

KOSHA GUIDE

A - 178 - 2019

콜타르피치 휘발물에 대한  
작업환경측정 · 분석 기술지침

2019. 12.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 직업환경연구실
- 제·개정 경과
  - 2019년 11월 산업위생분야 제정위원회 심의(제정)
- 관련규격 및 자료
  - National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Manual of Analytical methods (NMAM), 4th 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, 2019.
- 관련법규·규칙·고시 등
  - 산업안전보건법 시행규칙 제150조 (유해인자 허용기준)
  - 산업안전보건법 시행규칙 제193조 (작업환경측정 대상작업장 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 : 2019년 12월 24일
- 제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

# 콜타르피치 휘발물에 대한 작업환경측정 · 분석 기술지침

## 1. 목적

이 지침은 산업안전보건법 시행규칙 제150조(유해인자 허용기준)의 규정에 따른 허용 기준 설정 대상 유해인자와 제193조(작업환경측정 대상 작업장 등)의 규정에 따른 작업환경측정 대상 유해인자 중 콜타르피치 휘발물에 대한 측정 및 분석을 수행할 때 정확성 및 정밀성을 유지하기 위하여 필요한 제반 사항에 대하여 규정함을 목적으로 한다.

## 2. 적용범위

이 지침의 적용대상은 산업안전보건법 시행규칙에서 정한 허용기준 설정 대상 유해인자와 작업환경측정 대상 유해인자 중 콜타르피치 휘발물의 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 보관 상태에서 고형(固形)의 이물(異物)이 들어가지 않도록 한 상태를 말한다.
- (나) “밀봉”이라 함은 취급 또는 보관 상태에서 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.

- (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(고용노동부 고시 제2017-27호)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 분석화학적으로 반드시 최고의 정밀도와 정확도를 갖는다고는 할 수 없으며 이 시험방법 이외의 방법이라도 동등 이상의 정확도와 정밀도가 있다고 인정될 때에는 그 방법을 사용할 수 있다.
- (4) 이 시험방법에 표시한 사항 중 회수율, 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 유효숫자는 따로 규정이 없는 한 한국산업규격 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 한국산업규격 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	μm		마이크로그램/밀리리터	μg/mL
	나노미터	nm		퍼센트	%
압력	기압	atm	부피	세제곱미터	m <sup>3</sup>
	수은주밀리미터	mmHg		세제곱센티미터	cm <sup>3</sup>
	수주밀리미터	mmH <sub>2</sub> O		세제곱밀리미터	mm <sup>3</sup>
넓이	제곱미터	m <sup>2</sup>	무게	킬로그램	kg
	제곱센티미터	cm <sup>2</sup>		그램	g
	제곱밀리미터	mm <sup>2</sup>		밀리그램	mg
				마이크로그램	μg
용량	리터	L			
	밀리리터	mL			
	마이크로리터	μL			

#### (9) 온도

- (가) 온도의 표시는 셀시우스(Celsius) 법에 따라 아라비아숫자 오른쪽에 ℃를 붙인다. 절대온도는 K로 표시하고 절대온도 0 K는 -273℃로 한다.
- (나) 상온은 15~25℃, 실온은 1~35℃, 미온은 30~40℃로 한다. 냉소는 따로 규정이 없는 한 15℃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℃, 1기압)의 기체용적을 뜻한다. 따라서 노출기준과 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 일급이상의 것을 사용하여야 한다. 분석에 사용하는 시약은 제조회사에서 표시하는 농도 함량을 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 한국산업규격 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 증류수는 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, 화학분석용 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 한국산업규격 KS L 2302(이화학용 유리기구의 모양 및 치수)에 적합한 것 또는 이와 동등이상의 규격에 적합한 것으로 국가에서 지정한 기관에서 검정을 필한 것을 사용하여야 한다.
- (라) 여과용 기구 및 기기는 특별한 언급이 없이 “여과한다”라고 하는 것은 한국산업규격 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 보유하고 있는 분석장비의 능력 등을 종합적으로 고려하여 최적의 시료채취기구 및 분석방법을 선택한다.

## 콜타르피치 휘발물

### (Coal Tar Pitch Volatiles, CTPV)

분자식: -	화학식: -	분자량: -	CAS No.: 65996-93-2 아스팔트
녹는점: -	끓는점: -	비 중: -	용 해 도: -

**특징, 발생원 및 용도:** 금속 및 구조공장, 전기장비 설치, 파이프 코팅 작업 및 건설현장에서 사용됨

노출기준	고용노동부 (mg/m <sup>3</sup> )	0.2	OSHA (mg/m <sup>3</sup> )	0.2
	ACGIH (mg/m <sup>3</sup> )	0.2	NIOSH (mg/m <sup>3</sup> )	-

**동의어:** -

**분석원리 및 적용성:** 작업환경 중 대상물질을 여과지에 채취하고 벤젠으로 추출하여 중량분석한다.

시료채취 개요	분석 개요
<ul style="list-style-type: none"> <li>시료채취매체: 유리섬유여과지</li> <li>유량: 2~3 L/min</li> <li>공기량 960 L</li> <li>운반: 빛에 노출을 최소화하여 운반</li> <li>시료의 안정성: 상온(20℃)에서 최소 15일간 안정함</li> <li>공시료: 시료 세트당 2~5개의 현장 공시료</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>분석기술: 중량분석법</li> <li>분석대상물질: 벤젠 추출물</li> <li>탈 착: 3 mL 벤젠 초음파처리 20분</li> <li>검출한계: 6 µg/sample</li> </ul>
방해작용 및 조치	정확도 및 정밀도
<ul style="list-style-type: none"> <li>벤젠에 용해될 수 있는 물질에 의한 방해작용</li> <li>PTFE 컵에 달라붙거나 혹은 떨어져 나오는 물질이 중량분석에 영향을 줄 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> <li>시료채취분석오차: 0.3</li> </ul>

시약	기구
<ul style="list-style-type: none"> <li>벤젠 : HPLC 시약 등급</li> <li>테트라하이드로퓨란(Tetrahydrofuran, THF) : HPLC 시약등급</li> <li>질소가스</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시료채취매체: 유리섬유여과지, 2단카세트홀더</li> <li>개인시료채취펌프(유연한 튜브 사용)</li> <li>유량: 2 L/min</li> <li>저울(0.001 mg까지 칭량가능)</li> <li>진공오븐</li> <li>교반기</li> <li>13 mm 스테인리스 필터 홀더, 필터와 결합 가능한 10 mL 유리 실린지</li> <li>13 mm PTFE 필터, 공극 5 <math>\mu</math>m</li> <li>2 mL PTFE 컵과 운반용 받침대</li> <li>2 mL 일회용 피펫</li> <li>일회용 배양튜브(13×100mm)</li> <li>핀셋, 용량플라스크, 피펫, 실린지</li> <li>바이알, PTFE 캡</li> <li>알루미늄호일</li> <li>※ 시료 채취 전·후 사용되는 저울은 반드시 동일한 저울을 사용해야 함</li> <li>※ 저울은 정기적으로 검교정을 실시해야함</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>특별 안전보건 예방조치: 콜타르피치는 사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질(1A, 고용노동부 노출기준 고시 기준)이므로 특별한 주의를 기울여야 한다.</li> </ul>	

## I. 시료채취

1. 시료채취시와 동일한 연결 상태에서 각 시료채취펌프를 보정한다.
2. 유량 약 2~3 L/min으로 약 960 L의 공기 중 시료를 채취한다.
3. 시료채취가 끝나면 깨끗한 핀셋을 사용하여 여과지를 1/4로 접어 바이알에 넣어 운반한다. 이때 필터 위에 채취된 입자상 물질들이 떨어지지 않도록 해야 하며 카세트 외벽에 붙어 있는 물질은 접힌 여과지로 닦아준다. PTFE 마개로 막고 알루미늄호일로 감싸 빛에 노출을 최소화한다.

## II. 시료 전처리 및 분석

【벤젠 용매 추출(반드시 후드안에서 작업할 것)】

4. PTFE 컵을 테트라하이드로퓨란(THF)으로 몇 분 동안 초음파세척 후 깨끗한 THF로 두 번 정도 더 행귀준다. 번호가 적혀진 홀더에 컵을 넣고 미리 예열된 오븐(40℃, 약 20 in. Hg vacuum) 에서 1시간 동안 방치한다. 이 후 실온에서 컵을 식혀 무게를 재준다.
5. 시료채취된 여과지가 들어있는 바이알에 3 mL 벤젠을 첨가하고 60분 동안 흔들어준다.
6. 13 mm PTFE 필터(공극 5  $\mu$ m)를 스테인리스 스틸 홀더에 넣고 실린지와 결합시킨다. 연결부위 누출을 확인하기 위해 실린지로 벤젠 3 mL를 분취하여 질소를 사용한 여과장치를 통해 밀어 누출 여부를 확인한다. 고무스토퍼는 실린지 배럴을 10 psig 로 가압하기 위하여 질소라인에서 사용된다. 질소를 사용하여 여과지를 30초 동안 건조시켜준다.



7. 바이알의 벤젠 추출물을 실린지에 옮긴다(한 시료당 한 실린지 사용). 만약 바이알에 입자상물질의 양이 많을 경우 추출물을 모두 실린지에 옮겨준다. 질소의 압력으로 여과된 벤젠 추출물을 일회용 배양튜브에 옮겨준다.
8. 벤젠 추출물 1.5 mL를 중량을 잰 PTFE 컵에 분취한다.
9. PTFE 컵을 예열된 오븐(40℃, 약 15 in. Hg vacuum)에 두고 공기를 주입하여 벤젠이 휘발되도록 3-4시간정도 가열해준다. 공기 배출구를 막고 한 시간 동안 건조시킨다.
10. 필요시 배양튜브에 남아있는 벤젠용액 중의 PAHs(고성능액체크로마토그래피법)를 분석할 수 있다.

### III. 계산

다음 식에 의하여 농도를 구한다.

#### 【벤젠 용매 추출】

- : 벤젠 용매 추출의 농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )는 추출 전후의 PTFE 컵의 중량( $\mu\text{g}$ )에 의해 결정된다.
- 계산식의 상수 2는 샘플의 1/2을 사용한데 대한 값이다.

$$C (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{2 \times [(final wt_s - tare wt_s) - (final wt_b - tare wt_b)]}{V \times 1000}$$

C	: 분석물질의 농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
final wt <sub>s</sub>	: 시료 컵의 전처리 전 무게( $\mu\text{g}$ )
tare wt <sub>s</sub>	: 시료 컵의 전처리 후 무게( $\mu\text{g}$ )
final wt <sub>b</sub>	: 공시료 컵의 전처리 전 무게( $\mu\text{g}$ )
tare wt <sub>b</sub>	: 공시료 컵의 전처리 후 무게( $\mu\text{g}$ )
V	: 공기채취량(L)

### IV. 비고

- 이 방법은 OSHA Method 58에 기초하였다.
- 다른 방법은 NIOSH Method 5042 등이 있다.
- 건강영향 및 예방조치: 실험은 실험실 후드 내에서 수행되어야 하고, 실험실 내에서는 보안경과 실험복을 착용하고 실험해야 한다.

### V. 참고문헌

1. 고용노동부 고시 제2018-62호, 화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 2018.
2. 고용노동부 고시 제2017-27호, 작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시, 2017.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 7th Ed, 2019.
4. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) : NIOSH pocket guide to chemical hazards and other databases, 2018.
5. Occupational Safety and Health Administration(OSHA): Sampling and Analytical Methods, Method 58.