

▣ Coating의 종류

1. Coating의 종류구분 요소

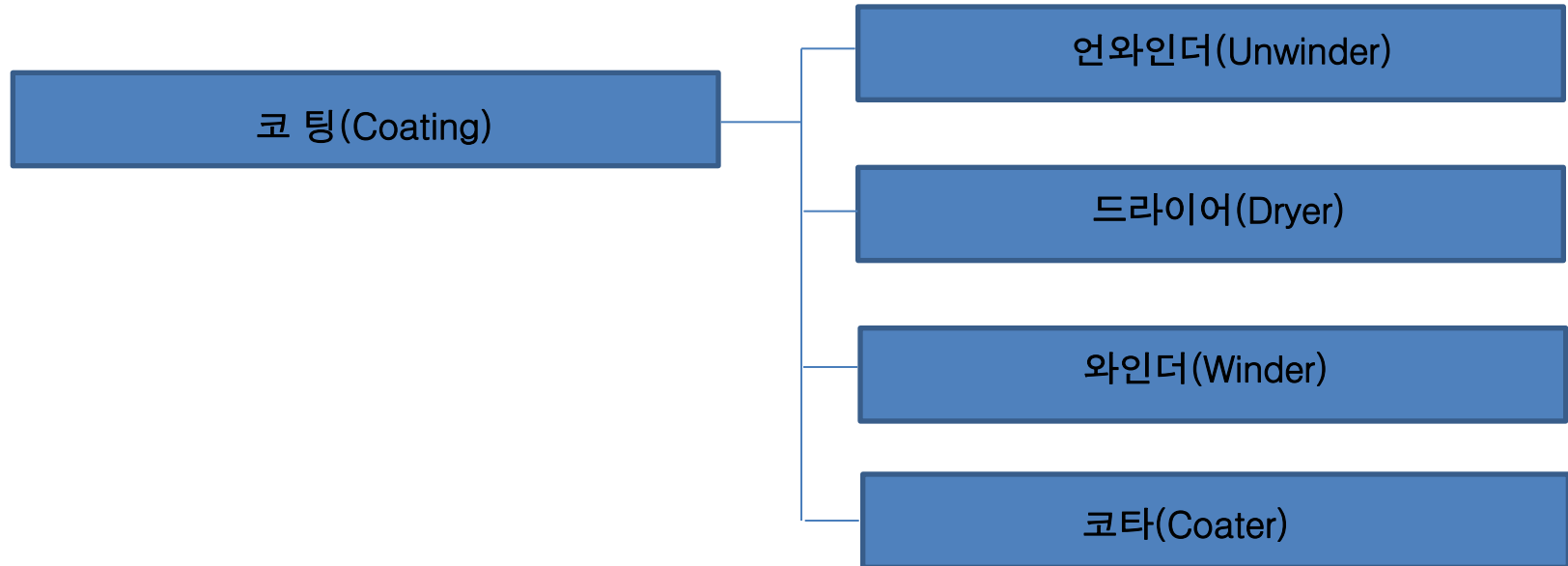
- ① 코팅방식은 피코팅 재료의 종류 (재질, 두께, 표면상태, 강도 등)
- ② 코팅액의 성질 (점도, 유동특성, 고형분 농도, 응액성, 점탄성, 압력 등)
- ③ 코팅조건 (도포량, 속도, 건조, Tension 등)

2. Coating의 기술의 고려사항

- ① 처방설계 (35%) : 제품 품질, 코팅액 물성
- ② 코팅기술 (35%) : 설비기술, 생산요소기술(재현성, 안정성)
- ③ 송액(조액)기술 (30%) : 줄힘, 이물(여과), 탈포

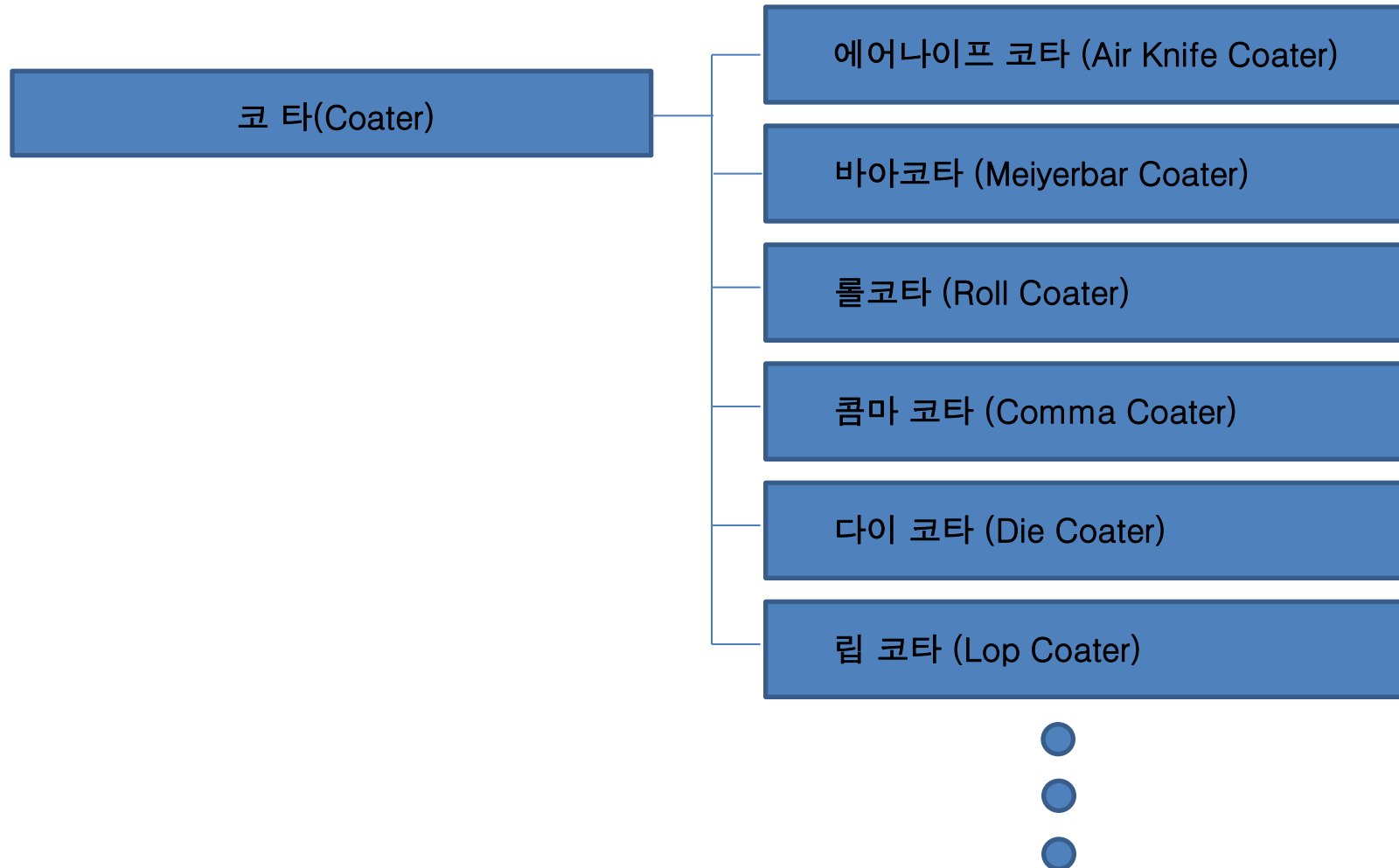
▣ Coating의 종류

3. Coating의 종류



▣ Coater의 종류

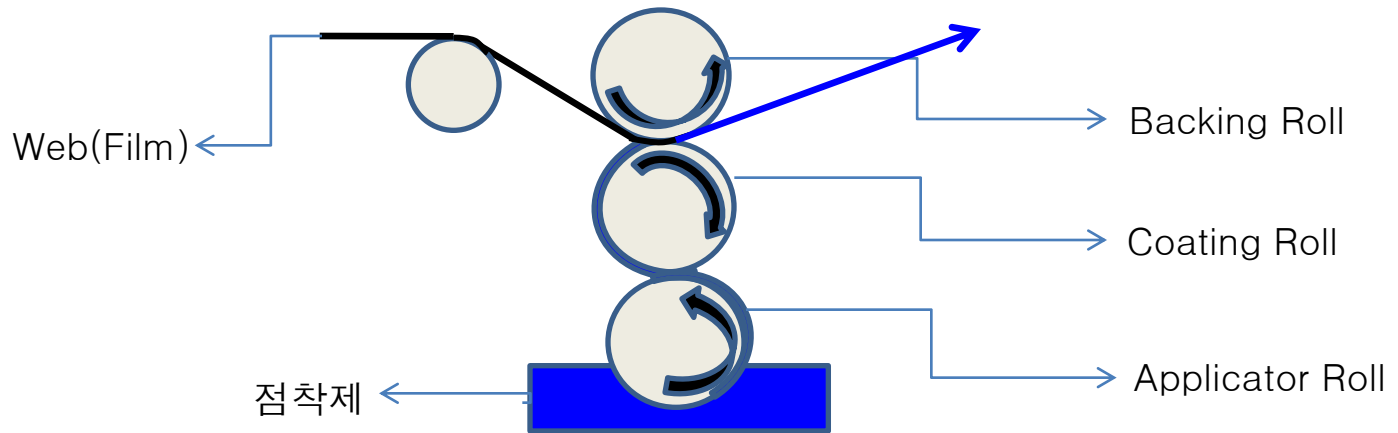
4. Coater의 종류



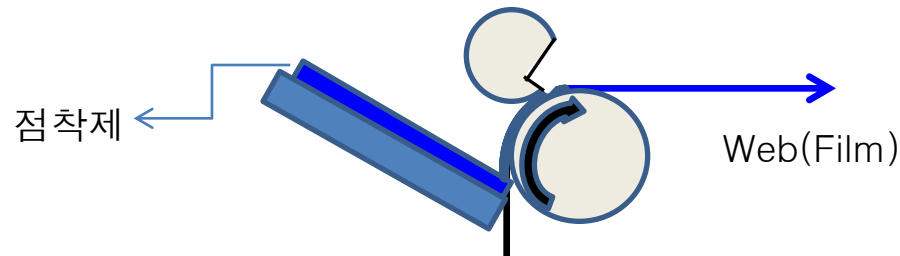
▣ Coater의 종류

2. Coater의 종류

- ① 롤 코타 (Roll Coater) : 롤 코타의 시스템은 롤의 조합으로 구성되어 있으며 코팅액은 롤의 넓에 의해 제어된다. 보통 3개의 롤로 구성되어 있고 코팅액에 잠겨 있는 롤과 코팅롤의 접촉 간격에 의해 코팅량이 제어되고 코팅 재료에 전달되는 최종 코팅량은 코팅롤과 백업 롤과의 간격에 의해 조정된다.



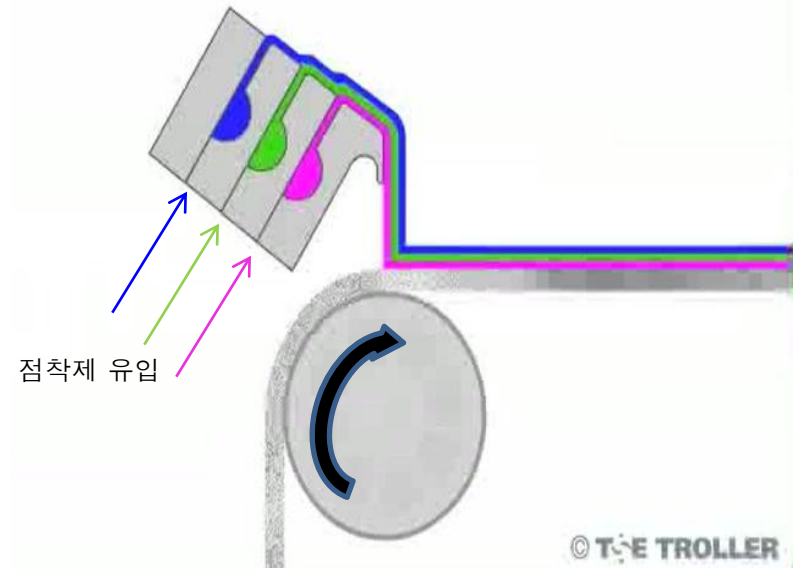
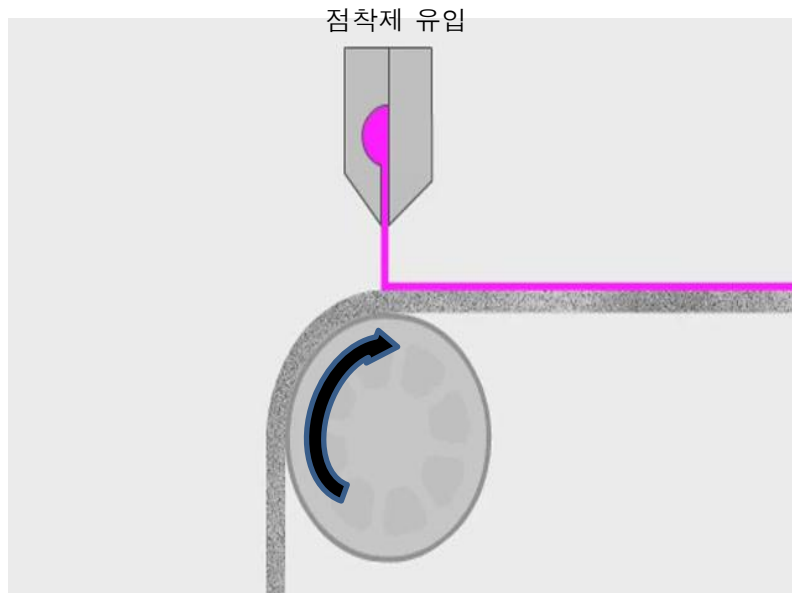
- ② 콤마 코타 (Comma Coater) : 콤마 코타는 종이, 필름 등의 재료에 사용되며 경면의(반짝임, 맨들 맨들함) 코팅면을 얻을 수 있으나 재료가 연결 부위를 통과 시 터짐이 우려된다.



▣ Die Coater의 종류 (Curtain Coater)

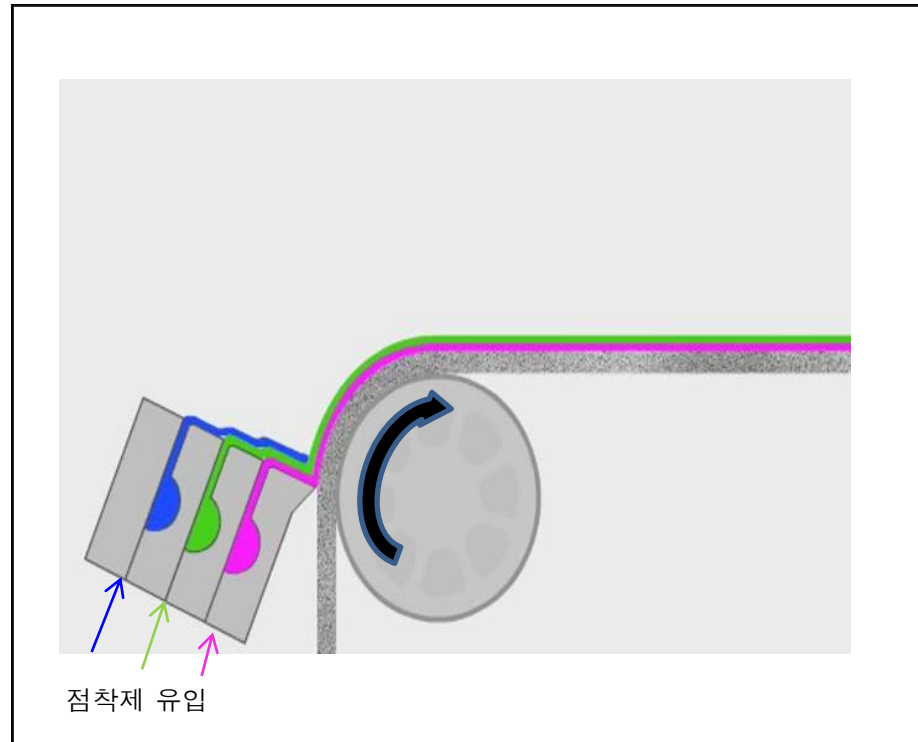
③ 다이 코터(Die Coater) : 다이 코터 방법은 Die를 어떻게 설치 하였는가에 따라 부르는 명칭이 달라진다.

- Curtain Coater : Die를 수직으로 설치하여 탱크 안에 있는 코팅 원료를 연속적으로 대상물질 위에 통과시키는 방식으로 100~300mm의 Air Gap으로 300m/min 이상의 속도로 코팅 할 시 부르는 명칭이다.



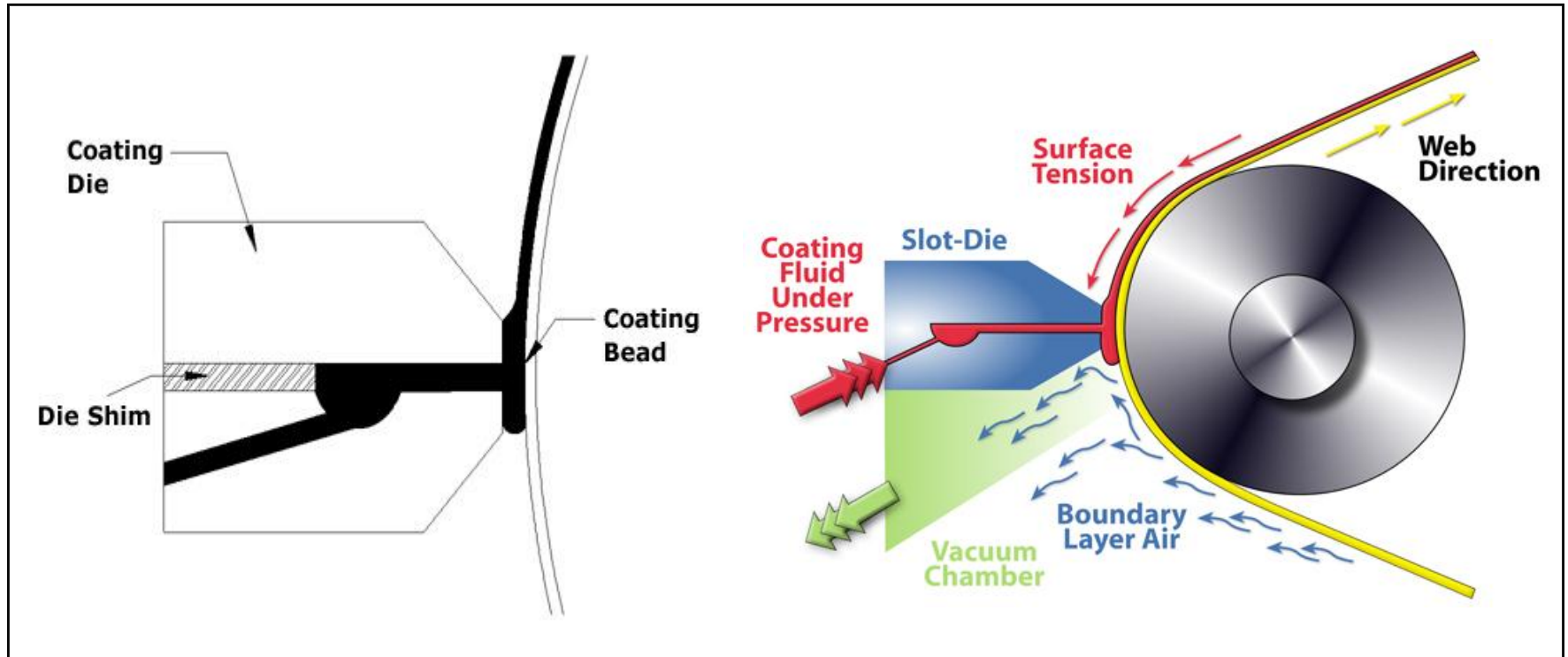
▣ Die Coater의 종류 (Slide Die Coater)

- Slide Die Coater : Die를 일정한 각도로 기울인 상태로 유액을 흘려 코팅하는 방식을 Slide Die Coating 이라 말한다.



■ Die Coater의 종류 (Slot Die Coater)

- Slot Die Coater : Die를 수평에서 일정한 각도로 기울인 상태로 코팅 시 Slot Die Coating 이라 말하며, 유동을 가지고 있는 액상을 “슬롯 다이”라고 하는 금형 내부 설계, 가공 되어진 상,하의 금형판 사이로 공급하여, 액공급 파이프로부터 공급받은 유체를 원단, 필름, Glass판, Sheet 진행방향의 폭 방향으로 일정하고 균일한 두께로 코팅하는 방법이다.



▣ Die Coater의 종류 (Slot Die Coater)

※ Slot Die Coater (추가 사진)



▣ Die Coater의 종류

1. Die Coater는 Die 설치 방법에 따라 종류가 나뉜다.

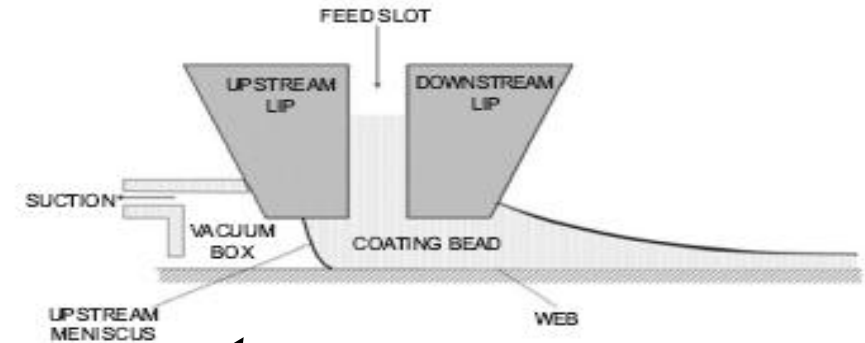
TYPE OF DIE	DIE ARRANGEMENT	VISCOSITY [mPas]	COATING SPEED [m/min]	WET THICKNESS [μm]
Slot <u>curtain</u> die		10 – 5'000	60 – 1'200 (> 2'000)	> 5
Single layer <u>slot</u> bead die		1 – 10'000 (... 30'000)	1 – 600	> 5
Multilayer <u>slot</u> bead die		1 – 10'000 (... 30'000)	1 – 600	> 5 (total)
<u>Slide</u> bead die		1 – 1'000 (... 5'000)	60 – 600	> 50 (total)
<u>Slide</u> <u>curtain</u> die		10 – 5'000	60 – 1'200 (> 2'000)	> 5 (total)

※ VISCOSITY : 점도

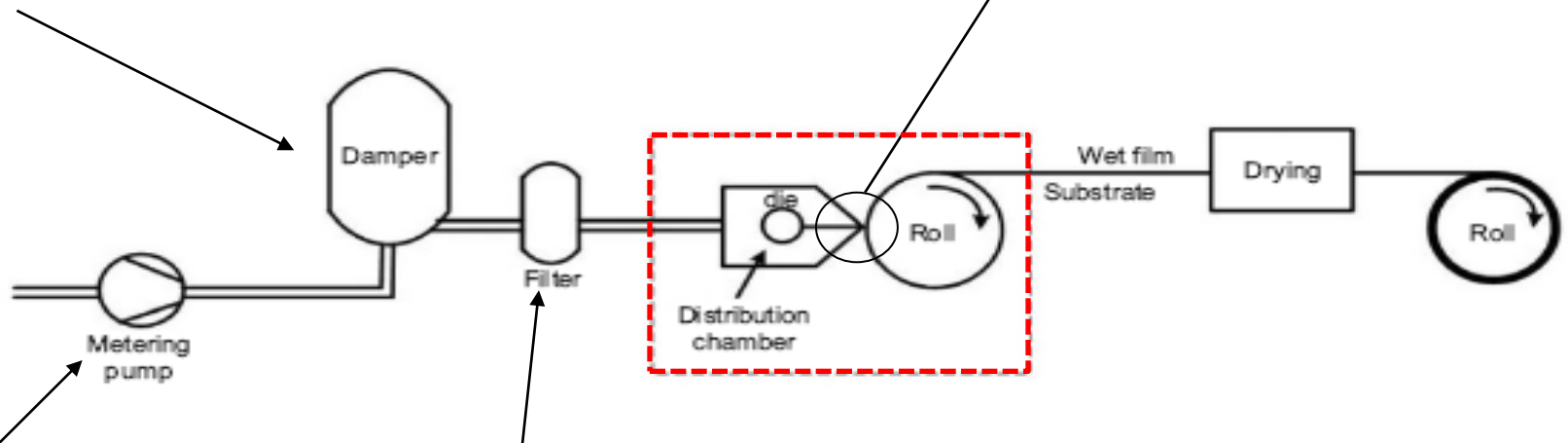
Slot Die Coater의 구조(1)

1. Slot Die Coater의 구조

Slot Die Coating은 Die 를 통하여 공급된 코팅액이 Die Lip 과 Web(소재) 사이에서 코팅 Bead (코팅액이 소재와 Die 사이에 채워진 부분) 를 형성한 후 Web에 코팅되는 구조이다.



Damper : Pump에서 유입되는 유량의 변화를 최소화 시킴.

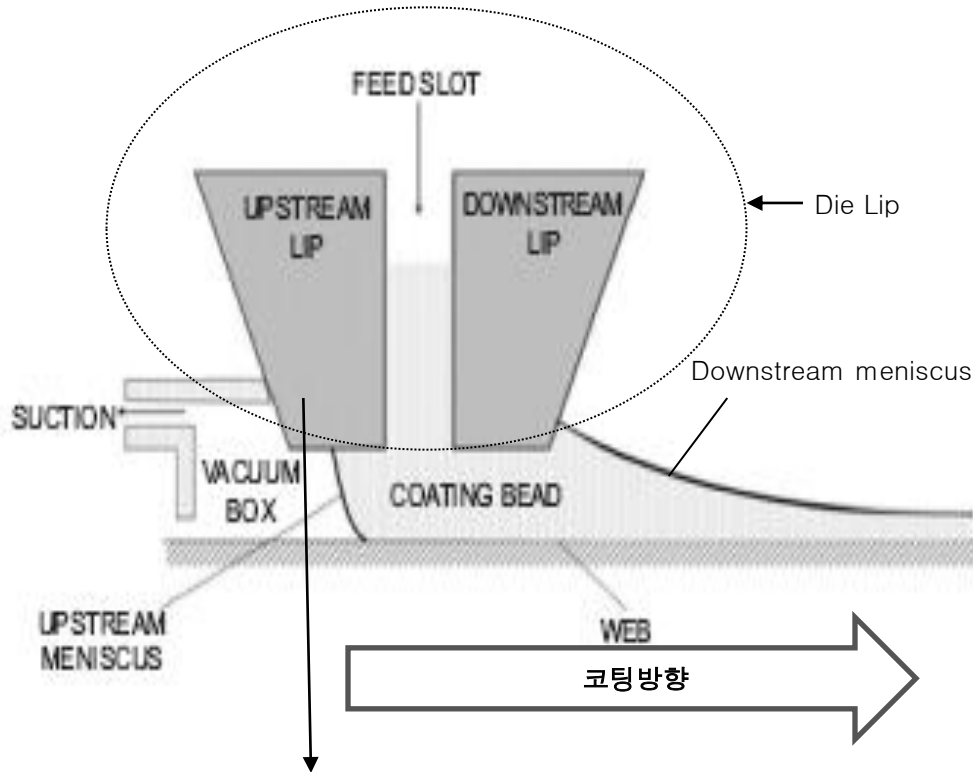


Pump : 유입되는 코팅량 조절

Fiter : 코팅액에 존재하는 불순물과 큰입자 제거

▣ Slot Die Coater의 구조(2)

2. Slot Die Coater (Lip부) 세부구조



코팅액이 Web과 먼저 만나는 부분의 Die를 Up Stream Lip이라고 하며 이때 형성된 코팅액의 자유계면을 Up Stream Meniscus 라 한다.

반대로 Die의 중심부를 지나 코팅액이 묻어나가는 부분의 자유계면을 Down Stream Meniscus라 한다.

Die Lip 과 Web 사이에는 보통 $50\sim 500\mu\text{m}$ 의 코팅 Gap 이 설정된다. 작업 조업 시 코팅용액은 코팅 Gap을 채우게 되는데 이 영역을 코팅 **Bead**라고 한다.

2차원적인 측면에서 볼 때 코팅 Bead 는 2개의 서로 다른 Meniscus 를 가지고 있다.

Upstream Die 외부에 진공장치를 설치하여 코팅 Bead 내에 압력차(Bead 압력)를 생기게 하여 web 에 의한 점성항력(Viscous Drag Force)과 반대방향으로 압력이 작용하게 된다.

이로 인해 공정은 더욱 안정하게 유지되며 공정속도를 증가시킬 수 있게 된다.

▣ Slot Die Coater의 구조(3)

3. 상,하의 금형판

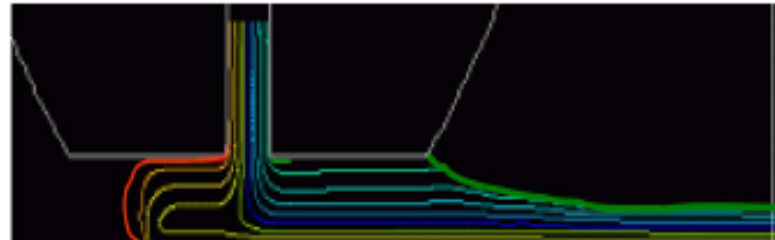


▣ Slot Die Coater의 주의점 및 불량

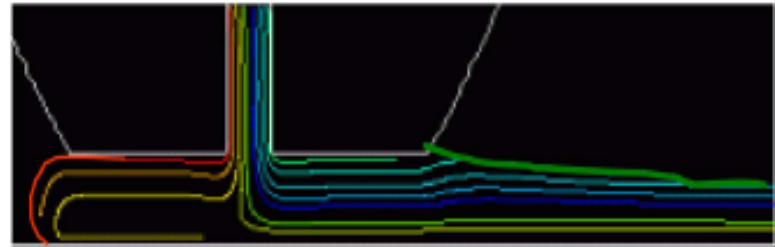
1. Leaking(누설) : 코팅 Bead 에 있는 용액의 일부가 진공장치로 유실되는 불안정성으로 최종 Film 의 코팅 두께를 예측할 수 없음.



Leaking

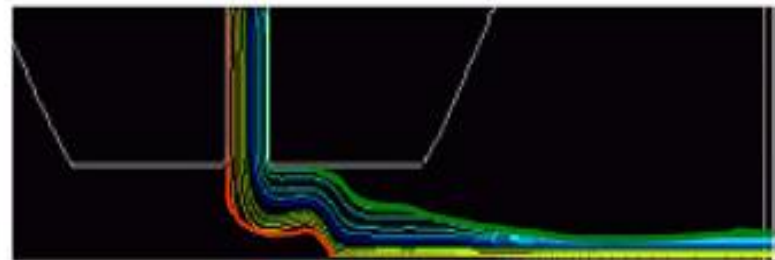
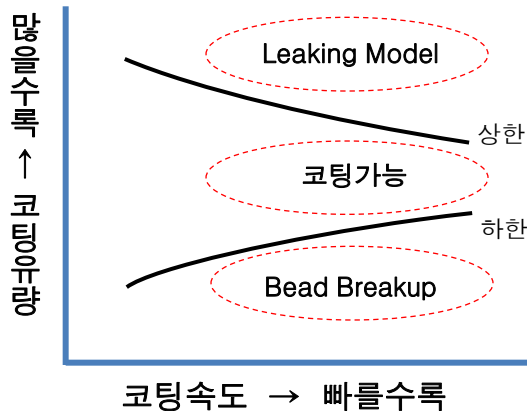


정상 유체 Model



Leaking Model

2. Bead Breakup(분산) : 낮은 압력강하 또는 빠른 Web 속도 조건에서 주로 발생 하며 도막 결점으로 나타난다.



Bead Breakup

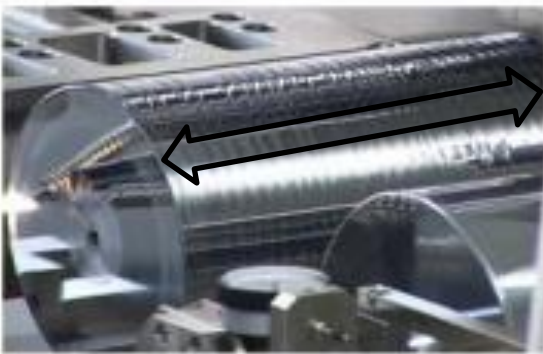
▣ Slot Die Coater의 주의점 및 불량

3. Barring(막대모양의 흠) : Web 의 진행방향으로 코팅 두께의 주기적인 변화 생기는 것으로 보통 Lip 과 Web 사이의 간격이 클 때 주로 발생.



Barring

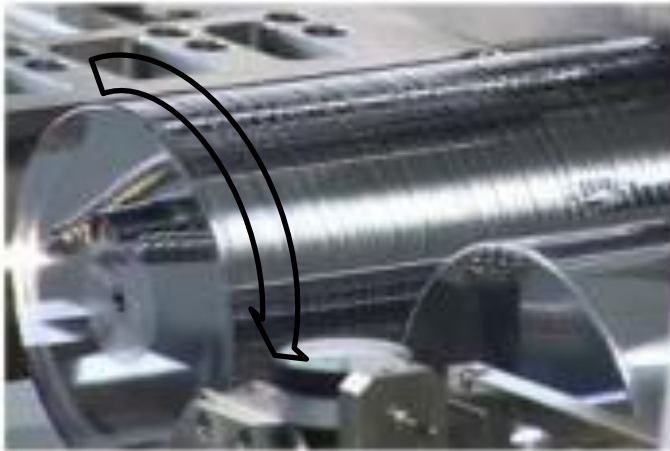
4. Ribbing(골모양 불량) : Web 의 폭 방향으로 코팅 두께가 주기적으로 변하는 불안정한 상태로 Bead Breakup 의 한 형태임.



Ribbing

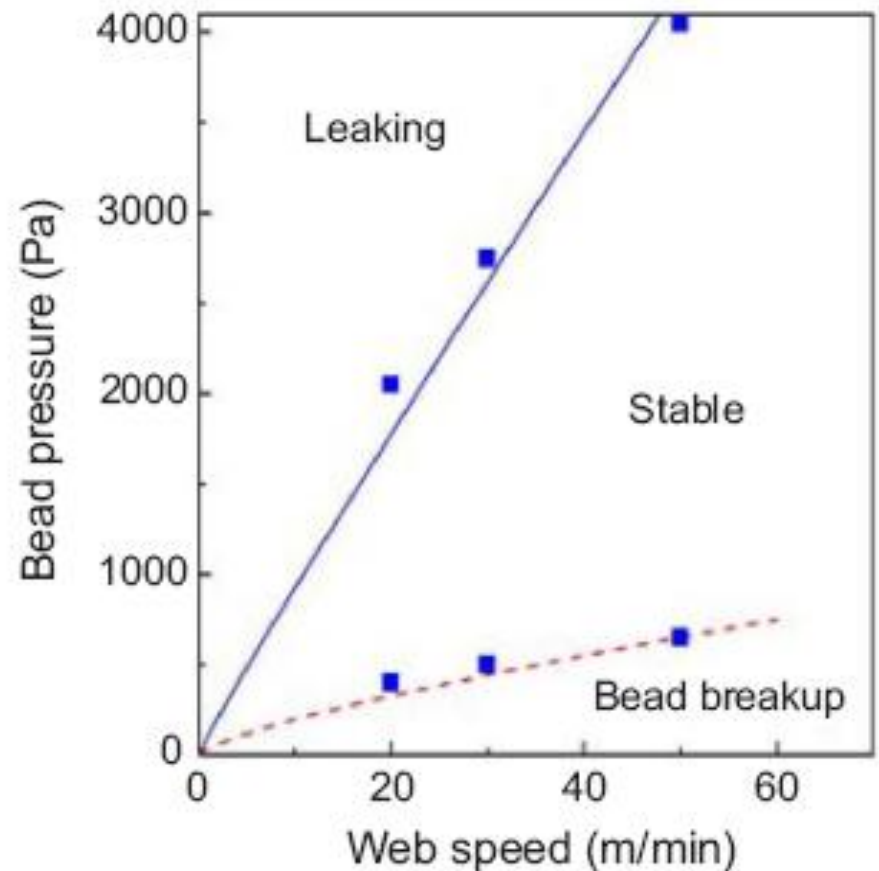
▣ Slot Die Coater의 주의점 및 불량

5. Rivulet (계곡 모양의 불량) : Web 속도 증가가 과도하게 될 경우 Web 표면이 부분적으로 드러나는 현상을 나타냄.



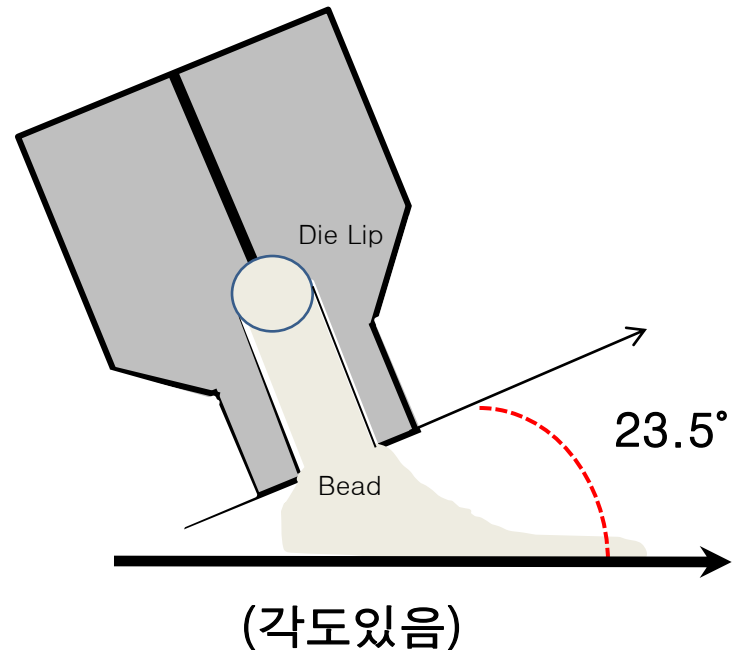
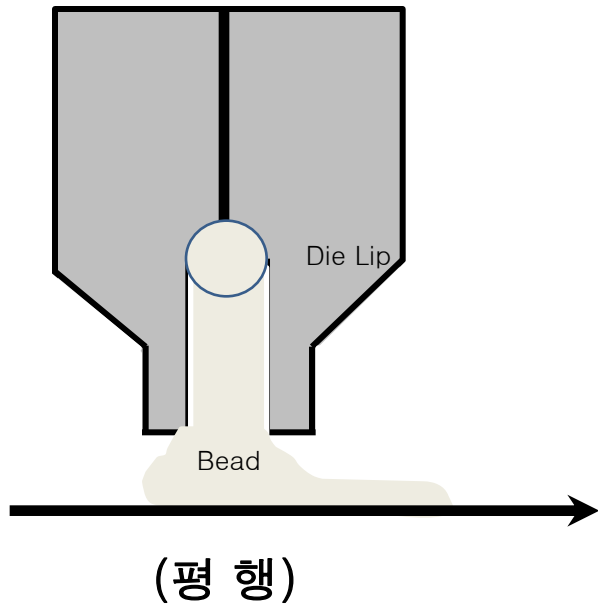
Rivulet

Bead압력과 Web Speed가 코팅 안정성에 미치는 상관관계



▣ Slot Die Coater의 Angle

1.Angle에 따른 불량

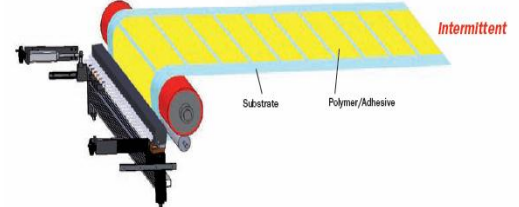
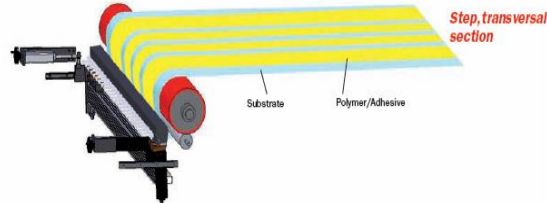
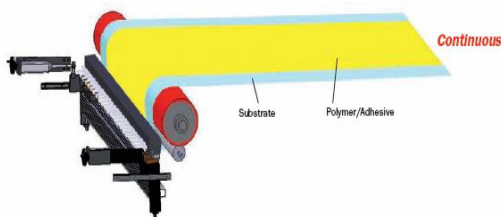


왼쪽의 평행설치 Die의 경우, 하류부의 Lip이 오염되기 쉽기 때문에 오른쪽 그림과 같이 선단부에 각도를 주어 Lip부가 오염되지 않게 해야 한다. Lip부가 오염되면 오염된 부분으로부터 Stripe(줄무늬)불량이 발생된다. 10m/min 전후에서는 문제가 없다고 생각되지만 Speed Up 시키면 Lip부에 경화제와 첨가제가 부착되어 마르면서 줄무늬 불량이 발생된다.

▣ Slot Die Coater의 장점

1. Slot Die Coating의 장점

- ① Liquid Tank(액체탱크)로 부터 Slot Die 까지 공기중에 액의 노출이 없어 용제의 점도 변화가 없이 코팅이 가능함.
- ② 무맥동 정량 펌프를 사용하여 코팅을 하기 때문에 일정한 양의 도포를 할 수 있음.
- ③ 코팅 후 외간이 뛰어남.
- ④ 코팅의 안정성 및 재현성이 뛰어남.
- ⑤ 액의 정량공급이 가능하여, 정확한 양을 Die 이송할 수 있음.
- ⑥ 한번에 2,3,4층 코팅이 가능함. (Multi Layer Coating)
- ⑦ 사용하기 쉬움.
- ⑧ 작업요구 조건에 따라 상이하지만 코팅 가능한 점도는 10cps~250,000cps까지 이며, 코팅두께는 건조전 1 μ m부터10mm이상까지도 가능하며, 슬롯다이 코팅 속도는 0.1m/sec~10m/sec까지 가능함.
- ⑨ Program조정을 통해 코팅 부분 설정 가능함.



▣ Die Coater 의 Key Point

1. 코팅 변수

- ① Coating 액의 점도 & Rheology
- ② Die 끝단부 형상 / Gap / 내부구조
- ③ Process 조건의 정밀 제어
- ④ Substrate 의 평탄도 확보
- ⑤ Coating 속도

2. 코팅 변수

- ① 코팅액의 물성 : 점도, 표면장력, 밀도, 점탄성 , 코팅액이 Web 에 닿을 때의 접촉각
- ② Die(다이) 의 구조 : 다이의 기하학적 구조, 다이 lip 의 배치 , Lip 의 기울기 등
- ③ 운전조건 : Web 속도 , Film 두께, 공급유량, 코팅 gap

※ 수치해석

$$\text{Capillary number} = \left(\text{Ca} = \frac{\mu U}{\sigma} \right)$$

(μ 는 유체의 점도, U 는 web의 속도, σ 는 표면장력)

$\text{Ca} < 1$ 일 경우 유체의 안정성 보임

감사합니다