

제 목	국 문	작업장 공기중 Cr(VI) 측정 방법 비교	
	영 문	Comparison of Sampling and Analytical Methods for Determining Airborne Hexavalent Chromium in Workplace	
저 자 및 소 속	국 문	신용철, 이병규 인제대학교 산업안전보건학과	
	영 문	Yong Chul Shin, Byung Kyu Lee Dept. of Industrial Safety and Health, Inje University	
분 야		발 표 자	이 병 규
진행 상황	연구완료 (O), 연구중 () → 완료 예정 시기 : 년 월		
<p>1. 연구목적</p> <p>본 연구는 크롬도금 공정에서 발생된 hexavalent chromium(Cr(VI)) 농도를 결정하기 위한 다양한 측정방법들을 비교하고, Cr(VI) 시료 전처리 방법인 hot plate를 이용한 가열방법과 초음파추출기를 이용한 방법을 비교하기 위해 수행되었다.</p> <p>2. 연구방법</p> <p>(1) 연구대상 측정방법</p> <p>본 연구 대상인 5가지 측정방법은 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수정 NIOSH Method 7600: PVC 여과지로 채취, 2% NaOH/3% Na₂CO₃에 의한 가열추출, IC-visibile absorption detector (IC/VAD)로 분석 • 신용철 등 제안 방법: PVC 여과지로 채취, 채취즉시 2% NaOH/3% Na₂CO₃ 용액 첨가·보관, 가열추출, IC-VAD로 분석 • ASTM D 5281-92: 0.02N NaHCO₃이 담긴 임편저로 채취, 가열, IC-VAD로 분석 • OSHA Method ID-215: PVC 여과지로 채취, 10% Na₂CO₃/2% NaHCO₃에 의한 가열추출, IC-VAD 분석 • 임편저/2% NaOH/3% Na₂CO₃: 2% NaOH/3% Na₂CO₃이 담긴 임편저로 채취, 가열/IC-VAD로 분석 <p>(2) 방법별 회수율 및 변이계수 비교</p> <p>각 측정방법별로 첨가시료에 대하여 회수율(% recovery)과 변이계수(coefficient of variance, CV) 및 통합변이계수(overall CV, CV_{pooled})를 구하여 정확도와 정밀도를 평가하였다.</p> <p>(3) 방법별 현장시료 측정결과 비교</p> <p>각 크롬 도금업체의 도금조 옆에서 5대의 개인공기시료채취기를 나란히 설치하여 동시에 5개의 시료를 채취한 후(side-by-side sampling) 각 방법을 이용하여 분석하였다. 이들 방법에 의해 산출된 측정값간의 비교는 이원분산분석(two-way ANOVA) 및 tukey 다중비교 검정법을 이용하였다.</p>			

(4) 시료 전처리 방법 비교

현재 널리 이용되고 있는 2% NaOH/3% Na₂CO₃ 존재 하에서 hot plate를 이용한 가열방법과 초음파 추출기를 이용한 초음파 전처리방법을 첨가시료 및 현장시료를 가지고 비교하였다. 첨가시료를 이용하여 두 방법의 정확도 및 정밀도를 비교하고 두 방법을 이용해 채취한 현장시료 농도 결과를 비교하였다.

3. 연구결과

본 연구에서 얻은 결과는 다음과 같다.

(1) 방법별 회수율 및 CV

각 방법들의 회수율과 CV를 산출한 결과, 수정 NIOSH Method 7600 & 신용철 등 제안방법의 경우 88.0% 및 4.39%, 임핀저/2% NaOH/3% Na₂CO₃ 방법의 경우 90.0% 및 4.40%, 임핀저/0.02N NaHCO₃ 방법의 경우 104.2% 및 3.16%, 그리고 OSHA Method ID-215의 경우 78.5% 및 4.58%이었다.

각 방법에 의한 값간의 차이를 통계 검정한 결과, 수정 NIOSH Method 7600 & 신용철 등 제안방법과 임핀저/2% NaOH/3% Na₂CO₃ 방법간에는 유의한 차이가 없었으나 ($p>0.05$), 이 세 방법은 다른 두 방법과는 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 두 가지 임핀저 방법에서 추출용액간에도 유의한 차이가 있었으며($p<0.05$), 0.02N NaHCO₃ 용액을 사용한 방법에서 높은 회수율을 보였다.

(2) 방법별 현장시료 측정결과 비교

현장시료에서 신용철 등 제안 방법과 임핀저/2% NaOH/3% Na₂CO₃ 방법간에는 유의한 차이가 발견되지 않았다($p>0.05$). 5가지 측정방법에 의한 결과들을 tukey 검정한 결과, 신용철 등 제안방법과 임핀저/2% NaOH/3% Na₂CO₃ 방법은 수정 NIOSH Method 7600 및 OSHA Method ID-215와 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

현장시료에서는 두 알칼리 용액에 따른 측정값에는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 시료 저장방법을 비교한 결과, 시료를 vial에 넣어 냉장보관하는 방법(vial/냉장)보다 신용철 등이 제안한 vial/알카리첨가/냉장보관 방법에 의한 값이 유의하게 높았다($p<0.05$).

(3) 시료 전처리 방법 비교

첨가시료에 대한 전처리 방법별 평균 회수율과 CV는 hot plate 방법에서는 88.0% 및 4.39%이었으며, 초음파 추출 방법에서는 78.5% 및 5.30%로 두 전처리 방법의 평균 회수율은 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 그러나 두 방법에 의한 현장시료 측정값은 paired t-test 검정 결과 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

4. 고찰

다양한 Cr(VI) 측정방법들을 서로 비교한 결과 신용철 등이 제안한 방법 및 임핀저 방법(2% NaOH/3% Na₂CO₃)이 시료 손실이 적은 가장 우수한 방법이었다. 본 연구는 도금공정에서 채취된 대부분 수용성으로 존재하는 Cr(VI)을 대상으로 이루어진 것이다. 만약 불용성 Cr(VI)이 존재하거나 용접흄 공정과 같은 다른 공정에서 발생된 시료의 경우 본 연구 결과와 동일하지 않을 수 있다. 이와 같이 다른 공정에서 가장 적합한 Cr(VI) 측정방법을 찾기 위해서는 추가적인 연구가 필요하리라 판단된다.