

기계가공 공정에서 금속가공유 관리에 대한 평가지침 -수용성 금속가공유를 중심으로-

박동욱

한국방송통신대학교 환경보건학과

Assessment guideline for the safe use of metalworking fluids - Focused on water-soluble metalworking fluids

Dong-uk Park

Department of Environmental Health, Korea National Open University

This technical report was developed to suggest the guideline to assess the safe use and handling metalworking fluids (MWFs) in machining operation. The basis of this method developed in this study was based on self assessment procedure recommended by Organization Resources Counselors (ORC) of the United States (US). In addition, various MWF management elements obtained from the review on various articles, reports and author's experience regarding MWF were newly added to the evaluation guideline. A total of four areas were finally selected in order to control exposure to MWF used in machining operations. They are all related to the presence and efficiency of the control measures, exposure assessment, management on tank and sump, and safe treatment of chips and metal fines generated during machining operations. Each area is consisted of several related elements. Several evaluation areas

and elements used in this study could be revised, replaced, added and deleted according to the process environment, evaluation objectives and evaluator's (manager) criteria etc. This evaluation guide manual could be used for safe management of MWF in metalworking operation. In addition, industrial hygienists can use this evaluation method for auditing and evaluating the management status on MWF.

Key Words : metalworking fluids, metalworking operation, water-soluble metalworking fluids

접수일: 2010년 4월 14일, 채택일: 2010년 6월 8일

✉ 교신저자: 박동욱(서울시 종로구 동숭동 169번지 한국방송통신대학교 환경보건학과,
Tel: 02-3668-4707, Fax: 02-741-4701, e-mail: pdw545@knou.ac.kr)

I. 서론

금속가공유(metalworking fluids, 이하 MWF라 함)는 금속(metal)공구를 이용하여 금속제품을 다듬거나, 자르거나, 깎거나, 파내는 등의 공정(working)을 부드럽게 하거나(lubricating), 열을 식히고(냉각, cooling) 금속 부스러기와 칩을 제거하는데 사용된다. MWF는 자동차, 농기구, 항공기, 기차, 자전거, 전자제품 등 금속제품을 만드는 모든 공정에서 많이 쓰인다. MWF는 기유(base oil)의 특성과 함량, 물의 함량 등에 따라 비수용성(straight), 수용성(soluble), 합성(synthetic), 준합성(semi-synthetic)으로 구분된다. 물이 들어있는 수용성과 물이 들어있지 않은 비수용성 2가지로 단순하게 분류하기도 한다. MWF는 기유에다 수 많은 첨가제(additives)를 섞은 화학물질덩어리이다.

미국국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, 이하 NIOSH라 함)은 1997년까지 보고된 MWF관련 역학조사를 모두 종합한 결과, MWF노출은 여러 조직에서 암(폐, 위, 췌장 등), 피부질환, 호흡기계 질환 등 다양한 건강상의 장해를 초래한다고 결론을 맺었다(NIOSH, 1998).

MWF는 물질 자체의 독성 뿐만 아니라 이들이 사용되는 과정에서 금속부스러기, 칩 등이 오염물질로 발생된다. 또한 수용성 MWF는 미생물오염이 생길 수 밖에 없다. MWF는 공학적, 행정적인 대책만으로 그 위험을 체계적으로 관리하는 것이 어렵다. MWF는 구매단계에서부터 최종 폐기까지 관련 부서는 물론 현장 근로자가 표준 지침이나 절차에 따라 관리되어야 한다. 미국 산업안전보건청(Occupational Safety & Health Administration, 이하 OSHA라 함)과 영국 안전 보건청(Health Safety Executives, 이하 HSE라 함)에서도 MWF는 시스템관리가 필요하다는 인식을 바탕으로 다양한 평가방법, 관리지침 등을 공급하고 있다(OSHA, 2010; HSE, 2010).

본 연구의 목적은 MWF의 안전한 사용과 취급을 위한 항목들을 선정하고 이들의 관리상태를 평가하는 방법을 개발하는 것이다.

평가내용은 공정과 관리분야로 구분했다. 공정분야는 현장에서 MWF노출을 억제하기 위한 시설과 기술을 평가하는 부분이고, 관리분야는 MWF선정, 유해성에 대한 교육, 행정적인 관리 등이 포함된다. 여기에서는 MWF를 사용하는 공정시설에 대한 관리를 평가하는 분야와 방법을 소개하였다. 본 연구결과는 MWF를 사용하는 사업장과 공정에 대한 내부 관리지침이나 외부 감사(audit)의 도구로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

II. 연구대상

1. 참고문헌

본 연구에서 제시한 기본 평가 방법은 미국 Organization Counselors, Inc(이하 ORC라 함)에서 제시한 자기평가절차(self-assessment procedure)를 따랐다(ORC, 2010). 구체적인 평가분야와 항목은 MWF와 관련된 문헌, 논문과 외국의 산업보건기관에서 제시한 각종 팜플렛, 보고서 등을 주로 참조하여 보강하였다. 뿐만 아니라 저자가 개발한 MWF 관리 구매 및 선정 지침(박동욱과 류경남, 2007), MWF 관리표준지침(박동욱 등, 2008) 그리고 오염된 수용성 MWF 교체지침(박동욱 등, 2008a)을 참조하였다. 이외에도 저자가 MWF연구를 통해서 경험한 내용, 논문에서 보고된 근거 등도 포함시켰다. 참고한 주요 정보, 문헌, 출처 등은 아래와 같다.

OSHA(2010)

- * MWFs : safety and health best practices manuals
- * MWFs : evaluation and controls
- * MWFs : health effects
- * 기타 홈페이지에서 나온 내용

HSE(2010)

- * Self-assessment questionnaire
- * Working safely with MWF : guide for employees
- * Working safely with MWF : guide for employers
- * The safe handling and use of MWFs
- * Control of substance hazards to health : risk assessment

NIOSH(1998) : Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to MWF: NIOSH에서 1997년까지 보고된 MWF에 대한 모든 연구결과를 종합한 보고서

Society of Manufacturing Engineers(이하 SME라 함) : Cutting and grinding fluids, selection and application (Dick, 1994)

2. 항목별 중요도 구분

MWF를 사용하는 공정에서 선정한 분야는 총 4 개이다. 분야별 항목의 내용 및 평가방법은 III항에서 자세히 설명하였다. 분야의 항목별 중요도는 3개 등급으로 구분하였다. 중요도 등급 구분은 ORC가 제안한 것을 그대로 사용하였다. 등급별 의미는 다음과 같다.

“C” : 매우 중요한 항목(critical)이다. 점수와 상관없이 법적

인 의무사항 혹은 안전한 사용을 위해서 꼭 갖추어야 할 기계, 장치, 시설, 활동 등으로 설치되어 있지 않았거나 미흡하면 “불합격(failure)”으로 결정된다. 예를 들면 공기 중 오일 미스트(엄밀히 말하면 공기 중 에어로솔임)에 대한 노출을 평가한 적이 없다면 다른 항목에 대한 관리와 상관없이 MWF 관리에 대한 평가는 불합격이다

“I”: 중요한 항목(important)으로 실제 평가점수 항목에 대한 관리정도에 포함된다. 예를 들어 기계 작동 시에 안전덮개의 유무이다

“G”: 꼭 필요하지 않지만 우수한 사례로 제안할 수 있는 항목(good practice)이다. 법적인 의무사항은 아니지만 MWF의 효과적인 관리를 위해 추천하는 항목으로 점수에 포함되지 않는다. 예를 들어 포름알데히이드, 에탄올아민 등의 노출 평가 여부이다. 평가하고 있다면 MWF의 안전한 사용을 위해 바람직하다.

항목별로 예(yes), 아니오(no), 해당사항 없음(NA)으로 평가한다. 만약 "아니오"로 평가했다면, 이에 대한 설명을 쓰고 그 문제를 해결하기 위한 적절한 조치들을 “조치사항”란에 간략하게 설명하여야 한다. 항목별 해당되는 MWF종류도 표시했다. 모든 종류의 MWF에 해당되는 경우 “B” 그리고 수용성 MWF에만 해당되는 경우는 “W”로 표시했다.

3. 평가방법

분야별 평가점수는 아래 공식에 넣어 계산한다. 평가대상이 되는 “I”항목(C와 G는 제외)에 대한 질문에서 “Y”(yes로 질문에 대해서 갖추고 있거나 시행하고 있는 경우)의 갯수를 비율로 계산한 것이 분야별 점수다. 해당사항이 없는 경우 (NA)는 갯수에서 제외한다

$$\% = \{ \text{“Yes”항목 갯수} / (\text{총 “I”갯수} - \text{NA}) \} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

4개 분야를 종합할 경우 전체항목을 대상으로 “I”의 갯수에 따라 동일한 방법으로 점수를 구한다. 본 연구에서는 점수별 최종 관리 등급(합격, 불합격, 조건부합격)은 연구자 주관에 따라 결정할 수 있도록 구분하지 않았다.

4. 평가지침 구성

표준지침은 요약과 분야별 지침으로 구성되어 있다. 요약은 평가결과를 종합한 것이다(Table 1. 참조). 분야별 평가지침은 “III”항에서 설명하였다.

Table 1. 금속가공유 시스템관리에 대한 평가종합: 공정분야

평가내용	총점수	등급
“매우 중요함(C)”의 항목에 “아니오”라고 답변한 경우가 있었는가? 40%이하로 평가된 분야가 있었는가? “중요함(I)”항목의 질문만을 대상으로 모든 분야의 평가를 아래와 같이 종합 - 종합 Yes : 개 - 종합 No : 개 - 종합 NA : 개 $\% = \{ \text{“Yes”항목 갯수} / (\text{총 “I”갯수} - \text{NA}) \} \times 100$		합격 <input type="checkbox"/> 조건부 합격 <input type="checkbox"/> 불합격 <input type="checkbox"/>

III. 분야별 평가 항목 및 방법

1. 중앙탱크 및 셉프(sump)

공정에서 MWF를 저장하고 운반해서 기계가공 공정에 적용하는(사용하는) 방법은 보통 2가지이다. 중앙탱크(central tank)에 저장된 MWF를 각 기계로 공급하거나 각 기계(혹은 기계가공공정)에 연결된(혹은 부착된) 독립 탱크에서 MWF를 사용하는 방법(개별 셉프 혹은 탱크)이다. 중앙에서 기계

마다 설치된 독립 셉프로 MWF를 공급하는 것이 대부분이다. 셉프는 개별 기계에서 MWF가 사용된 후 모이고 순환하는 통이다. 중앙탱크와 셉프관리 분야에 대한 평가는 동일하다. MWF(특히 수용성)를 관리하는 핵심 대상은 탱크와 셉프다. 이 곳이 미생물이나 다른 물질로 오염되면 MWF는 급격하게 변질되어 공정이상은 물론 건강상의 위험도 커지기 때문이다. 탱크와 셉프 관리상태를 평가하는 주요 항목은 총 20개이고 모두 평가점수에 포함된다. 가장 중요한 것은 희석용 물로 탈 이온수를 쓰는 것이 좋다(3항). 지하수는 미생물로

오염되어 있거나 각종 염이 함유되어 기계부식이나 침전물이 생성되기 때문이다. 비슷한 항목별로 묶어서 설명하면 다음과 같다.

* 보충, 교체, 폐기, 청소에 대한 표준지침과 활용(1, 2, 7, 8, 16, 18 항): 표준지침 내용은 박동욱 등(2009)이 보고한 “건강장해 예방을 위한 MWF 표준관리지침 개발”에 자세히 설명되어 있다.

* 덮개(cover), 작동유(tramp oil)와 칩 제거장치 등 공학적 시설(4, 5, 6 항): MWF가 들어있는 통이나 성프로 외부 오염물

질이 유입되는 것을 억제하는 시설과, 오염되었을 때 이들을 적절하게 제거할 수 있는 장치를 확인하는 것이다. 작동유가 MWF순환시스템에 들어가지 못하도록 별도의 수거통, 제거 등의 조치를 취하는 것이 필요하다. 한편 작동유가 탱크, 성프 그리고 MWF가 순환되는 경로로 유입되었을 때 가능하면 신속하게 제거해야 한다. 작동유 제거장치는 필터, 유수분리장치 등이고 칩을 제거하는 장치는 필터, 벨트컨베이어, 침전탱크, 마그네틱 분리기, H-체인 등이다 (Brandt, 1994).

* 작동유, 칩, 다른 물질, 기계 주변 등의 오염상태 파악 (9, 10, 11, 19항): 기계는 사용기간이 늘어남에 따라 가스켓, 접합

Table 2. 중앙탱크 및 성프 관리에 대한 평가항목 및 방법

평가항목	금속 가공유 종류	중요도	평가			조치사항
			예	아니오	해당 없음	
“I(중요)” 항목만을 대상으로 예(yes): 개 아니오(no): 개 해당없음(NA): 개 점수(%) = {“Yes” 항목 갯수 / (20 - NA)} x 100 =						
1. 교체, 보충, 폐기하는 지침(방법 등)이 있는가?	B	I				
2. 표준방법으로 청소하는가?	W	I				
3. 희석용 물은 탈이온수(deionized water)를 사용하는가?	W	I				
4. 탱크 덮개가 있는가?	B	I				
5. 작동유를 제거하는 장치가 있는가?	W	I				
6. 칩 등을 제거하는 장치가 있는가?	B	I				
7. 정기적으로 올바른 방법으로 금속가공유를 교체, 보충, 폐기하고 있는가?	B	I				
8. 표준화 방법으로 부족한 성분(물, 첨가제 등)을 보충하고 있는가?	W	I				
9. 작동유가 오염되어 있지 않은가?	W	I				
10. 칩 등이 제거되었는가?	B	I				
11. 다른 오염물질 등(음식물, 담배꽂초, 형짚 등)이 없는가?	B	I				
12. pH를 측정하여 기록하고 있는가?	W	I				
13. 금속가공유 농도를 측정하여 기록하고 있는가?	W	I				
14. 곰팡이와 박테리아를 측정하여 기록하고 있는가?	W	I				
15. 금속가공유 액의 외관(거품, 색 등)을 관찰하고 기록하고 있는가?	W	I				
16. 금속가공유 액의 관리에 대한 일지가 있는가	B	I				
17. 탱크에 화학물질, 용량 등 표시(안전보건자료 등)가 되어 있는가?	B	I				
18. 방부제를 적정(종류, 양, 기록 등)하게 사용하고 있는가?	W	I				
19. 주변은 깨끗한가?	B	I				
20. 탱크관리일지가 있는가?	B	I				

용어 설명

- 작동유(tramp oil): 기계 가공 공장에서 기계에 들어가는 각종 오일(유압유, 기어오일, 베어링오일, 그리스 등)로써 MWF순환경로로 유입될 수 있다.
- 금속가공유(MWF) 종류 : B = 수용성/비수용성 모두 해당, W = 수용성에만 해당

부위, 와이퍼 등은 닳게 된다. 이에 따라 기계작동에 사용된 각종 기름(윤활유 등)이 기계 틈으로 빠져 나와 바닥이나 기계의 다른 부품 등으로 떨어지게 된다. MWF순환경로에 작동유가 오염되면 미생물 번식이 급격하게 늘어나고 이로 인해 공정 효율은 물론 액의 수명과 기능성 등에 나쁜 영향을 미친다. 또한 미생물노출로 인한 호흡기질환이 발생할 수 있다.

* MWF상태를 점검하기 위한 주기적인 측정으로 pH, MWF농도, 온도, 미생물 농도 (12, 13, 14, 15, 16항)와 MWF외관 상태: MWF 상태를 미리 파악해서 적절한 조치를 취하도록 모니터링 해야 한다(Dick, 1994). 주기적으로 측정하고 있는지를 평가한다. 박동욱 등(2008)은 탱크와 섬프에서 측정해야 할 항목, 주기, 평가기준 등을 설명하였다.

2. 공정 밀폐(enclosure) 및 환기장치

MWF가 사용되는 공정이나 기계에서 MWF가 공기 중으로 분산되는 것을 근원적으로 차단하거나 제거하는 시설로 밀폐(enclosure)와 국소배기장치는 꼭 설치 해야 한다. 밀폐시설은 기계와 동시에 설치된 것이 가장 효과적인 것으로 이미 보고되었다 (Leith et al., 2003). 밀폐장치는 미스트가 공기 중

으로 분산되는 것을 억제하고 근로자 노출을 근원적으로 차단하는 시설이므로 반드시 설치되어 있어야 한다 (1, 2, 3항). 국소배기장치의 배기덕트는 공정 외부에 설치되어야 한다 (4, 5, 6, 7, 8항). MWF는 고분자물질로 상온에서 증발이 잘 안되지만 필터 등 정화장치에서 공기와 계속 접촉하면 증기화되기 때문이다. 한편, 국소배기장치에서 배기된 공기를 보충할 수 있는 전체환기장치도 설치되어 있어야 한다 (9항). 만약 전체환기장치가 설치되어 있지 않으면 국소배기장치에서 배기되는 공기 부족으로 MWF증기와 미스트 등을 제어하는 효과가 떨어지기 때문이다. 공학적인 시설은 반드시 설치해야 하는 매우 중요한 항목(C)으로 규정할 수 있지만 여기서서는 중요(I)항목으로 판단했다. 공학적인 시설이 설치되어 있지 않으면 “불합격”으로 평가해도 무방하다.

3. 유해인자 노출평가

기계 가공공정에서 발생하는 유해인자에 대한 노출을 평가해야 한다. 사용하는 MWF 종류에 따라 평가해야 하는 유해인자는 달라진다. 기본적으로 평가해야 할 인자는 MWF 에어로솔로써 주기적으로 측정해야 한다(1항). NIOSH에서 권고한 노출기준(Recommended Exposure Limit, REL) 0.5 mg/m³을(NIOSH, 1998) 초과하지 않은 것이 좋다 (2항). 수용

Table 3. 밀폐, 국소배기장치, 전체환기장치의 설치 및 효과를 평가하기 위한 항목과 방법

평가항목	금속 가공유 종류	중요도	평가			조치사항
			예	아니오	해당 없음	
I(중요함) 항목만을 대상으로 예(yes): 개 아니오(no): 개 해당없음(NA): 개 점수(%) = {“Yes” 항목 갯수 / (9-NA)} x 100 =						
1. 밀폐시설이 설치되어 있는가?	B	I				
2. 밀폐시설이 기계설치와 동시에 설계되었는가?	B	I				
3. 밀폐시설이 효과가 있는가?(적절한 위치, 크기 등)	B	C				
4. 국소배기시설이 설치되어 있는가?	B	I				
5. 국소배기시설이 기계설치와 동시에 설계되었는가?	B	I				
6. 국소배기시설의 성능이 적정한가?	B	I				
7. 국소배기시설의 배기가 실외로 되어 있는가?	B	I				
8. 국소배기시설에서 미스트 제거 정화장치가 설치되었는가?	B	I				
9. 전체환기장치가 설치되어 있는가?	B	I				
10. 전체환기장치가 작동되고 있는가?	B	I				

용어설명

- 밀폐(enclosure) : 기계 가공공정에서 회전 등으로 공기중에 발생하는 미스트 등을 차단하기 위한 판(plate) 규격이나 재질은 공정에 따라 다를 수 있음.
금속 가공유 종류: B = 수용성/비수용성 모두 해당, W = 수용성에만 해당

성MWF(수용성, 준합성, 합성)는 미생물에 오염될 수 밖에 없어, 바이오에어로솔(박테리아, 곰팡이, 엔도톡신 등)에 대한 노출을 평가하는 것이 필요하다. 특히 미생물번식을 의심할 수 있는 역겨운 냄새가 나는 경우에는 법적 의무 사항이 아니더라도 이들에 대한 오염 정도와 노출 정도를 평가하는 것이 좋다. 또한 수용성 MWF를 사용하는 경우, 공기 중이나 벌크 중 포름알데하이드, 에탄올아민, 방부제농도, 나이트로스아민 농도를 측정하는 것도 고려할 필요가 있다(4·7항 권장사항) 나이트로스아민은 수용성MWF안에 아민류(모노, 디, 트리에탄올아민)와 질화 화합물(nitrosating group)이 들어 있을 때 2차로 생기는 발암물질이다(NIOSH, 1998). 최근에는 아민류만 들어 있더라도 나이트로스아민이 발생될 수 있다고 보고된 경우도 있다 (NIOSH, 1998; Jarvholm 등, 1991; Fan 등, 1977). 측정이 어려운 경우 발생이나 노출가능성 등과 관련된 사항들(원인물질, 원액 농도, 탱크나 섬프에 주입된 시기와 양 등)을 자세히 기록하는 것도 노출을 평가하는 대리방법이 될 수 있다. 특히, 방부제 노출은 그 자체로써 근로자에게 피부질환이나 폐렴을 초래할 수 있기 때문에 이에 대한 평가가 필요하다(Itschner 등, 1996).

MWF취급으로 인해서 초래되는 주요 건강장애는 피부질환과 호흡기질환이다. 이 질환들과 관련된 증상, 불만, 호소

에 대해서 주기적으로 설문을 통해서 노출 정도를 평가(8, 9항)하는 것이 필요하다. 특히 MWF노출로 인한 피부질환은 수시로 발생할 수 있기 때문에 주기적으로 설문을 통해 감시해야 한다. MWF안에 들어있는 수 많은 구성성분은 피부에 직접적인 자극, 염증 등을 일으키기 때문이다. 오일, 에멀전, 표면활성제(surfactants) 등은 피부를 탈지방화 시키고, 물은 피부를 연성화시킨다. 금속제품, 금속기구, 금속부스러기와 칩(swarf and fine) 등은 피부에서 매우 미세한 상처를 초래한다. 알칼리 정도는 수용성MWF 강도에 따라 다르지만 기본적으로 피부의 산보호층을 파괴한다. 또한 피부는 미생물(박테리아, 곰팡이 등)에 의한 감염 그리고 미생물로부터 배출된 각종 독소(엔도톡신과 마이코톡신 등), 각종 금속(니켈, 카드뮴, 코발트) 그리고 MWF구성성분이나 첨가제(방부제, 부식방지제, 에멀전, 커플링제 등)의 공격에 매우 취약하다. 특히 수용성 MWF의 낮은 표면장력은 이러한 영향을 더욱 악화시킨다. 적절한 훈련, 건강감시가 없을 경우에는 이러한 상황을 악화시킨다(Simpson 등, 2003).

4. 폐 금속가공유와 칩 처리

폐 MWF는 수명이 다한 MWF이다. 이것은 공정에서 오래 사용하여 윤활이나 냉각 기능을 다했거나 미생물 등 오염이

Table 4. 유해인자 노출평가 항목과 평가방법

평가항목	금속 가공유 종류	중요도	평가			조치사항
			예	아니오	해당 없음	
I(중요함) 항목만을 대상으로 예(yes): 개 아니오(no): 개 해당없음(NA): 개 점수(%) = {{"Yes" 항목 갯수}/(4-NA)} x 100 =						
1. 금속가공유 에어로솔(오일미스트)에 대한 노출을 평가하고 있는가?	B	I				
2. 금속가공유 에어로솔 노출농도가 0.5 mg/m ³ 이하인가?	B	I				
3. 바이오 에어로솔(곰팡이, 박테리아, 엔도톡신)에 대한 노출을 평가하고 있는가?	W	C				
4 공기 중 (혹은 벌크 중) 포름알데하이드에 대한 노출을 평가하고 있는가	W	G				
5. 공기 중 (혹은 벌크 중) 에탄올 아민류를 측정하고 있는가	W	G				
6. 금속가공유 중 방부제 농도를 측정하고 있는가 또는 방부제 첨가농도(양)를 기록하고 있는가	W	G				
7. 금속가공유 중 나이트로스아민을 측정하고 있는가	W	G				
8. 호흡기질환(천식, 비염, 눈이나 호흡기 따끔 거림, 호흡곤란 등)을 주기적으로 조사하고 있는가?	B	I				
9. 피부질환(레양, 두드러기, 피부염 등)을 주기적으로 조사하고 있는가?	B	I				

금속가공유 종류 : B = 수용성/비수용성 모두 해당, W = 수용성에만 해당

심한 경우이다. 건강상의 위험이 있는 경우 폐기하고 신선한 MWF로 교체해야 된다 (1-3항). 또한 MWF를 사용하는 과정에서 발생하는 금속부스러기나 칩도 적절하게 처리해야 한다(4-6항). 폐MWF, 금속부스러기, 칩 등은 환경에 치명적인 위험을 초래할 수 있는 화학물질이나 잔재물이 남아 있기 때문에 안전하게 처리해야 한다. 폐MWF와 부산물 등의 안전한 보관, 처리절차나 방법 등이 적절하게 이루어지는지를 평가해야 한다. 만약 이들을 회사자체 내에서 폐기처리를 하는 경우 과정별 안전성을 평가해야 한다. 이에 대한 평가항목은 여기서 설명하지 않았다.

IV. 결론 및 권고

기계가공공정에서 MWF를 사용할 때 발생될 수 공정 손상과 건강상의 위험을 예방하기 위해서 관리해야 할 행정 및 기술적인 요소는 매우 많다. 본 연구에서는 기술적인 측면에서 공정에서 갖추어야 할 MWF관리방안을 평가하는 방법을 개발하였다. 이에 해당되는 주요 분야로써 중앙탱크 및 셉트 관리(Table 2), 공정 밀폐 및 환기장치(Table3), 유해인자 노출 평가(Table4), 폐 금속가공유와 칩처리(Table5)를 선정하였다. 각 분야에 해당되는 항목은 각종 문헌, 사례, 보고서, 저자경험 등을 참조하여 구성하였다. MWF는 물질 자체가 복잡할 뿐만 아니라 사용되는 과정에서 다양하게 변화되고 오염되기 때문에 관리상태를 종합적으로 평가하는 것은 어렵다. 본

연구에서 MWF에 대한 종합적인 관리 정도를 평가할 수 있는 방법을 개발하였다. 이 평가방법은 MWF를 사용하는 공정이나 사업장의 특성 그리고 평가자의 주관에 따라 분야 및 항목별 중요도에 따라 가중치를 둘 수 있다. 또한 활용되는 상황에 따라 분야와 항목을 추가, 변형, 삭제할 수도 있다. 이 평가지침은 MWF를 안전하게 취급하고 사용하기 위한 지침으로 폭 넓게 적용할 수 있을 것으로 판단한다.

V. 감사의 글

본 연구는 한국방송통신대학교 산학협력단의 학술연구비 지원을 받아 수행함.

REFERENCES

박동욱, 윤충식, 류경남, 하권철, 최상준. 금속가공유 관리 표준지침 3; 오염된 수용성금속가공유 교체. 한국산업위생학회지 2008a;18(2):T1-T5.
 박동욱, 류경남, 윤충식, 하권철, 최상준, 이광용. 금속가공유 관리 표준지침 2; 관리-수용성 금속가공유를 중심으로. 한국산업위생학회지 2008;18(1):T1-T7.
 박동욱, 류경남. 금속가공유 관리 표준지침 1; 구매 및 선정. 한국산업위생학회지 2007; 17(4):T1-T7.

Table 5. 폐 금속가공유, 금속부스러기, 칩 등의 폐기에 대한 평가항목과 방법

평가항목	금속가공유종류	중요도	평가			조치사항
			예	아니오	해당없음	
I(중요함) 항목만을 대상으로 예(yes): 개 아니오(no): 개 해당없음(NA): 개 점수(%) = {{"Yes"항목 갯수}/(7-NA)} x 100 =						
1. 폐 금속가공유를 저장하는 통(탱크)이 있는가?	B	I				
2. 폐 금속가공유를 저장하는 통(탱크)에서 새는 곳이 없는가?	B	I				
3. 폐 금속가공유를 안전하게 위탁 혹은 자체처리하고 있는가?	B	I				
4. 칩, 금속부스러기 등을 저장하는 통이 있는가?	B	I				
5. 칩, 금속부스러기를 저장하는 통에서 새는 곳이 없는가?	B	I				
6. 칩에 묻어 있는 금속가공유를 회수해서 별도로 처리하고 있는가?	B	I				
7. 칩이나 폐금속가공유 저장 통에 다른 오염물질(담배, 형광등)이 오염되지 않았는가?	B	I				

금속가공유 종류 : B = 수용성/비수용성 모두 해당, W = 수용성에만 해당

- Brandt RH. Filtration system for metalworking fluids in Metalworking fluids, J.P. Byers ed. New York: Marcel Dekker Inc.; 1994,p.273-303.
- Dick RM. Recycling of metalworking fluids in Metalworking fluids, J.P. Byers ed. New York: Marcel Dekker Inc.; 1994,p.339-365
- Fan TY, Morrison J, Rounbehler DP, Ross R, Fine DH, Miles W & Sen NP. N-Nitrosodiethanolamine in synthetic cutting fluids: a part-per-hundred impurity. Science. 1977;196(4285):70-1.
- Health Safety Executive(HSE). Metalworking fluid.[cited 2010 March 7]. Available from: URL:<http://www.hse.gov.uk/metalworking/about.htm>.
- Itchner L, Hinnen U & Elsner P. Skin risk assessment of metalworking fluids: a survey among Swiss suppliers. Dermatology. 1996;193(1):33-5.
- Jarvholm B, Zingmark PA & Osterdahl BG. N-nitrosodiethanolamine in commercial cutting fluids without nitrites. Ann Occup Hyg. 1991;35(6):659-63.
- Leith D, Volckens J, Boundy MG & Hands D. Control methods for mineral oil mists. Appl Occup Environ Hyg. 2003;18(11):883-9
- NIOSH 1998. Criteria for a recommended standard occupational Exposure to metalworking fluids. ORC, Self-assessment procedure[Homepage of Organization Resources Counselors][cited 2010 March 9]. Available from: URL:<http://www.aware-services.com/orc/ORC%20Self-Assessment%20Procedure.rtf>.
- OSHA , Metalworking fluids [Homepage of Occupational Safety and Health Administration][cited 2010 April 1]. Available from: URL:<http://www.osha.gov/SLTC/metalworkingfluids/index.html>.
- Simpson AT, Stear M, Groves JA, Piney M, Bradley SD, Stagg S & Crook B. Occupational exposure to metalworking fluid mist and sump fluid contaminants. Ann Occup Hyg. 2003;47(1):17-30.