

Coating Technology and System Configuration for Slot Die Coating

슬롯 다이 코팅을 위한 시스템 구성과 코팅기술

Writer

김겸철

JK이노션 대표이사

Contents

- I. 서론
- II. 슬롯 다이 코팅 시스템의 기본구성
- III. 다이 스테이션의 구성요소 및 기본기능의 조건
- IV. 코팅방식에 따른 다이스테이션의 종류
- V. 다이 스테이션의 종류별 장단점 및 그에 따른 변천과정
- VI. 결론

I. 서론

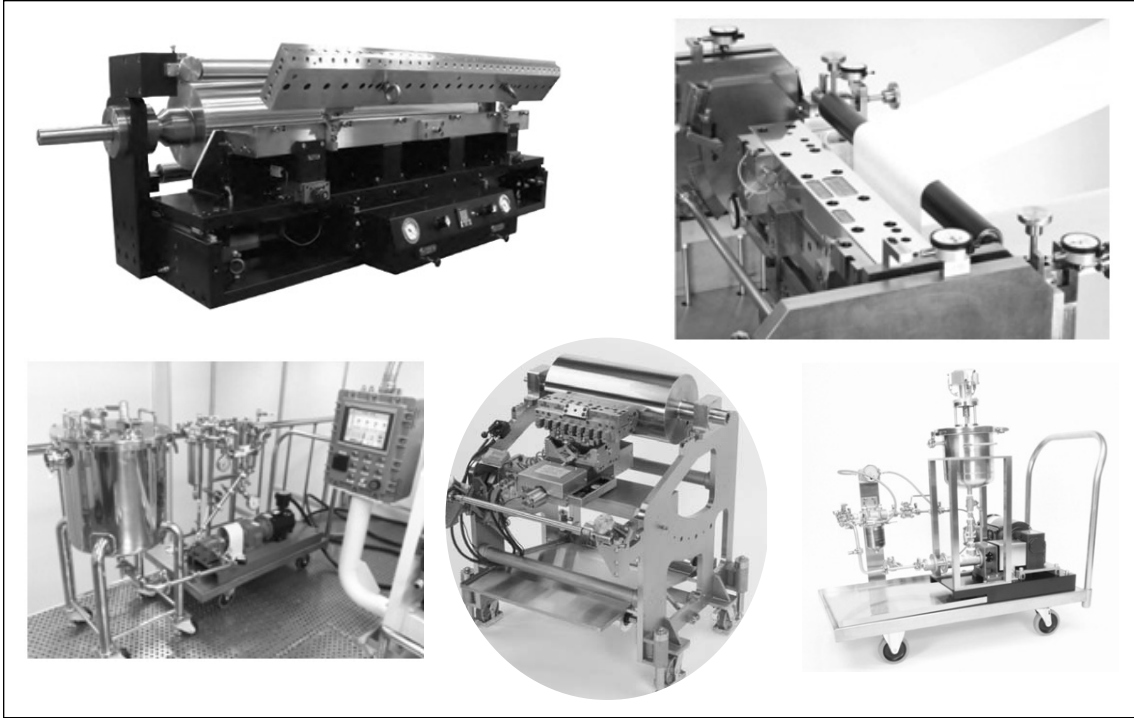
플라스틱 필름·시트업계, 특수코팅분야, 에너지산업(2차 전지, 태양광 등), 디스플레이 패널업계 등에서 슬롯 다이 코팅(Slot Die Coating)방식이 널리 알려져 있다. 다른 코팅방법에 비해 사용이 간단하고 정밀코팅이 가능해 가장 많이 접목되고 상용되는 코팅방식이다. 그러나 이러한 슬롯 다이 코팅방식의 장점에도 불구하고 적합한 코팅 시스템의 구성 및 기본 조건에 대한 이해 부족으로 시스템 구성의 복잡성으로 인한 불필요한 과도 투자와 실제 슬롯 다이 코팅의 재현성을 저해함과 동시에 부가적인 변수를 초래하는 사례가 흔히 발생하고 있는 것이 사실이다.

이에 슬롯 다이 코팅을 위한 시스템 구성 및 조건에 대한 올바른 이해를 통해 공정 안정화 및 코팅기술 발전에 도움이 되고자 한다.

아울러 슬롯 다이 코팅 시스템에서 슬롯 다이와 함께 중요한 역할을 담당하는 시스템은 다이 스테이션(Die-Stations) 및 플루이드 딜리버리 시스템(Fluid Delivery Systems)이 있고, 상기 3가지 시스템의 원활한 조화와 함께 구성된 코팅시스템이 사용자의 코팅 애플리케이션에 적합한 것이 가장 기본적인 조건이라 할 수 있다.

더불어 다이 스테이션의 종류와 특징, 장단점을 이해하고 그 변천

[사진 1] 슬롯 다이 코팅 시스템의 기본구성



과정에 대한 설명을 통해 슬롯 다이 코팅 시스템 구성에 많은 도움이 되길 바란다.

II. 슬롯 다이 코팅 시스템의 기본구성

- 기본적인 슬롯 다이의 개념 및 용어의 설명 : 슬롯 다이 코팅의 트러블 슈팅(Trouble Shooting) 참조
- 다이 스테이션의 구성요소 및 기본조건
- 코팅방식에 따른 다이 스테이션의 종류
- 다이 스테이션의 종류별 장단

점 및 그에 따른 변천과정
· 플루이드 딜리버리 시스템의 기본 구조 및 애플리케이션에 따른 추가 기능 부여 요소

III. 다이 스테이션의 구성요소 및 기본기능의 조건 : Standard Precision Coating용

- ① Backing Roll : Backing Roll을 이용한 슬롯 다이 코팅일 경우
- TIR (Total Indicated Run out) : 2.5um (TIR) or Better (주의) Backing Roll의 TIR은

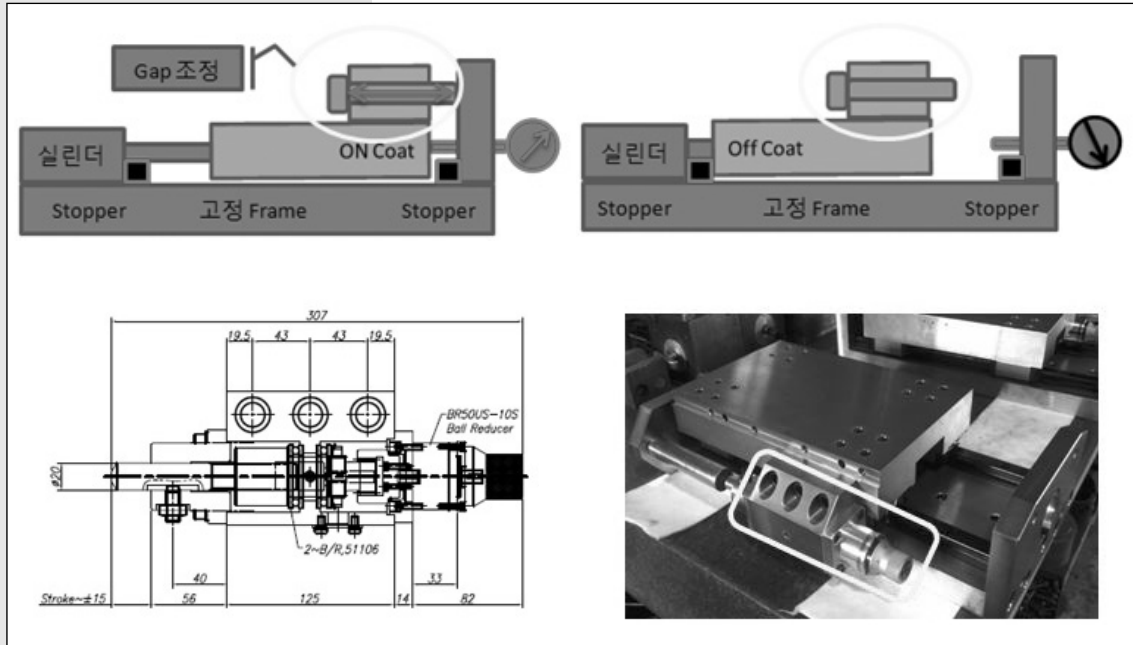
Bearing 및 Housing을 체결한 실제 Running TIR이어야 한다.

- Surface Roughness : 0.025um Mirror Finisher Better

② Positioning 기능 및 재현성 (Repeatability)

- On Coat : Coating Gap Position (실제 코팅이 되는 슬롯 다이의 Lip과 Web사이의 Gap)
- Coating Gap Micro Adjustment Range : Normal 0~2.5mm
- Coating Gap Indicator

[그림 1] 다이스테이션의 Movement와 Coating Gap Micro Adjustment unit 개략도



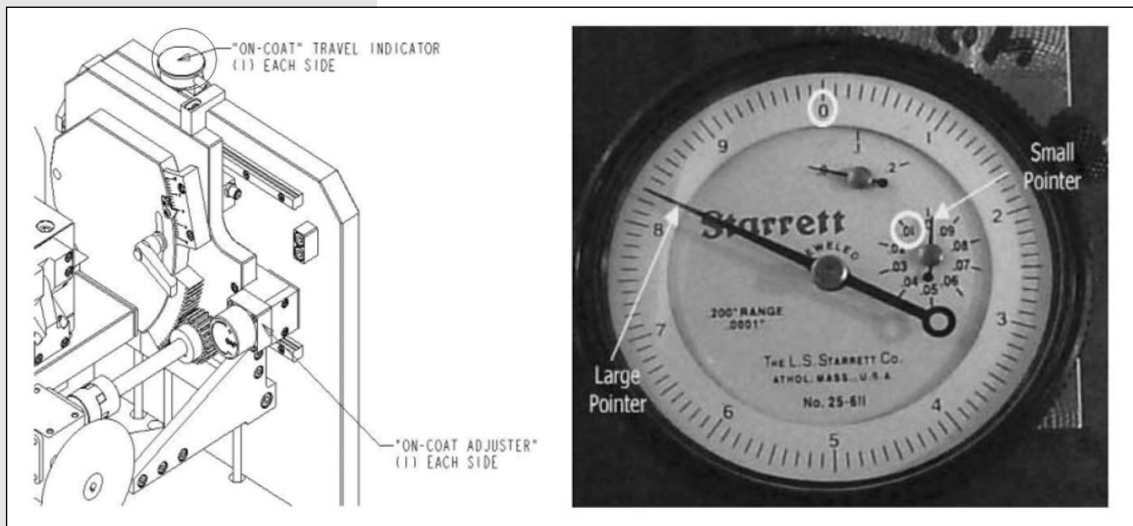
: 일반적인 Coating Gap Micro Adjustment unit, Ball 감속기와 Ball Bearing을 조합한 형태

Measuring Steps : 1.0 um
(주의) 코팅 갭에 대한 대변성
측, 현재 코팅 갭이 얼마인지를

인식하기 용이한 구조의 인디케
이터를 사용하는 것이 유리하다.
- Repeatability(위치 재현성) :

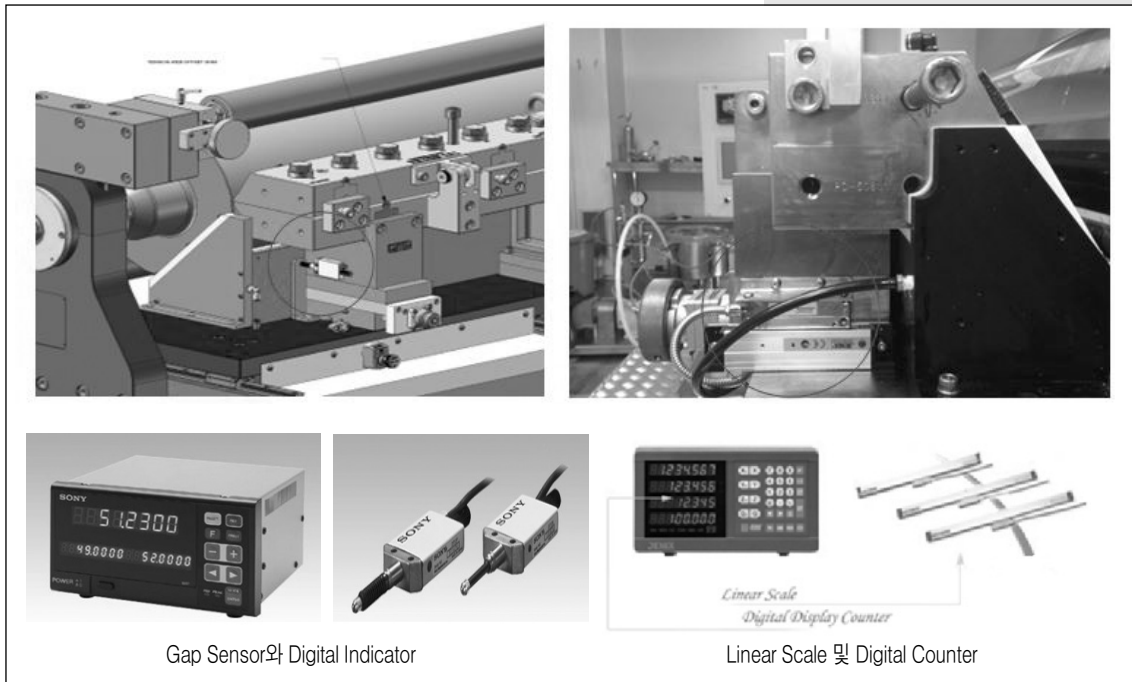
±1.25um or less
· Off Coat : Cleaning, Job Change
or Maintenance를 위한 Home

[그림 2] 아날로그 타입



: 아날로그 타입은 방폭지역 설치가 용이하다.

[그림 3] 디지털 타입



Position : 125~250mm

- Splicing Jump : Web연결점 및 기타 간헐적 Coating Gap의 Jump 기능 : 25mm

③ Safety Stopper 기능 : 기본적으로 3개소(총6개)의 Safety Stopper 기능이 포함되어야 한다.

- i) 슬롯 다이와 Backing Roll의 충돌을 방지하기 위한 안전 Stopper 기능
- Coating Gap Micro Adjustment의 Min. 위치에서도 Backing Roll과 충돌이 없어야 한다.
- Stopper는 내마모 및 내충격, Stopper 자체 Min/Max. Gap

조정 가능한 구조 : 0~2.5mm

- ii) On Coat Position으로 접근시 충격흡수를 위한 Shock Absorber가 반드시 부착되어야 한다.
- iii) Off Coat Position으로 접근시 충격흡수를 위한 Shock Absorber가 반드시 부착되어야 한다.

④ Vacuum Box (Atmosphere Pressure Control) : Upstream Meniscus 조정을 위한 Vacuum Control 기능 : 0~300mm H2O

⑤ Waste Fluid catch pan 기능

⑥ Free Span Coating Integration : 박막코팅, 고속코팅, 투과·흡수코팅 등을 위한 기능

- Skew Adjustment 기능 : Free Span Coating (Un-Support direct Web Coating 일 경우)

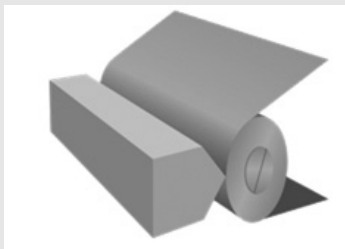
⑦ Lip Face Angle Attack 기능 : Wiping Coating 혹은 Down-Stream Meniscus 조정 : $\pm 5\sim 10^\circ$

상기 언급된 구성요소 및 기본 기능조건은 일반적인 Standard 형이며, 공정조건 및 Coating applications, Base Web의 종류,

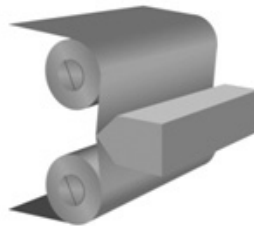
코팅액의 종류, 점도, Wet Coating Thickness 등의 공정조건에 따라 기본기능의 조건은 선택하여 설정하여야 한다. 코팅 갭을 Reading하는 방식은 다이 스테이션의 타입에 따라 여러 가지 방법이 있으며 센서와 인디케이터의 종류도 다양하다. 그러나 무엇보다 중요한 것은 슬롯 다이와 Web 사이의 갭이 얼마인지를 인식하기 용이한 구조의 방식과 내구성 및 유지비용이 유리한 인디케이터를 사용하며 시인성과 보수유지가 용이한 위치에 설치하는 것이 유리하다.

Ⅳ. 코팅방식에 따른 다이 스테이션의 종류

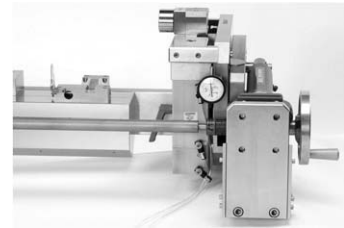
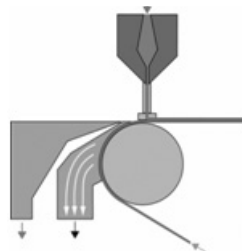
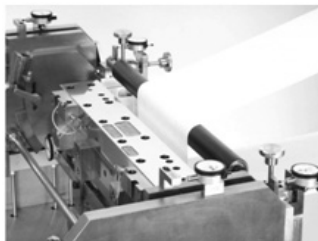
1. Backing Roll Coating



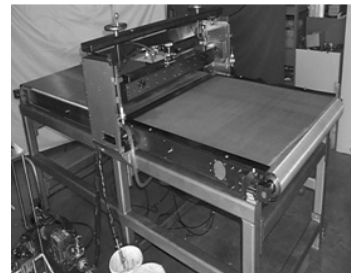
2. Free Span Coating



3. Curtain Coating or Proximity Casting Coating



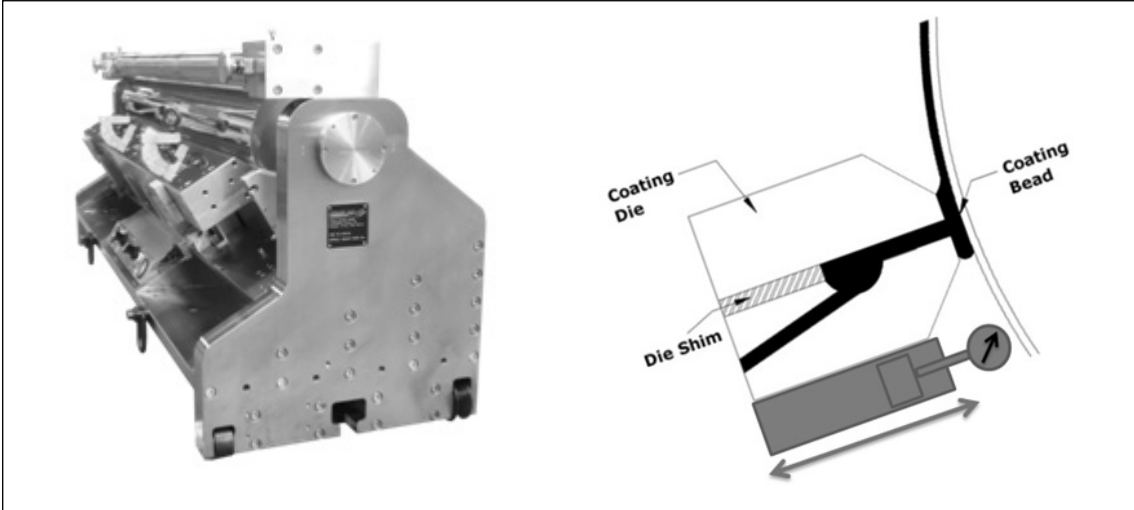
4. Glass, Sheet Patch Table Coating



Ⅴ. 다이 스테이션의 종류 별 장단점 및 그에 따른 변천과정

슬롯 다이 코팅 방식에 있어서 가장 널리 사용되는 방식이 Backing Roll Coating 방식이며,

[그림 4] 슬롯 다이 Head Up 및 Same Angle Movement 방식



그 종류도 시장별로 다양하다. 특히 사용자의 코팅 애플리케이션의 요구사항에 따라 각종 기능이 추가되면서 많은 변천과정과 취약요소의 단점을 보완해 현재의 다양성에 이르게 되었다. 따라서 여러 변천과정에서 국내에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 형태의 다이 스테이션에 대한 몇 가지 예와 장점 및 단점을 이해함으로써 슬롯 다이 코팅 시스템에서의 다이 스테이션 구조의 선택 및 설계 반영에 도움이 되었으면 한다.

1. 슬롯 다이 Head Up 및 Same Angle Movement 방식(Backing Roll과 슬롯 다이의 Angle 23.5~30°)

Coating Gap Traveling 방향과

Gap Sensor의 Detection 방향이 Angle과 일치하는 형식이다.

- 장점

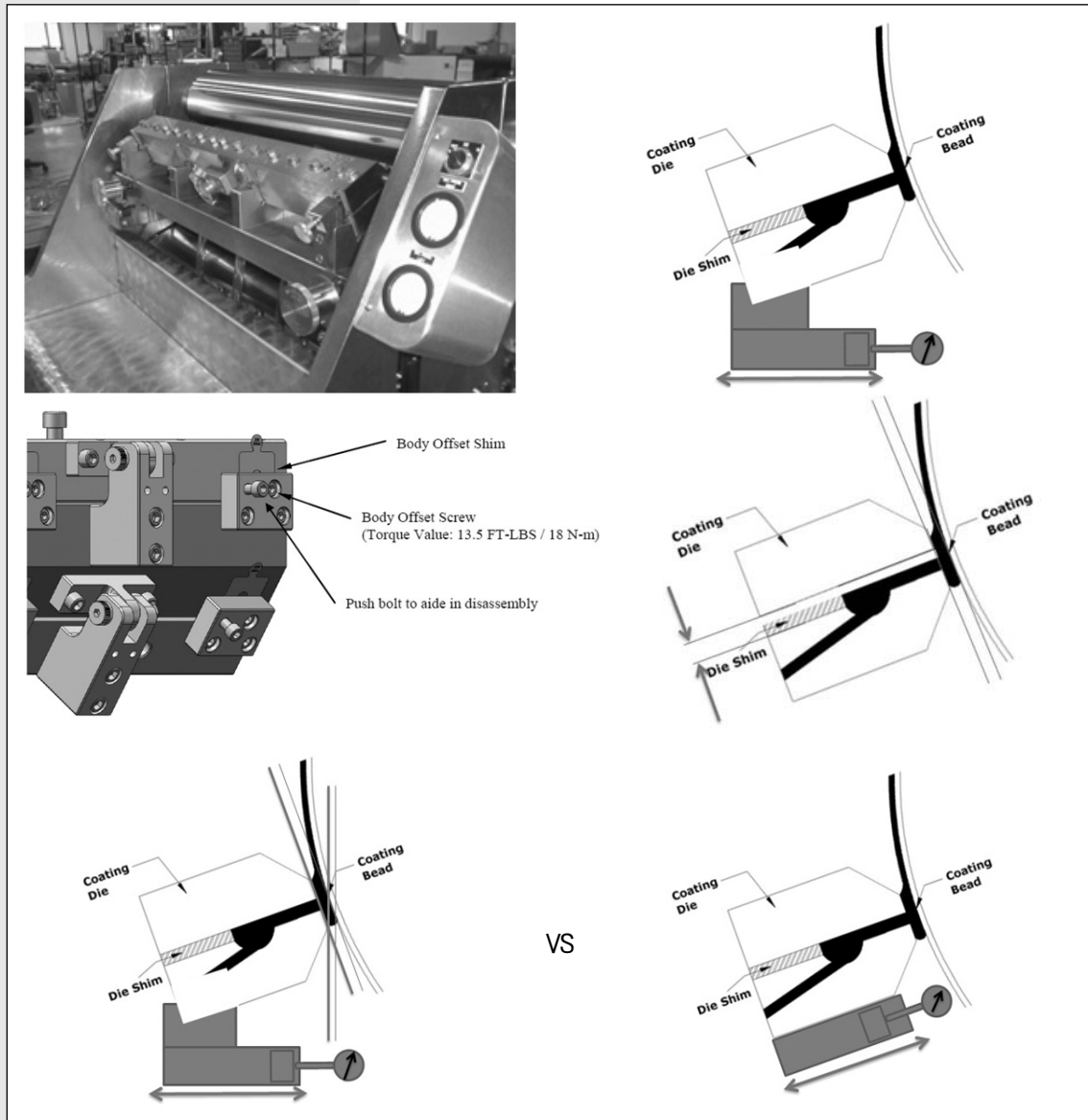
- ① 슬롯 다이 내부에 잔류하는 기포가 Head Up으로 인해 초기 기포 배출에 도움을 준다.
- ② 코팅 시 Up-Stream Meniscus의 미세 형성에 도움이 된다. Vacuum Box 기능을 채용하기 전에 주로 사용되었던 고전적 형태이나 현재는 Vacuum Box (Atmosphere Pressure Control) 기능이 기본으로 장착, 보완되어 사용되고 있다.
- ③ Coating Gap Traveling 방향과 Gap Sensor의 Detection 방향이 Angle과 일치함에 따라 Slot Gap (Lip Opening=Body Shim두께)에 따른 별도의

Body Offset을 부여하지 않아도 Lip Face와 Backing Roll의 Diverse(각도의 벌어짐)정도가 항상 일정해 정확한 Coating Gap 조정이 가능하다.

- 단점

- ① Angle로 인해 Sliding되는 모든 부분의 하중이 아래로 치우쳐 Coating Gap 유지를 위해 상대적으로 높은 압력의 공압제어가 이루어져야 한다.
- ② 공정 중에 공기압 제어에 항상 주의를 기울여야 하며 Die-Station에 부여되는 공기압력 변화에 Coating Gap의 재현성 확보에 다소 어려움이 있다.
- ③ Angle에 의한 설비 자체의 초기 Mechanical Set이 어렵고, Hardware 재 정비, 즉 Maintenance 혹은 부품 교체

[그림 5] V-Block을 이용한 슬롯 다이 Head Up 및 Horizontal Movement 방식



시 정확한 Re-Alignment에 시간이 과다 소요된다.

④ Backing Roll 코팅방식 전용으로 사용되며 Free Span 코팅과의 조합이 불가하여 코팅방식의 다양화에 단점이 있다.

2. V-Block을 이용한 슬롯 다이 Head Up 및 Horizontal Movement 방식 (Backing Roll과 슬롯 다이의 Angle 23.5~30°)

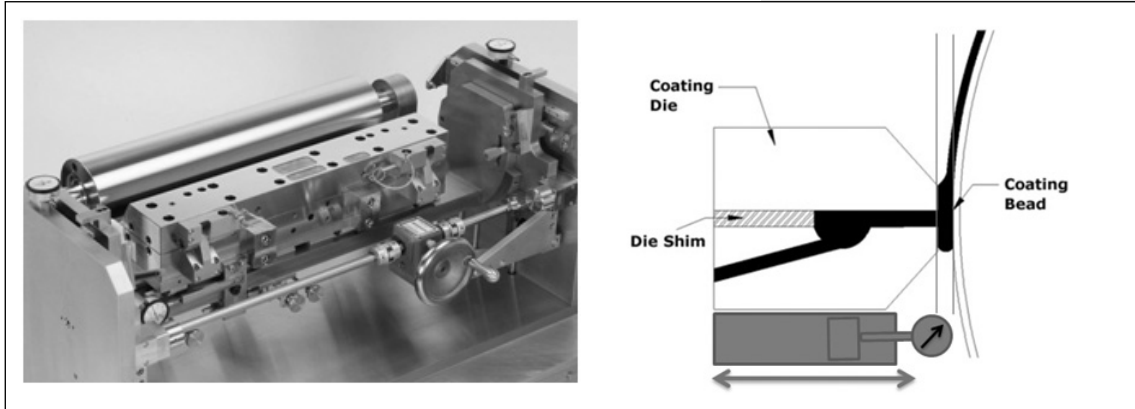
Sensor의 Detection 방향이 Horizontal Movement(수평)형식이다(슬롯 다이 Head Up Angle과 불일치하는 형식).

— 장점

Coating Gap Traveling과 Gap

① 슬롯 다이 Head Up 및

[그림 6] Nordson EDI Liberty style Die-Station with Angle Attack



Same Angle Movement방식의 다이 스테이션의 하드웨어적인 단점을 보완한 방식의 다이 스테이션이다.

② Horizontal Movement로 인한 Mechanical Parts의 간소화·안정성 확보 및 다이 스테이션의 콤팩트한 디자인이 가능함에 따라 Floor Mounting형식의 다이 스테이션 주류를 Table Top형식의 다이 스테이션으로 전환하는 계기가 된 다이 스테이션방식이다.

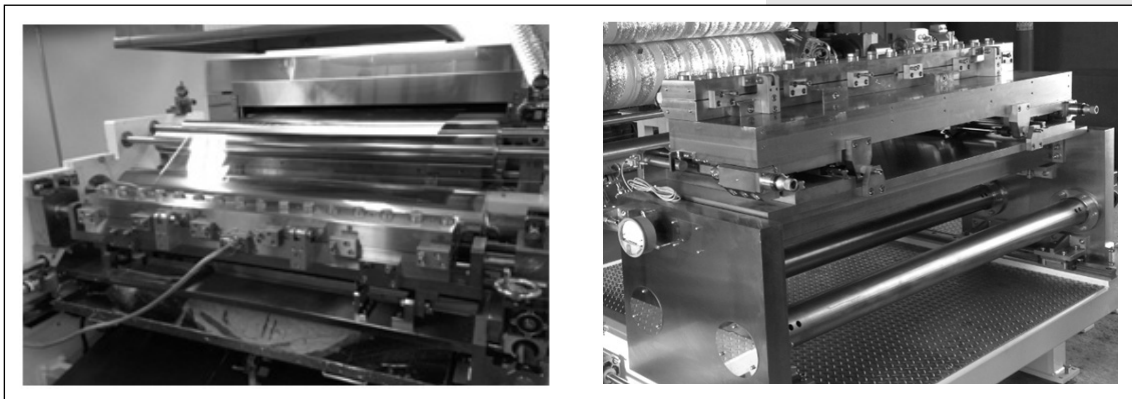
- 단점

① 슬롯 다이 Head Up 및 Horizontal Movement, 즉 Coating Gap Traveling과 Gap Sensor의 Detection 방향이 실제 슬롯 다이와 Backing Roll과 형성된 방향과 Angle이 불일치함에 따라 Lip Face와 Backing Roll의 Diverse정도가 Coating Gap 조정 및 Slot Gap (Body Shim)에 따라 차이가 발생하여 정확한 공정조건의 표준화에 어려움이 있다.

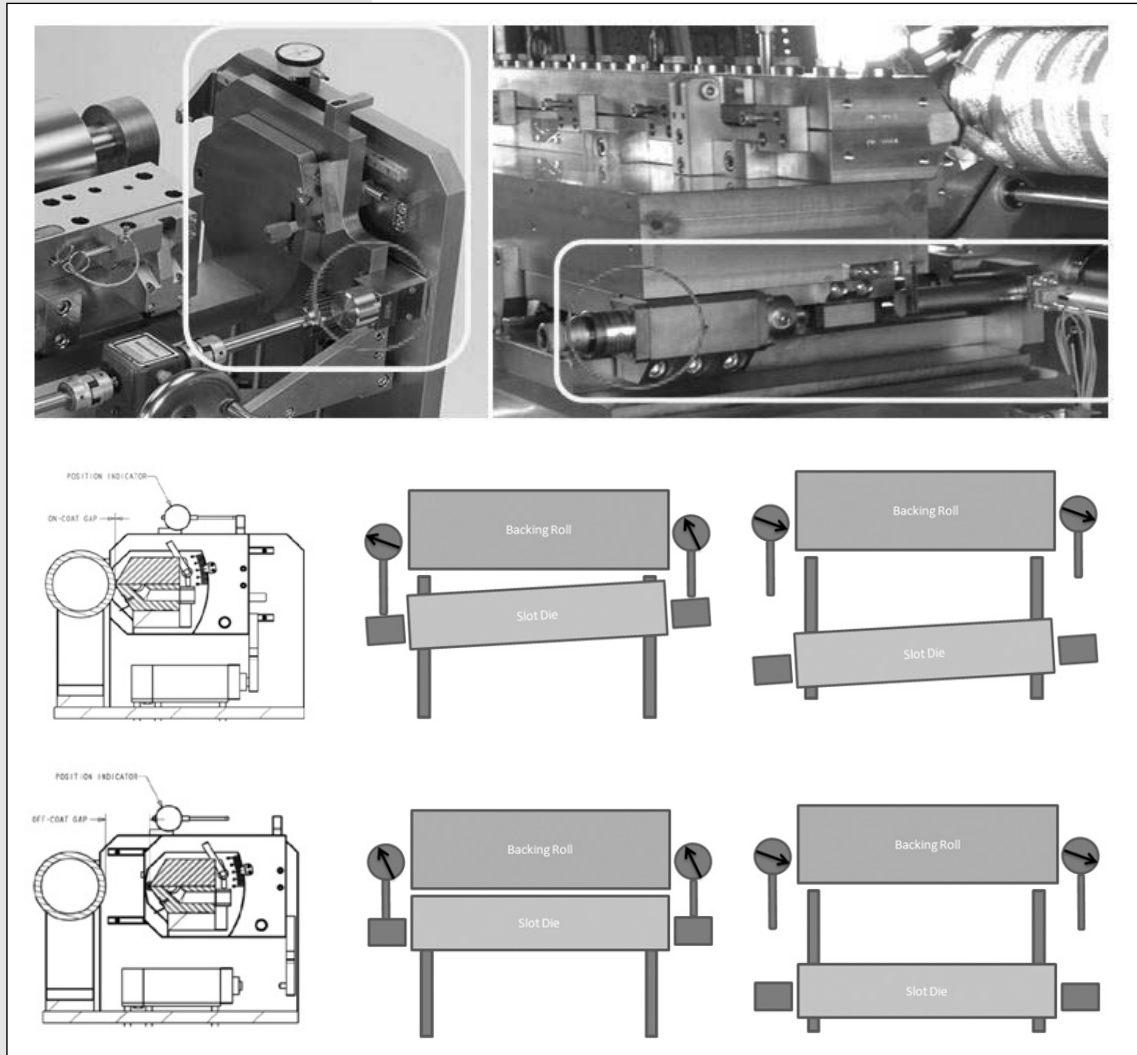
② 특히 Micro Adjustment에 의해 조정되어 Gap Sensor로 표시되는 Coating Gap Movement와 실제 Coating Gap (Slot Die와 Web)과의 Movement가 일치하지 않는다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해서는 Body Shim두께에 따른 Offset 정도를 감안하여 사용하여야 한다.

3. 슬롯 다이의 Horizontal(수평) 설치 &

[그림 7] Horizontal Die-Station with Angle Attack(국산)과 Horizontal without Angle Attack(국산)



[그림 8] 슬롯 다이의 Horizontal(수평) 설치 & Horizontal(수평) Traveling movement & Coating Gap



Horizontal(수평) Traveling movement & Coating Gap

Coating Gap Movement와 Gap Sensor의 Detection 방향이 수평 방향으로 일치하는 형식으로, 현재까지 가장 많이 보편화되어있는 슬롯 다이 코팅 시스

템의 다이 스테이션 형식이다.

- 장점

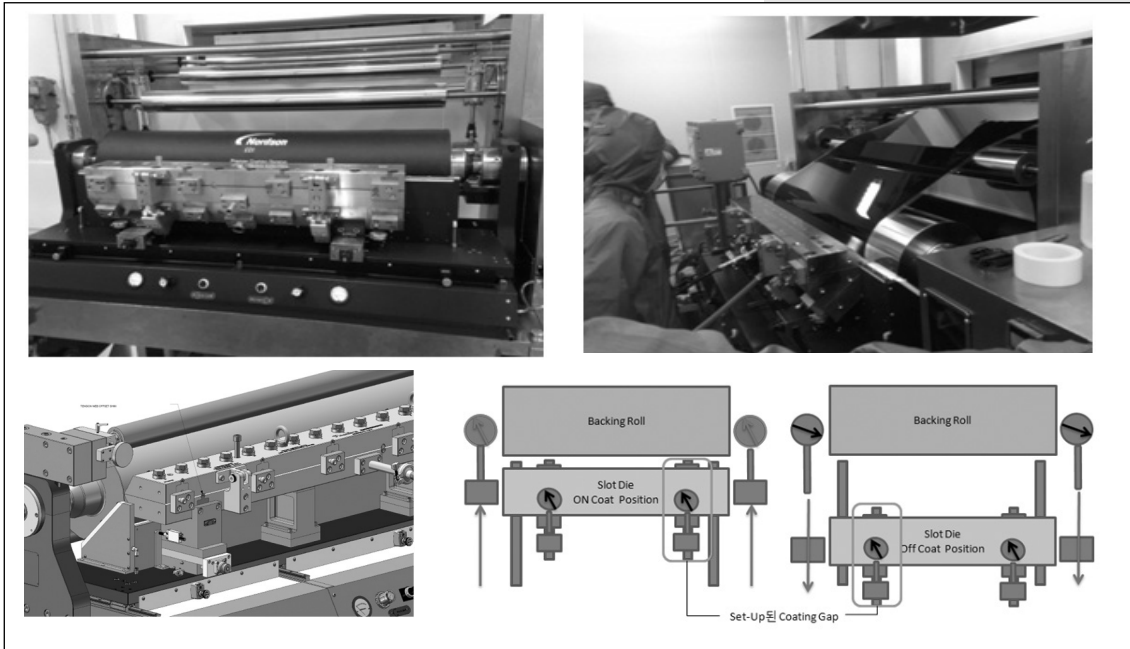
① Horizontal Movement의 장점인 Mechanical Parts의 간소화·안정성 확보 및 다이 스테이션의 콤팩트한 디자인이 가능하며 Vacuum Box(Atmosphere Pressure Control)의

Integration이 용이하다.

② 슬롯 다이 Head-Up Position 및 Horizontal Movement방식의 다이 스테이션의 단점을 보완해 실제 Coating Gap이 Adjustment와 Gap Sensor의 Detection과 일치한다.

③ 슬롯 다이 Lip Face와 Bac

[그림 9] 슬롯 다이의 Horizontal(수평) 설치 & Horizontal(수평) Traveling movement & Independent Additional Coating Gap movement with Independent Coating Gap Sensor & Indicator System



king Roll의 Diverse 각도가 Coating Gap 및 Body Shims 두께 변화에도 일정한 각도를 유지할 수 있어 정확한 공정조건의 표준화 실현이 가능하게 되었다.

④ Backing Roll 코팅과 Free Span 코팅 (Un-Supported Web) 및 Angle Attack 기능 등을 한 가지 형식의 다이 스테이션에 복합적으로 구현할 수 있어 다양한 코팅방식의 적용과 다양한 애플리케이션을 경제적인 가격으로 구현할 수 있는 장점을 가지고 있다.

- 단점 : 상기 3가지 유형의 다이 스테이션의 공통적인 단점

① Micro Adjustment(Coating

Gap)의 Movement가 다이 스테이션의 Traveling Movement의 중요한 역할을 담당하는 정밀 Linear Rail을 통해 이루어짐에 따라 과도한 좌우 편차식의 Coating Gap 설정은 정밀 Linear Rail 및 Bearing의 수명 단축 및 장기간 사용 시 재현성 저하를 초래하기 때문에 항상 주의를 기울여야 한다.

② Off Coat 위치에 있을 때에는 현재 Set-Up된 혹은 앞으로 Set-Up할 Coating Gap을 알 수가 없다. 즉 On-Coat 위치에서만 이를 확인하여야 하며, 매번 Coating Gap Set-up을 On-Coat에서 확인해야 함에 따라 Coating Gap Set-Up에

주의와 관심을 가져야 한다는 사실이다. 이는 Gap Sensor 및 Indicator 혹은 Linear Scale 및 Digital Counter의 종류와 무관한 다이 스테이션의 구조적 디자인에서 유래되는 하나의 단점이라 할 수 있다

4. 슬롯 다이의 Horizontal(수평) 설치 & Horizontal(수평) Traveling movement & Independent Additional Coating Gap movement with Independent Coating Gap Sensor & Indicator System

On Coat & Off Coat, Splice Jump

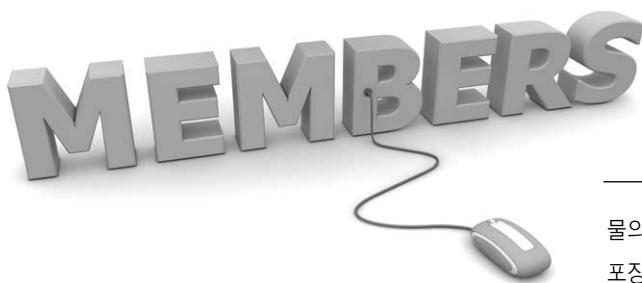
등의 Traveling Movement unit과 Coating Gap Adjustment Movement unit이 별도로 구성된 방식의 다이 스테이션이며 최근에 가장 많이 사용되고 점차 보편화 추세에 있는 다이 스테이션이다. 특히 Coating Gap Set-Up 및 Ste-Up 상태를 확인을 Manual(수동)식이 아닌 Touch Screen을 통한 Auto(자동)식으로 가능하게 된 Smart-Positioner의 기본 Model이 된 다이 스테이션이다. 즉 Off Coat 상태에서 Coating Gap의 Set-Up 및 Set-Up된 상태를 확인할 수 있도록 추가로 독립적인 Coating Gap Movement와 Detection을 2중적 복합구조로 설계된 다이 스테이션이다. 따라서 Micro Adjustment(Coating Gap)의 Movement

가 다이 스테이션의 Traveling Movement를 담당하는 정밀 Linear Rail 구조와 별개로 구성됨에 따라 더욱 정밀한 Coating Gap 설정과 더욱 안정적으로 Linear Rail 및 Bearing을 보호하여 장기간 사용에도 재현성이 유지된다. 따라서 언제, 어느 위치에서도 슬롯 다이 코팅의 Movement에 대한 정밀제어와 Coating Gap 설정 및 확인 등이 정확하게 이루어질 수 있다. 이와 같이 국내에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 형태의 다이 스테이션에 대한 몇 가지 예와 다이 스테이션의 종류 및 특징, 그리고 장단점을 통한 그 변천과정에 대해 알아보았다. 슬롯 다이 코팅 시스템에서의 다이 스테이션의 구조 선택 및 설계 반영에 도움이 되었으면 한다.

VI. 결론

지금까지 슬롯 다이 코팅 시스템에 있어서 슬롯 다이와 함께 중요한 역할을 담당하는 시스템인 다이 스테이션의 구성요소 및 기본 조건과 다이 스테이션 종류별 장단점과 그에 따른 변천과정을 설명함으로써 슬롯 다이 코팅 시스템의 다이 스테이션에 대해 조금 더 이해할 수 있는 기회가 되었을 것으로 판단한다.

따라서 슬롯 다이와 다이 스테이션 및 플루이드 딜리버리 시스템의 원활한 조화와 함께 사용자의 코팅 애플리케이션에 적합한 시스템 구축을 통해 올바른 슬롯 다이 코팅 시스템의 선택과 공정 안정화 및 코팅기술 발전에 도움이 되었으면 한다. [KW]



(사)한국포장협회 회원가입 안내



(사)한국포장협회

TEL. (02)2026-8655

E-mail : kopac@chollian.net

물의 흐름이 자연스러운 것은 물길에 따라가기 때문입니다. 포장산업이 강건하려면 미래를 내다보는 안목이 필요합니다. 포장업계의 발전이 기업을 성장시킵니다. 더 나은 앞날을 위해 본 협회에 가입하여 친목도모는 물론 애로 사항을 협의해 새로운 기술과 정보를 제공받아야 합니다. 포장업계에서 성장하기 원하시면 (사)한국포장협회로 오십시오.