

KOSHA GUIDE

A - 53 - 2018

# 금속가공유에 대한 작업환경측정 · 분석 기술지침

2018. 11.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 서희경
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 직업환경연구실
  
- 제·개정 경과
  - 2012년 5월 산업위생분야 제정위원회 심의
  - 2015년 4월 산업위생분야 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
  - 2018년 10월 산업위생분야 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
  
- 관련규격 및 자료
  - National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Manual of Analytical methods (NMAM®), 5th ed, [www.cdc.gov/niosh/nmam](http://www.cdc.gov/niosh/nmam)
  - Occupational Safety and Health Administration (U.S.A), Sampling and Analytical method, [www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html](http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html)
  - Health and Safety Executive (U.K.), Methods for the Determination of Hazardous Substances (MDHS) guidance, [www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/](http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/)
  - American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 7th Ed, 2018.
  
- 관련법규·규칙·고시 등
  - 산업안전보건법 시행규칙 제93조 (작업환경측정 대상 작업장 등)
  - 고용노동부 고시 제2017-27호 (작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시)
  - 고용노동부 고시 제2018-62호 (화학물질 및 물리적인자의 노출기준)
  
- 기술지침의 적용 및 문의
  - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지([www.kosha.or.kr](http://www.kosha.or.kr))의 안전보건기술지침 소관분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
  - 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.
  
- 공표일자 : 2018년 11월 27일
  
- 제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

# 금속가공유에 대한 작업환경측정 · 분석 기술지침

## 1. 목 적

이 지침은 산업안전보건법 시행규칙 제93조(작업환경측정 대상 작업장 등)의 규정에 의거 작업환경측정 대상인자 중 금속가공유에 대한 측정 및 분석을 수행할 때 정확도 및 정밀도를 유지하기 위하여 필요한 제반 사항에 대하여 규정함을 목적으로 한다.

## 2. 적용범위

이 지침의 적용대상은 산업안전보건법 시행규칙에서 정한 작업환경측정대상 유해인자 중 금속가공유의 측정, 분석 및 이와 관련된 사항에 한한다.

## 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음의 각 호와 같다.

- (가) “밀폐”라 함은 취급 또는 보관상태에서 고형(固形)의 이물(異物)이 들어가지 않도록 한 상태를 말한다.
- (나) “밀봉”이라 함은 취급 또는 보관상태에서 기체 또는 미생물이 침입할 염려가 없는 상태를 말한다.
- (다) 중량을 “정확하게 단다.”라 함은 지시된 수치의 중량을 그 자릿수까지 단다는 것을 의미한다.
- (라) “약”이란 그 무게 또는 부피에 대하여  $\pm 10\%$  이상의 차가 있어서는 안 된다.
- (마) 시험조작 중 “즉시”라는 용어는 30초 이내에 표시된 조작을 하는 것을 말한다.
- (바) “검출한계”라 함은 주어진 분석절차에 따라 합리적인 확실성을 가지고 검출할 수 있는 가장 적은 농도나 양을 의미한다.
- (사) “정량한계”라 함은 주어진 신뢰수준에서 정량할 수 있는 분석대상물질의 가장 최소의 양으로, 단지 검출이 아니라 정밀도를 가지고 정량할 수 있는 가장 낮은 농도를 말한다. 일반적으로 검출한계의 3배 수준을 의미한다.
- (아) “회수율”이란 채취한 금속 등의 분석 값을 보정하는데 필요한 것으로, 시료채취 매체와 동일한 재질의 여과지에 첨가된 양과 분석량의 비로 표현된 것을 말한다.

- (2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 기준에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시(고용노동부고시 제 2017-27호)에서 정하는 바에 따른다.

#### 4. 일반사항

- (1) 이 시험법에 필요한 어원, 분자식 및 화학명 등은 특별한 언급이 없는 한 ( ) 내에 기재한다.
- (2) 원자량은 국제순수 및 응용화학협회(IUPAC)에서 제정한 원자량 표에 따른다. 분자량은 소수점 이하 제 2단위까지 하고 제 3단위에서 반올림한다.
- (3) 이 시험법에 규정한 방법이 분석 화학적으로 반드시 최고의 정밀도와 정확도를 갖는다고는 할 수 없으며, 이 시험방법 이외의 방법이라도 동등이상의 정확도와 정밀도가 있다고 인정될 때에는 그 방법을 사용할 수 있다.
- (4) 이 시험방법에 표시한 사항 중 탈착율, 검출한계 등은 각조의 조건으로 시험하였을 때 얻을 수 있는 값을 참고하도록 표시한 것이므로 실제로는 그 값이 분석조건에 따라 달라질 수 있다.
- (5) 시료의 시험, 바탕시험 및 표준액에 대한 일련의 동일시험을 행할 때 사용하는 시약 또는 시액은 동일 롯트(LOT)로 조제된 것을 사용한다.
- (6) 이 시험법에 사용하는 수치의 댁음법은 따로 규정이 없는 한 한국산업의 규격 KS Q 5002(데이터의 통계적 해석방법)에 따른다.
- (7) 이 시험법에 규정하지 않는 사항에 대해서는 일반적인 화학적 상식에 따르되, 이 시험법에 기재한 방법 중 세부조작은 시험의 본질에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 시험자가 적당히 변경 조절할 수 있다.
- (8) 단위 및 기호 : 길이, 넓이, 부피, 농도, 압력 또는 무게를 나타내는 단위 및 기호는 아래 표에 따른다. 여기에 표시되어 있지 않은 단위는 KS A ISO 80000-1(양 및 단위-제1부: 일반사항)에 따른다.

종류	단위	기호	종류	단위	기호
길이	미터	m	농도	몰농도	M
	센티미터	cm		노르말농도	N
	밀리미터	mm		밀리그램/리터	mg/L
	마이크로미터	$\mu\text{m}$		마이크로그램/밀리리터	$\mu\text{g/mL}$
	나노미터	nm		퍼센트	%
압력	기압	atm	부피	세제곱미터	$\text{m}^3$
	수은주밀리미터	mmHg		세제곱센티미터	$\text{cm}^3$
	수주밀리미터	mmH <sub>2</sub> O		세제곱밀리미터	$\text{mm}^3$
넓이	제곱미터	$\text{m}^2$	무게	킬로그램	kg
	제곱센티미터	$\text{cm}^2$		그램	g
	제곱밀리미터	$\text{mm}^2$		밀리그램	mg
				마이크로그램	$\mu\text{g}$
용량	리터	L			
	밀리리터	mL			
	마이크로리터	$\mu\text{L}$			

## (9) 온도

- (가) 온도의 표시는 셀시우스(Celsius) 법에 따라 아라비아숫자 오른쪽에 °C를 붙인다. 절대온도는 K로 표시하고 절대온도 0 K는 -273°C로 한다.
- (나) 상온은 15~25°C, 실온은 1~35°C, 미온은 30~40°C로 한다. 냉소는 따로 규정 이 없는 한 15°C 이하의 곳을 뜻한다.

## (10) 농도

- (가) 액체 단위부피중의 성분질량 또는 기체 단위부피중의 성분질량을 표시할 때에는 중량/부피(w/v)%의 기호를 사용한다. 액체 단위부피중의 성분용량, 기체 단위 부피중의 성분용량을 표시할 때에는 부피/부피(v/v)%의 기호를 사용한다. 백만분의 용량비를 표시할 때는 ppm(part per million)의 기호를 사용한다.
- (나) 공기 중의 농도를 mg/m<sup>3</sup>으로 표시했을 때의 m<sup>3</sup>은 정상상태(NTP, Normal Temperature and Pressure : 25°C, 1기압)의 기체용적을 뜻한다. 따라서 노출 기준과 비교 시는 작업환경 측정 시의 온도와 압력을 실측하여 정상상태의 농도로 환산하여야 한다.

## (11) 시약, 표준물질

- (가) 분석에 사용되는 시약은 따로 규정이 없는 한 화학용 시약에 규정된 일급 이상의 것을 사용하여야 한다. 분석에 사용하는 시약은 제조회사에서 표시하는 농도합량을 따른다.
- (나) 광도법, 전기화학적분석법, 크로마토그래피법, 고성능액체크로마토그래피법에 쓰이는 시약은 특히 순도에 주의해야 하고, 분석에 영향을 미치는 불순물을 함유할 염려가 있을 때는 미리 검정하여야 한다.
- (다) 분석에 사용하는 지시약은 특이한 것을 제외하고는 KS M 0015(화학 분석용 지시약 조제방법)에 규정된 지시약을 사용한다.
- (라) 시험에 사용하는 표준품은 원칙적으로 특급시약을 사용하며, 표준용액을 조제하기 위한 표준용 시약은 따로 규정이 없는 한 적절히 보관되어 오염 및 변질이 안 된 상태로 보존된 것을 사용한다.

## (12) 측정·분석 방법에 사용하는 초순수는 따로 규정이 없는 한 정제증류수 또는 이온교환수지로 정제한 탈염수(脫鹽水)를 말한다.

## (13) 기구

- (가) 계량기구중 측정값을 분석결과의 계산에 사용할 목적으로 사용되는 것은 모두 보정하는 것을 원칙으로 한다.
- (나) 중량분석 용 저울은 적어도  $10^{-5}$  g(0.01 mg)까지 달수 있어야 하며, 화학분석 용 저울은 적어도  $10^{-4}$  g(0.1 mg)까지 달 수 있어야 하며, 국가검정을 필한 제품 또는 이에 준하는 검정을 필한 제품이어야 한다.
- (다) 이 시험법에서 사용하는 모든 유리 기구는 KS L 2302(이화학용 유리기구의 모양 및 치수)에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 규격에 적합한 것으로 국가에서 지정한 기관에서 검정을 필한 것을 사용하여야 한다.
- (라) 여과용 기구 및 기기는 특별한 언급이 없이 “여과한다.”라고 하는 것은 KS M 7602(거름종이(화학 분석용)) 거름종이 5종 또는 이와 동등한 여과지를 사용하여 여과함을 말한다.

## 5. 시료채취 및 분석 시 고려사항

## (1) 시료채취 기구 및 측정방법의 선택

시료채취의 목적과 시료채취시간, 방해인자, 예상되는 오염농도 및 실험실에서 보

유하고 있는 분석장비의 능력 등을 종합적으로 고려하여 최적의 시료채취기구 및 분석방법을 선택한다.

## (2) 검량선 작성을 위한 표준용액제조

### (가) 대상물질의 특성파악

분석하고자 하는 물질의 표준용액을 만들 원액(시약)의 순도와 특성(분자량, 비중, 노출기준)을 파악한다.

(나) 채취시료 노출기준의 0.1~2배 수준에서 각 분석대상물질의 양을 결정한다.

### (다) 표준용액 제조방법의 결정

일반적으로 표준용액 제조시 표준원액(stock solution)을 단계적으로 희석시키는 방법(희석식)과 표준원액에서 일정량씩 줄여 가면서 만드는 방법(배치식)이 있다. 희석식은 만들기가 수월한 반면 표준원액이 잘못되면 계통오차를 줄 수 있고 배치식은 여러 검량선 작성용 용액 중 몇 개가 잘못되더라도 이를 보정할 수가 있으나 만들기가 어려운 단점이 있다.

### (라) 표준용액의 제조

충분한 수의 표준용액을 준비한다. 일반적으로 분석하고자 하는 농도를 포함한 최소한 5개 수준의 표준용액을 제조한다.

### (마) 검량선의 작성시 주의점

- ① 표준원액으로 사용될 원액의 순도, 제조일자, 유효기간 등을 잘 파악해야 한다.
- ② 표준용액, 회수율 등에 사용되는 시약은 같은 롯트(Lot)번호를 가진 것을 사용해야 한다.
- ③ 검량선은 시료 분석조건과 주입방법에 따라 작성하고 검량선이 적정하다고 판정하면 시료를 분석한다. 검량선은 분석할 시료의 농도를 포함해야 하며, 검량선에 사용된 표준용액의 농도보다 높은 시료의 경우는 희석하여 재분석 하거나 시료농도를 포함할 수 있는 표준용액을 추가로 제조하여 검량선을 다시 작성한다. 검량선의 적정성은 제시된 분석기기의 매뉴얼을 참조하거나 상관계수가 0.99이상의 것을 사용하도록 한다.

## (3) 회수율 검정을 위한 시료제조 및 회수율 계산방법

회수율은 여과지를 이용하여 채취한 물질의 분석값을 보정하는데 필요한 것으로 채취에 사용하지 않은 동일한 여과지에 첨가된 양과 분석량의 비로 표현된 값을 말한다. 이 실험을 통하여 여과지의 오염, 시약의 오염, 여과지에 대한 시료채취 효율 등을 알 수 있다. 시료 배치 당 최소한 한 번씩은 행해야 한다.

- (가) 회수율 실험을 위한 첨가량을 결정한다. 작업장의 농도를 포함하도록 예상되는 농도( $\text{mg}/\text{m}^3$ )와 공기채취량(L)에 따라 첨가량을 계산한다. 만일 작업장의 예상 농도를 모를 경우 첨가량은 노출기준과 공기채취량 240 L를 기준으로 계산한다. 계산된 첨가량 3개 농도 수준(0.5~2배)의 양을 반복적으로 3개(3수준  $\times$  3반복 = 9개) 주입할 여과지와 공시료 3개를 준비한다.
- (나) 분석대상물질의 원액 또는 희석액 일정량을 마이크로피펫 또는 마이크로시린지를 이용하여 여과지에 주입한다.
- (다) 여과지를 밀봉하고 하루 동안 상온에 놓아둔다.
- (라) 여과지를 바이알에 넣고 추출용액으로 추출한다.
- (마) 시료를 분석하여 검출량을 구한다.
- (바) 다음 식에 의해 회수율을 구한다.
- $$\text{회수율} = \text{분석량} / \text{첨가량}$$
- (사) 회수율은 최소한 0.75 이상이 되어야 하나 0.90 이상이면 좋다. 회수율에 대한 평가는 분석자가 해야 한다. 즉 12개의 회수율 실험결과를 근거로 판단해야 할 사항은 회수율간의 일정성이다. 만일 회수율간의 차이가 크고 변이가 심하여 일정성이 없으면 정확한 보정이 될 수가 없다. 따라서 그 원인을 찾아 교정하고 다시 실험을 실시해야한다.



## 금속가공유(Metal working fluids)

분자식: - 화학식: - 분자량: - CAS No.: -  
녹는점: - 끓는점: - 비 중: - 용 해 도: -

특징, 발생원 - 금속의 가공시(절삭, 연마, 홀 가공 등) 사용되는 오일로 미스트의 형태로 발생됨  
- 다양한 종류가 있으며, 수용성, 비수용성, 합성, 반합성 등으로 구분할 수 있다.  
및 용도: - 광물성오일(mineral oil), 유화제.(emulsifier), 물(water), 각종 지방족 아민류(alkanoamines), 폴리에톡시에탄올류(polyethoxyethanols), 미생물제거제(biocides), 계면활성제(surfactants), 압력첨가제(pressure additives), 붕소화합물(boron compounds)등이 다양한 비율로 혼합되며, 비중, 끓는점 등의 물.리.화학적 특성은 종류에 따라 달라짐.

노출기준	고용노동부 (mg/m <sup>3</sup> )	0.8	OSHA (mg/m <sup>3</sup> )	5
	ACGIH (mg/m <sup>3</sup> )	5	NIOSH (mg/m <sup>3</sup> )	0.5

동의어: -

분석원리 및 적용성: 작업환경 중의 금속가공유를 여과채취하여 추출용매로 추출한 후 필터의 시료 채취 전·후 무게 차이를 이용하여 정량하는 방법이다.

시료채취 개요	분석 개요
<ul style="list-style-type: none"> <li>시료채취매체: 여과지(37 mm tared 2 um PTFE) 37 mm 2단 카세트에 장착하여 사용</li> <li>유량 : 2 ~ 3 L/min</li> <li>공기량 - 최소 : 720L at 0.5 mg/m<sup>3</sup> - 최대 : 평가되지 못함.</li> <li>운반: 일반적인 방법</li> <li>시료의 안정성: 냉장보관하여 2주 이내 분석</li> <li>공시료: 시료 세트당 최소 5개의 현장 공시료</li> <li>별크시료 : 추출용매의 용해성 시험을 위해 현장에서 사용 중인 금속가공유를 채취할 것</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>분석기술: 중량분석법 전자저울(해독도 0.001 mg)</li> <li>분석대상물질: 금속가공유(Metal Working Fluids)</li> <li>추 출 : 1) 용매 : 테트라하이드로퓨란 또는 테트라하이드로퓨란:메탄올:톨루엔(1:1:1) 2) 효율: 100.2~102.8%</li> <li>범 위 : 0.25 - 1 mg/시료</li> <li>검출한계 : 0.05 mg/시료</li> <li>정 밀 도 : 1.2~2.2%</li> </ul>

방해작용 및 조치	정확도 및 정밀도
<ul style="list-style-type: none"> <li>추출용매에 용해되는 금속가공유 이외의 입자상 물질은 방해물질로 작용할 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구범위(range studied): -</li> <li>편향(bias): -</li> <li>총 정밀도(overall precision): -</li> <li>정확도(accuracy): -</li> </ul>

시약	기구
<ul style="list-style-type: none"> <li>테트라하이드로퓨란(Tetrahydrofuran) : 분석시약등급</li> <li>메탄올(Methanol) : 시약등급</li> <li>톨루엔(Toluene) : 시약등급</li> <li>황산칼슘(Calcium sulfate) : 수분제거제로 사용</li> <li>추출용매 : 금속가공유 종류에 따라 테트라하이드로퓨란 단독으로 사용하거나 또는 테트라하이드로퓨란, 메탄올 그리고 톨루엔을 부피비로 1:1:1로 혼합하여 사용할 수 있음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시료채취매체: 37 mm 2단 카세트+ 37 mm, tared 2 um PTFE</li> <li>개입시료채취펌프(유연한 튜브관 연결됨)</li> <li>유량: 2 L/min</li> <li>전자저울(해독도 0.001 mg)</li> <li>시료 채취 전·후에 사용되는 저울은 반드시 동일한 저울을 사용해야 함</li> <li>전자저울은 정기적으로 검·교정을 실시해야 함</li> <li>정전기 제거제 : <math>^{210}\text{Po}</math>, 생산일로부터 9개월 마다 교체하여 사용할 것</li> <li>추출칼대기 : 여과표면적이 37 mm 필터에 적합한 것이어야 함(국내에서 제작 가능 또는 SKC. Cat No. 225-605 등)</li> <li>바이엘 : 20 mL, 금속가공유 용해성 시험용</li> <li>철망(메탈스크린) : 금속가공유를 추출하고 난 PTFE 필터를 건조시키기 위해 얹어 놓기 위한 것임.</li> <li>필터의 수분제거를 위한 데시케이터</li> <li>핀셋(가급적 나일론 재질을 사용할 것)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>특별 안전보건 예방조치: 테트라하이드로퓨란은 자극, 두통 등을 발생시킬 수 있으며, 메탄올과 톨루엔은 자극, 중추신경장해 등을 일으킬 수 있음. 추출용액을 사용할 때는 실험실 후드 내부에서 실험을 진행하도록 하며, 호흡기 노출과 피부노출을 방지할 수 있는 보호구를 착용하여야 함.</li> </ul>	

## I. 시료 채취전 준비

1. 시료채취용 필터와 현장 공시료 용 필터를 아래의 절차에 따라 무게를 잰다.
2. 전자저울이 설치된 중량실에 재고자 하는 필터를 최소한 1시간 정도 방치하여 중량실의 온·습도 조건에 필터의 온·습도 조건을 평형화시킨다.
3. 무게를 재기 전에 저울을 0점 조정한다.
4. 핀셋이나 필터가 정전기를 나타낼 때에는 정전기 제거제 위를 반복 통과시켜 정전기를 제거한 후

무게를 재야한다.

※ 마이크로 전자저울 사용에 있어 가장 큰 영향을 미치는 것 중의 하나는 필터와 저울간의 정전기에서 오는 저울의 안정화 문제이다. 이 정전기가 클 경우 필터의 무게가 계속 변하기 때문에 중량분석에 많은 문제가 발생하게 된다. 이 정전기에 크게 기여하는 것이 습도조건으로, 무게를 재기 위해 필터의 습도와 저울이 설치된 중량실의 습도조건을 일치시키는 것이 중요하며, 만약 정전기 제거제가 없을 경우 필터를 올려놓을 중량팬 위에 정전기를 띄지 않은 재질의 물체를 올려놓고 그 위에다 필터를 위치시켜 중량을 재는 것도 정전기에 의한 저울의 안정화 방해를 억제할 수 있는 방법이 된다.

5. 필터가 일정한 무게를 나타낼 때까지 반복하여 시료채취용 필터(W<sub>1</sub>) 및 공시료 필터(B<sub>1</sub>) 무게를 잰다(연속하여 잰 필터의 무게 차이가 10 ug 이내여야 하며 이를 평균하여 무게로 사용한다.)
6. 2단 카세트에 패드와 함께 PTFE 필터를 장착시키고 카세트의 양쪽 구멍을 마개로 막고 카세트 연결부위는 시료채취 시 누설되지 않도록 셀룰로즈 밴드 등으로 밴딩 처리를 한다.

## II. 시료 채취

7. 시료채취시와 동일한 연결 상태에서 각 시료채취펌프를 보정한다.
8. 시료채취시 채취되는 입자상 물질의 무게가 약 2 mg을 초과하지 않도록 시료채취 시간을 조정하여 시료를 채취하도록 한다.  
 ※ 작업환경 중의 금속가공유 농도가 0.5 mg/m<sup>3</sup>일 경우 최소한 1,000 L 시료채취가 필요함
9. 현장에서 사용 중인 금속가공유에 대한 추출용매의 용해성 시험을 위해 벌크시료를 10 mL 정도 채취하여 PTFE 마개가 달린 유리재질의 용기에 담는다.
10. 동일 현장에서 채취되는 시료 세트당 최소 5개의 현장 공시료를 분석실에 제출하여야 한다.  
 ※ 현장 공시료의 경우 시료채취를 하지 않는다는 점을 제외하고는 현장 시료와 모든 면에서 동일하게 취급해야 한다. 즉 현장 공시료 용 시료채취기의 경우 펌프를 연결하지 않은 상태에서 카세트의 마개를 열고 현장 시료채취시간과 동일하게 현장의 오염되지 않은 지역에 보관한 다음 현장 시료채취가 종료되는 시점에 시료채취기 마개를 막고 현장시료와 동일하게 운반하도록 하여야 한다.
11. 시료는 냉장보관하고, 시료채취 후 2주 이내에 분석하여야 한다.

## III. 시료 분석

12. 벌크시료로 채취한 금속가공유의 용해성 시험
  - 1) 벌크시료를 채취한 병을 세차게 흔들어 채취한 벌크시료가 완전히 혼합되도록 한다.
  - 2) 테트라하이드로퓨란, 메탄올 그리고 톨루엔을 부피 비로 1:1:1로 혼합한 용액 10 mL를 PTFE 마개가 달린 시험관에 넣는다.
  - 3) 금속가공유 벌크시료를 50 uL를 취해 (2)의 시험관에 넣은 후 마개를 막고 세차게 흔든다. 침전물 생기지 않아야 하며, 층 분리가 일어나지 않고 용액이 맑으면(clear) 해당 금속가공유는 추출용매에 완전히 녹은 것으로 판단할 수 있다.  
 ※ 테트라하이드로퓨란 만으로 채취한 벌크시료를 완전히 용해시킬 수 있다면 추출용매를 테트라하이드로퓨란 단독으로만 사용할 수도 있다.

### 13. 시료의 추출 전 중량측정

- 1) 필터의 카세트(공시료 포함) 외벽에 붙어있는 먼지를 물에 젖은 티슈로 잘 닦은 다음 티슈는 버린다.
- 2) 카세트 마개를 열고 카세트를 황산칼슘이 들어 있는 데시케이터 안에 넣어 둔다. 데시케이터 안에 보관하는 시간은 2시간을 초과하지 않도록 해야 한다.
- 3) 데시케이터 안에서 카세트를 꺼낸 다음 저울이 설치된 중량분석실에 최소한 1시간 이상 놓아둔다.
- 4) 카세트를 열어 필터를 조심스럽게 꺼낸 다음 각 시료필터 무게( $W_2$ ) 및 공시료 무게( $B_2$ )를 잰 후 기록한다.

※ 필터의 상태 즉 과채취, 누설발생, 찢어짐 등 분석결과 해석에 도움이 될 만한 상황이 있으면 모두 기록한다.

### 14. 아래과정을 거쳐 금속가공유를 필터로부터 추출해 내야하며, 추출과정 및 필터 건조과정은 흡후드 내에서 실시하도록 한다.

- 1) 필터를 추출용 깔대기의 필터 장착부위 위에 조심스럽게 위치시키고 추출용 깔대기를 조립한다.
- 2) 추출용매 10 mL를 붓는다. 이 때 추출용 깔대기에 진공을 가해서는 안되며 반드시 중력에 의해 여과되도록 해야 한다. 여과시간은 5분에서 10분 정도 소요되나, 채취된 입자상 물질의 양 및 금속가공유 종류에 따라 추출 시간은 달라 질 수 있다.
- 3) 다시 추출용매 10 mL를 가하여 (2)와 동일한 방법으로 여과시킨다.
- 4) 추출용매 1~2 mL로 조심스럽게 깔대기 내부 벽에 붙어 있는 입자상 물질을 씻어 내 필터위로 옮겨지도록 한다.
- 5) 추출깔대기에 진공을 약하게 걸어 필터에 묻어 있는 추출용매를 제거한다.

※ 필터에 묻어 있는 솔벤트를 완전히 제거할 필요가 없기 때문에 진공을 약하게 그리고 짧은 시간(10초 이내) 동안만 가해야 한다.

- 6) 추출깔대기로 부터 필터를 조심스럽게 들어 내 철망 위에 올려놓고 건조시킨다.

※ 진공이 걸린 상태에서는 절대로 필터를 추출 깔대기로부터 꺼내서는 안 되며, 필터의 건조시간은 최소 2시간 이상이 되도록 하여야 한다.

### 15. 금속가공유 추출 후의 시료필터 무게( $W_3$ ) 및 공시료 무게( $B_3$ )를 잰 후 기록한다.

※ 필터의 무게 변화에 영향을 미치는 상황 발생시, 즉 필터의 찢어짐 등 분석결과 해석에 도움이 될 만한 상황이 있으면 모두 기록한다.

### 16. 교정 및 정도관리

- 1) 무게를 달기 전에 전자저울은 반듯이 0점을 맞추어야 하며, 시료채취 전, 시료채취 후, 그리고 시료추출 후에 사용되는 모든 전자저울은 동일한 것이어야 한다.
- 2) 전자저울은 주기적으로 검·교정을 실시한 후 사용하여야 한다.

### 17. 현장에서 채취한 벌크시료를 이용하여 시료채취매체(막여과지)에 알고 있는 양을 첨가한 시료(Spike 시료)로 아래와 같이 회수율(Recovery) 시험을 실시하여 분석값을 보정한다.

- 1) 예상 시료량이 포함되도록 3가지 이상의 수준 및 공시료를 각각 3반복으로 시료를 만든다.
- 2) 하룻밤 방치한 후 시료전처리 과정과 동일하게 전처리하고 현장 시료와 동일하게 분석한 후 회수율 구한다.
- 3) 2)에서 구한 회수율을 계산식에 적용하여 시료의 분석값을 보정하며, 수준별로 회수율의 차이가 뚜렷하면 수준별로 보정한다.

## IV. 계산

18. 다음 식에 의하여 농도를 구한다.

1) 총 입자상 물질 농도

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1) \cdot 1000}{V \times R} \quad (mg/m^3)$$

$W_1$  : 시료채취 전의 필터 무게 (mg)

$W_2$  : 시료채취 후의 필터 무게 (mg)

$B_1$  : 시료채취 전의 공시료들의 평균 무게 (mg)

$B_2$  : 시료채취 후의 공시료들의 평균 무게 (mg)

$V$  : 시료채취총량 (L)

$R$  : 회수율

2) 금속가공유 농도

$$C = \frac{(W_2 - W_3) - (B_2 - B_3) \cdot 1000}{V \times R} \quad (mg/m^3)$$

$W_2$  : 시료채취 후의 필터 무게 (mg)

$W_3$  : 금속가공유 추출 후의 필터 무게 (mg)

$B_2$  : 시료채취 후의 공시료들의 평균 무게 (mg)

$B_3$  : 금속가공유 추출 후의 공시료들의 평균 무게 (mg)

$V$  : 시료채취총량 (L)

$R$  : 회수율

## V. 비교

- 이 방법은 KOSHA CODA A-1-107에 기초하였고 HSE MDHS 95/3와 NIOSH NMAM 0500, 5026, 5524의 내용과 비교 후 작성하였다.
- NIOSH NMAM 0500은 오일미스트 뿐만 아니라 금속가공유 이외의 미스트나 먼지가 동시에 채취되어 실제농도보다 과대평가 될 수 있는 단점이 있음
- NIOSH NMAM 5026과 MDHS 84은 비수용성 금속가공유에만 적용가능
- MDHS 95/3은 수용성 금속가공유에만 적용가능
- 건강영향 및 예방조치 : 이 방법에서 사용하는 추출액인 Tetrahydrofuran은 자극, 두통 등을 발생시킬 수 있으며, Methanol과 Toluene은 자극, 중추신경장해 등을 일으킬 수 있음. 추출용액을 사용할 때는 실험실 후드 내부에서 실험을 진행하도록 하며, 호흡기 노출과 피부노출을 방지할 수 있는 보호구를 착용하여야 함.

## VI. 참고문헌

1. 고용노동부 고시 제2018-62호, 화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 2018.

2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 7th Edition, 2018.
  3. Health and Safety Executive(HSE) : Methods for the Determination of Hazardous Substances(MDHS), Method 95/2, Measurement of personal exposure of metalworking machine operators to airborne water-mix metalworking fluid, 2003.
  4. National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) : NIOSH Manual of Analytical Methods, Method #0500(1994), 5026(1996), 5524(2003).
  5. National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) : NIOSH pocket guide to chemical hazards and other databases, 2018.
  6. Occupational Safety and Health Administration(OSHA) : Occupational Safety and Health Administration(OSHA) : Standards 29 CFR 1910.1000, Occupational safety and health standards - Toxic and hazardous substances - Table Z Limits for Air Contaminants, 2006.
-