081	87,548,063	90,685,880	93,946,893	96,142,133	98,585,960	100,789,629	102,900,560	104,891,490

○ 또한 신차에 탑재되는 엔진 유형의 경우 The Institute CAR(Center Automotive Research) of the University of Duisburg-Essen의 예측에 따르면 2020년까지 하이브리드와 전기엔진이 31%를 차지하고 2025년에는 약 65%까지 점유할 것으로 전망되고 있음([그림 3-23] 참조). 현재 자동차 생산 관련 금속 가공유의 80%가 엔진과 동력전달장치(power train) 생산에 사용되고 있기 때문에 이러한 엔진의 변화는 금속가공유 시장에 매우 큰 영향을 미치게 됨.

○ 특히 차량의 경량화와 새로운 엔진 유형에 따라 1995년에는 차 한 대당 평균 73 kg의 알루미늄이 사용되었으나, 2010년에는 평균 157 kg으로 약 2배 이상으로 증가하였음. 알루미늄 외에도 플라티늄(연료전지), 아연, 팔라듐, 갈륨, 구리, 마그네슘, 티타늄, 탄소체 등이 사용되거나 플라스틱, 세라믹 등이 금속 재질을 대체할 것으로 전망하고 있음. 이러한 변화에 맞추어 금속가공유도 보다 다양한 가공 대상 재질에 따라 고성능이 요구되고 있음.



Source : CAR University of Duisburg-Essen

[그림 3-23] 신차의 엔진 유형별 전망

(2) 항공산업

○ 항공 산업의 경우 연료 효율을 높이기 위해 좀 더 가벼운 탄소 섬유 사용이 증가하고 있음. 티타늄 팬과 콤프레서, 니켈 기반의 터빈 등의 구조물 제조는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 용접 모델링(computer weld modelling) 방법을 이용해서 제작되며, 기존의 단일 주조물(single-piece casting)로 제조되는 방식보다 10-15% 더 가볍게 제조됨. 이는 점차 더욱 작은 주조물(smaller castings)에 의해 후가공이 필요 없는 완성품(near-net shape) 형태로 주조되는 특성을 가짐. 따라서 주조품에 대한 금속가공이 적어지고, 금속가공 기계의 크기도 소형화되는 경향을 보이게 됨.

○ 또한 생산성 향상을 위해 금속가공유의 공급 압력이 점차 높아지는 경향이 있음.

(3) 금속가공업

○ 일반적인 금속가공 제조업에서도 이미 여러 가지 변화가 관측되고 있음.

○ 첫째, 금속가공유가 필요 없는 건식 가공(dry machining) 방식이 증가하고 있음. 물론 건식 가공을 활용하기 위해서는 칩의 제거 정도와 공구 수명 등이 제한 조건이 됨.

○ 둘째, 건식 가공의 한계점을 극복하기 위한 방법으로 소형 윤활유 공급 시스템(microlubrication; very low volume & low-pressure delivery of MWF)의 개발과 사용이 증가하고 있음. 소형 윤활유 공급 시스템은 MQL(minimum quantity lubrication or near-dry machining)이라고도 불리며, 다량의 금속가공유를 가공 지점에 분사('flooding')하고 사용한 금속가공유를 여과하여 재사용하는 기존 시스템과는 달리 저압으로 극소량의 금속가공유를 정교한 계기 시스템

을 활용하여 공급하고 재사용하지 않는 방식임. 기존의 금속가공유 공급 시스템과 소형 공급시스템의 특성을 비교하면 <표 3-58>과 같음.

○ 소형 공급 시스템을 통해 금속가공유의 사용량을 최소화함으로써 비용을 줄일 수 있으나 칩 제거 대상이 매우 가벼운 재질이고 가공 면이 매우 작은(point-of-use) 소형 가공에만 적용할 수 있음. 또한 소형 공급 시스템의 경우 냉각효과를 위해 공랭식(air-blown)을 이용한 증발 냉각(evaporative cooling) 효과를 이용하기 때문에 기존의 다량의 수용성 금속가공유를 이용하는 방식보다 냉각성능이 낮은 특성이 있음. 그러나 산업보건 측면에서 공랭식의 방법을 이용하기 때문에 적절한 환기시스템이 없다면 금속가공유에 함유된 휘발성유기화합물(VOCs)의 증발량이 높을 가능성이 있음.

○ 셋째, 완성품(near-net shape) 구조에 따라 금속가공의 필요성이 줄어들면서 금속가공유의 소비량이 감소하게 됨.

○ 넷째, 금속가공의 생산성을 높이기 위해 고속의 절삭 가공이 사용되고, 금속가공에 사용되는 공작기계와 금속가공유 공급시스템의 크기가 소형화되는 반면에 금속가공유 공급 압력은 높아지는 경향을 보임. 또한 금속가공유 분사 노즐이 고정된 형태(fixed production lines)에서 flexible multi-tooling machines으로의 변화도 관찰되고 있음.

<표 3-58> 금속가공유 공급 시스템에 따른 특성 비교

(Source: <https://www.milacron.com/microlubrication/>)

항목	소형 공급시스템(Microlubrication)	기존 공급 시스템(Flood)
공급량	Ounces/hour	Gallons/Min.
공급 방식	일회용	재순환
펌프 형식	미량 조절(Fine metering)	표준(Std. Coolant)
적용	경 가공(Light machining)	모든 가공(Any severity)
칩 제거	비효과적	효과적
부식 방지 범위	접촉면(Point-of-contact)	제품 전체(Overall part)

가) 기술혁신의 영향

○ 앞서 기술한 각종 규제와 금속가공유 적용 산업의 변화에 따라 금속가공유 산업의 기술혁신 필요성이 증대되고 있음. 금속가공유의 원료 중 기유(base oil)와 살생제(biocide)의 변화가 대표적임.

나) 기유 정제수준 향상

○ 기유의 경우 미국석유회(American Petroleum Institute, API)에서는 5개의 그룹으로 분류하고 있음([그림 3-24] 참조). 그룹1부터 그룹3까지는 미네랄 오일이며, 정제 정도에 따라 구분함.

○ 그룹1은 정제 수준이 가장 낮아서 황 함유량은 0.03%를 넘고, 포화탄화수소류의 비율이 90% 미만이고, 그룹2는 그룹1보다 더 정제되어 황 함유량은 0.03% 미만, 포화탄화수소류의 비율은 90%를 넘고 점도지수가 80-120임.

○ 미네랄 기유의 시장 점유율은 과거 그룹1이 가장 많았으나, 점차 그룹2와 그룹3의 기유로 대체되고 있음. 2012년에 보고된 연구에 따르면 조사대상 업체

중 47%가 그룹2 기유를 사용하고 있다고 답하였고, 그룹1 기유는 28%만이 사용하고 있는 것으로 조사되었음. 이는 10년 전에 그룹1 기유의 사용 비율이 약 56%였던 것과 비교할 때 보다 정제된 기유의 사용 비율이 증가하고 있음을 확인할 수 있음(Machinery Lubrication, 2012).

○ 또한 재-정제된 기유(re-refined oil)의 사용이 증가하고 있음. 2009년 재-정제된 기유의 전 세계 공급량은 160만톤이었으나, Kline and Co.의 예측에 따르면 2019년에는 300만톤까지 증가할 것이고 현재의 잠재적 시장 규모는 약 700만톤이라고 전망하고 있음. 현재의 재생 기술은 좀 더 정제된 그룹1 기유의 재생이 가능하고 또는 그룹2 수준까지도 재생 가능하다고 함.

API BASE OIL CATEGORIES					
Base Oil Category		Sulfur (%)		Saturates (%)	Viscosity Index
Mineral	Group I (solvent refined)	>0.03	and/or	<90	80 to 120
	Group II (hydrotreated)	<0.03	and	>90	80 to 120
	Group III (hydrocracked)	<0.03	and	>90	>120
Synthetic	Group IV	PAO Synthetic Lubricants			
	Group V	All other base oils not included in Groups I, II, III or IV			

(Source: <http://www.machinerylubrication.com/Read/29113/base-oil-groups>)

[그림 3-24] 기유에 대한 API 분류

다) Bioconcept fluid

○ 살생제와 관련해서는 관련 규제가 보다 엄격해지고 있음. 수용성 금속가공유의 성능이 유지되기 위해서는 미생물 오염도가 만족할 만한 수준으로 안정화(bio-stability)되어야 함. 이를 위해 살생제를 사용하게 되는데, 관련 규제가 엄

격하다보니 스위스의 Blaser Swissslube AG에서는 bioconcept fluid라고 하는 살생제가 필요 없는 금속가공유를 개발하여 보급하고 있음(Peter). Bioconcept fluid는 물에 자생하는 세균 중 독성이 없는 단일 우점종(예: *Pseudomonas oleovorans* 또는 *Pseudomonas pseudoalcaligenes*)을 키워서 살생제 없이도 다른 유해한 세균(예; *Pseudomonas aeruginosa*)의 성장을 억제하는 메커니즘임. 살생제를 사용하지 않기 때문에 살생제의 유해성을 갖지 않는다고 알려져 있음. 그러나 2010년 영국 HSE에서는 Bioconcept fluid와 살생제를 사용하는 기존 수용성 금속가공유를 대상으로 실험실에서 금속가공유의 관리 조건을 변경해 가면서(표준 조건과 관리되지 않은 조건) 시뮬레이션 연구를 실시한 바 있음(HSE). 이 연구결과 살생제를 사용한 기존의 수용성 금속가공유에서는 14주 이상 세균의 성장이 억제되었고, 매우 높은 수준의 tramp oil에 오염된 경우에만 세균 오염을 보였으며, 에멀전 농도나 pH의 조절이 필요 없이도 매우 안정된 상태를 나타내었음. 엔도톡신의 농도도 매우 낮게 유지되었음. 그러나 bioconcept fluid의 경우 매우 잘 관리된 상태에서도 에멀전 농도와 pH 조절이 요구되었고, ‘관리수준이 나쁜’ 조건에서는 pH가 낮아지면서 우점종이었던 비감염성 세균(*Pseudomonas pseudoalcaligenes*)의 농도보다 감염성 세균(*Pseudomonas aeruginosa*)의 농도가 더욱 높아졌고, 엔도톡신의 농도도 매우 높아졌다고 보고하고 있음. 이 연구에서는 bioconcept fluid의 염기성(alkalinity)의 감소가 세균 오염도의 증가를 일으키는 원인으로 평가하였음. 따라서 살생제가 필요없는 bioconcept fluid의 경우 엄격한 pH 조절과 관리가 수반되지 않을 경우 오히려 감염성 세균의 증가와 엔도톡신 증가를 일으켜 취급 근로자들의 호흡기 질환을 유발할 위험성이 있음을 시사하고 있음.

라) Bacteriophage의 사용

○ Christian은 기존 살생제에 사용된 화학물질 대신 박테리오파지(bacteriophage)를 이용하는 새로운 접근법도 사용될 가능성이 있음을 지적하였

음. 박테리오파지는 박테리아를 숙주세포로 하는 바이러스(virus)를 통칭하는 말임. 박테리오파지는 박테리아를 숙주로 하여 성장하고 끝내 세균을 죽이는 역할을 함. 과거 60년 동안 구 소련과 동부유럽 국가에서는 항생제(antibiotics) 대신 박테리오파지를 사용해 왔고, 2006년 미국 식약청(FDA)에서는 특정 세균을 멸균하기 위해 치즈에 박테리오파지 사용을 허가했음. 이후 2007년 모든 식품에 동일한 박테리오파지의 사용을 허가함.

마) 나노테크놀로지의 적용

○ 살생제에 은 코팅 기술과 나노테크놀로지를 적용하는 기술이 연구되고 있음. 나노입자로 코팅할 경우 기존의 살생제 효과를 더욱 높이는 것으로 알려져 있음.

(4) 공작기계산업

○ 국내에는 공작기계 제조사들을 회원사로 하는 ‘한국공작기계산업협회’를 두고 있으며, 이 협회에서 공작기계 관련 정보를 회원사들이 공유할 수 있도록 하고 있음. 본 장에서는 공작기계의 일반적 정의와 종류, 최신 동향 등에 대해 한국공작기계산업협회 홈페이지에서 제공하고 있는 내용을 중심으로 정리하였음(한국공작기계산업협회).

가) 공작기계의 정의

○ 한국공작기계산업협회에서는 공작기계(machine tool)를 “기계를 만드는 기계(mother machine)”라고 정의하고 있음. 기계를 만든다는 것은 기계의 부품을 만드는 것이며, 다양한 제조방법 중에서 절삭가공과 소성가공에 이용되는 모든 기계를 의미함. 절삭기계는 가공과정에서 칩(chip)을 발생시키면서 불필요한 부분을 제거하여 소요의 형상으로 가공하는 기계이며, 성형기계는 가공과정에서

소성에 의하여 단지 형태만 변형시켜주는 기계임. 국제규격(ISO)에서는 “한 운동원에 의해서 작동하고 물리적, 화학적 또는 기타의 방법으로 성형해서 공작물을 생산하는, 수작업을 하지 않는 기계”라고 정의하고 있으며, 미국에서는 금속가공 기계를 절삭기계(cutting machine)와 성형기계(forming machine)로 분류하며 이 둘을 합하여 공작기계라고 부름. KS(한국산업규격)에서는 공작기계에 대해 「주로 금속 공작물을 절삭, 연삭 등에 의하여 불필요한 부분을 제거해 내어 필요한 형상을 만드는 기계」로 정의하고 있음. 우리나라의 기계관련 분야에서, 공작기계는 일반적으로 이 KS의 정의에 따르고, 그 중에서도 특히 금속절삭기계를 가리키는 것이 일반적임.

나) 공작기계의 종류

○ 공작기계의 종류는 그림 3-25와 같이 크게 금속절삭기계와 금속성형기계로 구분할 수 있으며, 금속절삭기계는 다시 범용, 전용, CNC 공작기계로 구분할 수 있음. 각각의 세부 종류를 <표 3-59>와 <표 3-60>에 요약하였음.

<표 3-59> 금속절삭기계의 종류

(출처: <http://www.komma.org/komma/industrial/Type.do>)

중분류	세분류
선반	수치제어 선반(수평형, 수직형), 보통선반, 자동선반, 수직선반, 터릿선반, 탁상선반, 나사절삭선반, 공구선반
밀링기	수치제어 밀링머신(수평형, 수직형, 모방형, 플레노밀러), 베드형 밀링머신(수평형, 수직형), 무릎형 밀링머신(수평형, 수직형), 만능 밀링머신, 모방 밀링머신, 플레노밀러, 탁상 밀링머신
머시닝센터	수평형, 수직형, 머시닝센터
드릴링기	수치제어 드릴링머신, 직립 드릴링머신, 래디얼 드릴링머신, 다축 드릴링머신, 탁상 드릴링머신, 심공 드릴링머신
보링기	수치제어식 보링머신(수평형, 수직형), 수평형 보링머신(테이블형, 플로어형), 수직형 보링머신, 지그보링머신, 파인보링머신
연삭기	수치제어 연삭기(원통, 평면, 내경, 무심, 나사), 평면연삭기(수평형, 수직형, 로터리형), 원통연삭기, 내면연삭기, 무심연삭기, 공구연삭기, 기어연삭기, 나사연삭기, 탁상연삭기
기어가공기	수치제어 기어호빙머신, 수치제어 베벨기어 가공기, 기어 호빙머신, 베벨기어 가공기, 기어 셰이핑 머신, 기어 셰이빙 머신, 기어 챔퍼링 머신
특수가공기	수치제어 방전기(형조, 와이어 컷), 와이어 컷 방전기, 레이저 가공기, 초음파 가공기, 전해가공기
기타 절삭기계	플레이너, 셰이핑 머신, 슬로팅 머신, 브로칭 머신, 호닝 머신, 락기계(수평형, 수직형), 키홈 가공기, 래핑머신, 버핑머신, 슈퍼피니싱 머신, 폴리싱 머신, 전용기

<표 3-60> 금속성형기계의 종류

(출처: <http://www.komma.org/komma/industrial/Type.do>)

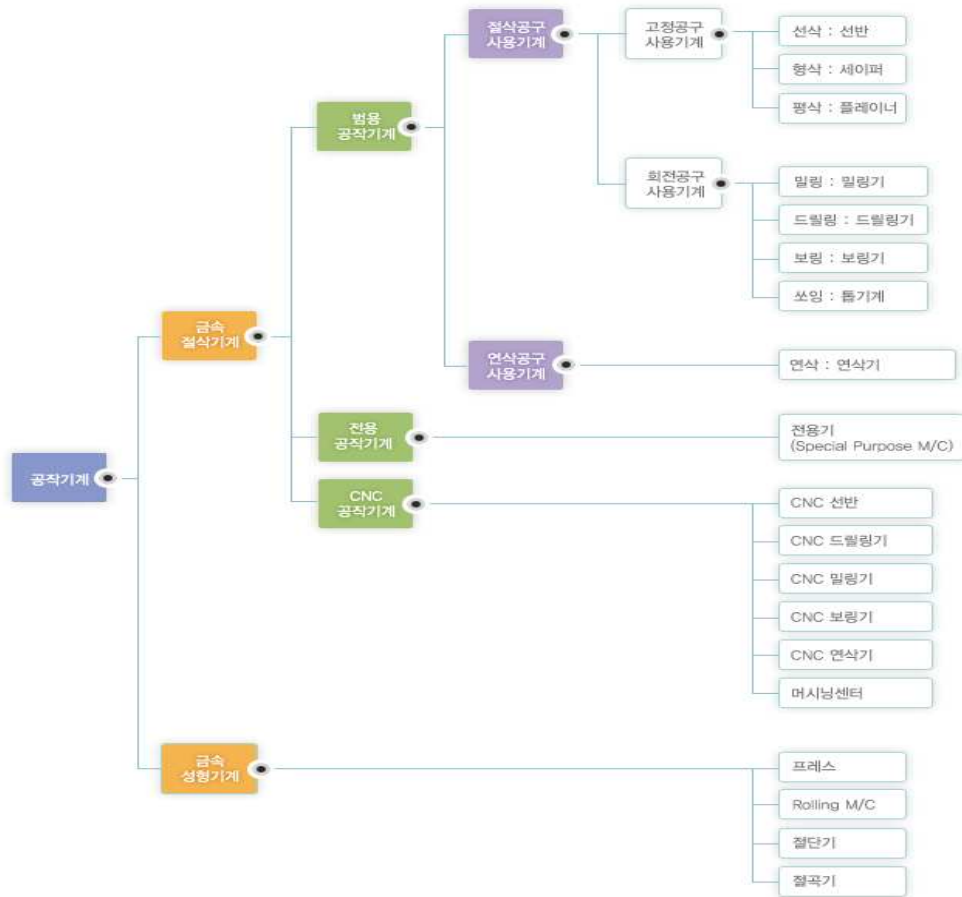
중분류	세분류
기계식 프레스	파워 프레스(C형, H형), 크랭크 프레스, 크랭크레스 프레스, 너클 프레스, 링크모션 프레스, 펀칭 프레스, 트랜스퍼 프레스, 고속프레스, 수치제어 터릿펀치 프레스
유압식 프레스	딥 드로잉 프레스, 압출프레스, 파인블랭킹 프레스, 하이드로포밍 프레스
절단·절곡기	수치제어 절단기, 기계식 절단기, 유압식 절단기, 수치제어 절곡기, 기계식 절곡기, 유압식 절곡기, 파이프 밴딩 머신
단조기	에어 해머, 냉간단조 프레스, 열간단조 프레스, 볼트/너트 포밍머신
인발기	와이어 드로잉 머신, 드로우 벤치
기타 성형기계	스프링포밍 머신, 밴딩 롤러, 롤 포밍머신, 스피닝 머신

다) 공작기계산업의 특성

○ 산업적인 특성으로는 공작기계는 『기계를 만드는 기계(mother machine)』로서 자본재산업의 핵심 산업이며 산업구조의 고도화와 제조업 경쟁력강화를 실현하기 위한 핵심 산업으로 전·후반 산업관련효과가 매우 큼. 또한 국가 전략산업으로 공급수준에 따라 산업의 기술력과 경쟁력의 척도로 활용되며 국가 기간산업 및 방위산업의 필수 자본재로서 일정자금도 유지가 필요함. 경기변동에 민감하며 투자 자본에 대한 자본회전율이 낮고 소재부터 완제품 생산까지 장기간이 소요되어 자본회전이 느리며, 호경기에는 늦게 영향을 받고 불경기에는 빨리 영향을 받는 산업이기도 함.

○ 기술적인 특성으로는 규격, 품질, 성능이 다양한 기술집약적 산업으로 기술축적에 장기간이 소요되고 모방 기술의 한계로 인해 단기간에 경쟁력 확보가 어려우며, 엔지니어링을 기반으로 기술 집약도가 높은 고부가가치 산업이기도 함.

○ 또한 베어링, 주축 등 기계부품 기술과 서보모터, 제어기 등 전자기술의 복합된 메카트로닉스 기술과 최근 IT기술의 발전과 더불어 제품성능이나 모델변화가 다양한 시스템 기술을 활용한 IT융합가공장비산업이기도 함.

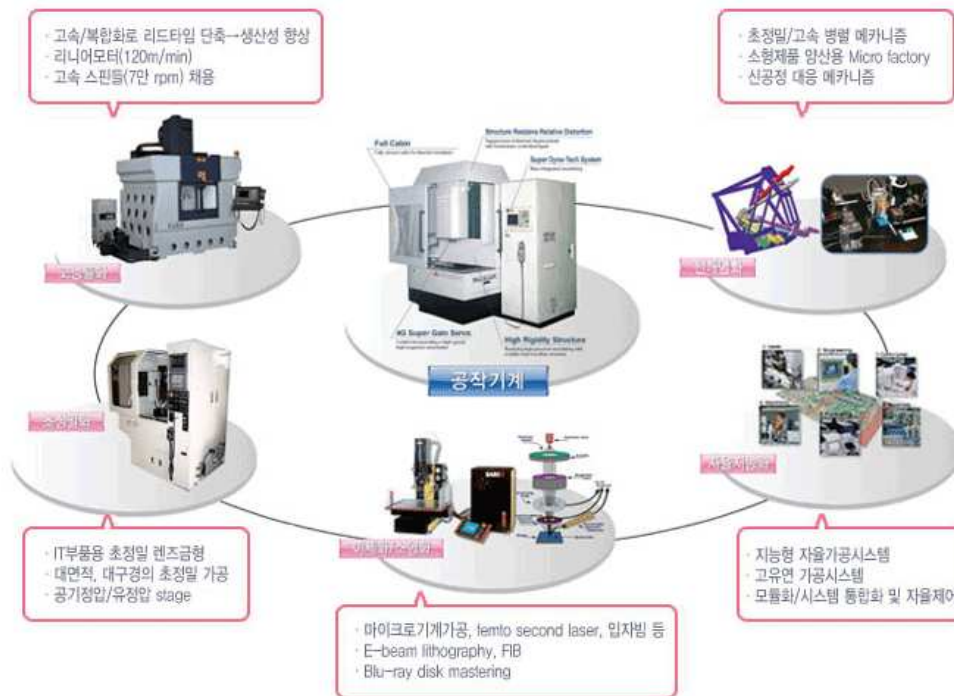


[그림 3-25] 공작기계의 분류

(출처: <http://www.komma.org/komma/industrial/Overview.do>).

라) 공작기계의 글로벌 기술 동향

○ 공작기계의 글로벌 기술 동향은 [그림 3-26]과 같이 요소기술의 복합화를 통한 고능률화, 초정밀 가공시스템, 신기술 융합 미세 가공 시스템, 자율지능 가공시스템, 초정밀/고속 병렬메커니즘을 이용한 신개념 가공시스템으로 요약할 수 있음.



(출처: <http://www.komma.org/komma/industrial/Trend.do>)

[그림 3-26] 공작기계의 최신 개발 동향 모식도

(가) 요소기술의 복합화를 통한 고능률화

○ IT기술의 적용으로 복합화, 고속화 등 고능률화를 통해 수요자의 요구에 민첩하게 대응함으로써 주력산업용 양산 장비의 부가가치 향상을 추구하고자 하며, 이를 위해 초고속 가공시스템, 고능률 복합가공시스템, 다축/다기능 터닝시스템, 고능률 하이브리드연삭시스템, 대형/다기능 가공시스템 등을 구축하고 있음([그림 3-27] 참조).



(출처: <http://www.komma.org/komma/industrial/Trend.do>)

[그림 3-27] 공작기계의 요소기술 복합화를 통한 고능률화 모식도

(나) 초정밀 가공시스템

○ 광부품, 초정밀금형 등 IT산업용 코어부품의 고품위화의 핵심기술인 초정밀 장비 기술이 필요하며, 이에 따라 초정밀 가공시스템, 초정밀 연마시스템, 고기능 성형시스템 등을 구축하고 있음([그림 3-28] 참조).



(출처: <http://www.komma.org/komma/industrial/Trend.do>)

[그림 3-28] 고품의 표면대응을 위한 초정밀 가공시스템 모식도

(다) 신기술 융합 미세 가공시스템

○ 신기술 융합화를 통해 마이크로패턴의 대면적화, 양산화 등 신주력 산업화 해가는 마이크로 산업 수요에 대응할 수 있는 장비기술이며, 초미세 레이저가공시스템, 미세 패턴 롤성형 시스템, 대면적미세형상 성형시스템, 초미세 입자빔가공시스템 등이 해당됨([그림 3-29] 참조).

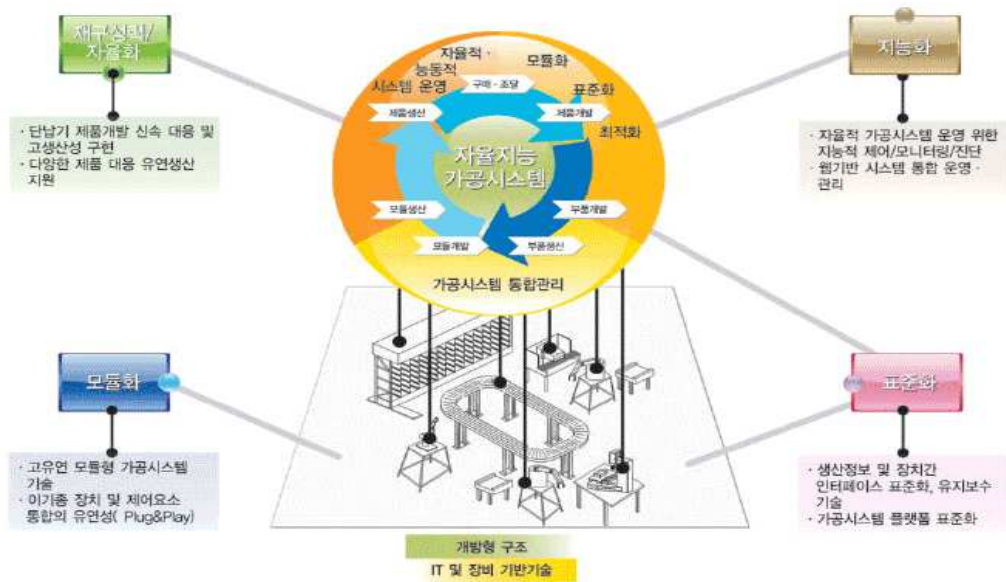


(출처: <http://www.komma.org/komma/industrial/Trend.do>)

[그림 3-29] 신기술 융합 미세 가공시스템 모식도

(라) 자율지능 가공시스템

○ 다품종 소량생산 제품용 생산시스템의 고유연화, 자율화등 지능화를 통한 고부가가치화 구현기술로서 고유연 가공시스템과 지능형 자율가공시스템을 의미함([그림 3-30] 참조).

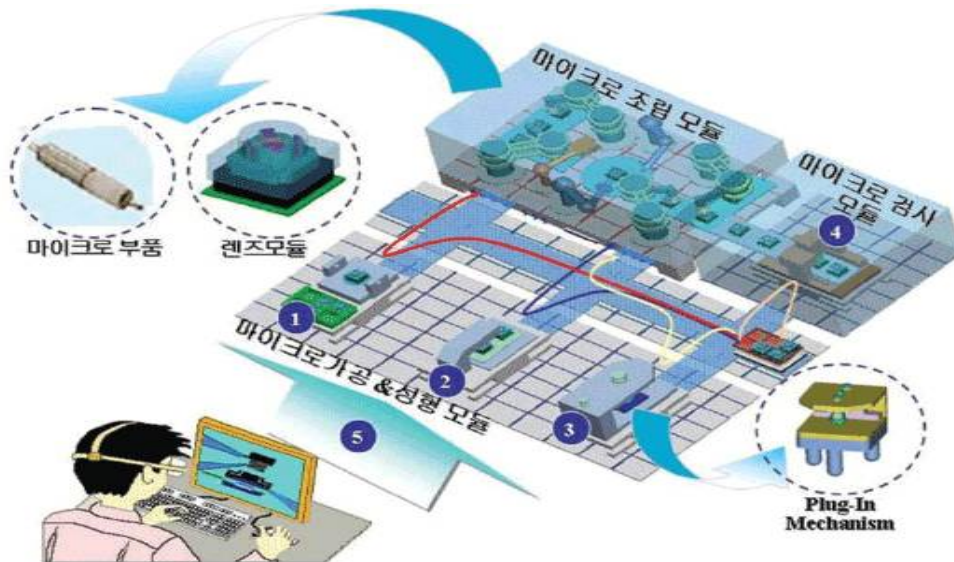


(출처: <http://www.komma.org/komma/industrial/Trend.do>)

[그림 3-30] 자율지능 가공시스템 모식도

(마) 미래지향 신개념 가공시스템

○ 미래형 신산업 및 신기술수요에 선도적이고 민첩하게 대응할 수 있는 신개념 메커니즘 및 양산 장비화 기술로 플라즈마 응용 가공시스템과 병렬기구 가공시스템 Micro Factory 등이 해당됨([그림 3-31] 참조).



(출처: <http://www.komma.org/komma/industrial/Trend.do>)

[그림 3-31] 신개념 가공시스템 모식도

마) 공작기계관련 최신 동향

○ 정부에서는 고경력과학기술인력(RESEAT : www.reseat.re.kr)을 통한 "첨단 기술정보분석" 사업을 추진하고 있음(고경력과학기술인). 이와 관련, 고경력과학기술인력이 조사한 첨단기술정보 중 공작기계관련 최신 기술 동향을 조사하였고 산업보건 측면에서 고려할 사항을 갖는 정보를 중심으로 요약하였음.

(가) 초경 엔드밀을 사용한 CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics)절삭가공 공정

■ 정보분석자 : 한국과학기술정보연구원 전문연구위원 심영일

■ 연구배경 및 내용:

○ 항공기나 자동차용 부품재료로 탄소섬유 강화 플라스틱(CFRP)이 주목을 받

고 있음. CFRP는 가벼우면서 강도가 우수한 재료이기 때문에 수송기의 연비 향상에 기여하는 바가 큼. 그 밖에 전자기판 및 유리 등의 반송 장치에서는 기계 장치의 경량화와 동시에 반송 시의 진동 억제에도 효과가 있기 때문에 종래의 알루미늄 합금이나 철강재료 대신에 많이 사용되고 있음.

○ 일반적으로 CFRP 부품은 절삭이나 연삭 등의 기계가공에 의해 정해진 모양으로 마무리하는 경우가 많음. 그러나 고강도인 탄소섬유 절단으로 인한 공구수명 단축이 문제임. 또한 탄소섬유의 뿔힘, 탈락, 층간 박리 등의 불량은 가공 면 성상 및 치수정밀도를 악화시키고, 탄소섬유의 가공 부스러기나 거스러미는 후속 수작업에 의한 수정을 필요로 하는 등 능률적으로도 문제가 되고 있음. 이는 CFRP 소재 특유의 이방 특성 때문이며, 섬유 방향에 따라 강도 및 열전도성이 달라 기계가공 시 공구마모의 쏠림현상이나 가공불량의 원인이 되고 있음.

○ CFRP 절삭가공에 관한 연구는 구멍이나 엔드밀 가공 등의 건식가공이 대부분이었음. 그러나 건식가공은 가공 시 분진으로 작업자에 대한 대책이 필요할 뿐만 아니라 탄소섬유는 도전성이 있기 때문에 전기 계통에 악영향을 줄 우려가 있음. 습식가공은 이러한 우려는 없지만, 절삭 칩이 절삭유 탱크에 침전되어 후처리에 어려움이 있어 연삭가공처럼 필터를 사용해서 이를 해결함. 본 연구에서는 습식 엔드밀 측면 가공을 수행한 후 건식가공과 비교해서 가공조건 및 섬유방향이 가공 면 성상과 공구수명에 미치는 영향에 대하여 검토하였음.

○ 항공기산업용 CFRP 부품은 습식가공으로 수분에 의한 열화가 우려되기 때문에 주로 건식가공을 함. 일반 산업기계처럼 절삭가공 시간이 짧은 제품이라면 꼭 건식가공을 할 필요는 없고 습식가공을 적용하면 공구수명이나 가공 면 성상의 개선효과를 기대할 수 있음.

○ 절삭유제에 따른 가공 특성의 차이를 파악하기 위하여 엔드밀 측면 절삭시험에서 건식가공과 습식가공을 비교함. 건식가공은 공기 송풍기(air blower)로 습식가공은 에멀전(emulsion) 타입의 수용성 절삭유제를 사용하였음. 공기 송풍기의 공급 압력은 0.5 MPa을 공급함. 수용성 절삭유제(20%희석)의 유량은 6.4 l/min로 공구 및 절삭 면에 절삭방향은 거스러미(burr) 발생이 적은 하향절삭(down cut)으로 하였음.

■ 연구결과

○ 건식가공 및 습식가공의 조건에서 절삭 길이가 증가하면 절삭저항도 증가하고 공구 마모도 증가하였음. 절삭 길이 2m 및 10m 가공후의 두 피삭재를 검토한 결과 건식가공에서는 섬유방향이 90° 층에 거스러미 발생이 확인되었지만, 습식가공에서는 발견되지 않음. 절삭가공 2m 가공 후보다도 10m 가공 후의 거스러미가 크게 나타났으며 이는 공구 마모로 인한 것으로 봄. 건식가공에서는 가공 열에 의해 매트릭스(matrix) 수지의 탄성률이 떨어져서 탄소섬유를 잡아주는 힘이 탄소섬유를 전단하는 힘보다 작게 되어 거스러미가 발생함. 반대로 습식가공에서는 냉각유제의 사용으로 가공열의 발생이 억제되어 거스러미 발생이 적음.

○ 절삭온도는 건식가공에서도 최대 48.5℃이고 공구에 손상을 줄 만큼의 고온은 아님. 공구마모에 대해서는 건식가공과 습식가공에 별 차이가 없는 것으로 보아, 공구마모는 탄소섬유에 의한 연마재 역할이 주원인이라고 봄.

■ 산업보건 측면에서 고려할 사항

○ 자동차산업과 항공산업에서의 신소재로 CFRP 사용시 건식가공 방법이 주로 사용되고 있고 air blower를 이용한 공랭식 냉각시스템이기 때문에 작업 중

근로자가 섬유상 먼지에 노출 가능함.

○ CFRP는 제작공정에 따라 다양한 물성을 가지고 있어 제품특성에 맞는 가공 시스템의 개발이 필요함. 이를 구성하는 핵심기술은 일부 국내에도 개발되어 있으나 첨단소재 가공에 최적화된 가공시스템의 개발은 아직 이루어지지 않아 급증하는 첨단소재 부품 생산에 대비한 가공시스템 개발이 절실한 상황이라고 하며, 2015년에 한국생산기술연구원이 “미래산업 선도기술 개발사업”의 “CFRP 가공시스템 국산화” 추진기관으로 선정되어 연구하고 있음. 또한 산업통산자원부는 2015년 7월부터 85억 원을 투입해 CFRP, 티타늄, 사파이어 글래스 등 3개 첨단소재 가공시스템 기술개발에 착수했다고 함. 따라서 향후 이러한 첨단소재 가공시스템에서 근로자들의 건강보호를 위해 필요한 방안이 없는지 주목할 필요가 있음.

(나) 다양한 절삭환경에 대응한 최신공구기술

■ 정보분석자 : 한국과학기술정보연구원 전문연구위원 정현갑

■ 연구배경 및 내용

○ 절삭공구는 장수명화와 가공정밀도 향상, 또 새로이 개발되는 신소재 특히 고경도 및 고강도인 난삭 재료의 가공에 대응하기 위해 성능이 점차 향상되고 있음. 절삭공구는 고능률, 고정밀도인 절삭가공을 실현해 가면서 CO₂ 배출량삭감, 절삭액 사용량의 감소 등 환경부하 저감에 공헌해야 할 필요가 있음. 이들의 니즈에 대응하기 위해 공구모재, 공구형상의 최적화가 필요하며, 근년에는 공구 표면에 피막형성기술을 적용한 공구 특성의 최적화가 가장 중요한 과제로 부각되고 있음.

○ 절삭공구용으로 다양한 목적에 맞춰 개발된 피막의 종류에는 SiC(silicon

carbide) 함유 내열강화 피막, Cr계 복합다층피막, Cr계 피막, TiAlN계 복합다층 피막, TiAlN계 피막, TiCN피막, CrN피막, TiN피막, Ti계 피막, 다이아몬드 피막, DLC(Diamond Like Carbon)피막 등 피삭 재료의 물성에 맞춰 개발되고 있음.

○ 절삭공구 표면에 피막형성기술은 절삭공구에 반복 사용하여도 안정된 가공 정밀도를 실현하는 특성, 즉 장수명일 것이 요구됨. 절삭공구의 수명을 손실하는 주요인은 공구 표면의 마모로 이에 대응하기 위해 세라믹 피막에 의한 공구 표면의 내마모성 향상이 검토됨. TiN 및 TiCN 피막기술이 개발되어 내마모성 향상에 효과를 올렸지만 최근 절삭환경의 변화로 용도별 다양한 피막개발의 필요성이 요구되고 있음.

○ 현재 절삭공구에 적용되고 있는 피막은 내마모성 향상을 위한 고경도화, 절삭 열 억제를 위한 마찰저감, 내열성 향상을 위한 내산화성 향상의 실현을 목적으로 하고 있음. 더욱이 단일 피막으로는 달성될 수 없는 복수의 특성을 얻기 위해 서로 다른 특성의 피막을 조합시키는 복합화도 이루어지고 있음.

○ 복합화의 예로는 고경도, 고탄성의 피막과 절삭공구모재와의 밀착성을 향상시키기 위해 계면에 TiN이나 CrN을 피복, 피막과 모재의 탄성률, 열팽창계수의 갭을 작게 하고, 또 윤활성과 내마모성의 양립을 위해 하층에 내마모성이 좋은 경질의 TiAlN, AlCrN 등의 피막을 피복, 피삭재료와 접촉하는 상층에 CrN이나 TiN, 그에 더해 MoS₂나 탄소계 피막 등, 윤활성이 뛰어난 피막을 피복하는 일도 있음.

○ 그러나 절삭점이 대단히 고온으로 올라가는 고경도 재료의 가공에는 내산화와 내마모성 양립을 위해 내마모성이 좋은 하층피막 위에 내산화성이 뛰어난 특성을 보이는 표층피막 피복을 하는 일도 있음.

■ 연구결과

○ 고경도강 가공 엔드밀용 SiC 함유 내열 강화피막: SiC 함유 내열강화 피막은 피막 성분에 SiC를 함유시켜 피막경도와 내열성을 비약적으로 향상시킨 피막으로, 주로 금형에 사용되는 담금질 강을 직접 조각 가공할 수 있는 용도로 개발된 피막임. SiC 함유율과 피막의 비커스경도를 적절히 조절, 피삭 재료로 FCD500-7을 사용하여 절삭속도 4.33 m/s, 피드 0.2 mm/rev, 절삭 깊이 0.5 mm로 가공했을 때의 공구수명의 관계를 보면, SiC의 함유율이 6~8% 정도에서 공구수명이 길어지며 또 비커스경도도 높게 나타남. 그러나 SiC 함유율이 더 이상 높아지면 비커스경도 및 공구의 수명도 저하하기 때문에 적절한 SiC 함유율의 선택이 중요함.

○ 건식, 습식가공 엔드밀용 Cr계 피막: Cr계 피막에는 고경도, 고탄성의 피막 성분이 사용되고, 또 피막형성 중에 피막 내에 축적되는 스트레인으로부터 발생하는 압축응력을 적극적으로 컨트롤, 피막파괴를 일으키는 크랙의 진전을 방지함. 초경엔드밀로 탄소강을 건식가공한 사례에서 마모곡선과 시험 후의 마모형태를 관찰해 보면, 종래피막에 대하여 압도적인 내마모성을 보였음. 또 초경엔드밀에 의한 탄소강의 습식가공 사례에서도 같은 형태로 높은 내마모성을 보이며, 결손 됨 없이 안정된 가공을 실현하고 있음. 이 Cr계 피막은 건식, 습식가공 등의 폭넓은 용도에 대응할 수 있음이 확인됨.

○ 고성능 드릴용 Cr계 복합다층 피막: 드릴의 홀 가공에서는 절삭 점에서 발생하는 절삭 열이 체류하기 쉽기 때문에 깊은 홀 가공일수록 고속, 높은 이송 절삭이 곤란함. 그렇기 때문에 깊은 홀 가공에 사용되는 초경드릴에는 오일 홀을 갖는 냉각액 공급형의 드릴이 보급되었지만, 확실한 절삭 점에 냉각액을 공급하기는 어렵고, 절삭 열로 마모의 진행이 빨라지거나 가혹한 열 환경 하에서 크랙이 진전하는 등, 선단 날 끝이나 날 끝에 가까운 여유부에 현저한 마모가

점진적으로 발생함을 보였음. 드릴용 Cr계 복합다층 피막은 이와 같이 엄격한 가공환경에 대하여 내마모성이 뛰어난 Cr계 피막과 열전도성에 뛰어난 기능성 피막과를 다층 코팅한 피막의 경화시험으로 다층구조를 보면 절삭 점에서의 발열을 효율적으로 분산제거 할 수 있도록 되어 있어 마모진행의 방지가 가능함.

■ 산업보건 측면에서 고려할 사항

○ 절삭 공구의 절삭 면과 접촉하는 공구 면에서 마찰마모를 경감시키기 위해 다양한 종류의 경질피막을 시행하고 있고, 특히 복합경질 피막의 고경도가 가공 엔드밀에 SiC함유 내열 강화피막, Cr계 피막, Cr계 복합다층피막을 실시하여 깊은 홀 가공 등에 사용됨.

○ 피복코팅에는 물리적 증착법(PVD: Physical Vapor Deposition)과 화학적 증착법(CVD: Chemical Vapor Deposition) 등이 적용되고 있지만 최근에는 더욱 다양한 증착법이 개발되어 공구 소재로부터의 피막 박리나 균열 등의 발생이 거의 없어 공구의 장수명화에 크게 기여하고 있다고 함. 그러나 절삭공구에 Cr계 피막이 되어 있는 경우 가공 중 피막 박리에 의해 크롬의 공기 중 발생 가능성을 고려할 필요가 있음.

(5) 전자산업

○ 백색가전이라 불리는 TV, 냉장고, 세탁기, 전자레인지, 오븐, 에어컨 등의 생활가전은 점점 대형화, 고급화되고 있으며, 핸드폰, 컴퓨터 등의 소형 가전은 소형화, 정밀화, 고급화되는 추세임. 이 과정에서 전통적인 철강 외에 알루미늄 합금, 마그네슘합금, 스테인레스 스틸, 강화유리, 플라스틱, 구리 등 다양한 소재가 외장재 및 부품으로 사용되고 있으며 제품군에 따라 빠르게 변화하고 있음. 이들 금속소재는 제품화를 위해서 자르거나, 구부리거나, 깎거나, 갈거나, 파내는 등의 금속가공 공정을 거치게 되며 이 과정에서 비수용성/수용성 또는 합성/준합성유 등의 전통적인 금속 가공유가 주로 사용됨. 전체 산업 공정 중 전자산업에서 사용하는 금속가공유의 비율도 자동차, 철강, 기계 산업 등에 비해 현저하게 적은 5% 내외로 추정됨. 하지만 최근 알루미늄 가공시 전통적인 금속가공유 외에 알코올 등의 새로운 화학물질을 냉각제로 사용하고 있어 이에 대한 조사가 필요함.

가) 알루미늄 부품 가공

○ 알루미늄은 스틸에 비해 가볍고(2.7 g/cm^3) 연성이 높아 핸드폰, 태블릿 PC, 스마트 워치 외장재로 널리 쓰이고 있으며, 특히 깔끔하고 날이 선 엷지를 표현하는데 가장 적절한 소재로 인식됨. 알루미늄은 내장용 부품이나 크기가 상대적으로 큰 제품 커버, 제품 프레임 등을 가공할 때는 냉각작용이 뛰어난 수용성 MWF를 95:5 (물:절삭유) 정도로 희석해서 사용함. 금속가공 면에서 알루미늄 소재는 경도가 낮아 우수한 윤활성이 확보되지 않으면 뜯김 현상이 발생할 수 있으며 절삭유의 pH 상태에 따라 소재의 변색이 발생해 pH 관리에 특별히 신경을 써야 함. 또한 알루미늄 소재는 보통 아연이나 마그네슘 합금이 많아 마그네슘 이온의 용출에 의한 절삭유의 총경도가 상승할 수 있어 이에 대응하기 위한 특수 목적의 절삭유를 사용해야 함.

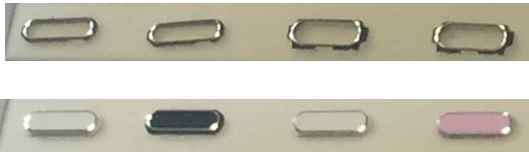
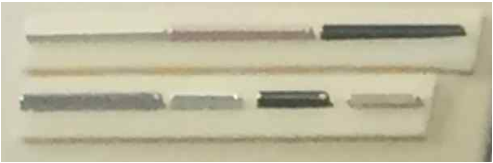
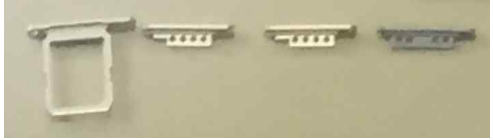
○ 해외에선 십 수 년 전부터 손목시계의 부품 제조, 자동차용 인젝션 노즐이나 전자부품 및 반도체 등 초소형 부품을 가공하는 마이크로머시닝(Micromachining)공정에서 절삭유 대신 에탄올을 냉각제로 사용하는 기술이 사용되었음. 마이크로 부품을 제작하기 위해 기계적 가공, 레이저 가공, 열 가공, 라미네이팅 등 다양한 가공 방식을 사용하는데, 그 중 기계적 가공은 알루미늄 등을 고속(30,000~60,000 rpm)의 스핀들이 장착된 CNC 밀링머신을 이용해 원하는 모양의 정밀 부품으로 만들어 내는 기술이며 이 때 절삭유대신 에탄올 사용이 가능함.

○ 이 기술을 소개하는 한 업체(독일 “DATRON”사)에 의하면, 에탄올은 물보다 점성이 낮아 고속으로 움직이는 공구의 표면을 빠르게 도포하며 휘발성이 좋아 냉각효과가 뛰어나. 또한 가공물의 표면에 에탄올 잔류물을 남기지 않아 마감이 우수하며 가공 후 세척공정이 따로 필요치 않아 비용 면에서도 이득이라 함. 한편 광물성 오일이나 합성유를 사용하는 기존의 절삭유와 달리 에탄올은 처리해야 하는 폐기물도 거의 없어 별도의 처리비용이 들지 않음. 더욱이 다른 휘발성 유기용제 보다 인체유해성이 낮아 적절한 환기시설과 설비기준을 만족한다면 작업자 노출에 의한 건강 영향도 제한적일 수 있다고 해당 업체는 소개하고 있음.

○ 최근 국내에서 MP3나 핸드폰의 소형 부품을 가공하면서 기존에 사용하던 수용성 MWF 대신 알코올을 절삭유로 사용하는 기술을 사용하였음. 그러나 국내에 이 기술이 적용되면서 비용을 낮추고자 에탄올 대신 저가의 메탄올을 대량 사용하고 공기 중으로 휘발되는 메탄올 증기를 제거하는 환기시설 없이 협소한 공간에서 CNC 가공을 하면서 작업자에게 치명적인 시신경 손상을 일으킨 사례가 보고되었음.

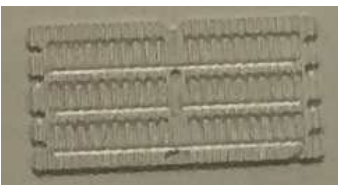
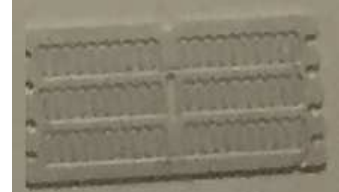
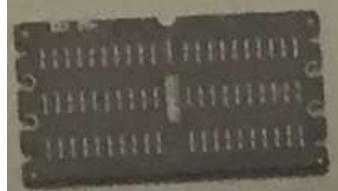
나) 핸드폰 부품 가공

○ 본 조사팀은 핸드폰 부품을 가공하는 업체 및 소형 CNC 기계 제작업체에 대한 현장 조사를 통해서 핸드폰 모델마다 차이는 있지만 핸드폰의 외장인테리어에 사용되는 소형 부품들의 CNC 가공 과정에서 메탄올(또는 에탄올)이 광범위하게 쓰였음을 확인함. 한 CNC 기계 제작업체에 의하면, 80년대 말에서 90년대 초 MP3의 외장 버튼 가공 시에도 일부 업체에서 메탄올/에탄올을 절삭유 대신 사용하였다 함. 특히 최근 그 수요가 폭발적으로 증가한 스마트폰의 소형 외장부품인 홈버튼, 볼륨이나 on-off 버튼, 카메라 장식, 심 트레이(sim tray), 스마트워치 버튼 등의 가공 시 집중적으로 사용함.

	
홈버튼	측면버튼
	
카메라 장식	스마트워치 버튼
	
Sim tray	Sim tray

[그림 3-32] 알코올을 냉각제로 사용한 알루미늄 부품들

○ 보통 60 mm x 60 mm, 60 mm x 90 mm, 60 mm x 120 mm의 상대적으로 작은 알루미늄 판재를 가공하는데 제품 및 모기업의 제품 사양요구에 따라 여러 단계의 CNC 가공을 실시함. 예를 들어 측면 on-off 버튼 가공의 경우 대표적으로 ①앞면 형상, ②샌딩, ③아노다이징, ④뒷면 홀가공, ⑤뒷면 타발 등의 과정을 거치게 됨. 아노다이징은 CNC가공과 별개로 알루미늄에 색상을 입히거나 광택을 내기 위한 화학처리공정으로 주로 외주 처리됨. 메탄올 중독사고 이전엔 CNC가공 공정인 ①앞면 형상, ④뒷면 홀가공, ⑤뒷면 타발 등 모든 공정에서 절삭유(냉각제)로서 메탄올을 사용하였음. 최근 메탄올 중독사고 후 대부분의 업체가 메탄올 대신 물이나 에탄올로 교체한 상태임.

		
입 고	앞면 형상(물사용 가능)	샌딩(외주, 물사용 가능)
		
아노다이징(외주, 물사용)	뒷면 홀가공(물사용 가능)	뒷면 타발(<u>에탄올</u> 사용)

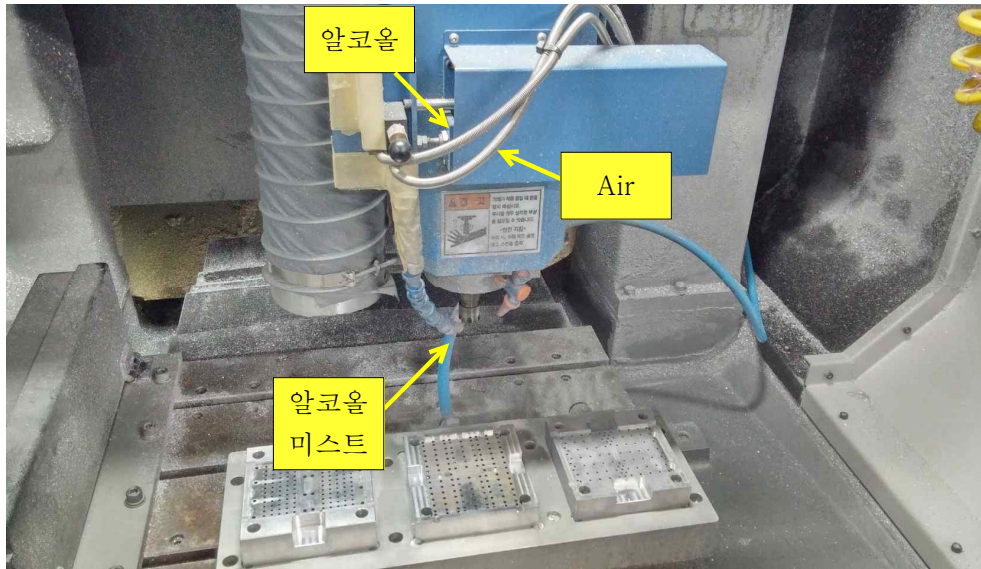
[그림 3-33] 핸드폰 On-off 버튼의 CNC 가공 과정

○ 알코올을 사용하는 주된 이유는 알코올은 물보다 점성이 낮고 휘발성이 좋아 냉각효과가 우수하기 때문임. 특히 알루미늄 가공 시 수용성 MWF를 사용하게 되면 절삭유의 pH에 따라 알루미늄 표면에 얼룩이 발생하는 단점이 있음.

즉, pH가 높으면 (통상 9.3 이상) 표면이 회색이나 흑회색으로 변색되고 pH가 낮으면 부식이 쉽게 되기 때문에 외관 및 광택을 특별히 중시하는 핸드폰의 외장재에 알코올을 집중적으로 사용함. 특히 알코올을 사용하면 가공물의 표면에 알코올 잔류물이 남지 않아 마감이 우수하고 가공 후 세척공정이 따로 필요하지 않음.

○ 알코올 중에서도 해외에서는 에탄올 사용이 권장되고 정착되었지만 국내에서는 에탄올 대신 메탄올 사용이 광범위하게 이루어짐. 일단 에탄올 가격(28만원/200L)이 메탄올(9만원/200L)보다 세배 정도 비싼 것이 주된 이유겠지만, 화학물질의 유통과정에서 공업용 에탄올은 가짜 양주 제조를 막기 위해 판매자나 구매자가 시청에 허가를 받아야하는 행정적인 번거로움도 있었음.

○ 알코올 분사방법은 압축공기(4-6 kg/cm²)와 함께 직경 1.6 mm의 홀을 가진 노즐을 통해 가공 공구와 같이 움직이면서 가공 면에 미스트를 분사하는 방식임. 이 때 공기와 혼합되는 알코올의 양은 업체마다 다른 것으로 조사되었음. 메탄올 중독사고가 있었던 “D” 업체는 기계 1대 당 18 L/day를 사용했으며 “Y”업체는 기계 1대 당 17 L/day를 사용하였음. 한편 본 연구팀이 조사한 “G”업체의 경우 기계 1대 당 4-6 L/day를 사용하고 있었으며 그것도 에탄올과 물을 6:4로 희석해서 사용하고 있었음. 즉, 같은 냉각효과를 내기 위해 사용되는 알코올 양은 업체에 따라 3-4배 차이가 나고 있음을 알 수 있음. 특히, “G”업체의 경우 냉각효과를 극대화시키기 위해 알코올 저장장치에 냉각장치를 추가 설치 운영하고 있었으며 이 업체도 냉각장치를 설치하기 전에는 8-10 L/day를 사용하였다고 함. 각 업체 간의 생산품은 거의 같으며 알코올 사용량은 모기업의 관리대상이 아니므로 가공업체가 자율적으로 정함. 인터뷰 시 “G”업체의 경우 비용절감 및 작업환경 개선 차원에서 동일한 냉각효과를 내는 최소 알코올 사용량을 찾아서 적용 중이라고 함.



[그림 3-34] 국내 Y_축 업체 CNC 가공



[그림 3-35] 독일 Datron 업체 CNC 가공

○ CNC 가공 시간은 가공 종류에 따라 크게 달라짐. 앞면과 뒷면의 면치기나 형상을 가공하는 선(先) 공정은 가공 시간이 수분에서 20여 분 까지 걸려 작업자 한 사람이 여러 대의 기계를 관리하고 있으며 가공 중에는 기계 문을 닫고 작업함. 하지만 최종 타발 등의 후(後) 공정은 30초에서 1분 남짓의 짧은 가공 시간으로 인해 작업자가 1대의 기계를 맡아 문을 열어 놓고 작업하며 아예 문이 없는 경우도 많았음. 공정의 특성 상 선 공정은 알코올 대신 물이나 기타 냉각제로 변경이 가능하지만 최종 공정은 아직도 표면 마감 처리 등의 이유로 알코올을 사용하고 있음.

○ 작업자의 알코올 노출에 영향을 미치는 인자는 알코올 사용량, 기계 밀폐 여부, 국소배기시설 가동여부, 전체환기시설, 작업공간의 크기 및 밀폐 여부 등을 들 수 있음. 메탄올 중독사고가 있었던 “D” “Y” 업체와(조사보고서 참조) 본 연구팀이 조사한 “G”업체와의 환경 조건과 개인별 노출 농도를 아래 표에 비교하였음. 일 회 측정이기 때문에 직접 비교는 어렵지만 업체 별 개인 노출 농도는 1 ppm 이하에서 2,220 ppm 까지 큰 차이를 보이고 있음. 특히 환경인자 중 알코올 사용량, 작업장 크기, 국소배기시설의 가동 여부 등이 작업자 노출 농도에 크게 영향을 미침을 알 수 있음.

<표 3-61> 개인 노출농도에 영향을 미칠 수 있는 공정 및 직무요인 비교

영향인자	“D”사	“Y”사	“G”사
유해물질	메탄올	메탄올	에탄올
유해물질 사용량(L/대수)	18L/day(0.9L/hr)*	17L/day(0.85L/hr)*	6L/day(0.3L/hr)*
CNC 기계대수	66대	32대	54대
알코올사용 기계대수	66대	32대	10대 미만

유해물질 총사용량(day)	1188L/day (추정)	544L/day	60L/day
작업장 크기	정보없음	324m ³ (12mx 10mx 2.7m)	1701m ³ (24.5mx 21.7mx 3.2m)
국소배기시설	없음	설치돼 있으나 효율이 미흡	발생원에 근접설치 및 효율 양호
전체환기시설	가동	가동	가동
기계밀폐여부	1-3면 개방	1면 개방	1면 개방

* 실제 기계 가동시간인 20 hr/day을 기준으로 계산함.

<표 3-62> CNC 가공 공정의 작업자 노출 농도

업 체	유해인자	측정결과	노출기준	평 가
“D”사	메탄올	228-417 ppm	200 ppm	초과
“Y”사	메탄올	1030-2220 ppm	200 ppm	초과
“G”사	에탄올	< 1 ppm	1000 ppm	적합

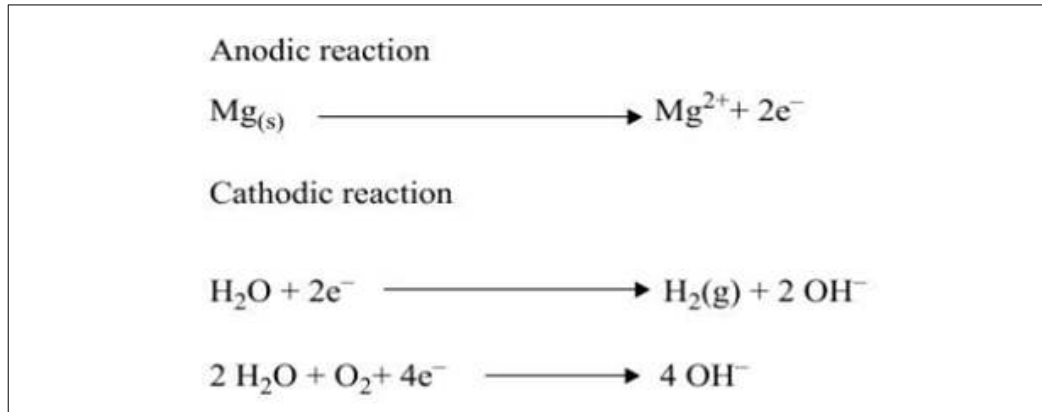
다) 마그네슘 부품 가공

○ 마그네슘은 매우 가볍고 높은 내구성으로 인해 우주선이나 항공기, 의료용 임플란트 소재로 선호되었으나, 최근에는 휴대용 전자제품의 소재로도 많이 쓰이고 있음. 특히 마그네슘은 CNC 가공이 쉬우면서 표면 마감성이 우수해 매끄럽고 부드러운 곡선을 표현하는 외장재에 적용되고 있음. 마그네슘은 주로 합금소재로 사용되며 인장강도가 기존 알루미늄합금 소재의 2.8배에 달하며 무게는 65 % 정도 가벼움. 또한 높은 전도율로 인한 방열성능이 좋아 마그네슘 합금소재가 프리미엄 스마트폰의 바디프레임으로 사용됨. 또한 마그네슘의 물리

적 장점을 이용해 기존 알루미늄 소재에 마그네슘, 아연을 추가한 알루미늄 합금(7000)소재가 사용되기도 함.

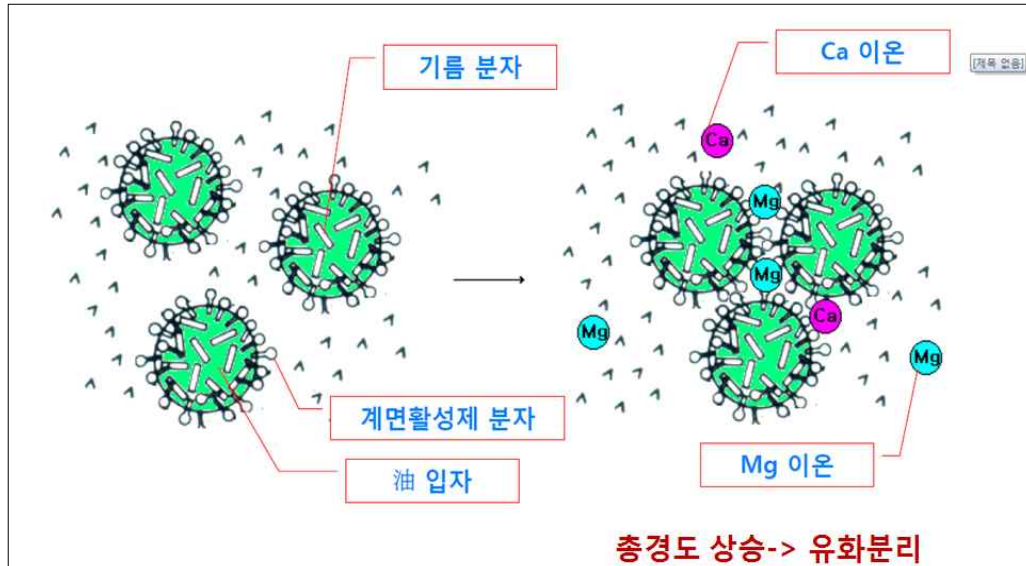
○ CNC 가공 측면에서 마그네슘은 가볍고(1.8 g/cm^3) 강도는 세면서도 금속가공이 상대적으로 쉬운 소재임. 절삭이 쉬우면서도 높은 전도열로 마찰열이 빨리 분산돼 공구의 수명이 증가되며 공구비용이 감소되는 장점이 있음. 이로 인해 마그네슘 소재는 윤활이나 냉각을 위한 절삭유를 사용하지 않는 건식가공(dry machining)이 가능함. 그러나 깊은 홀을 가공하거나 고속회전 가공시에는 발생하는 열을 빨리 냉각시키기 위해 절삭유를 사용해야 함. 한편, 마그네슘은 인화성이 좋은 금속이며 450°C 이상에선 발화의 위험이 있음. 심지어 산소가 없는 대기조건 즉, 질소, 이산화탄소, 물속에서도 연소가 가능하기 때문에 스트레이트 오일 성분의 절삭유보다는 냉각력이 좋은 수용성 MWF를 사용함. 최근에는 마그네슘에 칼슘과 이트륨을 첨가해 만든 고특성 난연성 마그네슘 합금이 개발돼 공기와의 반응으로 나타날 수 있는 화재나 폭발위험성을 대폭 낮추기도 함.

○ 그러나 수용성 MWF를 사용하면 아래 그림과 같이 가공 중 마그네슘에서 용출되는 전자와 물이 반응해 수소가 발생, 인화폭발의 위험이 생겨남. 수용성 MWF를 사용할 땐 충분하게 산소를 공급해(Aeration) 수소발생을 막는 것이 중요함. 또한 마그네슘 표면에 친화성이 높은 첨가제를 넣어 마그네슘이 물과 반응하는 것을 막아 수소발생을 낮추는 것도 방안임. 이 외에 수용성 MWF는 스프레이하면서 가공영역 주변의 마그네슘 칩(가공 중 발생하는 열의 90% 까지 갖고 있는)을 CNC 공구에서 빨리 씻어내 화재의 위험을 낮추기도 함.

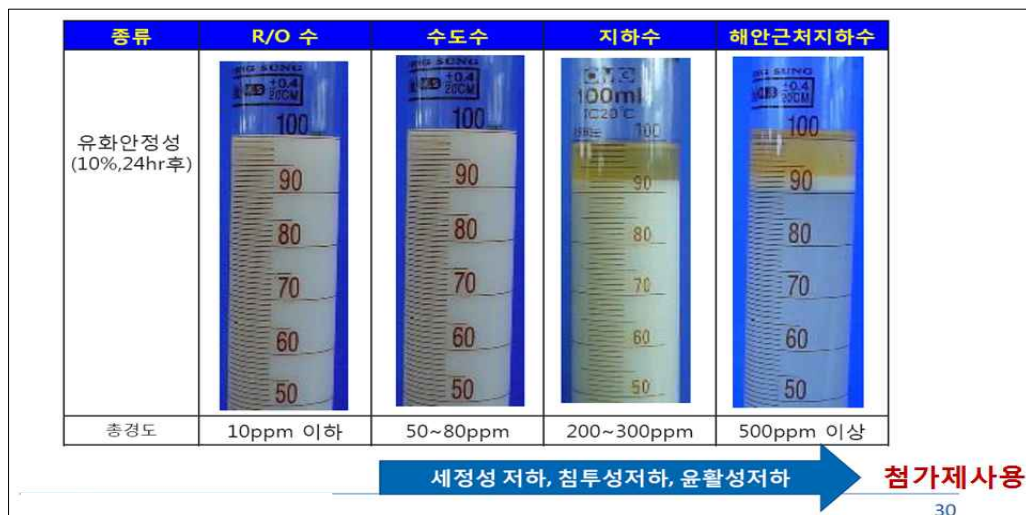


[그림 3-36] 마그네슘 가공 중 수소 발생 과정

○ 수용성 MWF는 오일 성분을 둘러싸고 있는 유화제에 의해 안전하게 에멀전화 되어있는데 마그네슘 이온이 용출돼 물의 경도가 높아지면 에멀전화가 불안정해지며 유화분리 현상이 발생함. 그러므로 마그네슘 가공 시에는 수용성 MWF에 이를 막기 위한 첨가제를 추가로 사용함. 마그네슘 가공시 수용성 MWF를 쓰는 과정은 세밀하게 물리화학적 작용을 고려한 세심한 주의가 필요함.



[그림 3-37] 총경도 상승 시 유화저하 모식도, <(주)비아이티 범우연구소 제공>



[그림 3-38] 총경도별 유화, <(주)비아이티 범우연구소 제공>

5. 금속가공 공정 화학물질 취급 근로자 보호 대책

1) 금속가공유(MWF)

○ 금속가공유가 피부 질환과 호흡기계 질환 및 암을 일으킨다는 것은 잘 알려져 있음. 그러나 금속가공유의 성분 변화로 인하여 질환의 유형이나 비중은 변화할 수 있다는 것이 본 연구를 통해 밝혀짐. 특히, 과거에는 관심을 갖지 않았던 살생물제에 대해 관심을 가질 필요가 있고, 해외에서는 금속가공유에 사용 금지 또는 제한되고 있으나 국내에서는 아직 그렇지 못한 물질들에 대한 관리 대책 마련이 요구됨. 이를 간략히 정리하면 다음과 같음.

○ 첫째, 1% 미만 함유된 유해성분에 대한 정보제공 및 유해성분류가 필요함. 기유, 부식방지제, 계면활성제, 커플링제, 윤활향상제, 극압첨가제 등 다수의 유해 첨가제 군이 1% 이상 함유되고 있으나, 소포제와 색소 및 방부제류는 첨가되는 양이 1% 미만으로 MSDS 기재 대상이 아닌 경우가 대부분임. 특히 방부제류의 경우 수십 ppm만 함유되어 있더라도 피부 과민성이나 자극성이 발생할 수 있음. 예를 들어 CMIT/MIT는 0.0015% 이상 함유되어 있을 경우 피부과민성에 대한 경고가 필요하고, OIT와 BIT의 경우는 0.05% 이상 함유되어 있을 때 경고가 필요하다고 독일 VKIS, VSI, IGM 리스트는 주장하고 있음. 즉, MSDS 상의 정보로는 방부제의 유해성으로부터 노동자를 보호하는 것이 불가능함. 게다가 방부제의 경우 발암성이나 생식독성 물질도 다수 포함되어 있어 더더욱 우려가 큰 상황임. 고용노동부의 「화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준」에서도 과민성 물질에 대해 컷오프 값을 1%로 제시하고 있어, 제조자들이 자신들이 생산하는 금속가공유가 피부과민성 또는 호흡기 자극이나 천식 등 알레르기 증상을 유발할 수 있다는 것을 알고 있더라도 물질안전보건자료에는 표시하지 않아도 무방한 상황에 놓여있다고 할 수 있음. 이

러한 상황은 GHS 분류를 따르더라도 유사하게 발생될 수 있는 문제로서, 살생 물체에 대한 사회적 민감도가 높아진 한국사회에서는 별도의 대책을 마련하는 것이 바람직할 것으로 여겨짐. 금속가공유 내 방부제 성분에 대해서는 별도의 표시기준을 마련하거나 유해성 분류와 관련한 가이드라인을 제공해야만 하는 상황임.

○ 둘째, 해외의 금지/제한 물질에 대한 사용실태 파악 및 대책 마련이 필요함. 유럽연합의 경우 REACH 이전부터 금속가공유에 대해 짧은사슬염화파라핀, 노닐페놀 및 노닐페놀에톡실레이트의 함량 제한을 하여왔음. 니트로스아민을 발생시킬 위험이 있는 2차 아민류에 대해 독일은 TRGS 611을 통해 금속가공유에 사용을 금지하고 있음. 또한 유럽연합의 살생물제 규제에 따라 사용 허가된 물질만 방부제로 첨가가 가능함. 그러나 우리의 경우 산업안전보건법에서 산업용제품 내 특정 성분에 대한 사용제한을 하지 않으며, 화평법의 허가제한에서 다루게 됨. 하지만 환경부가 노동자들의 건강위험 때문에 사용제한을 적극적으로 할 것이 기대되지는 않는 상황임. 따라서 해외의 금속가공유 성분에 대한 금지/제한 정책을 적극 파악하여 환경부의 허가제한 물질에 포함되도록 하거나, 고용노동부가 별도의 관리대책을 모색할 필요가 있음.

○ 셋째, 민간의 독성물질 저감 노력을 활용할 필요가 있음. 독일 금속노조 사례 뿐 아니라 우리나라의 금속노조와 금속가공유 제조자들이 2012년에 체결한 민간협약에서는 이미 디에탄올아민 사용을 금지하는 등 시장에서 보다 적극적인 움직임이 펼쳐지고 있는 점을 주목할 필요가 있음. 정부가 허가나 사용제한 및 금지를 도입하고 시행하는 데 고려할 사항이 많고 추진하는데 오랜 시간이 걸린다는 점을 고려한다면, 한국에서 민간의 협약이 존재하는 것을 정부가 적극 활용하여 자발적으로 유해물질을 저감하도록 하고 그 결과를 반영하여 금속가공유 내 유해성분을 사용 제한할 수 있는 길을 찾는 것이 실효성이 높을 것으로 보임. 극압첨가제로 염화파라핀 계열이 사용되는 것도 마찬가지로의 해법이

적용되어야 할 것으로 봄. 이러한 민간협약에 대하여 지원방안을 마련함으로써, 보다 많은 금속가공유 제조사와 사용자들이 안전한 제품을 생산하고 구매할 수 있게 할 필요가 큼.

○ 넷째, 산업안전보건법 화학제품관리 정책 도입이 필요함. 산업안전보건법은 화학물질로 인한 근로자의 피해를 예방하고 관리하기 위하여 화학물질에 대한 알권리 실현(MSDS, 경고표시), 노출관리(작업환경측정), 건강관리(특수건강검진) 및 화학물질 사용관리(특별관리물질)를 사업주에게 요구하고 있음. 하지만 이미 유해한 화학물질이 산업용제품을 통하여 사업장에 진입한 이후에 관리하는 것은 효과가 매우 낮을 수밖에 없음. 따라서 화학제품의 제조 수입자에 대하여 안전한 제품을 생산할 책임을 요구하고, 구매 사용자에게는 안전한 제품을 사용하도록 유도해야 함. 이제 고용노동부에도 산업용제품관리를 통한 화학물질 관리정책이 도입되어야 할 것임. 유럽 REACH나 Carcinogen & Mutagen Directive 등을 참고하면 다음과 같은 제도 보완이 우리나라에 요구된다고 할 수 있음.

- 발암물질 등 고독성물질 사용시 대체물질 검토 의무화(사용자)
- 발암물질 등 고독성물질 함유 여부에 대한 정보요청(사용자) 및 정보제공(제조수입자)
- 위해성이 큰 물질에 대한 제품 내 함유 제한(제조수입자)
- 살생물제에 대한 사용허가(제조수입자)

2) 금속가공유(MWF) 중 살생물제⁴⁾

(1) 미생물 오염과 금속가공유 기능 저하

○ 마찰에 의한 공구 마모 감소를 주목적으로 하는 비수용성(straight) 금속가공유와 달리, 냉각과 세척을 주요 기능으로 하는 수용성(water-soluble) 금속가공유는 많은 양의 물과 섞어 쓰게 됨. 물속에 금속가공유 원액이 매우 작은 크

4) 이 장은 김성준 박사(에코파로스)에게 자문을 요청하여 작성함

기의 에멀션(emulsion) 형태로 존재하는 수용성 금속가공유는 미생물이 자라기 쉽고, 일정 기준 이상 부패한 금속가공유는 더 이상 쓸 수 없기 때문에, 지금까지는 이를 억제하기 위해 상당량의 살생물제(biocides)를 사용하여 왔음.

○ 금속가공유 원액과 물의 분리(유화도 감소), 수분 증발, 경수 이온의 불안정화, 거품 발생에 의한 계면활성제 기능 저하, 미생물 증식에 의한 금속가공유 에멀션 파괴, 작업자나 작업환경으로부터 기인하는 세균과 금속칩을 포함한 각종 이물질 유입 등은 모두 금속가공유 본래의 기능을 잃게 하는 주요 요인으로 작용하게 되지만, 그 중 가장 심각한 것은 미생물에 의한 부패임.

○ 금속가공유 내의 미생물은 다양한 불순물들을 영양분으로 하여 급격히 번식하게 되는데, 이 미생물들은 금속가공유 구성 성분인 광유(mineral oils), 지방산(fatty acids), 유화제(emulsifiers), 부식방지제(corrosion inhibitors) 및 각종 첨가제와 왁스 성분까지 닥치는 대로 먹어 치움.

○ 미생물이 부식방지제 성분을 먹어 없애면, 산소가 반드시 필요한 호기성 세균(aerobic bacteria)이 쉽게 자라 금속가공유 에멀션을 파괴해 본래 기능을 잃게 만듦. 산소가 없는 환경에서 자라는 혐기성 세균(anaerobic bacteria)은 금속가공유 에멀션 자체를 먹이로 하며, 황화수소(hydrogen sulfide) 등과 같은 유해한 부산물을 만들어 냄.

○ 금속가공유의 부패에 의해 발생하는 세균과 곰팡이 등의 미생물은 작업자들에게 다양한 병원균을 옮길 수 있으며, 각종 호흡기 질환과 피부염을 일으키기도 함. 또한 미생물들은 금속가공 제품의 품질을 떨어뜨려 가공 표면에 흠집을 남기기도 하며, 공구 수명을 단축시키고, 살균, 세척과 장비 수선 등에 따른 공정 가동 중단 시간을 늘려 생산성을 크게 저하시키기까지 함. 미생물은 거품을 일으키고, 금속가공유 에멀션의 유화도를 떨어뜨리며, 배관과 밸브와 필터를 막

히게 함. 구성 성분과는 상관없이 모든 종류의 금속가공유는 사용할수록 미생물 오염 등 다양한 원인에 의해 기능이 떨어질 수밖에 없음.

○ 금속가공유의 미생물 오염은 악취와 육안으로도 쉽게 확인되는 경우가 많음. 특히 작업이 없는 주말이나 휴일 이후에 이런 현상이 많이 일어나게 됨. 이러한 확인은 심리적인 경향이 강하기 때문에, 실제로는 더 사용할 수 있는 경우라 하더라도, 작업자의 불만과 우려를 없애기 위해 부득이 금속가공유를 교체할 수밖에 없으며, 이로 인해 비용 부담은 더욱 늘어나게 됨.

○ 미생물에 의한 오염 정도를 수치로 정확하게 측정하는 것은 쉽지 않음. 미생물 개체군의 크기를 결정하여 시간과 환경 변화에 따른 개체군 변화까지 추적할 수 있는 정량 실시간 중합효소연쇄반응법(qPCR: quantitative real-time polymerase chain reaction)과 같이 빠르게 분석이 가능한 새로운 기술이 개발되었으나, 아직은 실험실에 머물러 있는 수준이며, 일반적으로는 현미경 관찰이나 배양, 화학적 분석의 세 가지 방법을 통해 대략의 정보를 얻고 있음. 이 중 한 가지 방식의 측정만으로는 미생물 오염도(bioburden)나 생물학적 활동도(biological activity), 미생물 종류 등에 관한 적절한 정보를 얻을 수 없음. 그러나 규모가 큰 작업장 일부를 제외하고는 이 중 하나도 제대로 시행되지 않고 있는 것이 현실임.

○ 이러한 정보 부족은 세균과 곰팡이와 같은 미생물을 없애기 위해 첨가하는 살생물제의 적절한 종류와 적정 농도를 결정하는 데에 큰 어려움을 줄 수밖에 없으며, 이 때문에 작업 현장에서는 살생물제를 남용하게 되는 경우가 대부분임.

○ 금속가공유 기능 저하의 주요 원인인 미생물은, 작업자의 건강 문제에서부터 생산 경제성에 이르기까지 금속가공유 작동 체계에 큰 영향을 미침. 여기에

는 건강, 안전, 환경 관련 문제뿐 아니라, 금속가공유 조기 교체, 폐기물 처리, 제품 결함, 공구 수명 저하 등 다양한 문제들이 포함됨.

○ 미생물이 금속가공유 에멀션을 분해하게 되면, 금속가공유는 중요한 기능들을 잃게 되며, 악취와 거품이 발생하고, 오일 스모크(oil smoke)와 오일 미스트(oil mist)와 같은 에어로졸(aerosol)이 급격히 증가하여 작업자의 호흡기나 피부에 닿게 됨.

○ 현재까지 이를 막을 수 있는 가장 확실한 해법은, 미생물 증식 억제를 위해 금속가공유에 살생물제를 첨가하고 금속가공유의 pH를 높게 유지하는 것임. 살생물제가 어느 정도 효과적인 것은 사실임. 그러나 트리아진(triazines)으로 대표되는 포름알데히드 방출형 살생물제(formaldehyde-releasing biocides)를 비롯하여 많은 종류의 살생물제가 작업자의 건강과 작업 환경에 심각한 문제를 일으키고 있는 것 또한 명백한 사실임. 미국 EPA를 비롯한 전 세계의 많은 기관들이 특정 용도로 사용되는 살생물제를 반드시 등록하도록 법제화한 것은 바로 이 때문임.

(2) 살균제 사용에 따른 건강영향 고찰 - 호흡기 질환 중심 -

○ 살생물제의 부정적인 영향에도 불구하고, 금속가공유에 살생물제를 사용하지 않을 경우 미생물 증식으로 인해 야기될 수 있는 작업자의 건강 문제 역시 간과할 수 없음. 미생물은 금속가공 현장에서 크게 다음과 같은 세 가지 형태의 질병을 일으킬 수 있음.

- 감염(infection): 작업 현장에서 발생하는 대부분의 감염은 작업자들이 상처를 제대로 치료하지 않기 때문임. 아무리 작은 상처라 하더라도 세균과 곰팡이에 의해 쉽게 감염되고 병원균이 급세 증식할 수 있으므로, 상처가 나면 바로 깨끗하게 소독하고 치료해야 함. 다른 작업장과 달리 금속가공 현장에서만 나타나는 특별히 더 위험한 감염증상이 있는 것은 아니지만, 상처가 날 수 있는 가능성은 다른 작업장에 비해 높음.
- 독혈증(toxemia): 미생물 독소는 세균과 곰팡이에 의해 만들어지는 수천 가지의 화학물질을 포함함. 금속가공 작업자의 건강에 영향을 미칠 수 있는 미생물 독소의 대표적인 유형 세 가지는 균체내독소(endotoxins), 균체외독소(exotoxins), 진균독소(mycotoxins)임. 균이 살아있는 동안은 세포막을 통해 확산하지 않으나 균이 죽거나 파괴되는 경우 균체 밖으로 유출되는 균체내독소는, 미열이 나는 것부터 독성 쇼크사에 이르기까지 다양한 증상을 일으킬 수 있음. 세균 대사를 통해 생성되어 균체 밖으로 방출되는 단백질성 독소인 균체외독소는, 균체내독소보다 훨씬 강하게 인체에 악영향을 줄 수 있음. 대장균(*E. coli*)과 독성 쇼크를 유발할 수 있는 황색포도상구균(*S. aureus*), 화농연쇄상구균(*S. pyogenes*) 등이 이에 속함. 진균독소는 곰팡이에 의해서만 배출됨. 화학적으로 매우 다양하며, 환각 증세부터 암까지 넓은 범위에 걸쳐 여러 가지 증상을 일으킬 수 있음. 금속가공 현장에서는 균체내독소나 균체외독소보다는 적게 발견됨.

- 알레르기(allergies): 작업현장에서 노출되는 경우 거의 모든 작업자들에게 비슷한 영향을 주는 독소들과 달리, 특정 알레르기 유발 물질에 특히 민감한 작업자들에게만 알레르기 증상이 나타나게 됨. 과민성폐렴 등이 이에 해당됨.

○ 금속가공유에서 사용하는 살균제(방부제) 사용으로 인한 건강질환, 특히 호흡기질환 사례를 문헌고찰을 통해 핵심부분은 정리한 것임. 이 내용은 연구 책임자(박동욱)가 한국산업보건학회지 2013년 23권 3호에 보고한 “수용성금속가공유에서 살균제 사용으로 발생된 유해인자 및 호흡기 질환 위험 고찰”에서 핵심내용만을 발췌한 것임.

○ 수용성 MWF를 사용하는 공정에서 미생물의 오염과 번식을 억제하기 위해서 일반적으로 살균제를 사용함. MWF에 살균제를 사용하면 이에 민감한 미생물은 사멸하지만 상대적으로 저항성이 있는 미생물은 오래 생존하여 우점종이 될 수 있는데, 이 균종이 건강영향을 가져올 수 있다고 알려져 있음.

○ MWF 사용 공정에서 살균제 노출로 인한 직접적인 건강 장애사례는 국내외에서 아직 보고되지 않았음. Watt(2003)가 수용성 MWF에서 사용한 살균제 내성에 따른 Mycobacteria 발생과의 연관을 보기 위해서 실험실에서 8개 살균제(Glutaraldehyde/ Morpholine/ Quaternaryamine/ Morpholine/ Isothiazolone/ Morpholine/ Oxazolidine/ Triazine)에 대해 농도별로 비결핵박테리아(Non-tuberculous bacteria, NTM)의 오염 정도를 평가한 바 있음.

○ 미국국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)은 MWF에 첨가하는 살균제를 총 11가지로 정리하고 이에 따른 건강영향을 경고하였음(<표 3-63> 참조). MWF에 들어가는 살균제 성분으로 흔히 사용되는 것은 triazine계 화합물임(NIOSH, 1998). Triazine계 화합물을 포함한 살균제는 그 자체에 독성이 있을 수 있지만, 현재까지 살균제의 직

접적인 노출로 인한 호흡기 질병 사례는 보고된 적이 없음.

○ MWF를 사용한 금속가공공정 근로자에게 발생한 HP 사례에서 초래한 원인 의심인자와 이에 대한 측정 결과를 정리하였음(<표 3-64> 참조). 각 문헌별로 HP를 포함한 호흡기질환을 초래한 원인이라고 의심한 미생물의 종과 미생물의 농도 등에 차이가 있는 것을 볼 수 있음.

○ Bernstein et al.(1995)은 수용성 MWF에 노출된 자동차 부품 가공 근로자 6명에게 발생한 호흡곤란, 기침, 피로 등 HP 사례를 처음으로 보고하였음. 이들은 수용성 MWF에서 분리, 배양된 *Pseudomonas fluorescens*를 포함한 미생물에 대한 상당한 항체 반응이 나타난 것을 발견함. 항원 미생물에 1회 이상 항체 반응을 나타냈던 박테리아는 *Aspergillus niger*, *Acid-fastRhodococcuse*, *Bacilluspumilus*였음. 수용성 MWF 노출이 감소하거나 또는 노출을 피한 후에는 환자들의 호흡기 증상들이 나아졌다고 보고함. 연구자들은 수용성 MWF를 사용할 때 공기 중으로 분산된 미생물 항원의 노출이 HP 발생과 연관이 있다고 주장하였지만(Bernstein et al., 1995), 살균제 사용과 특정 미생물의 과도한 오염이나 노출 또는 연관 등은 규명하지 않았음.

○ 미국 질병관리본부(Centers for Disease Control, CDC)는 1994년 이후 수용성 MWF에 노출된 근로자에게서 공통적으로 HP 발생이 증가된 것을 관찰함. 1994년과 1995년 사이 미국 미시건의 3개 자동차 생산공장 근로자 6명의 조직 검사 결과 나타난 HP 사례를 처음으로 보고하였음. 이들이 담당한 직무는 공구제조(Toolmaker), 기계가공 감독, 연삭, 가공 정비, 금속가공, 목수였고(CDC, 1996), 이들은 천명, 기침, 객담, 호흡곤란, 한기, 체중감소 등 전형적인 호흡기 증상을 호소하였음. 구체적인 원인인자를 규명하기 위하여 수용성 MWF 사용과 HP의 연관 조사를 제안하였음.

○ CDC 조사 이후 자동차 생산공장 근로자에게서 발생한 호흡기 질환, 특히 HP 사례(98건)를 초래한 원인인자를 규명하기 위한 토론회가 있었음. Kreiss와 Cox-Ganser(1997)은 HP를 초래한 주요 원인인자가 수용성 MWF를 사용하는 공정에서 우점종으로 자란 미생물이라고 주장함. 여러 미생물 중에서도 가장 강력한 원인인자는 NTM, 그람음성박테리아 외벽인 엔도톡신(Endotoxin, 내독소) 그리고 곰팡이라고 결론을 내렸음. NIOSH 고찰 보고서에서도 특히, 근로자가 주로 사용했거나 노출된 수용성 MWF 탱크에서 NTM 종이 높은 농도(105CFU/ml이상)로 검출되었고, 주요 NTM 종은 *Mycobacterium chelonae*라고 이들의 주장을 뒷받침하였음(NIOSH, 1998). 곰팡이 종은 총 6개 공장에서, 그리고 엔도톡신은 총 5개 공장에서 높은 농도로 검출됨. 한편 엔도톡신은 보조인자로서 면역학적 기능을 억제하기 때문에 HP를 초래한 직접적인 원인인자로 의심하지 않았음(Ye et al., 1988). 대신 HP를 초래한 직접적인 원인으로 그람음성박테리아 성장을 억제하기 위해 사용한 살균제 남용이라고 처음으로 의심하였음.

○ Shelton et al.(1999)이 처음으로 금속가공공정 근로자의 HP 발생 원인으로 수용성 MWF에서 증식한 NTM에 호흡기 노출이라고 구체적으로 주장함. 수용성 MWF를 사용하여 금속을 연삭하는 근로자 3명의 HP 사례에서 이들이 높은 NTM 종에 노출된 것을 발견함. 그 중 NTM *chelonae*종이 가장 높은 농도로 검출되었고($ND-6.6 \times 10^7$ CFU/ml), HP가 발생한 근로자가 사용한 탱크 및 그 주변에서도 공기 중 NTM 종이 가장 높은 농도로 측정됨. 이 연구 결과는 NTM에 노출된 근로자에게서 HP가 집단으로 발생된 사례 보고와 일치하였음(CDC, 1996; Kreiss and Cox Gansler, 1997; Zacharisen et al., 1998; Wallace et al., 2002).

○ Wallace et al.(2002)도 동일한 주장을 하였음. 금속 연삭 근로자에게 HP가

발생한 공정의 MWF 벌크 시료에서 107개의 NTM을 보고했음. 총 102개 시료 (95%)에서 NTM immunogenium을 동정하고 이 종이 HP의 독력 및 병리학적 역할과 연관이 있을 것이라고 주장함. 수용성 MWF에서 NTM 오염 근원은 수도물이라고 하였음. 수도물에 오염된 Mycobacteria가 살균제에 내성을 갖고 있어 우점종으로 증식하여 남게 되는 것임.

○ Watt(2003)는 수용성 MWF에서 오염된 Mycobacteria가 살균제 사용과 연관이 있다는 것을 실험으로 밝혔음. 실험실에서 8개 살균제 중 Triazine을 첨가한 수용성 MWF에서 가장 높은 농도의 NTM가 번식하였고 Triazine농도와 유의한 상관도 관찰함.

○ Beckett et al.(2005)는 자동차 제조공장 기계운전자에게서 발생한 HP의 원인인자로 준합성 MWF에서 오염된 NTM 노출을 의심함. 이 환자가 일한 기계 근처에서 측정한 공기 중 MWF 에어로졸의 농도는 0.42 mg/m^3 (시료 수 제시하지 않음)으로 NIOSH 권고기준(0.5 mg/m^3)이하였고, MWF벌크 중 박테리아 농도도 10 CFU/ml로 낮았지만 NTM chelonae농도가 $1.6 \times 10^5 \text{ CFU/ml}$ 와 엔도톡신 농도 $2.4 \times 10^2 \sim 2.5 \times 10^4 \text{ EU/ml}$ 는 높게 나타났음.

<표 3-63> 금속가공유(MWF)에 들어 있는 살균제 성분 (NIOSH, 1998)

Chemical name	Trade name
Tris(hydroxymethyl)nitromethane	Tris Nitro
Hexahydro-1,3,5-tris(2-hydroxyethyl)-S-triazine	Grotan Onyxide 200 Busan 1060 Bioban GK Triadine 3
Hexahydro-1,3,5-triethyl-S-triazine	Vancide TH
1-(3-Chloroallyl)-3,5,7-triaza-1-azonia adamantane chloride	Dowicil 75
4-(2-Nitrobutyl)morpholine and 4,4'-(2-ethyl-2-nitrotrimethylene)	Bioban P-1487
O-Phenyl phenol	Dowicide-1
Sodium 2-pyridinethiol-1-oxide	Sodium Omadine, 40% aqueous solution
1,2-BIT; 1,2-benzisothiazolin-3-one	Proxel MW 300 or MW200
5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one-2-methyl-4-isothi azolin-3-one	Kathon 886
2,2-Dibromo-3-nitrilopropionamide	Dow XD-8254 DBNPA
p-Chloro-m-xyleneol	PCMX

<표 3-64> 금속가공 공정에서 확인한 미생물 특성 (박동욱, 2007)

Authors	Type of operation	Type of MWF	Microorganisms cultured in MWF	The level of M		Fluid aerosol(mg/m ³)		Endotoxin(EU/ml)
				MWF bulk(CFU/ml)	Air(CFU/m ³)			
Bernstein et al(1995)	Auto part manufacturing	Water-based	Pseudomonas fluorescens Aspergillus niger Staphylococcus capitis Acid-fast Rhodococcuse & Bacillus pumilus	No data	No data	<0.5		4102-1.7x10 ³
Kreiss & Cox-Ganser(1997)	Auto & auto part plant 1	synthetic	M. chelonae	10 ⁵ -10 ⁶	No data			
	Auto & auto part plant 3	semi-synthetic	M. chelonae	10 ⁶ -10 ⁷	No data			
	Auto & auto part plant 3	semi-synthetic	Atypical Mycobacteria		High			
	Auto & auto part plant 4	synthetic	M. fortuitum/chelonae complex	1-6.6x10 ⁶				
	Auto & auto	soluble &	M. chelonae	10 ⁶ -10 ⁷	No data			

		part plant 5	semisynthetic				
Shelton et al(1999)		Auto part manufacturing	Water-based(case #1)	M. chelonae	ND-6.6x10 ⁶	56-2.3x10 ³	
				M. immunogen			
				M. abscessus			
				P. pseudoalcaligenes			
				P. alcaligenes			
			Water-based(case #2)	Mycobacterium	10 ² -10 ⁷	> 9.4x10 ³	
				Corynebacterium			
				Bacillus			
				Rhodococcus			
				Hyalodendron			
				Cladosporium			
			Water-based(case #3)	M. immunogen	>10 ⁶		
				Bacillus			
				Pseudomonas			
				Cladosporium			

Wallace et al(2002)	et	Metal grinding	Water-based	M. immunogen	No	data					
Beckett et al(2005)	et	Auto part manufacturing	semi-synthetic	M. chelonae(or M. immunogenium)	1.6	x 10 ⁵	No		0.42	240-2.5x10 ⁵	

Abbreviation

M.=mycobacteria, NTM=Nontuberculosis Mycobacteria, MWF= metalworking fluid, CFU=colony forming unit

(3) 살생물제 사용 규제

○ 모든 기능성 유체와 마찬가지로, 금속가공유 자체의 독성은 이전보다 크게 줄어들었으며, 일부 전문가들은 금속가공유 자체는 본질적으로 위험물질이 아니라고 단언하기도 함.

○ 그럼에도 불구하고, 윤활유 등의 다른 기능성 유체와 달리 금속가공유가 여전히 작업자들에게 잠재적인 위험물질이 되고 있는 것은, 금속가공유의 분사와 가공 과정에서 발생하는 오일 스모크, 오일 미스트와 같은 에어로졸 때문임. 에어로졸에는 살생물제를 포함한 여러 첨가제가 함께 들어 있을 가능성이 매우 높음. 작업자가 원천적으로 이를 피할 수 있는 방법은 없으며, 때로는 작업 특성 상 에어로졸의 발생원에 더 가까이 노출되는 경우도 있음.

○ 최근 출시되고 있는 금속가공유 제품에는 포름알데히드 방출형 살생물제가 들어가지 않거나 이전보다 적은 양이 들어가는 추세이지만, 작업 현장에서 저장조에 직접 첨가(sump side addition)하는 살생물제의 종류와 양을 제어하거나 규제하기는 쉽지 않음. 이의 남용을 막을 수 있다면, 살생물제 구입비용 절감뿐 아니라 건강과 안전에 관련된 문제도 크게 줄일 수 있음.

○ 미국은 살충제, 살진균제, 살서제 관리에 관한 연방법(FIFRA: the Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act)을 개정된 1972년 살균제 법(the Pesticide Act of 1972)으로 살생물제 사용을 규제하고 있는데, 각각의 살생물제 성분은 특정 용도로만 사용할 수 있도록 등록되어 있기 때문에, 살생물제를 제품으로 생산하여 판매할 경우에는 보다 광범위하고 포괄적인 독성 시험을 거쳐야만 함. 이러한 살생물제 제품의 등록 절차는 제약회사의 연방 FDA 등록 절차와 유사하며, 무살생물제 화학물질에 대한 독성물질 규제법(TSCA: the Toxic Substances Control Act)의 신고 요건보다 훨씬 복잡하고 방대함.

○ FIFRA는 1972년 이후에도 여러 차례 개정되었는데, 현재의 법은 건강을 지키고 환경을 보존할 수 있도록 EPA가 살생물제의 사용과 판매를 제한할 수 있도록 권한을 위임하고 있음. 그런데 FIFRA는 EPA가 살생물제의 판매와 사용을 감독할 수는 있지만, 지방정부가 살생물제 사용을 추가 규제하는 것을 막을 수는 없도록 하고 있음. FIFRA는 EPA에 다음과 같은 권한을 위임하였음.

- ① 화학물질의 안전성을 제조사가 증명하도록 등록 절차를 강화
- ② 사용금지 제품과 등록되지 않은 제품의 사용 규제를 강화
- ③ 최초 법에서 빠져 있는 규제 체계를 마련하여 추가 공포

○ 아직까지는 미국의 관리 기관들이 포름알데히드 방출형 살생물제의 사용을 극단적으로 제한하거나 사용 자체를 금지하지는 않고 있지만, 첨가 농도 제한에 관한 기준을 강화하기 위해 계속하여 면밀히 검토하고 있는 중임. 금속가공유 제조사들도 이러한 동향을 잘 알고 있으며, 일부는 이를 관망하고 있지만, 많은 제조사들이 결국 모든 종류의 포름알데히드 방출형 살생물제의 사용이 금지될 것으로 예상하여, 금속가공유 성분에서 포름알데히드 방출형 살생물제를 줄이거나 넣지 않는 제품을 생산하기 시작함.

○ 유럽은 2006년부터 살생물제 관련 지침(BPD: Biocidal Products Directive)으로 금속가공유 시장을 통제하고 있으며, 많은 살생물제들을 시장에서 퇴출시켰음. 프랑스는 아예 포름알데히드 방출형 살생물제의 사용을 금지시킴. 다른 유럽 국가에서도 포름알데히드 방출형 살생물제나 페놀류를 사용하지 않는 새로운 살생물제가 점점 더 많이 쓰이고 있음.

(가) 포름알데히드 방출형 살생물제

○ 대부분의 화학물질이 그러하듯, 포름알데히드 방출형 살생물제가 수십 년 동안 널리 사용되어 온 것은 가격이 싸고 넓은 범위에 걸쳐 다양한 미생물들에 효과적으로 작용하기 때문임.

○ 포름알데히드 방출형 살생물제는 미생물이 과다하게 번식하기 전에는 효과가 있지만, 미생물 수가 일정 수준 이상으로 번식한 후에는 효과가 거의 없음. 미생물이 이미 지나치게 성장한 환경에서 추가로 많은 양의 살생물제를 투여하는 것은 오히려 위험함.

○ 포름알데히드 방출형 살생물제 중에서 가장 많이 쓰이는 것이 s-triazines인데, 전 세계 시장에서 사용되고 있는 금속가공유 살생물제의 절반 이상을 차지하고 있음. S-triazines는 세 개의 탄소 원자와 세 개의 질소 원자가 교대로 있는 대칭형 6원자 헥테로 고리 화합물이임. S-triazine을 기반으로 하는 살생물제는 같은 양의 알카노아민과 포름알데히드의 축합반응(condensation reaction)을 통해 얻을 수 있음. 미생물의 세포벽에서 포름알데히드 가수분해(hydrolysis)가 일어나면, 미생물 조직을 효과적으로 파괴하여 죽일 수 있음. S-triazines는 부식방지제로서도 뛰어난 효과를 발휘함.

○ S-triazines는 1,500 ppm 정도의 농도에서도 다양한 종류의 미생물들을 살균할 수 있음. 그러나 최근 EPA가 금속가공유의 포름알데히드 방출형 살생물제의 농도 상한선을 1,500 ppm에서 500 ppm으로 낮추었기 때문에, 이를 준수하는 경우에는 이전과 같은 효과를 기대하기 어려움.

○ 일부 전문가들은 엔도톡신을 효과적으로 제거할 수 있는 거의 유일한 물질이 s-triazines이며, 이를 대체할 수 있는 살생물제를 찾기는 힘들다고 이야기

하고 있음. 금속가공의 포름알데히드 방출형 살생물제의 농도가 500 ppm 이하인 경우에는 균체내독소를 제거하는 효과를 볼 수 없다는 연구 결과도 있음.

○ 많은 금속가공 제조사들이 강화된 기준으로 포름알데히드 방출형 방부제를 쓸 수밖에 없다면, 작업자들은 방부제보다 위험한 더 많은 미생물과 엔도톡신에 노출되어 건강에 심각한 위협을 받게 될 것이고, 회사는 생물막 제거 등 장치 관리를 위해 엄청난 비용을 지불하게 될 것이라고 경고하기도 함.

○ S-triazines와 관련된 건강 문제는 포름알데히드로 인해 비롯된 것인데, 눈물이 나거나 기침을 하게 되는 것과 같이 단기간의 포름알데히드 노출이 건강에 미치는 영향에 대해서는 알려진 것이 많지만, 장기간에 걸친 노출이 건강에 어떤 영향을 주게 되는지에 대해서는 알려진 것이 많지 않음.

○ 1987년에 EPA는 고농도 또는 장시간 노출되는 경우 포름알데히드를 인체에 암을 일으킬 수 있는 잠재적 발암물질로 분류함. 세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소(IARC: The International Agency for Research on Cancer)는 포름알데히드를 인체 발암물질로 분류하였으며, 미국국립보건원 산하 국립독성물질 프로그램(NTP: the National Toxicology Program)도 12차 발암물질 보고서에서 포름알데히드를 인체 발암물질로 규정함.

○ 1980년대 이후, 미국 국립암연구소(NCI: the National Cancer Institute)는 포름알데히드에 대한 직업적 노출과 발암 위험도 증가 사이의 연관성을 조사하는 연구를 진행해 오고 있으며, 이 연구 결과를 작업장에서의 포름알데히드 노출에 따른 잠재적인 건강 영향 평가에 관한 정보와 함께 EPA와 미국 노동성 산하의 산업안전보건청(OSHA: Occupational Safety and Health Administration)에 제공하고 있음.

○ 최근에는 여러 기관에서 포름알데히드에 노출된 작업자들을 직접 검사하는 연구도 많이 이루어졌음. NCI는 직업적으로 포름알데히드에 노출된 25,619 명의 작업자를 대상으로 포름알데히드의 잠재적인 영향을 살펴보고, 각각의 작업자가 작업하는 동안 포름알데히드에 노출되는 정도를 추정하였음. 이 연구 결과에 따르면, 포름알데히드에 노출된 작업자들은 백혈병(leukemia), 특히 골수성 백혈병(myeloid leukemia)에 의해 사망할 수 있는 위험도가 증가함.

○ EPA에 등록되고 승인된 s-triazines는 약 30 종류가 있는데, 이 중에서 금속가공유의 살생물제로 사용이 허가된 것은 단 두 종류밖에 없음. EPA는 2013년부터 지금까지 완료 예정기한이나 후속 규정에 대한 제한을 두지 않고 s-triazines에 관한 조사를 계속 진행하고 있음.

(나) 포름알데히드 성분이 없는 대체 살생물제

○ 많은 금속가공유 제조사가 강화된 법규뿐 아니라 사용자의 요구에 의해서도 포름알데히드 방출형 살생물제가 들어가지 않는 제품을 개발하지 않을 수 없게 된 상황임. 이에 대한 해결책이 없는 것은 아님. 유럽 BPD에는 금속가공유에 사용할 수 있는 30 종의 승인된 살생물제가 있는데, 이 중 10 종만 포름알데히드 방출형 살생물제임.

○ 포름알데히드 방출형 살생물제의 대체제로 가장 많이 쓰이는 것 중 하나가 BIT(benzisothiazolinone)임. BIT는 매우 안정적이며 장기간 금속가공유를 보존할 수 있게 해 줌. 그러나 BIT의 효과에 대해서는 이견이 많은데, 특히 금속가공유에서 흔히 볼 수 있는 슈도모나스균(pseudomonas)과 곰팡이에는 효과적이지 않은 것으로 알려져 있음. 일부에서는, 이에 대한 해결책으로 nitromorpholine과 같은 다른 살생물제와 BIT를 결합하는 방법을 제시하고 있음. 이 경우 nitromorpholine은 포름알데히드를 거의 방출하지 않는다고 함.

○ 넓은 범위에 걸쳐 다양한 미생물에 대해 매우 효과적인 것으로 알려져 있는 NaOPP(Sodium ortho-phenylphenate)와 OPP(ortho-phenylphenol)도 대체제로 제시되고 있지만, 독성 문제가 걸림돌이 되고 있음.

○ MIT(methyl isothiazolinone)와 glutaraldehyde도 포름알데히드 방출형 살생물제의 대체제 중 하나로 자주 거론됨. MIT는 일반적인 세균과 항산균인 마이코박테리아(mycobacteria)에 효과적인 것으로 알려져 있는데, 금속가공유 제품에 안정화시키는 것이 쉽지 않음. 아민류(amines)를 교차결합하는 glutaraldehyde는 아민류를 포함하지 않는 금속가공유 제품을 제조하는 데에 유리할 수 있음.

○ 또 다른 대체제로 DBNPA(dibromonitrilopropionamide)와 Bronopol(bromo nitropropanediol)이 있는데, 이것들은 금속가공유 내에서 빠르게 기능을 상실하기 때문에 저장조에 바로 투입하여 신속하게 사용해야 하는 단점이 있음.

○ MBM(methylenebismorpholine)은 EPA에 등록되어 있는 화학물질임. 기술적으로는 포름알데히드 방출형 살생물제이지만, 다른 포름알데히드 방출형 살생물제와 달리 포름알데히드의 양이 1.1~3.3 ppb로 무시할 만한 수준이고, EPA의 직업적 위험도 기준인 100 ppb에는 크게 미치지 못한다고 알려져 있음. 그러나 기존의 포름알데히드 방출형 살균제에 비해 효과가 적음.

<표 3-65> 포름알데히드 방출형 살생물제 대체제(예) (Dow Microbial Control)

살생물제	장점	단점
BIT (benzisothiazolinone)	• 높은 안전성 • 우수한 호환성	• 효과가 적을 수도 있음
Dinitro-morpholines	• 곰팡이에 효과적 • 우수한 안정성 • 낮은 농도에서도 효과적 • 제조하기 쉬움	• 냄새가 남 • 니트로사민(nitrosamine) 문제(발암물질 가능성) • 낮은 수용성
MIT (methyl isothiazolinone)	• 곰팡이에 효과적	• 경우에 따라 안정성이 변함 • 안정제 비용 문제
Phenolics	• 곰팡이에 효과적 • 높은 안정성	• 냄새가 남 • 배출 제한 • 비용 문제
BIT+ Nitro-dimorpholine	• 농축상으로 제조하기 쉬움 • 우수한 안정성 • 세균과 곰팡이에 모두 효과적 • 곰팡이에 보다 효과적 • Nitro-dimorpholine만 쓸 때보다 냄새가 덜 남	• 냄새가 날 수 있으며, 과민방응을 일으킬 수도 있음 • 니트로사민(nitrosamine) 문제(발암물질 가능성)

(다) 기타 해결 방안

○ 금속가공유 제조사들이 해결 방안으로 제시하고 있는 것 중 하나가 생체 안정형(biostable) 금속가공유를 사용하는 것임. ‘생체 안정형 금속가공유’에 대한 과학적 정의가 명확히 내려진 것은 아니지만, 금속가공유 제조사들 사이에서는 이를 ‘세균과 곰팡이의 성장에 대해 저항성을 가진, 즉 세균과 곰팡이에 의해 쉽게 성능이 떨어지지 않는 금속가공유’로 설명하기도 함. 일부 제조사들은 Kathon(제품명)과 포름알데히드 방출형 트리아진(formaldehyde-releasing triazines) 계열과 같이 등록된 살생물제나, dicyclohexylamine 등과 같이 등록되지는 않았지만 논쟁이 있는 2차 아민류를 사용하지 않고도 이와 같은 안정성을 얻는 것이 가능하다고 함. 그러나 시중의 제품 중에는 이름만 ‘생체 안정형’인 것들이 많음. 사용자 입장에서 이를 가려내기는 쉽지 않음.

○ 다수의 학자들은 확실하게 검증된 안전한 물질만 사용하는 것이 아닌 생체 안정형 금속가공유에 대해 회의적이며, 지속적으로 저장조를 살균할 수 있는 고정형의 물리적 처리 장치를 이용하여 미생물이 쉽게 번식할 수 없는 환경을 만드는 것만이 유일한 해결책이라는 의견을 제시하고 있음.

○ 식물유 등을 기유로 하여 살생물제 함량을 최소화한 바이오 기반(bio-based) 금속가공유도 최근 주목 받고 있음. 그러나 광유를 기유로 하는 기존의 금속가공유에 비해 비싸고, 폐기물 처리와 재활용에 대한 추가 연구가 필요함. 일부 식물유는 바이오 연료와 마찬가지로 식량 문제와도 결부되어 있음. 산화 안정성(oxidative stability)과 가수분해 안정성(hydrolytic stability), 유동점(pour point), 첨가제에 의한 독성 증가 등도 면밀히 검토되어야 할 부분임.

○ 금속가공유 제품 자체에 들어 있는 살생물제의 종류와 농도를 법적으로 규제할 수 있다 하더라도, 현장에서 사용자 또는 위탁 관리자가 저장조에 직접 투

입하는 살생물제의 종류와 농도를 규제하거나 제한하는 것은 사실상 불가능함.

○ 결국, 살생물제를 사용하지 않고 미생물의 번식을 억제할 수 있는 가장 확실하고 안전한 방법은, 작업 현장에서 미생물이 자랄 수 있는 환경을 만들지 않는 것임. 이를 위해서는 금속가공유와 저장조의 불순물을 최대한 제거하여 깨끗하게 유지해야 함.

(4) 금속가공유 살생물제 저감을 위한 대안 기술(물리적 해결 방안)

가) 시장의 요구와 현황

○ 최근의 국내 금속가공유 사업장 조사 결과, 저장조 내의 금속가공유 벌크 시료 대부분이 부패한계(105 CFU/mL)를 초과하여 미생물 오염에 의한 잠재적 위험성이 높은 것으로 밝혀졌음. 금속가공유를 부패한계 이하로 유지 관리하는 것이 매우 중요하나, 살생물제 남용이 2차적인 건강장해를 유발할 수 있으므로, 살생물제의 사용을 최소화하고 금속가공유 필터링, 저장조 관리 등 미생물 증식을 억제하는 새로운 물리적 기술의 도입이 필요하다고 강조하고 있음.

○ 미국과 유럽의 선진국뿐 아니라 아시아의 개발도상국가에서도 금속가공유 사용과 관련된 건강, 안전, 환경 문제가 주요 관심사가 되었으며, 이에 따라 독성이 강한 살생물제를 사용하지 않고도 금속가공유의 사용 수명을 늘리고 폐기물량을 줄일 수 있는 경제적이고도 친환경적인 물리적 해법을 찾는 수요가 크게 증가하고 있음.

○ 금속가공유의 미생물 오염 억제를 위한 물리적 장치는, 금속가공유에서 미생물, 칩 등의 공정부산물, 타유 등을 제거하는 기술과 살균 기술을 활용하는 것으로, 자외선, 오존, 초음파 방사, 저온살균, 초정밀여과(ultra-filtration)장치,

원심분리장치, 산소공급 등 여러 가지가 있음. 그러나 최근까지 개발된 장치들은 기본적으로 살생물제 사용을 전제로 하는 것이 대부분이며, 그 효과가 떨어지거나 또 다른 건강상의 장애를 초래할 수 있기 때문에 적극적으로 추천할 수 없는 방법들임.

○ 수십 년간 금속가공유의 미생물 오염 억제를 위한 물리적 처리 기술은 크게 달라지지 않았음. 금속한 전자공학기술의 발전으로 터치스크린과 같은 전자 장비나 컴퓨터 소프트웨어 등이 개발되어 사용하기 편리해지긴 하였으나 처리 기술의 핵심이 바뀐 것은 아니었음. 처리 성능 자체는 향상되지 않고, 과잉의 장치와 제어기술을 적용한 고가의 장치들은 사용자들로부터 외면 받고 있는 실정임.

○ 살생물제의 심각한 독성 문제에서 벗어나기 위해 수많은 물리적 처리 방식이 시도되어 왔지만, 최근까지 제대로 성공한 것은 거의 없었음. 그러나 전 세계적으로 살생물제 사용에 관한 관련 법규와 규제가 점점 더 강화되고 있기 때문에, 만족할 만한 물리적 해법이 개발되지 않으면, 시간이 지날수록 금속가공유의 사용기간이 현재보다 크게 줄어들게 될 것임.

○ 많은 전문가들이, 한두 가지 기술과 방법으로 미생물 번식을 근본적으로 차단하기는 쉽지 않으므로, 금속가공유에서 미생물 번식 환경을 억제하는 물리적인 장치 설치와 함께 금속가공유 상태를 관리하기 위한 시스템 전략을 수립하여 미생물 오염을 최대한 지체시켜야 한다고 조언하고 있음.

○ 금속가공유에서 미생물이 번식하는 환경을 억제하기 위해서는, 타유와 미세칩을 비롯한 각종 이물질 등의 오염원 유입을 최대한 차단하고, 표준관리지침에 따라 교체, 보충, 폐기, 청소 및 소독을 실시하며, 탈이온수나 증류수를 희석수로 사용하는 것이 중요함. 또한 금속가공유 저장조(sump)를 미생물이 번식하

기 쉬운 시멘트가 아닌 금속성 재질로 바꾸고, 미생물이 번식할 수 있는 환경이나 오염 여부를 판단할 수 있는 항목들을 정기적으로 모니터링하고, 그 결과에 따라 관리하여야 함.

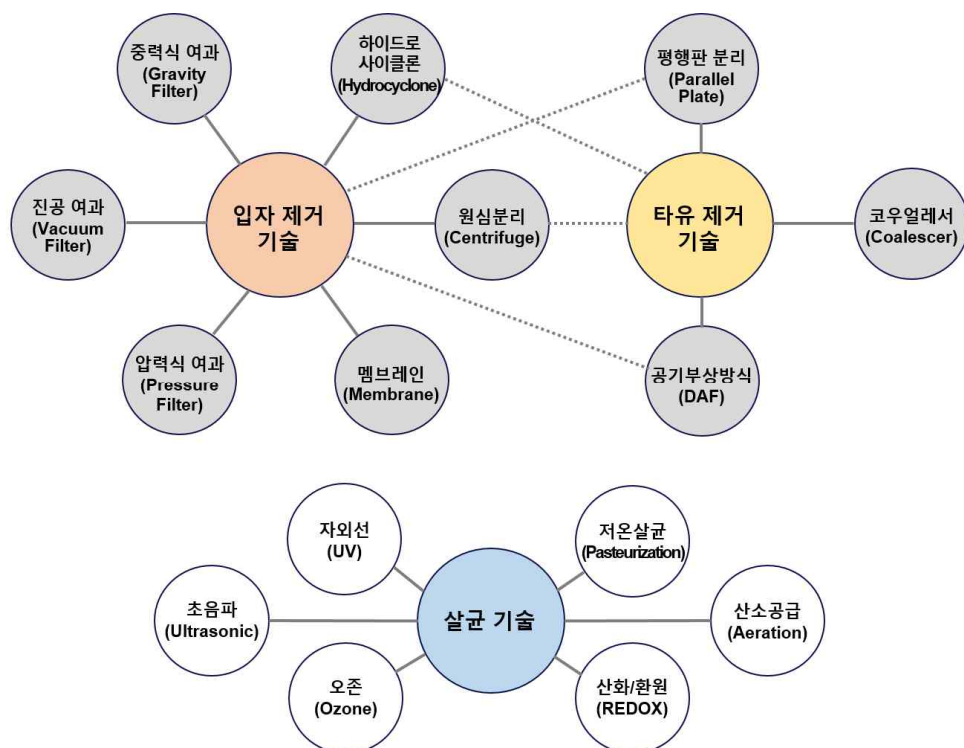
○ 그러나 국내의 경우, 완성차 업체와 같은 소수의 대형업체를 제외하고는 표준관리지침에 따라 금속가공유를 철저히 관리하는 현장이 드물고, 타유와 미세칩 등의 오염원 유입 자체를 차단하는 데에도 한계가 있기 때문에, 부득이하게 유입된 오염원들을 물리적 처리 장치를 이용해 저장조에서 실시간으로 빠르게 최대한 제거하여 가능한 한 금속가공유의 상태를 청결하게 유지하는 것이 거의 유일한 현실적 해법임.

나) 기존 물리적 처리 기술의 한계

○ 살생물제를 사용하지 않거나(biocide-free) 이전보다 훨씬 적게 사용하고도 금속가공유의 미생물 번식을 억제할 수 있는 가장 좋은 방법이, 1차적으로 현장에서 미생물이 번식하기 쉬운 조건을 만들지 않는 것이라는 것은 분명함. 문제는, 이를 위해 금속가공유와 저장조를 항상 깨끗한 상태로 유지하고, 금속가공 과정에서 발생하는 입자와 각종 기계에서 흘러나온 타유 등의 불순물을 최대한 제거한 뒤 살균 처리하는 것이 매우 어렵다는 것임. 입자 제거와 타유 제거, 살균의 세 가지 중 하나라도 처리가 불완전하면 살생물제 사용을 최소화하거나 살생물제를 사용하지 않는 처리 시스템을 구현하는 것이 불가능함. 이를 실현하기 위해서는 기존의 표준관리지침보다 훨씬 더 엄격한 기준으로 금속가공유를 처리하여야만 함.

○ 현재까지 개발되어 있는 입자 제거 기술은 타유 제거나 살균 기술에 비해 선택의 범위가 넓으며, 처리 결과도 비교적 만족할 만한 수준의 것들이 있음. 그러나 처리 성능이 높은 장치들은 초기 투자비가 높아 사용자들에게 큰 부담

이 되고 있음. 타유 제거나 살균 기술은 비용 문제를 떠나 처리 효율 자체가 낮음. 살생물제 사용을 최소화하거나 살생물제를 사용하지 않고도 경제성 있는 처리 시스템을 구현하는 데에 특히 걸림돌이 되고 있는 것은 타유 제거 기술임.

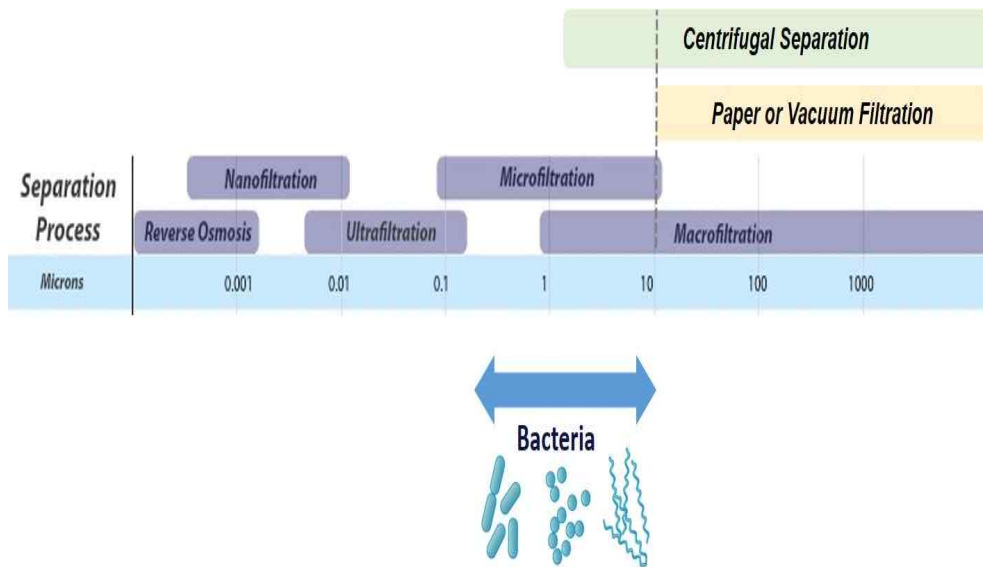


[그림 3-30] 대표적인 물리적 금속가공유 정화 기술 (입자 제거, 타유 제거, 살균 기술)

(가) 입자 제거 기술

○ 입자 제거 기술은 제거해야 하는 입자의 크기에 따라 다양한 것들이 개발되어 있는데, 크게 여과(filtration) 방식과 원심분리(centrifuge) 방식으로 나뉨. 가장 널리 쓰이는 여과 방식으로는 종이여과(paper filtration), 진공여과(vacuum filtration), 정밀여과(micro filtration), 초정밀여과(ultra filtration) 등이 있는데, 금속가공의 유형과 작업장의 관리 기준(제거해야 할 최소 입자 크기)에 따라

적절한 것을 선택하여 적용할 수 있음. 제거해야 할 입자의 크기가 작아질수록 장치 가격과 관리비용이 크게 높아짐.



[그림 3-40] 입자 제거 기술 및 입자 크기에 따른 처리 범위

○ 미생물의 영양분인 각종 입자는 최대한 제거해 주는 것이 좋지만, 10 μm 이하의 입자를 제거하는 정밀여과는 초기 투자비와 유지비가 많이 들고 관리가 어렵기 때문에, 10~20 μm 이상의 입자를 제거하는 종이여과나 진공여과 장치를 사용하는 것이 일반적임. 10 μm 이하의 입자까지 제거하는 경우는 비교적 큰 미생물 군까지 일부 제거하여 후단의 살균 공정을 좀 더 용이하게 운전할 수 있는 장점이 있음.

○ 원심분리 방식은 입자와 타유를 동시에 제거하기 위해 적용되는데, 1~2 μm 크기의 입자까지 제거할 수 있어 입자 제거에는 효과적이지만, 50~100 μm 이하의 작은 유적은 분리할 수 없어서 타유 제거 효율은 낮으며, 초기 투자비

와 에너지 비용이 많이 들고 유지 관리가 힘들.



[그림 3-41] 금속가공유 처리용 원심분리 장치 (Alfa Laval의 AlfaPure 시리즈)

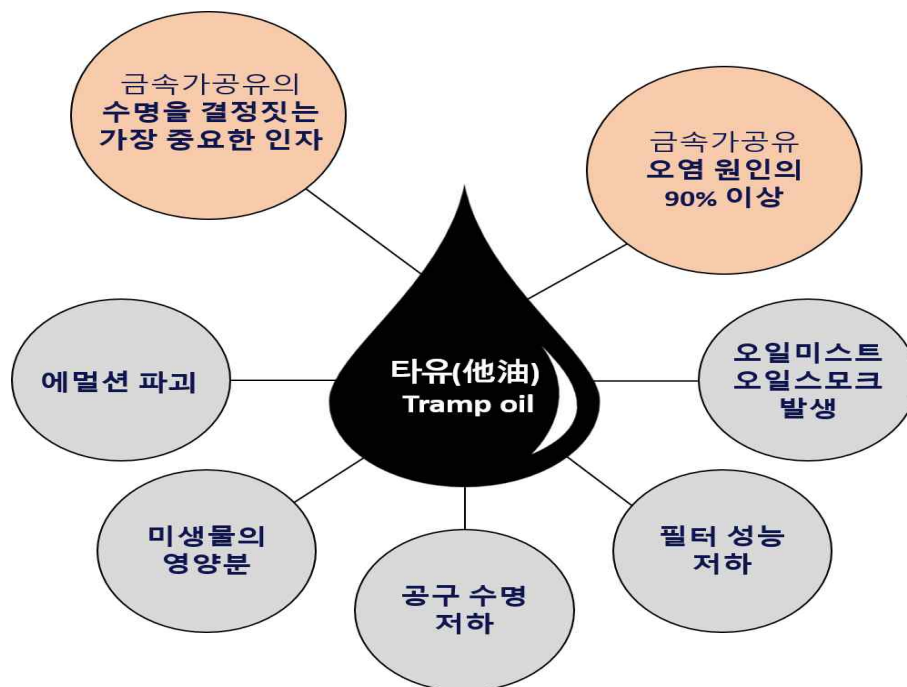
(나) 타유 제거 기술

○ 금속가공에 사용되는 기계들은 사용기간이 늘어남에 따라 가스켓(gasket), 접합 부위, 와이퍼 등이 닳게 되어 틈새가 생기는데, 기계 작동에 사용된 각종 기름들이 이 틈새로 빠져 나와 금속가공유 순환 시스템 내로 섞여 들어오게 됨. 이와 같이 각종 기계에서 흘러나오는 유압작동유, 스핀들유, 축유, 기어윤활유, 그리스 등을 타유(tramp oil)라고 하며, 금속가공유 순환시스템으로 들어온 타유는 금속가공유를 더욱 빠르게 오염시킴.

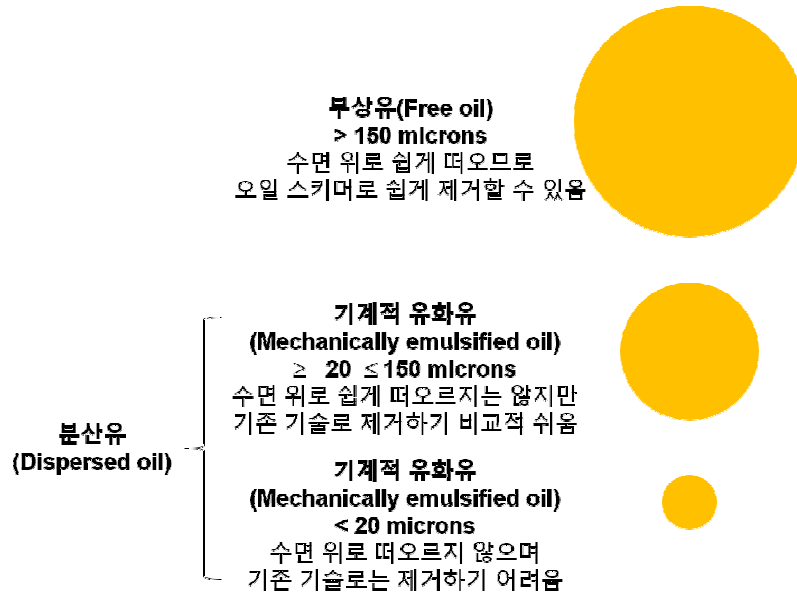
○ 타유는 수용성 금속가공유에서 미생물 번식을 급격하게 초래하는 주된 오염 물질로 오염 원인의 90% 이상이 타유로부터 비롯됨. 타유는 금속가공유의 수명과 성능을 결정짓는 가장 중요한 인자임. 타유는 미생물의 영양분임과 동시에

그 자체로도 금속가공유 에멀션을 변형시키기도 하며, 공구와 필터 수명을 저하시키고 오일 미스트와 오일 스모크 등과 같은 에어로졸의 원인 물질로도 작용하여 작업자의 건강을 위협할 수 있으므로 최대한 제거해 주어야 함. 타유를 충분히 제거하지 않으면 작업 현장에서의 살생물제 남용 문제는 피하기 어려움.

○ 타유는 금속가공유 내에 다양한 크기의 유적으로 분포하게 되는데, 큰 유적(부상유, free oil)은 빠르게 수면 위로 떠오르기 때문에 제거하기 쉽지만, 순환 시스템 내의 펌핑(pumping)이나 이송 과정, 금속가공 과정 중 기계적으로 발생할 수 있는 작은 유적(분산유, dispersed oil)은 금속가공유 내에 매우 안정적으로 분산되어 있어서 기존의 유수분리(oil-in-water separation) 기술로는 제거하기 어려움.



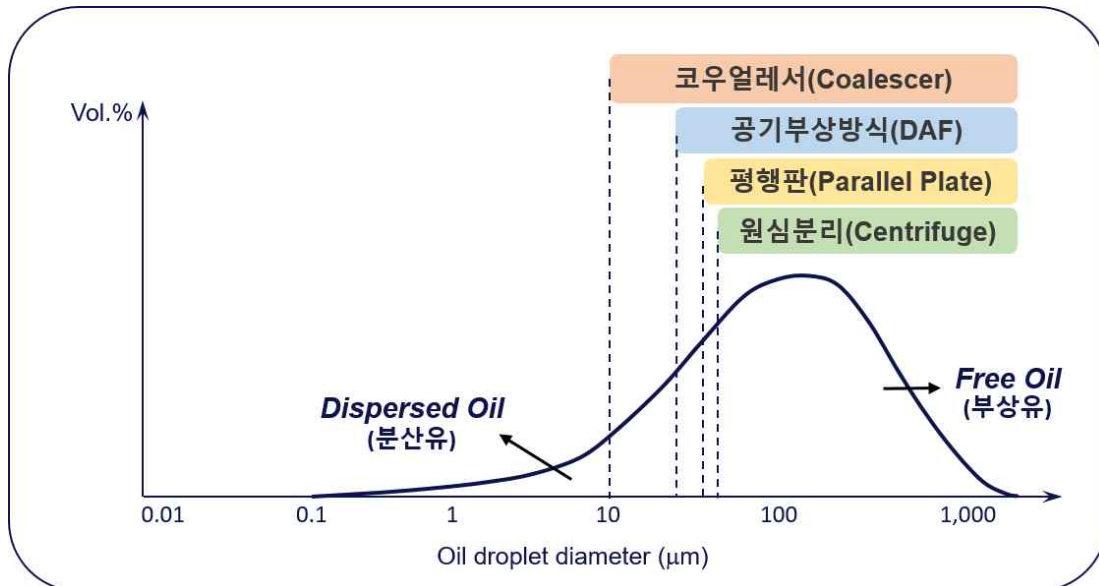
[그림 3-42] 타유가 금속가공유에 미치는 부정적인 영향



[그림 3-43] 금속가공유 내의 부상유와 분산유

○ 초저농도 유분 제거의 경우에만 경제성을 확보할 수 있는 흡착 방식을 제외하고, 물리적으로 10 μm 이하의 유적(분산유)까지 효과적으로 분리할 수 있는 기술은 막분리(membrane separation) 방식밖에 없으나, 막이 쉽게 오염되고 동력이 많이 들어 경제적인 해법이 될 수 없음. 2차 오염물질이 발생하고 금속가공유 에멀션을 변형시킬 수 있는 화학물질 첨가 방식은 폐기물 감량 공정이 아닌 정화 순환 시스템에서는 타유 제거 기술로 거의 사용되지 않음.

○ 금속가공유 저장조의 용량과 금속가공유의 순환 횟수, 그리고 이에 따른 금속가공유의 저장조 체류시간은 타유 제거의 효율에 결정적인 영향을 미치게 됨. 금속가공유 저장조의 용량은, 금속가공유 부족에 따른 문제가 발생하지 않고 적절한 체류시간을 확보할 수 있도록 여유 있게 설계하는 것이 좋으나, 공간 절약과 비용 절감을 위해 작게 설계하는 경우가 대부분임.



[그림 3-44] 금속가공유 내 타유 유적 분포(예)와 제거 기술의 한계

○ 저장조 용량이 적으면, 저장조 수면 위로 부상하는 타유를 제거하는 데에 필요한 체류시간을 충분히 확보하지 못하게 되어 미생물이 증식하기 쉬워지므로 살생물제 남용 가능성이 높아질 수밖에 없음. 부상유 외에 타유의 분산유까지 실시간으로 최대한 제거해 주어야 하는 이유가 바로 여기에 있음.

○ 타유의 분산유까지 최대한 제거하지 않고서는, 아무리 성능이 뛰어난 입자 제거 장치와 살균 장치를 적용하더라도 살생물제를 사용하지 않는 경제적인 처리 시스템을 구현하기는 불가능하며 살생물제 사용량을 줄이는 데에도 한계가 있을 수밖에 없음. 일정량의 살생물제 사용을 전제로 하는 기존의 표준관리 지침에 따라 % 단위 이하로 타유 농도 수준을 유지하는 것이 아니라, ppm 단위까지 타유 농도를 낮추어야 살생물제 사용을 최소화하거나 살생물제를 사용하지 않는 경제적인 시스템을 구현할 수 있으며, 오일 스모크나 오일미스트와 같은 에어로졸의 발생량도 크게 줄일 수 있음.

(다) 살균 기술

○ 살생물제를 사용하지 않는 살균 기술 중 대표적인 것은 오존이나 자외선을 이용하는 기술과 저온살균(pasteurization)하는 기술임. 오존 살균 방식은 오존을 적정 농도로 제어하는 것이 쉽지 않고, 과잉으로 투입되는 경우 또 다른 건강과 안전 문제를 일으킬 수 있으며, 대형 처리 장치에는 적용하기가 어려움. 오존 살균을 물리적 살균 처리 기술로 보지 않는 전문가들도 있음. 자외선 살균 방식은 탁도가 높은 금속가공유에 대한 자외선의 투과성이 낮아 처리 효율이 크게 떨어지며, 일부 미생물들은 특정 파장의 자외선을 쬔어도 쉽게 죽지 않음. 저온살균 기술은 초기 투자비와 에너지 비용 등의 관리비가 많이 들어 널리 사용되지 않고 있음.

○ 어떤 살균 방식이든 미생물의 영양원인 각종 입자와 타유 성분을 제대로 제거하지 않은 상태에서 적용하면 살균 효율이 낮을 수밖에 없으므로, 살균 효율을 높이기 위해서는 입자와 타유 성분을 최대한 제거해야함.

(라) 통합관리 시스템

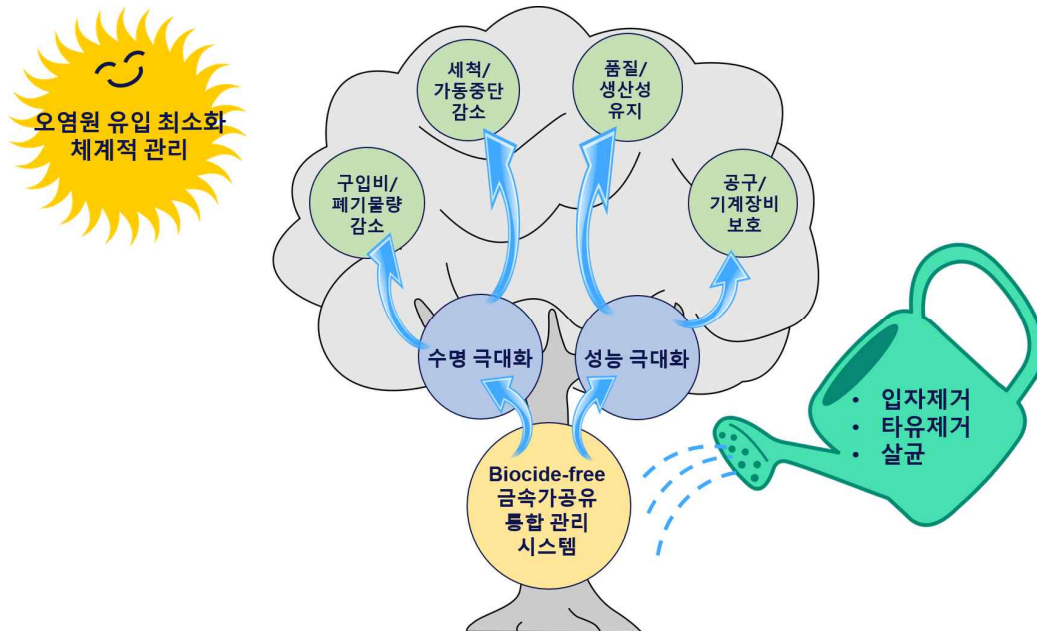
○ 살생물제를 쓰지 않고 미생물 번식을 최소화하기 위해서는, 입자 제거와 타유 제거, 살균 공정을 유기적으로 결합하는 것이 중요함. 이렇게 최적화한 통합 시스템을 운전하는 것이, 개별적으로 장치를 운전하는 것보다 사용자 입장에서 더 편리하며, 비용면에서도 유리함.

○ 국내 뿐 아니라 여러 나라에서 다양한 종류의 금속가공유 통합 관리 시스템이 개발되고 있음. 가격대도 매우 다양함. 그러나 지금까지 개발된 거의 모든 시스템들은 살생물제 사용을 기본으로 하고 있으며, 처리 성능도 만족스럽지 못함.

다) Biocide-free 살균 기술 및 통합 관리 시스템

○ 살생물제를 사용하지 않거나(biocide-free) 또는 살생물제 사용을 최소화할 수 있는 금속가공유 관리 시스템이 개발되더라도, 살생물제를 사용하는 경우보다 금속가공유의 성능에 의한 영향과 각종 간접비용을 포함한 총 소유 비용(total cost of ownership)을 크게 줄일 수 없어 투자비를 1~2년 내에 회수할 수 없다면, 이를 현장에 적용하기는 현실적으로 힘들. 살생물제를 사용하는 것보다 비용이 크게 절감되고 작업 환경 개선이나 작업자 건강 보호 등 여러 가지 면에서 이익이 된다는 것을 확신할 수 있어야 함. 이를 위해서는 살생물제를 사용하지 않거나 적게 사용하더라도 살생물제를 사용할 때보다 수 배 이상 더 오래 금속가공유를 사용할 수 있어야 하며, 사용 기간 동안 금속가공유의 성능도 일정 수준 이상으로 유지할 수 있어야 함.

○ 금속가공유의 수명이 크게 늘어나면서도 성능이 저하되지 않는다면, 금속가공유 구입비와 폐기물 처리비용이 줄어든 뿐만 아니라, 공구와 기계 장비를 더 오래 효과적으로 보호할 수 있고 생산제품의 품질과 생산성도 균일하게 유지할 수 있음. 이를 위해서는 기존 기술로 해결하지 못했던 타유의 분산유까지 최대한 제거함과 동시에, 입자 및 타유 제거 장치와 살균 장치를 유기적으로 결합하고 최적화하여 금속가공유의 처리 효율을 극대화하는 것이 필수임.



[그림 3-45] 경제성 있는 무살생물제(biocide-free) 금속가공유 통합 관리 시스템의 적용과 이익

○ 전 세계의 상용화된 금속가공유 자외선 살균 장치 중 기존의 문제점들을 극복하고 실제로 biocide-free를 구현한 시스템은 스웨덴에서 개발된 Fluid Worker가 유일함. 이 장치는, 입자와 타유 유입을 최소화하여 철저하게 금속가공유를 관리하고 있는 북유럽 국가들과 독일 등의 자동차 제조사, 항공기 부품 제조사, 철강회사와 같이 고부가가치 제품을 제작하는 현장에서 주로 사용되고 있으므로, 이와 같은 수준으로 금속가공유를 관리하고 있는 국내 작업장이라면 적용을 시도해 볼 만함.

FluidWorker 210 (1~8 m³)FluidWorker 300 (3~16 m³)

[그림 3-46] 무살생물제 금속가공용 자외선 살균 시스템 (Valerius Water의 FluidWorker)

○ 이탈리아에서 개발된 WiMMS는, 입자 제거용 여상생성 필터(pre-ocat filter), 초친수성 격막(super-hydrophilic diaphragm)을 이용한 타유 제거 장치, 살균용 산화환원 시스템(REDOX system) 등을 결합한 biocide-free 금속가공용 통합 관리 시스템임. 이 시스템은 국내와 여건이 비슷한 이탈리아의 금속가공 작업 현장에 오랜 기간 적용되어 왔으므로, 입자와 타유 제거가 불충분한 대부분의 국내 사업장에도 큰 문제없이 적용될 수 있을 것으로 보이지만, 정확한 성능 평가를 위한 현장 검증과 투자회수 기간 산정을 위한 경제성 평가가 필요함.



[그림 3-47] 무살생물제 금속가공유 통합 관리 시스템(WIMMS) 적용 사례 (이탈리아)

(5) 종합의견

○ 금속가공유에 함유된 살균제의 유해성을 확인하는 작업은 매우 어려움. 물질안전보건자료(MSDS) 등에는 영업비밀로 분류한 경우가 많아, 살생물제 등 첨가제의 함량 및 사용종류를 파악하기가 거의 불가능하기 때문임. 연구결과에 따르면, 120건의 수용성 금속가공유의 MSDS에 기록된 살생물제 성분 및 함량의 정보제공 여부를 분석한 결과, 120건 중 3건(2.5%)만이 이에 관한 내용을 표시하고 있었으며, 대부분의 금속가공유 MSDS에서는 살균제에 대한 정보 또는 함유 표시를 하지 않았는데, 영업비밀로 나타낸 성분에 살균제가 함유되어 있을 가능성이 높다고 추정함. 금속가공유나 첨가제를 구매하는 경우, MSDS의 구성 성분 확인뿐 아니라 영업비밀로 분류한 내용과 미량 함유로 표시되지 않은 살균제 사용 유무에 대한 확인도 필요하므로 정부가 이에 대한 기준을 마련해야 함.

○ 현재 산업안전보건법에서 금속가공유에 대한 작업장 관리는 중량기준으로 마련된 금속가공유의 노출기준(오일 미스트, 0.8 mg/m^3 , 혼합용매추출물; 고용노동부 고시 제2016-41호)에 의해서만 관리되고 있어, 호흡기 질환의 주요 원

인으로 알려져 있는 금속가공유에서 번식하는 미생물과 금속가공유 내에 함유되어 있는 다양한 첨가제에 대해서는 적절한 관리가 이루어지지 못하고 있음. 공기 중 오일 미스트 농도에 대해서만 규제하는 것이 아니라, 공기 중 생물학적 인자 및 금속가공유 벌크 시료에 대한 세균, 곰팡이 등의 농도와 더불어 살생물제 등의 금속가공유 첨가제 농도에 대한 관리기준과 규제 마련이 필요함.

○ 조사 결과, 국내 사업장의 저장조 내 금속가공유 대부분이 부패한계를 초과한 상태였는데, 금속가공유 제품 자체의 살생물제 농도를 규제하게 되면, 현장의 살생물제 남용이 더욱 늘어나게 될 가능성이 높음. 이를 막기 위해서는, 다음과 같은 내용으로 업체들이 체계적인 관리를 할 수 있도록 지속적으로 지도하고 교육하여야 함.

- ① 오염물질 발생과 유입을 최소화
- ② 금속가공유의 상시 점검과 주기적 교체, 저장조 및 배관 청소(고압 세척 등의 방식으로 생물막까지 최대한 제거) 등을 통해 정기적으로 철저하게 작업환경을 관리
- ③ 살생물제를 사용하지 않거나 사용량을 최소화할 수 있도록 물리적인 처리장치를 도입
- ④ 무엇보다 작업자 스스로가 미생물 오염과 살생물제를 비롯한 독성 화학물질이 자신의 건강에 미치는 영향에 대해 제대로 알고 있어야 함(영상 자료를 활용한 인터넷 의무 교육 등을 고려해 볼 수 있음)

○ 금속가공유를 모범적으로 관리하고 있는 우수한 사업장을 발굴하거나 지역별, 산업단지별로 시범 사업장을 선정하고 지원하여 다른 사업장들이 이를 쉽게 확인하고 따라할 수 있도록 홍보하는 것도 좋은 방법이 될 수 있음. 보안을 이유로 현장 개방을 원하지 않거나 금속가공유 관리 해법 자체가 기업의 경쟁력이 될 수 있으므로 공개를 꺼리는 사업장도 있을 수 있음. 이를 감안하여 지원 대상을 선정하여야 하며, 현장 공개에 따른 혜택도 고려해야 함.

○ 살생물제를 사용하지 않는 물리적 처리 장치 도입이 장기적으로는 이익이 될 수 있다고 하더라도, 중소기업에게는 초기투자비가 큰 부담이 될 수 있음. 사업장의 장치 도입에 대한 금융 지원이나 해외 사례처럼 리스나 렌탈 같은 장치 임대 방식도 고려해 볼 수 있음.

3) 알코올

○ 공학적 대책의 우선순위(Hierarchy of Control)는 ① 대체, ② 밀폐/격리, ③ 환기의 순서로 진행해야 하며 각 단계 별로 충분한 기술적 검토 및 테스트를 거친 후 다음 대책을 추가하거나 다음 대책의 실행을 고려해야 함.

(1) 물로 대체

○ 본 연구팀이 조사과정에서 알아낸 바와 같이 메탄올에서 물, 에탄올 또는 수용성 MWF로 대체하는 것이 현실적으로 가능하며 바람직한 방안임. 부품 가공 공정 중 아노다이징 이전 공정인 뒷면(배면) 면치, 뒷면 형상, 앞면(전면) 형상, 앞면 황삭, 앞면 정삭 등의 세부 공정들은 모두 물로 대체가 가능한 것으로 밝혀짐. 사실 아노다이징 공정에서 색깔을 입히거나 무광을 내는 등의 화학처리를 하기 때문에 이전 CNC 공정에서 발생한 표면 얼룩 등은 제품의 품질에 거의 영향을 미치지 않음. 다만 물은 알코올 보다는 냉각효과가 떨어지기 때문에 보조 냉각장치를 부착하는 것이 냉각효과를 높일 수 있는 방안임. 또한 물은 알코올보다 휘발성이 낮아 실제 사용량은 알코올 보다 더 적게 기계 1대 당 4 L/day를 사용하지만 물을 사용하게 되면 물 입자가 CNC 기계 내에 잔류하면서 기계의 주요 부품인 스핀들과 LM 가이드의 수명을 단축시킬 수 있어 이에 대한 관찰 분석이 필요 함. 이들 부품 교체에 따른 비용과 물을 사용하면서 절약할 수 있는 비용, 즉 알코올 구매비용, 국소배기시설의 설치 유지 및 보수 비용, 작업환경측정 및 건강검진 등의 관리 비용 등을 폭넓게 비교 분석하는 것이 필요함.

(2) 에탄올로 대체

○ 본래 에탄올 대신 메탄올을 사용한 것이기 때문에 원래대로 에탄올을 사용

하는데 기술적인 무리가 없다고 판단됨. 다만 메탄올의 휘발성이 에탄올보다 좋아 냉각능력이 나올 수 있으나 현실적으로 큰 차이는 없다고 함. <표 3-66>과 같이 에탄올은 독성을 제외한 물리화학적 특성이 메탄올과 매우 흡사함. 특히 메탄올은 휘발성(97.6 mmHg vs. 59.3 mmHg)이 훨씬 좋아 같은 온도 압력 조건에서 사용하더라도 메탄올의 사용량이 더 많아지고 공기 중 농도도 훨씬 높아질 것으로 예상됨. 또한 인화점은 메탄올이 조금 더 낮으며 끓는점도 메탄올이 더 낮아 낮은 온도에서 기화하여 발산할 것으로 판단됨. 폭발가능성이 존재하는 폭발하한계(Lower Exposure Limit, LEL)와 폭발상한계(Upper Exposure Limit, UEL)의 범위도 메탄올 (5.5-44%)이 에탄올 (3.3-19%)보다 훨씬 넓어 잠재적인 폭발범위도 메탄올이 더 높은 것으로 나타남. 즉, 에탄올을 사용하는 것이 보건의 측면 외에도 화재안전성 면에서도 훨씬 이로움을 알 수 있음.

<표 3-66> 에탄올과 메탄올의 유해위험성 및 물리화학적 특성 비교

	에탄올	메탄올	비고
분자구조	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ OH	
인화점	13℃	12℃	인화성: 메탄올>에탄올
폭발범위(LEL-UEL)	3.3-19%	5.5-44%	폭발성: 메탄올>에탄올
증기압	59.3mmHg@25℃	97.6mmHg@0℃	휘발성: 메탄올>에탄올
끓는점	78.4℃	64.7℃	
인체유해성	중추신경계, 간, 신장, 심장 영향	중추신경계, 대사성산증, 시각장애	유해성: 메탄올>에탄올
ERPG-1 ^a	1800	200	유해성: 메탄올>에탄올
ERPG-2 ^b	3300	1000	유해성: 메탄올>에탄올
ERPG-3 ^c	N/A	5000	유해성: 메탄올>에탄올
노출기준 TWA	1,000ppm	TWA: 200ppm	유해성: 메탄올>에탄올

노출기준 STEL	N/A	250ppm	
산업안전보건법	해당없음	관리대상 유해물질 작업환경 측정 대상 특수건강진단 대상	
단가(200L)	280,000원	90,000원	비용: 에탄올>메탄올

a ERPG-1 (Emergency Response Planning Guidelines, American Industrial Hygiene Association), 거의 모든 사람들이 특별한 증상 없이 노출될 수 있는 최대농도
b ERPG-2, 거의 모든 사람들이 비가역적 증상 없이 1시간 동안 노출될 수 있는 최대농도
c ERPG-3, 거의 모든 사람들이 생명을 위협하는 증상 없이 1시간 동안 노출될 수 있는 최대농도

가) 에탄올 사용량

○ 본 연구과정에서 알려진 바와 같이 업체별로 알코올 사용량은 시간당 0.9 L(“D”업체), 0.8 L(“Y”업체), 0.3 L(“G”업체)로 매우 큰 차이가 있었음. 한편, DATRON사의 경우 시간당 알코올 사용량을 화재 폭발의 위험을 들어 0.5 L 이하로 엄격하게 제한하고 있음. 시간당 0.5 L의 알코올을 사용한다는 것은 600 ml 포도당 주사를 맞을 때 떨어지는 주사액의 양과 비슷하거나 조금 더 빠르게 알코올이 방울방울 공급되는 양이며 에어 노즐 안에서 고압(조사업체의 경우 4-6 kgf/cm² 에어압 사용)의 공기와 희석되면서 분사된다고 생각하면 이해가 쉬움. 이러한 절삭냉각기술은 Near Dry Machining(NDM) 또는 최소량의 윤활유를 사용하는 가공법인 Minimum Quantity Lubricant(MQL)의 일종으로 판단할 수 있음. 사용권장량과 세 업체의 실제사용량을 비교해 보면 “G” 업체만이 DATRON사의 알코올 사용권장량을 만족하고 있으며 “D” 와 “Y”사는 권장량을 크게 초과하는 너무 많은 양의 알코올을 사용하는 것을 알 수 있음. 실제 0.3 L의 알코올을 사용하는 “G”업체의 경우 알코올 미스트가 육안으로 거의 보이지 않을 정도였지만 회사 담당자의 의견은 품질에 문제가 없다고 함. 알코올을 많이 쓰던 기존의 업체들은 QC 과정을 통해서 적정(최소)량의 알코올 사용량을 찾아내는 것이 아니라 구전이나 관성적으로 그 정도의 양을 계속 사용하였던 것으로 보임.

나) 기계의 밀폐

○ CNC 기계의 밀폐는 알코올(절삭유)의 공기 중 비산을 방지하고 안전상의 이유로 최우선적으로 필요함. 하지만 알코올 사용이 기술적인 이유로 필요한 ‘최종 타발’의 경우 30초에서 1분 남짓의 짧은 가공시간으로 인해 기계 도어를 열어놓고 작업하고 있었으며 [그림 3-48]과 같이 기계 도어나 측면, 상부 커버가 없는 경우도 있었음. 작업자 노출을 관리하는데 장비의 밀폐는 매우 중요하며 밀폐의 정도에 따라 다른 종류의 환기장치를 고려해야 함.



[그림 3-48] 전면, 윗면이 밀폐되지 않은 CNC 머신

다) 환기 장치

○ 에탄올은 인체유해성이 낮아 산업안전보건법 상 관리대상 유해물질이 아니므로 법적으로 강제되는 국소배기시설의 설치는 반드시 필요하지 않음. 다만 작업자 노출농도를 노출기준(1,000 ppm) 이하로 충분히 낮게 유지하거나 10 % 폭발하한계 미만(3,300 ppm)으로 관리하기 위한 환기시설은 필요함. 작업장 개인노출기준이 10% 폭발하한계보다 낮은 농도이므로 작업자 개인노출기준을 만족할 수 있는 환기 설비로 설계하며 이는 에탄올의 사용량, 사용방법, 작업방법, 기계의 밀폐정도에 따라 전체환기시설 또는 국소배기시설이 될 수 있음.

○ 현재의 작업조건을 고려하여 전체환기시설의 필요환기량을 계산해 볼 수 있음. 예를 들어 “G”사의 경우 작업장 크기가 $1,701 \text{ m}^3$ ($24.5\text{m} \times 21.7\text{m} \times 3.2\text{m}$)이며 1일 60 L, 시간당 0.3 L(20시간 작업기준)의 에탄올을 사용하며 노출기준의 50 %인 500 ppm 이하로 유지하기 위한 전체환기시설의 필요환기량을 계산하면 $42 \text{ m}^3/\text{min}$ 의 환기량이 필요함. 이는 현 작업장 크기를 고려하면 1.5 Air Change/hr($42 \text{ m}^3/\text{min} \times 60\text{min} \div 1701 \text{ m}^3 = 1.5 \text{ Air Change/hr}$)의 환기량이며, 이는 시간당 작업장 공간 내 모든 공기가 1.5 회 교체되는 환기량을 의미함.

○ “Y”사의 경우, 작업장 크기가 324 m^3 ($12\text{m} \times 10\text{m} \times 2.7\text{m}$)이며 1일 544 L, 시간당 27.2 L (20시간 작업 기준)의 에탄올을 사용하는 현재의 조건을 이용해서 노출기준의 50%인 500 ppm 이하로 유지하기 위한 필요환기량을 계산하면 $379 \text{ m}^3/\text{min}$ 의 환기량이 필요함. 이는 현 작업장 크기를 고려하면 70 Air Change/hr($379 \text{ m}^3/\text{min} \times 60\text{min} \div 324 \text{ m}^3 = 70 \text{ Air Change/hr}$)의 환기량으로 “G” 업체와 비교해 매우 큰 환기량이 필요함을 알 수 있음. 좁은 작업공간에 많은 기계가 뺄뺄하게 설치돼 있어 많은 환기량이 필요한 것이며 이러한 사업장은 전체환기시설을 설계하기 전에 에탄올 사용량을 낮추는 것이 우선 순위임. 만약 에탄올 사용량을 0.5 L/hr로 낮춘다면 $223 \text{ m}^3/\text{mi}$ 의 환기량이 필요함. 이는 41.3 Air change/hr의 환기량이 필요함을 의미함. 하지만 여전히 작은 작업장 기적과 많은 에탄올 사용량으로 인해 많은 전체환기량이 필요함을 알 수 있음. 이와 같이 작업장 교체환기율이 시간당 20-30회 이상의 전체환기량이 필요하다면 작업환경측정을 통한 개인노출 농도 수준을 평가한 후 국소배기시설의 설치를 고려하는 것이 바람직함.

○ 한편, DATRON 사의 경우 국소배기시설에 의해 강제 휘발되는 에탄올 양을 최소화하기 위해 국소배기장치 대신 전체 환기가 잘되는 장소에서 사용하도록 설비매뉴얼을 통해서 권장하고 있음. 또한 시간당 작업장 교체환기율은

10-18 Air Change/hr 정도를 권장하고 있음. 이에 대해서 DATRON측 기술엔지니어는 전체환기로도 작업자 노출농도를 법적기준 이하로 유지하는데 문제가 없음을 경험치에 의거해 이메일에서 밝혔음. 통상적으로 외국의 작업장은 우리나라보다 층고가 높고 기계간 거리가 넓은 점을 고려한다면 우리나라는 DATRON사의 권장치보다 많은 작업장 교체환기율이 필요할 것으로 판단되며 보다 정확한 환기율 및 환기장치의 종류(전체환기 vs. 국소배기)는 에탄올 사용량을 포함한 작업장 환경조건 및 작업방식 등에 의해 결정되어야 함.

○ CNC 머신의 밀폐가 우수하다면 머신 천정부에 설치돼있는 국소배기후드에 덕트를 연결해 기계에서 직접 에탄올 증기를 제거하는 것도 좋은 방법으로 판단됨. 이 경우 덕트 반송속도는 10 m/sec 미만으로 기계의 음압을 유지하는 정도로 설계해 과도한 에너지 사용을 예방할 수 있음. 하지만 칩을 제거하기 위한 용도로 설치된 국소배기장치라면 고속의 덕트 반송 속도로(>20m/sec) 인한 스파크 발생이 우려되므로 에탄올을 냉각제로 사용하는 경우 칩 제거용 집진장치의 사용은 금지함.

라) 에탄올 저장용기

○ 에탄올을 냉각제로 사용할 때 가장 주의해야 할 사항은 스파크에 의한 화재 위험이므로 스틸이나 티타늄 등 가공 면에서 스파크의 위험이 있는 피삭재를 가공할 때는 에탄올을 냉각제로 사용해서는 안 됨. 알루미늄 가공은 가공 면에서의 스파크 위험은 없음. 또한 화재시 안전상의 이유를 들어 기계의 알코올 저장 탱크도 난연성 재질로 최소량을 저장하도록 규제해야 하며 과열되지 않도록 기계 바깥에 두어야 함. DATRON사의 경우 난연성 재질의 5리터 미만의 통(canister)을 사용하도록 권장함. 하지만 이번에 방문했던 대부분의 업체들은 200 리터 드럼통에서 20 리터 플라스틱 말통으로 알코올을 소분한 후 기계 측면이나 뒷면에 두고 사용하고 있었음. 이런 경우, 화재 시에 기계 주변의 알코

을 저장용기 등이 2차 폭발원으로 작용해 대형 화재로 번질 우려가 있음.

마) 칩 제거

○ 작업 후 알루미늄 칩을 제거할 때는 기계 안 에탄올 증기를 폭발하한계(3.3%) 미만으로 충분히 날려버린 후 제거하도록 함.

바) 수용성 MWF로의 대체

○ 알코올 대신 수용성 MWF로의 대체가 가능하며 일부 업체에서는 절삭유의 성능테스트가 진행 중임. 절삭유로의 대체는 기존 수용성 MWF가 가졌던 변색 등의 문제를 해결할 수 있는지와 마지막 마감 및 세척공정의 추가 여부 등이 주요 관심사임. 알코올과 같이 소량의 절삭유를 가공부위에 직접 도포하는 방식으로 사용한다면 도포되는 절삭유가 전량 공기 중으로 휘발될 것으로 예상됨. 수용성 MWF는 보통 5-10%의 농도로 물과 희석해서 사용하므로 CNC 기계 한 대당 사용하는 MWF의 사용량은 기존 에탄올 사용량보다 줄어든 것으로 판단되지만 현재 물을 사용하는 가공공정까지 모두 절삭유를 사용함으로써 공장 전체의 사용량은 예상보다 많아질 수 있음. 소량의 금속가공유를 미스트 형태로 도포하기 때문에 가공부위에서 열에 의한 휘발 및 성분 물질의 분해, 변형도 예상가능함. 그러므로 MWF의 주요 성분 및 첨가제, 부산물에 대한 전문적인 유해위험성 평가가 반드시 필요하며 그 결과에 따른 공학적 대책을 강구해야 함. 또한 업체에서는 에탄올을 사용하는 경우와 비교하여 품질문제 뿐만 아니라 MWF 비용, 작업자 유해위험성, 작업환경측정 및 건강검진 등의 법적인 관리 비용, 환기시설(전체환기/국소배기시설)의 유지 보수 비용, 설비관리 비용 등에 대한 포괄적인 비용편익 분석이 필요함.

6. 금속가공 공정 관리 대책 사업장 확산 방안

○ 금속가공 근로자들의 유해요인 노출을 예방할 수 있는 대책에 대한 확산 방안으로 첫째, 유해요인 발생 자체를 줄일 수 있는 금속가공유 제품 내 유해물질 함유량에 대한 규제 제도 마련, 둘째, 금속가공유 취급 근로자 및 사업주에 대한 안전보건 지침 개발 및 온라인을 활용한 보급, 셋째, 금속가공 관련 민간 기업 및 노동조합 단체를 통한 확산, 넷째, 기타 SNS 등을 이용한 확산 방안 등을 제안하고자 함.

1) 금속가공유(MWF) 제품 내 유해물질 함유량에 대한 규제 제도 마련

○ 기술한 바와 같이 유럽의 REACH와 CLP, 폐기물 감소 제도와 같은 규제제도가 금속가공유의 기유 정제 수준을 높이고, 붕소, 포름알데히드 등 유해물질의 함유량을 줄이는 방향으로 영향을 미쳤음.

○ 정부 주도의 금속가공유 내 유해물질의 함유량을 제한하는 제도 마련은 금속가공유 취급 근로자의 유해물질에 대한 노출을 예방하는 가장 효과적인 방법임. 이에 미국 남부해안대기질관리국(South Coast Air Quality Management District, SCAQMD)에서 2009년에 제정한 금속가공유 내 휘발성유기화합물(VOCs) 함유량 제한 제도를 소개하고자 함. 국내에서도 국외 사례를 참고하여 기술적으로 타당한 수준에서 지속적으로 유해함유물질의 함유량을 규제하는 제도의 마련이 필요하다고 판단됨.

■ Rule 1144. ‘금속가공유와 직접 접촉하는 윤활유’에 대한 VOC 함유량 제한

○ 목적: Rule 1144는 금속가공유와 직접 접촉하여 사용하는 윤활유에 대한 VOC 발생을 감소시키기 위해 제정되었음.

○ 적용 범위: Rule 1144는 부품 및 제품 제조 및 가공에서 금속가공유와 직접 접촉하여 사용하는 윤활유를 사용하는 모든 사람들에게 적용하며, 금속가공유와 윤활유 제조, 공급, 판매하는 모든 사업주에게 적용함.

○ 내용: Rule 1144에서 규정하고 있는 금속가공유와 윤활유 내 VOC 함유량 제한 기준은 <표 3-67>와 같이 금속가공유의 종류에 따라 함유기준을 달리 규정하고 있고, 발효 시기도 다르게 규정하고 있음.

○ 금속 성형(metal forming), 일반 금속제거(general metal removal), 금속처리(metal treating)에 사용되는 금속가공유의 경우 2012년부터 VOC 함유량은 75 g/l를 넘지 않도록 규정하고 있고, 금속 정밀가공(precision metal removal)의 경우엔 130 g/l로 규정하였음. 또한 금속보호(metal protecting)용의 경우 2010년부터 300 g/l로 규제한 후 2012년부터는 50 g/l로 강화된 기준을 적용하고 있음.

○ SCAQMD에서는 2010년부터 관련 업체들과 기술적 타당성을 논의해 가며 규제의 적용을 시행하였고, 이에 따라 대기질 향상과 금속가공유 취급 근로자의 건강보호 효과를 거두었다고 평가하고 있음.

<표 3-67> Rule 1144의 적용대상 금속가공유와 VOC 함유 제한 기준

FLUID	EFFECTIVE 1/1/2010	EFFECTIVE 1/1/2011	EFFECTIVE 1/1/2012
	VOC g/l (lb/gal)	VOC g/l (lb/gal)	VOC g/l (lb/gal)
(A) Vanishing Oil	50 (0.42)		
(B) Metalworking Fluid			
(i) Metal Forming			75 (0.63)
(ii) Metal Removal			
(a) General			75 (0.63)
(b) Precision Metal Removal			130 (1.08)
(iii) Metal Treating			75 (0.63)
(iv) Metal Protecting			
(a) General	300 (2.50)		50 (0.42)
(b) Military Specified Preservative		340 (2.83)	
(C) Direct-Contact Lubricant			50 (0.42)

2) 안전보건 지침 개발 및 확산

○ 금속가공유 취급 근로자의 건강보호를 위해 취급시 안전보건 관련 지침에 대한 국외 사례를 참고하여 금속가공유 취급 근로자와 사업주를 위한 안전보건 지침을 개발 보급할 필요가 있음. 특히 안전보건공단이나 고용노동부 홈페이지의 금속가공유 섹션을 만들어 온라인으로 언제든지 정보공유가 가능하도록 할 필요가 있음.

■ 미국 사례

○ 미국의 산업안전보건청(OSHA)에서는 홈페이지에 ‘safety and health topics’으로 금속가공유 섹션⁵⁾을 만들어 관련 정보를 제공하고 있고, 세 가지 관련 매뉴얼과 가이드를 제작 보급하고 있음.

○ 1999년 금속가공유 취급 근로자들의 건강보호를 위해 ‘Metalworking Fluids: Safety and Health Best Practices Manual’⁶⁾을 개발하여 보급하고 있음.

○ 또한 산업안전보건청과 미국 윤활유제조업체 협회인 ‘The Independent Lubrication Manufacturers Association, ILMA’⁷⁾가 공동으로 안전한 사업장을 만들기 위한 협력 작업으로 두 가지의 안전보건 지침서를 개발하였음.

○ 그 중 하나는 2004년에 개발된 소규모 사업장 사업주와 근로자의 건강보호를 위해 ‘Metalworking Fluids in Small Business: A Health and Safety “QUICKSTART” Guide’를 개발하였고, 피부 자극 및 피부염 문제와 관련하여 ‘Dermal Assessment Guide’를 개발 보급하고 있음.

■ 영국 사례

○ 영국의 경우도 보건안전청(HSE) 홈페이지에 금속가공유에 대한 섹션⁸⁾을 마련하여 안전보건 관련 정보를 제공하고 있으며, ‘Working safely with metalworking fluids - A guide for employees’⁹⁾라는 리플렛을 제작하여 보급하고 있음.

5) <https://www.osha.gov/SLTC/metalworkingfluids/>

6) https://www.osha.gov/SLTC/metalworkingfluids/metalworkingfluids_manual.html

7) <http://www.ilma.org/>

8) <http://www.hse.gov.uk/metalworking/>

9) <http://www.hse.gov.uk/pubns/indg365.pdf>

○ 영국에서 보급하고 있는 리플렛은 다음과 같은 내용으로 구성되어 있음.

- ① 금속가공유는 무엇인가?
- ② 금속가공유에 어떻게 노출될 수 있는가?
- ③ 금속가공유가 당신 건강에 어떤 영향을 미치는가? (피부 문제, 호흡기 건강, 암으로 구성하고 있음)
- ④ 금속가공유를 취급시 어떤 주의를 기울여야 하는가? (일반적인 주의사항, 피부 보호를 위한 주의사항, 폐유 관리를 위한 주의사항, 기타 주의사항으로 구성)
- ⑤ 건강상태 점검을 위해 무엇을 체크해야 하는가?
- ⑥ 당신의 건강에 이상이 있다고 생각할 경우 어떻게 해야 하는가?
- ⑦ 법적 준수사항은 무엇인가? (사업주와 근로자가 준수해야 하는 사항으로 구성)
- ⑧ 공작기계 세척용액에 대한 취급 주의사항
- ⑨ 기타 추가 정보 제공이 가능한 자료원 정보 제공

(1) 금속가공 관련 민간 기업 및 노동조합 단체를 통한 확산

○ 안전보건 정보의 확산 방법 중 가장 효과적인 방법은 수요자의 필요성에 의해 제공될 경우라고 할 수 있음. 이를 위해 정부 주도의 안전보건 지침서를 개발하더라도 보급 및 확산 방안은 관련 민간 기업과 노동조합 단체와의 협력을 통해 가능함.

○ 이러한 사례는 앞서 미국의 금속가공관련 안전보건 지침 개발을 위해 윌리엄스 협회인 ILMA와의 협력사례에서도 찾아볼 수 있음.

○ 이에 국내에서 협력 가능한 금속가공유 관련 민간 기업 및 노동조합 단체는 아래와 같음.

■ 한국공작기계산업협회(KOMMA)¹⁰⁾

○ 한국공작기계산업협회는 한국공작기계산업의 내수 및 수출확대와 기술개발, 인력양성, 표준화 등 회원사의 공동이익 증진을 위해 1979년 설립된 사업자 단체로써 가입된 회원사들에게 다음과 같은 정보를 제공하고 있음.

- 공작기계 각종통계 및 동향 통계요람 (매년) : 매년 국내 및 세계주요국의 통계 및 경영지표
- 국내 각종 연구보고서 및 해외연구보고서
- 세미나 및 심포지엄 참여
- 기술정보 및 특허정보
- 기관지 “공작기계(매월)” 정기구독(무상) 및 광고게재시 광고료 할인
- 협회 인터넷 홈페이지 접속 ID 제공 및 제품 홍보

○ 현재 공작기계 생산 및 금속가공 관련 약 180개 업체가 회원사로 가입되어 있어 이 협회를 통한 금속가공 시 안전보건 지침에 대한 정보를 제공한다면 그 확산 효과가 높을 것으로 판단됨.

○ 특히 이 협회는 금속가공을 위한 공작기계를 제조하는 업체들이 주를 이루고 있기 때문에 공작기계 매뉴얼 안에 안전보건 관리 지침의 내용을 수록할 수 있도록 유도한다면 확산 효과가 높을 것으로 기대됨.

■ 한국윤활유공업협회(KLOIA)¹¹⁾

○ 한국윤활유공업협회는 홈페이지의 설립 취지로 회원사간의 협력을 통해 ▲ 산업과 국가사회 발전 ▲ 자원의 효율적 이용과 절약 ▲ 재활용산업 촉진을 통한 환경보전에 이바지 할 것을 목적으로 한다고 밝히고 있으며, 1982년 6월 19

10) <http://www.komma.org/komma/komma/Greetings.do>

11) <http://www.kloia.or.kr/>

일 설립되었음.

○ 현재 한국윤활유공업협회는 국내 주요 윤활유 제조업체 19개사를 정회원으로 하고 있고, 그 외 윤활유 취급 회원사를 특별회원 자격으로 하여 총 74개 업체가 회원사로 가입되어 있음.

○ 본 협회는 윤활유의 제조와 사용 업체가 모두 가입되어 있기 때문에 제품 내 유해물질 함유량에 대한 제한 규제의 확산과 취급시 안전보건 지침서의 보급에 활용도가 높다고 판단됨. 미국의 경우도 앞서 기술하였듯이 미국 윤활유 협회(ILMA)와 산업안전보건청이 협력 작업으로 소규모 사업장에 대한 안전보건지침과 피부오염 관리를 위한 지침서를 개발 보급했던 사례가 있음.

■ 전국금속노동조합¹²⁾

○ 금속가공유 취급 근로자의 건강보호 지침의 확산을 위해 반드시 고려해야 할 단체는 노동조합 단체임.

○ 특히 국내에서는 민주노총 산하 전국금속노동조합의 경우 금속가공유 제조사 8개 업체와 ‘금속가공유의 유해화학물질 가이드라인 1.0’을 만들어 2012년 7월 17일부터 짧은사슬 염화파라핀을 금속가공유 제조에 사용하지 않는다는 협약식을 맺은 바 있음.

○ 또한 협약기업은 독성이 확인됐지만 다수의 국가에서 사용하고 있는 환경호르몬 알킬페놀도 2013년 1월 14일부로 사용하지 않기로 했고, 이 밖에도 보린산, 에탄올아민, 윤활기유 등에 대해 사용 금지나 최소량 허용 기준을 제시한 바 있음.

12) http://kmwu.nodong.org/02/02.php?ptype=view&code=news_notice&idx=89399&id=

○ 금속노동조합에서는 위와 같은 협약 후 2012년부터 2013년까지의 유해화학물질 저감 성과를 다음과 같이 보고하고 있음¹³⁾. 짧은사슬 염화파라핀을 비롯하여 연간 약 993톤의 유해화학물질 사용량을 저감시킬 수 있었고 200리터 드럼으로 환산했을 때 약 4,965 드럼의 양을 저감한 것으로 보고하고 있음.

○ 유해화학물질 종류별 2012년 대비 저감률을 비교하면 그림과 같이 짧은사슬 염화파라핀은 100% 저감되어 사용 금지되었고, 디에탄올아민은 89%, 알킬페놀류 76%, 왁스형 염화파라핀 44%, 중간사슬염화파라핀도 21%의 저감률을 보고하고 있음.

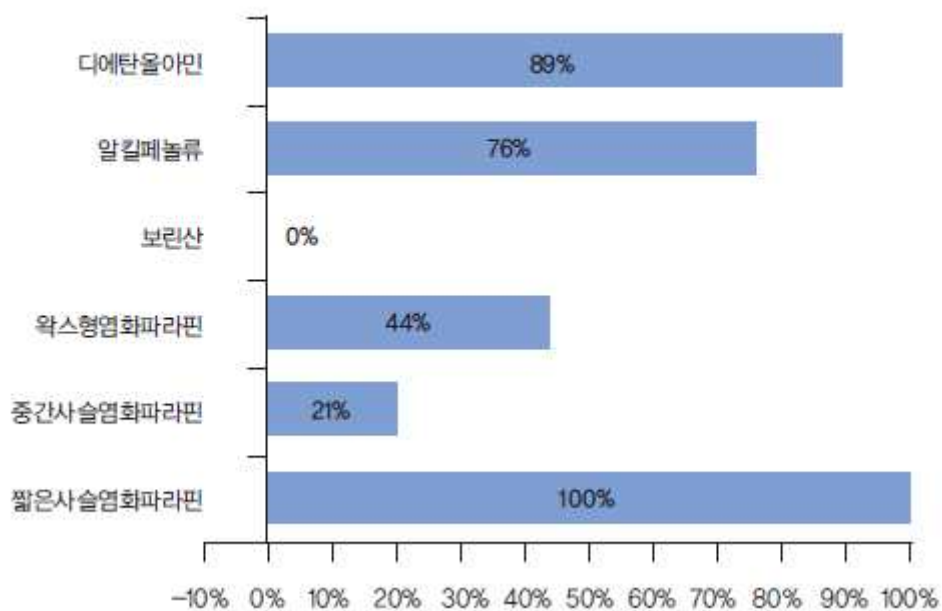
○ 이와 같이 노동조합 단체와 금속가공유 관련 업체와의 자발적인 협약만으로도 유해물질의 노출 위험을 줄이는데 매우 큰 효과를 발휘할 수 있음을 확인할 수 있음. 따라서 금속가공유 취급 근로자들의 건강보호를 위해 고용노동부 및 안전보건공단과 노동조합 단체와의 적극적인 협력관계를 유지하며 안전보건 지침 및 관리 방안 확산에 큰 효과를 거둘 수 있을 것이라 판단됨.

13) 전국금속노동조합 외. 금속가공유 유해물질 저감 보고서 (2012~2013년도 까지). 2014

<표 3-68> 유해화학물질 저감 성과

유해화학물질	감소된 제품수(개)	감소된 사용량(톤/년)	200리터 드럼 환산결과
짧은사슬 염화파라핀	6	9.30	47
중간사슬 염화파라핀	35	172.61	863
왁스형 염화파라핀	-1	14.00	70
보린산	4	0.00	0
보락스	0	0.01	0
알킬페놀	56	36.98	185
디에탄올아민	124	760.05	3800
계	221	992.95	4965

<유해화학물질 저감율(2012년 대비)>



[그림 3-49] 유해화학물질 종류별 2012년 대비 저감률

3) 기타 SNS를 이용한 확산

○ 현대사회는 스마트폰의 보급으로 인해 SNS(social network service)를 이용한 소통이 증가하고 있음. 따라서 금속가공유 취급 근로자 및 사업주들에 대한 SNS를 활용한 안전보건 정보의 확산 방법을 고려할 필요가 있음.

○ Practical Machinist.Com¹⁴⁾ 이라는 웹사이트는 대표적인 예인데, 약 10.6백만 여명의 금속가공 관련 전문가 및 현업 종사자들이 웹사이트를 방문하며 각종 금속가공 기술 및 애로사항 등을 얘기하고 정보를 공유하고 있음.

○ 안전보건 관련 정보 공유의 한 예로 Practical Machinist.Com 사이트에 있는 Forum 섹션에 2009년에 미국 아리조나주에 있는 한 금속가공자가 알루미늄 가공을 위한 절삭유로 방청이 잘 되면서도 건강유해성이 낮은 물질이 무엇이나(Thread: Non-toxic non-rusting cutting fluids?)는 질문을 하였음¹⁵⁾.

14) <http://www.practicalmachinist.com>

15) <http://www.practicalmachinist.com/vb/general/non-toxic-non-rusting-cutting-fluids-180011/>

Thread: Non-toxic non-rusting cutting fluids?

f t p e + 2

Thread Tools ▾ Search Thread ▾ Display ▾

04-24-2009, 01:35 AM #1

 **eternalsquire** ◯
Aluminum

Join Date: Mar 2009
Location: Arizona USA
Posts: 49

Post Thanks / Like
Likes (Given): 0
Likes (Received): 1

 **Non-toxic non-rusting cutting fluids?**

All,

I've seen a lot of discussion regarding types of cutting fluid for aluminum, but I am not satisfied with some of the chemical compositions because they would be somewhat hazardous for myself and my family to be exposed to the fumes.

[그림 3-50] 알루미늄 가공시 독성이 없고 방청효과가 좋은 금속가공유를 문의한 사례

04-27-2009, 08:18 AM #40

 **Baxtool** ◯
Aluminum

Join Date: Oct 2008
Location: Friendsville, TN
Posts: 129

Post Thanks / Like
Likes (Given): 0
Likes (Received): 7



In my [home shop](#), I use peanut oil as a cutting fluid on steel. I just brush it on with a [stiff bristle brush](#). It has the highest smoke point relative to other vegetable oils. At least when it does smoke is smells good. It seems to work just as good, if not better, than the straight mineral oil that I previously used which would give me sinus problems when it smoked.

It may not work well with Aluminum though, I don't cut much aluminum, so I have not tried the peanut oil on it yet. My father who was a toolmaker at Oak Ridge said they used a squirt bottle of alcohol when doing light work in aluminum on manual machines. This is what I have used in the past with AL and it seemed to work well. Don't use Denatured Alcohol though, it has **methanol** in it which is toxic and can cause permanent blindness. I use the >90% medical grade isopropyl from CVS or Wallgreens. Plain rubbing alcohol has too much water. 190 proof PGA (ethanol) from the Liquor store is the least toxic but most expensive due to the consumption tax.

Keep in mind that alcohol is highly flammable and straight oils are too if you get them hot enough, so use with caution.

[그림 3-51] 메탄올에 노출될 경우 영구적인 시력 손상을 유발할 수 있음을 경고하는 답변 사례

○ 이에 대해 그림에서 보는바와 같이 많은 금속가공자들이 에틸렌 글리콜류에 대한 생식독성의 문제를 제기하고, 공업용 메탄올을 사용할 수도 있으나 노출될 경우 실명될 위험이 있음을 제기하기도 하였음.

○ 이와 같이 현대사회에 있어 SNS를 통한 정보의 소통은 정보 확산에 있어 매우 큰 효과를 거둘 수 있으며, 특히 금속가공 관련 엔지니어, 사업주, 근로자들이 공유할 수 있는 소통 사이트나 SNS 단위가 있다면 이를 연계한 정보 확산 방법을 적극적으로 고려할 필요가 있음.

7. 제도 개선

○ 본 연구에서 금속가공 공정에 사용되는 화학물질을 추정하기 위해 활용한 국가자료는 작업환경실태조사, 작업환경측정결과, 특수건강검진결과 등임. 이 국가 자료를 활용해서 금속가공에 쓰이는 화학물질을 추정하였음. 본 연구과정에서 제도 개선이 필요한 핵심 내용을 2가지로 요약하였음. 하나는 금속가공유에 대한 관리방안이고 다른 하나는 작업환경실태조사를 중심으로 한 국가 산업보건자료 조사 및 관리 전략을 수립하는 것임.

1) 법적 관리 지침 개발

(1) 금속가공유(MWF) 관리 지침 개발

○ 금속가공유에 대한 관리를 “산업안전보건법” “산업안전보건기준에 관한 규칙” 제 3 편 보건기준의 한 장으로 넣을 것을 제안함. 법적인 요건으로 만들지 않더라도 자율적인 가이드라인을 만들 필요가 있음. 이렇게 제안한 이유는 아래와 같음.

첫째, 금속가공 산업, 공정, 노출근로자 수가 많기 때문임. 본 연구에서 추정한 노출 근로자 수는 10만 여명이고 작업환경측정결과에서는 17만 여명임(3장 연구결과 및 고찰에서 1항 금속가공 산업 및 공정별 화학물질 현황 추정 참조). 금속가공 특성상 기계를 생산하거나 공정을 이용하는 곳이 대부분이기 때문에 공무부서까지 합하면 훨씬 많은 근로자가 금속가공유(MWF)에 노출될 것으로 판단됨.

둘째, 금속가공유(MWF)의 유해성이 크기 때문임. 금속가공유의 건강장해는 여러 기관에서 암 발생위험은 물론이고 피부질환, 호흡기질환을 초래하는 것으로 잘 알려져 있음. 금속가공유 노출로 암 등 직업병으로 인정을 받은 사례도 있음.

셋째, 금속가공유(MWF)는 20여 가지가 넘는 첨가제가 포함된 혼합 화학물질로 단일 물질범주로는 가장 많은 화학물질이 들어있기 때문임. 첨가제는 발암물질, 살균제 등 독성이 강한 물질이 포함되어 있음.

넷째, 금속가공유(MWF)는 화학물질 첨가제, 사용방법, 처리 등 까지 시스템으로 관리되어야 하기 때문임. 금속가공유를 안전하게 사용하기 위한 방법은 전문적이어서 사업장에서 모두 알지 못함. 또한 성분과 방법은 자주 변함. 제도로써 안전하게 사용하기 위한 가이드라인을 제안할 필요가 있음.

○ 관리지침에 들어갈 주요 내용은

- 제 1 절 : 통칙
- 제 2 절 : 금속가공 공정 위험관리
- 제 3 절 : 금속가공 화학물질 노출관리
- 제 4 절 : 금속가공 공정 작업관리
- 제 5 절 : 금속가공 공정 근로자 건강관리
- 제 6 절 : 금속가공 공정 미생물 위험관리
- 제 7 절 : 보호구 착용 등

(2) 금속가공유 살균제(또는 방부제, 살생제) 관리 지침

○ 본문에서 고찰한대로 금속가공 공정에서 생기는 미생물을 제거하기 위해서 방부제 등이 첨가제로 들어감. 미생물은 공정에 지장을 줄 뿐만 아니라 호흡기 질환을 초래하기 때문에 미생물 오염을 근원적으로 억제하기 위해 페놀, 포름알데히드, CMIT/MIT등이 들어감. 그러나 이 살균제 화학물질로 인한 또 다른 호흡기질환, 피부 질환 등이 발생함.

○ 금속가공유에 첨가제로 들어가는 살균제를 포함해서 사업장에서 사용될 수

있는 여러 종류의 살균제 등의 포괄적인 관리를 위한 지침 또는 다른 수준의 제도를 만들 필요가 있다고 판단됨.

2) 국가 산업보건자료 관리 전략 개발

○ 본 연구에서 빅 데이터인 국가자료를 활용해서 금속가공 화학물질의 사용과 노출특성을 추정하였음. 이 연구 과정에서 국가 산업보건자료의 조사, 관리, 저장 등의 전반적인 관리방안을 개선해야 할 것으로 판단함.

○ 이러한 제안을 하게 된 사례를 들어보면, 메탄올 중독 등 화학물질 노출로 인한 건강영향이 일어났을 때 국가 자료를 활용해서

- CNC 공정에서 메탄올을 취급하는 근로자의 전국적인 현황
- CNC 공정에서 메탄올을 취급한 근로자의 시신경 손상 등의 파악 할 수 있는 국가자료가 없었음

○ CNC 공정에서 메탄올을 취급하는 근로자의 전국적인 현황은 작업환경실태 조사와 특수검진결과로 추정할 수 있어야 하나 이러한 목적을 달성하지 못하는 상황임. 이유는 본 연구에서 지적한 대로

- 작업환경실태조사에서 조사하는 40개 공정에 들어가지 않음
- 특수건강검진에서는 공정에 대한 기록이 없음
- 조사 정보에 대한 표준이 없어 국가자료로 통합이 되지 못한 이유 때문

○ 국가 자료를 산업보건활동에 적극적으로 활용하기 위해서 개선해야 할 핵심 사항을 요약했음.

(1) 작업환경실태조사

○ 작업환경실태조사는 5년마다 우리나라 전체 사업장을 대상으로 주요 산업, 공정, 화학물질 등을 전수 조사하는 가장 큰 사업임. 이론적으로 보면 우리나라 전체 근로자가 노출된 산업, 공정, 화학물질의 특성이 분석될 수 있어야 함. 이러한 목적에 따라 이 조사가 체계적으로 수행되고 그 조사결과가 체계적으로 관리된다면 국가자료로 중요한 가치를 갖게 됨. 그 이유는

- 건강영향 측면에서 위험이 큰 산업/공정 등 추출
- 화학물질 중독이나 특정 직업병이 일어나거나 의심되었을 때 관련되는 산업/공정/근로자 수 등 추정
- 직업병 예방을 위한 위험 공정 파악 등 각종 현안을 수립하고 대처하는데 활용할 수 있기 때문임.

○ 그러나 현재의 작업환경실태 조사 전략은 물론 조사에서 나오는 자료의 질(quality)은 이러한 목적을 달성하는데 한계가 많은 것으로 보여짐. 본 연구에서 이 자료를 이용해 금속가공에 사용되는 화학물질의 노출현황을 조사하는 과정에서 개선사항을 발견하였음. 따라서 향 후 아래와 같은 주요 개선사항을 참조하여 사업을 추진하는 것이 필요함.

가) 핵심 조사 정보 정의 및 표준화

○ 국가자료로 통합해야 할 핵심 조사 정보는 표준화해야 함. 서로 다른 조사기관과 조사자가 조사한 모든 내용들이 국가 자료로 쓰이게 되므로 조사항목 중 핵심정보는 표준화하고 통일해야 함. 그래야 국가자료로 통합할 수 있음. 일정한 표준에 근거해서 조사해야 하고 이를 자료 클리닝 과정에서 표준으로 정리해야 함.

○ 국가자료로 표준이 가능한 조사 정보는 산업, 공정, 직무 등임. 이 정도는 국가자료로 정의하고 표준화하고 그 코드를 생성해야 함. 다른 나라 국가 통계

에서도 기본적으로 따르는 조사 방법임. 각각을 설명하면 아래와 같음.

(가) 산업분야

○ 우리나라는 산업은 표준화되어 있음. 표준화된 정보와 코드가 있지만 실제 각종 산업보건활동 및 조사(작업환경실태조사, 작업환경측정, 특수건강검진 등)에서는 이를 따르지 않고 있음. 조사자가 임의로 판단하여 산업을 기록하고 이를 표준화해서 정리하지도 않음.

○ 작업환경실태조사 결과 분석시 조사자마다 서로 다른 산업에 대한 조사는 물론 이러한 결과를 모아서 클리닝이나 가공과정을 거치지 않았기 때문에 산업별 통계를 내는데 어려움을 겪고 있음.

(나) 공정분야

○ 국내에서 공정에 대한 표준화된 정의, 용어, 코드가 없음. 이로 인한 조사자마다 동일한 공정인데도 불구하고 서로 다른 이름을 쓰고 있고 공정별 자료분석을 하는데 한계가 있음. 공정은 노출의 수준을 추정하는데 가장 중요한 정보임. 조사된 공정이 표준화되지 않으면 노출의 위험을 추정할 수 없음. 동일한 공정인데도 서로 다른 이름으로 조사된 경우가 많음. 예를 들면 가공, 절삭, 냉각, 윤활 등은 동일한 공정인데도 불구하고 서로 다른 이름으로 조사되었음.

○ 급한 것은 공정을 명확히 정의하고 정의에 맞는 표준이름과 코드를 부여해야 함. 또한 조사해야 할 공정은 노출이 큰 공정을 중심으로 결정하는 것이 필요함. 현재는 40개 공정만 조사하도록 되어 있고 선정근거는 알 수가 없었음.

○ 메탄올 중독이 일어난 CNC 공정은 조사공정에 포함되지 않아 이에 대한

통계를 구할 수가 없었음. 참고로 CNC 공정은 노출측면에서만 보면 관리되어야 하는 공정임. 회전에 따라 노출 가능성 및 노출수준이 높을 수 있기 때문임. 그럼에도 이 공정이 왜 포함되지 않았는지 의문임.

(다) 직무분야

○ 직무는 작업환경실태조사에서 조사정보에 포함되지 않아 표준정보를 알 수가 없었음. 이론적으로 노출위험은 공정과 함께 직주가 결정함. 공정에서 어떤 일을 하느냐에 따라 노출이 달라지기 때문임. 운전자, 정비공, 용접, 도장 등 많은 직주가 있음. 직무에 따라 위험을 구분할 수 있는 장점이 있기 때문에 직무를 정의하고 표준화해서 국가 자료로 활용하는 것이 필요함.

○ 작업환경실태조사는 물론 우리나라 주요 산업보건활동에서 직무를 조사하고 있지 않음. 직무를 정의하고 표준화해서 국가자료로 활용하면 많은 장점이 있음. 표준화된 직무를 작업환경실태조사는 물론 작업환경측정, 특수건강검진, 산업보건활동 대행 등에 폭 넓게 활용해서 국가자료로 분석해야 함.

(라) 화학물질분야

○ 조사 대상 화학물질은 작업환경측정 대상 물질만 조사되어 있음. 또한 두 시기별로 조사된 화학물질의 성분은 물론 그 수에서 차이가 많이 남. 만약 조사 대상 화학물질이 중독 등 건강영향을 초래할 가능성이 있음. 가습기 살균제에서 사용된 살균제, 방부제 등(PHMG, PGH, CMIT, MIT 등)은 조사대상 물질 항목에 들어있지 않음. 본 연구에서처럼 측정대상 물질이 아닌 위험한 화학물질이 금속가공공정에 쓰인다면 파악할 수가 없음.

○ 사업장에서 사용되는 모든 화학물질을 조사하는 것은 한계가 있음. 그러나

아래와 같은 방법으로 작업환경측정대상물질이 아니더라도 일정 기준을 정해서 노출위험이 크거나 위험이 큰 화학물질은 조사할 필요가 있음.

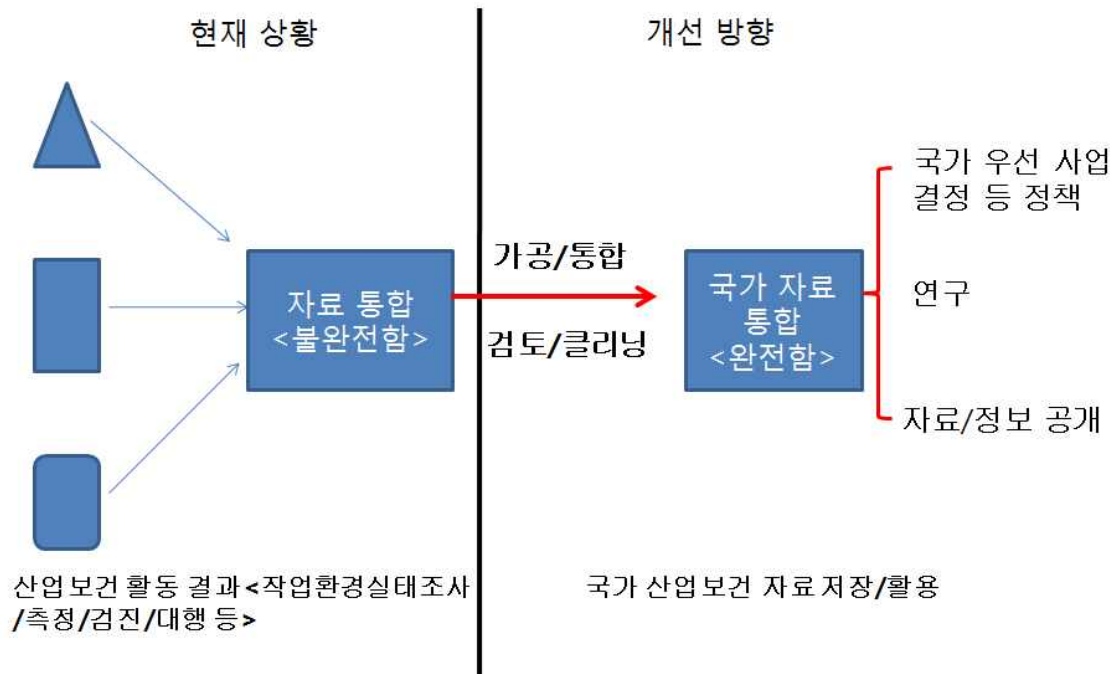
- 노출빈도(하루 6시간 이상 취급 등)가 높은 방부제, 살균제 화학물질 등
- 연삭, 연마, CNC 공정과 같이 노출 가능성이 높은 화학물질

나) 조사 자료에 대한 클리닝 및 2차 가공

○ 작업환경실태조사는 사업을 수행하는 기관이 많은 조사자를 고용하여 전국적으로 진행함. 서로 다른 기준, 용어, 방법 등으로 기록하고 조사함. 조사 자료 및 정보를 표준화하고 표준화하지 못한 자료 등 모두 일정한 기준과 틀로 가공해서 국가자료로 만드는 과정이 반드시 필요함. 산업보건전문가가 원 자료(raw data)를 클리닝하고 가공하는 작업이 필요함.

○ 본 연구과정에서 파악한 결과로는 현재 작업환경실태조사는 1차 조사자가 조사한 내용이 클리닝은 물론 가공되지 않은 채 자료와 정보를 모아 놓은 상태임. 폴더 없이 자료가 모아져 있는 것과 같음. 현재 작업환경실태조사는 위에서 지정한 정보의 표준화되지 않고 원 자료가 클리닝과 가공되지 않아 국가자료로 쓸 수 없는 상태임. 이런 이유로 최근 발생한 CNC 공정 메탄올 중독에서 노출 규모, 측정결과, 특수검진결과 등을 파악하는 것은 불가능함.

○ 국가자료의 신뢰성은 1차 조사 자료의 클리닝과 가공의 수준에 따라 결정됨. 반드시 시간과 돈을 들여서 1차 조사 자료를 클리닝하고 가공해서 자료와 정보의 질(quality)을 높이는 제도가 있어야 함([그림 52] 참조).



[그림 3-52] 산업보건활동 국가 자료 통합 및 활용 체계

다) 기대효과

○ 유해인자 노출 및 건강영향과 관련된 핵심 변수들(표준산업, 표준공정, 표준 직무 등)의 자료와 정보들을 통합해서 분석함으로써 근로자 건강보호를 위한 국가 정책 및 사업에 대한 우선순위를 잡을 수 있음.

○ 국가 자료와 정보를 대상으로 산업 --> 공정 --> 직무를 조합해서 나열하면 안전/보건/노출은 물론 특정 관심 사업/연구 등 목적에 상대적인 위험이나 우선순위를 결정할 수 있음. 우선순위 또는 안전보건의 위험에 따라 고용 노동부,공단, 연구원, 민간기관 등에서 사업을 잡을 수 있음. 서로 사업이 겹치지 않게 자원을 효율적으로 배분하고 사업성과도 평가할 수 있음.

(2) 작업환경측정

가) 측정 및 조사 정보의 표준

○ “작업환경실태조사”에서 지적인 개선사항과 동일함. 작업환경측정 조사 자료와 정보를 국가자료로 활용하기 위해서는 조사한 핵심정보에 대한 표준을 정하는 것이 필요함. 작업환경측정 자료가 단지 사업주만 활용하기 위한 자료라면 표준을 정할 필요가 없지만 전국의 서로 다른 기관이 조사한 정보를 모아서 국가자료로 활용하기 위해서는 핵심 조사 정보를 표준화해야 함.

- 산업: 기존 표준산업분류를 활용해야 함
- 공정: 표준 공정의 정의 및 표준을 제정해야 함. 위험과 노출수준을 추정할 수 있도록 하기 위한
- 직무: 핵심 직무에 대한 표준필요. 정비, 운전, 감독 등. 공정과 직무를 연결하면 개략적인 위험이 드러날 수 있도록 하기 위한

나) 중독예방을 위한 조치

○ 작업환경측정조사에서 공정과 직무를 정성적으로 조사하면 중독 위험을 추정할 수 있음. 메탄올 중독이 일어난 CNC 공정과 같이 정상적인 작업환경측정 활동에서 중독 가능성을 예측할 수 있음. 공정의 특성, 작업의 특성을 조사하면 화학물질 중독 또는 만성 노출의 위험을 평가할 수 있음.

○ 그러나 현재 작업환경측정제도의 서식에는 이러한 정성적인 평가를 할 수 없고 단지 측정결과만 기록하도록 되어 있음. 화학물질에 대한 급성 혹은 만성 노출과 건강영향 위험을 정성적으로 평가할 수 있도록 하는 것이 필요함.

다) 기대효과

○ 표준산업, 표준공정 그리고 표준 직무는 국가자료를 모을 수 있음. 이 표준 정보를 조합하면 화학물질별, 유해인자별로 위험한 산업과 공정을 골라낼 수 있음. 이러한 정보에 따라 국가 우선순위 사업은 물론 측정횟수, 빈도 등도 다양하게 차등 적용할 수 있는 효과가 있음.

○ 무엇보다 작업환경측정제도와 특수건강검진이 연결되어 실질적인 직업병 예방을 위한 산업보건활동체계를 구축할 수 있음. 현재는 작업환경측정과 특수건강검진이 따로 구분 되어 있음. 유해인자 노출과 평가 그리고 여기에 근거한 특수건강검진이 될 수 있도록 해야 함.

(3) 특수건강검진

가) 특수 검진 정보에 대한 표준

○ 특수검진결과에서도 메탄올 취급, 노출근로자는 파악이 되지만 전자산업의 CNC 공정에서 일하는 근로자가 메탄올에 노출된 현황은 파악이 되지 않음. 이것은 특수검진대상자가 일하는 공정에 대한 기록이 없거나 기록이 제대로 되지 않거나 표준화되어 있지 않기 때문임.

○ 특수건강검진에서 CNC 공정의 메탄올을 취급한 근로자들에 대한 검진을 했지만 그 결과를 분석할 수 없는 상태임. 즉 특수건강검진의 결과가 국가자료로서의 기능을 하지 못함.

○ 작업환경 실태조사에서 메탄올은 공정과 작업환경측정 및 특수건강검진 대상 화학물질이기 때문에 쉽게 파악될 수 있어야 함. 본 연구에서 지적했듯이 전자산업, CNC 공정에서 메탄올 노출의 현황을 파악하는 것이 어려움. 또는 2009년과 2014년 자료가 서로 다름. 거의 파악 불가능한 상태임.

○ 검진대상자가 소속된 공정과 담당한 일(직무)을 표준화해서 이들이 처한 유해상황을 짐작하고 이에 따른 검진 예방 등이 이루어지도록 해야 함. 표준화해야 할 정보는 3가지로써 위에서 설명한 것과 같음.

- 산업: 기존 표준산업분류를 활용해야 함
- 공정: 표준 공정의 정의 및 표준을 제정해야 함. 검진 대상자가 처한 위험과 노출수준을 추정할 수 있도록 하기 위함
- 직무: 핵심 직무에 대한 표준화가 필요. 정비, 운전, 감독 등. 공정과 직무를 연결하면 검진 대상자가 노출되는 개략적인 위험이 드러날 수 있도록 하기 위함

나) 기대효과

○ 특수검진의 목표는 건강영향이 나타나지 않도록 미리 예방하고 혹시 예방하지 못한 건강영향이 일어났을 때는 직무관련성을 잘 파악할 수 있도록 하는데 있음. 예방도 하지 못하고 건강영향이 일어나는 것도 모른 경우가 문제가 될 수 있음.

○ 현재의 특수건강검진은 노출 혹은 사용된 유해인자에 근거해서 검진 대상자를 선정하고 검진하고 있음. 노출요인에 따라 건강위험이 결정되며, 노출상황과 특성은 고려되지 않고 있음. 메탄올의 독성이 CNC공정 하의 노출요인에 지속적으로 작용하여 근로자의 시신경 손상을 유발함. 메탄올 자체는 독성이 높지 않지만 노출이 과다하게 일어나는 CNC 공정과 직무요인이 위험의 결정요인이었던 것임.

○ 공정과 직무 등에 근거한 노출평가 결과에 근거해서 검진대상자의 건강에 나쁜 영향을 주는 요인을 예방하는 특수건강검진제도가 되도록 개선하는 것이 필요함. 개선의 골자는 작업환경측정에서 노출되는 화학물질 등 유해인자와 노

출특성을 정량적, 정성적으로 평가하고 이를 참조해서 특수검진에서 각종 건강에 나쁜 영향을 주는 요인을 예방하기 위한 문진, 진단, 추가 조치 등을 취하는 산업보건활동이 되도록 하는 것임.

3) 핵심 산업보건활동 개선

○ CNC 공정에서 메탄올 중독은 여러 가지 이유가 있겠지만 예방을 하지 못한 것이고 중독이 발생한 직업병 환자도 정부(고용노동부, 한국산업안전보건공단, 다른 산업보건기관)가 발견하지 못한 것임. 근로자의 화학물질 중독에 대한 예방과 감시를 하지 못한 것임. 그 동안 일어났던 각종 화학물질 중독(수은, 이황화탄소, 노말헥산, 2-브로모프로판, TCE, DMF, 수은, 메탄올 등)도 동일한 상황이었음.

○ 현재 우리나라 여러 산업보건활동 중 노출과 건강영향 감시체계의 핵심인 작업환경측정제도와 특수건강검진체계로는 화학물질 중독을 포함한 직업병 예방은 물론 직업병 발생을 감시하는데 한계가 있음. 여러 가지 이유가 있겠지만, 국가가 지정한 유해인자 중심의 측정으로 노출요인이 평가되고 있지 않고 작업환경 측정과 특수건강검진이 서로 연계가 되지 못하는 것이 주된 이유라고 생각됨.

○ 화학물질을 포함한 직업병 예방과 감시를 위해서는 국가 산업보건활동의 대대적인 개선이 필요하다고 판단됨. 본 연구와 관련된 핵심 2가지를 제안함.

첫째, 우리나라 각종 산업보건활동(작업환경실태조사, 작업환경측정, 특수건강검진, 기타 각종 산업보건활동 사업)에서 얻어지는 각종 정성, 정량적인 자료와 정보를 잘 가공해서 활용할 수 있도록 해야 함. 구체적인 방법은 위에서 설명하였음. 공정과 직무에 대한 표준정의와 각종 산업보건활동에서 활용할 방법은 추가 연구를 통해 마련해야 할 것으로 판단됨.

둘째, 화학물질을 포함한 유해인자 중독을 예방하기 위해서는 단시간에 과도한 노출이 일어날 수 있는 공정과 직무요인을 파악해야 함. 화학물질의 독성만으로는 중독 발생 가능성을 예측할 수가 없음. 사업장에서 공정 정보와 근로자의 직무 특성을 근거로 노출요인을 알아야 함. 예를 들면, CNC, 연삭, 연마, 정비 등이 과도한 노출요인을 초래할 수 있는 공정들임. 이러한 공정들에서 사용되는 화학물질의 양, 빈도, 시간 등 특성을 정성적으로 평가하는 활동이 필요함. 현재 작업환경측정에서는 이러한 평가를 할 수 없고 할 필요도 없음. 작업환경 측정에서 “화학물질 등 유해요인” 중독 공정을 평가하고 기록하고 특수검진에서는 이에 따른 근로자 검진 및 중독예방을 위한 조치를 취하고 그 결과를 기록하는 것이 필요함. 이러한 역할을 위한 추가 연구가 필요함.

[참고문헌]

고경력과과학기술인. Available from: URL: <http://www.reseat.re.kr/index.st>

근로자건강진단 실무지침. 한국산업안전보건공단 2015

박동욱. 금속가공유(Metalworking Fluids) 노출과 호흡기질환 위험: critical review. 한국산업위생학회지 2007;17(1):1-12

박동욱. 금속가공유(MWF)에서의 미생물 노출 위험과 관리방안. OSH Research Brief. 안전보건 연구동향 2009;12:24-31

박동욱. Critical Literature Review on Exposure Assessment Methods for Metalworking Fluids in Epidemiological Cancer Study. 한국산업위생학회지 2007;17(4):282-288

박동욱, 고예지, 윤충식. 수용성 금속가공유에서 살균제 사용으로 발생된 유해인자 및 호흡기 질환 위험 고찰. 한국산업위생학회지 2013;23(3):169-176

박동욱, 김신범, 신철임 등. 금속가공 공정에서 사용하는 MWF에 대한 측정방법의 문제점 고찰 -필터에 부하된 MWF의 증기화에 대한 연구-. 한국환경위생학회지 1999;25(2):1-7

박동욱, 김신범, 신철임. 작업환경 중 MWF 미스트와 증기에 대한 측정방법의 개발 - PVC필터에 채취된 비수용성 MWF손실에 대한 보정-. 한국산업위생학회지 1998;8(2):186-195

박동욱, 류경남. 금속가공유 관리 표준지침 1; 구매 및 선정. 한국산업위생학회지 2007;17(4):T1-T7

박동욱, 류경남, 윤충식 등. 금속가공유 관리 표준지침 2; 관리 -수용성 금속가공유를 중심으로-. 한국산업위생학회지 2008;18(1):T1-T7

박동욱, 윤충식, 류경남 등. 금속가공유 관리 표준지침 3; 오염된 수용성금속가공유 교체. 한국산업위생학회지 2008;18(2):T1-T5

박동욱, 윤충식, 이송권. 절삭유(Metalworking Fluids)의 발암특성에 대한 고찰. 한국정밀공학회지 2003;20(1):50-62

박현희. 금속가공유 중 미생물 노출에 따른 호흡기질환 관리 방안. 산업안전보건연구원 안전보건 이슈리포트 2014;8(4):22-27

박현희, 박동진, 박해동. 금속가공유 취급 작업장의 생물학적 인자 노출평가. 한국산업위생학회지 2014;24(3):300-309

백남원, 박동욱, 윤충식 등. 우리나라에서 사용하는 광물유의 유해특성과 관리대책에 관한 연구-공기중 MWF 미스트의 측정방법과 관리대책. 한국산업위생학회지 1997;7(2):171-180

백남원, 박동욱, 윤충식 등. 우리나라에서 사용하는 광물유(금속가공유)의 유해특성과 관리대책에 관한 연구-수용성 금속가공유의 유해특성과 관리대책. 한국산업위생학회지 1998;8(1):67-75

윤충식, 박동욱, 김성균 등. 살균제 에어로졸의 유해성 및 작업장 사용실태 조사연구. 산업안전보건연구원 연구보고서 2012;189-206

이권섭, 선옥남, 윤경섭 등. 수용성 절삭유(Water-Soluble Metalworking Fluids)에서 분석한 MEA, DEA, TEA의 농도 분포 특성 및 물질안전보건자료(MSDS)에 대한 정확성 평가. 한국산업위생학회 2005;15(1):52-60

전국금속노동조합, 발암물질 없는 사회 만들기 국민행동, 노동환경건강연구소 등. 금속가공유 유해물질 저감 보고서. 2014

한국공작기계산업협회 Available from: URL: <http://www.komma.org/komma/industrial/Overview.do>

AQMD. Available from: URL: <http://www.aqmd.gov/docs/default-source/rule-book/reg-xi/rule-1144.pdf?sfvrsn=4>

Alfa Laval Available from: URL: <http://www.alfalaval.com/products/separation/centrifugal-separators/separators/alfapure/>

Astakhov VP, Joks S. Metalworking fluids(MWFs) for cutting and grinding - Fundamentals and recent advances. Cambridge, UK: Woodhead Publishing. 2012, p. 291-316.

Brandt RH. Filtration Systems for Metalworking Fluids. In Byers, J. P.(Ed.), Metal working fluids - Second Edition, Boca Raton, USA: CRC Press. 2006, pp. 231-252.

Beercheck R. Replacing Formaldehyde: Regulatory Threats Looms for Key Biocides, Lubes & Greases, 2012: 7, pp. 12-18.

Bierma TJ, Waterstraat FL. Total Cost of Ownership For Metalworking Fluids, Waste Management and Research Center Report, Normal, Illinois. 2004.

Brandt RH. Filtration Systems for Metalworking Fluids. In Byers, J. P.(Ed.), Metal working fluids - Second Edition, Boca Raton, USA: CRC Press. 2006, pp. 231-252.

Colt JS, Friesen MC, Stewart PA et al. A case-control study of occupational exposure to metalworking fluids and bladder cancer risk among men, Occupational and Environmental Medicine, 2014; 71: 667-674.

Christian Eyler. Trends in metalworking fluids - Are you ready for 2020? Lube magazine No. 100. 2010. Available from: URL: http://www.cimcool.net/en_GB/publications.html/publication/1

DFG(Deutsche Forschungsgemeinschaft). Metal working fluids: MAK Value Documentation, 2003. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; 2012. 198 - 215 p.

Available from: URL: <http://mwfs.ecopharos.com/>

Eppert, J. Understanding contamination in metalworking fluids: Part 2 - Causes and effects of tramp oil, Metalworking Fluid Magazine, 2001; 2.

EU. Being wise with waste: the EU's approach to waste management. 2010. Available from: URL: <http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/WASTE%20BROCHURE.pdf>

Frederick, J. Passman, FJ, Canter, NM et al. MWF Biocides Part II: Science vs. Fiction, Tribology & Lubrication Technology, 2016: 3, pp. 46-57.

Friesen MC, Park DU, Colt JS et al. Developing Estimates of Frequency and Intensity of Exposure to Three Types of Metalworking Fluids in a Population-Based Case - Control Study of Bladder Cancer: American Journal of Industrial Medicine, 2014; 57: 915-927.

Foulds IS, Koh D. Dermatitis from metalworking fluids. Clin Exp Dermatol. 1990;15(3):157 - 62.

Henriks-Eckerman M-L, Suuronen K, Jolanki R. Analysis of allergens in metalworking fluids. Contact Dermatitis. 2008 Nov;59(5):261 - 7.

HSE. Laboratory simulation of microbial contamination in conventional and bioconcept MWFs. Available from: URL: <http://www.hse.gov.uk/aboutus/meetings/iacs/acts/watch/101109/watch-november-09-mwf-update.pdf>

Independent Lubricant Manufacturers Association (ILMA), White Paper - Hypersensitivity Pneumonitis: Is There an Association with Triazine Biocides and Mycobacteria in Metalworking Fluids?, ILMA, Alexandria, VA, 2003.

John Burke & Alan Cross, Advantages and Disadvantages of Low-VOC Vegetable-Based Metalworking Fluids, Houghton International Presentation, 2012. Available

- from: URL: <http://www.metalworkingfluid.com/mwf/docs/VegBasedFluids.pdf>
- Kim SB, Yoon CS, Park DU. Vaporization and Conversion of Ethanoamines used in Metalworking Operations, *Safety and Health at Work*, 2010; 1(2): 175-182.
- Lahiri S. Robust growth for metalworking fluids, *Efficient Manufacturing*, 2014; 6: pp. 32-36.
- Linnainmaa, M., Kiviranta H, Laitinen, J et al. Control of Worker's Exposure to Airborne Endotoxins and Formaldehyde During the Use of Metalworking Fluids, *AIHA Journal*, 2003: 64, pp. 496-500.
- Machinery Lubrication. Understanding the differences in base oil groups. 10/2012. Available from: URL: <http://www.machinerylubrication.com/Read/29113/base-oil-groups>
- McInnis, C. E. and Allen, J. Help! I Have to Switch Biocides: Tips for Formulating Metalworking Fluids with Non-Formaldehyde Releasing Products, *Tribology & Lubrication Technology*, 2014; 3. (online only)
- Microbe Inotech Laboratories. Quantitative PCR. Available from: URL: www.microbeinotech.com/quantitative-pcr/
- Milde JJ. Guideline for occupational medical examination. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV 2007.
- National Institutes of Health(NIH), Formaldehyde and Cancer Risk. Available from: URL: <http://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/substances/formaldehyde/formaldehyde-fact-sheet>
- NIOSH. Criteria For A Recommended Standard: Occupational Exposure to Metalworking Fluids. 1998.
- Ohio EPA, Metalworking Fluids. Available from: URL: www.epa.ohio.gov/ocapp/p2/f

act11.aspx

Park DU. The Occupational Exposure limit for fluid aerosol generated in metalworking Operations: Limitations and Recommendations, Safety and Health at Work, Vol.3(1):1-10, 2012

Park DU, Colt JS, Baris D et al. Estimation of the Probability of Exposure to Machining Fluids in a Population-Based Case-Control Study, Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2014;11(11):757-770.

Park DU, Kim SB, Ha KC. Relationships among Fluid Ethanolamine formulation, Airborne Ethanolamines, and Aerosol Levels in Machining Operations, Aerosol and Air Quality Research, 2012; 12: 553-560.

Park DU, Stewart PA, Coble JB. A Comprehensive Review of the Literature on Exposure to Metalworking Fluids, Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2009;6(9):530-541.

Park DU, Stewart PA, Coble JB. Determinants of Exposure to Metalworking Fluid Aerosols: A Literature Review and Analysis of Reported Measurements, Annals of Occupational Hygiene 2009;53(3):271 - 288.

Park DU, Jin KW, Koh DH et al. A survey for rhinitis in an automotive ring manufacturing plant, Industrial Health 2008;46:397-403.

Park DU, Jin KW, Koh DH et al. Association between Use of Synthetic Metalworking Fluid and Risk of Developing Rhinitis-related Symptoms in an Automotive Ring Manufacturing, J Occup Health, 2008; 50: 212-220.

Park DU, Chin KW, Kwag HS et al. Effect of Metalworking Fluid Mist Exposure on Cross-Shift Decrement in Peak Expiratory Flow, Journal of Occupational Health, 2007; 49: 25-31.

Park DU, Choi BS, Kim SB et al. Exposure Assessment to Suggest the Cause of

- Sinusitis Developed in Grinding Operations Utilizing Soluble Metalworking Fluids, *Journal of Occupational Health*, 2005; 47(4): 319-326.
- Park DU, Lee JH, Lee KS. Analysis on Chemical Ingredients with Anti-microbial Activity in Water-based Metalworking Fluids, *KSTLE International*, 2003; 4(2): 52-54.
- Park DU, Kim SB, Yoon CS. Loss of Straight Metalworking Fluid Samples Evaporation During Sampling and Desiccation, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 2003; 64: 837-841.
- Park DU, Teschke K, Karen B. A model for predicting endotoxin concentration in metalworking fluid sumps in small machine shops. *Annals of Occupational Hygiene*, 2001; 45(7): 569-576.
- Park DU, Ha KC. Loss of Metalworking Fluids Collected on PVC Filter due to Contact with Clean Air and Desiccation. *Analytical Science & Technology*, 2001; 14(5): 291-299.
- Passman FJ, Microbiology of Metalworking Fluids In Byers, J. P.(Ed.), *Metalworking fluids - Second Edition*, Boca Raton, USA: CRC Press. 2006, pp. 195-229.
- Peter Kuenzi et al. Microbiology in bio-concept metalworking. Available from: URL: http://www.stle.org/Shared_Content/Extended_Abstracts/EA_AM2014/Metalworking_Fluids/Microbiology%20in%20Bio-Concept%20Metalworking%20Fluids.aspx
- Rensselaar JV. Biocides: Both problem and solution, *Tribology & Lubrication Technology*, 2015: 11, pp. 32-42.
- Tarle GT. Metalworking fluids: Global challenges, trends and opportunities, *Tribology & Lubrication Technology*, 2016: 8, pp. 38-44.

U.S. EPA Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act (FIFRA). Available from: URL: <http://www.agriculture.senate.gov/imo/media/doc/FIFRA.pdf>

Wallenius Water. Available from: URL: <http://www.walleniuswater.com/process-fluids/products>

VKIS. VSI. IGM. VKIS-VSI-IGM List of Substances for Metal Working fluids according to DIN 51385. 2012.

Abstract

1. Project title

Estimation of use characteristics of chemicals used in metalworking operations based on technical changes in the metalworking operation.

2. Background and objectives

○ The vision of workers who were exposed to methanol used in CNC metalworking operation was reported several times to be damaged. Research is needed to protect workers who are involved in metalworking operations from hazardous agents, including chemicals.

○ The objectives of this project are: 1) to estimate the use characteristics of chemicals used in metalworking operations; 2) to review the health effect from metal-working chemicals; and finally 3) to suggest engineering and administrative measures to protect workers involved in metal-working operations.

3. Methods

○ National occupational health data and information stored by the Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), such as from the National Investigation Program of Work Environments conducted every five years, the Work Environment Measurement Data reported by employer and consultants and the Special Health Physical Examination Data were used to estimate the exposure characteristics of chemicals used in metalworking

operations. The number of workplaces and workers who used chemicals used in metalworking operations such as metal-working fluids(MWF), methanol and ethanol were estimated using national occupational safety and health data and information. We visited 19 workplaces with CNC operations using MWF or alcohols for cooling or lubrication in metal-working operations. Toxicity and health effects focusing on carcinogenic, mutagenic and reprotoxic (CMR) substances were reviewed through a literature search. The major results we obtained are as follows

4. Major results

1) Estimation of use characteristics of chemicals used in metalworking operations

(1) From National Investigation Program of Work Environment Data (2009 and 2014)

○ The number of workplaces with metal-working operations using chemicals was estimated to be 11,299 in 2009 and 17,873 in 2014. The number of workers who were involved in metal-working operations using chemicals was estimated to be 50,299 in 2009 and 90,661 in 2014.

○ The number of workplaces with metal-working operations using methanol was estimated to be 11,299 in 2009 and 17,873 in 2014. The number of workers who were involved in metal-working operations using chemicals was estimated to be 50,299 in 2009 and 90,661 in 2014.

(2) By Work Environmental Measurement Data

○ The number of workplaces and workers operating metalworking oper-

ations was estimated to be 30,916 and 169,102, respectively.

○ The number of workplaces and workers operating computer numeric control (CNC) metal-working operations was estimated to be 2,379 and 27,976, respectively.

○ The number of workplaces operating CNC operations using methanol was estimated to be 36. The number of workers who were exposed to methanol in CNC operations was estimated to be 289.

(3) Special Health Physical Examination Data

○ Industries involving diode, transistor and semiconductor manufacturing showed the highest number of workers taking special physical examinations for exposure to methanol (3,165)

○ The number of workers taking special physical examinations in CNC operations could not be estimated due to a lack of operation information.

2) Health hazards of chemicals used in metalworking-operations

○ Metalworking fluids (MWF) are known to be associated with several types of cancers, various types of respiratory diseases, and skin problems. MWF contains various types of additives including CMR-associated biocides.

○ Methanol used to remove heat generated from metalworking operations is associated with loss of vision.

3) Measures to control the risks caused by chemicals used in metalworking

operations

○ Engineering and administrative control measures should be taken to control the risks caused by chemicals used in metalworking operations.

○ Local exhaust ventilation, isolation, and substitution should be considered. Substitution of several additives with CMR toxicity in MWF should be considered. Methanol used to remove heat generated in CNC operations should be substituted with ethanol in a well ventilated facility.

○ Effective and fundamental measures to protect workers who are involved in metalworking operations should be disseminated to workplaces. Social media, fact sheets, and Internet sources can be used as tools to spread this control information.

(4) Legal measures for metalworking operations

○ Legal guidelines should be developed to manage risks in both MWF and biocide additives and metalworking operations.

○ Management of national occupational health safety data should be reformed. In particular, industries, operations and jobs should be standardized for national surveillance. National occupational health safety data should be cleaned, processed and stored safely and reliably to apply to various further surveillance efforts.

Key words *metalworking operation, national occupational health safety data, work environment, special physical examination, metalworking fluids (MWF), methanol*

[부 록]

<부록 1> 작업환경실태조사 자료를 이용한 금속가공 관련 가능성이 높은 표준산업 현황.....	302
<부록 2> 작업환경실태조사 자료를 이용한 금속가공 관련 가능성이 있는 표준산업 현황.....	315
<부록 3> 작업환경실태조사 자료를 이용한 금속가공유와 금속가공 관련 가능성이 높은 표준산업 현황.....	322
<부록 4> 작업환경실태조사 자료를 이용한 금속가공유와 금속가공 관련 가능성이 있는 표준산업 현황.....	338
<부록 5> 현장 방문 조사표.....	346
<부록 6> 특수건강진단에서 금속가공유에 의한 건강영향 평가 고찰.....	347

<부록 1> 작업환경실태조사 자료를 이용한 금속가공 관련 가능성이 높은 표준산업 현황

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
1	01231	양계업	No	Yes
2	07290	그외 기타 비철금속 광업	No	Yes
3	10211	수산동물 훈제 조리 및 유사 조제식품 제조업	Yes	No
4	10501	액상시유 및 기타 낙농제품 제조업	No	Yes
5	10611	곡물 도정업	Yes	No
6	10711	떡류 제조업	Yes	No
7	10712	빵류 제조업	Yes	No
8	10713	코코아 제품 및 과자류 제조업	Yes	No
9	10742	천연 및 혼합조제 조미료 제조업	No	Yes
10	10797	건강기능식품 제조업	Yes	No
11	10798	도시락 및 식사용 조리식품 제조업	No	Yes
12	10799	그외 기타 식료품 제조업	Yes	No
13	10800	동물용 사료 및 조제식품 제조업	Yes	Yes
14	11113	맥아 및 맥주 제조업	No	Yes
15	11121	주정 제조업	Yes	No
16	11201	얼음 제조업	Yes	No
17	11202	생수 생산업	Yes	No
18	11209	기타 비알콜음료 제조업	Yes	Yes
19	12002	담배제품 제조업	No	Yes
20	13101	면 방적업	No	Yes
21	13102	모 방적업	No	Yes
22	13103	화학섬유 방적업	Yes	Yes
23	13104	연사 및 가공사 제조업	Yes	Yes
24	13213	화학섬유직물 직조업	Yes	Yes
25	13219	특수직물 및 기타직물 직조업	Yes	Yes
26	13221	침구 및 관련제품 제조업	Yes	No
27	13222	자수제품 및 자수용재료 제조업	Yes	No
28	13223	커튼 및 유사제품 제조업	Yes	Yes
29	13224	천막 및 기타 캔버스 제품 제조업	Yes	No

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
30	13229	기타 직물제품 제조업	Yes	Yes
31	13310	편조원단 제조업	Yes	Yes
32	13401	숨 및 실 염색가공업	Yes	Yes
33	13402	직물 및 편조원단 염색 가공업	Yes	Yes
34	13403	날염 가공업	No	Yes
35	13404	섬유사 및 직물 호부처리업	Yes	No
36	13409	기타 섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	No	Yes
37	13922	어망 및 기타 끈가공품 제조업	No	Yes
38	13991	세폭직물 제조업	Yes	No
39	13992	부직포 및 펠트 제조업	Yes	Yes
40	13993	특수사 및 코드직물 제조업	Yes	No
41	13994	적층 및 표면처리 직물 제조업	Yes	Yes
42	13999	그외 기타 분류안된 섬유제품 제조업	Yes	Yes
43	14111	남자용 정장 제조업	Yes	No
44	14191	셔츠 및 체육복 제조업	Yes	No
45	14192	근무복 작업복 및 유사의복 제조업	Yes	No
46	14199	그외 기타 봉제의복 제조업	Yes	No
47	14203	인조모피 및 인조모피 제품 제조업	Yes	No
48	14300	편조의복 제조업	Yes	No
49	14411	스타킹 및 기타양말 제조업	Yes	No
50	14419	기타 편조의복 액세서리 제조업	Yes	No
51	14499	그외 기타 의복액세서리 제조업	Yes	No
52	15129	가방 및 기타 보호용 케이스 제조업	Yes	No
53	15211	구두류 제조업	Yes	No
54	15219	기타 신발 제조업	Yes	No
55	15220	신발부분품 제조업	Yes	Yes
56	16101	일반 제재업	Yes	Yes
57	16102	표면가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업	No	Yes
58	16211	박판, 합판 및 유사적층판 제조업	Yes	Yes
59	16212	강화 및 재생 목재 제조업	Yes	Yes
60	16229	기타 건축용 나무제품 제조업	Yes	Yes

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
61	16231	목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업	Yes	Yes
62	16232	목재 포장용 상자, 드럼 및 유사용기 제조업	Yes	Yes
63	16291	목재 도구 및 기구 제조업	Yes	Yes
64	16292	주방용 및 식탁용 목제품 제조업	No	Yes
65	16299	그외 기타 나무제품 제조업	Yes	Yes
66	17110	펄프 제조업	No	Yes
67	17122	인쇄용 및 필기용 원지 제조업	No	Yes
68	17124	적층, 합성 및 특수표면처리 종이 제조업	Yes	Yes
69	17129	기타 종이 및 판지 제조업	Yes	Yes
70	17210	골판지 및 골판지상자 제조업	Yes	Yes
71	17221	종이 포대 및 가방 제조업	Yes	No
72	17222	판지 상자 및 용기 제조업	Yes	Yes
73	17223	식품 위생용 종이 상자 및 용기 제조업	Yes	Yes
74	17229	기타 종이 상자 및 용기 제조업	Yes	Yes
75	17901	문구용 종이제품 제조업	Yes	No
76	17902	위생용 종이제품 제조업	Yes	Yes
77	17903	벽지 및 장판지 제조업	No	Yes
78	17909	그외 기타 종이 및 판지 제품 제조업	Yes	Yes
79	18111	경 인쇄업	No	Yes
80	18112	스크린 인쇄업	No	Yes
81	18119	기타 인쇄업	Yes	Yes
82	18121	제판 및 조판업	Yes	No
83	18122	제책업	Yes	Yes
84	18129	기타 인쇄관련 산업	Yes	Yes
85	19210	원유 정제처리업	No	Yes
86	19221	윤활유 및 그리스 제조업	Yes	Yes
87	19229	기타 석유정제물 재처리업	Yes	No
88	20119	기타 기초유기화학물질 제조업	Yes	No
89	20121	산업용 가스 제조업	Yes	Yes
90	20129	기타 기초무기화학물질 제조업	Yes	No
91	20132	합성염료, 유연제 및 기타착색제 제조업	No	Yes

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
92	20202	복합비료 제조업	Yes	No
93	20301	합성섬유 제조업	Yes	No
94	20302	합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조업	Yes	Yes
95	20303	가공 및 재생 플라스틱원료 생산업	Yes	Yes
96	20411	가정용 살균 및 살충제 제조업	Yes	No
97	20421	일반용 도료 및 관련제품 제조업	Yes	No
98	20432	치약, 비누 및 기타 세제 제조업	No	Yes
99	20493	접착제 및 젤라틴 제조업	No	Yes
100	20494	화약 및 불꽃제품 제조업	Yes	Yes
101	20499	그외 기타 분류안된 화학제품 제조업	Yes	Yes
102	21101	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	Yes	No
103	21210	완제 의약품 제조업	Yes	Yes
104	21230	동물용 의약품 제조업	No	Yes
105	21300	의료용품 및 기타 의약관련제품 제조업	Yes	Yes
106	22111	타이어 및 튜브 제조업	Yes	No
107	22112	타이어 재생업	Yes	No
108	22191	산업용 비경화고무제품 제조업	Yes	Yes
109	22199	그외 기타 고무제품 제조업	Yes	Yes
110	22211	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	Yes	Yes
111	22212	플라스틱 필름, 시트 및 판 제조업	Yes	Yes
112	22213	플라스틱 합성피혁 제조업	Yes	Yes
113	22222	저장용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	Yes	Yes
114	22223	플라스틱 창호 제조업	Yes	Yes
115	22229	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	Yes	Yes
116	22231	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	Yes	Yes
117	22232	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	Yes	Yes
118	22240	기계장비 조립용 플라스틱제품 제조업	Yes	Yes
119	22250	플라스틱 발포 성형제품 제조업	Yes	Yes
120	22291	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	Yes	Yes
121	22299	그외 기타 플라스틱 제품 제조업	Yes	Yes
122	23110	판유리 제조업	No	Yes

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
123	23121	유리섬유 및 광학용 유리 제조업	Yes	No
124	23122	관유리 가공품 제조업	Yes	Yes
125	23129	기타 산업용 유리제품 제조업	Yes	Yes
126	23192	포장용 유리용기 제조업	Yes	Yes
127	23199	그외 기타 유리제품 제조업	Yes	Yes
128	23212	위생용 도자기 제조업	No	Yes
129	23213	산업용 도자기 제조업	Yes	Yes
130	23219	기타 일반 도자기 제조업	Yes	No
131	23229	기타 내화요업제품 제조업	Yes	Yes
132	23231	점토 벽돌 블록 및 유사 비내화 요업제품 제조업	Yes	No
133	23232	타일 및 유사 비내화 요업제품 제조업	No	Yes
134	23239	기타 구조용 비내화 요업제품 제조업	No	Yes
135	23311	시멘트 제조업	Yes	Yes
136	23312	석회 및 플라스터 제조업	Yes	No
137	23322	레미콘 제조업	Yes	Yes
138	23323	플라스터 제품 제조업	Yes	Yes
139	23325	콘크리트 타일, 기와, 벽돌 및 블록 제조업	Yes	Yes
140	23326	콘크리트관 및 기타 구조용 콘크리트제품 제조업	Yes	Yes
141	23329	그외 기타 콘크리트 제품 및 유사제품 제조업	Yes	Yes
142	23911	건설용 석제품 제조업	Yes	Yes
143	23919	기타 석제품 제조업	Yes	Yes
144	23991	아스콘 제조업	Yes	Yes
145	23992	연마재 제조업	Yes	Yes
146	23993	비금속광물 분쇄물 생산업	Yes	Yes
147	23994	석면 암면 및 유사제품 제조업	Yes	No
148	23999	그외 기타 분류안된 비금속 광물제품 제조업	Yes	Yes
149	24111	제철업	Yes	Yes
150	24112	제강업	Yes	Yes
151	24113	합금철 제조업	Yes	No
152	24119	기타 제철 및 제강업	Yes	Yes

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
153	24121	열간 압연 및 압출 제품 제조업	Yes	Yes
154	24122	냉간 압연 및 압출 제품 제조업	Yes	Yes
155	24123	철강선 제조업	Yes	Yes
156	24131	주철관 제조업	Yes	Yes
157	24132	강관 제조업	Yes	Yes
158	24191	도금, 착색 및 기타 표면처리강재 제조업	Yes	Yes
159	24199	그외 기타 1차 철강 제조업	Yes	Yes
160	24211	동 제련, 정련 및 합금 제조업	Yes	Yes
161	24212	알루미늄 제련, 정련 및 합금 제조업	Yes	Yes
162	24213	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	Yes	Yes
163	24219	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	Yes	Yes
164	24221	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	Yes	Yes
165	24222	알루미늄 압연, 압출 및 연신제품 제조업	Yes	Yes
166	24229	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업	Yes	Yes
167	24290	기타 1차 비철금속 제조업	Yes	Yes
168	24311	선철주물 주조업	Yes	Yes
169	24312	강주물 주조업	Yes	Yes
170	24321	알루미늄주물 주조업	Yes	Yes
171	24322	동주물 주조업	Yes	Yes
172	24329	기타 비철금속 주조업	Yes	Yes
173	25111	금속 문, 창, 셔터 및 관련제품 제조업	Yes	Yes
174	25112	구조용 금속판제품 및 금속공작물 제조업	Yes	Yes
175	25113	금속 조립구조재 제조업	Yes	Yes
176	25119	기타 구조용 금속제품 제조업	Yes	Yes
177	25121	중양난방보일러 및 방열기 제조업	Yes	Yes
178	25122	설치용 금속탱크 및 저장용기 제조업	Yes	Yes
179	25130	핵반응기 및 증기발생기 제조업	Yes	Yes
180	25200	무기 및 총포탄 제조업	Yes	Yes
181	25911	분말야금제품 제조업	Yes	Yes
182	25912	금속단조제품 제조업	Yes	Yes
183	25913	금속압형제품 제조업	Yes	Yes

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
184	25921	금속 열처리업	Yes	Yes
185	25922	도금업	Yes	Yes
186	25923	도장 및 기타 피막처리업	Yes	Yes
187	25924	절삭가공 및 유사처리업	Yes	Yes
188	25929	그외 기타 금속가공업	Yes	Yes
189	25931	날붙이 제조업	Yes	Yes
190	25932	일반철물 제조업	Yes	Yes
191	25933	비동력식 수공구 제조업	Yes	Yes
192	25934	톱 및 호환성공구 제조업	Yes	Yes
193	25941	금속파스너 및 나사제품 제조업	Yes	Yes
194	25942	금속 스프링 제조업	Yes	Yes
195	25943	금속선 가공제품 제조업	Yes	Yes
196	25991	금속캔 및 기타 포장용기 제조업	Yes	Yes
197	25992	금고 제조업	Yes	Yes
198	25993	수동식 식품 가공기기 및 금속주방용기 제조업	Yes	Yes
199	25994	금속위생용품 제조업	Yes	Yes
200	25995	금속표시판 제조업	Yes	Yes
201	25999	그외 기타 분류안된 금속가공제품 제조업	Yes	Yes
202	26110	전자집적회로 제조업	No	Yes
203	26120	다이오드, 트랜지스터 및 유사 반도체소자 제조업	Yes	Yes
204	26211	액정 평판 디스플레이 제조업	Yes	Yes
205	26219	플라즈마 및 기타 평판 디스플레이 제조업	Yes	Yes
206	26221	인쇄회로기판 제조업	Yes	Yes
207	26222	전자부품 실장기판 제조업	No	Yes
208	26291	전자관 제조업	Yes	Yes
209	26292	전자축전기 제조업	No	Yes
210	26293	전자저항기 제조업	No	Yes
211	26294	전자카드 제조업	No	Yes
212	26295	전자코일, 변성기 및 기타 전자유도자 제조업	Yes	Yes
213	26296	전자접속카드 제조업	No	Yes

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
214	26299	그외 기타 전자부품 제조업	Yes	Yes
215	26310	컴퓨터 제조업	Yes	Yes
216	26323	컴퓨터 프린터 제조업	Yes	Yes
217	26329	기타 주변기기 제조업	Yes	Yes
218	26410	유선 통신장비 제조업	Yes	Yes
219	26421	방송장비 제조업	Yes	Yes
220	26422	이동전화기 제조업	Yes	Yes
221	26429	기타 무선 통신장비 제조업	Yes	Yes
222	26511	텔레비전 제조업	Yes	Yes
223	26519	비디오 및 기타 영상기기 제조업	Yes	Yes
224	26521	라디오, 녹음 및 재생 기기 제조업	No	Yes
225	26529	기타 음향기기 제조업	Yes	Yes
226	26600	마그네틱 및 광학 매체 제조업	Yes	No
227	27111	방사선 장치 제조업	Yes	Yes
228	27112	전기식 진단 및 요법 기기 제조업	No	Yes
229	27191	치과용 기기 제조업	Yes	Yes
230	27192	정형외과용 및 신체보정용 기기 제조업	Yes	Yes
231	27193	의료용 가구 제조업	Yes	Yes
232	27199	그외 기타 의료용 기기 제조업	Yes	Yes
233	27212	전자기 측정, 시험 및 분석기구 제조업	Yes	Yes
234	27213	물질 검사, 측정 및 분석기구 제조업	Yes	Yes
235	27214	속도계 및 적산계기 제조업	Yes	Yes
236	27215	기기용 자동측정 및 제어장치 제조업	Yes	Yes
237	27216	산업처리공정 제어장비 제조업	Yes	Yes
238	27219	기타 측정, 시험, 항해, 제어 및 정밀기기 제조업	Yes	Yes
239	27310	안경 제조업	Yes	Yes
240	27321	광학렌즈 및 광학요소 제조업	Yes	Yes
241	27322	사진기, 영상기 및 관련장비 제조업	Yes	Yes
242	27329	기타 광학기기 제조업	Yes	Yes
243	27401	시계제조업	Yes	Yes
244	27402	시계부품 제조업	Yes	Yes

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
245	28111	전동기 및 발전기 제조업	Yes	Yes
246	28112	변압기 제조업	Yes	Yes
247	28113	방진램프용 안정기 제조업	Yes	Yes
248	28119	기타 발전기 및 전기변환장치 제조업	Yes	Yes
249	28121	전기회로 개폐, 보호 및 접속 장치 제조업	Yes	Yes
250	28122	배전반 및 전기자동제어반 제조업	Yes	Yes
251	28201	일차전지 제조업	No	Yes
252	28202	축전지 제조업	Yes	Yes
253	28301	광섬유 케이블 제조업	Yes	Yes
254	28302	기타 절연선 및 케이블 제조업	Yes	Yes
255	28303	절연 코드세트 및 기타 도체 제조업	Yes	Yes
256	28410	전구 및 램프 제조업	Yes	Yes
257	28421	운송장비용 조명장치 제조업	No	Yes
258	28422	일반용 전기 조명장치 제조업	Yes	Yes
259	28423	전시 및 광고용 조명장치 제조업	Yes	Yes
260	28429	기타 조명장치 제조업	Yes	Yes
261	28511	주방용 전기기기 제조업	Yes	Yes
262	28512	가정용 전기 난방기기 제조업	Yes	Yes
263	28519	기타 가정용 전기기기 제조업	Yes	Yes
264	28520	가정용 비전기식 조리 및 난방 기구 제조업	Yes	Yes
265	28901	전기경보 및 신호장치 제조업	Yes	Yes
266	28902	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	Yes	Yes
267	28903	교통 신호장치 제조업	No	Yes
268	28909	그외 기타 전기장비 제조업	Yes	Yes
269	29111	내연기관 제조업	Yes	Yes
270	29119	기타 기관 및 터빈 제조업	Yes	Yes
271	29120	유압기기 제조업	Yes	Yes
272	29131	액체 펌프 제조업	Yes	Yes
273	29132	기체 펌프 및 압축기 제조업	Yes	Yes
274	29133	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	Yes	Yes
275	29141	볼베어링 및 롤러베어링 제조업	Yes	Yes

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
276	29142	기어 및 동력전달장치 제조업	Yes	Yes
277	29150	산업용 오븐, 노 및 노용 버너 제조업	Yes	Yes
278	29161	산업용 트럭 및 적재기 제조업	Yes	Yes
279	29162	승강기 제조업	Yes	Yes
280	29163	컨베이어장치 제조업	Yes	Yes
281	29169	기타 물품취급장비 제조업	Yes	Yes
282	29171	산업용 냉장 및 냉동 장비 제조업	Yes	Yes
283	29172	공기조화장치 제조업	Yes	Yes
284	29173	산업용 송풍기 및 배기장치 제조업	Yes	Yes
285	29174	기체 여과기 제조업	Yes	Yes
286	29175	액체 여과기 제조업	Yes	Yes
287	29176	증류기, 열교환기 및 가스발생기 제조업	Yes	Yes
288	29180	사무용 기계 및 장비 제조업	Yes	Yes
289	29191	일반저울 제조업	Yes	Yes
290	29192	용기세척, 포장 및 충전기 제조업	Yes	Yes
291	29193	자동판매기 및 화폐교환기 제조업	Yes	Yes
292	29194	분사기및소화기 제조업	Yes	Yes
293	29195	동력식 수지공구 제조업	Yes	Yes
294	29199	그외 기타 일반목적용 기계 제조업	Yes	Yes
295	29210	농업 및 임업용 기계 제조업	Yes	Yes
296	29221	전자용용 공작기계 제조업	Yes	Yes
297	29222	금속 절삭기계 제조업	Yes	Yes
298	29223	금속 성형기계 제조업	Yes	Yes
299	29229	기타 가공공작기계 제조업	Yes	Yes
300	29230	금속 주조 및 기타 야금용 기계 제조업	Yes	Yes
301	29241	토목공사 및 유사용 기계장비 제조업	Yes	Yes
302	29242	광물처리 및 취급장비 제조업	Yes	Yes
303	29250	음·식료품 및 담배 가공기계 제조업	Yes	Yes
304	29261	산업용 섬유세척, 염색, 정리 및 가공 기계 제조업	Yes	Yes
305	29269	기타 섬유, 의복 및 가죽 가공 기계 제조업	Yes	Yes
306	29271	반도체 제조용 기계 제조업	Yes	Yes

312...금속가공 기술변화에 따른 유해물질 사용에 관한 실태조사 및 유해성 분류

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
307	29272	평판디스플레이 제조용 기계 제조업	Yes	Yes
308	29280	산업용 로봇 제조업	Yes	Yes
309	29291	펄프 및 종이 가공용 기계 제조업	Yes	Yes
310	29292	고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업	Yes	Yes
311	29293	인쇄 및 책맥용 기계 제조업	Yes	Yes
312	29294	주형 및 금형 제조업	Yes	Yes
313	29299	그외 기타 특수목적용 기계 제조업	Yes	Yes
314	30110	자동차용 엔진 제조업	Yes	Yes
315	30121	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	Yes	Yes
316	30122	화물자동차 및 특수목적용 자동차 제조업	Yes	Yes
317	30201	차체 및 특장차 제조업	Yes	Yes
318	30202	트레일러 및 세미트레일러 제조업	Yes	Yes
319	30203	운송용 컨테이너 제조업	Yes	No
320	30310	자동차 엔진용 부품 제조업	Yes	Yes
321	30320	자동차 차체용 부품 제조업	Yes	Yes
322	30391	자동차용 동력전달장치 제조업	Yes	Yes
323	30392	자동차용 전기장치 제조업	Yes	Yes
324	30399	그외 기타 자동차 부품 제조업	Yes	Yes
325	31111	강선 건조업	Yes	Yes
326	31114	선박 구성부분품 제조업	Yes	Yes
327	31119	기타 선박 건조업	Yes	Yes
328	31201	기관차 및 기타 철도차량 제조업	Yes	Yes
329	31202	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	Yes	Yes
330	31310	항공기, 우주선 및 보조장치 제조업	Yes	Yes
331	31321	항공기용 엔진 제조업	Yes	Yes
332	31322	항공기용 부품 제조업	Yes	Yes
333	31910	전투용 차량 제조업	Yes	Yes
334	31920	모터사이클 제조업	Yes	Yes
335	31991	자전거 및 환자용 차량 제조업	No	Yes
336	31999	그외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업	Yes	Yes
337	32011	운송장비용 의자 제조업	Yes	Yes

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
338	32012	매트리스 및 침대 제조업	Yes	No
339	32021	주방용 및 음식점용 목재가구 제조업	Yes	Yes
340	32029	기타 목재가구 제조업	Yes	Yes
341	32091	금속 가구 제조업	Yes	Yes
342	32099	그외 기타 가구 제조업	Yes	Yes
343	33110	귀금속 및 관련제품 제조업	Yes	Yes
344	33120	모조 귀금속 및 모조 장신용품 제조업	Yes	Yes
345	33201	피아노 제조업	Yes	No
346	33203	전자악기 제조업	No	Yes
347	33209	기타 악기 제조업	Yes	Yes
348	33301	제조, 육상 및 체력단련용 장비 제조업	Yes	Yes
349	33302	놀이터용 장비 제조업	Yes	Yes
350	33303	낚시 및 수렵용구 제조업	Yes	Yes
351	33309	기타 운동 및 경기용구 제조업	Yes	Yes
352	33401	인형 및 장난감 제조업	No	Yes
353	33910	간판 및 광고물 제조업	Yes	Yes
354	33920	사무 및 회화용품 제조업	Yes	Yes
355	33932	조화 및 모조장식품 제조업	No	Yes
356	33933	표구 및 전사처리 제조업	Yes	No
357	33934	교사용 모형 제조업	Yes	Yes
358	33991	우산 및 지팡이 제조업	Yes	No
359	33992	단추 및 유사 파스너 제조업	Yes	Yes
360	33993	라이터 연소물 및 흡연용품 제조업	Yes	No
361	33994	비 및 솔 제조업	Yes	Yes
362	33999	그외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	Yes	Yes
363	38110	지정외 폐기물 수집운반업	Yes	Yes
364	38210	지정외 폐기물 처리업	Yes	No
365	38220	지정 폐기물 처리업	Yes	No
366	38230	건설 폐기물 처리업	Yes	No
367	38301	금속원료 재생업	Yes	No
368	38302	비금속원료 재생업	Yes	Yes
369	42492	건물용 금속공작물 설치 공사업	Yes	No

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009년	2014년
370	45110	자동차 신품 판매업	Yes	No
371	46532	건설·광업용 기계 및 장비 수리업	Yes	Yes
372	46533	공작기계 도매업	No	Yes
373	46539	기타 산업용 기계 및 장비 도매업	No	Yes
374	46594	전기용 기계장비 및 관련 기자재 도매업	Yes	Yes
375	46599	그외 기타 기계 및 장비 도매업	No	Yes
376	46612	골재, 벽돌 및 시멘트 도매업	No	Yes
377	46621	배관 및 냉·난방장치 도매업	No	Yes
378	46721	1차 금속제품 도매업	No	Yes
379	46733	합성고무 및 플라스틱물질 도매업	No	Yes
380	49311	일반 화물자동차 운송업	Yes	No
381	86102	일반 병원	No	Yes
382	90222	사적지 관리 운영업	Yes	No
383	95111	건설·광업용 기계 및 장비 도매업	No	Yes
384	95119	기타 일반 기계 및 장비 수리업	Yes	Yes
385	95211	자동차 종합 수리업	Yes	Yes
386	95212	자동차 전문 수리업	Yes	Yes
387	95220	모터사이클 수리업	No	Yes

<부록 2> 작업환경실태조사 자료를 이용한 금속가공 관련 가능성이 있는 표준산업 현황

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009 년	2014 년
1	20303	가공 및 재생 플라스틱원료 생산업	No	Yes
2	15129	가방 및 기타 보호용 케이스 제조업	Yes	No
3	35200	가스 제조 및 배관공급업	Yes	No
4	33910	간판 및 광고물 제조업	Yes	No
5	24132	강관 제조업	Yes	Yes
6	24312	강주물 주조업	Yes	No
7	10796	건강보조용 액화식품 제조업	No	Yes
8	95111	건설·광업용 기계 및 장비 수리업	Yes	No
9	18111	경 인쇄업	Yes	No
10	29292	고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업	No	Yes
11	10611	곡물 도정업	Yes	No
12	17210	콜판지 및 콜판지상자 제조업	Yes	No
13	28301	광섬유 케이블 제조업	No	Yes
14	25112	구조용 금속판제품 및 금속공작물 제조업	No	Yes
15	27321	광학렌즈 및 광학요소 제조업	Yes	No
16	24199	그외 기타 1차 철강 제조업	Yes	Yes
17	32099	그외 기타 가구 제조업	Yes	No
18	22199	그외 기타 고무제품 제조업	Yes	No
19	25929	그외 기타 금속가공업	Yes	Yes
20	16299	그외 기타 나무제품 제조업	Yes	Yes
21	14199	그외 기타 봉제의복 제조업	Yes	No
22	23999	그외 기타 분류안된 비금속 광물제품 제조업	Yes	Yes
23	13999	그외 기타 분류안된 섬유제품 제조업	Yes	No
24	20499	그외 기타 분류안된 화학제품 제조업	Yes	Yes
25	10799	그외 기타 식료품 제조업	Yes	No
26	27199	그외 기타 의료용 기기 제조업	No	Yes
27	14499	그외 기타 의복액세서리 제조업	Yes	No
28	29199	그외 기타 일반목적용 기계 제조업	Yes	Yes
29	30399	그외 기타 자동차 부품 제조업	Yes	Yes
30	26299	그외 기타 전자부품 제조업	Yes	Yes

316...금속가공 기술변화에 따른 유해물질 사용에 관한 실태조사 및 유해성 분류

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009 년	2014 년
31	29299	그외 기타 특수목적용 기계 제조업	Yes	Yes
32	22299	그외 기타 플라스틱 제품 제조업	Yes	Yes
33	14192	근무복, 작업복 및 유사복 제조업	Yes	No
34	32091	금속 가구 제조업	No	Yes
35	25111	금속 문, 창, 셔터 및 관련제품 제조업	Yes	No
36	25942	금속 스프링 제조업	Yes	No
37	25921	금속 열처리업	Yes	No
38	29222	금속 절삭기계 제조업	Yes	Yes
39	25113	금속 조립구조재 제조업	Yes	Yes
40	25912	금속단조제품 제조업	No	Yes
41	25943	금속선 가공제품 제조업	Yes	Yes
42	25913	금속압형제품 제조업	No	Yes
43	38301	금속원료 채생업	Yes	No
44	25941	금속파스너 및 나사제품 제조업	Yes	Yes
45	22240	기계장비 조립용 플라스틱제품 제조업	No	Yes
46	29142	기어 및 동력전달장치 제조업	Yes	Yes
47	29174	기체 여과기 제조업	No	Yes
48	46713	기체연료 및 관련제품 도매업	No	Yes
49	29132	기체 펌프 및 압축기 제조업	Yes	No
50	24290	기타 1차 비철금속 제조업	Yes	Yes
51	29229	기타 가공공작기계 제조업	Yes	Yes
52	28519	기타 가정용 전기기기 제조업	No	Yes
53	27329	기타 광학기기 제조업	No	Yes
54	25119	기타 구조용 금속제품 제조업	Yes	No
55	29119	기타 기관 및 터빈 제조업	No	Yes
56	20119	기타 기초유기화학물질 제조업	Yes	No
57	32029	기타 목재가구 제조업	No	Yes
58	26429	기타 무선 통신장비 제조업	Yes	Yes
59	28119	기타 발전기 및 전기변환장치 제조업	Yes	Yes
60	13109	기타 방적업	Yes	No
61	11209	기타 비알콜음료 제조업	Yes	Yes

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009 년	2014 년
62	24229	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업	Yes	Yes
63	24219	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	Yes	Yes
64	24329	기타 비철금속 주조업	No	Yes
65	13409	기타 섬유제품 염색 정리 및 마무리 가공업	Yes	No
66	15219	기타 신발 제조업	Yes	No
67	26529	기타 음향기기 제조업	Yes	No
68	18129	기타 인쇄관련 산업	Yes	No
69	18119	기타 인쇄업	Yes	No
70	95119	기타 일반 기계 및 장비 수리업	Yes	Yes
71	28302	기타 절연선 및 케이블 제조업	Yes	Yes
72	28429	기타 조명장치 제조업	No	Yes
73	17229	기타 종이 상자 및 용기 제조업	Yes	No
74	26329	기타 주변기기 제조업	Yes	No
75	13229	기타 직물제품 제조업	Yes	Yes
76	14419	기타 편조 의복 액세서리 제조업	Yes	No
77	13403	날염 가공업	Yes	No
78	29111	내연기관 제조업	Yes	Yes
79	24122	냉간 압연 및 압출 제품 제조업	Yes	Yes
80	29210	농업 및 임업용 기계 제조업	Yes	Yes
81	25922	도금업	Yes	Yes
82	25923	도장 및 기타 피막처리업	No	Yes
83	24221	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	Yes	Yes
84	24211	동 제련, 정련 및 합금 제조업	Yes	Yes
85	29195	동력식 수지공구 제조업	Yes	Yes
86	10800	동물용 사료 및 조제식품 제조업	Yes	No
87	23322	레미콘 제조업	Yes	Yes
88	11113	맥아 및 맥주 제조업	Yes	Yes
89	10730	면류, 마카로니 및 유사식품 제조업	Yes	No
90	13211	면직물 직조업	Yes	No
91	13102	모 방적업	No	Yes
92	33120	모조 귀금속 및 모조 장신용품 제조업	No	Yes

318...금속가공 기술변화에 따른 유해물질 사용에 관한 실태조사 및 유해성 분류

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009 년	2014 년
93	31920	모터사이클 제조업	Yes	No
94	27213	물질 검사, 측정 및 분석기구 제조업	No	Yes
95	29271	반도체 제조용 기계 제조업	Yes	Yes
96	26421	방송장비 제조업	Yes	No
97	28122	배전반 및 전기자동제어반 제조업	Yes	Yes
98	28112	변압기 제조업	Yes	No
99	25911	분말야금제품 제조업	No	Yes
100	38302	비금속원료 재생업	Yes	No
101	33994	비 및 솔 제조업	No	Yes
102	38302	비금속원료 재생업	No	Yes
103	25933	비동력식 수공구 제조업	No	Yes
104	33920	사무 및 회화용품 제조업	No	Yes
105	74100	사업시설 유지관리 서비스업	Yes	No
106	20121	산업용 가스 제조업	Yes	No
107	22191	산업용 비경화고무제품 제조업	No	Yes
108	29150	산업용 오븐, 노 및 노용 버너 제조업	Yes	No
109	29161	산업용 트럭 및 적재기 제조업	Yes	No
110	27216	산업처리공정 제어장비 제조업	Yes	No
111	07111	석회석 광업	No	Yes
112	31114	선박 구성부분품 제조업	Yes	Yes
113	24311	선철주물 주조업	Yes	No
114	13991	세폭직물 제조업	Yes	No
115	14191	셔츠 및 체육복 제조업	Yes	No
116	11122	소주 제조업	Yes	No
117	25993	수동식 식품 가공기기 및 금속주방용기 제조업	No	Yes
118	10212	수산물건조 및 염장품 제조업	Yes	Yes
119	14411	스타킹 및 기타양말 제조업	Yes	No
120	29162	승강기 제조업	Yes	Yes
121	30121	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	Yes	Yes
122	23311	시멘트 제조업	Yes	No
123	58121	신문 발행업	Yes	No

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009 년	2014 년
124	23991	아스콘 제조업	No	Yes
125	24222	알루미늄 압연, 압출 및 연신제품 제조업	Yes	Yes
126	24212	알루미늄 제련, 정련 및 합금 제조업	Yes	No
127	24321	알루미늄주물 주조업	Yes	Yes
128	29175	액체 여과기 제조업	No	Yes
129	29131	액체 펌프 제조업	No	Yes
130	11201	얼음 제조업	No	Yes
131	24213	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	Yes	Yes
132	13104	연사 및 가공사 제조업	Yes	No
133	24121	열간 압연 및 압출 제품 제조업	Yes	Yes
134	21210	완제 의약품 제조업	Yes	Yes
135	17902	위생용 종이제품 제조업	Yes	No
136	23121	유리섬유 및 광학용 유리 제조업	No	Yes
137	29120	유압기기 제조업	Yes	Yes
138	21101	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	Yes	No
139	26422	이동전화기 제조업	Yes	No
140	75120	인력공급업	Yes	No
141	10795	인삼식품 제조업	No	Yes
142	20423	인쇄잉크 제조업	Yes	No
143	26221	인쇄회로기판 제조업	Yes	Yes
144	28201	일차전지 제조업	No	Yes
145	30310	자동차 엔진용 부품 제조업	Yes	Yes
146	95212	자동차 전문 수리업	Yes	No
147	95211	자동차 종합 수리업	Yes	Yes
148	30320	자동차 차체용 부품 제조업	No	Yes
149	30391	자동차용 동력전달장치 제조업	Yes	Yes
150	30392	자동차용 전기장치 제조업	No	Yes
151	31991	자전거 및 환자용 차량 제조업	No	Yes
152	22222	저장용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	Yes	No
153	17124	적층 합성 및 특수표면처리 종이 제조업	Yes	No
154	28410	전구 및 램프 제조업	Yes	No

320...금속가공 기술변화에 따른 유해물질 사용에 관한 실태조사 및 유해성 분류

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009 년	2014 년
155	27112	전기식 진단 및 요법 기기 제조업	No	Yes
156	28121	전기회로 개폐 보호 및 접속 장치 제조업	Yes	No
157	28902	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	No	Yes
158	28121	전기회로 개폐, 보호 및 접속 장치 제조업	No	Yes
159	28111	전동기 및 발전기 제조업	Yes	Yes
160	26291	전자관 제조업	Yes	No
161	27212	전자기 측정 시험 및 분석기구 제조업	No	Yes
162	26293	전자저항기 제조업	Yes	No
163	26295	전자코일, 변성기 및 기타 전자유도자 제조업	No	Yes
164	25924	절삭가공 및 유사처리업	Yes	Yes
165	28303	절연 코드세트 및 기타 도체 제조업	No	Yes
166	20493	접착제 및 젤라틴 제조업	No	Yes
167	27192	정형외과용 및 신체보정용 기기 제조업	Yes	No
168	86101	종합 병원	No	Yes
169	18122	제책업	Yes	No
170	18121	제판 및 조판업	Yes	No
171	28511	주방용 전기기기 제조업	No	Yes
172	29294	주형 및 금형 제조업	Yes	Yes
173	25121	중앙난방보일러 및 방열기 제조업	Yes	Yes
174	29176	증류기, 열교환기 및 가스발생기 제조업	No	Yes
175	38220	지정 폐기물 처리업	Yes	No
176	30201	차체 및 특장차 제조업	Yes	Yes
177	10742	천연 및 혼합조제 조미료 제조업	No	Yes
178	24123	철강선 제조업	Yes	Yes
179	31202	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	No	Yes
180	20432	치약, 비누 및 기타 세제 제조업	No	No
181	13221	침구 및 관련제품 제조업	Yes	No
182	13223	커튼 및 유사제품 제조업	Yes	No
183	29163	컨베이어장치 제조업	No	Yes
184	23325	콘크리트 타일 기와 벽돌 및 블록 제조업	Yes	No
185	23326	콘크리트관 및 기타 구조용 콘크리트제품 제조업	Yes	Yes

No	산업 세세분류 코드	산업 세세분류	2009 년	2014 년
186	23232	타일 및 유사 비내화 요업제품 제조업	Yes	No
187	29133	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	Yes	Yes
188	26511	텔레비전 제조업	Yes	No
189	29241	토목공사 및 유사용 기계장비 제조업	Yes	Yes
190	25934	톱 및 호환성공구 제조업	No	Yes
191	13219	특수직물 및 기타직물 직조업	Yes	No
192	23110	관유리 제조업	No	Yes
193	13310	편조원단 제조업	Yes	No
194	23192	포장용 유리용기 제조업	Yes	No
195	22232	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	Yes	No
196	16102	표면가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업	Yes	No
197	22250	플라스틱 발포 성형제품 제조업	No	Yes
198	22211	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	Yes	Yes
199	22291	플라스틱 적층 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	Yes	No
200	22223	플라스틱 창호 제조업	Yes	No
201	22212	플라스틱 필름 시트 및 판 제조업	Yes	No
202	20301	합성고무 제조업	Yes	No
203	20501	합성섬유 제조업	Yes	No
204	20302	합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조업	Yes	No
205	31321	항공기용 엔진 제조업	Yes	Yes
206	55111	호텔업	No	Yes
207	30122	화물자동차 및 특수목적용 자동차 제조업	Yes	No
208	20494	화약 및 불꽃제품 제조업	Yes	No
209	20433	화장품 제조업	Yes	No
210	13103	화학섬유 방적업	Yes	Yes
211	13213	화학섬유직물 직조업	Yes	Yes

<부록 3> 작업환경실태조사 자료를 이용한 금속가공유와 금속가공 관련 가능성이
높은 표준산업 현황

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
1	1차 금속제품 도매업			14	28
2	가공 및 재생 플라스틱원료 생산업	2	3	3	4
3	가방 및 기타 보호용 케이스 제조업	3	9		
4	가정용 비전기식 조리 및 난방 기구 제조업	11	23	7	9
5	가정용 살균 및 살충제 제조업	1	1		
6	가정용 전기 난방기기 제조업	3	3	5	13
7	간판 및 광고물 제조업	2	6	5	6
8	강관 제조업	95	416	57	308
9	강선 건조업	3	15	4	12
10	강주물 주조업	11	47	18	55
11	강화 및 재생 목재 제조업	1	1	1	1
12	건강기능식품 제조업	1	4		
13	건물용 금속공작물 설치 공사업	1	1		
14	건설 폐기물 처리업	1	1		
15	건설·광업용 기계 및 장비 도매업			2	11
16	건설·광업용 기계 및 장비 수리업	3	7	1	1
17	건설용 석제품 제조업	4	13	1	1
18	경 인쇄업			6	9
19	고무 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업	17	63	125	356
20	곡물 도정업	4	4		
21	골재, 벽돌 및 시멘트 도매업			1	3
22	골판지 및 골판지상자 제조업	9	12	3	4
23	공기조화장치 제조업	25	81	42	167

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
24	공작기계 도매업			1	1
25	광물처리 및 취급장비 제조업	3	10	22	45
26	광섬유 케이블 제조업	1	4	2	8
27	광학렌즈 및 광학요소 제조업	10	34	18	82
28	교시용 모형 제조업	4	24	15	64
29	교통 신호장치 제조업			3	5
30	구두류 제조업	1	1		
31	구조용 금속판제품 및 금속공작물 제조업	61	115	210	606
32	귀금속 및 관련제품 제조업	4	5	2	5
33	그외 기타 1차 철강 제조업	52	254	13	33
34	그외 기타 가구 제조업	5	11	11	16
35	그외 기타 고무제품 제조업	15	35	20	74
36	그외 기타 금속가공업	553	1,714	799	2,340
37	그외 기타 기계 및 장비 도매업			1	5
38	그외 기타 나무제품 제조업	1	2	1	1
39	그외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업	8	38	8	15
40	그외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	7	16	13	34
41	그외 기타 봉제의복 제조업	2	7		
42	그외 기타 분류안된 금속가공제품 제조업	270	769	217	624
43	그외 기타 분류안된 비금속 광물제품 제조업	5	27	6	35
44	그외 기타 분류안된 섬유제품 제조업	8	48	1	6
45	그외 기타 분류안된 화학제품 제조업	5	5	6	12
46	그외 기타 비철금속 광업			1	25
47	그외 기타 식료품 제조업	4	4		
48	그외 기타 유리제품 제조업	1	3	3	3

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
49	그외 기타 의료용 기기 제조업	38	75	39	146
50	그외 기타 의복액세서리 제조업	1	3		
51	그외 기타 일반목적용 기계 제조업	498	2,353	886	2,993
52	그외 기타 자동차 부품 제조업	1,221	8,239	785	7,501
53	그외 기타 전기장비 제조업	41	120	46	195
54	그외 기타 전자부품 제조업	248	968	174	682
55	그외 기타 종이 및 판지 제품 제조업	4	6	1	1
56	그외 기타 콘크리트 제품 및 유사제품 제조업	1	1	1	1
57	그외 기타 특수목적용 기계 제조업	246	681	587	1,879
58	그외 기타 플라스틱 제품 제조업	101	260	89	209
59	근무복 작업복 및 유사복 제조업	2	41		
60	금고 제조업	2	2	5	13
61	금속 가구 제조업	12	19	30	38
62	금속 문, 창, 셔터 및 관련제품 제조업	70	163	100	190
63	금속 성형기계 제조업	60	213	98	395
64	금속 스프링 제조업	37	108	28	59
65	금속 열처리업	29	51	63	214
66	금속 절삭기계 제조업	94	468	182	1,034
67	금속 조립구조재 제조업	82	200	277	761
68	금속 주조 및 기타 야금용 기계 제조업	3	4	24	79
69	금속단조제품 제조업	46	215	108	488
70	금속선 가공제품 제조업	40	128	41	123
71	금속압형제품 제조업	66	482	182	626
72	금속원료 재생업	2	11		
73	금속위생용품 제조업	12	23	18	31
74	금속캔 및 기타 포장용기 제조업	33	62	40	99

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
75	금속파스너 및 나사제품 제조업	238	1,216	514	3,010
76	금속표시판 제조업	4	6	9	23
77	기계장비 조립용 플라스틱제품 제조업	12	27	110	344
78	기관차 및 기타 철도차량 제조업	7	43	4	14
79	기기용 자동측정 및 제어장치 제조업	6	12	10	47
80	기어 및 동력전달장치 제조업	179	1,099	305	1,868
81	기체 여과기 제조업	12	37	40	59
82	기체 펌프 및 압축기 제조업	73	346	79	472
83	기타 1차 비철금속 제조업	22	60	6	7
84	기타 가공공작기계 제조업	139	604	413	1,648
85	기타 가정용 전기기기 제조업	38	191	59	310
86	기타 건축용 나무제품 제조업	3	10	1	1
87	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	2	5	6	20
88	기타 광학기기 제조업	5	30	23	88
89	기타 구조용 금속제품 제조업	153	489	234	591
90	기타 구조용 비내화 요업제품 제조업	10	91	3	12
91	기타 기관 및 터빈 제조업			68	426
92	기타 기초무기화학물질 제조업	2	4		
93	기타 기초유기화학물질 제조업	1	5		
94	기타 내화요업제품 제조업	3	5	1	12
95	기타 목재가구 제조업	7	10	7	26
96	기타 무선 통신장비 제조업	54	229	40	161
97	기타 물품취급장비 제조업	20	45	110	268
98	기타 발전기 및 전기변환장치 제조업	7	40	25	63
99	기타 비료 및 질소화합물 제조업	5	15		

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
100	기타 비알콜음료 제조업	2	3	4	125
101	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업	9	14	11	48
102	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	3	33	1	1
103	기타 비철금속 주조업	17	37	15	44
104	기타 산업용 기계 및 장비 도매업			2	4
105	기타 산업용 유리제품 제조업	3	13	21	129
106	기타 석유정제물 재처리업	1	7		
107	기타 석제품 제조업	13	33	1	1
108	기타 선박 건조업	4	23	3	7
109	기타 섬유, 의복 및 가죽 가공 기계 제조업	68	195	99	352
110	기타 섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업			1	1
111	기타 신발 제조업	1	1		
112	기타 악기 제조업	1	7	2	3
113	기타 운동 및 경기용구 제조업	5	8	9	20
114	기타 음향기기 제조업	15	43	9	39
115	기타 인쇄관련 산업	3	34	1	1
116	기타 인쇄업	5	10	1	1
117	기타 일반 기계 및 장비 수리업	36	144	10	79
118	기타 일반 도자기 제조업	1	1		
119	기타 절연선 및 케이블 제조업	17	44	24	59
120	기타 제철 및 제강업	15	552	8	36
121	기타 조명장치 제조업	8	11	20	55
122	기타 종이 및 판지 제조업	3	6	1	1
123	기타 종이 상자 및 용기 제조업	4	6	2	6
124	기타 주변기기 제조업	6	14	9	20

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
125	기타 식물제품 제조업	10	31	1	28
126	기타 측정, 시험, 항해, 제어 및 정밀기기 제조업	19	49	29	97
127	기타 편조의복 액세서리 제조업	1	1		
128	낙시 및 수렵용구 제조업	6	18	10	22
129	날붙이 제조업	28	150	34	152
130	날염 가공업			2	2
131	남자용 정장 제조업	1	70		
132	내연기관 제조업	19	107	220	1,442
133	냉간 압연 및 압출 제품 제조업	5	60	11	62
134	놀이터용 장비 제조업	1	2	7	14
135	농업 및 임업용 기계 제조업	105	505	231	1,269
136	다이오드, 트랜지스터 및 유사 반도체소자 제조업	50	188	40	378
137	단추 및 유사 파스너 제조업	4	13	14	28
138	담배제품 제조업			2	6
139	도금, 착색 및 기타 표면처리강재 제조업	5	9	3	7
140	도금업	4	4	33	89
141	도시락 및 식사용 조리식품 제조업			4	18
142	도장 및 기타 피막처리업	13	29	57	265
143	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	32	145	20	67
144	동 제련, 정련 및 합금 제조업	31	409	4	15
145	동력식 수직공구 제조업	26	138	97	415
146	동물용 사료 및 조제식품 제조업	1	1	1	1
147	동물용 의약품 제조업			1	1
148	동주물 주조업	3	24	9	16
149	떡류 제조업	1	1		
150	라디오, 녹음 및 재생 기기 제조업			1	6

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
151	라이터 연소물 및 흡연용품 제조업	2	2		
152	레미콘 제조업	8	16	3	4
153	마그네틱 및 광학 매체 제조업	3	3		
154	매트리스 및 침대 제조업	1	1		
155	맥아 및 맥주 제조업			2	15
156	면 방적업			1	2
157	모 방적업			1	6
158	모조 귀금속 및 모조 장신용품 제조업	3	6	9	26
159	모터사이클 수리업			1	2
160	모터사이클 제조업	2	10	14	75
161	목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업	1	1	1	10
162	목재 도구 및 기구 제조업	1	10	2	3
163	목재 포장용 상자, 드럼 및 유사용기 제조업	2	4	4	11
164	무기 및 총포탄 제조업	7	24	27	223
165	문구용 종이제품 제조업	1	2		
166	물질 검사, 측정 및 분석기구 제조업	9	16	43	127
167	박판, 합판 및 유사적층판 제조업	1	1	1	2
168	반도체 제조용 기계 제조업	146	1,169	357	1,552
169	방사선 장치 제조업	2	2	5	23
170	방송장비 제조업	11	21	15	64
171	방전램프용 안정기 제조업	2	7	1	1
172	배관 및 냉·난방장치 도매업			1	2
173	배전반 및 전기자동제어반 제조업	54	134	71	268
174	벽지 및 장판지 제조업			2	2
175	변압기 제조업	14	66	42	233
176	복합비료 제조업	1	1		

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
177	볼베어링 및 롤러베어링 제조업	72	496	153	1,892
178	부직포 및 펠트 제조업	1	1	1	1
179	분말야금제품 제조업	9	111	29	215
180	분사기및소화기 제조업	12	31	21	88
181	비 및 솔 제조업	1	2	2	8
182	비금속광물 분쇄물 생산업	4	15	3	8
183	비금속원료 재생업	10	10	1	1
184	비동력식 수공구 제조업	44	199	59	201
185	비디오 및 기타 영상기기 제조업	8	37	11	95
186	빵류 제조업	2	2		
187	사무 및 회화용품 제조업	8	16	10	21
188	사무용 기계 및 장비 제조업	8	23	21	91
189	사적지 관리 운영업	1	10		
190	사진기, 영사기 및 관련장비 제조업	7	30	2	3
191	산업용 가스 제조업	1	2	1	70
192	산업용 냉장 및 냉동 장비 제조업	28	51	42	175
193	산업용 도자기 제조업	9	50	14	47
194	산업용 로봇 제조업	13	91	26	94
195	산업용 비경화고무제품 제조업	14	39	44	126
196	산업용 섬유세척, 염색, 정리 및 가공 기계 제조업	11	23	33	110
197	산업용 송풍기 및 배기장치 제조업	14	34	64	175
198	산업용 오븐, 노 및 노용 버너 제조업	25	57	44	103
199	산업용 트럭 및 적재기 제조업	5	17	9	32
200	산업처리공정 제어장비 제조업	71	157	25	55
201	생수 생산업	2	10		

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
202	석면 암면 및 유사제품 제조업	2	3		
203	석회 및 플라스틱 제조업	3	24		
204	선박 구성부분품 제조업	265	1,107	140	502
205	선철주물 주조업	9	48	7	31
206	설치용 금속탱크 및 저장용기 제조업	25	60	65	187
207	섬유사 및 직물 호부처리업	1	1		
208	세폭직물 제조업	1	3		
209	셔츠 및 체육복 제조업	2	51		
210	속도계 및 적산계기 제조업	10	17	10	46
211	숨 및 실 염색가공업	2	3	1	6
212	수동식 식품 가공기기 및 금속주방용기 제조업	26	59	40	91
213	수산동물 훈제 조리 및 유사 조제식품 제조업	1	1		
214	스크린 인쇄업			4	5
215	스타킹 및 기타양말 제조업	4	5		
216	승강기 제조업	45	156	64	147
217	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	20	603	23	402
218	시계부품 제조업	1	1	4	13
219	시계제조업	2	3	2	25
220	시멘트 제조업	5	33	2	2
221	식품 위생용 종이 상자 및 용기 제조업	1	5	1	1
222	신발부분품 제조업	6	30	2	5
223	아스콘 제조업	3	4	1	1
224	안경 제조업	7	8	7	16
225	알루미늄 압연, 압출 및 연신제품 제조업	53	151	50	220
226	알루미늄 제련, 정련 및 합금 제조업	8	22	3	40
227	알루미늄주물 주조업	14	41	35	513

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
228	액상시유 및 기타 낙농제품 제조업			1	2
229	액정 평판 디스플레이 제조업	15	125	14	71
230	액체 여과기 제조업	10	18	26	36
231	액체 펌프 제조업	33	128	123	402
232	양계업			1	1
233	어망 및 기타 끈가공품 제조업			1	2
234	얼음 제조업	1	4		
235	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	2	2	1	3
236	연마재 제조업	6	13	10	37
237	연사 및 가공사 제조업	7	18	2	11
238	열간 압연 및 압출 제품 제조업	5	25	18	242
239	완제 의약품 제조업	2	4	3	12
240	용기세척, 포장 및 충전기 제조업	38	77	91	173
241	우산 및 지팡이 제조업	1	20		
242	운송용 컨테이너 제조업	3	3		
243	운송장비용 의자 제조업	3	3	5	5
244	운송장비용 조명장치 제조업			7	38
245	원유 정제처리업			1	74
246	위생용 도자기 제조업			1	1
247	위생용 종이제품 제조업	4	6	6	127
248	유리섬유 및 광학용 유리 제조업	2	9		
249	유선 통신장비 제조업	16	32	15	41
250	유압기기 제조업	238	1,051	318	1,726
251	윤활유 및 그리스 제조업	1	37	2	11
252	음·식료품 및 담배 가공기계 제조업	39	86	125	285
253	의료용 가구 제조업	3	9	8	10

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
254	의료용품 및 기타 의약품관련제품 제조업	2	15	3	7
255	의약품 화합물 및 향생물질 제조업	1	2		
256	이동전화기 제조업	42	129	44	140
257	인쇄 및 제책용 기계 제조업	22	61	48	140
258	인쇄용 및 필기용 원지 제조업			1	5
259	인쇄회로기판 제조업	7	15	12	109
260	인조모피 및 인조모피 제품 제조업	1	2		
261	인형 및 장난감 제조업			4	16
262	일반 제재업	2	4	3	12
263	일반 화물자동차 운송업	3	6		
264	일반용 도료 및 관련제품 제조업	1	3		
265	일반용 전기 조명장치 제조업	3	4	24	41
266	일반저울 제조업	1	1	8	42
267	일반철물 제조업	34	80	80	219
268	일차전지 제조업			1	1
269	자동차 신품 판매업	1	10		
270	자동차 엔진용 부품 제조업	241	2,359	413	5,018
271	자동차 전문 수리업	17	56	1	2
272	자동차 종합 수리업	24	68	3	4
273	자동차 차체용 부품 제조업	141	811	484	3,978
274	자동차용 동력전달장치 제조업	139	1,469	323	6,269
275	자동차용 엔진 제조업	24	420	19	341
276	자동차용 전기장치 제조업	8	39	37	271
277	자동차판매기 및 화폐교환기 제조업	2	15	1	2
278	자수제품 및 자수용재료 제조업	1	2		
279	자전거 및 환자용 차량 제조업			2	3

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
280	저장용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	2	8	4	13
281	적층 및 표면처리 직물 제조업	1	1	3	4
282	적층, 합성 및 특수표면처리 종이 제조업	1	2	1	1
283	전구 및 램프 제조업	4	18	12	24
284	전기정보 및 신호장치 제조업	2	4	4	8
285	전기식 진단 및 요법 기기 제조업			3	12
286	전기용 기계장비 및 관련 기자재 도매업	1	4	3	19
287	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	3	9	9	21
288	전기회로 개폐, 보호 및 접속 장치 제조업	41	88	90	302
289	전동기 및 발전기 제조업	36	104	80	302
290	전시 및 광고용 조명장치 제조업	2	2	3	12
291	전자관 제조업	3	11	9	21
292	전자기 측정, 시험 및 분석기구 제조업	14	32	33	126
293	전자부품 실장기관 제조업			5	8
294	전자악기 제조업			3	17
295	전자응용 공작기계 제조업	18	49	17	45
296	전자저항기 제조업			1	3
297	전자접속카드 제조업			1	4
298	전자집적회로 제조업			2	4
299	전자축전기 제조업			3	4
300	전자카드 제조업			2	2
301	전자코일, 변성기 및 기타 전자유도자 제조업	4	51	7	106
302	전투용 차량 제조업	2	3	12	118
303	절삭가공 및 유사처리업	471	1,631	1,155	4,862
304	절연 코드세트 및 기타 도체 제조업	4	7	3	20
305	점토 벽돌 블록 및 유사 비내화 요업제	2	2		

334...금속가공 기술변화에 따른 유해물질 사용에 관한 실태조사 및 유해성 분류

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
품 제조업					
306	접착제 및 젤라틴 제조업			1	1
307	정형외과용 및 신체보정용 기기 제조업	9	63	22	166
308	제강업	5	16	8	34
309	제책업	4	5	1	5
310	제철업	1	1	5	78
311	제판 및 조판업	1	2		
312	조화 및 모조장식품 제조업			1	1
313	종이 포대 및 가방 제조업	1	1		
314	주방용 및 식탁용 목제품 제조업			1	4
315	주방용 및 음식점용 목재가구 제조업	4	5	2	16
316	주방용 전기기기 제조업	5	5	28	91
317	주정 제조업	1	3		
318	주철관 제조업	7	27	8	29
319	주형 및 금형 제조업	1,539	5,193	2,206	8,930
320	중앙난방보일러 및 방열기 제조업	7	16	19	27
321	증류기, 열교환기 및 가스발생기 제조업	46	104	92	522
322	지정 폐기물 처리업	2	7		
323	지정외 폐기물 수집운반업	1	1	1	1
324	지정외 폐기물 처리업	1	3		
325	직물 및 편조원단 염색 가공업	2	20	1	1
326	차체 및 특장차 제조업	17	56	23	121
327	천막 및 기타 캔버스 제품 제조업	4	4		
328	천연 및 혼합조제 조미료 제조업			1	10
329	철강선 제조업	6	38	12	79
330	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	37	238	22	83

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
331	제조, 육상 및 체력단련용 장비 제조업	3	4	13	25
332	축전지 제조업	2	40	9	67
333	치과용 기기 제조업	19	48	30	140
334	치약, 비누 및 기타 세제 제조업			2	3
335	침구 및 관련제품 제조업	1	3		
336	커튼 및 유사제품 제조업	2	2	1	1
337	컨베이어장치 제조업	38	80	100	212
338	컴퓨터 제조업	4	16	6	9
339	컴퓨터 프린터 제조업	8	30	3	3
340	코코아 제품 및 과자류 제조업	1	1		
341	콘크리트 타일, 기와, 벽돌 및 블록 제조업	8	13	5	10
342	콘크리트관 및 기타 구조용 콘크리트제품 제조업	5	11	4	6
343	타이어 및 튜브 제조업	1	3		
344	타이어 재생업	1	50		
345	타일 및 유사 비내화 요업제품 제조업			2	15
346	탱크, 밸브 및 유사장치 제조업	212	843	502	3,280
347	텔레비전 제조업	3	5	1	2
348	토목공사 및 유사용 기계장비 제조업	134	724	246	1,448
349	톱 및 호환성공구 제조업	99	461	130	1,330
350	트레일러 및 세미트레일러 제조업	1	3	5	7
351	특수사 및 코드직물 제조업	3	3		
352	특수직물 및 기타직물 직조업	2	4	1	1
353	판유리 가공품 제조업	6	27	4	47
354	판유리 제조업			2	11
355	판지 상자 및 용기 제조업	3	3	4	8
356	펄프 및 종이 가공용 기계 제조업	16	26	37	120

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
357	펄프 제조업			2	2
358	편조원단 제조업	10	16	3	5
359	편조의복 제조업	1	7		
360	평판디스플레이 제조용 기계 제조업	7	29	51	243
361	포장용 유리용기 제조업	5	55	5	36
362	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	14	40	30	114
363	표구 및 전사처리 제조업	1	1		
364	표면가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업			2	5
365	플라스터 제품 제조업	1	1	1	3
366	플라스틱 발포 성형제품 제조업	11	50	19	50
367	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	4	4	8	49
368	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	17	31	8	18
369	플라스틱 창호 제조업	6	21	6	17
370	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	5	7	3	4
371	플라스틱 필름, 시트 및 판 제조업	19	37	10	26
372	플라스틱 합성피혁 제조업	2	5	1	10
373	플라즈마 및 기타 평판 디스플레이 제조업	35	119	1	5
374	피아노 제조업	1	1		
375	합금철 제조업	3	4		
376	합성고무 및 플라스틱물질 도매업			1	1
377	합성섬유 제조업	1	2		
378	합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조업	14	83	10	29
379	합성염료, 유연제 및 기타착색제 제조업			1	2
380	항공기, 우주선 및 보조장치 제조업	1	8	1	5
381	항공기용 부품 제조업	40	227	70	764

No.	산업	2009년		2014년	
		사업장수	근로자수	사업장수	근로자수
382	항공기용 엔진 제조업	4	31	5	69
383	항공용 무선기기 및 측량기구 제조업	2	2		
384	핵반응기 및 증기발생기 제조업			2	7
385	화물자동차 및 특수목적용 자동차 제조업	7	18	1	1
386	화약 및 불꽃제품 제조업	1	2	11	60
387	화학섬유 방직업	2	3	1	1
388	화학섬유직물 직조업	6	27	1	2
Total		11,229	50,299	17,873	90,661

<부록 4> 작업환경실태조사 자료를 이용한 금속가공유와 금속가공 관련 가능성이 있는 표준산업 현황

No.	산업	2009		2014	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
1	가공 및 재생 플라스틱원료 생산업			1	1
2	가방 및 기타 보호용 케이스 제조업	1	4		
3	가스 제조 및 배관공급업	1	3		
4	강관 제조업	4	10	10	47
5	강주물 주조업	1	3		
6	건설·광업용 기계 및 장비 수리업	2	107		
7	경 인쇄업	1	1		
8	고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업			1	10
9	곡물 도정업	1	1		
10	골판지 및 골판지상자 제조업	2	3		
11	광섬유 케이블 제조업			1	5
12	광학렌즈 및 광학요소 제조업	2	10		
13	구조용 금속판제품 및 금속공작물 제조업			3	18
14	그외 기타 1차 철강 제조업	1	23	2	16
15	그외 기타 가구 제조업	1	1		
16	그외 기타 금속가공업	6	19	14	50
17	그외 기타 나무제품 제조업	1	1	1	3
18	그외 기타 봉제의복 제조업	2	7		
19	그외 기타 분류안된 금속가공제품 제조업			13	34
20	그외 기타 분류안된 비금속 광물제품 제조업	2	12		
21	그외 기타 분류안된 섬유제품 제조업	3	4		
22	그외 기타 분류안된 화학제품 제조업	3	3	3	5
23	그외 기타 식료품 제조업	3	14		
24	그외 기타 의료용 기기 제조업			4	21

No.	산업	2009		2014	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
25	그외 기타 의복액세서리 제조업	2	4		
26	그외 기타 일반목적용 기계 제조업	34	1,506	8	44
27	그외 기타 자동차 부품 제조업	33	311	23	135
28	그외 기타 전자부품 제조업	14	86	11	52
29	그외 기타 특수목적용 기계 제조업	3	7	5	6
30	그외 기타 플라스틱 제품 제조업	4	10	1	3
31	근무복 작업복 및 유사 의복 제조업	1	4		
32	금속 가구 제조업			1	1
33	금속 문 창 셔터 및 관련제품 제조업	2	6		
34	금속 스프링 제조업	1	3		
35	금속 열처리업	3	4		
36	금속 절삭기계 제조업	4	77	6	20
37	금속 조립구조재 제조업	1	5	2	9
38	금속단조제품 제조업			3	14
39	금속선 가공제품 제조업	6	35	32	137
40	금속압형제품 제조업			5	109
41	금속원료 재생업	1	1		
42	금속파스너 및 나사제품 제조업	4	17	17	119
43	기어 및 동력전달장치 제조업	3	147	1	18
44	기체 여과기 제조업			1	14
45	기체 펌프 및 압축기 제조업	2	2		
46	기타 1차 비철금속 제조업	5	184	1	33
47	기타 가공공작기계 제조업	1	2	1	4
48	기타 가정용 전기기기 제조업			1	4
49	기타 광학기기 제조업			1	9
50	기타 구조용 금속제품 제조업	2	2		
51	기타 기관 및 터빈 제조업			2	12
52	기타 기초유기화학물질 제조업	1	1		
53	기타 목재가구 제조업			1	3
54	기타 무선 통신장비 제조업	1	8	1	5

No.	산업	2009		2014	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
55	기타 발전기 및 전기변환장치 제조업	1	1	1	2
56	기타 방적업	1	13		
57	기타 비알콜음료 제조업	2	21	4	60
58	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업	3	8	2	8
59	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	4	31	1	1
60	기타 비철금속 주조업			1	1
61	기타 섬유제품 염색 정리 및 마무리 가공업	1	1		
62	기타 신발 제조업	1	1		
63	기타 음향기기 제조업	2	3		
64	기타 인쇄관련 산업	1	2		
65	기타 인쇄업	2	5		
66	기타 일반 기계 및 장비 수리업	12	43	1	5
67	기타 절연선 및 케이블 제조업	17	151	45	240
68	기타 조명장치 제조업			1	4
69	기타 종이 상자 및 용기 제조업	2	2		
70	기타 주변기기 제조업	1	3		
71	기타 식물제품 제조업	3	3	2	4
72	기타 편조의복 액세서리 제조업	3	8		
73	날염 가공업	1	1		
74	내연기관 제조업	3	24	2	11
75	냉간 압연 및 압출 제품 제조업	6	43	9	71
76	농업 및 임업용 기계 제조업	2	2	5	13
77	도금업	1	5		
78	도장 및 기타 피막처리업			1	7
79	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	7	49	28	126
80	동 제련, 정련 및 합금 제조업	1	9	1	16
81	동력식 수지공구 제조업	1	2	1	1
82	동물용 사료 및 조제식품 제조업	3	7		

No.	산업	2009		2014	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
83	레미콘 제조업	8	17	1	4
84	맥아 및 맥주 제조업	3	68	2	52
85	면류 마카로니 및 유사식품 제조업	1	1		
86	면직물 직조업	1	4		
87	모 방적업			1	1
88	모조 귀금속 및 모조 장신용품 제조업			2	6
89	모터사이클 제조업	1	6		
90	물질 검사, 측정 및 분석기구 제조업			2	23
91	반도체 제조용 기계 제조업	2	4	2	11
92	방송장비 제조업	1	2		
93	배전반 및 전기자동제어반 제조업	2	4	1	1
94	변압기 제조업	1	1		
95	분말야금제품 제조업			1	4
96	비금속원료 재생업	2	2	1	2
97	비동력식 수공구 제조업			1	1
98	사무 및 회화용품 제조업			1	5
99	사업시설 유지관리 서비스업	1	5		
100	산업용 가스 제조업	1	1		
101	산업용 비경화고무제품 제조업			2	29
102	산업용 오븐 노 및 노용 버너 제조업	1	1		
103	산업용 트럭 및 적재기 제조업	2	3		
104	산업처리공정 제어장비 제조업	1	2		
105	석회석 광업			1	2
106	선박 구성부분품 제조업	12	692		
107	선철주물 주조업	1	3		
108	세폭직물 제조업	1	1		
109	셔츠 및 체육복 제조업	1	1		
110	소주 제조업	1	1		
111	수동식 식품 가공기기 및 금속주방용기 제조업			1	1

No.	산업	2009		2014	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
112	수산물 건조 및 염장품 제조업	5	16	1	1
113	스타킹 및 기타양말 제조업	1	2		
114	승강기 제조업	3	17	1	2
115	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업	6	553		
116	시멘트 제조업	14	267		
117	신문 발행업	1	2		
118	아스콘 제조업			1	2
119	알루미늄 압연, 압출 및 연신제품 제조업	19	83	18	44
120	알루미늄제련 정련 및 합금 제조업	2	10		
121	알루미늄주물 주조업	1	4	1	2
122	액체 여과기 제조업			1	2
123	액체 펌프 제조업			2	3
124	얼음 제조업			1	4
125	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	1	2	3	5
126	연사 및 가공사 제조업	3	13		
127	열간 압연 및 압출 제품 제조업	2	15	6	108
128	완제 의약품 제조업	1	20		
129	위생용 종이제품 제조업	1	2		
130	유리섬유 및 광학용 유리 제조업			1	3
131	유압기기 제조업	5	13	3	7
132	인력공급업	1	10		
133	인쇄회로기판 제조업	1	1	1	2
134	일차전지 제조업			2	20
135	자동차 엔진용 부품 제조업			8	40
136	자동차 전문 수리업	2	7		
137	자동차 종합 수리업	1	1	1	3
138	자동차 차체용 부품 제조업			5	46
139	자동차용 동력전달장치 제조업	5	38	4	14

No.	산업	2009		2014	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
140	자전거 및 환자용 차량 제조업			1	1
141	저장용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	1	1		
142	적층 합성 및 특수표면처리 종이 제조업	1	1		
143	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업			2	26
144	전기회로 개폐, 보호 및 접속 장치 제조업	5	27	2	5
145	전동기 및 발전기 제조업	2	2	1	8
146	전자관 제조업	2	7		
147	전자기 측정, 시험 및 분석기구 제조업			1	1
148	전자코일, 변성기 및 기타 전자유도자 제조업			2	10
149	절삭가공 및 유사처리업	5	7	13	39
150	절연 코드세트 및 기타 도체 제조업			3	20
151	접착제 및 젤라틴 제조업			1	2
152	정형외과용 및 신체보정용 기기 제조업	1	10		
153	제책업	2	2		
154	제판 및 조판업	1	2		
155	주방용 전기기기 제조업			2	10
156	주형 및 금형 제조업	16	38	12	38
157	중앙난방보일러 및 방열기 제조업	1	1	1	4
158	증류기, 열교환기 및 가스발생기 제조업			1	7
159	지정 폐기물 처리업	1	1		
160	차체 및 특장차 제조업	1	1	1	3
161	철강선 제조업	6	33	31	194
162	철도차량부품 및 관련장치물 제조업			2	18
163	침구 및 관련제품 제조업	1	4		
164	커튼 및 유사제품 제조업	1	1		

No.	산업	2009		2014	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
165	컨베이어장치 제조업			1	3
166	콘크리트 타일 기와 벽돌 및 블록 제조업	3	4		
167	콘크리트관 및 기타 구조용 콘크리트 제품 제조업	2	2	6	46
168	타일 및 유사 비내화 요업제품 제조업	1	6		
169	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	2	2	6	17
170	텔레비전 제조업	1	1		
171	토목공사 및 유사용 기계장비 제조업	2	341	6	16
172	톱 및 호환성공구 제조업			2	4
173	특수직물 및 기타직물 직조업	1	1		
174	편조원단 제조업	7	13		
175	포장용 유리용기 제조업	1	26		
176	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	2	21		
177	표면가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업	1	1		
178	플라스틱 발포 성형제품 제조업			1	1
179	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	3	3	1	2
180	플라스틱 적층 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	2	12		
181	플라스틱 창호 제조업	1	2		
182	플라스틱 필름 시트 및 판 제조업	1	3		
183	합성고무 제조업	1	1		
184	합성섬유 제조업	6	71		
185	합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조업	9	96		
186	항공기용 엔진 제조업	1	91		
187	호텔업			1	6
188	화물자동차 및 특수목적용 자동차 제조업	3	6		
189	화장품 제조업	1	17		

No.	산업	2009		2014	
		사업장 수	근로자 수	사업장 수	근로자 수
190	화학섬유 방적업	1	5		
191	화학섬유직물 직조업	4	20	1	18
Total		468	5,864	462	2,480

<부록 5> 현장 방문 조사표

CNC가공업체 방문조사표			
작 성 자:		날 짜:	

회사개괄

회사명		주소	
담당자		연락처	
표준산업분류		주 생산품	
CNC 공정 종류			
CNC 공정 작업자수	남자: 여자:	후처리공정 및 세척제	

* CNC 기계 종류별 조사(같은 종류는 1번만)

CNC 공정명		가공목적	
가공종류 (연삭, 선삭, 링, 드릴)		기계 대수	
작업방법 (가공시간 포함)			
CNC 제조사명		모델명	매뉴얼 복사 O, X
기계사이즈	가로: 세로: 높이:		
피삭재		공구커터 재질	
사용절삭유 (제조사명, 상품명)		절삭유 사용량(시간당)	절삭유 희석방법 (비율)
절삭유 분사방법		분사압 및 분사량	절삭유 교체시기
가공시 칩제거 유무		칩제거 방법 (가공중 suction 유무)	
제품 건조 방법		제품 세척 방법	
기계 밀폐정도	6, 5, 4, 3면 밀폐	door 유무	유, 무
작업시 도어개폐 유무		door interlock 유무	
국소배기 유무		배기량	
전체환기 유무		전체환기량	
작업공간의 밀폐정도	지하, 지상	창문 유무	
작업공간의 크기			

<표 1> 미네랄 오일미스트의 특수건강진단 항목

번호	유해인자	제1차 검사항목	제2차 검사항목
1	미네랄 오일미스트 (광물성 오일)	(1) 직업력 및 노출력 조사 관련된 질병력조사 (3) 임상검사 및 진찰 ① 호흡기계: 청진, 폐활량검사 ② 눈, 피부, 비강, 인두: 점막자극증상 문진	임상검사 및 진찰 ① 호흡기계: 흉부방사선(후전면, 측면), 작업 중 최대호기 유속 연속측정, 비특이 기도과민검사 ② 눈, 피부, 비강, 인두: 세극등 현미경 검사, 비강 및 인두 검사, 면역글로불린 E (IgE), 피부칩포시험, 피부단자시험, KOH 검사

○ 그 외 피부 자극 등 증상이 발생할 수 있어 이에 대한 문진이 추가되어 있고, 알러지 피부 검사도 제2차 검사로 할 수 있도록 되어 있음. 미네랄 오일미스트에 대한 특수건강진단 실시 방법 및 평가 방법은 다음과 같음(특수건강진단 실무지침 2015).

유해인자별 특수건강진단 방법: 미네랄 오일미스트

1. 건강진단 주기

1-1. 기본주기 및 대상자

미네랄 오일미스트에 노출되는 작업부서 전체 근로자에 대한 특수건강진단 주기는 1년에 1회 이상으로 한다.

1-2. 집단적 주기 단축 조건

다음의 어느 하나에 해당하는 경우 미네랄 오일미스트에 노출되는 모든 근로자에 대하여 특수건강진단 기본주기를 다음회에 한하여 1/2로 단축하여야 한다.

- (1) 미네랄 오일미스트에 의한 직업병유소견자가 발견된 경우
- (2) 건강진단 결과 미네랄 오일미스트에 대한 특수건강진단 실시주기를 단축하여야 한다는 의사의 판정을 받은 근로자

1-3. 배치 전 건강진단 후 첫 번째 특수건강진단

6개월 이내에 해당 근로자에 대하여 실시하되, 배치 전 건강진단 실시 후 6개월 이내에 사업장의 특수건강진단이 실시될 예정이면 그것으로 대신할 수 있다.

2. 건강진단항목

2-1. 1차 검사항목

- (1) 직업력·노출력 조사
- (2) 과거병력조사 : 주요 표적장기와 관련된 질병력 조사
- (3) 자각증상조사 : 문진표 작성내용 확인 포함
- (4) 임상진찰 : 호흡기, 피부 질환에 유의하여 진찰
 - ① 호흡기계 : 청진, 폐활량검사
 - ② 눈·피부·비강·인두 : 점막자극증상 문진

2-2. 2차 검사항목

- (1) 호흡기계: 흉부방사선(후전면, 측면), 작업 중 최대호기 유속연속측정, 비특이 기도과민검사
- (2) 눈·피부·비강·인두: 세극등현미경검사, 비강 및 인두검사, 면역글로불린정량(IgE), 피부접포시험, 피부단자시험, KOH검사

3. 직업의학적 평가

3-1. 건강관리구분

※ C1판정기준

- (1) 흉부방사선검사에서 정상 또는 category 0/1이면서, 호흡기의 이상증후를 보이고
- (2) 작업장 기중농도, 노출기간, 취급방법 등을 고려할 때, 광물성 분진 노출에 의한

것으로 추정되며

(3) D1에 해당되지 않고 관찰이 필요한 경우

※ D1판정기준

(1) 흉부방사선검사에서 진폐증(category 1/0 이상)이 있으며

(2) 작업장 기증농도, 노출기간, 취급방법 등을 고려할 때, 광물성 분진 노출에 의한 것으로 추정되는 경우

◆ 진폐 판정은 ‘흉부사진에 의한 진폐증의 국제분류법(ILO-1980)의 안내서’에서 권장된 촬영 방법과 판독방법에 준함

3-2. 업무수행 적합 여부 평가

※ 업무수행 적합 여부 평가 시 고려해야 될 건강상태

- 호흡기도에 급성질환이 있는 경우
- 진폐증
- 폐결핵, 결핵성 늑막염
- 폐성심, 만성 속발성 기관지확장증
- 기흉, 폐기종 등 만성 폐쇄성 폐질환
- 객담을 동반한 만성 속발성 기관지염
- 흉부방사선검사에 나타나는 진폐증, 규폐증(1/1이상), 규산으로 인한 뚜렷한 육아종성 변화
- 심부전증 또는 심부전을 일으키는 질환들

3-3. 사후관리내용

※ 실무지침 1권 사후관리내용을 참조하여 실시한다.

4. 수시건강진단을 위한 참고사항

근로자가 호흡곤란, 심계항진, 기침, 객담, 가슴통증 및 빈혈, 맥박이상, 호흡이상 등의 증상 및 증후를 보여, 사업주가 수시건강진단의 필요성에 대하여 자문을 요청한 경우 건강진단기관의 의사는 자문에 응하여야 하며, 수시건강진단의 필요성 여부에 대하여 사업주에게 자문결과서를 통보하여야 한다.

○ 우리나라의 특수건강진단 제도는 독일의 근로자건강진단 제도를 벤치마킹하였기 때문에, 독일의 특수건강진단제도는 국내 제도와 매우 유사함. 독일의 산재보험조합 DGUV에서 시행하는 특수건강진단 가이드라인(Milde, 2007)에서는 유해물질별로 검진을 수행하는 한국의 시스템과는 달리, 유해물질이 타겟이 아닌 표적장기(organ)를 타겟으로 검진을 수행하는 경우도 있는데, ‘피부암을 제외한 피부질환’이 대표적인 예임. 피부질환을 유발하는 물질에는 자극성, 감작성, 여드름 유발성, 물리적 유해물질, 미생물이 포함되어 있는데, 금속가공유는 이중 자극성 물질에

포함되어 피부질환 검진 대상으로 되어 있음. 우리나라 특수건강진단은 금속가공유에 대하여 호흡기관련 질환에 대한 검진이 포함되어 있기 때문에 독일의 특수건강진단 제도 보다 좀 더 포괄적이라고 할 수 있음.

○ 피부 질환에 대해서는 다음 <표 2>의 스케줄로 특수건강진단을 수행함. 우리나라의 금속가공유는 배치 전 건강진단과 매년 특수건강진단을 받기 때문에 독일 보다는 좀 더 검진 주기가 짧음. 독일 특수건강진단은 퇴직시에도 추적검사를 받는 것이 특징적인데, 이는 향후 있을지 모를 보상 관련하여 유용함. 필요시 추적검사를 근로자의 요청으로 받을 수 있다는 점이 독일제도의 장점이라 할 수 있음.

<표 2> 독일 특수건강진단제도의 '피부암을 제외한 피부질환' 검진 스케줄

종류	시기
배치전 검사	작업 시작 전
첫 번째 추적검사	작업 시작 후 24개월 이내
이후 추적검사	이후 60개월 이내, 퇴직시
필요시 추적검사	- 작업장의 변화 또는 증상 발생시 - 노출로 증상이 지속적으로 발생하는 치료가 필요한 피부질환 또는 다른 건강상 위험을 증가시키는 피부질환 (독성물질의 흡수 증가) - 의사가 필요하다고 판단한 경우 - 근로자가 요청하는 경우

○ 독일의 '피부암을 제외한 피부질환'에 대한 특수건강진단 항목은 다음 <표 3>과 같음. 독일 제도와 비교 했을 때, 우리나라 특수건강진단 제도에서는 면역글로불린 정량(IgE), 피부접촉시험, 피부단자시험, KOH검사 등 추가적인 검사가 가능하다는 장점이 있음.

○ 우리나라 특수건강진단에서 호흡기 질환 관련해서 흉부방사선 촬영이 2차 검사로 되어 있는데, 이를 1차 검사에서 시행하는 것을 고려할 필요가 있을 것으로 생각됨.

<표 3> 독일 특수건강진단제도의 °피부암을 제외한 피부질환, 검진 항목

일반(general medical exam)	특수(special medical exam)
배치전 검사	
- 과거력 조사	
- 다음에 특별히 유의	
● 습진, 피부묘기증, 알러지	- 피부 진찰
● 건선, 비늘증, 피부건조증	- 필요시 피부과전문의 진료
● 직업력: 이전 직업에서 증상	
추적검사	
- 증상 조사	
- 예방대책(보호구, 크림, 피부보호제 등) 사용 여부	

○ 특수건강진단 후 직업의학적 평가 및 권고에 대해서는 다음의 <표 4>와 같음. 독일의 평가 제도는 정상/직업병 요주의(C1)/직업병 유소견(D1)으로 평가하는 우리나라와는 달리, 장기적/단기적/특정조건하에 영향 없음/건강 영향 없음으로 평가하는 차이가 있음.

<표 4> 독일 특수건강진단제도의 °피부암을 제외한 피부질환, 평가 및 권고

평가	배치전 장기적 영향 유 의 검사	- 작업장의 원인으로 발생한 피부 알러지
		- 노출부위의 심한, 재발성 습진
	추적검사	- 매우 민감한 피부(아토피, 건선, UV 노출 관련 피부염 등)
		- 작업장의 원인으로 발생한 피부 알러지
	단기적 영향 유의	- 노출부위의 심한, 재발성 습진
		- 노출로 증상이 지속적으로 발생하는 치료가 필요한 피부질환
권고	특정 조건하에 건강 영향 없음	- 다른 건강상 위험을 증가시키는 피부질환 (독성물질의 흡수 증가)
	건강영향 없음	장기적, 단기적 영향 유의에 해당되지 않는 피부 질환. 예방 조치 필요.
		그 외 근로자
		- 직접적 피부 접촉을 피함
		- 피부 청결

- 피부 세정과 항균제 동시 사용 피함
- 피부 트러블 없는 것으로 장갑 교체
- 오랫동안 장갑 착용 시 흡습제 사용

○ 우리나라 메탄올에 대한 특수건강진단 검사 항목은 다음 <표 5> 와 같음.

<표 5> 메탄올의 특수건강진단 항목

31 메탄올	(1) 직업력 및 노출력 조사	(1) 임상검사 및 진찰
	(2) 주요 표적기관과 관련된 병력조사	① 신경계: 신경행동검사, 임상 심리검사, 신경학적 검사
	(3) 임상검사 및 진찰	② 눈, 피부, 비강, 인두: 세극등 현미경검사, KOH검사, 피부 단자시험, 비강 및 인두 검사, 정밀안저검사, 정밀안압 측정, 시신경정밀검사, 안과 진찰
	① 신경계: 신경계 증상 문진, 신경 증상에 유의하여 진찰	(2) 생물학적 노출지표 검사 : 혈중 또는 소변 중 메타놀(작업 종료 시 채취)
	② 눈, 피부, 비강, 인두: 점막자극증상 문진	

○ 메탄올의 건강영향은 주로 신경계, 소화기에 영향을 미치며, 기타, 눈, 피부 등에 자극증상이 있을 수 있음. 메탄올에 특이한 건강영향으로는 시신경 장애가 발생하는 것임.

○ 메탄올에 대한 특수건강진단 방법은 다음과 같음(특수건강진단 실무지침 2015).

유해인자별 특수건강진단 방법: 메틸 알코올
1. 건강진단 주기
1-1. 기본주기 및 대상
메틸 알코올에 노출되는 작업부서 전체 근로자에 대한 특수건강진단 주기는 1년에 1회 이상으로 한다.
1-2. 집단적 주기 단축 조건
다음의 어느 하나에 해당하는 경우 메틸 알코올에 노출되는 모든 근로자에 대하여 특수건강진단 기본주기를 다음 회에 한하여 1/2로 단축하여야 한다.

(1) 당해 건강진단 직전의 작업환경 측정결과 메틸 알코올 농도가 노출기준 이상인 경우

(2) 메틸 알코올에 의한 직업병유소견자가 발견된 경우

(3) 건강진단 결과 메틸 알코올에 대한 특수건강진단 실시주기를 단축하여야 한다는 의사의 판정을 받은 근로자

1-3. 배치전 건강진단 후 첫 번째 특수건강진단

6개월 이내에 해당 근로자에 대하여 실시하되, 배치전 건강진단 실시 후 6개월 이내에 사업장의 특수건강진단이 실시될 예정이면 그것으로 대신할 수 있다.

2. 건강진단항목

2-1. 1차 검사항목

(1) 직업력 및 노출력 조사

(2) 과거병력조사 : 주요 표적장기와 관련된 질병력 조사

(3) 자각증상조사 : 문진표 작성내용 확인 포함

(4) 임상진찰 및 검사 : 신경계 · 눈·피부·비강·인두에 유의하여 진찰

① 신경계 : 신경계 증상 문진, 신경증상에 유의하여 진찰

② 눈·피부·비강·인두 : 점막자극증상 문진

2-2. 2차 검사항목

(1) 임상검사 및 진찰

① 신경계 : 신경행동검사, 임상심리검사, 신경학적 검사

② 눈·피부·비강·인두 : 세극등현미경검사, KOH검사, 피부단자시험, 비강 및 인두검사, 정밀 안저검사, 정밀안압측정, 시신경정밀검사, 안과진찰

(2) 생물학적 노출지표 검사 : 혈중 또는 소변 중 메타놀(작업 종료 시 채취)

※ 검사항목 중 “생물학적 노출지표검사”는 해당 작업에 처음 배치되는 근로자에 대해서는 실시하지 않는다.

3. 직업의학적 평가

3-1. 건강관리구분

※ C1판정기준 : 다음의 첫째 또는 둘째에 해당하는 경우

첫째, (1) 임상검사결과 참고치를 벗어나거나, 임상진찰결과 중추신경계, 눈, 피부, 비강, 인두 등의 이상증후를 보이고 (2) 작업장 기중농도, 노출기간, 취급방법 등을 고려할 때, 메틸 알코올 노출에 의한 것으로 추정되며 (3) D1에 해당되지 않고 관찰이 필요한 경우

둘째, 생물학적 노출지표검사 결과 생물학적 노출기준을 넘는 경우

※ D1판정기준

- (1) 임상검사 또는 임상 진찰결과, 중추신경계장해, 안장해, 피부장해, 비강장해, 인두장해 등 이 있고
- (2) 작업장 기중농도, 노출기간, 취급방법 등을 고려할 때, 메틸알코올 노출에 의한 것으로 추정되는 경우

3-2. 업무수행 적합 여부 평가

※ 업무수행 적합 여부 평가 시 고려해야 될 건강상태

- 중추신경장해가 중한 자 · 활동성의 시신경 병변자 · 말초신경장해가 중한 자
- 피부질환이 중한 자 · 알코올중독

3-3. 사후관리내용

※ 실무지침 1권 사후관리내용을 참조하여 실시한다.

4. 수시건강진단을 위한 참고사항

근로자가 신경계와 피부, 눈 등의 증상 및 증후를 보여, 사업주가 수시건강진단의 필요성에 대하여 자문을 요청한 경우 건강진단기관의 의사는 자문에 응하여야 하며, 수시건강진단의 필요성 여부에 대하여 사업주에게 자문결과서를 통보하여야 한다.

○ 독일의 특수건강진단 제도에도 ‘메탄올’이 특수건강진단 대상 유해물질임. 메탄올에 대해서는 다음 표 8의 스케줄로 특수건강진단을 수행함. 우리나라의 메탄올 특수건강진단 주기는 배치전 건강진단과 6개월 내 첫 번째 건강진단, 이후 매년 특수건강진단을 받기 때문에 독일 보다는 좀 더 검진 주기가 짧음.

<표 6> 독일 특수건강진단제도의 메탄올 검진 스케줄

종류	시기
배치전 검사	작업 시작 전
첫 번째 추적검사	작업 시작 후 12-24개월
이후 추적검사	이후 12-24개월, 퇴직시
필요시 추적검사	- 수주간 지속되는 질환 또는 장애로 인해 근무가 어려울 때 - 의사가 필요하다고 판단한 경우 - 근로자가 요청하는 경우

○ 독일의 특수건강진단 제도의 ‘메탄올’에 대한 특수건강진단 항목은 다음 <표 7>과 같음. 우리나라의 제도와 비교할 때 독일 특수건강진단 제도는 검사 항목은 더 적은 편임. 다만, 신경과 전문의 진찰이 항목에 포함되어 있다는 것이 장점이라 할 수 있음. 시신경 장애가 발생하는 상황에서는 전신의 신경독성이 함께 동반할 가능성이 높으므로, 우리나라 특수건강진단에서도 2차 검사 항목으로 신경과 전문의 진찰을 포함시키는 것이 좋을 것으로 생각됨.

<표 7> 독일 특수건강진단제도의 메탄올 검진 항목

일반(general medical exam)	특수(special medical exam)
	배치전 검사
	- 시력(이상시 안과 의사가 시야각 검사)
	- SGPT(ALT)
	추적검사
배치전 검사	- 시력(이상시 안과 의사가 시야각 검사)
- 과거력 조사	- SGPT(ALT)
- 소변검사(multiple test strip, sediment)	- 생물학적모니터링
	*추가 검사
	안과 전문의 진찰, 간기능 정밀 검사, 신경과 전문의 진찰

○ 특수건강진단 후 직업의학적 평가 및 권고에 대해서는 다음의 표 10과 같음. 독일의 평가제도는 정상/직업병 요주의(C1)/직업병 유소견(D1)으로 평가하는 우리나라와는 달리, 장기적/단기적/특정조건하에 영향 없음/건강 영향 없음으로 평가하는 시스템적인 차이가 있음.

<표 8> 독일 특수건강진단제도의 메탄올 평가 및 권고

평가	장기적 영향 유의	배치전검사 추적검사	- 말초, 중추 신경 장애 - 시신경의 변화 - 만성 간, 신장 질환 - 당뇨병 - 알콜중독
	단기적 영향 유의		장기적 영향과 동일. 회복이 기대되는 경우

특정 조건하에 건강 영향 없음	장기적 영향의 경미한 경우 의사는 업무복귀 가능 여부, 근무 조건을 설정해야 함.
	- 작업환경개선 - 노출 시간 단축 - 부서 변경 - 보호구 착용 - 추적검사 주기 단축
건강영향 없음	그 외 근로자
권고	- 생물학적모니터링 결과 설명
	- 위생 정보 제공(보호복 등)
	- 술 섭취 위험성 경고

○ 이상으로 우리나라와 독일의 특수건강진단 제도를 비교한 결과 우리나라의 제도가 좀 더 검사 항목이 많고 검사 주기가 짧아 건강장애 예방에는 좀 더 도움이 될 것으로 생각됨.

○ 미네랄 오일미스트 특수건강진단에서 호흡기 독성을 고려할 때 흉부방사선 촬영을 1차 검사로 고려할 수 있을 것임. 미네랄 오일미스트에는 포름알데히드, 방부제 등 화학물질이 함유될 수 있고, 크롬 같은 중금속이 섞여 있을 수 있음. 포름알데히드, 방부제, 세균, 진균 등은 호흡기 질환, 알러지 피부 질환 등을 유발할 수 있는데, 이로 인한 건강 영향 검사는 대부분 미네랄 오일미스트 특수건강진단에 포함되어 있어 별도의 특검 대상 물질을 추가할 필요는 없을 것으로 생각됨. 예를 들어 미네랄 오일미스트에 노출되는 근로자들 대상으로 포름알데히드를 측정하고 포름알데히드에 대해서도 특수건강진단을 받는 경우가 있음. 포름알데히드 특수건강진단에서는 1차 검사에 흉부방사선 촬영이 포함되어 있기 때문에, 미네랄 오일미스트 특수건강진단 1차 검사에 흉부방사선 촬영을 포함시킨다면, 미네랄 오일미스트 특수건강진단으로 포름알데히드 검사 항목을 전부 포괄할 수 있음. 작업 시 금속가공유에 함유될 수 있는 크롬의 경우 독일 특수건강진단 제도에서도 검진 항목을 설정하지 않고 있음. 이는 작업 중 발생하여 금속가공유를 통해 근로자에게 노출되는 크롬의 양이 많지 않음이 고려되었기 때문으로 생각됨.

○ 메탄올 특수건강진단에서 신경과 전문의 진찰을 2차 선택검사 항목으로 추가하는 것도 고려할 수 있을 것임.

○ 주기적인 특수건강진단으로 화학물질 중독을 예방하는 것은 쉽지 않음. 화학물질 중독이 건강진단이 수행되는 시기에 발생하지 않는다면 알아내기 힘들고, 중독이 심한 경우에는 건강진단을 아예 받지 않을 가능성이 높기 때문에 건강진단은 분명한 한계가 있음. 하지만 이러한 한계에도 불구하고 특수건강진단은 근로자 건강 보호에 큰 기여를 하는 기초적인 제도이기 때문에 좀 더 활용이 잘 될 수 있도록 제도를 보완해 나가는 것이 적절할 것으로 생각됨. 예를 들자면, 독일의 특수건강진단 제도와 같이 근로자가 본인의 질환이 작업과 관련이 있다고 생각하는 경우 특수건강진단 주기와 상관없이 특수건강진단을 신청하는 것과 같은 방안을 고려해 볼 수 있을 것임.

<참고 문헌>

근로자건강진단 실무지침. 산업안전보건공단 2015.

Milde JJ. Guideline for occupational medical examination. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV 2007.

<< 연 구 진 >>

연 구 기 관 : 한국방송통신대학교 산학협력단

연구책임자 : 박동욱(교수, 보건학박사, 한국방송통신대학교)

연 구 원 : 고동희(부교수, 의학박사, 기톨릭관동대학교 국제성모병원)
곽현석(책임연구원, 보건학박사수료, 직업성폐질환연구소)
김신범(실장, 보건학석사, 노동환경건강연구소)
이경희(산업위생전문가, 보건학박사, 주한미군)
최상준(부교수, 보건학박사, 대구가톨릭대학교)
하권철(교수, 보건학박사, 창원대학교)

연구보조원 : 류승훈(한국방송통신대학교)

이경민(직업성폐질환연구소)

차원석(한국방송통신대학교)

최영은(노동환경건강연구소)

연구상대역 : 이나루(부장, 화학물질독성연구실)

<< 연 구 기 간 >>

2016. 05. 24. ~ 2016. 10. 31.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2016년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인
적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를
수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

금속가공 기술변화에 따른 유해물질 사용에 관한 실태조사 및 유해성 분류

(2016-연구원-777)

발 행 일 : 2016년 10월 31일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 직무대리 김기식

연구책임자 : 한국방송통신대학교 교수 박동욱

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (34122) 대전광역시 유성구 엑스포로339번길 30

전 화 : (042) 869-0321

F A X : (042) 863-9001

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>
