

# 작업자 안전을 고려한 유리병 부식 공정 자동화 - Automated Bottle Etching Process For Safety -

한 영 근\* · 박 강\*\* · 강 경 식\*\*\*

## 요 약

전통적인 유리병 부식 공정에서는 공정 투입 전 유리병을 홀더에 장착하는 수작업으로 인해 작업자들의 노동강도가 매우 크고, 부식에 사용되는 불산의 증발로 인한 위험 요소가 매우 크게 나타나고 있다. 본 연구에서는 기존의 병부식 공정을 자동화해주는 로터리 방식 부식 장비와 병을 홀더플레이트에 자동으로 장입하고 부식 후에 탈거하는 메커니즘 개발하고 시제품을 제작하여 이의 성능과 효과를 평가하였다. 그 결과로 노동집약적인 병 장입작업을 자동화하여 힘든 장입작업을 하던 작업자의 노동강도를 덜어줄 수 있었고, 불산으로부터 작업자를 이격시켜서 잠재적인 산업재해를 예방하여 작업환경을 개선하였다.

## 1. 서 론

본 연구는 식음료를 담기위한 유리병의 표면을 반투명하게 부식하는 공정을 자동화하여 그 과정에서 발생하는 직무기피요인을 해소하는데 목적이 있다. 유리병의 부식(에칭)은 불산(HF) 수용액조에 침잠시킨 후 몇 단계의 세척 과정을 통해 이루어진다.

주로 주류 병으로 사용되는 이러한 병은 보통 일일 40,000~60,000개 정도를 생산하는 전형적인 대량생산 제품이다. 따라서 연속적인 기계화 공정을 통해서 부식을 수행해야만 이러한 수량을 충족시킬 수 있을 것이다.

---

본 논문은 명지대학교 안전경영연구소 협력에 의해 이루어진 논문 임.

† 본 연구는 중소기업청에서 시행한 직무기피요인해소사업의 기술개발 결과임.

\* 명지대학교 산업경영공학과

\*\* 명지대학교 기계공학과

\*\*\*명지대학교 안전경영연구소 소장

이러한 부식공정에서 가장 큰 기술적 제한 조건은 특정부위만을 부식해야 한다는 것이다. 즉, 식음용으로 사용해야 하는 병이므로, 부식액인 불산이 병의 안으로 들어갈 경우, 아무리 세척과정을 효과적으로 수행한다고 해도 소비자에게 매우 큰 위험요소가 될 수 있으므로, 부식액의 내부 침투를 막아야만 한다. 또한, 병 바깥쪽에서도 상부 트위스트 마개 부분이 부식이 될 경우 효과적인 병마개의 기능성을 얻을 수 없기 때문에, 이 부분도 역시 부식을 피해야 할 부분이다 (<그림 1.1>). 이와 같은 제한 조건으로 인해 병의 입구 부분을 <그림 1.2>와 같은 고무홀더에 단단히 장입한 후 결합체의 상태로 부식 조를 거치게 하는 것이 동종 업계의 일반적인 경향이다.



<그림 1.1> 부식을 막은 병입구부



<그림 1.2> 고무 홀더에 장입된 유리병

## 2. 기존 공정

현재 부식업체에서는 부분 자동화된 장비를 부식 공정에 사용하고 있다. 이 장비는 병의 투입부, 정렬컨베이어, 홀더 장입 작업부, 부식컨베이어, 부식조, 세척조, 건조부, 취출부로 구성되어 있다. 이 장비를 통한 작업수행 과정을 설명하면 다음과 같다.

- 1) 투명한 소재 병이 병공장에서 카트에 담겨져 트럭으로 운송되어 온다.
- 2) 소재 병이 담긴 카트는 지게차에 의해서 부식 라인으로 이송된다.
- 3) 소재 병들이 투입부에 놓여진다.(반자동 기계를 수동조작, 작업자 1인)
- 4) 정렬컨베이어벨트가 소재 병들을 패킹작업부로 이동 시킨다.
- 5) 작업자 3인이 소재 병을 고무 홀더에 꽂는다.  
(수작업, 작업자 3인, <그림 2.1>참조)
- 6) 고무 홀더에 꽂힌 병들은 컨베이어를 타고 이동하여 불산탱크(부식조)를 통과한다.  
(<그림 2.2><그림 2.3>참조)
- 7) 세척과정을 통하여 부식된 유리병에서 불산을 제거한다.
- 8) 병을 건조시킨다.



<그림 2.1> 홀더 장입 작업부



<그림 2.2> 부식 탱크



<그림 2.3> 부식조를 나온 병



<그림 2.4> 취출부

- 9) 병을 고무 패킹에서 제거한다. (작업자 1인, <그림2.4>참조)
- 10) 부식 결과를 검사한다. (작업자 1인)
- 11) 포장한다. (작업자 2인)

이상의 작업 내용을 분석하여 도출된 직무기피 요인은 다음과 같다.

① 홀더 장입 작업의 노동 강도

고무 홀더는 병 표면만 부식을 시키고 음료가 닿는 병 내부와 병마개 나사부분은 부식이 되지 않도록 하기 위해서 사용된다. 또한 불산으로 부식되는 부분과 부식되지 않는 부분이 깨끗하게 구분되도록 하는 역할을 한다. 병 입구와 고무홀더 사이로 불산이 침투하는 것을 막기 위해서 패킹고무의 강도가 상당히 높아야 하고, 홀더와 병 사이는 상당한 압력을 가해야지만 체결이 되도록 설계되어 있다. 이런 고무에 병을 장착하는 작업은 어깨와 허리에 매우 큰 힘을 요구하고, 이러한 이유로 작업자들이 빨리 피로를 느끼게 된다. 실제로 현장에서 국내의 근로자를 채용하기가 어렵고, 외국인 근로자를 활용하고 있으나 이들의 이직률이 높은 실정이다.

② 불산의 환경에 노출

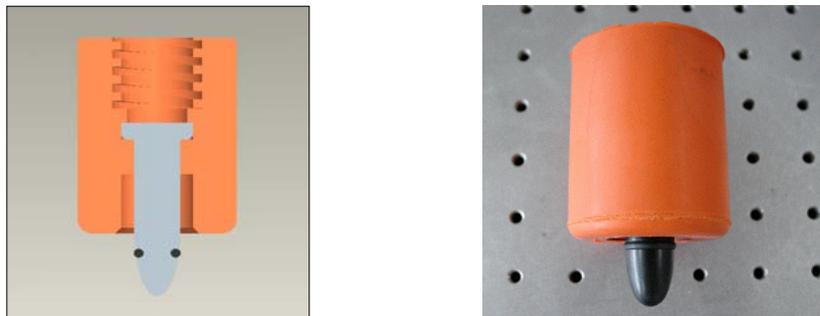
전술한 바와 같이 불산은 인체에 매우 유해한 물질이다. 현재의 장비는 2층 구조를 가지고 있는데, 위 층에서 작업자가 병을 컨베이어에 장착하여 아래 층의 불산 조로 보내게 된다. 즉, 불산조의 바로 위 부분에서 작업이 이루어지고 있다. 불산과의 직접적인 접촉은 없지만 3인의 작업자가 불산에서 발생하는 가스를 간접적으로 흡입하게 된다. 이것의 영향이 단시간에 발생하지는 않지만, 장기적으로 볼 때 후유증이 유발될 수 있는 소지를 가지고 있다.

③ 동종 업계의 기업현황

국내의 유리병 제조기업들은 중소기업의 특성 상 작업환경개선과 안전성제고에는 신경을 크게 쓰지 못하고 있다. 시설투자를 줄이고 저임금 외국 근로자를 채용하고 있으나 이직률이 높은 실정이다. 유리병과 같은 소모품의 수요는 항상 어느 수준을 유지하겠지만, 근로자의 작업 기피현상으로 임금의 상승요인이 뒤따르게 되어 기업경영에 어려움을 가중시키고 있다. 이런 문제점들을 해결하기 위해 본 연구에서 제안하는 자동화 장비의 개발이 하나의 방안이 될 수 있는데, 국내 동종업계에서 완전한 자동화 장비의 개발이 성공한 적이 없다.

3. 홀더의 개발

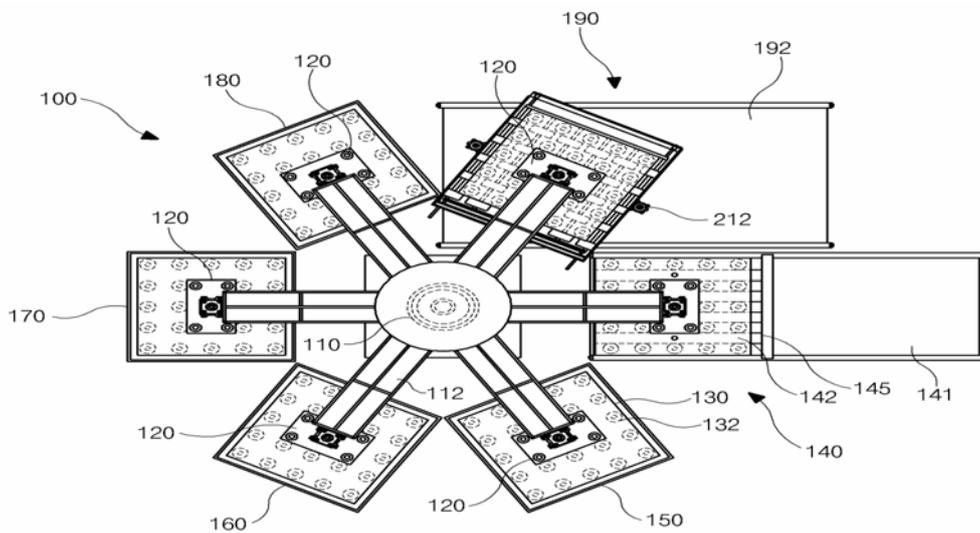
기존의 고무홀더를 25개를 장착하여 홀더플레이트를 완성하면 과도한 장입력이 필요하게 되어 자동화에 문제를 일으키게 된다. 즉, 현재 하나의 고무홀더에 사람이 병을 장입하는데도 힘이 많이 드는데 25개의 병을 동시에 장입할 힘은 무척 크다. 특히, 사람은 병을 장입할 때 병을 회전시키면서 삽입하기 때문에 회전없이 삽입하는 기계에서는 장입력이 훨씬 크게 된다. 따라서 장입력이 낮으면서도 지지력이 높고 가격이 낮은 홀더를 개발하는 것이 필수불가결 함을 깨닫고 우선 고무홀더의 개발에 초점을 맞추게 된다. 발명이론(트리즈)을 적용하고 수차례의 시제품 제작을 통하여 최종의 홀더를 선정하게 되었는데, 그 결과는 <그림 3.1>과 같다.



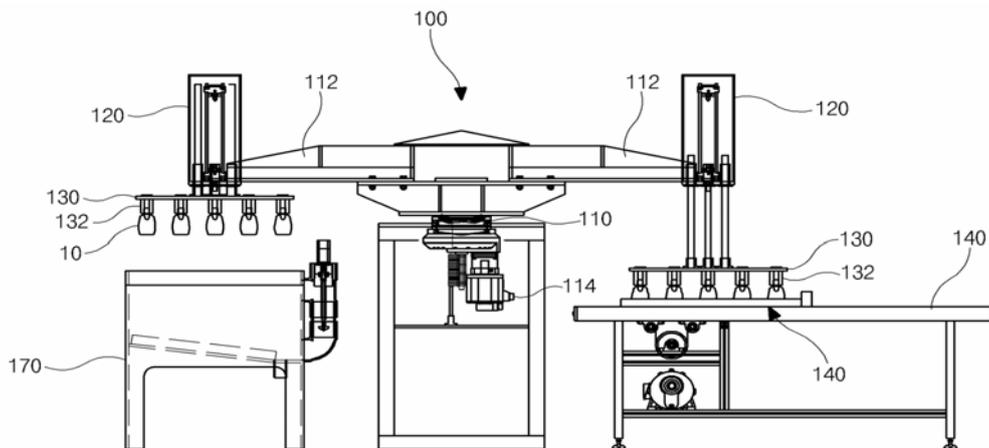
<그림 3.1> 개발된 홀더

#### 4. 자동 부식 장비의 개발

본 연구에서 개발된 장비는 기존의 복잡한 부식 공정들을 6 단계 공정(병 장입, 불산 부식, 세척, 세척, 세척 및 건조, 병 탈착)으로 단순화하고, 이들 공정에 병들을 로터리 방식을 사용하여 공급함으로써 좁은 공간에서도 설치가능 하도록 개발한 자동부식 기계이다. 부식장비는 크게 홀더플레이트, 로터리 구조물, 병정렬부, 병제거부, 각 공정의 부식조와 세척조로 구성된다. <그림 4.1>과 <그림 4.2>는 유리병 자동부식장치의 평면도와 측면도를 보여준다.



<그림 4.1> 자동부식장치의 평면도



<그림 4.2> 자동부식장치의 측면도

**홀더 플레이트**

본 장비에서는 고무홀더가 병입구를 파지한 후 불산을 이용한 부식작업과 세척작업을 수행한다. 따라서 병의 입구부분은 부식이 되지 않고 몸체부분만 부식이 수행된다.

하나의 공정에서 복수의 병에 부식작업을 동시에 수행하기 위하여 가로 5줄 세로 5줄 (5 x 5= 25) 총 25 개의 고무홀더가 홀더 플레이트에 고정되어 있다. 이 홀더 플레이트는 불산에 의한 부식을 막기 위하여 PVC로 제작되었으며, 1개의 공압실린더에 의해서 상하로 이동되어 병의 장입, 부식, 탈착 작업을 수행한다. <그림 4.3>은 유리병이 홀더 플레이트에 장입된 상태를 보여주는 사진이다.



<그림 4.3> 유리병을 장입한 홀더플레이트



<그림 4.4> 병정렬 메커니즘

**로터리 구조물과 위치제어**

본 자동 부식기계는 총 6개의 홀더 플레이트가 로터리 구조물의 팔 끝에 부착되어 있다. 이 구조물이 모터에 의해서 회전하고 특정위치에서 정지하는 과정을 반복함으로써 (60도 씩 회전) 병들을 부식의 6공정을 차례로 거치게 된다. 구조물은 서보모터와 감속기를 이용하여 충분한 토크와 속도로 구동되며 PLC에 의해서 위치제어가 된다.

현재의 위치 정밀도는 ± 1 mm 이다. 홀더의 위치 정밀도는 병을 홀더에 삽입하는 공정에서 가장 높게 요구된다. 현재 병의 가공 오차는 ±0.5 mm 정도 인데 위치 정밀도와 형의 가공오차가 합쳐지면 상당한 삽입오차가 발생할 수 있다. 하지만 유리병홀더의 재질이 고무이기 때문에 유연성이 있고, 홀더의 코어의 형상이 유선형이기 때문에 ± 2 mm 정도의 오차 내로 병이 정렬되면 문제없이 병을 장입할 수 있다.

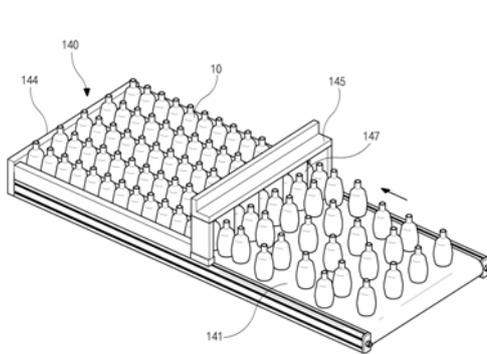
구조물이 홀더플레이트를 특정위치에 이동시키면 공압실린더가 상하로 홀더플레이트를 이동시킴으로써 부식 및 세척작업을 수행한다. 이 구조물도 불산에 의한 부식을 막기 위해서 PVC 판을 절단한 후 용접하여 구조물을 만들었다.

**병 정렬 메커니즘**

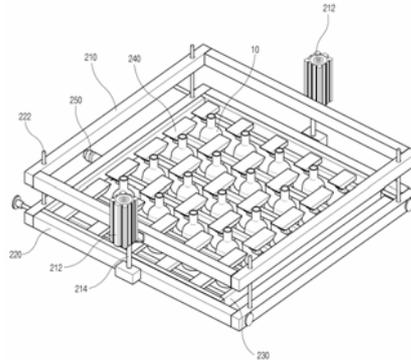
홀더 플레이트에 고정되어 있는 25개의 홀더에 병을 동시에 장입하기 위해서는 각 홀더의 직하방에 병들을 위치시켜야 한다. 하지만 이렇게 25개의 병들을 정확히 위치

시키는 작업은 상당히 어려운 작업이다. 왜냐하면 병들을 부식시키고 세척시키기 위해서는 병들 사이에 충분한 공간이 확보되어야 하며, 25개의 병들이 동시에 장입될 정도로 정확한 위치에 정렬시켜야 하며, 뿐만 아니라 이런 메커니즘이 컨베이어 벨트와 유기적으로 연계되어 연속적인 작업이 이루어져야 하기 때문이다. 이런 요구사항을 만족시키는 병정렬 메커니즘을 <그림 4.4>와 같이 개발하였다.

컨베이어 벨트에서 불규칙하게 흘러들어오던 병들은 <그림 4.5>에서 보는 바와 같은 여러 개(현재 5줄)의 가이드를 따라서 5 줄로 정렬된다. 컨베이어 벨트의 마찰력에 의해서 병들은 일정한 압력으로 밀착되어 대기 한다. 이 가이드의 폭은 유리병의 지름과 같고 가이드 내부에서는 병들이 밀착되어 있기 때문에 가이드 내에 있는 병들의 홀수번째 병들의 간격은 <그림 4.5>와 같이 가로세로가 병의 크기만큼 정렬되어진다.



<그림 4.5> 병들이 5줄로 정렬되는 과정



<그림 4.6> 병제거 메커니즘

### 병제거 메커니즘

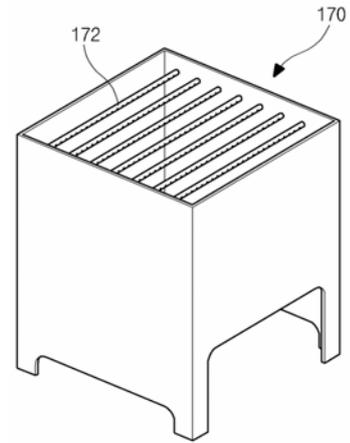
부식공정과 세척을 마친 병들은 병제거 메커니즘에 의해서 고무홀더에서 제거된 후 컨베이어 벨트에 의해서 이송된다. <그림 4.6>과 <그림 4.7>은 병제거 메커니즘을 보여준다.

### 부식조와 세척조

홀더 플레이트에 장입된 병들은 공압실린더에 의해 불산 부식조에 수직으로 담겨진다. 부식이 일어나는 동안 불산 부식조 안에 있는 교반기가 불산을 교반시켜서 부식이 원활히 일어나도록 만든다. 7초간의 부식이 끝난 뒤 홀더플레이트를 수직으로 꺼내어서 세척조로 이동한다. 세척조는 <그림 4.8>과 같이 여러 개의 가로대가 있는 사각통 형태를 가진다. 가로대에는 작은 노즐들이 있어서 세척수를 각 유리병에 분사하여 불산을 씻어낸다.



<그림 4.7> 병제거 메커니즘의 실제 모습



<그림 4.8> 세척조

## 5. 결 론

본 연구에서는 유리병 부식 공정을 대상으로 작업자의 노동강도를 줄여주고 위험성을 최소화시켜줄 수 있는 자동화 장비를 개발하였다. 수작업 홀더 장입을 자동화하기 위하여 병 고무 홀더의 형상을 개선하여 장입력을 기존 홀더의 1/3 수준으로 떨어뜨렸으며 최근 장입부의 고무 형상을 변경함으로써 더욱 장입력을 줄일 수 있었다. 개발된 장비를 통한 생산량은 기존의 2배인 1일 평균 96,000병으로 증가되었고, 공정 투입인 원수는 9~20명에서 5~10명으로 약 50% 감소가 가능하였다. 기존에는 장입과 취출 등 높은 강도의 작업에 투입되었던 인력을 관리 등의 경등 작업으로 전환시킬 수 있었다. 부식 품질에 있어서는 기존에 경사무늬에 의한 줄무늬불량이 자주 발생하였는데, 개발된 수직하강방식에 의해 불량이 최소로 발생할 수 있었다.

## 6. 참 고 문 헌

- [1] 박영택, 박수동 공저, "발명특허의 과학 : 창조적인 과학기술 두뇌를 위한 지식경영 시스템 트리즈", 현실과 미래, pp. 42-44, 1999.
- [2] John Terninko 외 2인, "체계적인 이노베이션 - 창의적 문제해결 이론(TRIZ)소개 (System Innovation)," (사)한국트리즈협회 역, 초판,
- [3] "삼성전기 '트리즈 경영' 효과 만점", 한국경제신문, 2004년 12월 14일.
- [4] 박강, 서승우, "TRIZ와 브레인스토밍의 연계방법을 통한 유리병 부식장비 홀더 설계", 정밀공학 2004년도 추계학술대회, KSPE04F046
- [5] K. Rantanen, E. Domb, "Simplified TRIZ", SLP, 2002.