

# 탄화수소계 대체세정기술

동진종합화학 주식회사

대표이사 이외수



## 머리에

1995년 말로 1,1,1-TCE(이하 '에탄')이 全廢(전폐)된 이래, 에탄의 대체세정제는 이제 거의 모두 한국 시장에 소개된 것으로 보인다. 그러나 시중에 소개되고있는 대체세정제의 제조업체와 종류가 너무 많고, 사용자 입장에서는 도대체 무엇이 어떻게 다른지 파악하기조차 힘든 현실이다.

이렇게 상품 수가 많게 된 것은 무엇보다도 에탄과 같은 萬能의 특성을 가진 대체세정제가 없기 때문이다. 값이 싸고 세정력이 뛰어나며 難燃性(난연성)이며, 毒性이 거의 없고 使用이 간단하며, 단순 再生이 쉬운 에탄과 같은 특성을 모두 지닌 대체세정제는 아직까지도 발견되지 않고 있으며, 앞으로도 없을 것이라는 게 전문가들의 일치된 견해다.

현재 시중에는 단점들은 숨긴 채 장점만 강조한 수많은 대체세정제에 대한 정보가 넘쳐흐르고, 사용자는 깊은 혼란에 빠져 버렸다. 대체에 성공한 몇 몇 대기업을 제외하고는 대부분의 중소기업체들은 대체세정제에 대해서는 깊이 검토한 경험도 없고, 도대체 어떤 대체세정제를 구해 어떻게 자사의 공정에 맞게 원하는 淸淨度를 얻을 수 있을 지에 대한 지식도 거의 없는 상황이다.

최근에는 대체로 수계나 탄화수소계가 주류를 잡아가고 있는 추세다. 그러나 水系洗淨劑는 세정 시스템의 과다한 투자 비용과 수질오염, 녹발생, 건조문제 등으로 중소기업들이 채택하기에는 어려운 과제가 많다. 따라서 중소기업들은 탄화수소계 세정제에 가장 관심이 집중하고있다. 기름성 오일에 대한 脫脂能力이 뛰어나고, 表面張力이 작아 浸透力의 탁월하며, 값이 비교적 저렴하고 액관리가 용이한 탄화수소계로의 전환은 자연스러운 일이다.

그러나 탄화수소계 세정제는 수많은 탁월한 장점에도 불구하고, 그 자체가 근본적으로 지닌 많은 문제점을 看過(간과)하여 많은 비용을 들인 세정시스템의 치명적인 결함으로 사용자들이 곤란에 빠진 경우가 非一非再하다.

필자가 7~8년에 걸친 탄화수소계의 研究·開發과 현장경험 및 일본 등 선진국의 사례를 바탕으로 탄화수소계 세정제의 올바른 이해와 선택시 유의할 점과 대책을 검토하였다.

## 목차

1. 탄화수소계 세정제란 무엇인가?
  - 1-1 <탄화수소계의 종류>
  - 1-2 <정제로 사용되는 탄화수소>
  - 1-3 <대체 세정제의 과제>
  - 1-4 <탄화수소 세정제의 종류>
2. 탄화수소계 세정제의 장점
3. 탄화수소계 세정제의 적용상 유의점과 대책
  - 3-1 <세정 불량>
    - 1) 밀도차에 의한 세정불량
    - 2) 수계 가공유(切削油 등)의 세정불량
  - 3-2 <증기세정이 안되어 청정 레벨의 유지가 어려움>
    - 1) 감압증류
    - 2) 분별증류
  - 3-3 <건조가 늦다>
  - 3-4 <인화성이 있다>
    - 1) 안전대책.
    - 2) 소방법
  - 3-5 <인체에 대한 독성과 환경파괴>
    - 1) 대기환경보존법
    - 2) 수질오염
    - 3) 냄새
4. 결론
  - 탄화수소계 세정시 선정시 유의사항

# 1. 탄화수소계 세정제란 무엇인가?

탄화수소란 炭素와 水素가 결합된 화합물을 總稱하며, 탄소의 수와 결합 방법에 따라 파라핀계·납센계·아로마(芳香族)계·사이클로 파라핀계(액트렐계)로 나누어진다.

## 1-1 <탄화수소계의 종류>

가스 상태	액체 상태 (液狀)			고체 상태
	燃料	溶劑	潤滑·加工油劑	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 메탄 C1</li> <li>• 에탄 C2</li> <li>• 프로판 C3</li> <li>• 부탄 C4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가솔린</li> <li>• 등유 (燈油)</li> <li>• 경유 (輕油)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 알콜</li> <li>• 벤젠</li> <li>• 톨루엔</li> <li>• 키실렌 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 윤활유</li> <li>• 방청유</li> <li>• 절삭유</li> <li>• 프레스유</li> <li>• 열처리유 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 왁스</li> <li>• 아스팔트</li> <li>• 나후타린 등</li> </ul>

## 1-2 <정제로 사용되는 탄화수소>

파라핀계	방향족계		사이클로파라핀계 액트렐계
	납센계	아로마계	
선형구조(直鎖型)	파라핀계와 방향족의 중간형 飽和벤젠고리형	불포화 벤젠고리형	복합합성형 복합그물구조
냄새가 적고 피부에 자극이 적다	발암성인 방향족성분이 5~10% 함유하여 독성이 있으며, 대기오염의 규제대상이다. 냄새가 심하고 피부에 심각한 자극을 준다.	불포화 이중구조로 인체에 치명적인 독성이 있으며, 대기오염의 주요 요인이 된다. 냄새가 매우 심하며, 피부에 아주 심각한 자극을 준다	냄새가 적고, 피부에 자극이 없으며, 전부 단일구조로만 구성되어 독성이 없다. 액트렐 고유 특허의 최첨단 특수공업에 의해 제조된다.
세정력 약함	세정력 비교적 우수	세정력 우수	세정력이 가장 우수

### 1-3 <대체 세정제의 관제>

대체프레온계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HCFC-141 b</li> <li>• HCFC-225 b/c</li> <li>• PFC</li> </ul>	오존파괴지수가 높고, 지구온난화지수가 높으며, 이미 삭감스케줄이 결정되어있다. 가격이 비싸다
염소계 용제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TCE</li> <li>• 염화메틸렌</li> <li>• PCE</li> </ul>	독성이 심하고, 수질오염, 대기오염을 심각히 일으킨다. 이미 미국, 일본 등에서는 특정유해물질로 분류하여 사용을 규제하고 있다.
수용성 세정제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중성세제</li> <li>• 알칼리/산성세제</li> </ul>	배수 처리가 필요하고, 수질오염이 심각하다. 제품에 얼룩이나 녹을 발생시키고, 설비비가 많이 들고 설치 공간이 크다.
탄화수소계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 파라핀 계</li> <li>• 나프텐 계</li> <li>• 아로마 계</li> <li>• 액트렐 계</li> </ul>	건조성과 인화성이 과제다. 파라핀계나 나프텐계는 세정력이 부족하고, 독성이 심각하다. 사이클로파라핀계는 세정력이 우수하고 독성이 없다.

### 1-4 <탄화수소 세정제의 종류>

천연의 原油를 精製	석유계 탄화수소	파라핀, 방향족(납센, 아로마) 성분을 각각 일정 비율로 함유. 세정성은 좋으나, 독성이 있다
천연의 原油를 精製한 후 수소를 첨가하여 改質	납센계 탄화수소	수소의 첨가에 따라 방향족성분을 일부 납센으로 치환하고, 독성을 약간 낮추었다.
나프타를 원료로 합성 (합성탄화수소)	파라핀계 탄화수소	세정성은 매우 약하지만 독성이 적고, 냄새가 없다.
	아로마계 탄화수소	세정성은 우수하나 독성이 매우 심하다.
복합 특수 액트렐 합성	액트렐계 탄화수소	세정성이 매우 우수하며, 독성이 없고, 냄새도 매우 약하다.

## 2. 탄화수소 세정제의 장점

탄화수소계 세정제의 일반적인 장점

- ① 탁월한 洗淨力 (기름 계통 오염물에 탈지능력이 뛰어나다.)
- ② 낮은 表面張力과 높은 分散性 (틈새 침투가 용이하다.)
- ③ 선택적 溶解力 (플라스틱이나 고무에 손상을 주지 않는다.)
- ④ 일시적, 장기적 腐食 방지 (녹발생이 전혀 없다.)
- ⑤ 廢液處理가 간단하고 再生使用이 용이하다.
- ⑥ 러닝 코스트가 비교적 저렴하다.

脫脂洗淨은 1,1,1-TCE(이하 ‘에탄’)의 가장 큰 수요처였으며, 대체 작업이 가장 늦어지고 있는 분야다. 금속 가공에서는 자르기(切)·구멍뚫기(穴)·굽히기(曲)·늘리기(伸)·열처리(熱) 등 많은 공정에서 기름(油)이 사용되고 있으며, 후공정으로 가거나 제품을 出荷하기 위해서는 부착된 기름을 제거해야한다.

### 〈탁월한 세정력 : 溶解度指數〉

탄화수소계 세정제는 탈지세정에 매우 알맞은 세정제다. 왜냐하면 탄화수소계는 가공에 쓰이는 기름(加工油 예: 윤활유, 왁스, 이형제, 그리스 등)과 동일한 화학구조를 지녔으며, ‘비슷한 물질이 비슷한 물질을 녹인다(like dissolves like)’는 原則에 따라 이용하기 때문이다.

용해도지수(SP)는 분자간의 親和力을 측정하는 척도로서 분자간 「친화에너지 밀도(CED)의 제공근으로 표현된다. SP값이 서로 비슷할수록 각 물질들은 서로 쉽게 용해된다. 오염물질의 SP값은 탄화수소계 세정제의 SP값과 아주 비슷하여 기름성 오염물에 대한 탈지력은 에탄이나 삼염화에틸렌(TCE)보다도 뛰어나다.

### 〈표면장력과 분산성〉

또한 탄화수소계는 표면장력이 낮기 때문에 가는 틈새에 침투하기가 용이하여 복잡한 형상(形狀)의 부품 세정도 가능하다. 수계세정제에서는 세정에 의한 녹발생(發鏽)이 우려되지만, 탄화수소계 세정제는 일종의 기름이기 때문에 오히려 防鏽效果가 있다.

다시말해 탄화수소계 세정이란 점도가 높은 기름(분자량이 높은 탄화수소)을 점도가 낮은 기름(분자량이 낮은 탄화수소)으로 용해한 후 완전 건조시키는 방법으로 피세정물을 깨끗이 하는 것이다.

## 〈선택적 용해력〉

에탄이나 삼염화에틸렌(TCE)등 기존의 염소계 용제는 대부분의 플라스틱(樹脂)이나 고무류를 용해시킨다. 그러나 탄화수소계 세정제는 樹脂의 제거는 매우 어렵다. 즉 탄화수소계 세정제는 기름性 오일은 잘 용해하나 樹脂性 오일은 거의 용해시키지 못하는 선택성 용해력을 갖고 있다. 이 선택적 용해력을 이용하면, 수지성 부품이나 조립부품의 세정에 안전하게 사용할 수 있다.

국내 사용현장에서 필자(李外受 東進綜合化學(株) 代表理事)가 가장 많이 질문 받는 것 중의 하나가, 『탄화수소계 세정제가 피세정물에 묻은 油性잉크를 왜 세정하지 못하는가』하는 의문이다. 다시 말해 탄화수소계는 기름성의 오염물에 세정력이 전혀 없는 것이 아니냐는 것이다.

그러나 탄화수소계가 오염물인 유성잉크를 충분히 제거하지 못한다고 해도, 脫脂능력과 직접 관계한다는 의미는 아니다. 즉 잉크 지우는 것과 脫脂를 동일시해서는 안된다. 왜냐하면 유성잉크의 기름성분을 제거하지 못하는 것이 아니라 유성잉크 성분 중의 樹脂성분을 제거하지 못하는 것이기 때문이다.

종래 에탄이나 CFC-113의 세정력을 논할 때 주로 KB값을 비교하여, 에탄은 KB값이 높아서 樹脂는 물론 기름도 잘 녹인다고 설명했었다. 그러나 본래 KB값이란 것은 카오린 수지라는 천연의 폴리머에 대한 용해력의 지침이고, 탄화수소계 세정제의 탈지능력은 KB값으로 설명하는 것이 아니고, 앞서서도 설명한 SP값(溶解度指數)으로 설명된다. 세정성 비교를 위해서 방청유, 실리콘유 등 각종 가공유를 에탄과 탄화수소계로 실험하면, 탄화수소계는 에탄보다 탈지력이 우수하거나 최소한 비슷한 정도의 탈지력을 보여준다.

## 〈부식과 녹발생이 방지〉

탄화수소계 세정제는 대부분 물을 포함하지 않으며, 중성으로 금속과 반응하지 않기 때문에 부식을 시키거나 녹을 발생시키지 않는다. 오히려 탄화수소계 세정제는 활성금속 재질의 자연 산화를 억제하거나 지연시키는 역할을 한다.

일부 특수 탄화수소계 세정제는 특별히 반응성을 물질을 제거하여 방청효과를 강조한 제품들도 소개되고 있다.



## 〈러닝코스트〉

러닝코스트를 고려할 때는 단순히 세정액의 가격만을 비교해서는 안된다. 탄화수소계와 물과 비교하면, 비열이 약 1/2, 증발잠열이 약 1/7, 표면장력은 약 1/3이기 때문에 세정조의 온도 상승을 위한 에너지와 건조 및 재생을 위한 에너지가 적어서 많은 경제적 이점이 있다.

에탄과 비교해서는 탄화수소계가 증발하기 어려우므로 세정조로부터의 자연증발에 의한 세정제의 소비가 파격적으로 감소한다.

또한 특수한 특허공법으로 생산된 액트렐 탄화수소계 세정제는 반 영구적으로 반복 재생해 사용해도 변질이 되지않아 아주 경제적이다. 다만 일반 탄화수소계 세정제는 대부분 수주일 내지 수개월사용하면 변질이되어 재생이 안되는 단점이 있다. 탄화수소계 세정제를 선택할 때는 이점을 사전에 충분히 검토해야 경제적으로 사용할 수있다.

### 3. 탄화수소계 세정제의 적용상 유의점과 대책

이미 탄화수소계 세정제는 대체세정제로 국내나 일본에 많이 보급되어 있다. 그러나 세정제 공급자나 세척기 제조업체 및 사용자 모두 정확한 적용에 많은 곤란을 겪고 있다. 실제 현장에서 발생된 문제점을 중심으로 탄화수소계 세정제를 사용할 때 유의할 점 몇 가지를 간추려 그 대책을 연구해 보았다. 향후 탄화수소계 세정제를 결정할 때는 이 留意 사항을 사전에 철저히 검토하여야 한다.

#### 3-1. 세정 불량

##### 1) 밀도 차에 의한 세정 불량

<문제점>

上方向으로 우묵이 들어간 형상의 부품이나 구멍이 깊은 부품인 경우, 오염물이 세정액과 치환되기 어려워 세정 불량이 발생한다.

<대책>

부품의 형상이 상방향으로 우묵하거나 구멍이 깊은 곳에 탄화수소계 세정제가 들어가면, 내부에서 오염물과 탄화수소 세정제가 서로 용해하여 세정성을 발휘한다. 그러나 세정 후 린스(행균)단계에서 완전히 린스 되지 않은 채 상태에서 건조 공정에 가져가면 세정제는 증발하고 오염물은 남는다. 이것은 밀도 차에 의한 것으로 1.1.1-TCE (에탄) 세정에서는 일어날 수 없는 문제다. (에탄의 밀도는 약 1.3이며, 탄화수소계는 약 0.77이다)

대책으로서는 현장 경험이 많은 ‘탄화수소 세정 전문가’에 의뢰해,

▲피세정물의 세트 방법 변경 ▲샤워에 의한 세정제의 강제 공급 ▲ 搖動(요동) ▲ 回轉(회전) 등 각자에 맞는 방법을 찾아야 한다.

또 液切(액절)이 꼭 필요하므로 局所 에어나이프도 매우 유효한 경우가 많다. 에어나이프는 ▲加壓 공기의 風向 각도 ▲ 風壓 ▲ 排氣방법 ▲吸入壓 등도 중요한 변수이므로 필히 전문가들의 조언을 얻어 설계해야한다.

탄화수소계 세척기를 도입하기 위해서는 사전에 충분한 실험을 실시하여 확인해야 한다. 충분한 경험과 지식이 없는 세정제 공급업자나, 세척기 제조업체에 현혹되어 잘못 선정된 세척기로 낭패를 본 회사가 너무도 많다. 국내에서도 이미 수십개 업체가 세척기를 설치한 후, 사전에 예상치 못한 수많은 문제로 추가 비용이 발생하고, 설비 가동이 수주일에서 많게는 수개월씩 지연되고있어 경영에 어려움을 겪고있다.

## 2) 수용성 절삭유(加工油)의 세정 불량

<문제점>

수용성 절삭유가 부착된 부품은 탄화수소계 세정제로 세정시 대부분 세정 불량 발생한다. 脫脂와 脫水를 동시 1개 세정 장치로 겸용할 경우에는 특별한 대책을 세워야 한다. 혹은 탄화수소 세정제에 특수한 계면활성제를 첨가한 별도 Grade를 사용해야 하는데, 이 경우에도 세척기에 대책을 세워야 한다.

### <수용성 절삭유에 대한 대책>

절삭유는 油溶性和 水溶性으로 분류되며, 압도적으로 수용성 절삭유가 많다.

또 수용성절삭유는 ‘에멀전 타입’과 ‘킬레이트 타입’이 있는데, 탄화수소계 세정제는 에멀전 타입의 수용성 절삭유는 잘 용해하는 데 비해 킬레이트 타입은 잘 용해 하지 못한다. 킬레이트 타입에는 첨가제가 들어있는데, 이 첨가제들이 탄화수소계 세정제에 용해되지 않고, 세정·린스·건조후 부품에 남아 세정불량을 일으키는 요인이 된다.

이 문제를 해결하는 방법은 킬레이트 타입을 에멀전 타입이나 유용성 절삭유로 바꾸어 사용하는 방법과 ED-33을 사용하는 방법 등 두가지 방법이 있다.

ED-33은 최근에 개발된 「水置換 세정제」로 脫脂와 脫水가 동시에 가능한 신제품이다. 이미 일본 등 선진국에서는 널리 실용화되고 있다. 水置換이란 피세정물의 표면에 남아 있는 물을 응집시켜 분리하는 것이다. 보통의 범용 세정에서는 ED-33만을 사용하면된다. 또 정밀 세정에서는 본래의 세정 장치의 前공정에 「탈수세정」으로 적용하는 방법도 개발되어 있다.

### 3-2 증기 세정이 안되어 청정레벨 (要求清淨度)의 유지가 어려움.

세정제에 오염물이 축적되면 세정성이 저하하므로 오염을 관리할 필요가 있다. 피세정물의 要求清淨도와 허용하는 오염량의 관계를 計量的으로 파악하여 대책을 세워야 한다. 또 오염물 성분 중에는 금속가공유의 添加劑(첨가제)가 함유되어 있으며, 이 첨가제가 분해되어, 피세정물은 물론 세척기의 부식을 가져오므로 부식 억제 대책이 필요하다.

### <청정 유지 대책 - 再生>

1.1.1-TCE(에탄)의 마무리 세정에서는 증기세정법이 사용된다. 따라서 증기세정조에서 에탄을 증발시켜 항상 깨끗한 세정액이 공급되고, 응축에 의한 증기 세정으로 정밀세정에 아주 적합하다. 또한 에탄은 비점이 74℃로 단일한 온도인데 반해 탄화수소계 세정제는 보통 158℃~188℃로 高溫이며 범위가 넓고, 화재 안전성 문제로 증기세정은 곤란하다.

이와같이 탄화수소계 세정은 증기세정이 불가능하고 담금(浸漬)이 원칙이 되어 있어, 일정한 시간이 경과하면 오히려 재오염이 되어, 要求清淨度 유지에 절대적으로 영향을 주게된다.

탄화수소계 세정제의 요구청정도를 유지하는 가장 좋은 방법은 순환 再生하여 항상 깨끗한 세정제를 공급해 주는것이다.

재생하는 방법에는 여과(filtration)과 증류(distillation)가 있다.

여과는 각 세정조에 강제 순환식으로 카트리지 필터를 설치하는 것으로 고형 오염물을 제거하는 것이다. 각사의 요구청정도에 따라 적절한 규격의 필터를 설치하고 주기적으로 교환해 주면 된다. 또 필터는 가능하면 각조 마다 설치하는 것이 효과적이다. 필터를 거틴 세정제를 임시 보관할 보조탱크를 설치하면 화재예방에도 좋다.

증류방법에는 분별증류식과 감압증류식이 있다.

감압증류식은 감압을 시켜 용제의 비점을 낮춰 재생하는 방법으로 설비비용이 높은 단점이 있다. 일본에서는 10개 사가 개발하여 약 3~400만엔선에 시판되고있다.

분별증류식은 5년전 오리엔트초음파社가 개발하여 최근에 특허를 얻은 것으로, 석유정제 공정을 시뮬레이션하여 축소한 방식이다. 재생 회수율과 재생 순도가 매우 우수하고, 가격은 감압식의 40%~50%선으로 저렴하다. 국내에는 지난 5년간 30여대가 보급되어있다. 그러나 분별증류식의 단점은 오염물중에 염소계 파라핀 등의 극압 첨가제가 포함해 있을 경우, 이 첨가제가 분해되어 부식작용이 일어나므로, 사전에 첨가제의 성분을 조사해야한다.

참고) 분별증류식 실용신안등록

등록번호 제 103922 호 <액트렌을 포함한 탄화수소계 세척제의 분별증류재생기>

등록일 1997년 3월 4일 출원년도 : 1993년

#### <린스 조의 오염 농도 관리>

린스 조의 오염 농도는 세정 레벨에 영향을 주기 때문에, 정밀 세정에서는 0.1%이하, 보통 세정에서는 數%이하로 관리 할 필요가 있다.

표) 린스조 허용 오염농도 예

조건	도장 전	납 땀	리드프레임	열처리전	공정간 세정
오염농도	0.5% 이하	0.2% 이하	0.1% 이하	1~3% 이하	5~10%

예를 들어 2조식 세척기의 경우, 시간당 1ℓ의 오염물이 100ℓ 세정조에 투입한다고 가정하면 24시간 후 세정조의 오염농도는 21%가 되며, 린스조는 2.6%가 된다. 따라서 재생장치(蒸溜器)를 사용하지 않는 경우, 요구청정도가 2.6%이하인 경우에는 24시간 전에 세정제를 전량 교체해야 한다. 너무 비경제적이며 청정도 유지에 문제가 생긴다.

정밀 세정과 세정 처리량이 많은 경우에는 재생장치가 불가피하다. 그러나 세정 처리량이 적거나, 간이세정인 경우에는 재생장치의 투자비용과 세정제 교환빈도를 계산하여 유리한 쪽을 택하면 된다. 따라서 탄화수소계 세척기를 검토할 때에는 사전에 오염농도를 시뮬레이션해야 한다. 오염농도 시뮬레이션을 할 때는 석송대체세정연구소에서 독창적으로 개발한 컴퓨터 프로그램이 있으니 잘 활용할 수 있다.

<세정공정에서의 부식억제>

금속가공유에는 가공성을 높이기 위해 ‘硫黃系 첨가제’와 ‘鹽素系 첨가제’가 포함되어 있다. 이들 첨가제는 세정제에 용해되어 축적된다. 오염 관리로서 불가피한 재생 장치에는 減壓·加熱 하에서 오염 용제를 증발시켜 오염물(加工油)과 세정제 성분을 분리하지만 이 공정에서 가열에 의한 첨가제 성분이 분해하여 피세정물 및 세척기를 부식시키는 일이 있다.

표) 금속가공유 첨가제의 시차 열분석 (분해온도 예)

감량	0.5%	1.0%	5.0%	50%	95%
염소계파라핀	99℃	109℃	143℃	215℃	251℃
폴리설파이드	134℃	148℃	182℃	227℃	255℃

부식억제에 대한 대책으로서는 ① 비염소계 가공유를 채용 ② 증발효율이 높은 증류기를 채택 등 두 가지 방법이 있다. 비염소계 가공유는 세정분야는 물론 폐유처리 등의 환경대책으로서도 검토할 가치가 있다.

<증류기의 요구성능>

① 재생 순도가 높아야 한다

- 린스조는 재생순도(오염농도)에 좌우된다.
- 요구청정도에 가장 중요한 변수중에 하나다.

② 오염물(加工油)를 분해시키지 않아야 한다.

- 염소계, 유황계의 가공유 첨가제는 분해 시키지 않고 폐유로 회수한다.
- 저온 처리가 조건이다. 감압증류식이 추천된다

③ 재생 회수율이 높아야 한다

- 경제적 부담을 경감한다.
- 분별증류식이 보다 우수하다.

- ④ 세정제를 노화시키지 않는다
  - 경제성과 안정된 세정 품질을 얻을 수 있다.
- ⑤ 연속순환 재생이 가능해야 한다
  - 작업 효율과 관계된다.
- ⑥ 재생 流量이 가변적이어야 한다
  - 즉, 폐유에 따라 달라져야 한다.
- ⑦ 장치가 단순해야 한다.
  - 설비비가 적게 소요된다.
  - 정비가 용이하다.

### 3-3 건조가 늦다

탄화수소계 세정제에서의 세정시간은 건조 시간에 가장 큰 영향을 받는다. 1.1.1-TCE와 동일한 작업 시간을 원하는 경우에는 특별한 건조 시스템을 구축해야 한다.

#### <건조 대책>

탄화수소계 세정제에서 건조기술은 특히 중요하 기술로서 대체세정기술에서 가장 해결하기 어려운 과제다.

에탄과 비교해 탄화수소계 세정제는 비점이 높고, 또한 증기압이 낮으므로 건조가 느려서 세정시간에 절대적인 영향을 준다.

탄화수소계 세정제에는 저비점의 용제도 있고, 뛰어난 건조성을 얻는 것도 가능하지만 비점은 인화성과 관련이 있어, 고비점·고인화점인 용제를 사용하는 것이 좋다.

비점범위가 좁은 우수한 탄화수소계 세정제는 상대적으로 인화점이 높고 건조성이 빠른 장점이 있으므로 이러한 세정제를 선택하는 것이 좋다.

탄화수소계 세정제의 건조성은 열풍과 진공등 기계적 건조 수법이 불가피하다.

택트타임을 단축시키는 방법에는 ▲건조 공정의 증가 ▲열풍량의 증가 ▲충분한 액질 등 다양한 방법이 있다.

이와 같은 강제 건조방법 외에 최근 일본에서 개발된 새로운 건조방법 몇 가지를 소개한다.

#### ■ 도시바(東芝)사의 FRD시리즈

실리콘 용제에 특수 알코올을 첨가하여 IPA보다 5배 이상 건조가 빠르고, 소모량은 IPA의 10분의 1에 불과해 매우 경제적이다. CFC-113과 비슷한 저증발잠열과 저표면장력을 갖고 있어 건조 후 얼룩이 남지 않는다. 인체나 환경에도 전혀 해가 없다.

탄화수소계로 세정 후 FRD시리즈로 蒸氣건조나 眞空건조, 加溫건조가 가능하다.

단 인화성이 강해 방폭설비가 있어야 한다. 광학유리·웨이퍼·포코마스크·HDD·LCD등의 분야에서 많이 사용하는 방법이다.

#### ■ MASROLL건조법

압연롤 제품을 탄화수소계 세정제로 샤워 혹은 담금세정을 한 후, 빠른 속도로 진행되는 압연롤을 건조하는 방식으로, 상하에 마스롤을 설치하여 진공 흡입하여 건조한다. 건조성능이 뛰어나다. 마스롤을 표면에 특수 부직포(不織布)가 붙어 있고 내부는 진공 시스템으로 되어 있다. 이미 국내에 3대가 설치되어 좋은 효과를 얻고 있다. 1~2년마다 표면의 부직포를 A/S 받아 재 사용한다.

### 3-4 인화성이 있다

화재 안전성은 탄화수소계 세정제의 가장 큰 과제다. 충분한 지식과 원리에 대한 경험이 없는 일부 초음파 세척기 업체가 전문가들의 검증 없이 제작한 탄화수소계 세척기에서 화재가 발행한 예가 많다. 다만 최근에는 몇몇 유수의 세척기 제조 업체들이 경험을 쌓아 적극적으로 대책을 강구하고 있다. 안전성의 100%확보에는 장치 상의 대책에 덧붙여 세정 현장에서의 안전한 이용을 위한 계몽도 필요하다.

#### <화재 안전 대책>

1) 세척기 내의 분위기를 관리한다.

- 질소 충전이나 진공으로 산소를 차단한다.
- 강제 환기 : 증기 농도를 폭발 한계 하한 이하로 한다
- 연소 가스의 발생 억제 : ▲세정제 냉각 ▲고인화점 용제 ▲ 인화점 15℃ 이하 관리
- 연소가스의 누설 억제

## 2) 착화원 관리

- 전기 계통을 연소 가스 분위기밖에 설치
- 전기 계통의 방폭(防爆) 구조
- 건조 열원 대책 : ▲스팀 사용 ▲ 진공 건조 ▲ 전기 가열 역류 방지
- 대전(帶電) 방지 : ▲어스 설치 ▲ 플라스틱 바스켓, 플라스틱 배관의 폐지

## 3) 소화 설비

- 이산화탄소 자동 소화 설비의 설치

# 3-5 인체에 대한 독성과 환경 피고

## 1) <대기환경보존법>

탄화수소계 세정제는 『대기환경보전법』 제1장 제2조의 <대기오염물질>로 분류되어, 용적이 1m<sup>3</sup>인 탄화수소계 세척기는 모두 <대기오염물질배출시설>에 해당되며, <대기오염방지시설>을 필히 갖추어야한다.

만일 <대기오염방지시설>을 갖추지 않으면 <無許可 대기오염물질배출시설>로 엄격한 법적 조치를 받게되며, 대기오염물 배출회사로 紙上에 공개된다.

탄화수소계 세정제중 유일하게 엑트렐은 『대기환경보전법』 제2장 제11조 및 『환경정책기본법』 제 40 조 및 동법 시행령 30조의 규정에 의해 환경기술감리를 받아 <방지시설 설치 면제>를 받았다.

환경부에 의해 <방지시설 설치 면제>를 받지 않은 탄화수소계 세정제를 사용할 경우는

- ① 환경부장관의 허가를 받아 <배출시설(탄화수소계 세척기)>을 설치해야한다.
  - 관련법규 : 『대기환경보전법』 제2장 제10조
  - 배출시설설치허가신청서 <별지 별식 제1호>
  - 배출시설설치허가증 <별지 제2호 서식>
  - 배출시설변경허가신청서 <별지 제3호 서식>
- ② 배출시설의 설치 또는 변경에 대한 허가를 받은 자가 당해배출시설을 설치하거나 변경할 때에는 <대기오염방지시설>을 설치하여야한다.
  - 관련법규 : 『대기환경보전법』 제2장 제11조



참고

『대기환경보전법』 제1장 제2조

1호 : “대기오염물질”이라 함은 대기오염의 원인이 되는 가스·입자상 물질 또는 악취물질로서 총리령으로 정하는 것을 말한다.

<대기오염물질> 대기환경보전법시행규칙 제2조 별표1

(이하 중략) 24. 탄화수소 (이하중략) 46. 휘발성 유기화합물

9호 : “대기오염물질배출시설”이라 함은 대기오염물질을 대기에 배출하는 시설물·기계·기구 기타 물질로서 총리령으로 정하는 것을 말한다.

<대기오염물질배출시설> 대기환경보전법시행규칙 제4조 별표3

구분	배출시설(해당시설)	규모	포함시설
1. 금속제품 제조·가공시설	마. 기타금속제품제조·가공시설 - 산·알카리처리시설 - 탈지시설 - 도금시설	용적 1m <sup>3</sup> 이상 용적 1m <sup>3</sup> 이상 용적 1m <sup>3</sup> 이상	
비고 1) 위의 표에 규정된 규모 미만의 시설로서 동일사업장에 2개이상의 동종시설이 설치되어 시설의 총규모가 당해 각 항목에 규정된 규모이상일 경우의 시설은 배출시설에 포함된다. 다만, 저장시설의 경우에는 그러하지 아니하다. (이하 생략)			

10호 : “대기오염방지시설”이라 함은 대기오염물질배출시설로부터 배출되는 대기오염물질을 제거하거나 감소시키는 시설로서 총리령으로 정하는 것을 말한다.

<대기오염방지시설> 대기환경보전법시행규칙 제5조 별표4

(이하 중략) 4. 세정집진시설 (이하중략)  
 비고 : 방지시설에는 오염물질을 포집하기 위한 장치(후드), 오염물질이 통과하는 관로(다트)·오염물질을 이송하기 위한 송풍기 및 각종 펌프 등 방지시설에 부대되는 기계·기구류 (예비용을 포함한다) 등을 포함한다.

『대기환경보전법』 제2장 제10조 <배출시설의 설치허가 등>

① 배출시설을 설치하고자 하는 자는 대통령이 정하는 바에 의하여 환경부장관의 허가를 받아야한다.

·<별지 제1호 서식> 배출시설설치허가신청서

처리기관 : 특별시(환경과), 직할시 (환경보호과), 도(환경관리과 또는 환경지도과)

<별지 제2호 서식> 배출시설설치허가증

② 제1항에 의하여 허가를 받은 자가 그 허가받은 사항을 변경하고자 할 때에는 총리령이 정하는 바에 의하여 변경허가를 받거나 변경신고를 하여야 한다.

<별지 제3호 서식> 배출시설변경허가신청서

처리기관 : 특별시(환경과), 직할시 (환경보호과), 도(환경관리과 또는 환경지도과)

구비서류 ;

- 세척기의 설치 내역서 (사업장 배치도, 세부 세척기 설치도, 배출구 위치도 등 포함)
- 세척 공정도 (세정제의 저장에서 투입, 생산 등 전공정)
- 세정제의 사용량과 제품의 생산량, 오염물질의 배출량을 예측한 내역서
- 세척기의 일일 조업예정시간 및 연간가동예정일
- 방지시설의 설치 내역서와 도면
- 특정폐기물의 종류와 배출량을 예측한 내역서

『대기환경보전법』 제2장 제11조 <방지시설의 설치등>

배출시설의 설치 또는 변경에 대한 허가를 받은 자(이하 “사업자”라 한다)가 당해배출시설을 설치하거나 변경할 때에는 그 배출시설로부터 배출되는 오염물질이 제8조의 배출허용기준이하로 배출되게 하기 위하여 대기오염방지시설(이하 “방지시설”이라 한다.)을 설치하여야한다. 다만, 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니한다.

1. 환경부장관이 환경정책기본법 제40조의 규정에 의한 환경기술감리단의 기술검토를 거쳐 그 배출시설의 기능 및 공정상 오염물질이 배출허용기준 이하로 배출되는 것으로 인정하는 경우
2. 기타 방지시설의 설치외의 방법으로 오염물질이 적정처리가 가능하다고 총리령으로 정하는 경우

## 2) <수질오염>

공해물질 규제에 매우 엄격한 독일에서는 수자원 보호를 위하여 모든 물질에 대하여, 「수계에 대한 위험지수(WGK)」로 규정하고 있다. 이 WGK 수치가 높은 화학물질에 대해서는 사용 및 저장·수송 등이 엄격하게 규제되고 있다. WGK는 들쥐 섭취, 박테리아에 대한 독성테스트, 해양식물에 대한 독성테스트 등 다양한 실험을 거쳐 결정한다.

이 테스트 결과 WGZ가 결정되며, 이 수치를 근거로 WGK 지수를 결정한다.

WGZ	WGK	WGK 정의
0~1.9	0	수계에 위험성이 없음. (Not water endangering)
2~3.9	1	수계에 약간 위험성이 있음. (Slightly water endangering)
4~5.9	2	수계에 위험성이 있음 (Water endangering)
> 6	3	수계에 위험성이 높음 (Highly water endangering)

대부분의 탄화수소계 세정제는 WGK지수가 2로 분류되어 수계에 대한 위험성이 있다. 향후 탄화수소계에 대한 수질오염 문제는 커다란 과제가 될 것으로 예상되어 이에 대한 대책이 시급하다. 특히 폐액처리시 특별한 조치가 요구되는 사항이다.

그러나 엑트렐의 모든 그레이드는 WGZ 수치가 1.9미만으로 WGK=0으로 등재(List)되어 있다. 이 지수는 『수계에 위험성이 없음』을 나타낸다. 따라서 엑트렐은 폐액처리과정에서 일반적인 탄화수소계 세정제나 수계세정제에 비해 폐액처리가 비교할 수 없을 정도로 용이하다는 것을 의미한다.

## 3) <냄새>

탄화수소계 세정제에서 방향족(aromatics)의 함량이 냄새에 관해 미치는 영향은 다음과 같다. 본 테스트는 캐나다 오슬로에 있는 연구소에서 행해졌는데, 냄새 측정중 가장 과학적인 방법이라고 인정받고있는 ED-50의거 측정하였다. (Aromatic content in wt% between brackets, the second column gives the ED-50 value and the third column the odour character)

엑트렐 1047L (0.7)	380	dry/ shoe polish / herbicide
엑트렐 1047L (0.1)	130	dry/ shoe polish / herbicide
엑트렐 1083L (0.8)	200	dry/ shoe polish / heavy / wool
엑트렐 1083L (0.1)	95	dry/ shoe polish / petroleum
엑트렐 1010L (0.6)	220	shoe polish / herbicide
엑트렐 1010L (0.04)	20	odourless / heavy

위의 실험결과 내려진 결론은

- ① 탄화수소계 세정제에서 방향족 성분은 냄새의 강도에 직접적인 영향을 미친다.
- ② 단 냄새의 특성은 방향족 성분에 그리 큰 영향을 받지 않는다.

또한 대부분의 탄화수소계 세정제의 냄새 수치는 엑트렐보다 20내지 40배정도가 높아 엑트렐이 냄새가 가장 없는 탄화수소계 세정제 임이 증명되었다.

## 4. 결론

### 탄화수소계 세정제 선정시 유의사항

탄화수소계 세정제란 옛날부터 등유, 경유로 대표되는 『뉘는 기름』으로 이용해 왔다. 그러나 화재안전상 TCE로, 독성상 1.1.1-TCE 로 대체되어 현재에 이르고 있다. 프레온·에탄의 폐지 따른 대체세정제의 선택은 이 흐름에 역행하는 것처럼보이나, 탄화수소계 세정제는 정유 등의 시대에 비교해서 대폭 개량이 되고 있다. 또 세척기의 기술도 한층 발전하고 있다.

오존층의 파괴는 만능의 물질이 없다는 것을 보여주었으며, 여기에서 신규물질에 대한 기대도 점점 희박해졌다. 대체세정제는 기존물질이 전제되어야하며 또 환경친화적이고, 독성이 없는 물질이어야한다. 탄화수소계 세정제에 주목이 모아지는 것은 역행이 아니고 세정의 향상이라고 확신한다.

탄화수소계 세정제를 선택할 때 필요한 주의사항을 다시한번 정리하였다.

1. 『대기환경보전법』의 <방지시설 설치면제>를 받는 세정제를 선택해야한다.
  - <대기오염 방지시설>은 설치 비용도 엄청나게 소요되며, 아직까지 국내에는 탄화수소계용 방지시설에 대한 기술도 전무한 상태다.
  - 설치전에는 환경부장관이 지정한 감리단의 사전 허가를 받아야한다.
  - 설치한 후에는 관리인을 지정하여 법적 규정에 따라 철저히 관리해야한다.
  - 환경부의 정기 혹은 수시 감사대상으로 항상 감사에 대비해야한다.
  - 위반시는 『대기환경보전법』에 따라 대표이사와 환경책임자의 엄한 법적조치가 뒤따른다.

## 2. 정확한 인화점의 조사

- 세정제 공급업체가 제시하는 자료가 일부 틀릴 경우도 있다. 인화점을 정확히 조사하여 화재위험성에 대비하여야한다.

## 3. 재생 가능 여부

- 대부분의 탄화수소계 세정제는 고유 특성상 열에의해 쉽게 분해될수 있다. 따라서 장기간 재생에 따른 변질·분해하지 않는 세정제를 선택해야한다.
- 국내 업체들중 재생후 탄화수소계가 변질되어 실제 나타난 현상들로는
  - ① 저점도의 세정제가 고점도의 겔화가 되는 경우가 있거나 (구미 K 사 등)
  - ② 비점범위가 넓어져 인화점이 낮아지고 건조가 느려짐 (오산 D사 등)
  - ③ 세정력이 현저히 떨어짐 (부산 S사 등)
  - ④ 변질 탄화수소가 세척기 파이프등에 고착되어 관를 막는 경우 (안산 P사)

## 4. 국제적 인증여부

- 미국 환경청 (EPA) 등
- 미국 국방성 규격 (MIL-C-7024D)
- 미국 공기정화규정(The US 1990 Clean Air Act Amendments)
- 세정된 제품을 유럽에 수출시 : EU 관계법
- 그린마크(라벨)

## 5. 인체에 대한 독성

- 대기환경보전법
- 인체에 대한 독성
- 산업안전보건법

## 6. 사용상 검증

- 국내외 사용실적

