

논문 2011-48IE-2-8

과열 수증기를 이용한 세정 시스템 설계

(Cleaning System Design using Supper Heating Steam)

조 도 현*

(Do Hyeoun Cho)

요 약

본 논문은 LCD등에 사용되는 유리기판 가공 과정에서 표면에 발생하는 이물질을 제거하기 위한 세정 시스템을 제안한다. 이 세정 공정 시스템은 알카리 전해수의 화학적 세정과 과열 수증기 시스템의 물리적 세정방법을 사용한 세정, 린스, 건조 공정으로 구성된다. 또한 세정 시스템에서 사용되는 알카리 전해수의 화학적 세정효과를 실험을 통해, 알카리 전해수의 세정 효과와 과열 수증기 시스템의 제거효과를 보인다.

Abstract

In this paper, we propose the cleaning process system to remove micro-particles, various impurities, unnecessary residues, etc. for liquid crystal display manufacturing processes. This system is structured with cleaning, rinse and drying process using the chemical cleaning of alkaline water and the physical cleaning of SHS(supper heating steam). And we shows cleaning effects of alkaline water and remove effects of SHS.

Keywords : Cleaning Process, Alkaline water, Glass chip, SHS

I. 서 론

최근 LCD, LED와 OLED 등과 같은 박막형 액정(liquid crystal)표시기들이 2D와 3D가전제품 및 휴대용 기기에 많이 사용되고 있다. 이러한 액정 표시기와 같은 기능성 유리기판(glass substrate)의 가공을 위한 공정에는 표면 세정과정을 거치게 된다. 또한 기계나 금속 가공 등의 분야에서 정밀한 표면처리 공정분야에도 역시 다양한 형태의 세정(cleaning)공정이 필요하다.

LCD 제조 공정에 적용되는 세정 방법은 물리적 세정, 화학적 세정, 건식 세정으로 분류할 수 있다.

세정은 액정기판의 표면의 오염과 표면이나 패턴 등에 견고하게 부착되어 있는 가공과정에서 발생한 미세 유리파편(glass chip)과 같은 미립자(particle)를 사전에 제거하여 불량률이 발생하지 않도록 하는 공정이다. 증착

될 박막의 접착력 강화와 TFT 특성 향상을 목적으로 하며 넓은 의미에서는 에칭(etching)공정 후의 감광막 제거 공정도 포함하기도 한다.^[1,2]

화학적 세정은 오염원을 세정제로 세정 하며, 물리적 가공과정에서 발생한 미립자는 화학적 세정방법으로 제거되지 않으므로 롤 브러쉬(roll brush) 등을 사용하며 물리적으로 세정한다.^[3]

화학적 표면 세정에 사용되는 전통적인 염소계의 세정제와 기타 비수소계 세정제들은 환경오염을 유발하는 물질이기 때문에 최근 친환경 정책에 따라 환경부하가 적은 세정제를 사용하는 추세이다.^[4]

환경오염을 유발하는 염소계의 세정제와 기타 비수소계세정제 대신에 세정도를 향상시키며 제품에 영향을 주지 않을 수 있는 대체 세정제로 정제수(purity water)를 사용한 세정이 집중적으로 주목을 받고 있으며, 각 용도에 따른 실용화가 진행되고 있다.^[5] 그러나 정제수를 사용한 세정방법은 계면활성제 등의 약품을 사용하여 세정효과를 높이게 되는데 이 계면활성제는 세정 후

* 정회원, 인하공업대학 디지털전자과

(Dept. of Digital Electronics, Inha Tech. Col.)

접수일자: 2011년4월11일, 수정완료일: 2011년6월15일

표면에 잔류하여 제품의 품질에 영향을 주는 경우가 많아 세정 후에 표면을 많은 양의 DI수(deionizing water)로 린스(rinse)공정을 처리해야 했다.^[6] 이를 보완하기 위하여 수년 전으로부터 계면활성제를 포함하지 않는 세정제로서 떠오르는 알칼리 전해수(alkaline water)를 사용한 세정방식을 도입하게 되었다.^[4]

한편 물리적 세정 방법으로 세정액을 노즐을 통하여 공기 압력으로 세정하는 버블젯 세정(Bubble-jet Cleaning)방법^[7], 초음파를 이용한 초음파 세정(Megasonic/Ultrasonic Cleaning)방법^[1], 에어 펌프로 세정액을 고압 분사시켜서 세정하는 워터젯 세정(Water-jet Cleaning)방법^[8] 등이 있다.

초음파 세정은 효율성이 입증되어 많이 사용되고 있으나, 버블젯 세정이나 워터젯 세정은 도입 단계에 있다.

효과적이고 제품에 영향을 주지 않는 세정을 통하여 제품의 불량률을 낮출 수 있는 세정제 사용과 병행하여 세정 방법이나 공정의 개선 요구가 많아 졌다. 세정공정은 산업 생산 과정에서 생산성에 영향을 주는 중요한 요소가 되었다.

본 본문에서는 알칼리 전해수를 사용하는 세정방식을 적용하면서 더욱 효과적으로 표면의 이물질들을 제거할 수 있는 과열 수증기(SHS, Supper Heating Steam)를 이용한 세정 시스템을 통하여 효과적인 화학적 세정과 물리적 세정을 통합하는 세정 방법을 제안하고자 한다.

II. 본 론

1. 기존의 액정기판 가공 세정시스템

일반적으로 가공된 유리기판 표면을 세정하기 위한 공정시스템은 그림 1과 같이 정제수를 사용하여 세정공정, 린스공정 및 건조공정의 3가지 단계의 공정으로 구성되어 있다.^[4]

유리기판을 절단 등의 형상가공 과정에서 발생한 먼지, 지문 등 이물질로 발생한 오염과 유기물이나 무기물



그림 1. 유리기판 표면 세정시스템
Fig. 1. The Cleaning system for glass substrate.

의 오염원의 제거하기 위하여 세정공정이 이루어진다.

기존 세정공정에 세정제로 사용되는 계면 활성제는 침투성이 높고 액정 표면에 존재할 수 있는 유기물에 가용화 작용하기 때문에 높은 세정효과가 있다. 그러나 계면 활성제는 유리에 대한 친화성 때문에 세정 대상인 액정의 표면에 그대로 남아 있기 쉽고, 남아있는 계면 활성제의 유기물에 대한 친화성으로 인하여 유기 불순물에 다시 오염되기 매우 쉬운 상태가 된다. 이렇게 유리기판 표면에 남아있는 계면 활성제는 유막을 형성하여 액정의 품질이 저하되거나 다음 공정에 나쁜 영향을 미치게 된다. 즉, 유리기판 표면에 오염물을 제거하기 위해서 사용한 계면활성제가 다른 오염을 쉽게 만드는 원인을 제공하게 된다.

그러므로 계면 활성제를 액정표면으로부터 완전히 제거하는 린스공정은 불순물을 제거하는 세정공정 만큼 중요하다. 린스공정은 세정 시스템의 세정공정에서 사용한 계면 활성제와 같은 세정제를 액정표면으로부터 완전하게 제거하는 것이 목적이며, 일반적으로 다량의 물이 사용된다. 일반적으로 액정제품의 가공 후 세정에 있어서 린스공정은 세정 대상인 액정 표면을 건조시키는 공정 이후 증발잔류물을 남기지 않기 위해 정제수(purity water)를 사용한다. 이러한 린스공정은 그림 1과 같이 계면활성제를 사용하는 세정공정의 3~4배의 수조를 이용하는 경우가 많으며, 오염과 세정 정도에 따라서 린스 수조가 10개 가까이 필요한 경우도 있다.

이 과정에서 다량의 정제수를 사용하게 된다. 다량의 정제수를 생성하기 위해서는 많은 설비투자가 필요하며, 사용량이 많아지면 생산비용도 증가하게 된다. 더욱이 액정유리 등의 정밀세정을 위하여 비용이 많이 드는 초정제수를 사용하는 경우가 많다. 비용절감을 위해서는 세정품질을 떨어뜨리지 않고 초정제수의 사용량을 최소화 것이 중요하다.

2. 알칼리 전해수 세정시스템의 특징

기존의 계면 활성제를 사용한 세정공정은 린스공정에서 정제수를 많이 소모하게 된다. 이를 개선하기 위하여 알칼리 전해수를 계면 활성제나 유기용제계통 세정제의 대체 세정제로서 사용하거나 린스공정에 사용하면 다양한 액정 제품의 세정에 우수한 효과를 얻을 수 있다.

물을 전기분해하여 얻어지는 pH12.5 이상의 알칼리 전해수는 화학물질을 전혀 포함하고 있지 않지만 화학

세정제 이상의 탈지세정 능력을 가지고 있어 산업세정제로 많이 사용된다.

알칼리 전해수를 세정시스템에 적용한 Toge Yuriko^[4]는 알칼리 전해수로 물에 520mg/l 정도의 산화 칼륨을 첨가한 수용액을 적절한 조건 아래 전기 분해하여 음극측에서 얻어지는 회석한 11.39pH의 수산화 칼륨 수용액을 사용하여 세정효과를 입증하였다. 메칠렌블루로 착색한 계면활성제를 모델 오염원으로 일정량을 슬라이드글라스에 부착시킨 후 25℃ 초음파 45kHz로 30초간 정제수로 세정하고 알칼리 전해수를 비교한 결과 정제수를 사용한 것 보다 알칼리 전해수를 사용한 것이 계면활성제를 제거하는 효과가 높으며, 정제수를 사용하면 알칼리 전해수의 3배 이상의 린스 공정이 필요하다는 것을 발표하였다.

계면활성제를 제거하기 위하여 린스공정에서 알칼리 전해수를 사용하면 린스공정의 세정 횟수를 감소시키는 것이 가능하다.

또한 세정 대상 시료로서 천연 고무, 나트륨고무, 폴리우레탄, 아크릴 수지의 네 종류를 사용하여 실험한 결과도 기본재료 종류에 관계없이 알칼리 전해수가 정제수만 사용한 것에 비교해서 계면활성제 제거 효과가 높다는 것을 알 수 있다.

그림 2는 유리기판 표면의 과정에 알칼리 전해수를 사용하여 린스공정을 수행하는 사례이다. 이 시스템은 기존의 세정시스템 린스공정에서 다량의 정제수를 반복적으로 사용하고 있는 린스공정의 시작부분을 정제수대신에 알칼리 전해수를 사용하는 방법이다. 즉, 알칼리 이온수를 계면활성제의 제거제로 사용하는 방법이다.

이 시스템에서도 린스공정의 마지막 단계에서는 건조 후 잔류물질이 발생하지 않도록 정제수를 사용할 필요가 있지만 계면활성제를 포함한 오염의 제거에 정제수만을 사용하는 기존의 방식에 비교하여 정제수의 총 사용량을 대폭적으로 감소시킬 수 있고, 세정비용을 절약할 수 있다.

더욱이 그림 2와 같은 세정시스템의 린스공정에서 정제수가 5단계→4단계→3단계의 방식으로 뒷 단계에서



그림 2. 알칼리 전해수를 이용한 세정 시스템
Fig. 2. The cleaning system using an alkaline water.

앞 단계로 overflow하며 세정하고, 최종 5단계에서는 가장 깨끗한 정제수를 사용한다면, 생산 비용이 많이 드는 정제수를 절약할 수 있다.

3. 과열 수증기를 이용한 세정시스템

알칼리 세정수를 사용한 세정 시스템은 액정용 유리판넬 가공 후 표면의 유기성 오염원을 제거하는 것은 매우 효과적이고 세정과정을 줄이고 비용을 줄일 수 있다. 그러나 유리기판을 가공하는 과정에는 유기성 오염원 이외에 단순한 세정만으로는 제거되지 않는 이물질들이 발생한다. 예를 들면 액정 가공하는 과정에서 레이저 절단(laser cutting)에서 고열로 인하여 발생하는 유리파편(glass chip)이 액정 원판에 달라붙어서 고착된 경우에는 기존의 세정 방식으로는 제거가 불가능하다.

현재 세정시스템에서는 이러한 이물질의 제거를 위해서 앞의 세정공정에 Al₂O₃ 연마재를 이용(grinding)하고, 롤 브러시를 통과하는 과정을 추가하고 다시 연마재를 제거하기 위하여 세정의 과정을 거친다.

가공된 액정을 세정하기 위하여 여러 단계의 상당히 번거롭고 복잡한 과정을 거치되고, 제품생산의 원가를 낮추기 어려운 원인이 되고 있다.

본 논문에서는 이러한 복잡한 세정시스템을 과열수증기를 사용하여 액정 가공 과정에서 발생하는 액정표면에 증착된 유리파편과 유기성 이물질을 효과적으로 제거하면서 세정단계를 단순화할 수 있는 세정시스템을 제안하고자 한다.



그림 3. 연마과정이 포함된 세정 시스템
Fig. 3. The cleaning system including a grinding process.

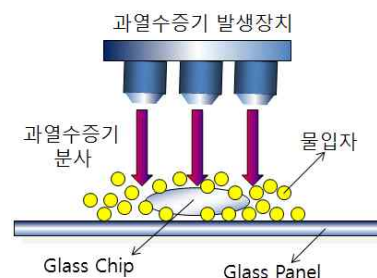


그림 4. 과열수증기를 사용한 세정
Fig. 4. The cleaning glass substrate using SHS



그림 5. 제안된 SHS를 사용한 세정시스템
 Fig. 5. The proposed cleaning system using SHS.

과열수증기는 물을 가열하여 발생하는 수증기를 이온화한 것으로 그림 4와 같이 액정표면에 이 과열수증기를 분사하면, 증기 입자가 액정표면에 달라붙어 있는 유리파편을 떨어지게 만들고, 증기입자에서 변한 물입자에 의하여 씻겨나가게 된다. 그러므로 과열수증기(SHS)를 사용하면 번거로운 과정을 거치지 않고 쉽고 간단하게 제거가 가능하다.

그림 5는 본 논문에서 제안하고자 하는 과열수증기를 사용하는 세정시스템이다. 세정공정을 SHS를 사용하여 유리기관 표면에 달라붙어 있는 유리파편 등을 제거하고 유기성 이물질을 1차적으로 제거하고, 알칼리 전해수를 사용하여 유리기관 표면을 세정하는 것이다. 이 과정에서 유리기관 표면의 이물질은 거의 제거되며 증기가 변한 물에 의하여 씻겨나가게 되므로 린스공정에서는 이온정제수(DI water)로 한번 정도 세정을 거치면 된다. 또한 고열의 수증기를 건조공정(dry process)에 사용하게 되면 더욱 효과적으로 액정표면을 건조시킬 수 있게 된다.

III. 실험

논문에서 제안한 SHS를 사용한 세정 효과를 검증하기 위하여 수증기의 분무압력을 대기압으로 하고, 유리 액정표면에 실제 가공과정에서 발생할 수 있는 세정 오염원인 유리파편(Glass Chip), 피부각질, PET 용융이물이 존재하도록 하였다.^[8] 그림 6의 (a)는 유리 액정의 절단 과정에서 표면에 발생한 200 μ m 정도의 유리파편이고, (b)는 SHS에 의하여 용융점 600 $^{\circ}$ C에서 제거된 상

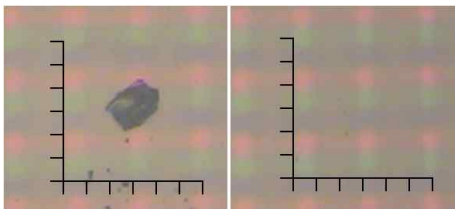


그림 6. 유리파편(200 μ m) 불순물 세정
 Fig. 6. The cleaning of glass Chip(200 μ m).

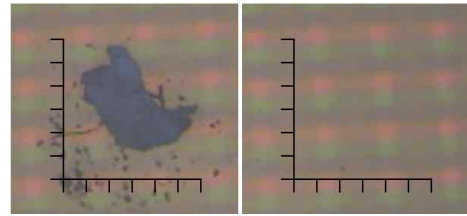


그림 7. 피부각질(500 μ m) 불순물 세정
 Fig. 7. The cleaning of skin substance(500 μ m).

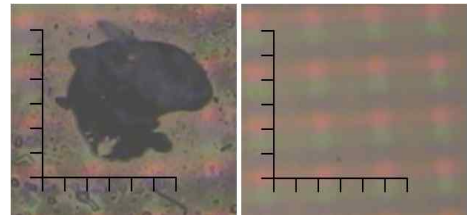


그림 8. PEF용융 물질(600 μ m) 불순물 세정
 Fig. 8. The cleaning of PET melting material(600 μ m).

태를 나타낸다. 그림 7과 그림 8의 각(a)는 500 μ m 정도의 피부각질과 600 μ m 정도의 PET 용융이물이 유리 액정의 표면에 존재하는 것을 보여 주며, 그림 7과 그림 8의 각(b)는 각각 용융점 60 $^{\circ}$ C과 90 $^{\circ}$ C에서 완벽히 제거된 상태를 나타낸다.

IV. 결 론

액정 표시기와 같은 기능성 유리제품을 가공하는 과정에서 표면에 유기성 오염물질이 묻거나 미세유리파편(glass chip)과 같은 미립자(particle)들이 강하게 달라붙게 되면 불량률이 발생하게 된다. 이러한 제조과정의 불량률이 발생하지 않도록 하기 위하여 물리적 세정, 화학적 세정, 건식 세정 등 다양한 형태의 세정공정이 수반 된다.

오염원을 세정제로 세정 하는 화학적 세정에서 알칼리 전해수를 사용하면 피세정물에 대한 잔류성이 낮고 린스성도 좋으며, 알칼리 전해수는 전해장치로 만들 수가 있어 경제적이다.

더욱이 환경오염을 일으키는 계면활성제나 VOC계열의 화학제 사용이 제한되고 있으므로 알칼리 전해수를 세정공정에 사용하는 것은 적절하다고 하겠다.

그러나 화학적 세정만으로는 미세유리파편과 같은 미립자를 완전하게 제거하기 어렵다.

좀 더 효과적이고 제품에 영향을 주지 않으면서 제품의 불량률을 낮추기 위하여 세정제 사용과 병행하여 물리적인 세정이 필요하다. 본 논문에서 제안한 것과 같

은 과열 수증기(SHS, Supper Heating Steam)를 세정 공정에 포함시키면 효과적인 화학적 세정과 물리적 세정을 통합하는 세정과정을 달성할 수 있다. 세정 과정에 알카리 전해수와 SHS를 동시에 적용하면 린스와 건조과정도 단순해진다.

본 논문에서는 이를 위하여 부분적인 실험공정 구현하여 통하여 알카리 전해수의 세정효과를 검증하고 과열 수증기에 의한 미립자 불순물 제거 효과를 보였다. 앞으로 SHS를 실제 생산공정 규모에 적용이 가능하도록 시스템을 구현하여 세정시스템을 구축하고자 한다.

 저 자 소 개

조 도 현(정회원)

제47권 IE편 제4호 참조

참 고 문 헌

- [1] T. H. Kuehn, D. B. Kittelson, Y. Wu and R. Gouk, "Particle removal from semiconductor wafers by megasonic cleaning", *Journal of Aerosol Science*, Vol. 27, pp. 427-428, 1996.
- [2] 박용준, "반도체 및 TFT-LCD용 세정액", 한국과학기술정보연구원 기술뉴스브리프.
- [3] 홍민성, 송봉섭, 김중민, "TFT LCD 세정 공정 개선에 관한연구", *조선대학교 기계기술연구 제8권 제1호* (2005. 9) pp.109-121, 2005.
- [4] 峠 有利子, "アルカリ電解水による機能性ガラスの洗浄方式(特集 工業用洗浄装置の動向)", *日本産業洗浄協議會, 産業洗浄技術情報誌, Industrial cleaning*(4), 13-16, 2009-09.
- [5] Koji Yamanaka,* Takashi Imaoka, "Electrolyzed Water as the Novel Cleaning Media in Ultra-Large-Scale Integration and Liquid-Crystal Display Manufacturing", *Japan Langmuir*, 1999, 15 (12), pp 4165 - 4170, 1999.
- [6] Edwin S. Kolic, "Water-electrolysis Cells Using Hydrogen-Diffusion Cathodes", *Bttlele Memorial Institute*, 1969.
- [7] M. Iguchi, H. Ueda and T. Uemura, "Bubble and liquid flow characteristics in a vertical bubbling jet", *International Journal of Multiphase Flow*, Vol. 21, pp. 861-873, 1995.
- [8] Mustafa Kemal Kulekci, "Processes and apparatus developments in industrial waterjet applications", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 42, pp. 1297-1306, 2002.