

연속공정을 위한 정전기력 인쇄 시스템 연구

Study of electrostatic printing system for continuous process

*최경협¹, #고경범², 김형진², 김민섭², 도양희², 김용수³

*K. H. Choi¹, #J. B. Ko(no1kori@jejunu.ac.kr)², H. C. Kim², M. S. Kim², Y. H. Doh², D. S. Kim³
¹제주대학교 메카트로닉스공학과, ²제주대학교 전자공학과, ³한국기계연구원 나노융합시스템연구본부

Key words : Electrostatic printing system, Roll-to-roll, Hybrid inkjet system, Electrohydrodynamic

1. 서론

최근, 다이렉트 프린팅 기술의 도입을 통해 전자 회로의 패턴을 형성하는 인쇄 전자 기술이 주목받고 있다. 인쇄전자 기술은 기존의 식각, 증착, 도금 방식의 반도체 리소그래피 공정과 다른 재료를 기관 상에 직접적으로 프린팅 하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다.[1] 주로, 다이렉트 패턴링 방식을 이용한 공정 방식을 통하여 OPV(유기박막 태양전지), RFID(무선주파수인식시스템) 태그, OLED(능동형유기발광다이오드), 플렉시블 센서, 플렉시블 디스플레이, E-paper(전자종이)등과 같은 응용 매체를 대량으로 저가 생산하기 위한 기술 개발을 목표로 하고 있다.[2]

정전기력 잉크젯 헤드와 같은 다이렉트 프린팅 기술은 금속 미세 입자가 첨가 되어 있는 전도성 잉크나 ITO, ZnO등의 반도체 잉크를 기관위에 미세한 선폭으로 패턴링 하거나 스프레이 형태로 분사하여 적층하는 기능을 한다.[1] 프린팅 헤드 기술은 기관 상에 선택적으로 재료를 패턴링 할 수 있어서 고가의 재료를 낭비하지 않고 공정자체를 단순화 시킬 수 있다. 이러한 잉크젯 프린팅 헤드기술을 응용하여 대량 생산 공정 장비인 롤투롤 시스템에 적용하면 대면적 고속 전자 소자 패턴링 공정 설비를 개발할 수 있는 장점을 가지고 있다.

정전기력 기반의 잉크젯 헤드는 아직 시장이 크게 형성되진 않았으나, EHD, ESD, DOD, Continuous, Spray 방식 등으로 분류되어 유럽국가나 일본 등에서 선행하여 기술 개발을 주도 하고 있는 실정이다. 아직 국내에서 개발 되고 있는 잉크 소재의 나노 분말입자 합성에서 고른 분산성을 가지기 어렵고, 나노입자의 대기 중 표면 산화, 표면 원자의 불완전 상태가 가지는 높은 에너지로

인한 입자간의 응집 발생등 문제점을 가지고 있다. 하지만 최근 국내 대표적인 연구소를 중심으로 CNT 및 유기 박막 재료 등의 신규 고분자 물질 합성을 통하여 해결책을 제시하고 있다.

본 논문에서는 정전기력 기반의 잉크젯 패턴링 장치에 대한 설계와 기능에 대해 기술하였다. 그리고 연속공정 상에서 정전기력 기반의 잉크젯 시스템의 신뢰성 향상 방안을 소개하고자 한다.

2. 정전기력 프린팅 시스템 설계

정전기력 프린팅 공정에서 요구되는 파라미터 들과 전체적인 공정 흐름을 고려하여, 시스템의 초기 콘셉트 디자인을 설계하였다. 정전기력 프린팅 공정에서는 Table 1에서 정리한 것과 같이 크게 프린팅 헤드, 프린팅 조건 그리고 프린팅 시스템에 관련된 세 가지 파라미터 군으로 나눌 수 있다. 프린팅 헤드는 잉크젯 헤드의 형태, 재질, 노즐 오리피스 크기 그리고 노즐과 기관사이의 간격으로 구성되고, 프린팅 조건은 인가전압의 주파수, 동작 DC 전압, AC 전압의 첨두치 그리고 AC 전압 입력 펄스의 듀티비로 구성된다.

Table 1 Processing parameters for Inkjet system

Parameters	Values
Printing Head	Head type, material, nozzle size, distance between nozzle and substrate
Printing Condition	Frequency, offset voltage, peak voltage, duty rate
Printing System	Stage velocity, ink flow-rate

Table 1의 공정변수를 최적화한 정전기력 프린팅 공정 흐름은 다음과 같이 이루어진다. 먼저 잉크

를 헤드의 오리피스까지 공급한 후 기준 DC 전압을 헤드에 인가한다. 여기서 메니스커스 형성 조건을 조정하기 위하여 잉크 공급 유량을 재설정 하거나 중단을 하고 기준 DC전압을 증가 또는 감소시키면서 잉크 토출 직전 상태의 메니스커스를 형성시킨다. 메니스커스 형성 후 흡수 발생장치를 통하여 AC 입력전압을 생성하고 고전압 발생장치를 통하여 전압을 증폭시켜 헤드에 인가하고 여기서 프린팅 조건인 AC 전압의 주파수, 첨두치 그리고 듀티비를 설정하여 주게 된다.

또한, 롤투롤 연속공정 기술과 정전기력 프린팅 시스템을 연동할 수 있도록 핀투핀 형태의 헤드가 장착될 수 있는 장치를 Fig 1.과 같이 설계하였다.

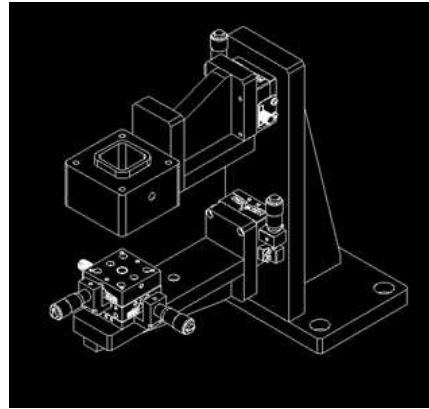


Fig. 1 롤투롤용 정전기력 프린팅 장치 설계

3. 메니스커스 제어

최적의 정전기력 프린팅 조건을 결정하는데 있어서 메니스커스 제어는 액적의 토출량에 직접적인 영향을 미친다. 잉크젯 헤드의 노즐 오리피스 끝단에 맺힌 잉크 메니스커스의 양에 따라 토출되는 액적의 크기가 달라진다. 여기서는 Fig. 2과 같이 공압식 잉크 공급 시스템을 설계하여 최소의 메니스커스 형성으로 잉크 토출량을 제어하고자 한다.

4. 결론

핀투핀 타입과 같은 특정 형태의 잉크젯 프린팅 헤드를 롤투롤 연속공정 장치에 적용하는데 있어서 좀 더 미세한 가공 기술이 필요하다. 정전기력 잉크젯 헤드의 노즐 오리피스 끝단과 일렉트로드 핀의 위치 오차가 1um내가 되어야만 10um급의 패턴링이 가능하기 때문이다. 또한, 메니스커스 제어를 통해 최소 크기의 액적을 토출해 낸 다해도 일렉트로드의 위치가 어긋나면 정밀 프린팅 공정이 이뤄질 수 없다. 본 논문에서는 정밀 일렉트로드의 위치 보정을 위해 정밀 스테이지를 사용하였다. 하지만 하나의 잉크젯 헤드로서 롤투롤과 같은 양산형 시스템에 산업화하고자 한다면 일렉트로드와 헤드가 통합된 기술이 필요할 것이다.

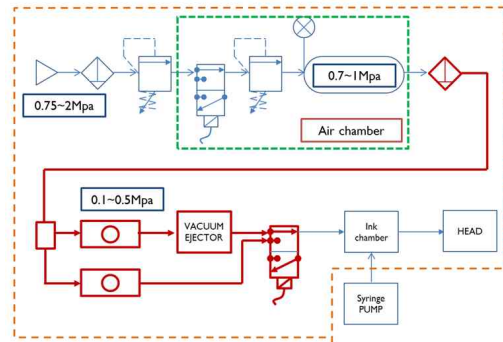


Fig. 2 공압식 잉크 공급 시스템 설계

후기

본 연구는 지식경제부에서 지원하는 전략기술 개발사업으로 수행 되었습니다.

참고문헌

- 고정범, 김형찬, 당현우, 도양희, 김동수, 최경현, 정전기력 잉크젯 패턴링 시스템 개발, 2010년도 전기·전자·전자파·통신학회 학술발표회 논문집 ISSN 2005-0496, p94~97, 2010
- 김형찬, 고정범, 김동수, 도양희, 최경현, 정전기력 잉크젯을 이용한 고 중횡비 패턴 제작에 관한 연구, 한국정밀공학회 2009년도 추계 학술대회 논문집, p751~752, 2009