

배출가스 중 크로뮴화합물 -

2021

원자흡수분광광도법 (Chromium Compounds in Flue Gas - Atomic Absorption Spectrophotometry)

1.0 개요

1.1 목적

1.1.1 이 시험기준은 배출가스 중의 입자상 크로뮴화합물의 농도 측정에 대한 기준 방법을 규정함으로써 배출오염을 감시 및 억제하는데 그 목적이 있다. 크로뮴 농도는 원자흡수분광광도법으로 분석할 수 있다.

1.1.2 크로뮴을 원자흡수분광광도법으로 정량하는 방법으로, 크로뮴의 속빈음극램프를 점등하여 안정화시킨 후, 357.9 nm의 파장에서 원자흡수분광광도법 통칙에 따라 조작을 하여 시료용액의 흡광도 또는 흡수 백분율을 측정하는 방법이다.

1.2 적용범위

1.2.1 이 방법은 연료 및 기타 물질의 연소, 금속의 제련과 가공, 이화학적 처리 등에 의해 굴뚝, 덕트 등으로부터 배출되는 기체 중의 입자상 크로뮴의 분석 방법에 대해 규정한다. 입자상 크로뮴화합물은 강제 흡입 장치를 통해 여과장치에 채취하고, 분석농도를 구한 후 배출가스 유량에 따라 배출가스 중의 크로뮴 농도를 산출한다.

1.2.2 원자흡수분광광도법의 정량범위는 $0.100 \text{ mg/Sm}^3 \sim 5.000 \text{ mg/Sm}^3$ (분석용 시료용액 250 mL, 건조시료가스량 1 Sm^3 인 경우)이고, 방법검출한계는 0.030 mg/Sm^3 이며, 정밀도는 10 % 이하이다.

1.3 간섭물질

1.3.1 크로뮴의 농도가 낮은 시료용액에서, 추출을 방해하는 물질을 함유하지 않은 경우에는 N,N-다이옥틸옥탄아민 (트라이옥틸아민)의 아세트산뷰틸 용액으로 추출한 후 불꽃 중에 분무하여 크로뮴을 정량할 수 있다.

1.3.2 아세틸렌-공기 불꽃에서는 철, 니켈 등의 의한 방해를 받는다. 이 경우 황산소듐, 이황산포타슘 또는 이플루오르화수소암모늄을 10 g/L 정도 가하여 분석하거나, 아세틸렌-산화이질소 불꽃을 사용하여 방해를 줄일 수 있다.

2.0 용어정의

2.1 표준원액

정확한 농도를 알고 있는 비교적 고농도의 용액으로, 고순도 시약을 이용하여 정확하게 조제하거나, 일반적으로 1 000 mg/kg 농도에서 소급성이 명시된 인증표준물질을 구입하여 사용한다.

2.2 표준용액

검정곡선 작성에 사용되며, 용도에 따라 표준원액을 적당한 농도 범위로 묽혀 조제한다. 표준용액은 가능한 한 시료의 매질과 동일한 조성을 갖도록 조제해야 한다.

2.3 현장바탕 시험용액

현장바탕시험은 현장에서의 채취 과정, 시료의 운송, 보관 및 분석 과정에서 생기는 문제점을 찾는 데 사용되는 시험으로, 시료와 동일한 절차를 거쳐 얻어진 용액을 말하며, 시료용액의 결과 보정에 사용된다.

3.0 분석기기 및 기구

3.1 시료전처리를 위한 장치 및 기구

3.1.1 자기도가니

부피 20 mL ~ 30 mL

3.1.2 백금도가니

30번, 부피 20 mL ~ 30 mL

3.1.3 전기로

500 °C 이상 강열 (ignition)이 가능한 전기가열로

3.1.4 부피 플라스크

50 mL 부피

3.2 시료분석을 위한 장치 및 기구

3.2.1 원자흡수분광광도계

원자흡수분광 분석용 1식

3.2.2 속빈음극램프

원자흡수분광광도법에 의한 금속원소 분석용

4.0 시약 및 표준용액

4.1 시 약

4.1.1 질산 - 염산법

4.1.1.1 질산 (HNO_3 , nitric acid, 분자량: 63.01, 순도 70.0 %)**4.1.1.2 질산 (1 + 4)**

질산과 정제수를 부피비가 (1 : 4)가 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.1.3 질산 (2 + 98)

질산과 정제수를 부피비가 (2 : 98)이 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.1.4 염산 (HCl , hydrochloric acid, 분자량: 36.46, 순도 36.5 % ~ 38.0 %)**4.1.1.5 염산 (1 + 1)**

염산과 정제수를 부피비가 (1 : 1)이 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.2 질산 - 과산화수소수법**4.1.2.1 질산 (HNO_3 , nitric acid, 분자량: 63.01, 순도 70.0 %)****4.1.2.2 과산화수소 (H_2O_2 , hydrogen peroxide, 분자량: 34.01, 순도 30.0 %)****4.1.2.3 질산 (1 + 1)**

질산과 정제수를 부피비가 (1 : 1)이 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.2.4 질산 (1 + 4)

질산과 정제수를 부피비가 (1 : 4)가 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.2.5 질산 (2 + 98)

질산과 정제수를 부피비가 (2 : 98)이 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.3 질산법

4.1.3.1 질산 (1 + 5)

질산과 정제수를 부피비가 (1 : 5)가 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.3.2 질산 (2 + 98)

질산과 정제수를 부피비가 (2 : 98)이 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.4 마이크로파 산분해법

4.1.4.1 질산 (HNO_3 , nitric acid, 분자량: 63.01, 순도 70.0 %)

4.1.4.2 염산 (HCl , hydrochloric acid, 분자량: 36.46, 순도 36.5 % ~ 38.0 %)

4.1.4.3 혼합산 (5.55 % HNO_3 /16.75 % HCl)

정제수 500 mL에 질산 55.5 mL와 염산 167.5 mL를 녹이고, 최종 부피를 1 L가 되도록 묽힌다.

4.1.4.4 혼합산용액 (3 % HNO_3 /8 % HCl)

4.1.4.3의 용액을 약 2 배로 묽힌다.

4.1.5 저온회화법

4.1.5.1 염산 (1 + 1)

염산과 정제수를 부피비가 (1 : 1)이 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.5.2 (2 + 98) 염산

염산과 정제수를 부피비가 (2 : 98)이 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.5.3 과산화수소수 (H_2O_2 , hydrogen peroxide, 분자량: 34.01, 순도 30.0 %)

4.1.6 용매추출법

4.1.6.1 다이에틸다이싸이오카밤산 추출법

4.1.6.1.1 시트르산이암모늄 용액 (100 g/L)

시트르산이암모늄 ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_7$, ammonium citrate, 분자량: 226.19) 10 g을 정제수 약 80 mL에 녹인다. 암모니아수 (1 + 1)를 떨어뜨려서 pH를 약 7로 조절한 다음, 정제수를 가하여 100 mL로 만들어준다. 이것을 분별깔때기에 옮겨 담고 디티존 · 클로로폼 용액 (0.05 g/L) 소량을 가한 다음 잘 흔들어 섞고 정치하여 클로로폼층을 분리한다. 이 조작을 클로로폼층이 녹색을 계속 유지할 때까지 반복한다. 다음에 정제 클로로폼 5 mL ~ 10 mL를 가하고 잘 흔들어 섞은 다음 정치하여 클로로폼층을 분리한다. 정제수 층을 마른 여과지로 여과해서 클로로폼의 작은 입자를 제거한다.

4.1.6.1.2 브로모티몰블루 용액 (1 g/L)

브로모티몰블루 ($\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{Br}_2\text{O}_5\text{S}$, bromothymol blue) 0.1 g을 에탄올에 녹여 100 mL로 한다.

4.1.6.1.3 다이에틸다이싸이오카밤산소듐 용액 (10 g/L)

다이에틸다이싸이오카밤산소듐 · 3수화물 $[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NNaCS}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$, sodium diethyldithiocarbamate trihydrate, 분자량: 225.30] 1 g을 정제수에 녹여 100 mL로 한다. 찬 곳에 보관하여야 하며 장기간 보관할 수 없으므로 사용할 때에 조제한다.

4.1.6.1.4 아세트산부틸 ($\text{CH}_3\text{CO}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$, butyl acetate)

4.1.6.2 디티존 · 클로로폼 추출법

4.1.6.2.1 시트르산이암모늄 용액 (100 g/L)

4.1.7.1.1에 따른다.

4.1.6.2.2 염산하이드록실아민 용액 (100 g/L)

염산하이드록실아민 ($\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$, hydroxylamine hydrochloride, 분자량: 69.49) 10 g을 정제수에 녹여 100 mL로 한다.

4.1.6.2.3 티몰블루 용액 (1 g/L)

티몰블루 ($\text{C}_{27}\text{H}_{30}\text{O}_5\text{S}$, thymol blue) 0.1 g을 에탄올 90 mL에 녹이고 정제수를 가하여 100 mL로 한다.

4.1.6.2.4 암모니아수 (1 + 1)

암모니아와 정제수를 부피비가 각각 (1 : 1)이 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.6.2.5 암모니아수 (1 + 100)

암모니아와 정제수를 부피비가 각각 (1 : 100)이 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.6.2.6 디티존 · 클로로폼 용액 (0.3 g/L)

새로 정제한 디티존 ($\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{N}_4\text{S}$, Diphenylthiocarbazone) 0.3 g을 클로로폼에 녹여 1 L로 한다.

4.1.6.2.7 염산 (2 + 98)

염산과 정제수를 부피비가 각각 (2 : 98)이 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.6.3 트라이옥틸아민 추출법

4.1.6.3.1 과망간산포타슘 용액 (3 g/L)

과망간산포타슘 (KMnO_4 , potassium permanganate, 분자량: 158.03) 0.3 g을 정제수에 녹여서 100 mL로 한다.

4.1.6.3.2 황산 (1 + 2)

황산과 정제수를 부피비가 각각 (1 : 2)가 되도록 혼합하여 조제한다.

4.1.6.3.3 트라이옥틸아민 아세트산부틸 용액 (3 g/L)

트라이옥틸아민 ($((\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7)_3\text{N}$, trioctylamine, 분자량: 353.68) 0.3 g을 아세트산부틸에 녹여서 100 mL로 한다.

4.1.6.3.4 아세트산부틸 ($\text{CH}_3\text{CO}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$, butyl acetate)

4.1.7 원자흡수분광광도계용 기체

4.1.7.1 가연성 기체

아세틸렌 (C_2H_2)

4.1.7.2 조연성 기체

공기 또는 아산화질소 (N_2O)

4.2 표준용액

4.2.1 크로뮴 표준원액 (1 mg/mL)

시약용 다이크로뮴산포타슘 (표준시약) 0.283 g을 정제수에 녹여서 정확히 100 mL로 한다. 경질 유리병에 보존한다. 또는 소급성이 명시된 인증표준물질을 구입하여 사용한다.

4.2.2 크로뮴 표준용액 (0.1 mg/mL)

크로뮴 표준원액 (1 mg/mL)을 정제수로 정확하게 10 배로 묽게 한다. 이 용액은 사용 시에 항상 새로 조제한다.

5.0 시료채취 및 관리

5.1 채취위치 및 채취점의 선정

5.1.1 채취위치의 선정

ES 01301.1 배출가스 중 먼지 - 반자동식 측정법의 5.1 측정위치의 선정에 따른다.

5.1.2 채취점의 선정

ES 01301.1 배출가스 중 먼지 - 반자동식 측정법의 5.4 측정점의 선정에 따른다.

5.2 시료채취장치

5.2.1 시료채취장치는 시료채취관, 시료채취장치, 흡입기체 유량측정장치, 기체흡입장치 등으로 구성되며 ES 01301.1에 규정한 것을 사용한다.

5.2.2 시료채취장치는 그림 2와 같다. 이것을 시료채취장치용 스테인리스강제 홀더 (그림 3)에 연결하여 사용한다. 이 때 여과지는 유리섬유제, 석영섬유제 (또는 셀룰로스제) 여과지를 사용한다.

[주 1] 셀룰로스제 여과지를 써서 시료를 채취할 때에는 전처리 시 분해법 및 용매추출법을 따라서는 안 된다.

[주 2] 굴뚝 배출가스의 온도와 여과지와의 관계는 예시 표 1에 따른다.

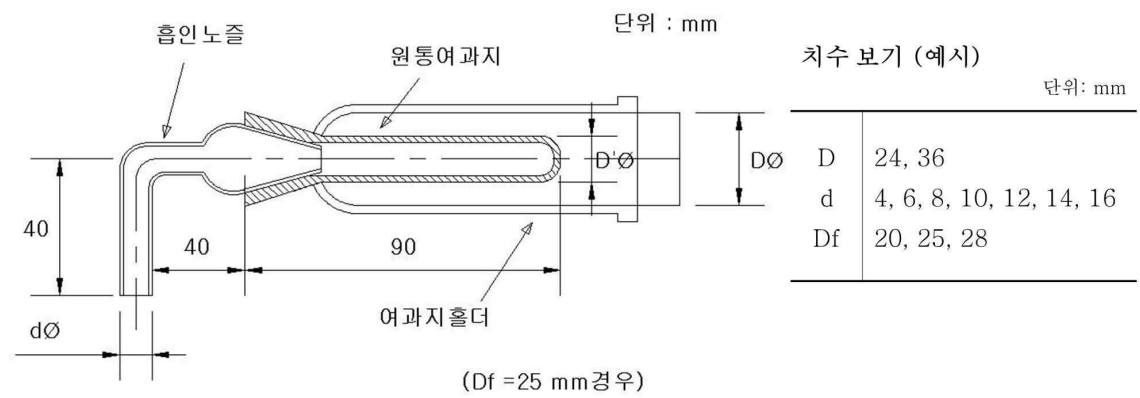


그림 1. 경질유리제 또는 석영유리제 시료채취장치

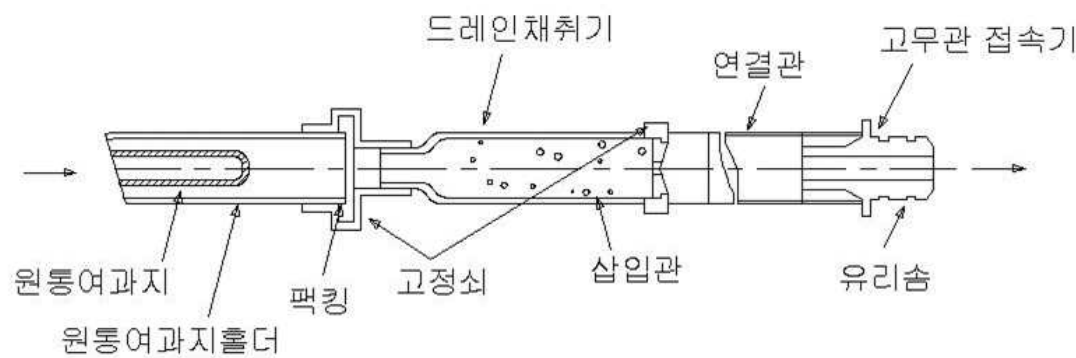


그림 2. 시료채취장치용 스테인리스강제 홀더

표 1. 굴뚝 배출가스 온도와 여과지의 관계

굴뚝 배출가스의 온도	여과지
120 ℃ 이하	셀룰로스 섬유제 여과지
500 ℃ 이하	유리섬유제 여과지
1 000 ℃ 이하	석영섬유제 여과지

5.3 시료채취

ES 01301.1 배출가스 중 먼지 - 반자동식 측정법의 5.5 시료채취에 따른다.

6.0 정도보증/정도관리(QA/QC)

6.1 내부정도관리

6.1.1 방법검출한계 및 정량한계

방법검출한계 및 정량한계는 ES 01001 정도보증/정도관리의 4.0 검출한계에 따라 측정한다. 측정한 방법검출한계는 시험방법에서 제시한 값 이하이어야 한다.

6.1.2 정밀도 및 정확도

실험실의 정확도 (accuracy) 및 정밀도 (precision) 시험은 해당 실험실이 본 시험방법을 수행할 능력이 있는지를 검증하기 위해 실시한다. 분석물질을 포함하고 있지 않은 유사한 매질에 일정량의 표준물질을 첨가 (정량한계의 1 배 ~ 5 배 농도)한 시료, 또는 유사한 매질의 인증표준물질 (CRM, certified reference material) 시료를 4 개 이상 준비한다. 7.0과 동일한 절차로 측정하여 평균값과 표준편차를 구한다. 정확도는 첨가한 표준물질의 농도에 대한 측정 평균값의 상대백분율 (회수율)로서 나타내며, 정밀도는 측정값의 % 상대표준편차 (% RSD)로 산출한다.

$$\text{정확도 (\%)} = \frac{\bar{x}}{X_i} \times 100 \quad (\text{식 1})$$

$$\text{정밀도 (\%)} = \frac{s}{x} \times 100 \quad (\text{식 2})$$

여기서, s = 표준편차

X_i = 알고 있는 농도

\bar{x} = 평균 측정값

이와 같이 측정했을 때 정밀도는 10 % 이내, 정확도는 75 % ~ 125 % 이내이어야 한다. 또한 전처리를 제외한 분석과정에서의 정확도는 정확한 농도를 알고 있는 표준용액을 4 회 이상 분석하여, 동일한 방법으로 산출할 수 있다.

6.1.3 검정곡선의 작성 및 검증

정량범위 내에서 바탕시료를 제외한 3 개 이상의 농도에 대해 검정곡선을 작성하고 얻어진 검정곡선의 결정계수 (R^2)가 0.98 이상 또는 감응인자의 상대표준편차가 20 % 이내이어야 하며 상관계수나 상대표준편차가 허용범위를 벗어나면 재작성하도록 한다. 시료분석 과정 중, 검정곡선의 직선성을 검증하기 위하여 각 시료군마다 1 회씩의 검정

곡선 검증을 실시하는 것이 바람직하다. 검증은 방법검출한계의 (5 ~ 50) 배 또는 검정곡선의 중간 농도에 해당하는 표준용액에 대한 측정값이 검정곡선 작성 시의 값과 10 % 이내에서 일치하여야 한다. 만약 이 범위를 넘는 경우, 검정곡선을 재작성하여야 한다. 이 때 검정곡선 작성용 표준용액은 제조한 표준물질과는 다른 회사의 표준물질을 사용하여 조제하는 것이 바람직하다.

6.1.4 방법바탕시료의 측정

방법바탕시료 (method blank)는 실제시료와 동일한 방법으로 전처리·분석되어야 하며 측정값은 방법검출한계 이하이어야 한다. 시료군마다 1 개의 방법바탕시료를 측정한다.

6.1.5 내부정도관리 주기

내부정도관리 주기는 방법검출한계, 정밀도와 정확도의 측정은 연 1 회 이상 측정하는 것을 원칙으로 하며, 분석자의 변경, 분석 장비의 수리나 이동 등 주요 변동사항이 발생한 경우에는 수시로 실시한다. 검정곡선의 검증 및 방법바탕시료의 측정은 시료군당 1 회 실시하여야 한다.

7.0 분석절차

7.1 전처리

채취한 시료는 다음과 같이 처리하여 분석시료용액을 제조한다 (이하 시료용액이라 한다). 이 때, 처리방법에 있어서의 조작은 바깥지름 25 mm의 원통형 여과지를 썼을 때를 기준으로 한다. 바깥지름 25 mm 이외의 원통형 여과지를 썼을 경우에는 단면적에 비례하여 사용하는 시약 양을 증감한다.

7.1.1 회화법

7.1.1.1 시료^㉔를 채취한 여과지를 적당한 크기로 자르고 자기도가니에 넣은 다음, 전

[1] 시료에는 흡입구로부터 여과지까지의 관의 내면에 붙은 것도 적당한 방법으로 가

기로^[2]를 써서 500 °C에서 회화^[3]한 후 백금도가니에 옮겨 넣는다.

7.1.1.2 여기에 황산 (1 + 3) 몇 방울과 플루오르화수소산 20 mL를 가하고 통풍실 안에서 열판 위에 올려놓고 극히 서서히 가열한다. 황산의 흰 연기가 발생하기 시작하면 온도를 올려서, 황산의 흰 연기가 없어질 때까지 가열한다.

7.1.1.3 방치하여 냉각한 후 황산 (1 + 3) (1 ~ 2) 방울과 플루오르화수소산 5 mL를 가하고, 재차 황산의 흰 연기가 발생하지 않을 때까지 가열한다. 이어 백금도가니를 직화로 가열하여 서서히 온도를 올려서, 황산의 흰 연기가 발생하지 않을 때까지 가열한 다음 방치하여 냉각한다.

7.1.1.4 용융제로서 탄산소듐 2 g과 질산소듐 0.1 g을 가한 다음 서서히 온도를 올려서 강열하여 녹이며, 이따금 도가니를 흔들어서 내용물을 잘 섞고 약 20 분간 용해 조작을 계속한다. 방치하여 냉각한 내용물을 백금도가니와 함께 200 mL 비커에 옮겨 넣고 소량의 온수를 가하여 물중탕에서 가열, 추출한다.^[4]

[주 3] 분해가 어려운 시료를 녹일 때에는 먼저 쓴 용제에 다시 붕산소듐 (무수) 0.2 g 정도를 가한다.

7.1.1.5 백금도가니를 닦아내고 질산 (1 + 1) 2 mL를 가하여 붙어있는 생성물을 완전히 녹이고 먼저의 비커에 물로 씻어 넣는다. 동시에 백금도가니의 덮개도 물로 씻어 씻은 액을 합친다.

7.1.1.6 질산 (1 + 1) 8 mL와 과산화수소수 (30 %) 1 방울을 가한 다음, 비커를 시계접시로 덮고 끓여서 이산화탄소를 쫓아내는 동시에 완전히 녹이며^[5], 냉각 후 부피 플라스크 50 mL^[6]에 옮겨 넣고, 정제수를 표선까지 가한 다음 이것을 시료용액으로 한다.

한다.

[2] 다량의 탄소를 함유하는 시료인 경우는 산화가 곤란하므로 충분히 시간을 갖고 회화할 필요가 있다.

[3] 시료 중에 유기물과 유리 탄소를 거의 함유하지 않는 경우는 이 조작을 생략하여도 좋다.

[4] 역류방지기에 크로뮴이 붙어있는 경우에는 온수와 질산 (1 + 1) 몇 방울로서 추출하여 거르고 세척하여 자기도가니에 옮겨 거의 건조될 때까지 농축한 다음 주용액에 가한다.

[5] 잔류물이 있을 경우에는 거르고, 정제수로 씻은 다음 여과지를 백금도가니에 옮겨서 600 °C에서 회화하고 위에 실시한 탄산소듐을 용해하여 용해액을 합친다.

7.1.1.7 별도로 여과지에 대하여 같은 조작을 하여 현장바탕시험용액으로 한다.

7.1.2 용매추출법

크로뮴 함유량이 미량인 경우에는 다음 방법을 이용한다.

7.1.2.1 7.1.1에서 조제한 시료용액 적당량 (Cr로서 0.005 mg ~ 0.1 mg을 함유함)을 100 mL 비커에 취하고 여기에 황산 (1 + 2) 2 mL를 가한다. 과망간산포타슘 용액 (질량분율 0.3 %) 몇 방울을 가하고 가열한다.

7.1.2.2 과망간산 이온의 색이 옅어지면 다시 과망간산포타슘 용액 (질량분율 0.3 %) 을 가한 다음 조심히 5 분간 끓이고 붉은색이 남을 때까지 이 조작을 되풀이 한다.

7.1.2.3 흐르는 물에 냉각하고 이것을 분별깔때기에 옮긴 다음 정제수를 가하여 부피 약 100 mL로 하고, 트라이-n-옥틸아민의 아세트산-n-부틸^m 용액 (질량분율 3 %) 20 mL를 가한 다음, 10 분간 흔들어 섞고 정치한다.

7.1.2.4 분리한 아세트산-n-부틸층을 분리하고 흡광도를 측정하여 검정곡선에서 시료 용액 중의 크로뮴량을 구한다.

7.1.2.5 별도로 현장바탕시험용액을 써서 같은 조작을 하여 결과를 보정한다.

7.1.3 산분해법

ES 01400.1 배출가스 중 금속화합물 - 원자흡수분광광도법의 7.1.1 산분해법을 이용할 수 있다. 다만, 크로뮴의 경우 삼산화이크로뮴(Cr_2O_3)는 단단한 결정 구조를 가지며 산에 강한 저항력을 지닌다. 이러한 물질이 존재할 때, 시료의 전처리법으로 회화법을 사용하는 것이 바람직하며, 회화법으로도 시료의 완전한 용출은 이루어지지 않을 수 있다.

[6] 사용하는 플라스크는 크로뮴의 양에 따라서 그의 크기를 바꾸어도 좋다. 이때 용해에 쓰는 산량을 액량에 비례하여 증감한다.

[7] 아세트산-n-부틸케톤을 써도 좋다.

7.2 측정법

7.2.1 절대검정곡선법

7.2.1.1 시료의 측정

7.2.1.1.1 크로뮴의 속빈음극램프를 점등하고 안정화시킨 후 측정파장 357.9 nm 또는 이에 상당하는 주파장을 갖는 여과지를 써서 7.1.1에서 조제한 시료용액을 사용하여 흡광도 또는 흡광퍼센트를 측정하여 검정곡선에서 크로뮴의 양을 구한다. 최고농도를 벗어나는 시료에 대해서는 희석하여 재측정 한다.

7.2.1.1.2 별도로 현장바탕 시험용액을 써서 같은 조작을 하여 결과를 보정한다.

7.2.1.2 검정곡선의 작성

7.2.1.2.1 회화법으로 전처리한 시료

크로뮴 표준용액 (0.1 mg/mL)을 0.1 mL ~ 10 mL의 범위에서 단계적으로 취하고 정제수를 가하여 부피를 50 mL가 되도록 한다. 이 용액에 대해 7.2.1과 동일하게 조작하여 크로뮴 농도와 흡광도와와의 관계로부터 검정곡선을 작성한다. 여기서 검정곡선을 작성할 때 사용하는 시약에서 생성하는 염류와 산과의 농도는 시험용액과 일치시킨다. 표준물질을 이용하여 검정곡선을 작성한 후 연속하여 시료의 농도를 측정하여야 한다.

7.2.1.2.2 용매추출법으로 전처리한 시료

크로뮴 표준용액 (0.1 mg/mL) 0.1 mL ~ 10 mL를 단계적으로 취하고, 황산 (1 + 2) 2 mL를 가한다. 이것을 분별깔때기에 옮기고 다시 정제수를 가하여 부피를 약 100 mL로 하고, 위와 동일한 방법으로 조작하여 크로뮴 농도와 흡광도와와의 관계로부터 검정곡선을 작성한다. 표준물질을 이용하여 검정곡선을 작성한 후 연속하여 시료의 농도를 측정하여야 한다.

7.2.1.2.3 산분해법으로 전처리한 시료

크로뮴 표준용액 (0.1 mg/mL)을 0.1 mL ~ 10 mL의 범위에서 단계적으로 취하고 정제수를 가하여 부피를 50 mL가 되도록 한다. 이 용액에 대해 7.2.1과 동일하게 조작하여 크로뮴 농도와 흡광도와와의 관계로부터 검정곡선을 작성한다. 여기서 검정곡선을 작성할 때 사용하는 시약에서 생성하는 염류와 산과의 농도는 시험용액과 일치시킨다. 표준물질을 이용하여 검정곡선을 작성한 후 연속하여 시료의 농도를 측정하여야 한다.

8.0 결과 보고

8.1 농도의 계산

배출가스 중의 크로뮴 농도는 표준상태 (0 °C, 760 mmHg)로 환산한 건조시료가스 1 Sm³ 중의 크로뮴을 mg 수로 나타내며, 다음 (식 3)에 따라서 계산한다.

$$C = \frac{m \times 10^3}{V_s} \quad (\text{식 3})$$

여기서, C : 크로뮴 농도 (mg/Sm³)

m : 시료 중의 크로뮴량 (mg)

V_s : 건조시료가스량 (L)

8.2 결과의 표시

측정결과는 mg/Sm³ 단위의 소수점 넷째 자리까지 계산하고, 결과 표시는 소수점 셋째 자리로 표기한다.

9.0 참고자료

9.1 EPA METHOD IO-3, "Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air", USEPA, (1999)

9.2 JIS K 0083, "Method for determination of metals in flue gas", apanese industrial standards committee, (2017).

9.3 EPA METHOD 29, "Determination of Metals Emissions from Stationary Sources", USEPA, (2017)

9.4 EPA Method 3051A, "Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils", USEPA, (2007)

9.5 한국산업표준 (KS), KS I 2200, "연도가스의 오염물질 측정방법", 산업표준심의회, (2014)

10.0 부록

표 2. 시험기준 요약표

배출가스 중 크로뮴화합물 - 원자흡수분광광도법 (Chromium Compounds in Flue Gas - Atomic Absorption Spectrophotometry)	
분자식 및 특징: Cr, 원자번호 24, 원자량 51.99, 주 산화상태 +1 ~ +6	
정량범위:	(0.100 ~ 5.000) mg/Sm ³ (분석용 시료용액 250 mL, 건조시료가스량 1 Sm ³ 인 경우)
간섭물질:	철, 니켈 등
시료채취	
방법:	입자상물질 : ES 01301.1 배출가스 중 먼지 - 반자동식 측정법
흡수액:	해당없음
흡입속도:	해당없음
표준채취량:	해당없음
이동:	해당없음
보관:	해당없음
분석용 시료용액:	250 mL (여과지 전처리)
Blank:	250 mL (공여과지 전처리)
측정	
방법:	원자흡수분광광도법
물질:	Cr
표준물질:	크로뮴 표준용액 (10 mg/L)
검정곡선:	표준용액(10 mg/L)을 시료의 농도에 따라 0.1 mL ~ 25 mL 범위 내에서 100 mL 부피플라스크에 단계적으로 취한 후 시료용액과 동일한 조건이 되도록 산을 가한 후 정제수를 표선까지 채움.
전처리:	산분해법, 마이크로 산분해법 등
파장:	357.9 nm
램프:	크로뮴 속빈음극램프
정도관리	
주기:	연 1 회 이상
방법검출한계:	0.030 mg/Sm ³
정밀도:	상대표준편차 10 % 이내
정확도:	(75 ~ 125) %
검정곡선:	결정계수가 0.98 이상 또는 감응인자의 상대표준편차가 20 % 이내
방법바탕시료:	방법검출한계 이하