

Lecture 05. 사출성형품 설계

2018. 04 .05

노 명 재

본 강의 목표

1. 사출성형품의 설계 조건과 수축 및 치수정밀도에 대해 알아본다.
2. 사출성형품 설계 시 고려할 사항에 대해 전반적으로 알아본다.

사출성형품 설계조건

- (1) 성형 후 수지의 물리 화학적 특성을 유지하도록 설계
- (2) 잔류응력에 의한 크랙(Crack)이 생기지 않도록 설계
- (3) 성형능률 및 성형시간이 짧도록 설계
- (4) 금형 제작이 쉽게 설계
- (5) 금형 가격이 저렴하게 설계

제품구조 적합성 검토(1)

● 제품도 분석

금형설계를 하기 전에 먼저, 업체로부터 3D 제품 모델링을 받게 된다. 그러면, 금형설계자는 제품에 대한 분석을 해야 할 필요가 있다. 제품의 **두께**가 두꺼워 **수축**이 발생할 부분과 제품의 두께가 얇아 성형이 되지 않는 부분이 없는지를 파악해야 한다. 그리고, 제품의 **파팅라인**의 설정방법과 **언더컷**은 없는지, 금형 구조상 **강도**가 약한 부분은 없는지를 먼저 파악해야 한다. 단품의 경우는 이와 같은 내용들을 기준으로 제품을 분석 하지만, 여러개의 부품이 조립되는 경우에는 부품의 **조립성** 까지도 파악해야 한다.

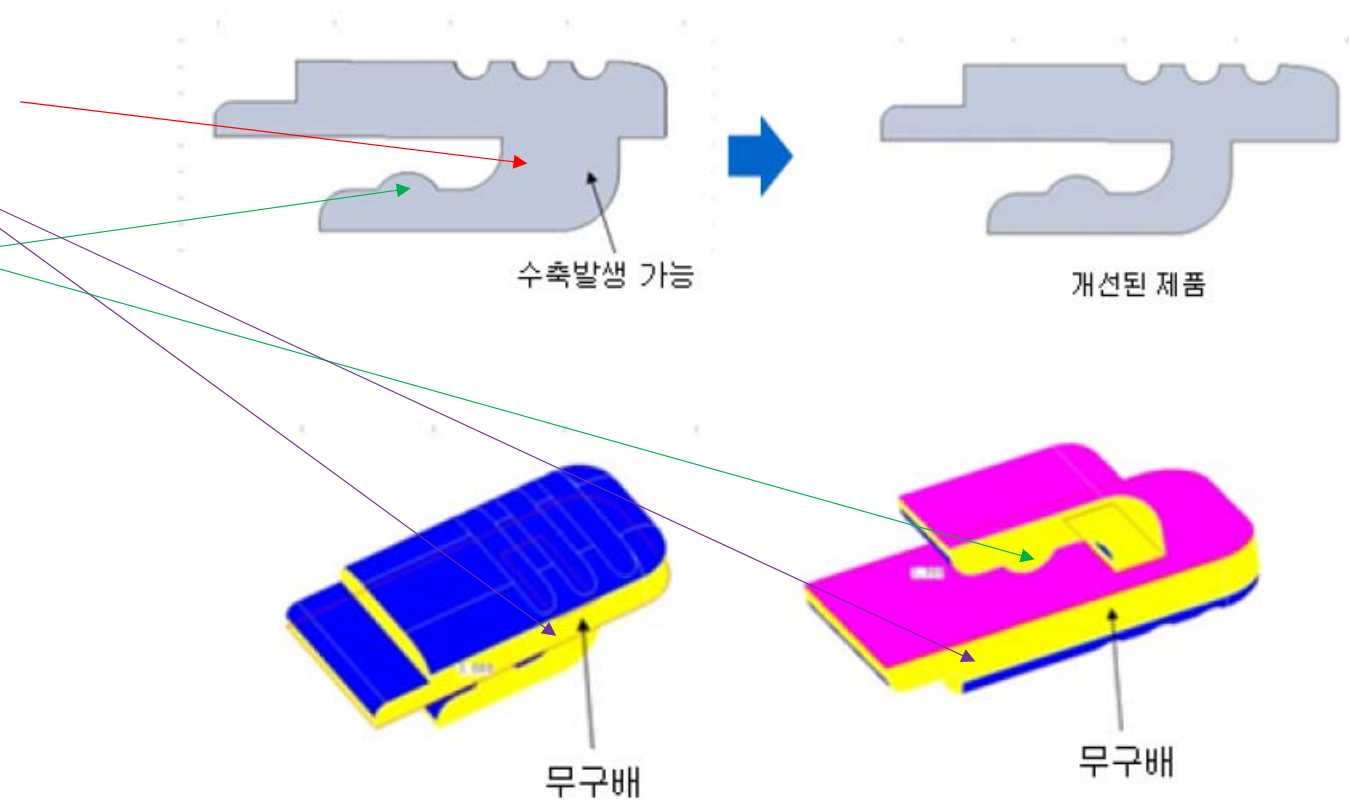
제품구조 적합성 검토(2)

● 제품 분석 절차(1)

가) 외관불량 분석

나) 구배 분석

다) 언더컷 분석

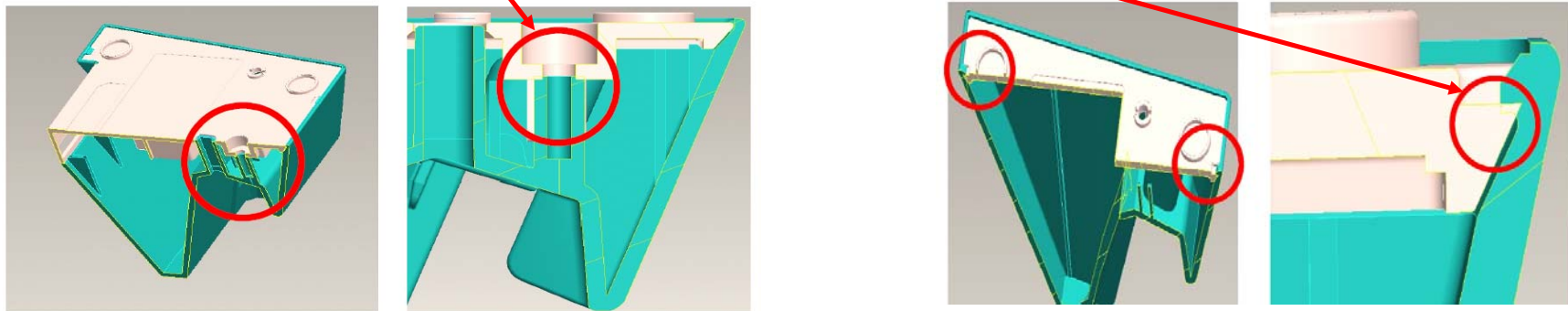
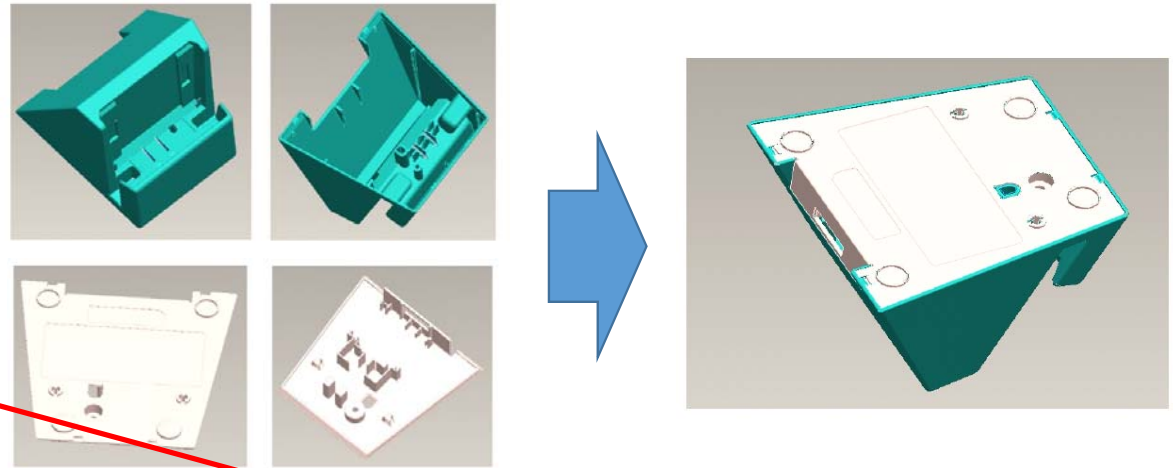


제품구조 적합성 검토(3)

● 제품 분석 절차(2)

라) 조립성 분석(휴대폰 배터리 충전기 Case)

- a) 보스 부위 간섭
- b) 후크 부위 간섭
- c) 기타 간섭부위 확인



성형품의 수축

● 성형수축률

$$\text{성형수축률} = \frac{\text{금형치수} - \text{성형품 치수}}{\text{금형치수}} \times 100(\%)$$

● 수축의 요인

- 1) **열적** 수축 : 수지가 상온으로 돌아올 때 열팽창률 만큼 다시 수축
- 2) **탄성** 회복에 의한 팽창 : 성형압력이 제거되어 원상태로 가려는 팽창
- 3) **결정화**에 의한 수축 : 성형공정에서 결정화에 따른 체적 수축
- 4) **분자배향** 완화로 인한 수축 : 유동방향으로 늘어났다가 냉각시 원상복귀 (유동방향 쪽이 더 큼)

치수정밀도(1)

● 성형품 치수오차 주요원인(1)

1) 금형

- 가) 가공정밀도
- 나) 구조 및 형식
- 다) 마모 및 변형
- 라) 금형 어긋남
- 마) 강도, 열처리, 표면처리

2) 재료

- 가) 유동성 변화
- 나) 수축률 변화
- 다) 입자크기 변화

치수정밀도(2)

● 성형품 치수오차 주요원인(2)

3) 성형공정 : 조건(온도,압력,시간,속도,양)의 변화로 수축률의 변동 → 치수오차

가) 재료 건조 및 예열 -온도

나) 가열실린더 온도 -온도

다) 금형 온도 -온도

라) 사출압력 및 보압시간 -압력,시간

마) 사출량 -양

바) 사출속도 -속도

사) 냉각시간 및 성형시간 -시간

4) 성형후 경시변화

가) 온도, 습도

나) 재료소성변형 및 잔류응력

사출성형품 설계시 주요 고려사항(1)

● 파팅 라인(Parting Line)

- 1) 금형 열림 방향에 수직인 평면
- 2) 제품무늬 선과 일치
- 3) 다듬질이 용이한 곳(Flash 처리 용이한 곳)
- 4) 이형에 관계가 없다면 제품이 한쪽 형판에서만 성형되게 함
- 5) 언더컷 위치 피함
- 6) 단(Step)을 만들지 않음
- 7) 게이트 위치 및 제품형상 고려
- 8) 이형시 가동측에 제품이 붙게 정함
 - 빼기 구배 조율, 슬라이드 코어 이용, 스프루 콜드슬러그웰 역 구배

사출성형품 설계시 주요 고려사항(2)

● 빼기 구배(경사면)

- 1) 일반 금형 $1\sim 2^\circ$ ($\frac{1}{60} \sim \frac{1}{30}$), 렌즈 금형 $2\sim 3^\circ$ (소재 수축률 작음)
- 2) 빼기 구배 최소한도 : 0.25° ($\frac{1}{240}$)
- 3) 무늬주변 4° 이상
- 4) 유리섬유, 탄소섬유등이 복합된 소재 더 크게 줌(수축률 작아짐)
- 5) 제품에 지장이 없다면 빼기 구배는 클수록 좋음
- 6) 빼기 구배를 줄 수 없는 경우 슬라이드 코어 방식등의 특수한 방법을 사용함

*빼기 구배 실용에는 교재 참조

사출성형품 설계시 주요 고려사항(3)

● 살두께(Wall thickness)-1

: 살두께가 얇을 때는 빠른 성형시간, 재료비절감이 되지만 큰 성형압력이 필요하고 반대로 살두께가 두꺼울 때는 냉각이 오래 걸리고 Sink mark(움푹 패인 형상), Void(내부 공동)이 발생할 가능성이 큼, 살두께는 전체적으로 적정하고 균일해야 함

-고려사항-

- 1) 구조상의 강도
- 2) (금형)이형시 강도
- 3) 충격에 의한 힘의 분산
- 4) Insert부 균열 방지
- 5) Weld line 보완 (구멍, 창, Insert부)
- 6) Sink mark 방지
- 7) Short shot(미성형, 충전부족) 방지
- 8) Burning mark(흑점) 방지

사출성형품 설계시 주요 고려사항(4)

● 살두께(Wall thickness)-2

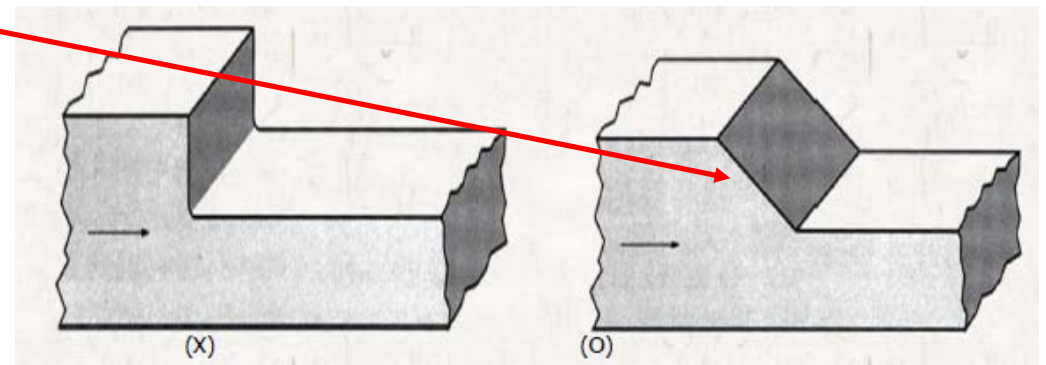
-설계기준-

- 1) 적정 살두께 : 1.5 ~ 3.5mm
- 2) 급격한 두께 변화 없게 할 것 (수축률이 작더라도 변화량이 25%를 넘지 않게 할 것)
- 3) 게이트 부근은 어느 정도 두껍게 하고 게이트에서 멀어질수록 얇게 함
- 4) 두께 변화부 모따기R을 크게 줌
- 5) Insert 외주 살두께

$$\text{살두께} \geq \text{Insert의 외경} \times 0.7$$

- 6) Hinge부 살두께 : 0.3~0.5mm

*재료별 살두께 범위는 교재 참조



사출성형품 설계시 주요 고려사항(5)

● 보강과 변형 방지(1)

-변형발생 요인-

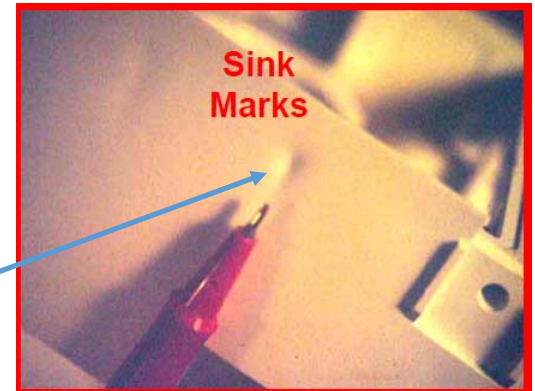
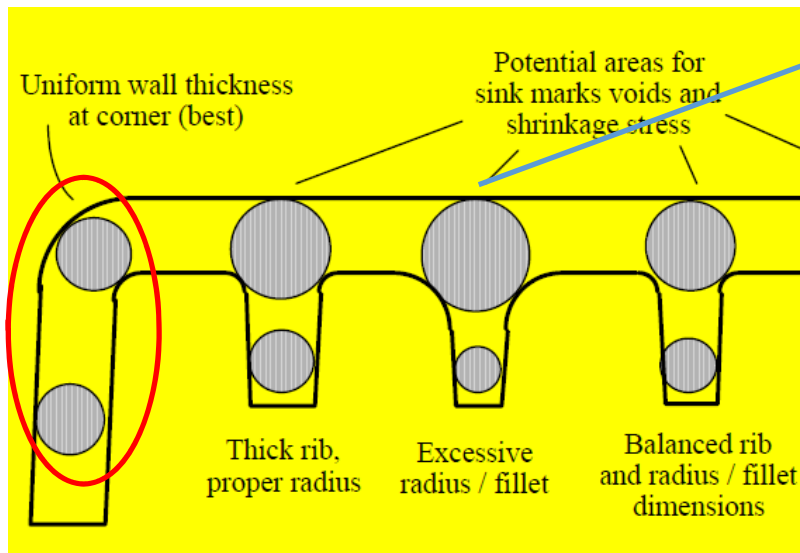
- 1) 각 부위간 냉각속도 차이
- 2) 성형수축 이방성(유동방향 쪽이 더 큼)
- 3) 내부응력
- 4) 장기간 사출로 Core가 Cavity내 고압에 밀림
- 5) 장기간 사출로 성형압력에 의한 금형의 변형

사출성형품 설계시 주요 고려사항(6)

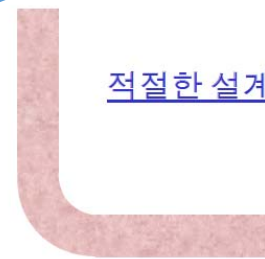
● 보강과 변형 방지(2)

-모서리 보강-

- 1) 모서리 R을 설계상 허용 최대값으로 함
- 2) 내부 모서리 살두께(t)의 $R_i = 0.5t$, 외부 모서리는 살두께의 $R_o = 1.5t$
- 3) 최소 $R \geq 0.3mm$



적절한 설계

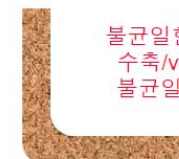


충분한 R
균일한 살두께
균일한 수지유동

부적절한 설계



응력집중
유동저항



불균일한 살두께
수축/void/sink
불균일한 유동



불균일한 살두께
수축/void/sink
불균일한 유동

사출성형품 설계시 주요 고려사항(7)

● 보강과 변형 방지(3)

-측벽 및 테두리 보강-

- 1) 측벽 부 띠모양 보강하거나 벽 중앙부를 배부르게 설계
- 2) 테두리 보강을 위해 말아 올림

-평면 및 바닥부 보강-

- 1) 평면에 물결모양 요철 설치
- 2) 바닥부 보강은 평면부처럼 물결 요철
이나 X자형 등 응력 분산요소 설치
- 3) 바닥 주변면적이 클 경우 주변 R을
크게 하거나 단을 주어 보강



사출성형품 설계시 주요 고려사항(8)

● 보강과 변형 방지(4)

-Rib(추가벽)에 의한 보강-

- 1) 제품의 두께 t , 뿌리부분에서 Rib 두께 S

$$S = 0.5 \sim 0.7t$$

- 2) Rib 테이퍼 $\sim 5^\circ$

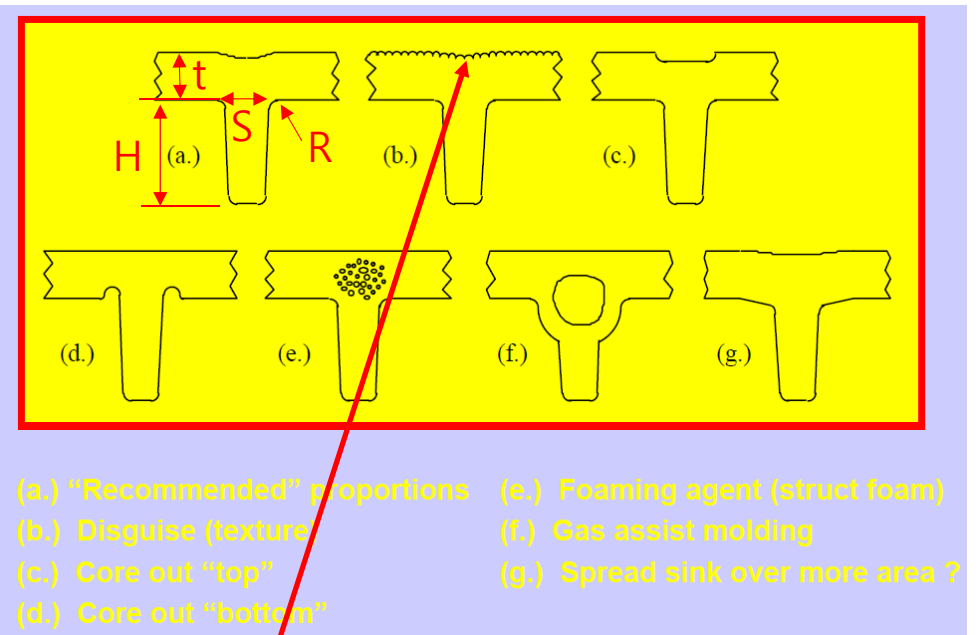
- 3) Rib 높이 H , Rib 뿌리부분 R

$$H = 3t, \quad R \approx \frac{S}{4}$$

- 4) 강도가 필요한 것은 Rib를 두껍게하는 것보다 여러 개를 설치

이때 Rib간 간격 d , $d \geq 4t$

- 5) Rib 반대편에 무늬를 넣어 Sink mark를 없앴(다른 방법 그림참조,)



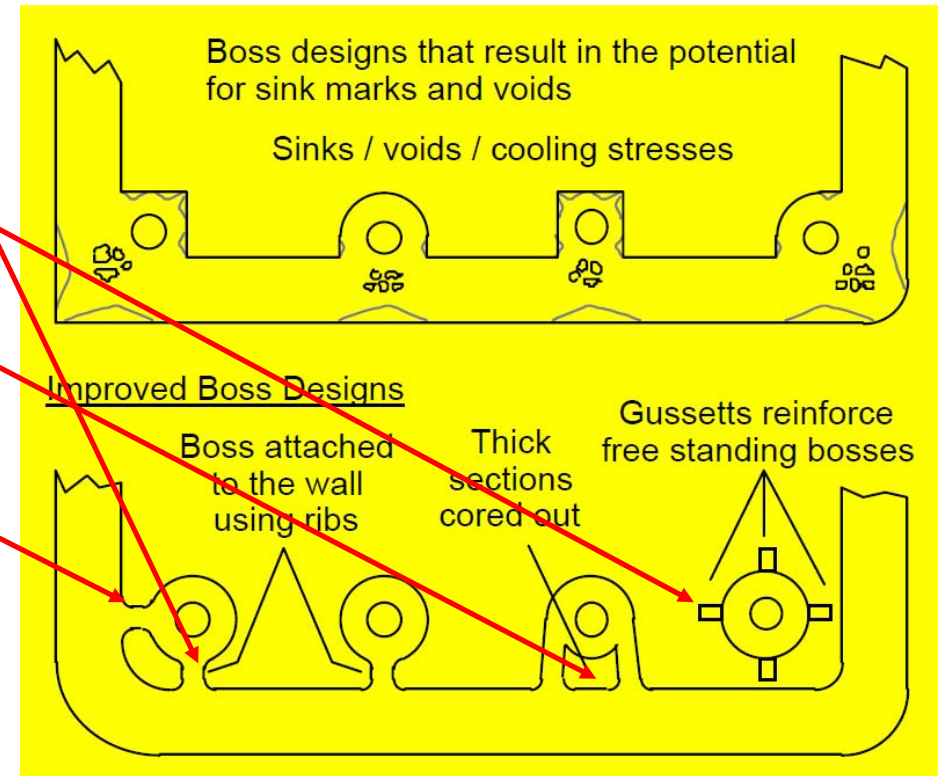
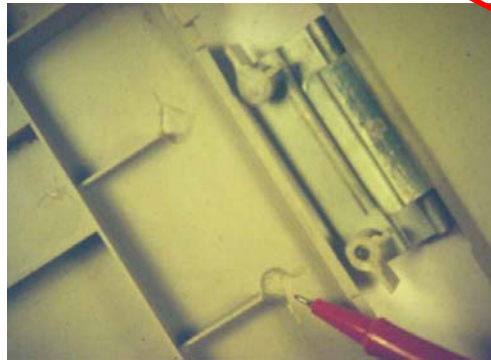
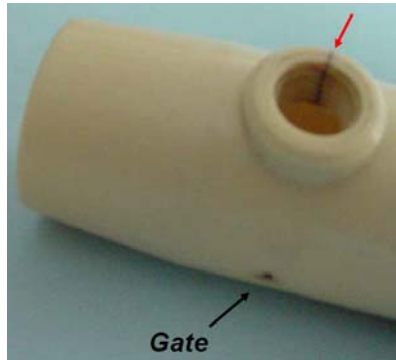
*Core out : 살빼기 (=coring)

사출성형품 설계시 주요 고려사항(9)

● 보스(Boss)

: 구멍의 보강, 조립시 끼워맞춤 및 높이조절

- 1) 보스 살두께 얇게(살빼기 적용), 높이 적당히
- 2) 높게 하려면 측면에 Rib보강(재료 유동성 확보)
- 3) 보스는 안쪽 설치, 다리부 0.3~0.5mm 나오게
- 4) 뿌리부에 R(유동성 확보)
- 5) 평면유지는 Boss 3개로
- 6) 관통구멍 Weld line 고려 설계(게이트위치조정)



←보스 Rib보강 불량으로 보스파손

Adapted from Robert A, Malloy . Plastic Part Design for Injection Molding (1994)

사출성형품 설계시 주요 고려사항(10)

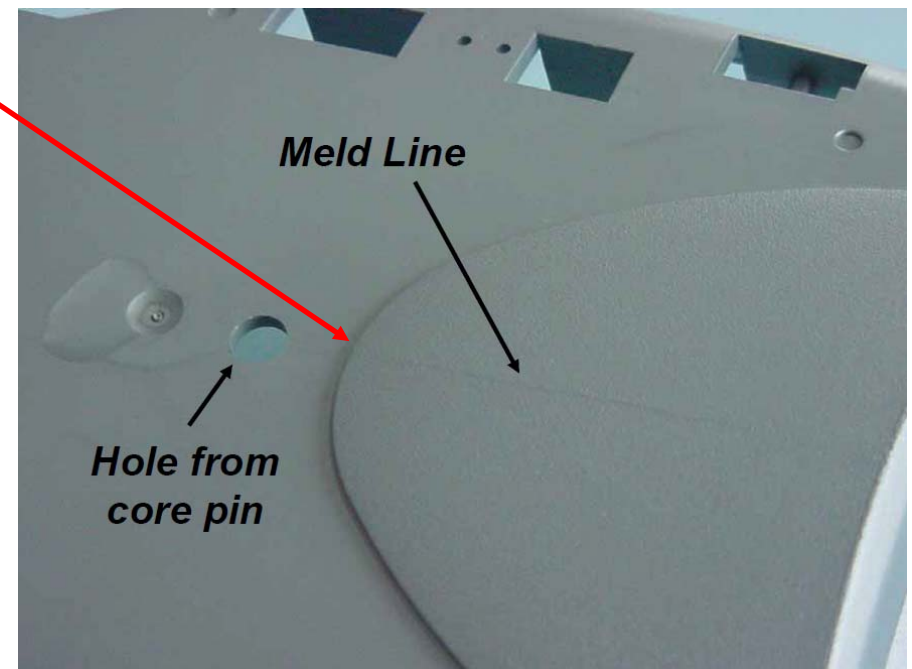
● 구멍

: 게이트 반대쪽에 Weld line 발생하여 강도 60~70%

- 1) 구멍과 구멍사이 간격은 구멍지름의 2배 이상
- 2) 구멍과 성형품 가장자리 간격 구멍지름 3배 이상
- 3) 구멍주변 살두께 두껍게
- 4) Weld line 방지 → 후가공 구멍
- 5) 수지흐름 방향 작은 구멍 구멍깊이 L, 구멍지름D

$$L \leq D$$

- 6) 상,하핀에 의한 구멍은 핀지름을 다르게



사출성형품 설계시 주요 고려사항(11)

● 성형나사

- 1) 최대최소 나사산 피치 : $5mm \geq d \geq 0.75mm$
- 2) 긴나사는 사출 불가(수축)
- 3) 수지수축률보다 작은 공차 나사 불가
- 4) 나사 끼워맞춤 : $0.1 \sim 0.4mm$
- 5) 나사 구배 : $\frac{1}{15} \sim \frac{1}{25}$
- 6) 나사산은 끝 단 앞 $0.8 \sim 1mm$ 앞에서 정지

사출성형품 설계시 주요 고려사항(12)

● 인서트(Insert)

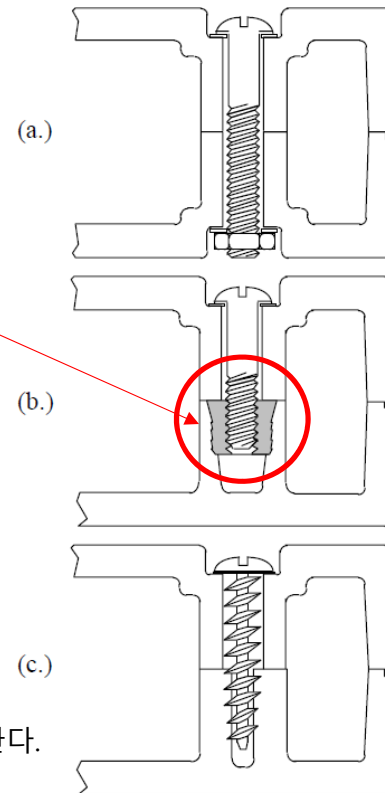
: 성형품 조립시 집중하중 흡수 기능

- 1) 성형능률이 저하되지 않게 설계
- 2) 인서트 밑부분 두께 l

$$l \geq \frac{D}{6} \quad (D = \text{인서트 외경})$$

- 3) 인서트 외측 두께 $t \approx \frac{D}{4}$, 인서트 간격 $i \geq 3mm$
- 4) 연신율이 작은 소재는 피함(PS, PMMA 등)
- 5) 설계상 유의점

- 가) 인서트 외경에 회전방지용 Roulette(사선패턴)
- 나) 날카로운 인서는 사용불가(응력집중)
- 다) 볼트,너트 인서는 나사부에 재료가 안들어가게 단을 한다.



Machine screw and nut

- Esthetic interruption on both top and bottom surfaces
- Many parts required for assembly
- Access to both top and bottom of part is required during assembly
- Need locking hardware to avoid vibration loosening
- Durable assembly

Machine screw and insert

- One clean smooth surface obtained
- Fewer parts required for assembly
- Internally threaded insert must be inserted into boss during or after molding
- Requires special equipment / tooling for insert
- Good overall durability
- Suitable for repeated assembly

Self threading screw and plastic boss

- One clean smooth surface obtained
- Minimum number of parts required for assembly
- Mating plastic threads formed during assembly
- Minimum fastener and equipment cost
- Limited durability (mating thread is plastic)
- Repeated assembly possible but limited

사출성형품 설계시 주요 고려사항(13)

● 룰렛(Roulette)

: 회전시 토크 전달을 용이하게 하는 주름패턴

- 1) 룰렛은 이형방향과 평행하게 함
- 2) 피치는 크게
- 3) 파팅라인부 근처(0.8mm)는 룰렛을 멈춤

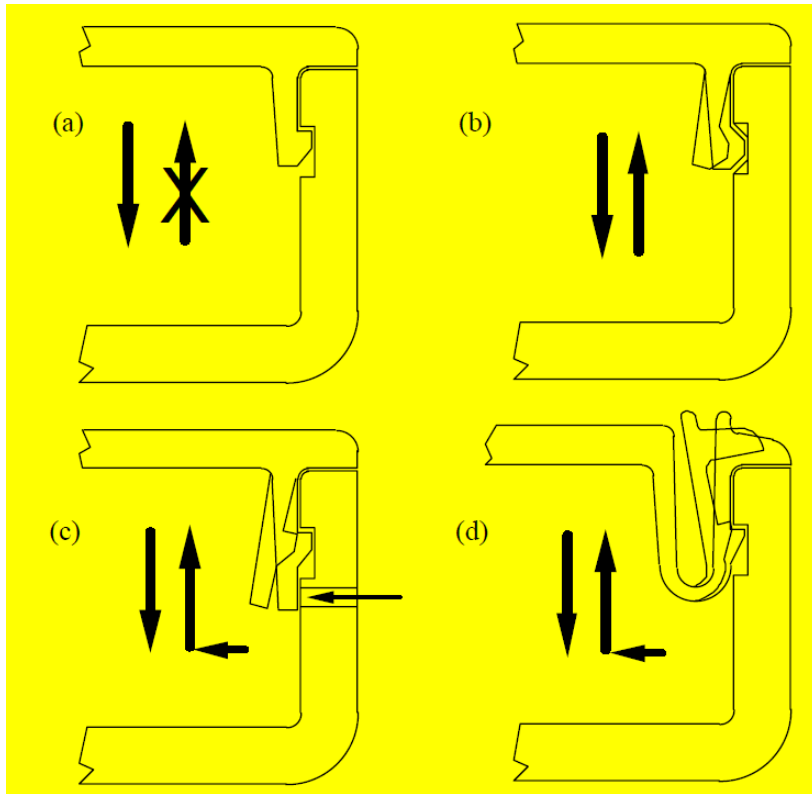
● 문자

- 1) 음각, 양각 가능하나 성형품 기준 양각(볼록)이 좋음
- 2) 문자폭은 0.5mm 이상
- 3) 문자깊이 0.2~0.4mm(소), 0.4~0.8mm(대)
- 4) 문자구배 10~15°
- 5) 문자주의 Flow mark 주의

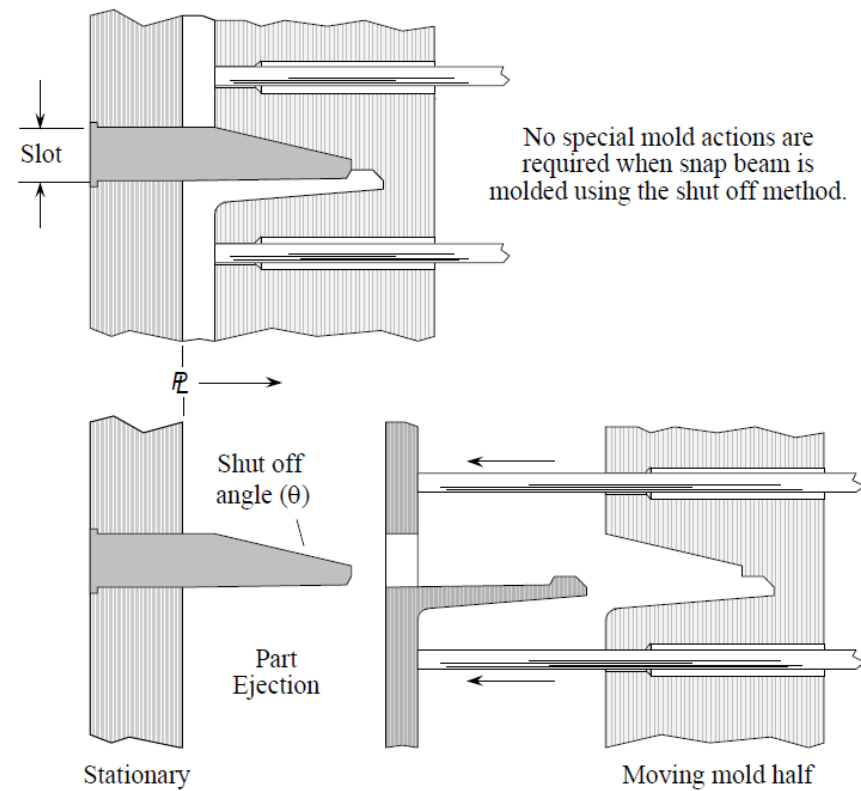
*구체적 성형품 설계 요령은 교재 참조

사출성형품 설계 트릭

● 스냅 조립부 설계



● 관통핀을 통한 스냅 언더컷부 설계 (비축 작동부 없음, 2단, 3단금형 가능)



Adapted from Robert A, Malloy . Plastic Part Design for Injection Molding (1994)

Report

□ 없음

*** Remark : 반드시 Report는 손으로 직접 써서 제출할 것**

참조출처

- ▣내용참조 1 : 사출성형금형설계, 김재원 외 2인, 선학출판사
- ▣삽화출처 1 : NCS 학습모듈 사출 제품도 분석, 5230101_14V2.1
- ▣삽화출처 2 : 사출금형설계, 조선대학교 윤천한 박사 수업자료
- ▣삽화출처 3 : Design with Plastics; Focus: Injection Molding, David O. Kazmer,
Department of Plastics Engineering, University of Massachusetts
- ▣삽화출처 기타 : 다음 검색