

# PDP제조용 스크린 인쇄장비의 적용현황



**김 광 영**

(KIMM 산업기술연구부)

- '74 - '78 동아대학교 기계공학과(학사)
- '86 - '87 동아대학교 기계공학과(석사)
- '88 - '92 동아대학교 기계공학과(박사)
- '81 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



**함 영 복**

(KIMM 산업기술연구부)

- '83 - '87 금오공과대학교 기계공학과(학사)
- '88 - '90 금오공과대학교 기계공학과(석사)
- '98 - 현재 금오공과대학교 기계공학과(박사과정)
- '90 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



**최 병 오**

(KIMM 산업기술연구부)

- '71 - '75 한양대학교 기계공학과(학사)
- '83 - '85 South dakota주립대 기계공학과(석사)
- '85 - '91 Univ. of Missouri-Rolla 대학교 기계공학(박사)
- '92 - 현재 한국기계연구원 책임연구원



**남 수 용**

(부경대학교 화상정보공학부)

- '84 - '88 부경대학교 인쇄공학과(학사)
- '89 - '91 Chiba대학 화상공학과(석사)
- '92 - '95 일본동경공업대학 고분자공학과(박사)
- '95 - 현재 부경대학교 교수

## 1. 머리말

본 고에서는 현재 주류를 이루고 있는 면 방전 AC형 PDP의 구조를 알아보고, 표 1에 나타낸 바와 같이 PDP 전체 제조 공정중에서 스크린 인쇄법(screen printing process)에 의해서 이루어지는 공정이 전면기판과 배면기판의 주요 공정에서 많이 적용되고 있으므로 이들을 중심으로 스크린 인쇄법의 설명과 스크린 인쇄장비의 개발동향에 대해서 소개하고자 한다.

## 2. AC PDP의 구조

AC형 PDP의 구조적인 특징을 나타내면 그림 1과 같고 배면유리 기판 상에 신호 전극을 설치하고 그 위에 유전층을 도포한다. 그리고 높이 130 μm 정도의 격벽(barrier rib)을 설치한 다음 형광체를 격벽과 신호 전극을 덮고 있는 유전체 위에 도포한다. 격벽을 따라서 도포된 빨강(R), 녹색(G), 파랑(B)에 해당하는 세 개의 끈이 하나의 화소(pixel)를 이룬다.

한편 전면 유리기판에는 투명한 방전 표시전극 및 주사전극을 형성하고, 투명전극재료로는 ITO(Indium Tin Oxide)를 사용하며, 면저항이 일반 금속보다 100배정도 높으므로 가시광의 방출이 방해받지 않도록 ITO 위에 버스(bus) 전극을 알루미늄 또는 크롬/구리/크롬 층으로 형성한다. 다음에 PbO 계통의 유전체로 도포하고, 그 표면에 MgO 보호막을 증착한다. MgO 보호막은 PbO 유전층을 이온의 스퍼터링으로부터 보호하여 주며, 또한 PDP 플라즈마 방전시 낮은

표 1. 스크린 인쇄법에 의한 PDP의 전면과 배면기판 제조공정

구분	공정	형성물	주요제조공정
전면기판	투명전극	ITO SnO <sub>2</sub>	- Sputter에 의한 Photoetching법 - CVD에 의한 lift-off법 - 스크린 인쇄법(개발중)
	Bus 전극	Ag Cr/Cu/Cr Cr/Al/Cr	- 스크린 인쇄법 - 감광성 Paste법 - Sputter에 의한 Photoetching법
	Black stripe	저융점 유리(흑색) 안료(흑색)	- 스크린 인쇄법 - 감광성 paste법
	투명유전체	저융점 유리(투명)	- 스크린 인쇄법 - 각종 코드에 의한 도포법
	MgO보호막	MgO	- 전자 Beam 증착법 - Sputter법 - Ion plating법(개발중) - 스크린 인쇄법(개발중)
배면기판	data 전극	Ag Cr/Cu/Cr Cr/Al/Cr	- 스크린 인쇄법 - 감광성 Paste법 - Photo-etching법 - lift-off법
	백색유전체	저융점 유리(백색)	- 스크린 인쇄법 - 코터에 의한 도포법 - Sheet laminate법
	Barrier	저융점 유리 + ceramics	- 스크린 인쇄법 - sand blast법 - additive법 - 감광성 past법
	형광체	형광체(RGB)	- 스크린 인쇄법 - 감광성 paste법

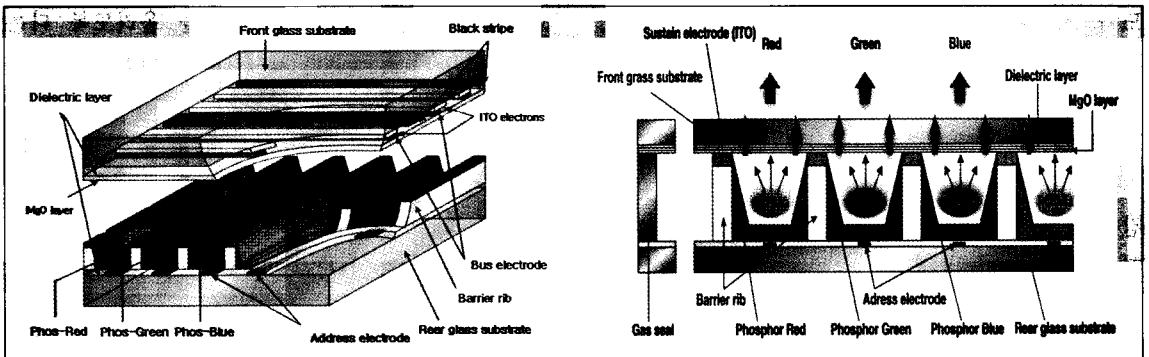


그림 1. AC형 PDP의 구조

이온 에너지가 표면에 부딪혔을 때 비교적 높은 이차전자 발생계수의 특성을 가져 방전 플라즈마의 구동 및 유지전압을 낮추어주는 중요한 구실을 한다.

### 3. PDP 제조공정에서 스크린 인쇄법의 적용

현재 전면기판 및 배면기판은 후막법과 박막법의 공정을 조합시켜 형성하는 경우가 많지만, 정밀도 및 가격면에서 볼 때 아직 여러 과제가 남아 있다.

전면 기판 위에 형성되는 투명전극, 버스 전극, 블랙 스트라이프, 투명유전체, MgO보호막, 그리고 배면판에 형성하는 data전극, 백색유전체, 격벽, 형광체 형성 공정을 간단하게 요약하면 다음과 같다.

#### 3.1 전면기판 제조공정

##### 3.1.1 투명전극의 형성

투명전극은 ITO라고 부르는 물질을 미량 첨가한 산화 인듐(In) 혹은 NESA라 불리는 SnO<sub>2</sub>라는 전도성 있는 투명한 금속 산화물을 기판 위에 스크린 인쇄법, 스퍼터법과 증착법으로 성막된다. 그러나 이것은 sheet저항치가 크기 때문에 저항치를 낮추기 위해서 불투명한 버스 전극을 추가로 형성할 필요가 있다. 투명전극에 대해서는 전극형상의 정밀도와 높은 막두께의 정밀도가 요구된다. 이것이 불충분한 경우에 발광시의 휘도일률 등의 증상이 발생하기도 한다.

##### 3.1.2 버스 전극의 형성

버스 전극은 스크린 인쇄법으로 직접 패터닝, 감광성 페이스트와 Cu·Cr의 스퍼트에 의한 막형성 후에 패터를 형성하는 방법 등으로 형성된다. 스크린 인쇄법은 제조공정과 재료의 사용 효율면에서 다른 방식보다 우수하지만 정밀도가 스크린판에 의해 지배되고, 동시에 PDP의 경우

는 크기가 특별히 대형이기 때문에 판의 늘어남과 수축이 발생하기 쉽다. 또한, 메쉬판을 사용하기 때문에 해상도에도 한계가 있다.

##### 3.1.3 블랙 스트라이프(Black Stripe)의 형성

블랙 스트라이프의 목적은 불필요한 방전을 광학적으로 차폐하고, 콘트라스트(contrast)를 향상시키는데 있다. 따라서, 요구특성은 투과율과 반사율을 낮추는데 있다. 여기에는 첨가한 안료 등에 의해서도 결정되지만 막두께도 중요한 요소이다. 또한, 너무 막두께가 두꺼운 경우 **凹凸**이 유전체표면에 영향을 미쳐, 방전셀간의 틈새가 커지게 되어 방전특성이 열화한다. 블랙 스트라이프는 버스 전극보다는 정밀도가 덜 요구되기 때문에 스크린 인쇄법으로 형성되는 경우가 많지만 버스 전극과의 위치 정밀도가 현저히 악화되면 방전면의 휘도일률 등의 증상이 나타나게 된다.

##### 3.1.4 투명유전체의 형성

투명유전체는 스크린 인쇄법에 의해 형성되는 경우가 많다. 위치정밀도가 그다지 문제시되지 않지만 막두께의 제어와 그 균일성이 요구된다. 방전시의 절연성을 확보하기 위해 보통은 다층으로 형성하며, 이때 특정의 층에 기포 등의 결함이 발생해도 그 영향을 조금 덜 받도록 하는 것이 가능하기 때문이다. 따라서, 각각의 층에 버스 전극과의 소성시에 반응을 제어하고, 절연내압을 높이며, 투과율과 표면 평활성을 올리도록 다른 특성의 재료를 사용하는 것이 가능하게 되었다.

##### 3.1.5 MgO 보호막의 형성

보통 MgO보호막은 진공증착에 의해 형성된다. 스크린 인쇄법도 검토되고 있지만 아직 실용화에는 이르고 있지 않다. MgO에는 내 스퍼트성, 높은 투과율, 방전안정성이 요구된다. 막질과 막두께의 제어가 PDP의 품질을 좌우하는데 특히 중요하지만, 패널특성과 막질의 인과관계는

완전히 설명되지 않고 있다.

## 3.2 배면기판 제조공정

### 3.2.1 Data전극의 형성

데이터 전극의 형성방법으로는 증착으로 성막하여 photolitho에 의해 패터닝하는 방법(photoetcing법), 감광성 도체 페이스트(Ag등)를 인쇄하여, photolitho로 패터닝하는 방법(감광성 paste법), 전극형성부분을 패터인(긁어내기)한 레지스트(resist)막에 전극을 집어넣은 후, 레지스트막을 제거하는 방법(lift-off법), 후막의 도체 페이스트를 직접 인쇄하는 방법(스크린 인쇄법)이 있으나, 가장 값싸게 형성할 수 있는 방법은 스크린 인쇄법이지만 스크린판의 불균일한 늘어남으로 인해 패턴변형 및 제판의 재현 정밀도 등의 문제 때문에 XGA급 이상의 고정세(高精細)패턴형성이 곤란하여, 고정세패널을 형성하는 경우는 스크린인쇄 이외의 방법이 이용되고 있으며, 재료로서 Ag가 주로 사용되고 있다.

### 3.2.2 백색 유전체의 형성

백색유전체에 대해서는 유전체 특성 외에 전극보호층으로서의 특성, 방전시 발광된 빛이 배면기판에서 후방으로 통과하는 것을 반사시키는 반사층으로서의 특성이 요구된다. 특히, 반사특성을 만족시키기 위해서는 반사재료를 많이 넣으면 막질이 porus(다공질)화 되기 쉬워, 유전체로서 요구되는 막질과 상반된다. 따라서 이것을 양립시키는 재료를 선택할 필요가 있다.

### 3.2.3 격벽(barrier rib)의 형성

격벽의 형성방법으로는 스크린 인쇄법, lift-off법, dry film resist + sand blast법의 공법이 사용되고, 스크린인쇄법은 설비비용과 제거재료 감소 등의 점에서 제일 유리하지만 앞에서 말했듯이 정밀도라는 점에서 문제가 있다. 격벽재료에 대해서는 근접한 셀의 방전 상호간섭(crosstalk)

방지 외에 반사층으로서의 특성, 패널 완성후의 전면기판을 지지하는 강도 등이 요구된다.

### 3.2.4 형광체의 형성

형광체 도포공정의 과제는 안정하게 균일한 막두께를 형성하는 것이다. 스크린 인쇄법으로는 격벽과의 상대위치정밀도의 향상과 균일한 막두께형성이 어렵기 때문에 각 공정의 완성도를 높일 필요가 있다.

## 4. 스크린 인쇄법

### 4.1 스크린 인쇄의 개요

스크린 인쇄는 스크린(screen) 메쉬(mesh)에 유체로 개구부가 형성된 스크린 마스크를 이용하여 페이스트를 스퀴지(squeegee)로 문질러 인쇄대상 표면에 패턴을 형성하는 공법이다.

스크린 인쇄에 사용되는 스크린(망사)에는 나일론 스크린, 폴리에스테르 스크린, 스테인리스 스크린, 특수 스크린이 있다. 일반적인 스크린 인쇄에는 주로 폴리에스테르 스크린이 사용되지만, 정밀 인쇄에는 스테인리스 스크린 또는 특수 스크린이 사용된다. 이외에도 고정밀도를 요구하는 인쇄에는 메탈 마스크, 컴비네이션 스크린 등이 사용된다. 스크린 제판법에는 직접 감광제판법, 간접 감광제판법, 직간접 감광제판법이 있다. 일반적으로 스크린 인쇄에서는 주로 직접 감광제판법이 사용되지만, 특별한 평활도가 요구될 경우에는 직간접 감광제판법도 사용된다.

#### 4.1.1 스크린 인쇄의 세 가지 메카니즘

##### (1) 잉크를 밀어내는 메카니즘

그림 2와 같이 페이스트는 스퀴지와 스크린기판에 접촉된 위치에서 스퀴지 이동에 따라 유동되어, 스퀴지 에각면의 수직방향으로 힘을 받고 그 압력을 전방으로 전달한다. 압력을 받는 페이스트는 스크린 메쉬의 개구부로부터 유입되어

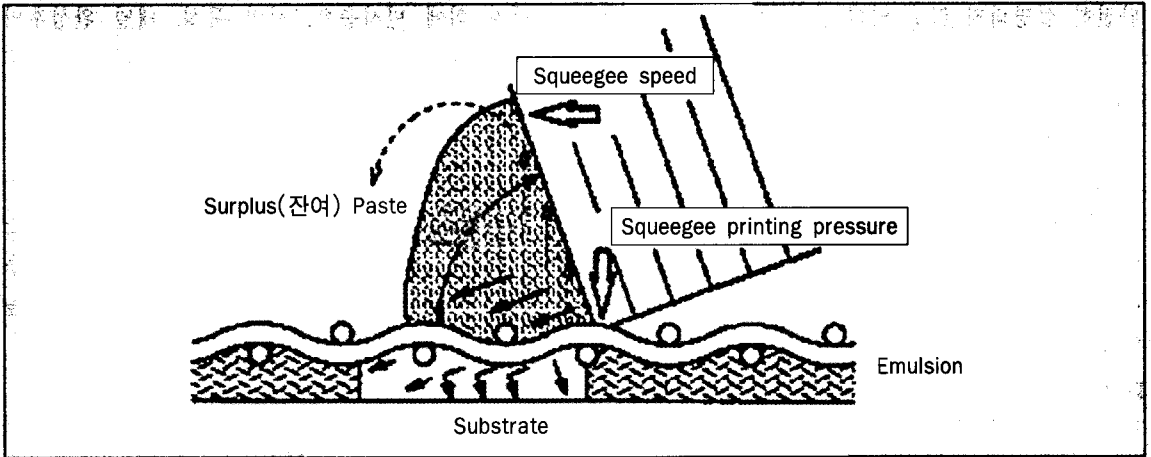


그림 2. 스퀴지 이동에 의한 페이스트의 유동

기판에 도달하여, 유제로 둘러싸여진 공간에 페이스트가 충전된다. 공간에 페이스트가 충전되면 그 후의 압력을 받았던 페이스트는 반작용으로 위쪽으로 흘러, 스퀴지 면의 운동방향으로 회전한다. 이것이 육안으로 관찰할 수 있는 페이스트의 롤링이다. 즉 페이스트를 밀어내는데 가장 영향을 미치는 파라메타는 스퀴지의 접촉각도임을 알 수 있다.

또한, 스퀴지 속도는 압력을 가하는 시간에 관계하고, 밀어내는데 영향을 미친다. 늦은 스퀴지 속도는 오랫동안 압력을 가하기 때문에 밀어내는 힘이 증가하게 된다. 이러한 밀어내는 힘과 스퀴지각도, 속도의 관계를 그림 3에 나타냈다.

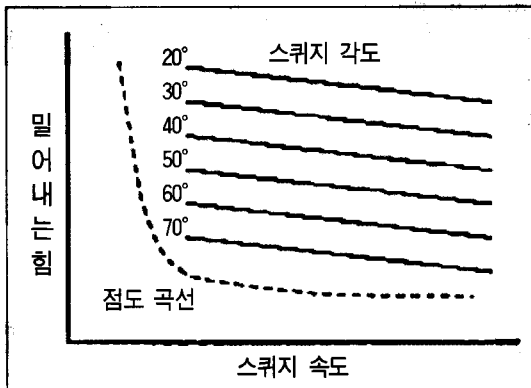


그림 3. 스퀴지 속도와 각도에 따른 밀어내는 힘의 변화

스크린 인쇄의 인쇄조건 설정이라는 것은 이와 같이 밀어내는 힘을 증감 조정하는 것을 말한다. 또한, 스퀴지 인압은 페이스트를 밀어내는데에는 직접 관계가 없고 스크린상의 페이스트를 균일하게 끌어 모아 기판과 접촉시키는 역할만 한다.

### (2) 판 분리 메카니즘

스quee지 이동에 맞추어서 페이스트를 밀어낸 후 스크린이 스스로의 장력에 의해 기판에서 분리되기 때문에, 기판에 도달된 페이스트가 스크린과 분리되어 기판상에 남게 된다. 이것을 판분리라고 한다. 이것은 스크린 인쇄가 균일한 막두께로 분산없이 연속적으로 실현할 수 있는 기본적인 메카니즘이다. 이 판 분리는 스크린의 장력과 페이스트의 점탄성과의 관계로 이루어지는 것이며, 균일한 인쇄를 하기 위해서는 양호한 판분리성이 절대적인 전제조건이다.

스quee지의 이동에 맞추어서 스크린 틀의 뒷부분이 들려지는 기구에 의한 판 강제분리는, 막 균일성과 치수 정밀도에 치명적인 문제를 일으킬 가능성이 있기 때문에 절대로 사용해서는 안 된다. 그림 4에 오프콘택트(off-contact) 기구를 이용한 클리어런스양 변화를 설명한다. 클리어런스양이 증가하면 인쇄화상이 선명하지 못하고 퍼지게 된다.

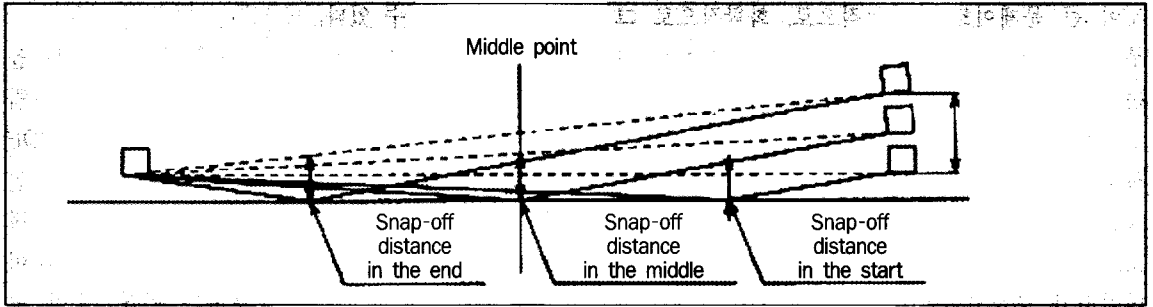


그림 4. 오프콘택트 기구 사용시의 클리어런스양 변화

(3) 레벨링 또는 형상 유지의 메카니즘

판분리후, 기판상에 남은 페이스트는 스스로의 성질로 인쇄표면의 메쉬 자국을 없애거나, 기판상에서 페이스트의 분리를 방지하여 형상을 유지한다. 이것은 페이스트 자체가 가진 특성 즉, 레오로지의 문제이고, 인쇄조건에 대응하는 것은 아니다. 100메쉬이하의 스크린으로 인쇄해도 메쉬자국이 남지 않는 유전체 페이스트 또는 점도가 떨어지지 않고 평탄성이 좋은 은페이스트가 실제로 사용되고 있다.

4.1.2 잉크의 점도와 인쇄성

잉크의 인쇄성을 고려할 때 가장 큰 영향을 미치는 것이 점도이다. 일반적인 경향으로서는 점도가 높으면 잉크의 전이와 분산은 적게되므로 피막 두께가 두껍고, 에지 커버링은 나빠지기 쉽다. 반대로 점도가 낮으면 레벨링이 좋아지는 경향이 있다. 이 밸런스를 잘 조절한 잉크를 인쇄성이 좋은 잉크라고 할 수 있다. 그러나 잉크는 수지, 안료, 충전제, 첨가제, 희석제 등의 혼합물로 이루어져 있기 때문에 그 점도(유동성)는 일정하지 않고, 온도나 습도 및 교반조건에 따라서 변화된다.

표 2. 점도와 인쇄적성

점도	높다 ↔ 낮다
잉크피막	두껍다 ↔ 얇다
분산정도	좋다 ↔ 나쁘다
에지 커버링	나쁘다 ↔ 좋다
레벨링성	나쁘다 ↔ 좋다

점도와 인쇄성의 관계는 표 2와 같다.

4.1.3 잉크의 유동성과 인쇄적성

잉크의 유동성은 한마디로 정의할 수 없지만 틱소트로피 지수(Thixotropy Index) 즉, TI치로 기준을 한다.  $Tl치 = \eta_L / \eta_H$  (저 전단속도 점도/고 전단속도 점도)로 되며, TI치가 크면 틱소트로피성이 크고 외관상 유동성이 작으며, 반대로 TI치가 작으면 틱소트로피성이 적어 유동성이 큰 잉크이다. TI치가 큰 잉크는 작은 인압으로 선명한 화상이 얻어지는 반면 표면 레벨링성은 떨어져 스크린 메쉬 자국이 남기 쉽다. 따라서 선예도 (sharpness)와 레벨링성의 접점은 TI치와 점도의 밸런스가 어느 적당한 범위에 있는 것이 하나의 조건이 되며 이러한 관계를 나타내면 표 3과 같이 된다.

표 3. 잉크의 유동성과 인쇄성

점도	크다 ↔ 적다
잉크피막	얇다 ↔ 두껍다
분산정도	좋다 ↔ 나쁘다
에지 커버링	나쁘다 ↔ 좋다
레벨링성	나쁘다 ↔ 좋다

4.1.4 고정세 스크린 인쇄

스크린 인쇄는 미세 패턴을 직접 재현할 수 있기 때문에 생산가격이 저렴하고 생산성이 우수하지만, 인쇄 재현성 정밀도가 떨어진다. 그 요인에는 숙련된 기술자의 직감적인 면에 의한

것이 큰 문제이므로 과학적으로, 화학적으로 그 부분을 해석하여 적절한 인쇄조건을 수치화 하는 연구와, 생산에 대응하는 인쇄기술 개발이 필요하다. 스크린 인쇄를 전자부품 제조프로세스에 사용되는 경우에는 인쇄판의 패턴 정밀도, 텐션 강도, 위치정밀도, 페이스트 특성, 페이스트 점도, 공급량, 막두께, 형태, 정밀도, 정밀상태 등의 데이터가 축적되어야 한다. 이와 같은 데이터가 축적되었을때 고정밀도의 인쇄재현이 가능한 시스템을 대량생산에 도입할 수 있다. 수치관리가 가능한 기술의 인쇄기에는 스쿼지압력 균형 제어 시스템, 기판과 스크린 판 사이를 CCD 카메라가 계측하여 정확한 위치 조정과 반복 조정 정밀도를 제어하는 기구, 인쇄면의 상태를 검출하여 정보를 피드백해서 인쇄상태를 조정하는 제어기구, 페이스트 자동 공급장치, 인쇄판 클리닝 장치 등 부대기능 장치에 의해 인쇄상태를 종합적으로 항상 분석하는 자기수정 시스템으로 구성되어 제어되는 표준 장비가 되어야 한다.

최근에 한계치에 가까운 고정세, 고밀도 패턴 스크린 인쇄기술은 소형 전자 디바이스 제품에 사용되고 있고, 대형 PDP와 같은 디스플레이 패널 등의 제조에 사용되어 스크린 인쇄도 고정밀도화로 발전하고 있다. 최근에 개발된 새로운 스크린 소재로서 포리아리레이트(PAR) 섬유를 재료로 한 고강도·저신도·고탄성·내약품성·저물성변화율을 가진 V스크린으로 V250-30 $\mu$ m, V330-23 $\mu$ m이며 고정세 인쇄를 가능하게 한 새로운 스크린이다. 앞으로 필라멘트 제조기술 개량에 의해 10~16 $\mu$ m메쉬가 개발되면 대형 고정세 스크린 인쇄가 가능함과 동시에 스크린 두께가 얇게 되어 요철이 적은 인쇄피막을 얻을 수 있기 때문에 도포면의 평면화 및 인쇄도포두께를 컨트롤 할 수 있어 기능성 재료의 광학특성이나 전기특성을 재현하기 쉽게 된다. 종래의 크리어런스 설정치 보다 낮은 위치설정이 가능하므로 스크린 판의 압력 및 실제인압을 낮은 가압조건으로 인쇄할 수 있으므로 인쇄정밀도가 한 단계

더 향상 될 수 있다.

스크린 인쇄방법으로 샤프한 PDP격벽적층을 고정밀도로 형성하는 다이렉트 인쇄기술이 확립되면 가장 가격이 싼 제조프로세스로 된다. PDP가 필요로 하는 인쇄정밀도는 10 $\mu$ m 이내로써, 인쇄치수 정밀도 및 인쇄도포 피막두께의 균일 정밀도가 5% 이내로한 인쇄평면 정밀도, 격벽사이에 형광체를 균일하게 도포하는 인쇄기술이 필요하다. 형광체 인쇄법은 패터닝 된 스크린 인쇄판 또는 메탈 마스크를 이용하여 격벽사이에 형광체를 주입하는 도포형식과 격벽측면에 도포하는 방식이 있으며, 후자는 고도의 인쇄기술과 정밀도가 필요하기 때문에 주로 전자가 사용된다.

#### 4.2 스크린 인쇄법에 의한 격벽 형성

그림 5에 스크린 인쇄법에 의한 격벽형성 공정을 나타내었고, 이 방법은 스크린 마스크에 의해 인쇄를 여러번 반복하여 원하는 격벽을 형성하는 방법이고, 칼라 PDP의 초기에는 이 방법 이외의 실용적인 격벽 형성법이 없었다.

1회의 인쇄로는 대략 30 $\mu$ m정도의 높이만 얻어지기 때문에, 다층 반복 인쇄하는 방법에 의해 원하는 높이를 얻는다. PDP의 개발 초기는 수십회의 인쇄가 필요하였지만, 최근은 페이스트 기술과 인쇄 기술의 진보에 의해 10회 정도의 인쇄로 형성 가능하게 되었다.

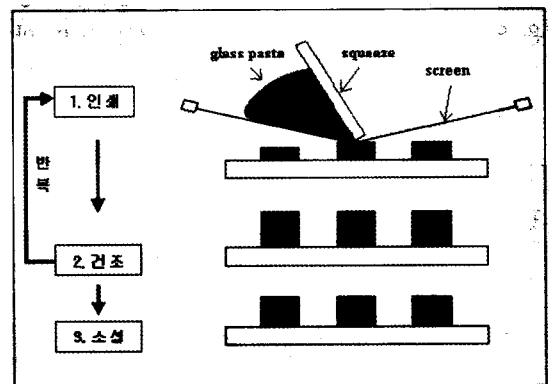


그림 5. 스크린 인쇄에 의한 격벽 형성 공정

적층 인쇄시 격벽의 적층 될 페이스트 특성을 층 단위로 최적화하는 것에 의해 격벽의 형상을 제어함을 알 수 있다. 특히, 높은 형상 유지성과 양호한 판 분리성이 필요하며, 구체적으로 하층에는 위치 정밀도의 향상에 중점을 두고, 중간층은 높이를 얻는다. 상층에는 격벽의 평활성(平滑性)을 갖도록 한다.

스크린 마스크는 초기 정밀도를 유지하는 것은 물론 여러 번의 인쇄 후에도 판의 신장이 발생하지 않고, 초기 치수를 유지하도록 하는 것이 필요하다. 사용하는 메쉬(mesh) 사이즈는 300~500mesh 정도이고, 미세한 격벽 만큼 촘촘한 메쉬(mesh)가 필요하다. 스크린 마스크의 변형을 제어하는 것은 메쉬(mesh)의 강성을 높임으로써 가능하지만, 일반적으로 강성을 높이면 메쉬(mesh)가 찢어지기 쉬워지고 내구성에 지장을 준다. 현재, 스테인리스 메쉬(mesh)의 표면에 Ni 도금을 하는 것에 의해 충분히 치수 정밀도를 유지할 수 있는 스크린 마스크가 개발되고 있다.

스크린 인쇄는 스크린 마스크를 기판에 접촉시켜 문지르기 때문에 스크린에 손상을 준다. 이러한 손상을 줄이기 위하여 인압(印壓:스퀴지가 스크린을 누르는 힘)을 작게 하는 인쇄기가 사

용되고 있다.

#### 4.2.1 페이스트의 인쇄 적합성

페이스트 재료는 스크린 인쇄특성과 소성후의 기능 모듈을 고려한 제품이 많이 개발되었다. 대형인쇄용으로서 가장 중요한 인쇄특성은 판분리성이다. 최적 스크린 장력과 최적 클리어런스로 인쇄하여 판 분리가 잘 일어나지 않으면 균일한 피막이 형성되지 않는다.

미세패턴용 페이스트에서는 형상유지성과 매쉬 자국을 제거하는 레벨링성의 밸런스가 필요하다.

이들의 특성은 종래의 점도와 TI값만으로는 판단할 수 없기 때문에, 페이스트의 탄성적 특성인 항복치나 시간적 변화의 회복시간 그리고 표면 장력 등의 특성을 중요시하여 레오로지(점탄성 특성)설계가 필요하다.

#### 4.2.2 페이스트 프로세스

페이스트 프로세스는 스크린제판사양·품질의 적정화를 행하여 마지막으로 페이스트를 정적화 시키는 방법을 취해야 한다. 작업자의 인쇄 기술로 인쇄품질을 향상시키는 것이 아니라, 어디까지나 최적 요소기술의 축적으로 페이스트 본래의

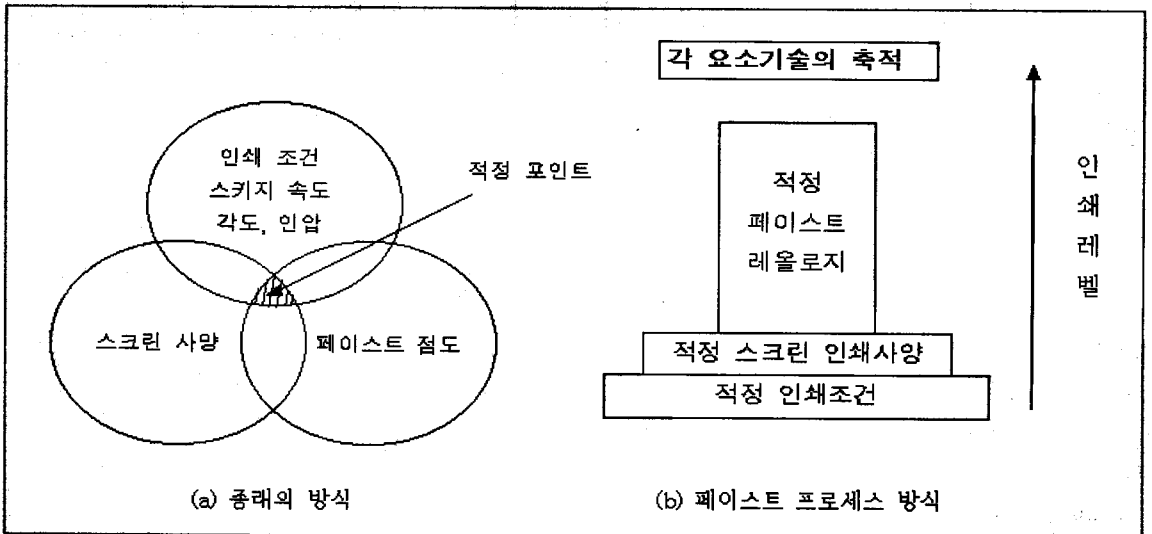


그림 6. 종래의 인쇄 프로세스와 페이스트 프로세스의 차이



인쇄적합성을 끌어내려는 사고가 중요하다. 인쇄 조건의 최적화를 위해서는 그림 6과 같이 우선 스크린 인쇄의 메카니즘을 바르게 이해해야 한다.

5. PDP용 스크린 인쇄기의 개발 동향

벽걸이 TV로서 주목받고 있는 PDP 제조 공정

에서 현재 스크린 인쇄기가 주로 사용되고 있다. 여기에 사용되고 있는 대형 스크린 인쇄기의 초기 형태는 종래의 기계적 구조를 모방한 대형 스크린 인쇄기이므로, 기계적 정밀도를 개량해도 스크린 인쇄의 약점을 개선한 구조가 되기는 어렵다.

즉, PDP 제조 프로세스에 있어서 피막두께의 불균일성, 치수정밀도의 불안정, 적층형성의 불

표 4. 제조업체별 주요 스크린 인쇄기의 특징

회사명	종 류	제품명	PDP적용공정	대용기판 사 이 즈	처리 능력	가 격	Option	주 요 특 징
사쿠라 #Graphic Systems	Screen 인쇄기	PD125	기능막 (color filter ITD 등) 형상(전극, barrier rib) 형성	40" ~ 50"형	60매/h	표준모델 6300만엔	판 cleaning paste 공급설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>인쇄 table 주행이 없이 XYθ 위치 결정, 이동 table 위치 정밀도 향상</li> <li>최적조건 인쇄 가압설정(squeeze unit)</li> <li>4개의 CCD카메라로 쉐판의 distortion관리</li> <li>조작은 대화식</li> </ul>
동해상사	Screen 인쇄기	SFA- HA 1500IP	전극 Barrier Rib 유전체층, 형 광체	40" ~ 60"형	120s/매	6000만엔 (60"형 대용기)	Ink 공급가능	<ul style="list-style-type: none"> <li>화상처리 장치 채용, 공정도 자동위치 결정(±5μm)</li> <li>인쇄조건외의 digital설정,system화 실현, 조건의 메모리화</li> <li>자동인압 설정 system(PAT)채용</li> </ul>
동경 process services	고점도 paste 여과기	PF- 1500A	paste 관리 (이물질, 불순물 제거)	-	Glass paste 10ml/cps 1kg 약8min	78만엔 (표준 1.41용)	대형 51용	<ul style="list-style-type: none"> <li>여과시간 자유설정</li> <li>다중 paste여과 가능</li> <li>0~120rpm 회전속도 임의설정</li> </ul>
New -Long 정밀공업	Screen 인쇄기	LZ- 1200 GTVA	전극, 형광체 유전체형 성공의 paste 인쇄	최대 50"형 Class	-	-	자동번짐 처리장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>squeeze 중량을 실린더 배압으로 상쇄한 air floating squeeze 방식</li> <li>Table내에 상하로 움직이는 코드 배치</li> <li>Table반복 정밀도 0.005mm 이내</li> <li>Table/squeeze 평행도 0.05mm이내 (인쇄면적내)</li> <li>squeeze속도 10~200mm/s</li> <li>clearance조정량 0~15mm (digital설정)</li> </ul>
Micro- Tec	Screen 인쇄기	MT- 7010	전극, Barrier Rib 형광체의 pattern형성 유전체, Sandblast 재 등의 성막	30" ~ 60"	ln-line 시 30매/h	표준모델 6000만엔	형광체 인쇄용 screen 배면 닦는 장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>인쇄용 XYθ table 고정식(적은 Space, 경량화 실현)</li> <li>실은변화에 의한 인쇄위치 어긋남 극소화</li> <li>독립 이동식 CCD카메라(4)에 의한 Alignment, 위치, 인쇄현황 확인이 연속가능</li> </ul>
Micro- Tec	Screen 인쇄기	MT- 7011	전극, Barrier Rib 형광체의 pattern 형성 유전체, sandblast 재 등의 성막	-	-	-	형광체 인쇄용 screen 배면 닦는 장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>최대 스크린 사이즈 200×2200mm</li> <li>최대 인쇄면적 1400×1400mm</li> <li>사이클 타임 90초</li> </ul>

균일성 등의 문제가 남아 있으므로 조기개선 대책이 필요하다. 이것은 단지 개량이나 개선으로 해결될 수 있는 것이 아니라 스크린 인쇄의 기술적 진보에 대응한, 새로운 기본적 발상으로 새로운 기구 및 기능을 가진 반도체 성막 장치와 같은 레벨의 장치 및 정밀도가 요구된다. 스크린 인쇄 기계 구조에, 손 감각과 두뇌적인 기능을 부여한 장치 및 기능을 가지고, 스크린 인쇄에 필요한 수치관리가 가능한 기술적 기능을 가진 스크린 인쇄장치 개발이 중요한 과제이다. 현재 주로 제조되고 있는 스크린 인쇄기의 제조업체별 주요특징을 살펴보면 표 4와 같다.

### 5.1 스크린 인쇄기의 진보

그림 7에 Micro-Tec사에서 개발한 60인치 PDP형 대형 스크린 인쇄기를 나타냈다. 테이블은 종래의 셔틀방식에서 고정방식으로 변경하여 얼라인먼트용 4개의 CCD 카메라를 테이블과 스크린 사이에 정밀하게 이동시키는 구조로 되어 있다. 약 1.3톤 중량의 X, Y,  $\theta$ 테이블을 서보모터에 의해 상하 이동시키는 구조로, 스페이스 절약과 정밀 작업성요구를 만족시킬 수 있다.

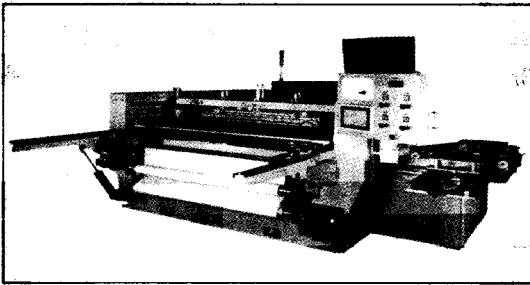


그림 7. Micro-Tec사 60" 스크린 인쇄기  
[MT-7011(테이블 고정형)]

또한, 이 테이블 고정 방식은 인쇄환경온도 변화에 의한 인쇄위치변화를 증상으로 분산시킬 수 있기 때문에, 온도의 영향을 좌우 한쪽 방향으로 받는 테이블 셔틀 방식에 비해서 인쇄정밀도 면에서 우수하다. 최대 2000×2000mm의 스크

린을 틀 홀더마다 전방으로 들어내어 스크린 뒷면의 관리가 쉽고, 형광체용 스크린의 뒷면 세정 장치로 인쇄기 전면에 소형으로 탑재되어 있다.

평탄하고 균일한 두께의 인쇄에 중요한 테이블 평탄도는 50 $\mu$ m, 테이블/스퀴즈의 평행도 60 $\mu$ m가 표준 사양이고, 이 정밀도를 장기적으로 유지하기 위해 프레임(frame)이나 기둥의 주요부는 알루미늄으로 되어 있다.

스퀴즈 동작은 스크린 인쇄기계에 있어서 가장 중요한 기능이다. 슴퀴즈 인압은 슴퀴즈 헤드의 중앙 공기 압력만으로 실제 인압을 정확하게 제어할 수 있다(수직 부상형 에어밸런스 방식). 따라서, 스트로크 종료시 슴퀴즈 하강을 방지하기 위해 자동 다운 슴톱기구를 갖추고 있다. 슴퀴즈 구동은 서브 모터를 사용하고, 타이밍 벨트와 같은 진동을 발생시키는 부품을 사용하지 않고 특수금속제 벨트를 사용하고 있다.

4곳의 카메라 얼라인먼트 방식은 종래의 4점 중심이 아니라, 종축 라인에 각도를 맞추는 y축 우선 얼라인먼트 방식을 사용하고 있다. 또한, 형광체주입인쇄에서는 격벽정상부에 형광체가 부착하지 않도록 하기 위해서 일반적으로 스크린 뒷면을 매회 또는 수회에 한번씩 클리닝해야 하므로, 형광체 전용 클리닝 테이프를 부착한 선접촉식 스크린 뒷면 클리닝 장치가 제품화되어 있다.

### 5.2 스크린 인쇄기의 개발동향

PDP용 스크린 인쇄기는 다른 용도에 비해서 높은 인쇄성능과 조작성이 요구된다. 스크린 인쇄에 있어서 높은 품질이라는 것은 평탄성, 해상성, 규격안정성이 높아야 하는 것을 말한다. 스크린인쇄 공정은 인쇄조건, 스크린 마스크, 페이스트의 rheology(粘彈性特性)를 정확히 조합시켜야만 품질이 높은 인쇄가 가능하다. 이러한 3가지 요소기술 중에서 스크린 인쇄기(인쇄조건)가 맡은 책임범위는 인쇄위치의 반복정밀도, 인쇄 전 영역에서 균일한 인쇄조건, 인쇄조건외 재현성과 안정성의

3가지이다. 원래, 인쇄조건은 스크린상의 페이스트를 고무재의 스퀴지 이동에 의해 메쉬의 개구부를 통과하여, 기판 상으로 전사되는데 필요한 유동성을 제어하는 것이다. 스크린 인쇄기는 스크린 마스크의 성능 및 페이스트의 능력을 최대한으로 발휘시키는 것이고, 인쇄조건만으로 인쇄품질을 향상시키는 것은 불가능하다. PDP용 스크린 인쇄기의 경우, 대화면의 인쇄 영역에 대해서 앞에서 언급한 성능을 더욱 향상시켜야 할뿐만 아니라, 조작성도 고려할 필요가 있다.

5.2.1 스크린 인쇄기와 인쇄조건

그림 8에 나타난 Micro-Tec에서 개발한 40"급 PDP를 검토해 보기위해 주요 사양을 보면 표 5와 같다.

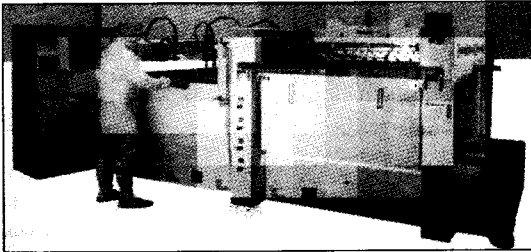


그림 8. 40"급 대형 PDP용 스크린 인쇄기 [MT-1500TCV형]

약800Kg의 X, Y,  $\theta$  테이블이 좌우 이동에 견디고, 테이블의 위치정밀도, 평행도가 장기간 안

정되게 하기 위해, 철주물체의 프레임을 사용한다. 스퀴지의 stroke와의 평행도를 유지하기 위해, 주요 구조부를 AI주물체로 하고 있으며, 테이블 조작 정밀도가  $\pm 0.003\text{mm}$ , 테이블 평탄도가 0.04mm, 테이블 스퀴지 stroke 평행도가 0.05mm인 것을 표준사양으로 하고 있다.

스크린 인쇄는 스퀴지, 페이스트, 스크린과 기판유리 표면이 접촉한 부분에서 행해지며, 이곳에는 그림 9에서와 같은 4가지 조건을 관리할 필요가 있다.

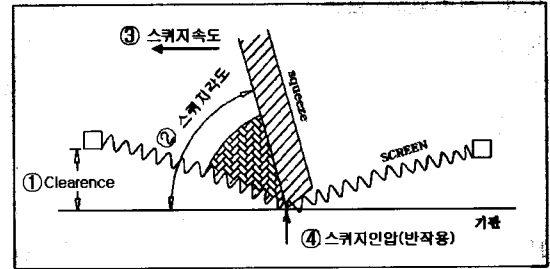


그림 9. 스크린 인쇄기의 4가지 인쇄 조건

5.2.2 자동화 · 대형화

PDP를 양산하기 위해서는 건조기와 연결된 자동화 라인을 필요로 한다. 인쇄기의 좌우에 loader와 unloader를 연결하여 기판을 좌에서 우로 보내는 in-line장치가 실용화되고 있다. 인쇄 duct는 건조조건에 따라 규제되지만, 보통 2~3min에 할 수 있는 구조이다. 비접촉형기판

표 5. "MT-1500TVC"의 주요사양

스quee지 틀	1500×1500mm, 1700×1700mm
테이블 크기	1200×1350mm
최대인쇄면적	1100×1100mm
스quee지 인쇄제조	Air balance 방식 0.01kg/cm <sup>2</sup> 단위
스quee지 행정	AC sub-motor에 의한 로타리 라이너 구동
alignment 방식	4카메라, X, Y, $\theta$ 테이블 분해능 2 $\mu$ m
테이블 평탄도	0.04 이내
테이블·스quee지 행정	평탄도 0.05mm 이내
인쇄위치의 조작精度	$\pm 0.003\text{mm}$ 이내
고유면적	2850×3650mm
중량	4800kg

cleaner와 페이스트 자동공급장치도 실용화되고 있으며, 형광체 인쇄라인에서는 뒷면 닦기 장치가 사용되고 있다. 60"급의 대형인쇄라인에서는 저space화, 경량화 하면서, 인쇄정밀도와 작업성을 훼손시키지 않을 것이 요구된다. 그림 7에 나타낸 Micro-Tec사의 60"급 스크린인쇄기(스크린틀 크기 2000×2000mm)는 X, Y,  $\theta$  테이블이 좌우로 이동하는 서틀식이 아니라 일정위치에서 상하로 움직이는 고정식을 채용하고있으며, 인쇄기의 좌우에 conveyer형의 loader·unloader를 연결함으로써 쉽게 in-line화 할 수 있다. 또, flow space 및 중량도 그림8에 나타낸 종래의 40"급 인쇄기를 능가하는 것이 가능하게 되었다. 또한, 일본의 Noritake 사에서도 스크린 인쇄가 대형화됨으로써 발생하는 단점을 보완하기 위해 그림 10과 같이 일정각도로 기울인 상태로 인쇄 할 수 있는 스크린 인쇄기가 개발되었다.

## 6. 맺음말

스크린 인쇄는 재료의 사용효율이 높고, 특히 초기투자비가 낮아서 대부분의 성막과 패턴형성에 이용되고 있다. 그럼에도 불구하고, 공정의 관리가 까다로워 기피하는 경우도 있지만, 고정밀도의 스크린 인쇄기와 고품질의 스크린 마스크가

입수 가능하게 된 현재, 인쇄원리의 올바른 이해와 페이스트 레올로지(paste rheology)의 바른 파악에 의해 안정된 스크린 인쇄공정 구축이 가능하도록 되고 있다. 다시 말하면, 현재의 스크린 인쇄의 대부분은 페이스트의 레올로지기술로 해결 가능하다고 할 수 있다. 그 밖에 패턴의 위치정밀도와 해상성에 있어서는 감광공법(photo process)의 방식이 우세하다는 것은 원리적으로 명백하다. 이 때문에, 0.25mm피치 이하의 고정세(高精細) 패턴형성은 각종 감광 공정에 맡기고, 그 이상의 피치의 전극, 형광체, 격벽 등의 패턴형성과 유전체 등의 전면 인쇄에는 스크린 인쇄를 이용하는 것이 바람직하다. 형광체 형성에서는 0.2mm피치 이하라도 스크린 인쇄법을 이용할 수 있다.

현재 스크린 인쇄판 정밀도는 30 $\mu$ m이하의 제판을 얻을 수 있으나, 현실적으로 스크린 인쇄의 반복정밀도, 인쇄피막두께의 균일성, 인쇄형상의 정밀성, 인쇄피막의 치수 정밀도 등이 얻어지지 않는 최대 요인에는 대형 스크린 인쇄기의 주요 부분인 기계정밀도 및 기능성에 문제가 있다. 이것은 기계를 설계할 때 새로운 인쇄기술을 충분히 고려하지 않았기 때문이며, 이제는 새로운 인쇄 기술이론 기술혁신에 대응 가능한 고기능성, 고성능 스크린 인쇄장치의 국산화개발 또한 절실히 요구되고 있다.

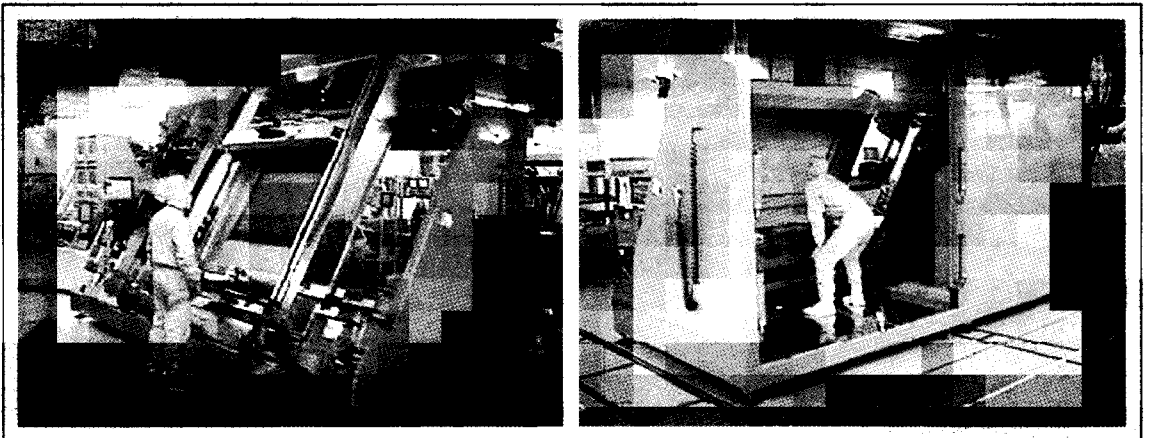


그림 10. 일본 Noritake사의 60" PDP용 스크린 인쇄기

참 고 문 헌

- [1] 特輯 PDP と その フ ロヒス 技術, 月刊  
ディスプレイ, 2000. 2., pp.1~53.
- [2] 超大型 スクリ-ン 印刷 の 要素技術 と  
課題, 第25回 プラズマディスプレイ 技術討  
論會, Micro-Tec, 2000. 5. 26, pp.1~5.
- [3] 최신 Plasma Display 제조기술, 서울대학교  
PDP 거점 연구단, 서울시립대학교 장비거  
점연구단, pp.102~231.
- [4] FPD Technology Outlook, Electronic  
Journal, pp.394~584.
- [5] PDP 제조업 육성 타당성 조사연구(중간보  
고서), 산업연구원, 1999. 8. 31, pp.31~56.
- [6] Micro-Tec corporated profile, Micro-Tec.  
1999. 12.
- [7] Noritake PDP Printing Technology,  
<http://www.yk.rim.or.jp/~itaru/PDP/>