

# 초음파세정기술

이 춘 삼  
 럭키엔지니어링(주)  
 설비사업부 / 부장

## 1. 머릿말

아침에 일어나서 사람들은 몸을 씻고, 식사 전에 손을 씻고, 식사가 끝난후에는 식기를 세척하며, 잠자기 전에는 치아를 닦는다. 그리고 목욕을 한다. 이러한 것들이 모든 사람들의 일상생활이 아침에 일어나서 잠자기까지 “씻는다”는 작업의 연속이다.

산업계에서도 마찬가지로, 기계가공부품에서도 가공이 완료된 후에는 세정한다. Glass도 가공후 세정하고, 증착전의 세정도회수의 한정은 없으나, 이러한 세정을 하는 것은 아래와 같은 세정방법에 따라 실시하는 것이다. Flush · Shower · 침적 · 증기 · 교반 · 기포 · 초음파 같은 것이 있다.

이러한 세정 기술 중에서 초음파 세정 기술은 넓은 의미로는 Electronics 분야에 속한다고 볼수있다.

사람이 들을 수 없는 정도의 높은음파 이해되는것들이 있으며, 초음파 응용 기술에 대해서는, 사람이 듣는 것을 목적으로 하지 않고 음파를 응용하는 것으로 정의하고 있으며, 30년전 부터 산업분야에 응용되어 오늘에 이르게 되었다. 특히 세정에 대해서는 최초로

산업계에 응용하는 것도 있다. 본문에서는 초음파 세정기술에 대하여 장치를 예로 들어서 소개한다. 여러분의 현업에 참고가 되었으면 합니다.

## 2. 초음파 세정에 대하여

고체표면에 부착된 오염원을, 세정액을 사용하여 물리적 또는 화학적으로 제거하는 조작을 세정이라고 칭한다. 이러한 기구에 대하여 복잡하나 일반적으로 아래와 같은 사항을 고려해 볼 수 있다.

첫째로 세정액이 오염원의 표면을 침투하여, 오염원과 고체 표면의 결합력을 약화시킨다. 오염원을 세정액 중에 넣었다 빼는 것이다. 또한, 오염원을 세정액으로 용해할때 용해 제거되는 것이다.

교반과 진동할때 세정액 속에서 오염원을 유리시키는 것이다. 유리된 오염원은 세정액 속에서 유화, 분산되어 세정액속에서 안정된 상태가 유지된다.

이러한 실제적인 세정은 오염원의 상태에 맞추어서 세제의 화학력에 의한 세정법과 기계적으로 물리적 힘에 의한 세정법을 조합하

여 사용하게 된다.

초음파 세정은 Cavitation(空洞現象)에 의하여 물리적 힘으로 하는 세정법의 1가지이다. 이 Cavitation에 의하여 화학작용이 증대하기 위하여, 화학적 세정력을 크게 촉진시키는 것이다. 초음파 세정조내에 액을 주입하여, 초음파 진동을 크게 함과 동시에 세정조내에는 기포의 움직임이 볼수 있다. Cavitation은 액체의 장력에 의하여 분리(부서짐)되는 것을 볼 수 있다.

이것이 Cavitation발생의 핵이 되는 것이다. 음압의 1 Cycle동안 핵기포는 폭발적으로 팽창(파열), 계속하여 수축하여 터지는 것이다. 이때 액체 중에서 비정상적으로 대단히 큰 충격력이 발생한다.

이것이 초음파에 의한 Cavitation의 발생 과정이다. 조내의 액중 기포를 관찰할때 초음파 진동을 멈출때 감소하는 것이 본래 초음파 Cavitation이다. 또한 이 현상과는 별도로 운동하여 기포가 서서히 부상하게 된다. 이것은 액체중에 용해된 공기이며, 기포 가운데 확산하는것에 따라 핵기포가 천천히 성장한다. 이것은 복잡한 진동을 하면서 부상하게 된다. 그러나, 이 기포는 초음파 진동에 따라서 파열, 폭발현상이 일어나지 않는다.

오히려 본래의 초음파 Cavitation과 같은 작용에서 보는 것처럼 장해기포가 된다. 일반적으로 어떠한 방법으로 탈기한 액체는 장해기포가 되지 않고 초음파 Cavitation이 강해진다. 이러한 이유로 인하여, 예를 들면 물을 끓어올라올때 부터 상온으로 되돌아올때, 용제를 비등점까지 온도를 올려서 상온으로 되돌아오는 것을, 세정액과 함께 사용하면 Cavitation 강도가 높아지는것은 마찬가지로

상기와 같은 이유때문으로, 유화, 분산, 산화 화학 반응 같은 것으로, Cavitation을 이용하는 방법도 있다.

초음파 세정에 따른 오물이 제거되기 위해서 고려해야 될것은, 첫째 세정물 표면과 오염원간에 액이 침투하여, Cavitation으로 발생된 기포가 오염원 틈새로 들어가서 잠입시킨다. 이 기포는 초음파의 음압변화와 같이 팽창, 압축을 반복시킴으로 오염층을 박리(떨어지게)되게끔 물리력을 반복하게 되는 것이다. 이탈된 오염원은, 세정액 속에서 용해되어 유화 분산 하게 되며, 이렇게 이탈하는 속도는 현저히 촉진한다. 이러한 형식으로 고체표면의 오물이 초음파 세정에 의하여 오물이 제거되는 것이다. 즉 초음파 세정에는 오물을 잘 용합 및 용해되는 액체가 필요한 것이다. 그리고, 이러한 Cavitation 강도는 사용할 주파수가 짧거나 강하다. 즉 Cavitation 작용에 이용되는 주파는 200KHz~500KHz 정도이다. 그 이상의 주파수에서는 액체중의 파장이 비정상적으로 짧게 하기 위해서 액중에서는 분산되는 진행파가 강조된다. 이러한 가속도가 중력의 가속도의 수 10만배가 되기 위해서 Submicron의 오물의 제거에 이용한다. 물론 고착된 오염원을 제거 하는것은 그리 쉬운 일이 아니나 Submicron미립자, 집진같은 것은 제거가능하다.

고체 표면은, 평탄하게 보이는 것도 Micro적으로 보면 요철이 있다. 이런것을 위하여 Flush, 교반, shower같은 세정 방법에서는 표면적인 오염은 제거되는 것 같으나, 요철 내부까지의 세정은 안되는 것이다. 초음파세정에서는 이러한 Micro적인 장소에서도, 액 침투가 가능한곳에서는 충분히 Cavitation을

발생시켜 세정이 가능하게 된다. 이러한 이유 때문에 고도의 정밀 세정에 초음파가 이용되고 있는 것이다.

### 3. 초음파 세정 장치에 대하여

세정물의 형상이나 오염원은 다양하다. 단순히 초음파 세정에서도, 초음파만으로 세정은 안되며, 세정의 화학적 세정력과 상승작용이 있다. 따라서, 세정목적에 대응하여, 여러가지의 상태로 적합한 세정액, 세정자세, 세정, 세정공정, 주파수의 선정, 건조방법, 장치의 구조 같은것을 결정하지 않으면 안된다. 이러한 장치를 결정하는 것은 당연하다 하겠다. 초음파 이외의 방법으로 제거 가능한 것이 있으며, 예를 들면 Flush, shower로 예비적인 세정을 하고 다음단계로서 초음파를 사용하는 경우가 많다. 주의하여야 할 것은 초음파 만으로는 해결되지 않는다는 것이다. 초음파 진동자는 본래의 고유 공진 주파수로 설계되기 때문에, 이런 고유공진 주파수로 구동시킬 때 가장 효율이 높은 진동이 되기 때문이다. 이러한 진동자를, 일반적으로는 세정 Tank바닥에 설치하나, 경우에 따라 측면에 설치한다. 이러한 진동자를 초음파 발전기로 구동시켜 Tank(조)액속에 Cavitation을 발생하게 한다. Tank바닥 또는 측면의 진동자가 한 방향으로 진동함에 따라, 낮은 주파수대에서는 상대편 면(面)으로부터 반사에 의하여, Tank내부에서 정재파가 된다. 이 정재파는 이러한 낮은 주파수대가 특징으로 평면대향에서는 폐사에서는 단일공진 주파수의 진동자를 구동시켜 정재파를 만든다. 대체로 구동하는 초음파 발전기에서는 세정 Tank의 공진

주파수를 자동으로 추적하는 자동추적 장치를 부착하여서, 여기에 특수변환 회로를 채용하여 Cavitation강도를 높인다. 세정효과를 향상시키기 위한 것이다.

진동자를 설치할때 진동면을 효율 좋은(높은) 피스톤 운동을 하기 위해서는 진동자를 각각 배열, 진동판 두께를 두껍게, 고려하지 않으면 안된다. Tank(조)바닥면을 일정한 모양의 피스톤 운동하게 됨에 따라 진동면의 Cavitation에 의한 침식을 적게 하는 것이 가능하다. 대체로 세정중에는 세정물에 기계적 요동운동을 크게하고, 정재파에 의한 세정일록을 없애는데 일정한 세정이 기대된다.

오염물을 어떤 방식으로 오물제거 가능한가를 생각하기전에 전처리 공정에서 어떠한 오물이 어떤 공정을 통하여 어떠한 상태로 부착되는지, 이러한 것을 확실하게 결정하여 세정 시스템을 결정하지 않으면 안된다. 마찬가지로 세정물에도 전처리 공정이 다르게 되면 오물의 부착상태도 틀려지게 된다. 이러한 것을 위해 세정물의 세정실험은, 실제 공정의 세정물로 필히 해본후, 세정시스템을 결정한 후 부터 세정장치의 설계에 들어간다.

이러한 세정장치는 오염물을 제거한 후에 건조시켜 반출하지 않으면 안된다.

예를들면, 유지같은 유기물은 용제로 제거하고, 미립자 같은 무기물은 세제로 제거한다는 것이 일반적이며, 이러한 후 공정은 물론 세제를 수세하여 알콜로 치환하며, 후레온의 증기 세정으로 건조하는 방법이 종래의 일반적인 세정 시스템이 있다.

그러나, 지구환경보호를 위하여 후레온 사용은 90년대에 시기를 앞당겨 금지시키고 있는 실정이다. 이러한 것을 위한 건조에는 알

콜의 증기를 사용하거나, 온순수를 높여서 열풍으로 하는 것 등이 있다.

알콜의 증기건조는 그 인화성으로 인하여 User 공히 User 기준 및 소방법에 기준하며, 안전성을 충분히 인식하여 사용하여야 한다. 즉 안전증 방폭부품, 소화기, 배기방법, 안전샷다 같은것을 사용하는 것을 의무로 한다. 또한 알콜은 후레온에 비교하여 비등점을 높여서, 세정물에 손상을 크게 주게 되므로 주의하지 않으면 안된다. 또한 알콜에는 물이 혼입되므로, 알콜관리는 매우 중요하다 하겠다.

온순수건조(Super Dry System)에 대해서는, 폐사에서는 5년전부터 실험을 반복하여, 3년전부터 제품화에 성공하였다. 액정유리, Flushing, Glasslens, Disk, 반도체부품, Photo-mask, Ceramic 기판, 수정, Magnetic head, 금속부품같은 것이 있다. 이런 세정물로 부터 세제를 선정하고, TRAY의 설계로 세정효과, 액의 지속적인 액출, 온순수 인상시 물에 잔류되는 것들을 고려하지 않으면 안된다. 특히, Super Dry System에 대해서는 폐사 독자적으로 Tank(조)내 Filtration을 하여, 집진, 미립자를 Tank내부에 잔류치 못하도록 고려하여 Tank(조)의 설계를 하여 장치에 조립되게 하였다. 대체로 청정한 순수 또는 초순수로 세정물을 끌어 올리는 것이 중요하다. 세제의 관리와 순수, 초순수의 미립자, 비저항 관리가 필요하다.

이런 초음파 세정에는 여러 종류의 시스템으로 조합되고 있으며, 주파수, 진동자 입력 같은 적정한 값이 없으며, 세정물이 세정이 되지 않을때는, 역으로 상당한 손해를 보게 되므로, 선정에 충분한 주의를 하지 않으면 안된다.

대체로 세정시스템의 구성은 복잡하다. 이러한 세정에 대해서는 많은 경험이 필요하다. 그대로, 기술적 Know-How가 많아야 함은 물론이며 세정은 가장 안전하여야 하며, 안이하게 생각하는 경우가 많다. 다음은 각종 초음파 세정장치의 세정공정, 특징등을 소개한다.

#### 4. 자동세정장치

##### 렌즈의 세정장치

렌즈의 청정도가 높고, 연마에 있어서도 종래의 핏치 접촉 연마로부터 고속연마로 변화되었다. 핏치의 부착이 좋지 않기 때문이다. 이러한 것을 위하여 세정공정도 변화되어, 공정시스템도 짧아지게 되었다.

표 1은 이러한 세정공정을 표시한 것이다. 그림 1은 개략으로서 세정통에 소정의 Lens를 투입 간헐적으로 보내는 방법의 것도 있다. 부착물은 연삭유, 연마재, 지문같은것이 있다. 렌즈봉은 테프론 봉으로 V자형으로 2곳 또는 3곳으로 지지한다.

설치후 또는 코드전, 조립은 전과 같이 사용되나, 세정공정은 오물에 따라 변한다. 후공정은 같다. 세정봉에는 30mm직경의 렌즈는 약 100개, 15mm직경의 Lens에 약 200개가 수납되며 생산량은 15,000개~30,000개/일 이다.

##### 금속부품의 세정장치

금속부품의 연마후의 자동세정장치이다. 부품은 금속 블록에 접촉한다. 본래대로의 상태로 금속부품을 연마한다 열판의 금속부품을 박리시켜 세정봉에 수납하여 세정하는것도

표 1. 렌즈 세정공정

	세정액	세정방식	액 온도	순환	비 고
1	세제	초음파	가온	유	Pump, Filter
2	세제	"	"	유	Pump, Filter
3	시수	"	"	-	가열기
4	시수	-	"	-	"
5	순수	초음파	상온	유	-
6	순수	"	"	유	-
7	초순수	-	가온	유	가열기
8	건조	Air	가온	유	가열기

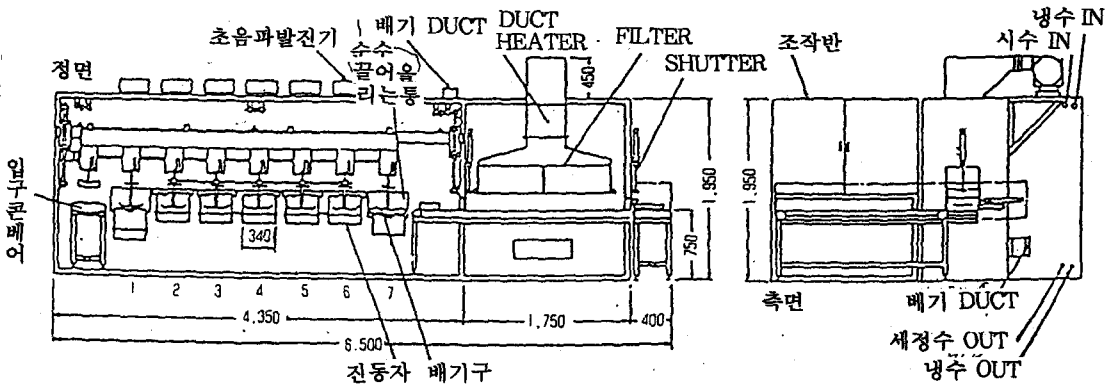


그림 1 렌즈의 자동세정장치

있다. 부착오물은 접착제, 견고하게 부착된 연마재, 지문등이 남아있다. 종래에는 염소계 계통의 후레온을 사용하여 처리한 것도 있다. 그림 2는 이러한 것의 개략도이다. 봉에는 부품이 64개 수납되어 있으나, 이 봉 2개를 동시에 반송한다. 세정공정에서 보는 것처럼 세제 2조로 대부분의 오물을 제거하며, 다음에는 수세로 세제를 제거함과 동시에 세제도 취급이 용이한 오물도 제거한다. 알콜로 치환하여 증기세정하는 것도 있다. 생산량은 23,000개/일이다.

액정용 Glass 세정장치(1)

Glass 수입용 자동 세정장치이다. 이 장치는 카셋트를 사용하는 세정장치이며, 사용자에 따라 매당 즉 1개씩 세정하는 경우가 있다. 매당의 경우에는 수세정후 Air와 함께 건조를 하는 공정이 있다. 이 장치에는 부착물은 무기물·유기물이며 카셋트에는 Glass 25매 정도가 수납된다. 세정공정은 표 3과 같다. Glass Size는 200~320×215~420(mm)이며 두께는 0.7~1.1mm이다. 콘베이어로 반송되는 카셋트는 반입장치로 액중입구 콘베이어

표 2. 금속부품 세정공정

	세정액	세정방식	액온도	순환	비 고
1	세제	초음파	가온	유	Pump • Filter
2	세제	"	"	"	"
3	시수	"	"	-	-
4	시수	-	"	-	-
5	알콜	초음파	상온	유	Pump • Filter
6	"	"	"	"	"
7	"	-	"	"	"
8	"	증기	가온	-	-
9	건조	냉풍	상온	-	Filter

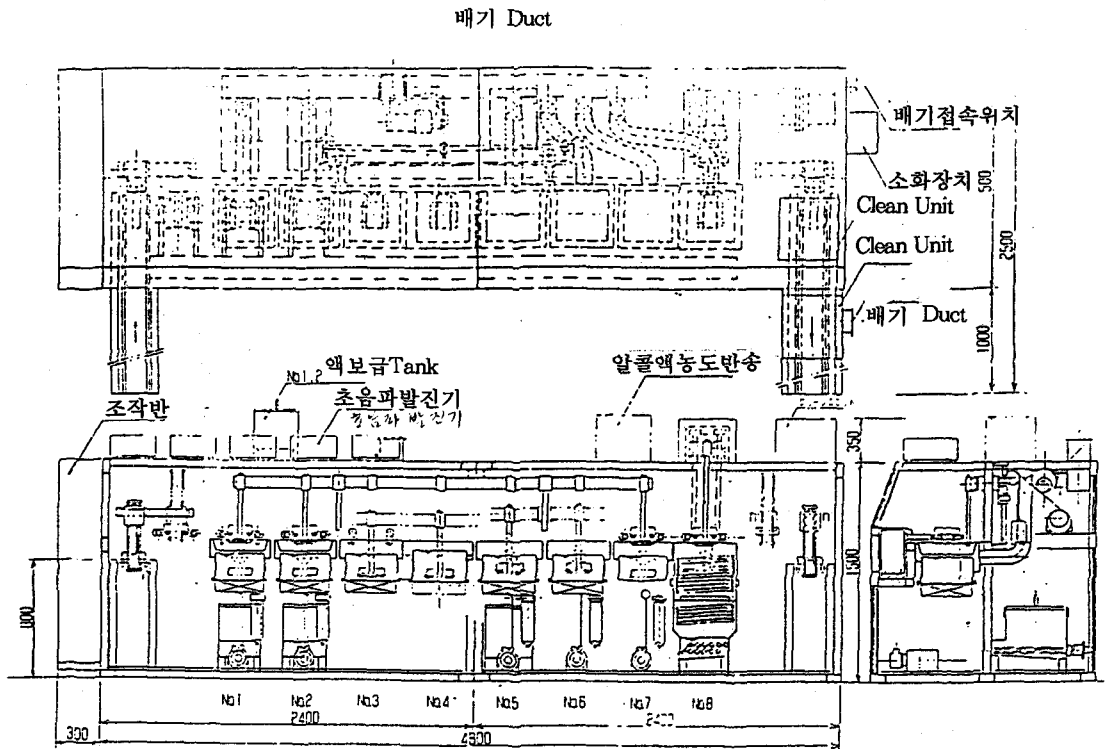


그림 2 금속부품의 자동세정장치

표 3. Glass 기판 세정공정

조수	세정액	세정방식	액온도	순환	비 고
1	세제	초음파	가온	유	Pump • Filter
2	세제	"	"	"	"
3	시수	"	"	-	-
4	세제	"	"	유	Pump • Filter
5	시수	"	"	-	가열기
6	시수	-	"	-	"
7	순수	초음파	상온	유	
8	순수	"	"	"	순수장치
9	초순수	-	"	"	
10	초순수	-	가온	"	가열기
11	건조	Air	가온	유	

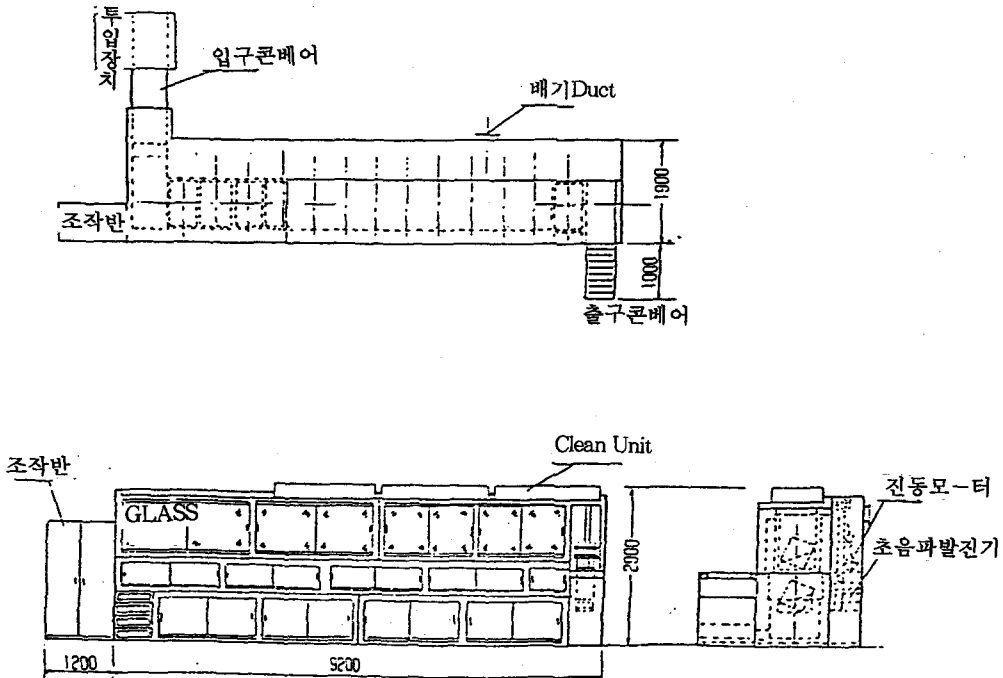


그림 3 Glass 기판자동세정장치

표 4. Glass판 세정공정

조수	세정액	세정방식	액온도	순환	비 고
1	순수+α	기포	가온	유	Pump · Filter
2	순수	초음파	"	-	가열기
3	순수	-	-	-	
4	초순수	초음파	-	-	
5	초순수	-	가온	-	가열기
6	건조	Air	열풍	유	

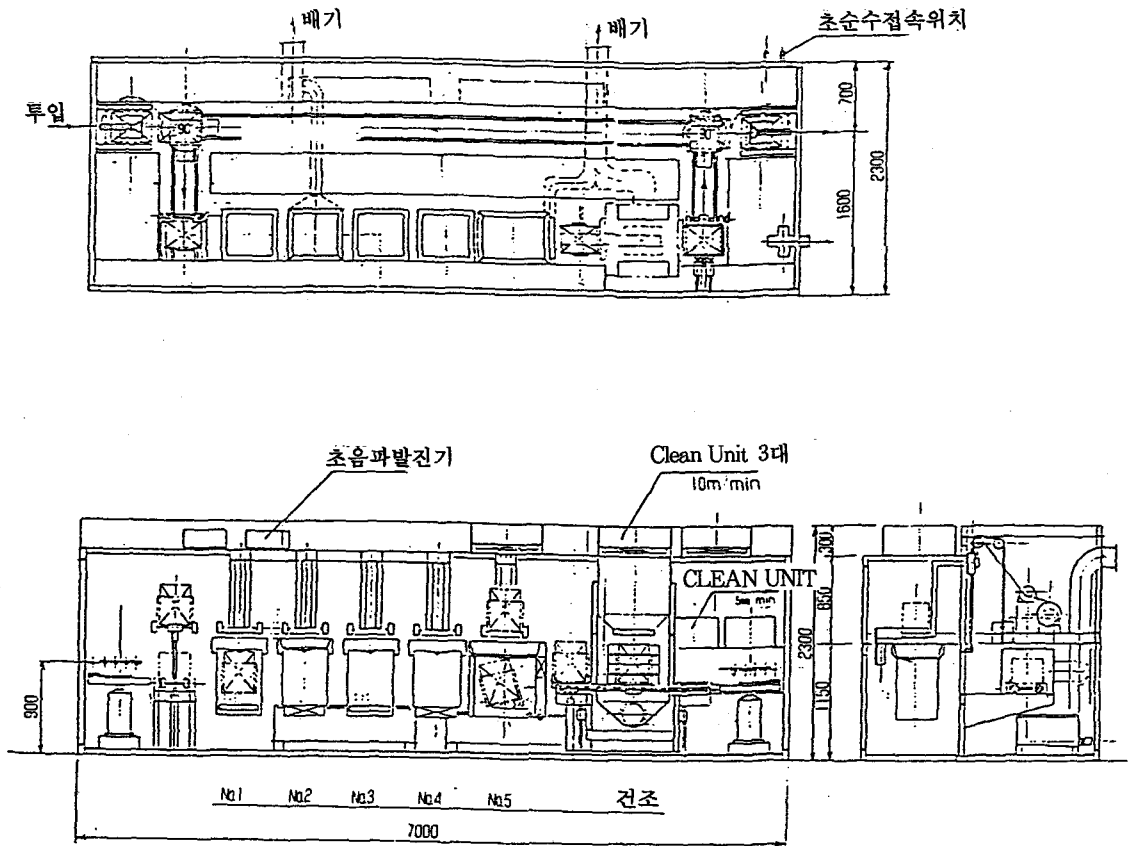


그림 4 Glass판 자동세정장치



로 들어가며 카세트는 1개씩 반입되며 소정의 세정 공정을 거쳐서 출구 콘베이어에 의해 반출된다. 그림 3은 개략도를 표시한 것이다.

#### 액정용 Glass 세정장치(2)

액정 Display의 제조 Process의 후공정에 위치하며 배향막도포후의 Rubbing후 세정장치의 세정공정을 표 4에 표시한다. 오물은 수지파편, 칩 같은것도 있다. 종래는 후레온의 용제로 세정하는 것도 있다. 그림 4는 이런것의 개략도이다. 이 장치는 날개로 투입된 Glass를 로봇트에 의하여 카세트로 순서대로 수납되나, 소정의 매수가 수납 완료되면 반대로 회전하여 세정조에 투입된다. 표4에서와 같이 공정을 반복하며 나가게 된다. 여기서 중요한 것은 Rubbing후에 배향막에 손상을 주지 않게 하기 위한 주파수의 선정이다.

반출되는 카세트로부터, 다시 로봇트에 의하여 Glass가 1매씩 집어서 내보내어 반출 콘베이어로 보내게 되며, 다음 공정으로 향한다.

다. 한쪽에 비어있는 공간의 카세트는 Return Converyer에 의하여 반복해서 Glass를 대기하며 Glass는 22초에 1매씩 투입, 반출된다.

#### 맺음말

지금까지 자동세정 장치의 일부를 소개하였으나, 후레온을 처음 염소계통인 용제는 지구환경을 오염시키는 용제로서 차차 사용이 되지 않을 것이다. 물 만이 유일하게 남아있는 세정제인 것이다. 금후 보다더 새로운 세정정도가 요구되는 것은 확실하며, 동시에 세정장치의 완전자동화를 포함하여, 당사는 사용자의 기대 부응하지 않으면 안되는 것으로 본분이 독자의 세정기술에 대하여 조금이라도 보탬이 되기를 바랍니다.

#### -참고문헌-

1. 전기통신 학회 잡지 Vol. 48, No.11
2. 표면기술지 Vol. 42, No.4
3. 정밀공학회지 Vol. 54, No.10

#### 뉴스

##### ■ 핵심 엔지니어링 기술 집중개발

과기처는 오는 2천년대초까지 엔지니어링기술의 자립기반을 구축키위해 6대전략기술분야에 4천8백10억원을 투자 엔지니어링관련기술을 개발하고 이들 관련분야의 세계시장점유율을 현재 1.1%인 6억달러수준에서 8%인 70억달러선으로 끌어올리기로 했다.

8일 과기처는 이같은 목표를 달성키위해 마련한 핵심엔지니어링 기술진흥중장기계획안을 10일 서울건설회관에서 관계자들의 공청회를 개최, 이안을 상반기중으로 확정시행해나기로 했다.

이 중장기 계획안을 보면 범부처적으로 지원체계를 구축하고 이를 유기적인 협조체제로 이끌기위해 「엔지니어링 산업정책협의회」를 발족시키고 그밑에 실무 「기획단」을 두기로 했다.