

새로운 기능의 롤 간 습식 코팅 장치

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 이순요
(9826@reseat.re.kr)

1. 머리말

- 바탕재료에 어떤 물질을 도포하여 새로운 기능을 갖도록 하는 가공을 '코팅(Coating)'이라고 한다. 그 가운데 기능을 부여하는 물질을 '고체' 상태 그대로 바탕재료에 도포하는 것을 건식 도포(Dry Coating)라 하며, 여기에는 진공증착, 이온 플레이팅(Ion Plating), 스퍼터링(Sputtering) 등이 있다. 건식 도포는 품질이 좋은 막을 얻을 수 있지만, 진공 챔버 속에서 가공해야 하기 때문에 대형화나 연속 생산성에 제약이 있는 경우가 많다.
- 기능을 가진 물질을 용매에 녹여서 '액체'화하여 바탕재료에 도포시켜 건조나 경화 공정에 의해 '고체 박막화'시키는 기술을 습식 도포(Wet Coating)라고 한다. 습식 도포는 건식 도포와는 달리 대기압 환경 하에서 가공을 할 수 있기 때문에 설비의 대형화나 원재료, 특히 원판의 공급을 연속적으로 할 수가 있어 대량 생산에 적합하다.
- 유리판과 같이 접거나 구부릴 수 없는 바탕재료를 사용하는 코팅 방식을 '시트 간(Sheet to Sheet) 코팅'이라하고, 웹(Web)이라고 하는 종이, 필름, 금속박과 같이 유연한 연속체를 사용하는 코팅 방식을 '롤 간(Roll to Roll) 코팅'이라고 한다.

2. 도포 방식의 분류

- 도포 막의 형상에 의한 분류
 - 평활 도포 : 바탕재료 두께 정밀도에 관계없이 총 두께가 평활한 습(Wet)도막이 얻어지는 도포 방식을 말하며, 평탄화 도포라고도 한다. 습도막 상태에서의 형태를 말하는 것이므로 건(Dry)도막 상태에서도 평활하다고는 말 할 수 없다.

- 윤곽 도포 : 도막의 표면형태가 바탕재료의 요철을 반영하였기 때문에 윤곽 도포라고 한다. 도포액의 점도가 낮아 비교적 도막 두께가 두꺼워지는 경우 건조, 경화 과정에서 도포액의 자기 평활화(self leveling)가 일어나 평활 도포처럼 된다.

○ 도포액의 계량방법에 의한 분류

- 후계량 도포 : 도포액을 여유 있게 도포한 후 규정된 량으로 긁어내는 방식이다. 긁어내는 방법에는 롤의 간격을 조정하는 방법, 도포구 (applicator)의 형상을 이용하는 방법, 슬릿 바(slit bar)에서 분출되는 공기의 힘을 이용하는 에어나이프(air knife) 방식 등이 있다.
- 전계량 도포 : 리버스 코터(Reverse Coater), 그라비어 코터(Gravure Coater) 등과 같이 도포하는 순간에는 전계량이 되지만 도포액이 도포 공정에 공급되는 시점에서는 과잉 공급되어 공정 중에서 계량된 다음 도포하는 순간에 계량이 끝나는 방식이다.
- 완전 전계량 도포 : 전계량 도포 방식 중에서 도포 장치에 도포액을 공급하기 전에 계량을 마치는 방식을 말한다. 원하는 습도막 두께, 폭, 속도 등에 의해 필요한 도포량을 계산하여 정밀하게 공급량을 제어한다. 공급액의 회수나 순환 없이 공급된 액은 모두 도포된다.

○ 도포되기까지의 도포액 상태에 의한 분류

- 밀폐계 도포 방식 : 도포 시 도포장치에서 도포액이 대기과 차단되는 도포 방식이다. 공급 노즐에서 토출됨과 동시에 바탕재료에 도포되며, 작업하는 동안 도막 품질이 균일하게 유지되는 도포 방식이다.
- 개방계 도포 방식 : 그라비어 코터나 리버스 코터와 같이 도포장치에 액조나 액 저장부가 있고 도포액이 대기에 노출되는 도포 방식이며, 액조에 액 공급 방식에는 비연속 공급과 연속 공급 방식이 있다.

○ 도포 장치에 의한 분류

- 롤 코터(Roll Coater) : 각 종 롤러를 조합시켜 도포막 두께를 조정하는 도포 방식이며, 그라비아 코터나 리버스 코터가 이에 속한다. 도포액이 대기에 노출되기 때문에 도포액의 용매 성분이 건조하기 쉬워 도포액의 농도와 점도가 시간이 지남에 따라 변화한다.
- 다이 코터(Die Coater) : 플라스틱 필름 사출성형기술을 응용한 도포 방식이다. 다이라는 금형에 의해서 폭 방향으로 균일한 도막을 형성하고 이를 바탕재료에 접촉시켜 도포를 하는 것으로서 롤 코터에 비해 도포액의 안정성을 높여줄 수가 있다.
- 잉크젯 코터(Ink-jet Coater) : PC용 인쇄기로 발달된 기술을 공업용에 응용한 도포 방식이다. 복잡하고 치밀한 도포 패턴을 실현하는 방법으로서 잉크젯 방식이 주목되고 있으며, 이는 미소한 액체 방울을 타출 바탕재료에 충돌시켜서 도포를 하는 방법이다.

3. 다이 코터 방식

○ 슬롯 다이 코터 및 진공식 슬롯 다이 코터

- 슬롯 다이 코터(Slot Die Coater)는 폭 방향으로 균일한 유동 분포가 되도록 설계된 다이에서 도포액이 토출되어 다이 끝단의 다이 립과 백업 롤러 사이에 형성된 공간에 전단(Shear)을 줘서 도막 표면을 평활화시켜 도포하는 코팅 방식이다.
- 슬롯 다이에서는 다이 립과 바탕재료 사이의 틈새인 코팅 갭을 적절히 설정해 주어야 흘러넘치거나 두께가 불균일해 지는 일이 없으며, 일반적으로 코팅 갭은 원하는 도막 두께의 약 1~2배로 하여 준다.
- 바탕재료의 흐름은 밑에서 위로 향하며, 이에 따라 주변 공기압력은 위는 높고 아래는 낮게 된다. 이 압력차가 액막의 강도한계를 넘으면 도막이 파괴되어 버린다. 진공 시스템에 의해 다이 상류측 분위기 압력을 적절히 내려주면 비드는 다이 립 정면에 고정되어 안정된 도포가 이루어지도록 하는 방식이 진공식 슬롯 다이 코터(Slot Die Coater with Vacuum)이다.

○ 웹 텐션 다이 코터 및 립 코터

- 웹 텐션 다이 코터(Web Tension Die Coater)는 백업 롤러가 없는 다이 코터이다. 슬롯에서 토출된 도포액이 바탕재료와 다이 립 사이에 쌓여서 윤활막의 역할을 하면서 도막을 형성해 나간다. 기계적인 정밀도의 영향을 잘 받지 않고 코팅 갭이라는 규제된 개념이 없기 때문에 마이크론 단위까지의 초박막 도포가 가능하다.
- 립 코터(Lip Coater)는 완전 수치제어 방식에 의한 획기적인 도포 방식이다. 작업자의 숙련도에 의존하던 코팅 작업이 용이하게 할 수 있게 되었을 뿐만 아니라 제품 품질관리의 평준화도 가능하게 되었다.
- 전계량 방식인 립 코터는 입력된 수치의 도포 조건에 의해 계산된 수지량이 립 헤드에 공급되도록 하는 것이 중요하다. 계량기능은 공급 펌프가 갖고 있고 립 헤드 끝단에서는 평활 기능만을 갖도록 해서 립 헤드 끝단에 도포막을 제어, 조정하는 여러 가지 기능을 부여할 수가 있다. 그렇기 때문에 립 헤드에는 좌우의 갭을 조절해서 립 중앙부의 굽힘량을 적극적으로 조정할 수 있는 기구를 갖추고 있다.

4. 맺음말

- 도막의 형성, 도포액의 계량 방법, 장치의 구성 등의 특성에 따라 롤간 습식 코팅 장치를 분류하였고, 고품질의 도막을 얻기 위한 도포 방식으로서 다이 코터에 대해 알아보았다. 습식 코팅은 기능막을 낮은 원가로 생산 가능하기 때문에 여러 가지 공업제품의 저비용 양산과 보급에 공헌하고 있다.

출처 : 大森克洋, “Roll to Roll ウェットコーティング装置”, 「表面技術(日本)」, 60(7), 2009, pp.435~440

◁ 전문가 제언 ▷

- 최근 들어 컨버팅 테크놀로지(Converting Technology)라고 부르는 가공 기술이 각 분야에서 주목을 받고 있다. 플라스틱 필름/시트, 금속박, 종이, 판지, 부직포, 섬유, 강판, 유리 등의 비교적 얇은 바탕재료에 도포(coating), 적층(laminating), 프린팅(printing) 등의 새로운 가공으로 새로운 가치를 만들어 내는 가공기술을 말한다.
 - 컨버팅은 코팅, 래미네이팅, 프린팅, 슬리팅 등 다채로운 요소기술을 조합시킨 '집적기술'이라고도 부를 수 있다. 이를 통해 농업/원예, 건축/토목, 정보/통신, 전력, 교통/운송, 의료/헬스 케어, 보안, 환경, 방재 등 폭 넓은 분야에서 현대사회가 만들어 내는 여러 가지 다양한 요구를 충족시켜주는 데 활용되고 있다.
- 코팅 기술(Coating Technology)은 역사적으로 보면 고대 이집트의 파피루스(Papyrus)를 이용한 종이 대용품 제조 과정에서 시작되었다고 말할 수 있다. 그만큼 역사가 깊고 우리 생활 주변에서는 여러 가지 형태로 실용화 되어왔다. 코팅 장치의 경우도 만드는 사람에 따라 독자적인 특성을 가지고 있어서 일정한 기준으로 분류를 하기에는 어려운 점이 많다. 코팅 방식의 분류는 코팅 도막의 형상, 도포액의 계량방법, 장치의 구성 및 액조(chamber)의 형상에 따라서 분류하고 있다.
- 코팅 장치 중에서 효율성과 양산에 적합하여 널리 사용되고 있는 것을 간 코팅 장치(Roll to Roll Coater)이다. 이 중에서 다이 코터(Die Coater) 방식은 다이라는 금형에 의해서 폭 방향으로 균일한 도막을 형성하고 이를 바탕재료에 접촉시켜 도포를 하는 방식이며, 도포액의 안정성을 높여 고품질의 도막을 얻을 수 있어 기대되는 코팅 장치이다.
- 우리나라는 반도체와 디스플레이 산업에서 세계 상위권에 속하지만 장비의 국산화는 아직도 미흡하여 미국이나 일본에 의존하는 바가 크다. 산·학·연·관에서는 장비의 국산화를 위해서 많은 노력을 기울이고 있기는 하지만 무엇보다도 완성품 제조업체와 장비업체 간의 기술협력관계가 신뢰를 바탕으로 해서 이루어 져야만 경쟁력 있는 국산화가 성과를 거둘 것으로 사료된다.