

압출성형 Trouble shooting





C

ontents

압출 문제해결을 위한 배경

문제해결 5-Step

유형 별 문제해결

압출 문제해결을 위한 배경

- 공정 데이터 확보
 - 공정변수의 측정: Black box와 같은 역할이므로 반드시 기록
 - Barrel(Cylinder), Die의 설정 온도와 현재 온도(°C)
 - 수지 온도(°C)
 - 수지 압력(bar)
 - 모터 토크(A, %)

- 압출 이론 및 유사 사례 확보

- 과거 공정 데이터의 분석, 현재 데이터와 비교
 - 과거 정상적인 상태의 공정 변수와 현재 문제가 발생한 상태의 공정 변수와의 비교
 - ① 압출 공정에 대한 정보 ← 측정된 공정변수
 - ② 측정 데이터의 신뢰성 ← 각종 센서 및 히터의 고장 유무
 - ③ 스크류 치수에 대한 정보 ← 마모
 - ④ 사용중인 수지에 대한 정보 ← 유변학적, 열적, 기계적 물성

- Teamwork: 생산/품질/구매/공무팀의 협업

문제해결 5-Step

▪ 1-Step : 문제파악

- 문제의 원인 가능성 나열, 정상 압출 제품의 공정조건 리뷰, 현상 비교
 - ① 원료의 불균일한 공급
 - ② 적절하지 않은 압출기 온도설정 및 수지의 Melt 온도
 - ③ 부적절한 건조 및 냉각
 - ④ 오염물질 투입
 - ⑤ 부적절한 인취기(Puller, Haul-off)의 속도

▪ 2-Step : 문제해결

- 비록 영구적인 해결 방법이 아닐지라도 본질적인 문제를 해결하기까지의 즉각적인 액션이 필요

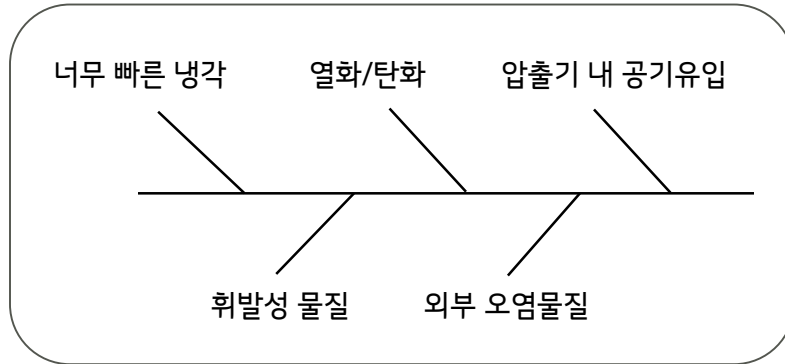
▪ 3-Step : 본질적인 원인파악

- 공정품질관리 기본 점검 5M + 1E
 - ① Man : 작업자의 부적절한 작업 여부
 - ② Machine : 기계/구조의 고장 여부
 - ③ Measurement : 공정조건 모니터링 및 최종제품의 적절한 물성 측정 여부
 - ④ Material : 적절한 안정제, 첨가제 등의 함량과 온전한 블렌딩의 여부
 - ⑤ Method : 정확한 공정 조건의 이행 여부
 - ⑥ Environment : 온도/습도/이물 등 부적절한 작업환경 여부

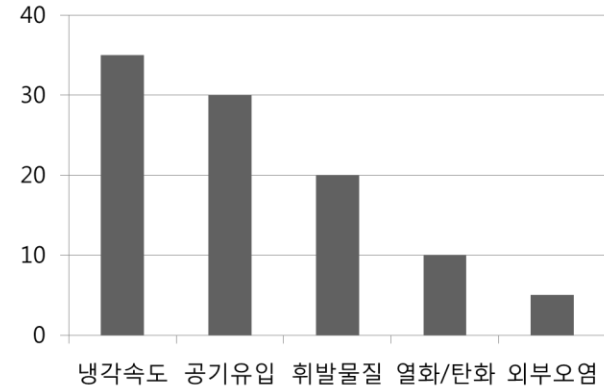
문제해결 5-Step

- Brainstorming, Fishbone diagrams, Pareto analysis 등을 이용하여 하나 또는 그 이상의 숨겨진 원인을 파악

Fishbone diagram : 공극(void)의 요인



Pareto diagram : 공극(void)의 요인



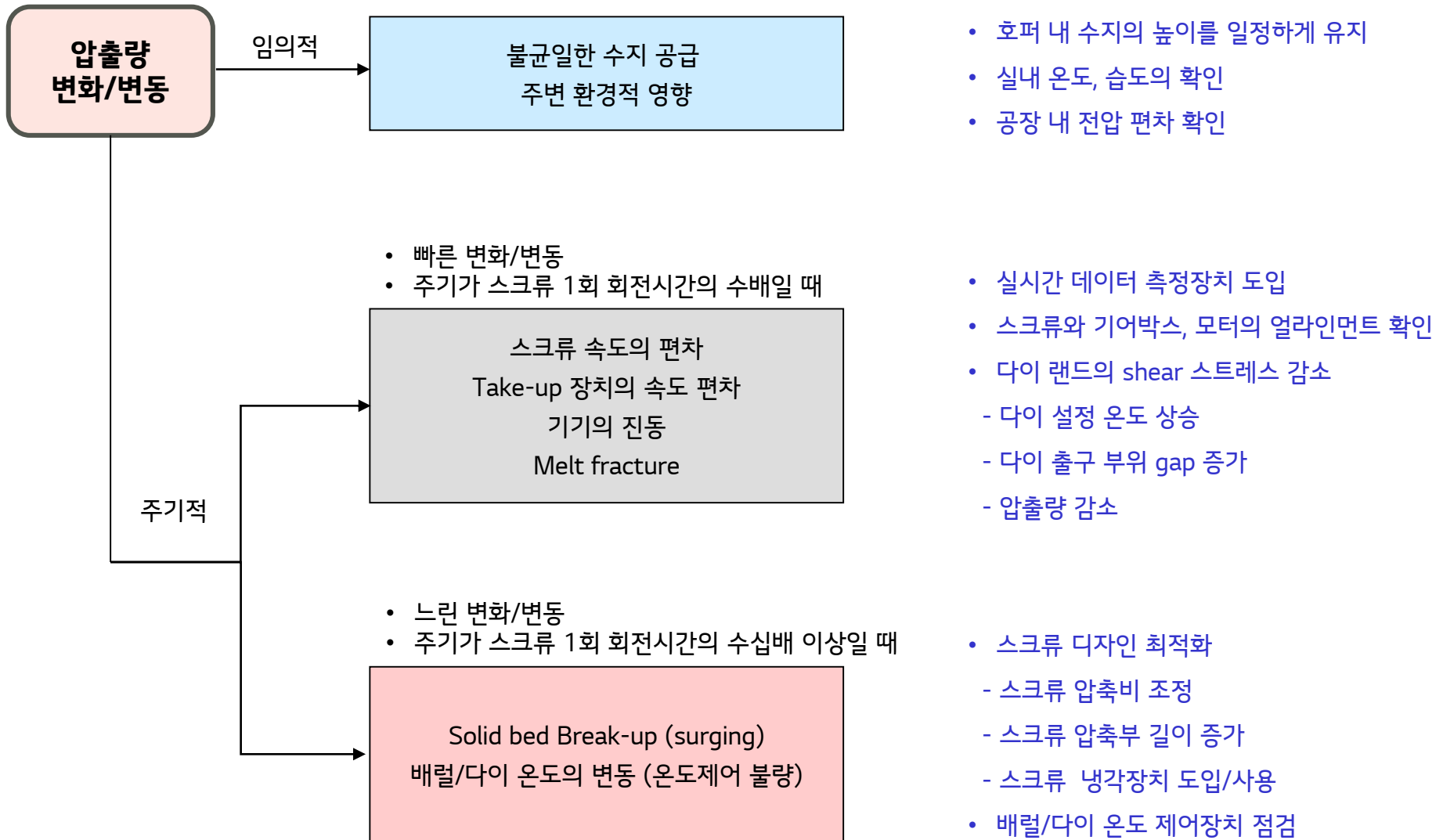
4-Step : 올바른 조치

- 고객과의 커뮤니케이션을 통한 최적의 솔루션 제공
 - 비용의 최소화
 - 시간소모의 최소화
 - 신뢰성 보장
- 제품의 컬러, 물리적인 물성, 사이즈, 외관 등의 개선

5-Step : 최종공정 모니터링

- 올바른 조치 후, 문제가 제대로 해결되었는지 또는 재발하지 않은지 최종 모니터링 필요

압출량의 변화/변동



압력 및 토크 흔들림 현상

압력 및 토크 흔들림 현상

충분하지 못한 Mixing

Screen pack의 오염

어댑터 또는 다이 히터의 노후화

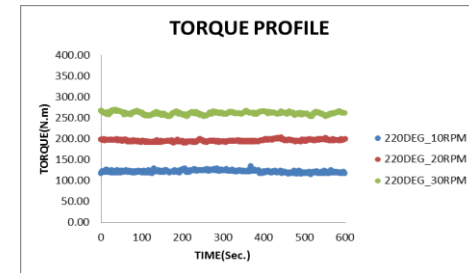
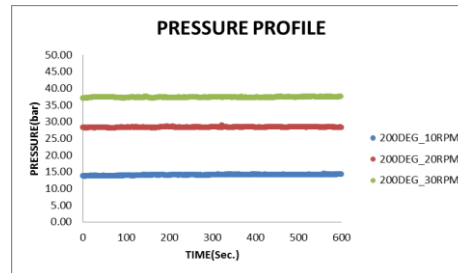
압출기 배럴 온도 흔들림

사전에 Mixer 등을 이용하여
충분한 Mixing 진행

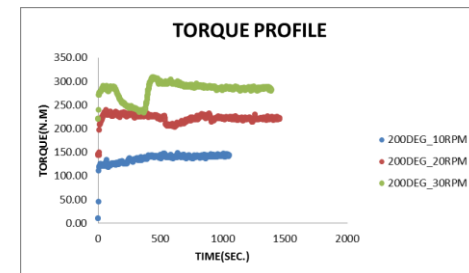
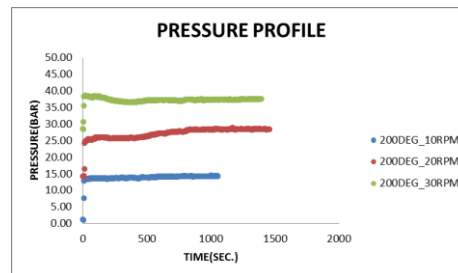
히터 교체 또는 타이트하게 고정

압출기의 온도 컨트롤이
적절히 작용되는지 확인

안정한 압출

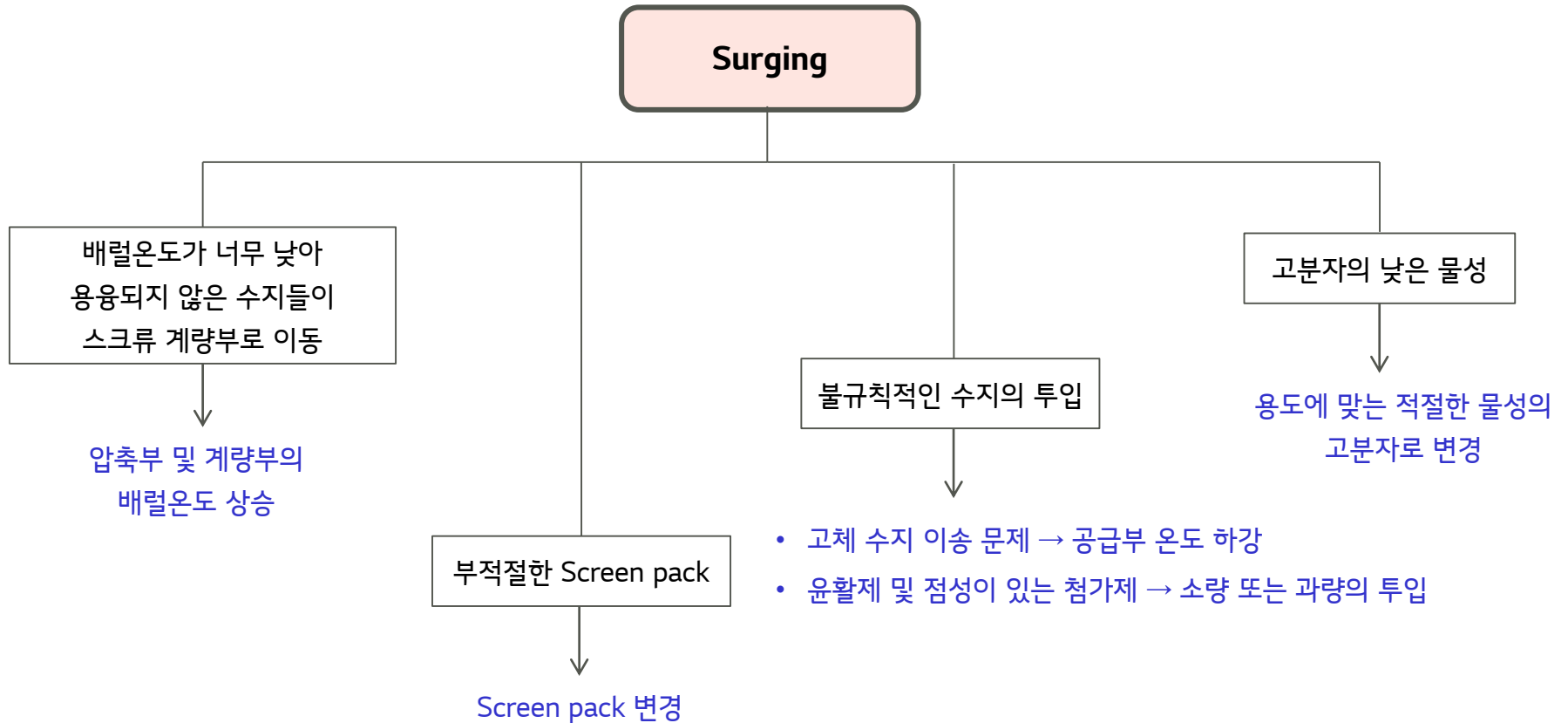


불안정한 압출



Surging

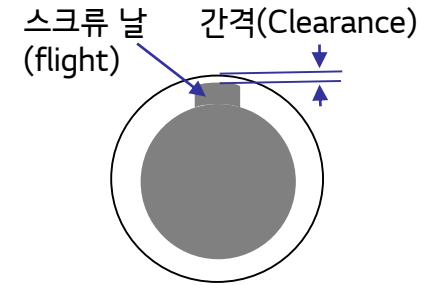
- Surging 현상 : 압출량이 일정하지 않고 흔들리는 현상



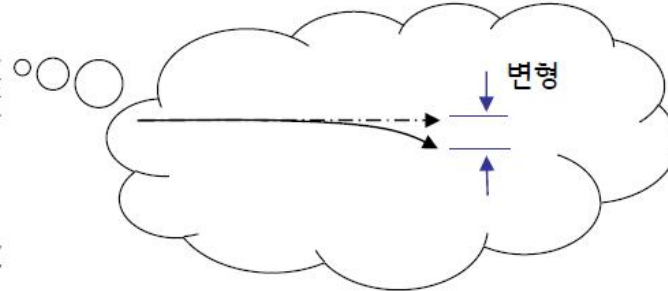
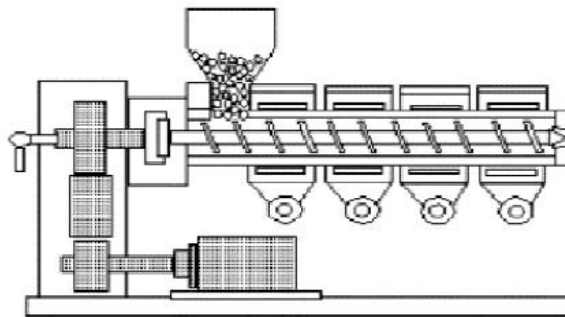
스크류 마모

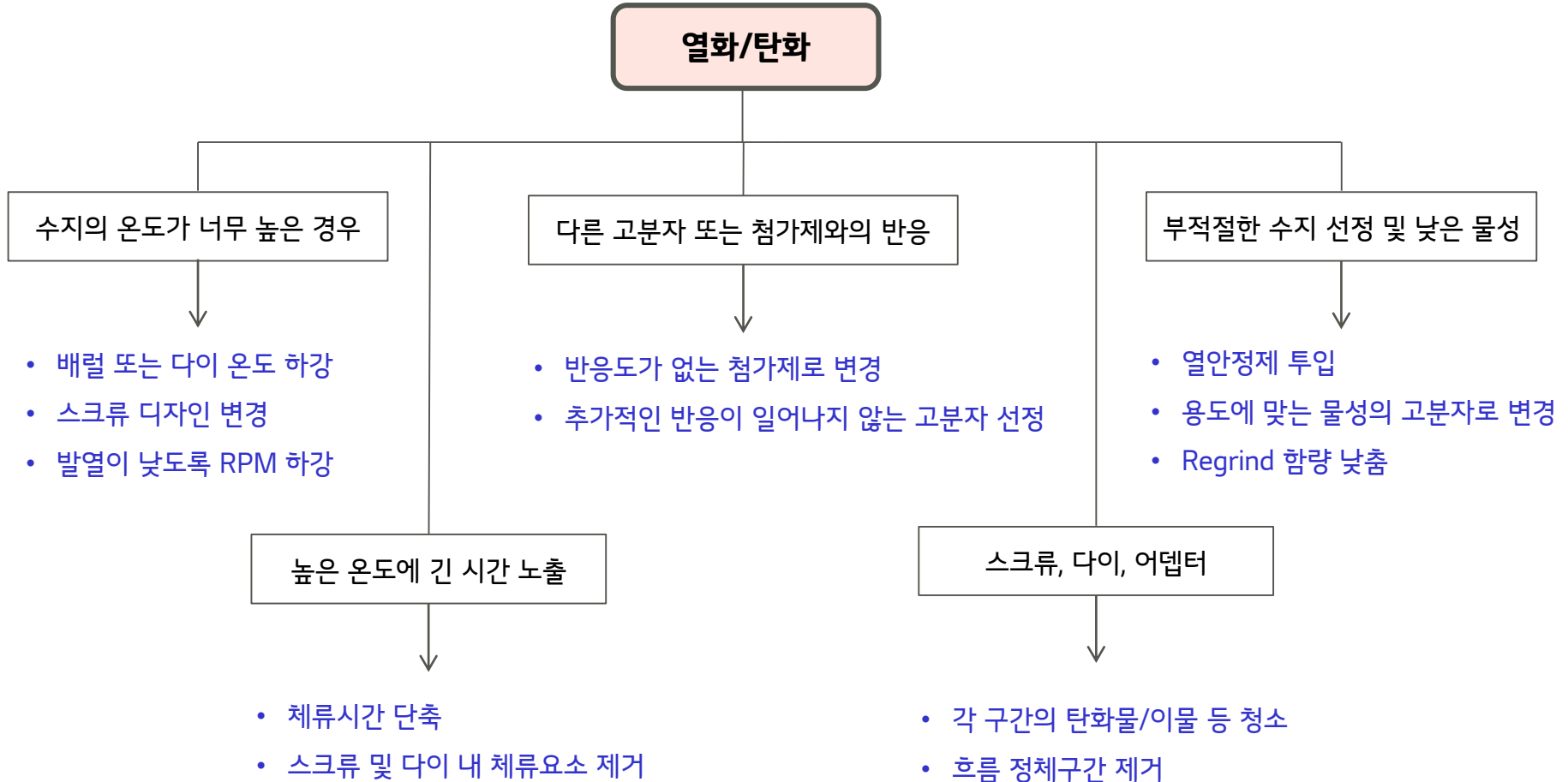
- 마모에 의한 스크류와 배럴 간 간격(Clearance) 증가
 - 스크류의 불가피한 변형 → 회전 시 배럴 표면과 접촉 → 스크류 날(flight)의 마모
 - 생산성 감소(압출량 감소 또는 변동)와 압출 균일성 감소(온도편차 증가)

→ 스크류는 과도한 마모가 발생하였는지 주기적으로 측정/관리되어야 함



스크류 단면도





높은 수지 온도 & 높은 모터 토크

■ 높은 수지 온도

• 스크류 디자인 측면

- ① 채널 깊이와 RPM의 관계: 점성 발열
- ② 과도한 또는 부적절한 분산 mixing element의 사용 Maddock, Egan 등

• 가공 측면

- ① 배럴 온도 제어 장치의 점검
- ② 배럴 냉각 장치의 점검
- ③ 다이의 압력 감소



기존 Maddock screw : 국부적 과열 가능



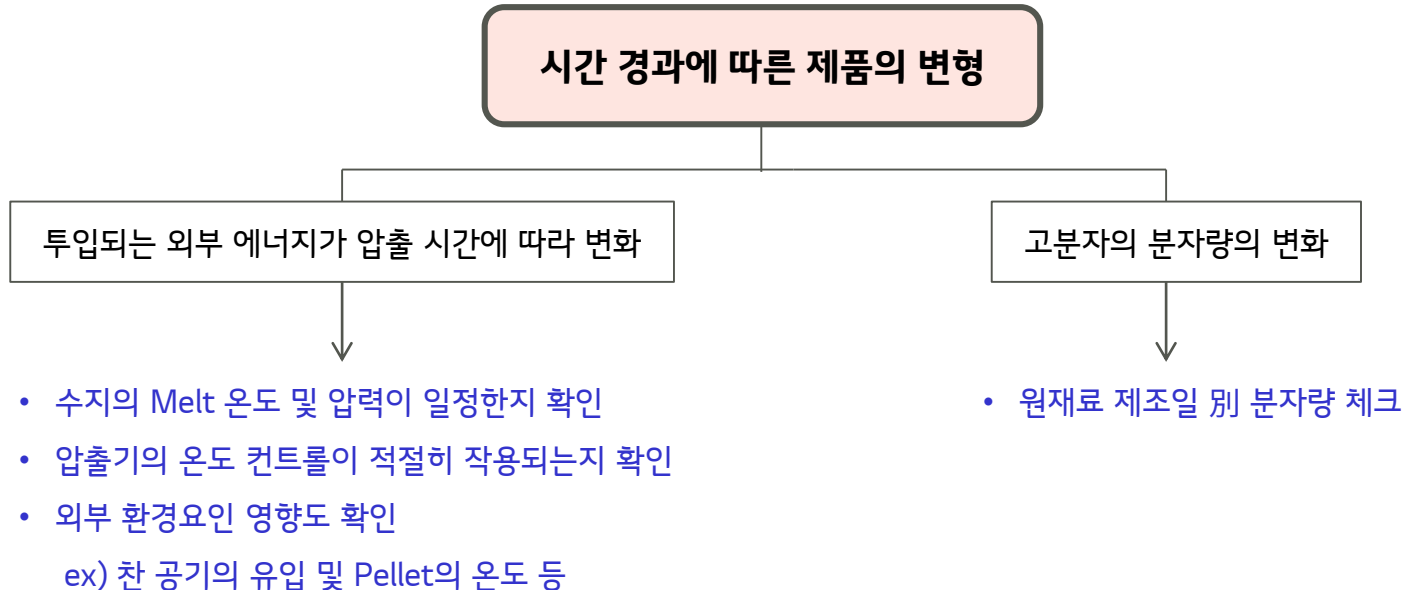
신규 Screw : 국부적 과열 억제

■ 높은 모터 토크

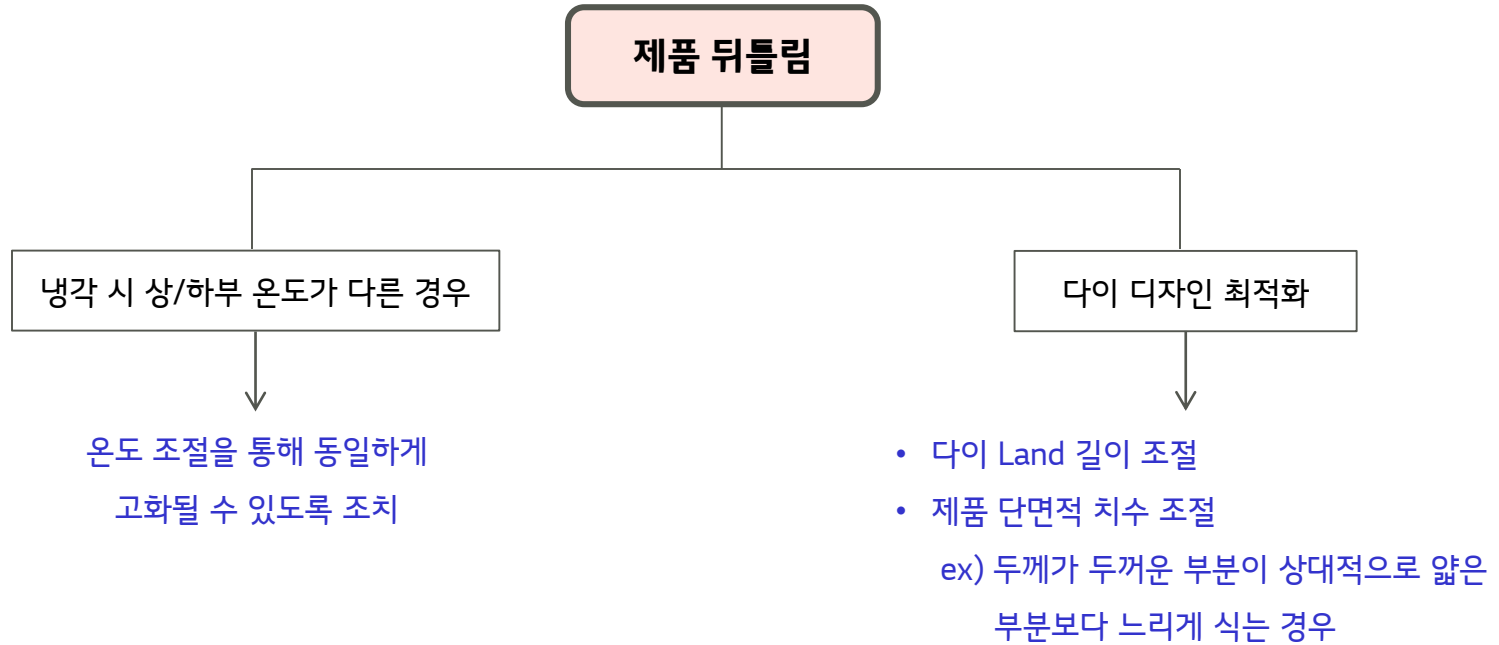
• 확인 사항

- ① 스크류 디자인이 해당 수지에 적절한지 여부
- ② 해당 수지 대비 압출기(스크류) 길이가 적절한지 여부
- ③ 기존 대비 현재 가공조건이 적절한지 여부
- ④ 배럴 및 다이 히터의 정상적인 작동 여부
- ⑤ 압출기 내부에서 수지의 체류 가능성

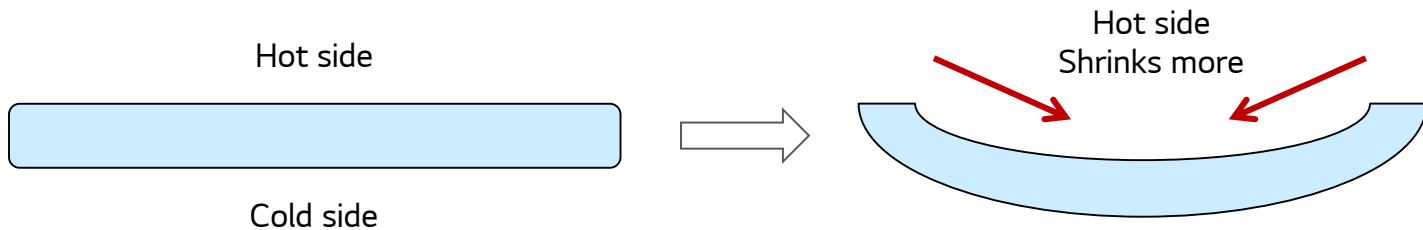
제품의 변형



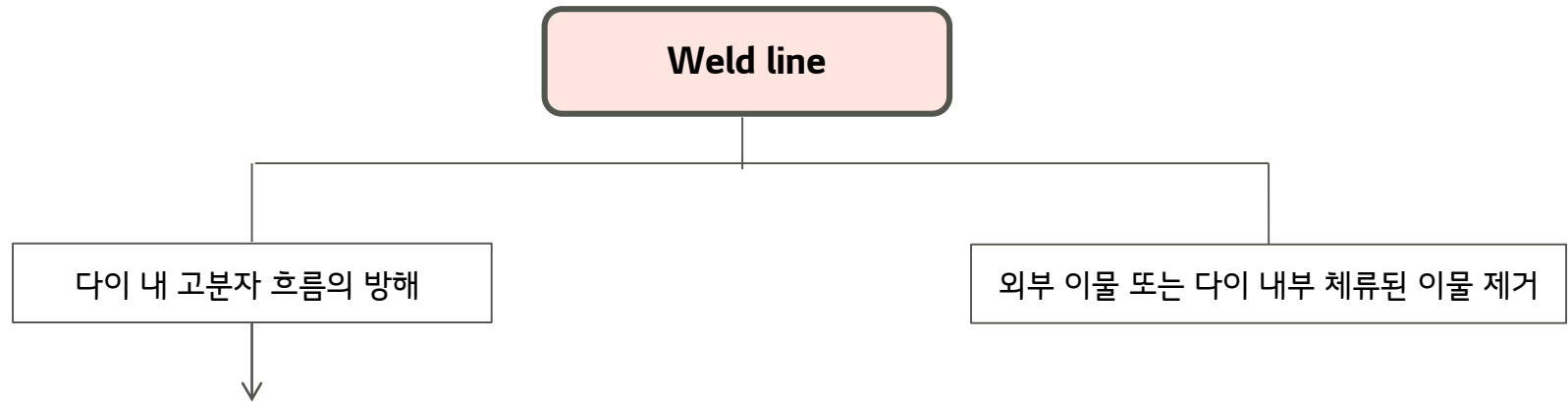
제품 뒤틀림



- 냉각 속도의 차이에 따른 수축(Shrinkage)과 뒤틀림(Warpage)

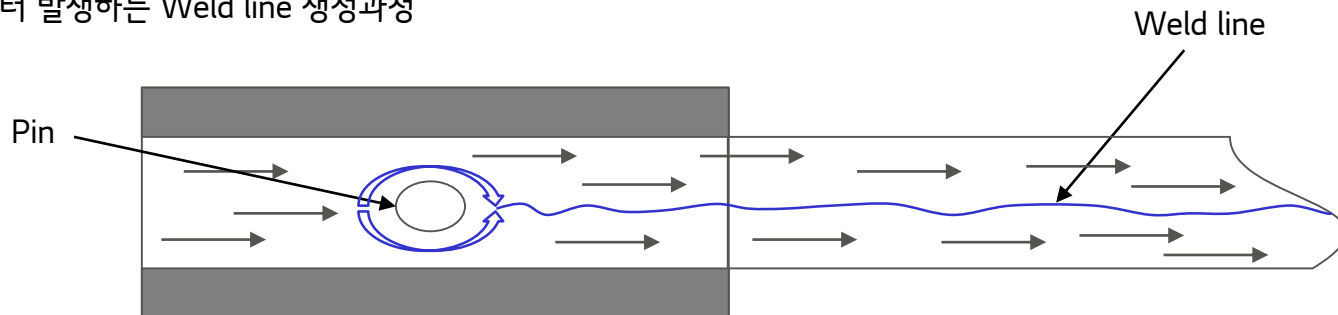


Weld line

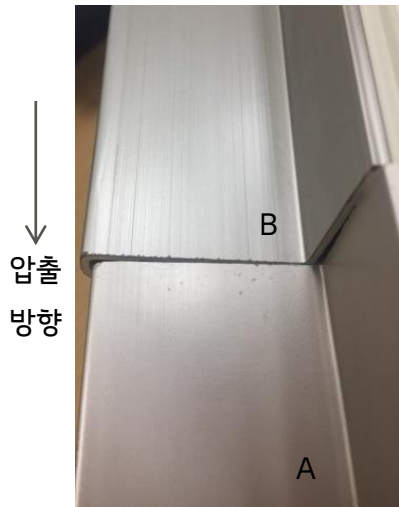
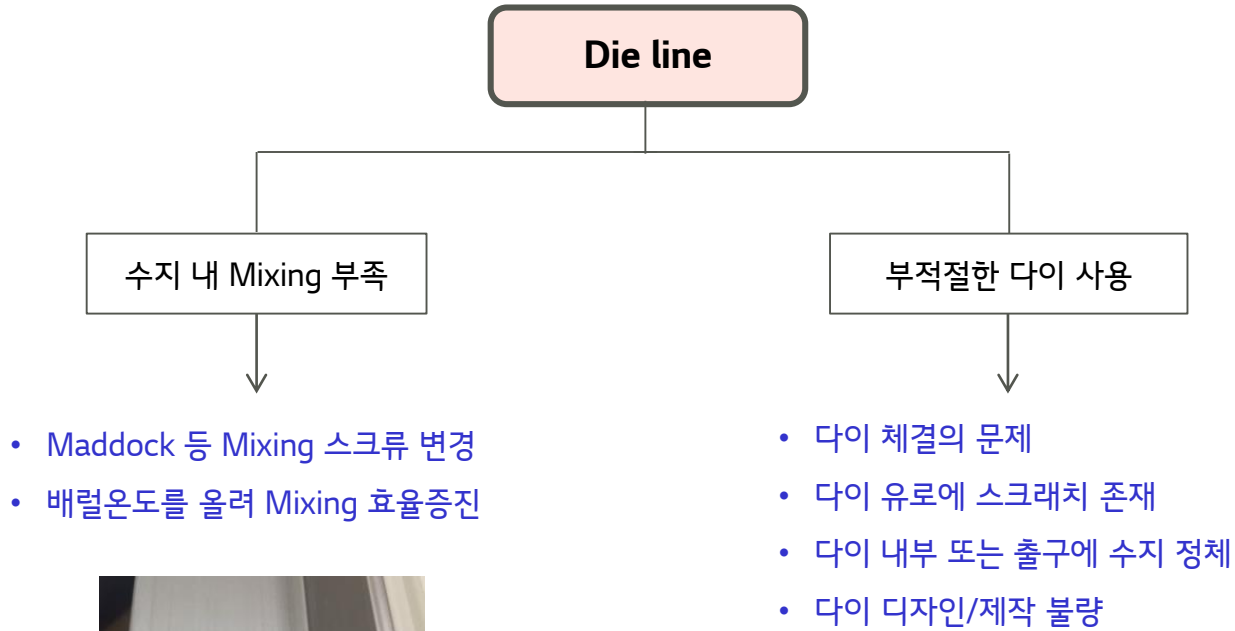


- 분자 내 엉킴(entanglement) 증가시키기
: 배럴 온도, 압력 또는 다이 온도 상승
- 다이 길이를 늘려 충분한 흐름을 마련하여 분자 내 엉킴을 증가
- 고분자 흐름이 다시 결합된 후 Mixing 되도록 다이 디자인 변경

▪ 다이 내부로부터 발생하는 Weld line 생성과정

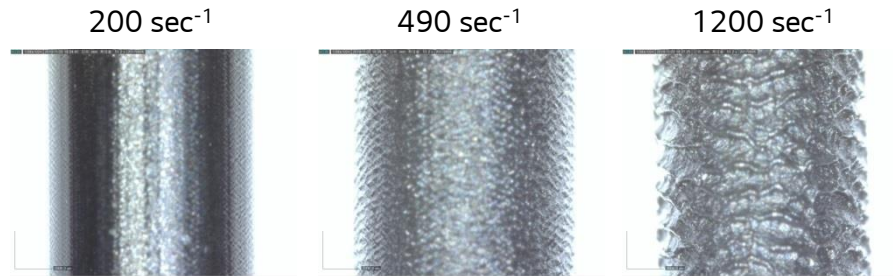
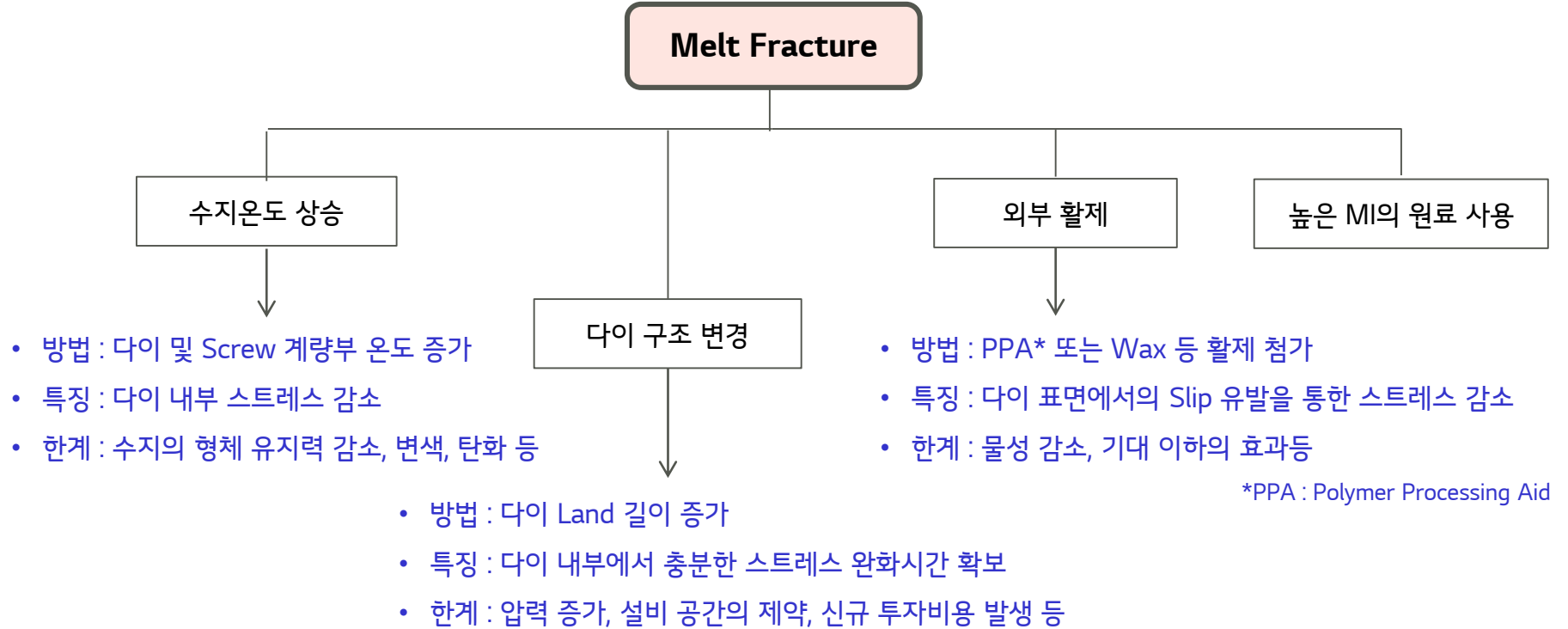


Die line

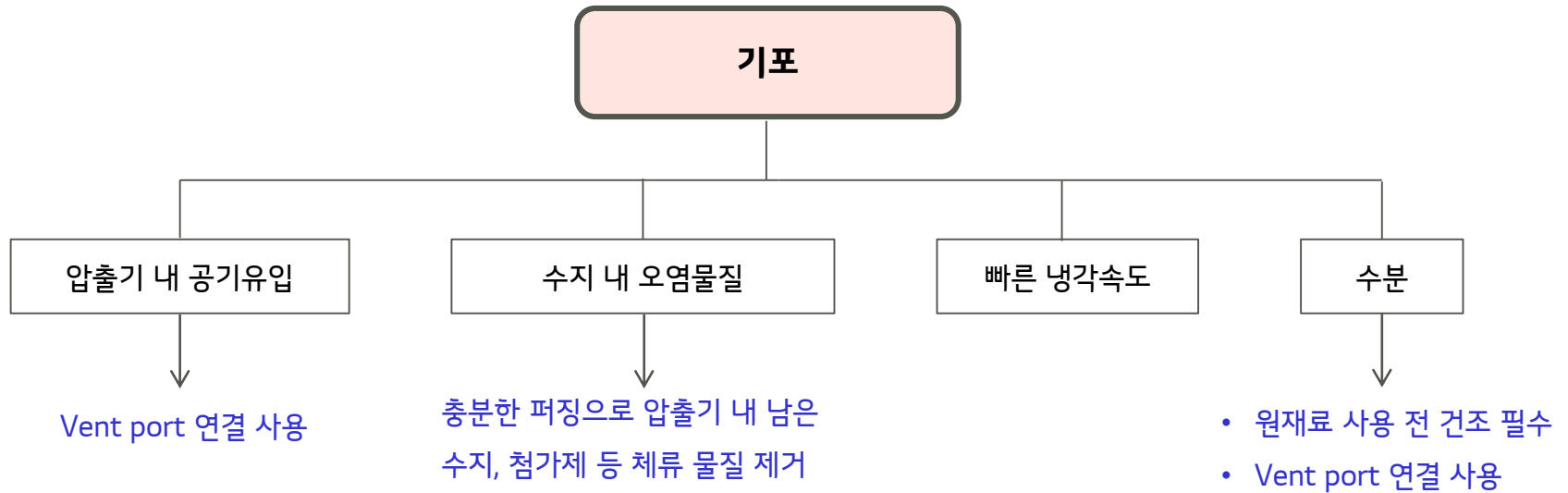


Die line

Melt Fracture

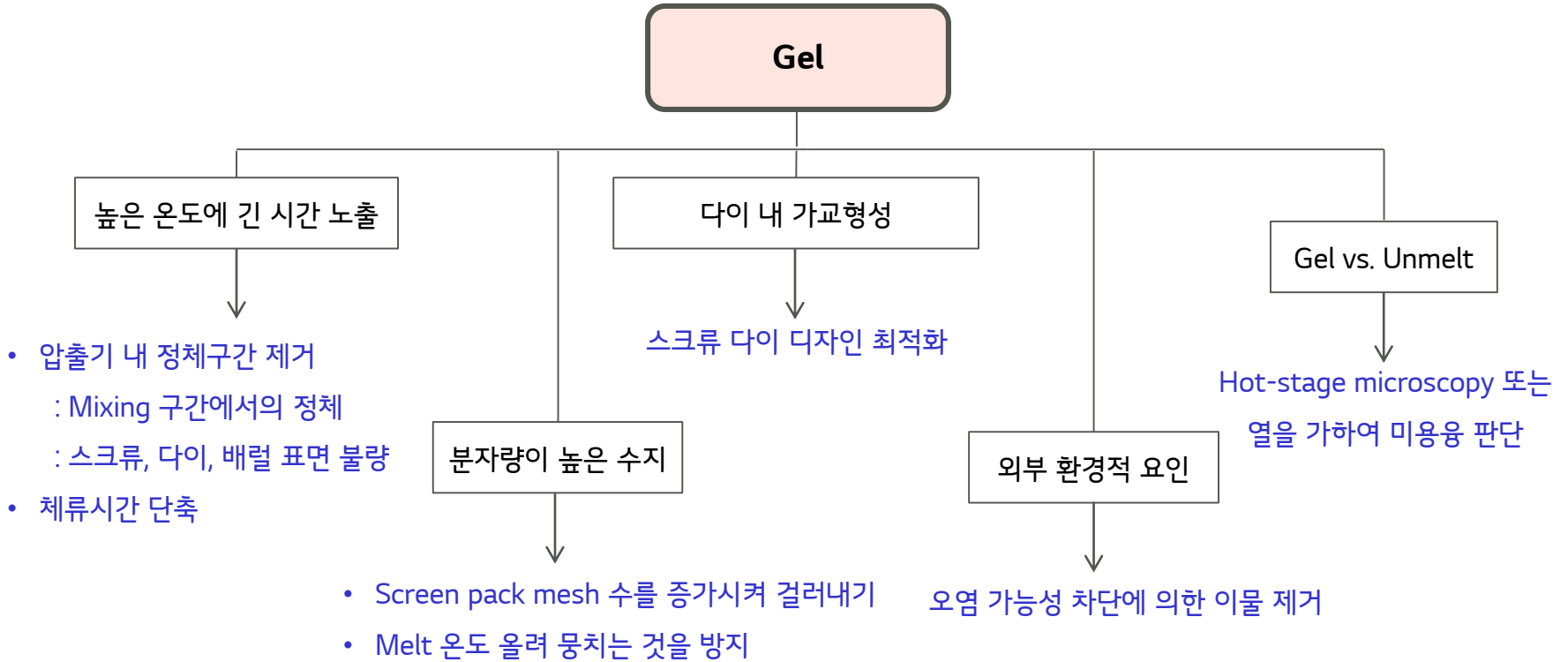


<Shear stress에 따른 Melt fracture 이미지>

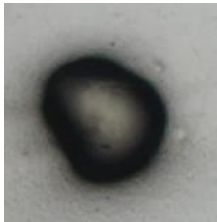


Void

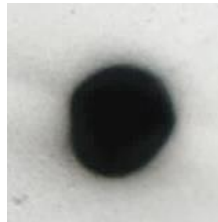




▪ Gel Type 별 현미경 이미지



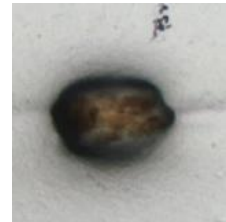
구형의 일반적인 형상



탄화물



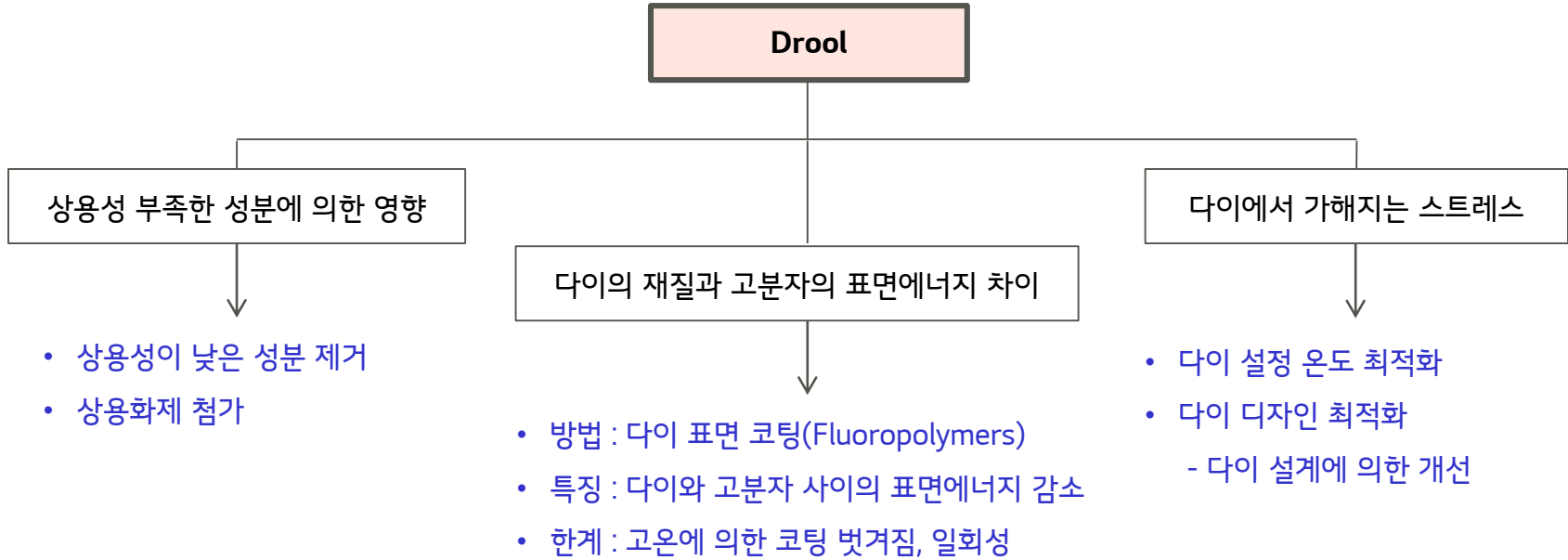
비정형의 먼지, 섬유 등의 이물



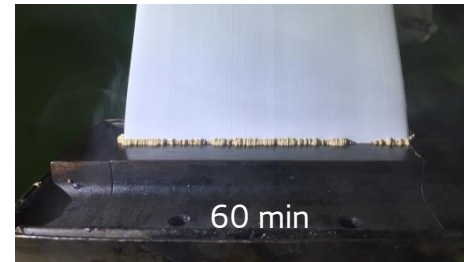
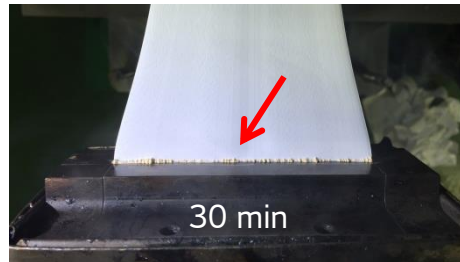
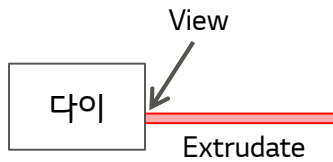
유색의 이물

Drool

- 다이 drool : 다이 바깥쪽 면에서 물질이 축적되는 현상



- Sheet 압출 시간에 따른 다이 drool 변화



Thank you

감사합니다

