

관련 산업별 세정 프로그램 및 공정개발

국립기술품질원 유기화학과 이석우

1. 서 론

1,1,1-Trichloroethane(이하 1,1,1-TCE)과 Trichlorotrifluoroethane(이하 CFC-113)은 산업 전반에서 세정제로 광범위하게 사용되어 왔으나 오존층 파괴물질로 알려져, 1992년 몬트리올 개정 의정서에서 1996. 1. 1 부터 생산 및 사용을 전면 금지하도록 되어있다.

그러나 우리나라의 경우, 개발도상국으로 분류되어 2005년까지 사용이 가능하나 1,1,1-TCE나 CFC-113 사용량의 대부분을 수입에 의존하고 있고, 미국에서는 오존층 파괴 물질의 사용을 억제하고 규제하기 위해 제정된 공기오염방지법(Clean Air Acts, CAA)과 환경보호청(Environment Protection Agency, EPA)의 규제에 따라 1993. 5. 15부터 오존층 파괴 물질을 생산공정에 사용할 경우 경고 라벨을 의무적으로 붙이게 하여, 수출하는데 어려움이 있는 상황이어서 시급히 대체 방안을 수립해야 한다.

현재 많은 종류의 대체세정제 및 장치가 개발되어 판매되고 있기는 하나 1,1,1-TCE나 CFC-113 에 준하는 세정력, 건조력 등을 갖춘 대체세정제는 개발되지 못한 상황에서 장치를 보완하여 기존의 세정효율을 얻기위한 활동이 활발히 진행되고 있다.

또한 1,1,1-TCE 및 CFC-113을 세정제로 사용하는 업체의 대상제품의 생산공정이 독특하고 세정공정이 일괄적이지 못하기 때문에 대체세정제 및 장치를 적용하는데 곤란한 점이 있고, 정보 역시 입수하기 어려운 실정이다.

이에 본 연구에서는 산업부문을 크게 자동차, 프레스가공, 열처리가공, 도금가공, 도장·전처리, 전기·전자, 정밀기계·금속, 유리광학 분야로 크게 8가지로 분류하여 각 부문별로 업체가 요구하는 대체세정제를 선정하여 기존의 1,1,1-TCE나 CFC-113와 동등한 세정효율을 얻기위한 최적 세정공정을 개발하였다.

2. 대체세정 시스템의 구성

세정공정의 기본은 세정, 행균, 건조로 이루어진다.

수요자에 따라서는 무세정으로 전환되도록 하는 것이 최선이나, 한편으로 제품은 고정밀도, 고기능, 고신속성을 확보하기 위한 세정이 점점 필요로 하게된다. 이러한 세정을 수행하기위해 제품을 제조공정에서 보면 세정목적용, 크게 다음과 같이 나눈다.

① 중간세정(가공성의 향상을 위한 세정)

금속가공유의 탈지, 프린트기판의 플럭스제거, 제품의 도금·도장전, 렌즈 부착전 등의 표면

의 오염, 먼지 등 고형불순물 지문·얼룩 등의 세정을 말한다.
 ② 마감세정(제품 기능향상을 위한 세정)

이러한 세정목적에 따라서 세정공정은 피세정물의 특성, 오염물의 종류, 세정 마무리 품질, 환경·안전대책 등에 따라 세정액의 종류, 액온, 세정장치 및 공정의 갯수 등이 결정된다.

2-1. 대체세정제

1,1,1-TCE 및 CFC-113의 대체세정제로는 수계세정제, 준수계세정제, 비수계(용제계)세정제로 나눈다. [표 1]에 대체세정제의 종류를 나타냈다.

[표 1]. 대체세정제의 종류

대 체 세 정 제	수 계	순수 알칼리 중성(계면활성제계) 산계
	준수계	물+메틸피로리돈+첨가제(비가연물) 물+글리콜에테르+계면활성제(비가연물) 물+탄화수소+계면활성제(비가연물) 티어펜+계면활성제(가연물) 실리콘+계면활성제(가연물)
	비수계 (용제계)	탄화수소계(이소파라핀)(가연물) (노르말파라핀)(가연물) (나프텐)(가연물) 알코올계(에탄올, IPA)(가연물) 실리콘계(가연물) 불소계(HCFC-225)(비가연물) 완전불소계(퍼플루오로카본)(비가연물) 염소계(메틸렌)(비가연물) (트리클로로에틸렌)(비가연물) (테트라클로로에틸렌)(비가연물)

각종 대체세정제의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

< 온수·순수 >

장 점 : ①불연성이다. ②독성이 없다. ③오존층파괴가 없다. ④거의 수지류에 영향을 주지 않는다. ⑤오염된 기름의 물 분리성이 좋다. ⑥스프레이하여도 발포되지 않는다. ⑦세정제 가격이 저렴하다.

단 점 : ①세정력이 없다. ②금속에 대하여 방청대책이 필요하다. ③순수를 사용하는 경우 순수 제조장치가 필요하다(운전비가 든다). ④기타 수계세정제와 동일하다.

단점보완대책 : ①고압 스프레이, 샤워, 초음파, 액중분류, 요동을 병용한다. ②방청제 조를 린스 후에 설치한다. ③수계세정제와 동일하다.

< 수계세정제(중성,알칼리성) >

장 점 : ①불연성이다. ②독성이 적다. ③오존층파괴가 없다. ④거의 수지류에 영향을 주지 않는다. ⑤세정제는, 비교적 가격이 싸다(물로 희석 가능).

단 점 : ①TCE에 비하여 세정력이 약하다. 세정, 린스공정도 미세한 구멍에 침투되지 않는다. ②금속에 대하여 방청대책이 필요하다. ③재생이 불가능하다. ④폐수처리(BOD, COD, n-hexane추출분)가 필요하다. ⑤건조가 늦다. ⑥신설 세정설비, 폐수처리 설비가 필요하다(투자가 많다). ⑦공

정이 길고, 설치장소가 넓다.

단점보완대책 : ①샤워, 스프레이, 초음파, 액분류, 세정장치에 병용할 수 있다. ②세정제에 방청제첨가(알칼리성 세정제는 방청력을 갖는 것이 많다)한다. ③린스후에 방청제 조를 설치한다. ④기름오염을 세정제로 유수분리 한다(계내에서의 기름 제거. 세정제의 수명을 연장시킨다). ⑤저렴한 폐수처리 장치의 탐색. 린스하지 않는 것을 검토하여야 한다. 예) 수분증발, 막(RO, UF막), 활성탄처리, 이온교환수지처리 ⑥진공건조, 에어나이프, 원심분리의 이용, IPA 치환 건조, 퍼플루오르카본 건조(치환, 증류)를 이용한다. ⑦저렴한 장치탐색이 필요하다. ⑧컴팩트한 세정기를 탐색한다.

< 준수계세정제 >

장 점 : ①플럭스, 왁스, 그리스 등의 세정에 적합하다. ②세정시 미세한 구멍에 침투력이 있다. ③독성이 적다. ④오존층 파괴가 없다.

단 점 : ①세정제가 비교적 고가이다(원액 그대로 사용). ②물 첨가품은 세정시 가연성이다. ③재생불능이다. ④플라스틱부품에는 예비 내용재성 테스트가 필요하다. ⑤린스시 방청대책이 필요하다. ⑥건조가 늦다. ⑦폐수처리(BOD, COD, n-hexane)대책이 필요하다. ⑧신설 세정, 폐수처리 설비가 필요하다.

단점보완대책 : ①사용량의 절약을 필요로 한다. ②물 첨가품은 수분리 관리가 필요하다. 물의 무첨가품은 방폭대책이 필요하다. ③내용재성 테스트 실시가 필요하다. ④린스후에 방청제 조를 설치한다. ⑤수계세정제와 동일하다.

< 탄화수소계세정제 >

장 점 : ①기계유에 대한 용해력이 강하다. ②침투력이 있다(미세한 구멍에도 세정가능). ③일반적으로 증류재생이 가능하다. ④금속에 대하여 변색, 얼룩 등의 영향이 없다. ⑤오존층 파괴가 없다. ⑥독성이 극히 적다. ⑦가격이 싸다.

단 점 : ①인화, 폭발성이 있다. ②증기세정이 불가능하다(폭발 염려). ③건조가 늦다.(제2석유류, 제3석유류) ④소방법에 의한, 저장, 취급량 등의 규제를 받는다. 특히 대형 세정조는 지정 수량을 넘으면 규제를 받는다.

단점보완대책 : ①가능한 한 위험물 제4류 2~3 석유류를 선택. 최근 제안되고 있는 세정제는 등유보다 인화점이 높다. 전기장치등 방폭, 안전에 대처하여야 한다. ②N₂ 기류중 또는 감압하에서 증기세정등 대책은 있지만, 일반적으로는 침지세정으로 조를 늘릴것에 대처하여야 한다. ③에어나이프의 병용, 진공건조, 열풍건조의 병용. 방폭에 주의한다(열풍은 1 pass, 열풍 온도 저하, 히터 국부 가열은 불가). ④소방법 규제에 적합한 세정설비가 필요하다.

< 알코올계세정제 >

장 점 : ①침투력이 있다. ②오존층파괴가 없다. ③저급 알코올은 물로 린스. 또는 물과 혼합하면 불연성이 된다. ④독성이 적다. ⑤플럭스의 세정에 적합하다. ⑥건조성이 좋다. ⑦공비되어 물 분리용도에 사용된다.

단 점 : ①가연성으로 인화점이 낮다. ②기름에 대한 세정력은 약하다. ③증발손실이 많다. ④스프레이세정이 불가능하다. ⑤흡습성이 있고 녹이 발생한다.

단점보완대책 : ①물을 혼합하여 세정한다. 완전 방폭설비가 필요하다. ②초음파, 진동 등을 병용 사용하여야 한다. ③세정장치를 가능한 한 밀폐화한다. ④N₂ 기류중에서 스프레이가 가능하여야 한다. ⑤녹이 쉽게나는 금속은 피한다.

< 실리콘계세정제 >

장 점 : ①침투력이 있다. ②오존층 파괴가 없다. ③독성이 약하다. ④프린트기판 플럭스의 세

정에 적합하다.

단 점 : ①가연성이다. ②건조가 늦다. ③가격이 높다. ④세정·린스용과 건조용의 2종류를 사용하지 않으면 안된다.

단점보완대책 : 방폭타입에 의하여 사용 가능하다.

< 기타 불소계세정제(HCFC-141b, HCFC-225) >

장 점 : ①일반적으로 불연성이다. ②증기세정이 가능하다. ③CFC-113 정도의 세정력이 있다. ④플라스틱 부품은 침식하기 어렵다. ⑤설비투자가 적다.

단 점 : ①세정제가 고가이다. ②TCE와 비교하여 기름의 세정력이 낮다. ③오존파괴지수가 있고 2030년에 거의 전폐, 또는 전폐가 빨라질 가능성이 있다. ④독성 테스트가 완료되지 않은 것이 있다. ⑤오존층 파괴가 커 HCFC-141b는 미국의 SNAP*에서는 세정용도의 사용을 금지하고 있다. HCFC-225는 SNAP*에서 사용이 인정되도록 제안되었다. ⑥HCFC-141b의 비점 32℃로 휘발성이 있어 손실이 많다.

단점보완대책 : ①완전 밀폐식 세정방식, 폐가스 회수장치를 설치하여야 한다. ②세정시간 연장, 물리력이 수반되어야 한다. ③대체세정제로서 잠정적으로 고려중이다. ④안전위생면에 관심. 가능하면 흡입하지 말아야한다. ⑤냉각수에 칠러를 붙인다. 세정설비는 가능한 한 밀폐시켜야 한다.

*SNAP : Significant New Alternatives Policy Program(주요 대체품 정책 프로그램)

< 염소계세정제(메틸렌) >

장 점 : ①불연성이다. ②침투성이 양호하다(미세한 구멍에도 침투). ③증기세정이 가능하다. ④세정장치의 일부를 수리하여 사용가능하다(칠러등 설치). ⑤세정력이 강하다(침지의 경우). ⑥증류 재생이 가능하다. ⑦생산량·수입량에 법적인 규제가 없다. ⑧오존층파괴지수가 극히 적다. ⑨운전비가 저렴하다.

단 점 : ①냉각장치에 공기중의 수분을 빨아들이기 쉽다. ②증기세정으로는 세정 부족이 되기 쉽다(비점이 낮음. 40℃). ③용제손실이 많다. ④유기용제중 독 예방규칙, 하수도법의 규제가 있다(폐수기준 0.2mg/l 이하). ⑤일본산업위생학회 및 ACGIH*에서 발암성의 의심이 있다(TCE보다 위험도가 높다). ⑥공기중의 수분을 흡수가 쉬워 녹이 발생할 경우가 있다.

단점보완대책 : ①증기를 재가열하여 증기세정하는 방식이다. 냉각수 온도를 필요 이상으로 낮게 하지말아야 한다(15~20℃). ②증기층의 재가열, 증기세정 전의 침지조의 냉각이 필요하다. ③프리보드 비율을 크게하고 냉각관의 냉각범위를 넓게한다. ④환경오염의 증대에 주의하여 취급. 배수의 농도를 측정하여, 배기장치, 활성탄등으로 제거한다. ⑤흡입·접촉을 가능한 한 피한다. ⑥증기층의 재가열이 필요하다.

*ACGIH : 미국산업위생전문가회의

< 염소계세정제(트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌) >

장 점 : ①불연성이다. ②침투성이 양호하다(미세한 구멍에도 침투). ③증기세정이 가능하다. ④TCE와 비점이 근사하여 세정장치 수리가 필요하다. ⑤증류재생이 가능하다. ⑥세정력이 강하다. ⑦가격이 비교적 낮다. ⑧오존파괴지수가 극히 적다(ODP=0.005).

단 점 : ①법규제가 많다. ②개방계 용도의 량이 제한되어 있다. ③테트라트리클로로에탄에 대하여 발암성이 의심된다. TCE는 거의 의심되지 않는다. ④플라스틱 부품의 일부는 침식된다.

단점보완대책 : ①법규제를 지키기위해 설비투자 할 필요가 있다(취급장소를 콘크리트화). ②증류 회수장치, 활성탄 회수장치를 부설할 때 절약형이어야 한다. ③발암성 의심에 관계없이 증기 흡입, 접촉을 가능한 한 피한다. ACGIH*에서 발암성이 의심된다. ④세정온도, 세정시간의 조절. 플라스틱 부품의 종류는 내 용제성이 있는 것으로 바꾼다(불소 수지 등).

2-2. 세정장치

세정목적을 달성하기 위해 세정장치의 선정은 피세정물에는 영향을 주지않은 적절한 선정이 필요하다. / 또, 설비가격은 물론 운전비가 저렴하면 바로 세정제가격, 폐액·배출수 처리가격, 전력이나 열 등의 에너지가 싸고, 유지비가 용이한 자원 절약장치가 있는 것도 장치의 선택기준이 된다.

세정장치를 선정할 때에 고려할 사항을 [표 2]에 나타냈다.

[표 2]. 세정장치 선정요인

1	피세정물 형상
2	피세정물 크기
3	부착오염
4	처리량과 처리시간 <ul style="list-style-type: none"> • 적은부품을 다량처리 → 형상에 의한 세정방식을 선정 • 정리하여 세정 • 일매(또는 일개) 계속 세정
5	피세정물에 대한 손상 <ul style="list-style-type: none"> • 장치(손상) • 세정제(얼룩, 화학변화)
6	경제성 <ul style="list-style-type: none"> • 설비비 • 운전비 • 설치면적

단순히 피세정물을 침지하는 경우, 그 작용 효과는 100% 세정제의 성능에 따라 결정된다. 그러나 물리·기계적 요소를 가하면 상승 효과에 의한 세정성능은 한층 향상된다.

대표적으로 사용되는 세정장치 및 건조장치를 살펴보면 다음과 같다.

< 세 정 방 법 >

샤 위 : 98kPa(약 1kg/cm²)정도까지의 압력으로 세정액을 노즐에서 분사하여, 그 힘으로 부품에 부착된 유분, 이물을 제거하는 방법을 말한다.

특징과 유의점 : ①샤위의 닿는 부분과 닿지않은 부품과의 세정효과 방청효과도 다르므로 세정액을 부품전체에 닿도록하기 위해 노즐의 종류, 수, 위치, 압력의 검토가 필요하다. ②샤위압력에 의해 부품이 날아가며, 위치변동도 주의하여야 한다. ③저발포의 세정제를 선정하여야 한다. ④인화점이 있는 것은 사용하지 못한다.

고압스프레이 : 수백~수천kPa (약 수~수십kg/cm²)의 압력으로 세정액을 노즐에서 분사하여, 그 힘으로 부품에 부착된 유분, 이물을 제거하는 방법을 말한다.

특징과 유의점 : ①깊은 구멍, 비관통구멍 내부의 이물질 제거 방향으로 설치하여야 한다. ②샤위세정보다 효과가 높지만 국부적이므로 노즐의 위치, 방향에 주의가 필요하다. ③저발포의 세정제를 선정하여야 한다. ④인화성이 있는 세정제는 사용하지 못한다. ⑤고압펌프의 유지를 확실히 하여야 한다.

침지세정 : 용기에 들어있는 세정액에 부품을 담구어 세정제의 힘으로 유분, 이물을 제거하는 방법이다.

특징과 유의점 : ①에어교반, 분류 등을 이용한 부품표면의 세정액을 움직이는 것에 따라 세정제의 능력을 효율이 좋게 발휘시키는 것이 가능하다. ②에어교반시 저발포의 세정제를 선정하거나 인화성이 있는 것은 안된다. ③부품은 상하로 요동하는 것도 교반과 같은 효과를 갖는다.

초음파세정 : 초음파에 의해 생긴 압력의 파는 정밀파로서 액중에 전달되어, 수천기압이 되어 부품표면에 부딪치어, 기포를 발생시켜, 캐비테이션에 의해 강한 교반이 이루어져 세정하는 방법이다.

특징과 유의점 : ①주파수, 에너지 밀도는 피세정물의 크기 형태에 따라 선정한다. ②초음파는 직진성이 있어 회절하면 음(-)으로 된 부분은 효과가 낮다. ③조내에서 초음파의 효과에 강약이 가능하므로 부품을 요동시키는 것은 보다 균일한 효과가 얻어진다. ④초음파에 의해 세정액의 온도가 올라가므로 인화성세정제의 경우는 냉각이 필요하다.

< 건 조 방 법 >

원심분리, 에어블로우 : 완전건조시키는 것은 어렵지만, 부품에 부착된 액체를 어느 정도 진동분리하는 방법을 말한다.

특징과 유의점 : ①다음공정에의해 사용가능한 경우도 있다. ②아래 기술한 각 건조전에 하는 건조공정의 시간단축에 효과적이다. ③또, 열풍건조를 병용하면 유효한 경우가 많다.

열풍건조 : 열풍을 불어넣어 가열하는 방법으로, 가장 일반적인 방법이다.

특징과 유의점 : ①열원으로 스팀, 직접연소가스, 간접연소가열, 전기히터 등이 있다. ②인화성용제의 경우는 전기히터, 직접연소식은 피한다. ③이 경우 열풍은 순환사용하지 않는다. 항상, 신선한 공기를 사용하여 가스의 농도를 낮게 유지하여야 한다.

복사가열 : 적외선이나 원적외선을 이용하여 가열하는 방법이다.

특징과 유의점 : ①통상, 열풍가열과 병용한다. ②적외선은 직진성이 있어 음(-)으로 되는 부분은 온도가 올라가기 어려우므로 주의하여야 한다. ③인화성용제를 사용한 경우 건조기 내부의 분위기를 배기시켜 농도를 낮게 유지한다.

진공건조 : 건조용기내를 감압하는 것으로 액체의 비점을 낮춰, 액체를 증발시켜 건조시키는 방법을 말한다.

특징과 유의점 : ①증발잠열을 빼앗기므로 통상 별도의 가열수단이 병용한다. ②수계의 경우 증발잠열이 크므로 시간이 걸릴 경우가 있다. ③감압공정이 있으므로 그 분량의 시간이 소요된다.

치 환 : 물 린스 후에 속건성용제에 침지하여, 물을 치환하여, 증발이 쉽도록하는 방법이다.

특징과 유의점 : ①저급알코올, 불소계알코올, HCFC계용제, 및 퍼플루오로 카본 등이 쓰인다. ②인화성이 있는 것은 주의를 요한다.

2-3. 오염물 및 세정성 평가방법

최적 대체세정 시스템을 구성하기 위하여서는 오염물의 분류 및 세정성 평가방법 등을 고려하여 종합평가가 이루어져야 한다.

오염물의 종류는 각 산업부문별로 다양하고 기타 여러 가지 이물질이 같이 함유되어있는 경우가 흔히 많다. 여기서는 일반적인 오염물의 종류를 크게 유기성, 무기성 오염물과 기타 여러 가지의 오염물로 분류하여 [표 3]에 나타냈다.

[표 3]. 오염물의 종류

항 목	오 염 의 종 류
유기성 오염	유 지 계 : 열처리용, 그리스, 인발용, 절삭가공유, 방청용 합성유계 : 실리콘유, 글리콜계, 에스테르계
무기성 오염	가공가루, 연마제, 먼지 등
기 타	잉크*, 플럭스*, 왁스, 접착제, 마스킹제, 지문, 이온성오염

주) *표는 수계와 비수계로 구별할 것. 배출수 처리시스템의 선정시에 필요하다.

이와 같은 오염물을 대체세정제 및 장치를 사용하여 제거하였지만 세정 후 산업체가 요구하는 세정성을 평가하는 방법이 필요하게 된다. 종래부터 여러 가지 방법이 고안되어 있으며 그것을 열거하면, 외관법(육안관정법), 닦아내기법, 물분리법, 접촉각법, 평량법, 오메가메터법, 이온간사측정법, 블랙라이트법, 분광광도계법 등이 있다.

세정성 평가는 육안관찰 등에 의한 관능 검사방법이 비교적 널리 쓰이고 있다. 이런 경우 동일 조건하에서 검사하여도 평가자에 따라 그 결과가 다른 경우가 많다. 또 고도의 기기를 사용하여 결과를 수치로 얻는 방법도 있지만 현장과 일치하지 않는 문제가 있다. 본 연구에서는 주로 산업 현장에 의뢰하여 산업현장에서 요구하는 청정도를 실무자들이 판단하여 평가하도록 하였다.

일반적인 세정성 평가의 분류 방법은 아래 [표 4]와 같다.

[표 4]. 일반적인 세정성 평가 분류 방법

청정도	잔존오염지표치	외 관 검 사	세 정 공 정 의 예		구 체 적 세 정 예 (예외있음)
			수 계	비 수 계	
초 별 세 정	1 μ m 이상 10mg/100cm ² 이상	기름, 먼지 등, 약간의 부착이 인정된다	세정(린스안함) TOC5000~20000	세정+린스 린스조오염농도 1~5wt%	· 공정 중간세정 · 볼트, 너트 · 차량
일 반 세 정	1 μ m 이하 10mg/100cm ² 이하	기름, 먼지 등이 없고 건조얼룩이 없을것	세정 + 린스 TOC 10~100	세정+린스 린스조오염농도 0.2~1wt%	· 도장전처리 · 납땜부품 · 방탄부품 · 도금전처리
정 밀 세 정	분자수준 의 흡착량 이하	기름, 먼지가 전혀 인정되지 않는다. 이온성 잔사가 확인되지 않는다.	세정+다조린스 (목적에 따라) TOC 10 이하	세정+다조린스 (목적에 따라) 린스조오염농도 0.2wt%	· 정밀부품 · 렌즈 · 전자부품 (PCB기판포함) · 초고진공부품, 도금,도장(고급)

3. 실험

1,1,1-TCE와 CFC-113을 사용하고 있는 산업을 관련 산업부문별로 분류 조사하고 대체세정공정으로 전환하여 인체, 작업의 안전성 및 환경을 보호하고 대체 세정공정 최적화로 인한 경제성 및 능률적인 생산라인을 갖추기위하여 최적 대체세정공정 기술개발의 세정성 평가실험 및 방법 또한 산업현장을 토대로 한 실험 및 평가가 이루어져야한다.

또한, 산업부문별 부품세정의 세정력 분석방법은 매우 다양하고 또한 각 부문부품별 특성에 따라 조건들도 달라지므로 분석 및 평가방법 또한 공정조건, 오일류, 부품형상, 청정도, 재질 등의 여러인자의 조건에 따라 방법이 다양하게 나타날 수 있으며 평가에 대한 관련산업별 분류를 아래 [표 5]에 나타내었다.

[표 5]. 평가에 대한 관련산업별 분류

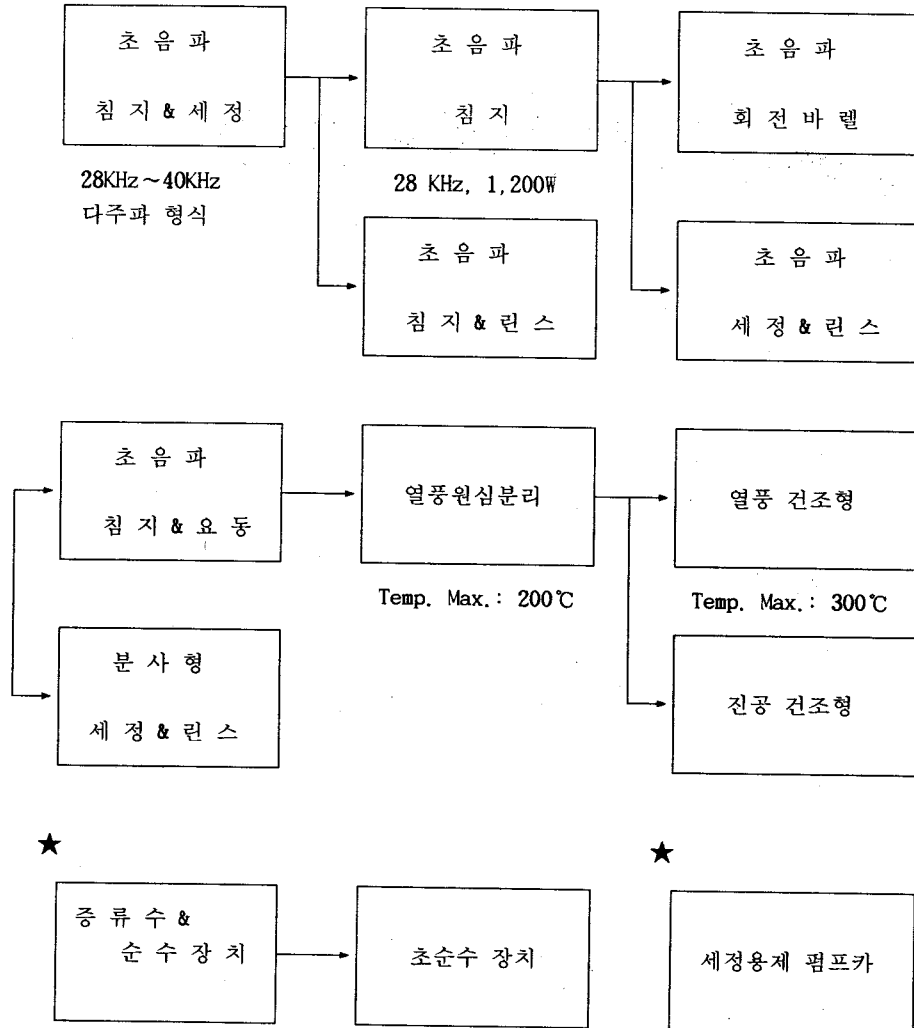
부 분	세 정 부 품 분 류
자 동 차	범퍼,콤포레샤, 엔진, 노즐, 카브레타, 트랜스미션 등
프 레 스 가 공	제너레이터, 프레스 사무기부품, 자동코일세정기, 리드프레임, 등
열 처 리	자동차 바디, 기타 열처리 관련부품 등
도 금 가 공	도금처리 관련부품, 귀금속 등
도장·전처리	모터커버케이스, 필러파이프, 유압부품, 약기부품 등
전기·전자부문	리드프레임, H.I.C, LCD, 실리콘웨이퍼, 릴레이, 접점, 브라운관, PCB회로기판, 헤드드럼 등
정밀기계·금속	볼트, 너트, 계측기기, 파이프프레임, 카메라부품, 볼펜팁, 면도날, 기타금속류 등
유리광학·플라스틱	플라스틱렌즈, 카메라케이스, 모터케이스, 복사기렌즈, 광학렌즈, 화장품케이스 등

3-1. 실험방법

본 연구에서는 현장 산업체에서 직접 대체가 가능하도록 아래의 방법으로 실험을 수행하였으며, 각 산업체 여건에 알맞은 최적 대체세정 공정을 개발하였다.

- ① 오존층 파괴물질, 즉 특정물질을 세정용제로 사용하고 있는 현장공정 라인을 조사하고 부품을 수급한다.
- ② 수급해온 부품을 각 특성 및 물성에 따라 검토하여 형상, 재질 및 청정도 등의 조건들을 검토한다.
- ③ 부품세정을 하기위하여 대체세정용제를 검토, 확인한 후 물성 변화, 경제성, 세정성, 안정성 및 전 공정라인과의 적합여부를 판단하여 선택한다.
- ④ 세정조건을 선택한 후 수회에 걸친 변환실험으로 최적의 세정공정을 모델화한다.
- ⑤ 대체세정후 부품 및 세정용제 (재생용제 포함)에 대한 정밀한 분석을 한 후 수급회사의 현장에 적용하여 적합여부를 현장공정에 맞추어 실시하고 최종적으로 최적 세정공정을 수립한다.

3-2. 실험조건



4. 결 과

최적 대체 세정공정개발 결과에 대한 산업부문별 대체사례를 대표적인 것만 선택하여 아래표로 정리하였다.

◆ 자동차 부품 편 ◆

사 례 명	탄화수소계 6조 세정	재 질	SS 41
부 품 명	MISSION 부품 PLATE		오 염 물
세정제 명	엑트렐	청 정 도	5mmg

<기존세정공정>

침 지

→

침지초음파

→

증 기

CFC-113
CFC-113
CFC-113

<대체세정공정>

침 지

→

침지초음파

→

에어 스프레이

→

열풍 건조

세제 : 엑트렐
온도 : 40℃

세제 : 엑트렐
온도 : 40℃
초음파 (600W)

건조방법 : 에어스프레이
온 도 : 상온

건조방법 : 열풍건조
온 도 : 80℃

★ 용도 및 특징

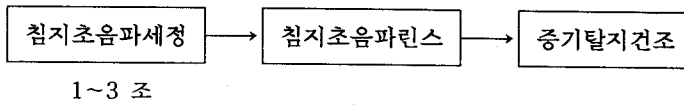
- 물류변경으로 작업인원 감축
- 세정제 손실비용 1/5로 감소
- 철판분리 장치 채택으로 건조율 95% 이상으로 확대
- 세정제 재생장치 부착 (재생율 95%)

◆ 프레스 가공 편 ◆

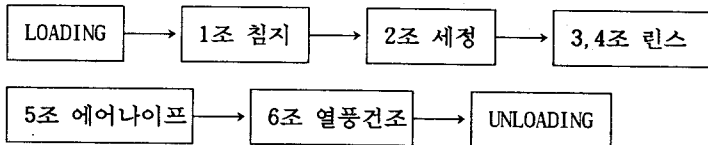
사 레 명	탄화수소계 6조식 자동 세정	재 질	SUS PLATE
부 품 명	FRAME & INNER-SHIED		
세정제 명	WHITE-200M	오 염 물	프레스유
부품 형상	복잡	청 정 도	조 세 정

<기존세정공정>

○ TCE(염소계)세정



<대체세정공정>



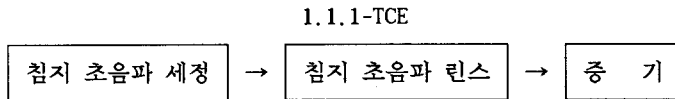
★ 용도 및 특징

- FRAME & INNER-SHIED 세정
- 프레스유 제거
- 열풍 건조방식
- 진공 감압 증류 재생기 장착

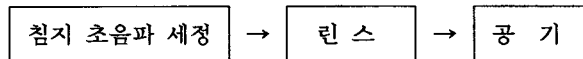
◆ 열 처리 가공 편 ◆

사 레 명	열처리품 세정	재 질	구리
부 품 명	전선류		
세정제 명	HS CLEAN M 500	오 염 물	신선유
부품 형상	단순	청 정 도	초벌세정

<기존세정공정>



<대체세정공정>



★ 용도 및 특징

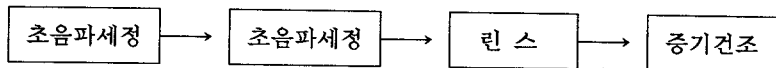
- 각종 공작부품 세정 ○ 고점도 오일 및 열처리유 등 제거 ○ 무취 용제사용
- 세정제 교환으로 원가 절감

◆ 도 금 가 공 편 ◆

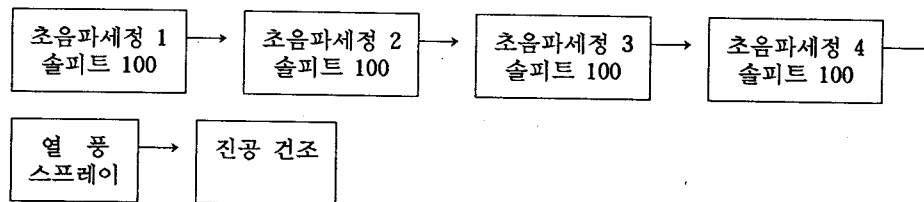
사 례 명	광학부품의 탄화수소계세정	재 질	SUS
부 품 명	안경테		
세정제 명	SOLFIT-100	오 염 물	연마제
부품 형상	일반 단순 형상	청 정 도	정밀 세정

<기존세정공정>

· TCE 사용



<대체세정공정>



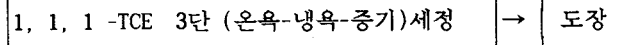
★ 용도 및 특징

- 안경테에 묻은 연마제, 얼룩을 완전 제거 및 건조
- 표면처리에 효과적이며 환경 오염 방지에도 효과적

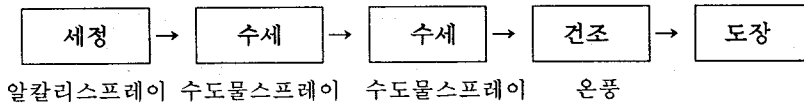
◆ 도 장 · 전 처 리 편 ◆

사 레 명	도장전 세정	재 질	철, 황동, 알루미늄
부 품 명	모터카버 케이스		
세정제 명	알칼리계	오 염 물	절삭유
부품 형상	단순	청 정 도	초벌세정

<기존세정공정>



<대체세정공정>



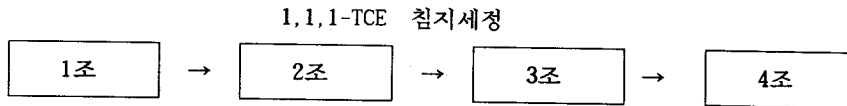
★ 용도 및 특징

- 처리 재질이 다양하므로 특히 비철재료에 대한 환경 (녹, 얼룩, 화학부착물)이 적은 세정제의 선택이 필요.
- 스프레이에 의한 세정방법을 채용하므로 세정력이 있는 발포가 적은 세정제를 선정.

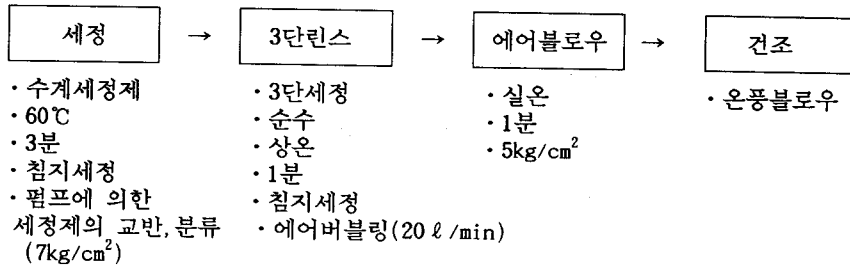
◆ 전기 · 전자 편 ◆

사 례 명	IC 부품의 플럭스 세정	재 질	세라믹
부 품 명	IC 부품		
세정재 명	수계	오 염 물	플럭스(로진)
부품 형상	단순 복잡	청 정 도	정밀세정

<기존세정공정>



<대체세정공정>



★ 용도 및 특징

- 종래의 TCE 세정품에 비해 이온성 잔사량이 적다.

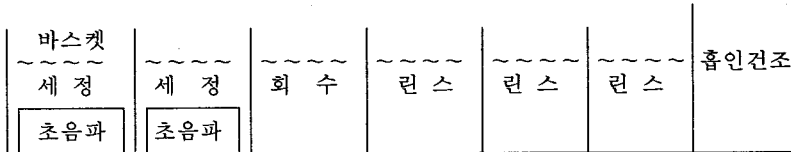
◆ 정밀기계 · 금속편 ◆

사 례 명	시계내장 부품 수계 세정	재 질	스테인레스, 철, 비철
부 품 명	분침바퀴		
세정제 명	순 수, 알칼리세정제	오 염 물	질석유, 열처리유
부품 형상	복잡	청 정 도	초벌세정

<기존세정공정>



<대체세정공정>



★ 용도 및 특징

- 세정제는 보조탱크를 설치, 유수분리로 유분을 취한다.
- 린스는 순수사용.

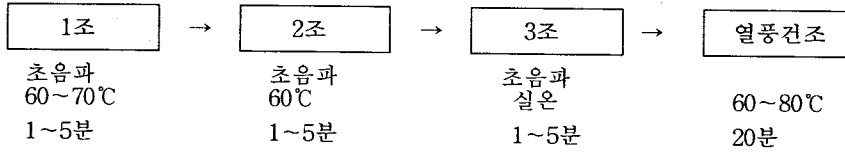
◆ 유리 광 학 편 ◆

사 례 명	카메라렌즈 프리즘 비수계 세정	재 질	GLASS
부 품 명	렌즈 프리즘		
세 정 재 명	탄화수소계	오 염 물	연마제
부 품 형 상	단순 복잡	정 정 도	초벌세정

<기존세정공정>

1,1,1-TCE 사용

<대체세정공정>



★ 용도 및 특징

- 염소계 용제 사용하지 않음.
- 인체, 환경에 대한 안전성이 높음.
- 특수한 장치를 필요 하지 않음. 종래의 세정조도 전용이 가능.
- 증류 재생에 의한 세정액의 반복 사용이 가능.
- 폐수처리 불필요.

5. 결 론

본 연구는 각 산업부문별 피세정물의 특성, 오염물의 종류, 세정 마무리 품질, 환경·안전 대책 등을 고려하여 1,1,1-TCE 및 CFC-113의 대체세정제를 세정장치와 병용하여 기존의 세정제와 동등한 세정효율을 얻기위한 최적 대체세정 공정기술을 개발하고자 하였으며. 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

① 현재까지 대체를 완료한 업체들의 대체경향은 규모가 비교적 큰 업체들이 수계와 탄화수소계로 전환을 시도하는 한편, 영세한 업체들은 자금부족으로 세정장치의 변화를 주어야 하는 완벽한 대체세정시스템을 현 단계에서 거의 고려하지 못하고 기존의 세정장치를 그대로 사용할 수 있는 염소계 세정제(TCE, MC 등)를 선호하고 있다.

② 최적세정시스템을 구성하기 위해서 지금까지는 주로 세정성과 경제성만을 고려해 왔으나 환경문제가 심각하게 대두되고 있는 현 상황에서는 환경 및 인체에 대한 안전성 등도 고려해야만 하였다.

③ 현재까지 대체된 세정제 중 큰 비중을 차지하고 있는 수계세정제는 안전성이 높고, 구입이 용이하고, 친수성 오염물인 이온성 오염물에 대한 우수한 세정력과 사용자에게 친숙하다는 등의 이점이 있는 반면, 건조와 폐수처리를 위한 대형규모의 설비와 이를 위한 공간 확보, 피세정체의 재질에 따라서는 부식 및 변색을 야기시키기도 하고, 유기오염물에 대한 약한 세정력 등의 단점이 지적되었다.

④ 세정성 평가결과 대부분의 오염물에 대해서 큰 용해력을 가지는 염소계 세정제의 세정 성능이 다른 대체세정제보다 우수하였으나 환경 및 인체에 대한 안전성 등이 문제점으로 지적되었다.

⑤ HCFC 세정제는 다른 염소계 세정제와 마찬가지로 세정성능이 우수하고 불연성으로 기존의 CFC-113 세정기를 그대로 사용할 수 있으나 독성평가기관(Programs for Alternative Fluorocarbon Toxicity Testing, PAFT)의 안전성 검토가 끝나지 않아 생산량의 제한이 있으므로 가격이 고가여서 대체세정제로는 선택의 폭이 좁았다.

⑥ 수계와 더불어 1,1,1-TCE 및 CFC-113 대체품으로 가장 많이 검토가 이루어지고 있는 탄화수소계 세정제에는 일반적으로 표면장력이 낮아 미세 부분의 침투성이 좋고, 환경 및 인체에 대한 안전성 문제가 비교적 적으며, 유기 오염물(오일, 그리스, 왁스 등)에 대한 세정력이 우수하다는 장점이 있다. 그러나 인화성과 건조에 관한 문제와 아울러 기존의 세정 장치를 사용할 수 없으며 인화성과 건조성의 문제 해결을 위한 장비의 보완이 필요하다는 등의 단점이 지적되고 있었다.

이상의 연구 결과에서 알 수 있듯이 현재까지는 모든 부품에 일반적으로 적용시킬 수 있는 완벽한 대체세정제나 대체세정공정이 미약하여 업체 스스로 세정성, 경제성, 안정성 등을 고려하여 각자의 제품 생산 공정에 가장 적절한 세정제를 선정하고 세정 공정을 구상한 뒤 세정제 및 장치 제조 판매업체들과의 접촉을 통하여 이상적인 시스템을 구성하려는 적극적인 노력이 필요하리라고 여겨진다. 이와 아울러 세정제 사용업체, 세정제 제조업체, 세정제 수입업체 및 세정장비 제조업체 간의 긴밀한 유대관계 확립이 필요할 뿐만 아니라 관련 단체 및 연구기관의 방향제시 및 대처방안 수립과 적극적인 지원이 필요하다.