

# Lecture 03. 사출성형

2018. 03 .22

노 명 재

# 본 강의 목표

1. 사출성형의 특성에 대해 알아본다.
2. 사출공정을 이해한다.
3. 사출성형용 수지의 종류 및 특징에 대해 배운다.

# 사출성형의 특성(1)

## ● 사출 성형의 기원과 적용범위

사출 성형은 플라스틱 원료를 가공하는 중요한 성형 공법중의 하나로서 , 사용되는 원료는 열가소성 수지와 열경화성 수지로 구분되어 있다.

사출 성형은 1872년에 John과 Isaiah Hyatt에 의해서 셀룰로오스 원료를 성형하기 위해서 처음으로 고안되었으며, 근대적 사출 성형은 1930년대 후반에 발달하였고, 제2차 세계대전 이후 왕복회전식 스크류 타입 사출기의 출현과 함께 사출 성형 기술이 급격히 발전하였다.

사출 성형에 의해서 가공된 플라스틱 제품들이 우리의 생활 주변에 밀접하게 관계되어 있으며, 더 나아가서는 최첨단 산업의 필수적인 부품으로도 이용되고 있고 이것은 용도에 따라서 적용 범위가 무한하다는 것을 의미한다.

## 사출성형의 특성(2)

● 사출 성형 공정 : <https://www.youtube.com/watch?v=b1U9W4iNDiQ>

금형으로 플라스틱 제품을 연속적으로 생산하는 반복되는 공정

### 열가소성 사출공정의 6단계

- 1) 가소화(계량) 단계
- 2) 충전 단계 (1차 가압)
- 3) 보압 단계 (2차 보압)
- 4) 냉각 단계
- 5) 성형품 이형 단계
- 6) 재료 재공급 단계 (계량)

### 열경화성 사출공정의 6단계

- 1) 가소화(연화) 단계 : 조기경화 방지 (100℃ 미만)
- 2) 충전 단계 (1차 가압)
- 3) 보압 단계 (2차 보압)
- 4) 경화 단계 (금형온도 높게 유지)
- 5) 성형품 이형 단계
- 6) 재료 재공급 단계

## 사출성형의 특성(3)

### 1) 가소화

펠릿(Pellet)이나 분말 상태로 된 플라스틱 원료는 중력에 의해서 호퍼를 통하여 회전하고 있는 스크류의 후부 날개 부분으로 이송되고, 스크류가 회전하면서 후퇴하는 동안 실린더의 선단 부분으로 이송 원료가 실린더의 선단 부분으로 이송되는 동안 딱딱한 상태의 원료는 실린더를 에워싸고 있는 밴드 히터로부터 전도된 열과 원료에 작용되는 전단력에 의해서 발생하는 마찰열에 의해 글라스 전이 온도(Glass Transition Temperature :  $T_g$ ) 이상으로 되면서 연화된 후 용융 상태로 상이 바뀌게 되는 것 (可塑化, plasticization, 재료에 소성을 부여하여 유동하기 쉽게 하는 것)

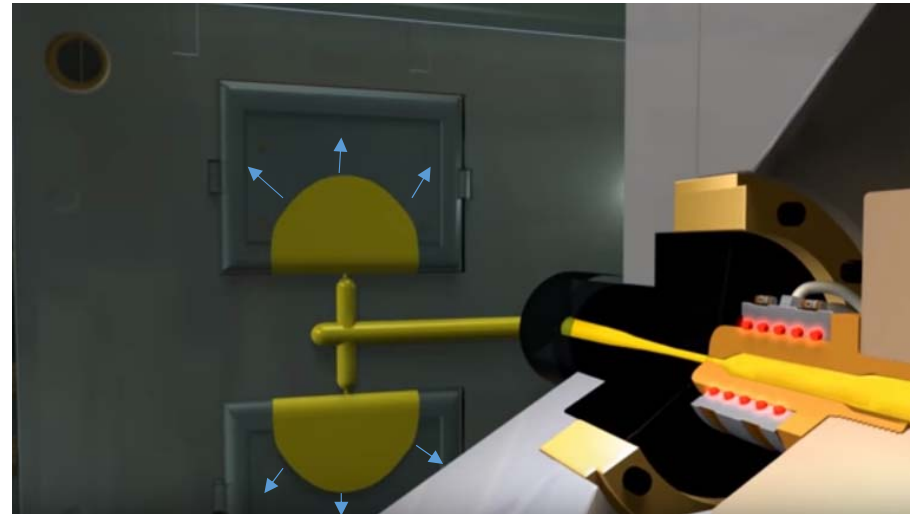


펠릿(Pellet)

## 사출성형의 특성(4)

### 2) 충전

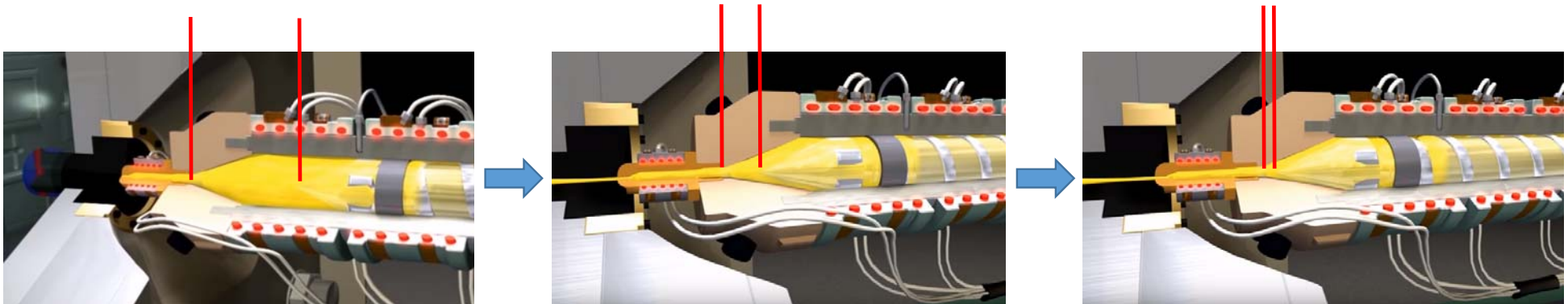
사출은 크게는 충전 단계와 보압 단계로 나뉜다. 스크류의 후부 부분에 부착된 유압 실린더의 힘으로 스크류가 앞으로 전진 이때 실린더의 선단 부분에 있는 용융된 원료는 금형의 캐비티 내부로 신속히 흘러 들어가 캐비티를 충전시키게 된다.



## 사출성형의 특성(5)

### 3) 보압

용융 원료로 금형이 충전되면서, 금형 내부의 압력은 급격히 증가되고 성형된 제품은 표면부터 냉각되기 시작, 냉각이 되면서 수축이 발생하고, 수축으로 줄어든 체적을 보상하기 위해서 스크류가 앞으로 더 전진, 사출압력이 유지되는 동안 게이트가 굳어질 때까지 용융원료는 캐비티 내로 흘러 들어가게 된다. 이것을 패킹이라 하며 가해지는 힘을 보압이라 함



가소화 단계

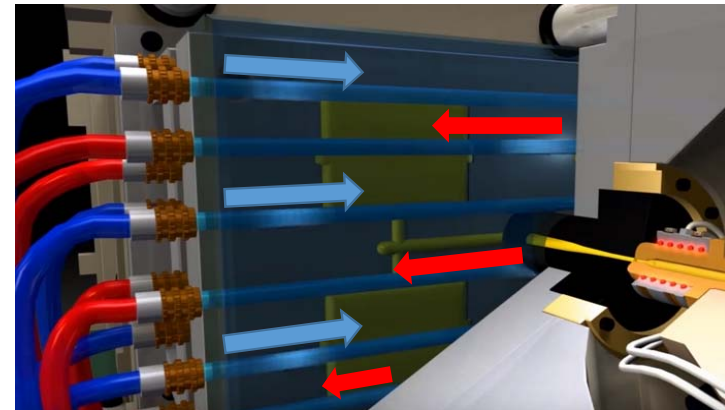
1차 가압, 충전 단계

2차 보압 단계

## 사출성형의 특성(6)

### 4) 냉각

- 성형이 완료된 후 고온의 수지를 냉각시키기 위해 냉각매체(물, Oil)를 공급하는 과정
- 보압이 끝난 후 게이트가 응고하게 되고 스크류가 후진하기 시작함, 더 이상의 열량 공급이 없으며, 수지의 열이 금형을 통하여 냉각채널내 냉각수로 전달되어 수지가 냉각됨
- 생산성 향상을 위한 냉각효과 및 제품의 균일한 온도분포 유지의 2가지 측면 고려
- 실제 성형시 제품의 온도가 완전히 균일해질 때까지 기다리지 않음(제품이 냉각되어 자중에 의하여 굽힘 변형이 발생하지 않을 정도의 강성을 갖게 되면 캐비티에서 취출함)



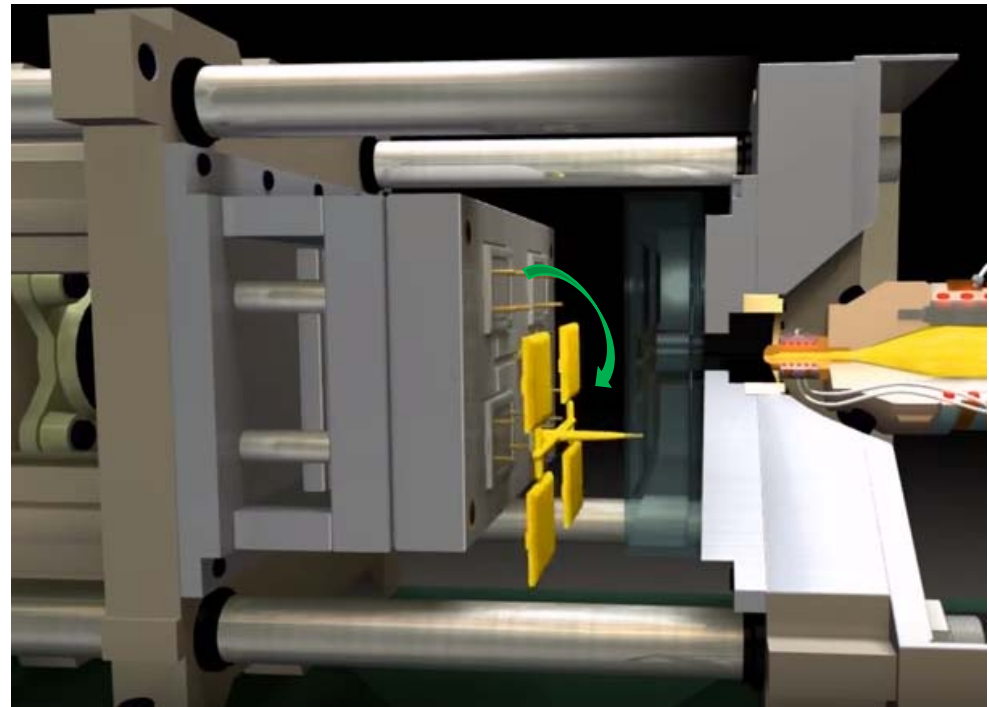
냉각매체, 냉각단계



## 사출성형의 특성(7)

### 5) 이형

성형된 제품이 변형 온도 이하로 충분히 냉각된 뒤 금형이 열리면서 제품이 금형으로부터 빠져 나오게 되는 것

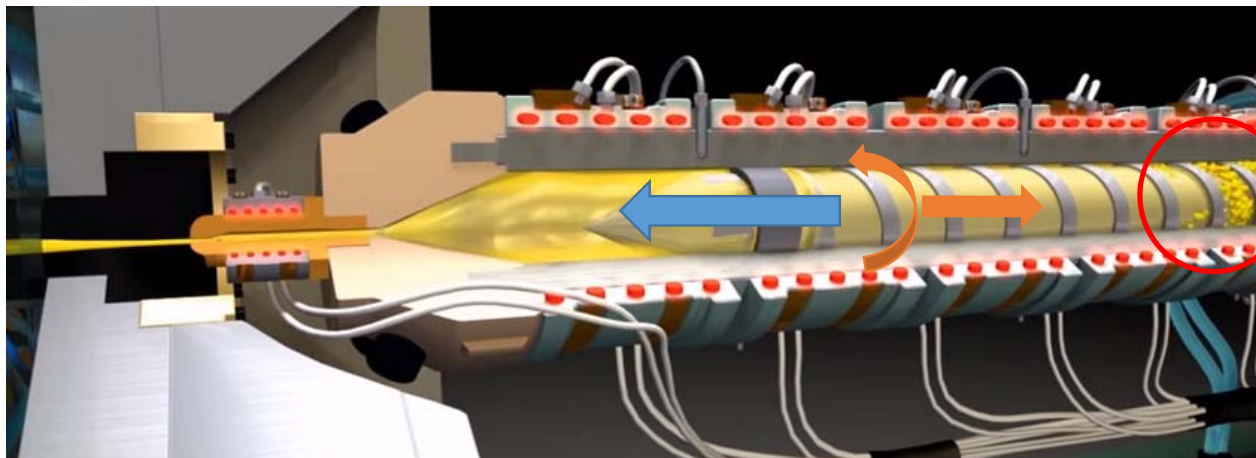


성형품 이형 단계

## 사출성형의 특성(8)

### 6) 재공급(계량)

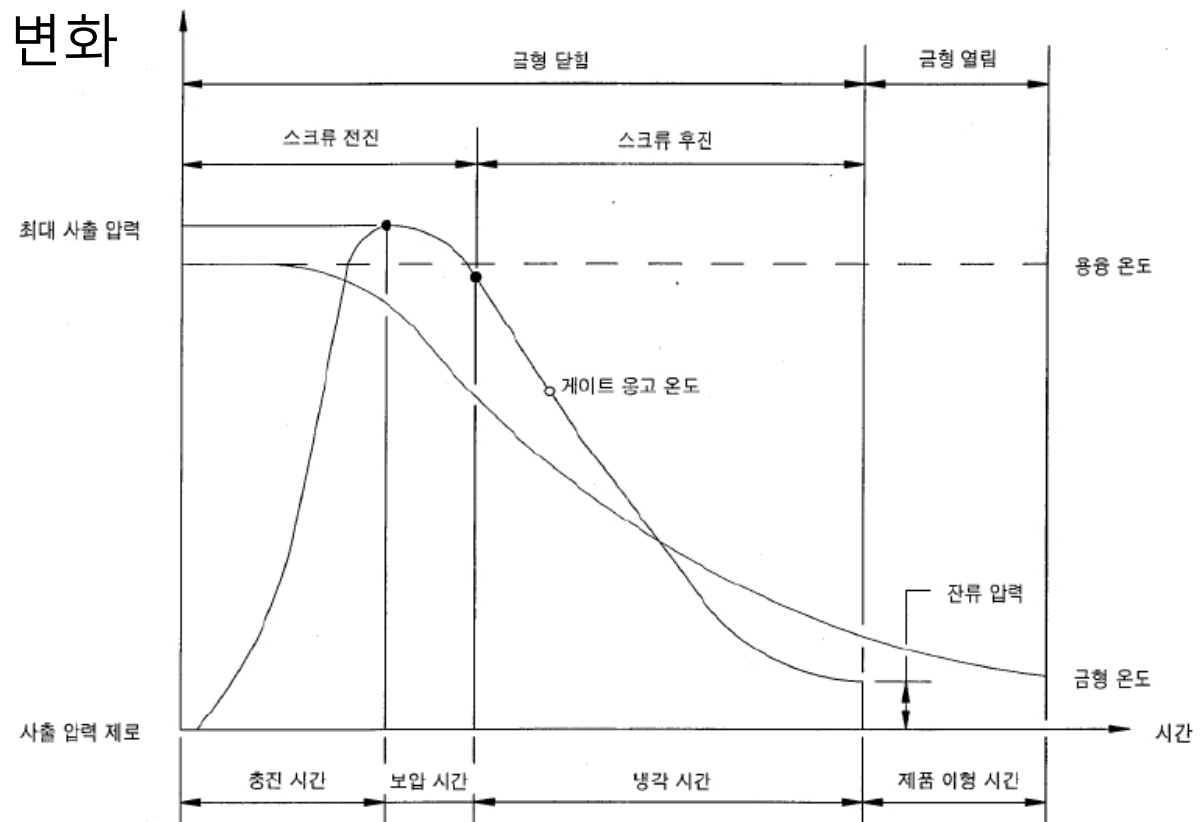
금형이 열려있는 동안(이형전부터 진행됨) 스크류가 회전하며 뒤로 후진하는데 이때 성형재료(Pellet)가 호퍼로부터 가열실린더로 공급되는 것을 계량이라 하며, 이형 후 금형이 닫히며 금형조임(Mould Clamping)에 들어가게 되면 앞 공정을 계속 반복하는 것이 사출공정이다.



재료의 재공급 단계

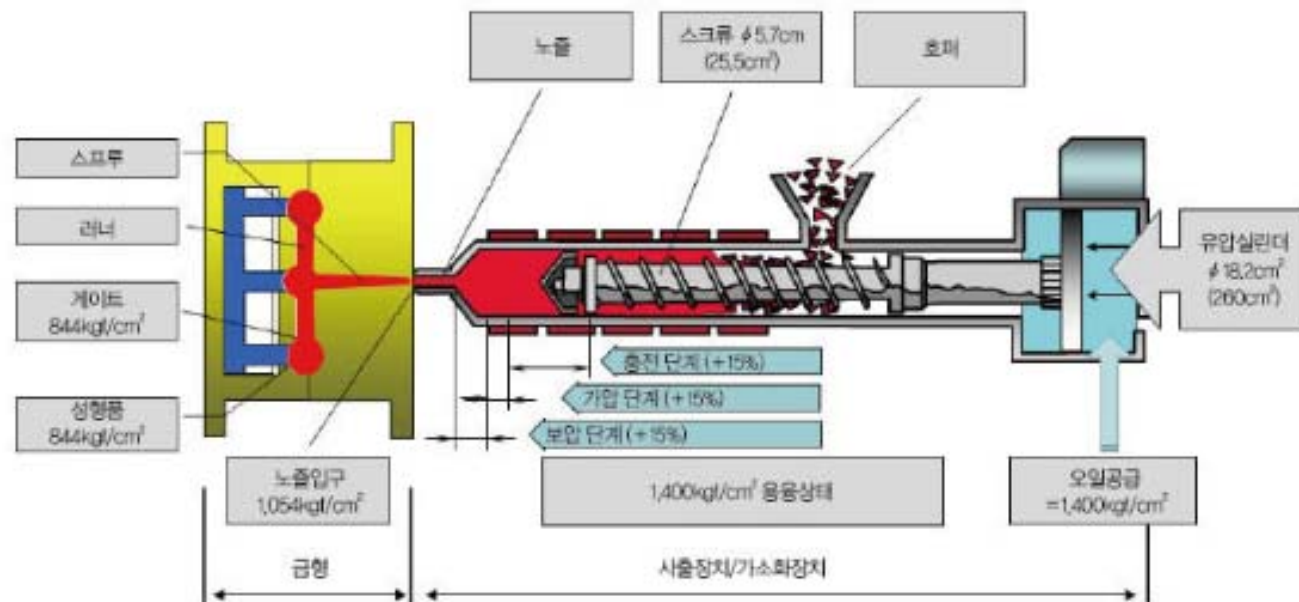
## 사출성형의 특성(9)

### ● 1공정 시 금형 내 압력 변화



# 사출성형의 특성(10)

## ● 사출공정 위치 별 압력 변화



# 사출성형의 특성(11)

## ● 열가소성 수지와 열경화성 수지의 사출성형의 주요 차이점

- 1) 온도제어 : 열경화성 수지는 사전경화를 방지하기 위해 가열실린더가 이중구조(자켓구조)
  - 밴드 히터
  - 가열 매체(물 혹은 oil)
- 2) 스크류 형태 : 열가소성 -> 압축비 적용, 열경화성 -> 동일형상

# 사출성형의 특성(12)

## ● 열경화성 수지의 사출성형 금형 요점

- 1) 스프루, 런너 및 게이트를 열가소성 수지용 금형보다 더 굵게 설계한다(낮은온도 유동성).
- 2) 게이트 위치선정
- 3) 충분한에어벤트
- 4) 플래쉬(Flash) 제거가 용이한 금형 표면상태
- 5) 금형면 부식 방지 처리
- 6) 금형의 균일한 가열(열가소성의 균일한 냉각과 유사)

# 사출성형의 특성(13)

## ● 사출성형의 주요 공정 변수

- ① 온도 관련 공정변수 : 스크류/실린더 온도, 수지 온도, 금형 온도, 건조 온도, 유압 온도, 주변 온도
- ② 압력 관련 공정변수 : 충전 압력, 보압, 배압(계량시 발생하는 압), 이형 압력, 형개 압력, 형체 압력
- ③ 시간 관련 공정변수 : 충전 시간, 보압 시간, 냉각 시간, 건조 시간
- ④ 속도 관련 공정변수 : 사출 속도, 회전(스크류) 속도, 형개 속도, 이형(이젝팅) 속도
- ⑤ 양 관련 공정변수 : 계량, 이형량, 쿠션량

# 사출성형용 수지 특성(1)

## ● 사출성형용 수지의 종류

가. 열가소성 수지

(1) 결정성 수지

1) 폴리에틸렌(Polyethylene : PE)

PE(폴리에틸렌)은 결정성의 대표적인 범용 플라스틱의 하나이다. 균형 맞춘 기계적 물성, 우수한 성형성을 나타내, 폭 넓은 분야에서 사용되고 있다. 유백색 불투명 또는 반투명 납 상태이며, 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)과 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)으로 크게 구분된다.

①제법의 종류 : 고압법, 중압법, 저압법, 기상법

②특성 : 결정화, 인장강도, 연신율

③용도 : 전선피복, 고주파부품(절연재), 용기, 식기, 주방용품, 완구, 화장품 병, 파이프, 포장재, 방충망, 어망, 샤워커튼, 끈 등

④금형설계시 유의 사항 : 수축율이 커서 변형이 심하므로 냉각회로 설계 철저



## 사출성형용 수지 특성(2)

### 2) 폴리프로필렌(Polypropylene : PP)

PP(폴리프로필렌)은 결정성의 대표적인 범용 플라스틱이다. 비중이 0.9로 범용 플라스틱 중에서도 가장 가볍고, 내약품성, 내가수분해성, 전기적특성에도 뛰어나 응용범위가 넓은 플라스틱으로 폭넓은 분야에서 사용되고 있다. 최근에는 다이옥신 발생으로 문제가 되고 있는 PVC(폴리염화비닐)의 대체 재료로도 자주 사용된다.

- ①특성 : PE와 유사하나 투명성과 표면광택이 더 좋고 수축률이 작다.
- ②용도 : 식기, 목욕용품, 가정용품, 완구, 공업용품, 맥주상자, 커튼, 어망, 이불솜, 식품 포장용 투명필름, 일체형 힌지 기능을 가진 각종 제품(반찬 그릇) 등
- ③ 금형설계시 유의 사항 : 일체형 힌지를 성형할 경우 게이트 위치 주의, 재료흐름이 힌지와 직각이 되도록...



## 사출성형용 수지 특성(3)

### 3) 폴리아미드(Polyamide : PA = Nylon)

PA6(폴리아미드6=나일론6)는 결정성 엔지니어링 플라스틱이다. 강인한 재료로 마찰계수가 작으면서도 내마모성으로 자기윤활성에 뛰어나다. 내유성, 내약품성도 좋아 기계재료에 최적의 재료이지만 흡습성이 높아 설계상 한번은 더 생각해봐야만 하는 문제점도 있다.

PA6-6(폴리아미드66=나일론66)는 결정성 엔지니어링 플라스틱이다. 강인한 재료로 마찰계수가 작으면서도 내마모성으로 자기윤활성에 뛰어나다. 내유성, 내약품성도 좋아 기계재료에 최적의 재료이지만 흡습성이 높아 설계상 한번은 더 생각해봐야만 하는 문제점도 있다.

- ①특성 : 결정화도 PA6은 20~25%, PA66은 30~50%, 결정화도가 클수록 강성의 증가 함, 습기에 약함  
유리점유 강화 PA는 극적인 강성증가를 보인다.
- ②용도 : 방직기 부품(기어, 캠 등), 자동차 부품(기어, 연료탱크 등), 일반기계품(기어, 캠, 체인 등), 전기통신부품(스위치 부품, 기어, 캠, 전지케이스 등), 건재부품(샤시 부품, 롤러, 커튼 부품), 운동용품(헬멧 등), 잡화부품(매직 잉크 용기, 단추 등), 치술 및 붓의 강모, 의료용 섬유, 로프 등
- ③ 금형설계시 유의 사항 : 충분한 열용량 성형기가 필요, 엄밀한 온도 조절 필요, 용융점도가 낮기 때문에 노즐에서 새는 것을 방지하기 위해 역류 방지 성형기 필요, 충분한 건조, 치수정밀도 우수한 정밀 금형 필요

## 사출성형용 수지 특성(4)

### 4) 폴리아세탈(Polyacetal=Polyoxymethylene : POM)

POM(폴리아세탈)은 결정성 엔지니어링 플라스틱이다. 균형잡힌 기계적 성질을 가지며 우수한 내피로성, 내크리프성, 마찰마모특성, 내약품성을 갖춘 데에서 금속의 대체재료로서 전기·자동차·각종기계·건축재료 등의 분야에 넓게 사용된다.

- ①특성 : 비중이 1.41~1.43으로 매우 큼, 강성(인장강도, 굽힘강도, 압축강도) 큼, 상온에서 모든 유기용제에 녹지 않음, 자외선에 약함.
- ②용도 : 전기, 전자기계 부품, 자동차 부품, 건축자재, 일반기계 및 전기기계 부품 등
- ③ 금형설계시 유의 사항 : 수축율(1.5~3.5%)이 매우 큼, 과열시 냄새가 심하게 남, 유동성이 떨어지므로 런너는 짧게 설계하고 게이트 도 너무 작게 하지 말 것, 온도관리에 주의, 가스가 잘 배출되는 금형구조 설계 필요

## 사출성형용 수지 특성(5)

### 5) 불소 수지(Fluorocarbon Resin)

- ①특성 : 내열성이 뛰어나, 흡수율과 투습성이 0에 가까움, 자외선에 안정(내후성), 내약품성, 비쌈
- ②용도 : 화학용 기구, 부식방지 라이닝,
- ③ 금형설계시 유의 사항 : 굵고 짧은 런너와 게이트, 고압 사출성형기 필요

### 6) 포화 폴리에스테르(Saturated Polyester) -> PET or PBT

- ①특성 : 표면 평활성이 풍부, 광택이 있는 외관, 뛰어난 치수 안정성,
- ②용도 : 전기, 전자 부품(커넥터, 플러그, 소켓, 스위치, IC캐리어, 반도체케이스, 헤드폰 등), 기계부품, 자동차 부품, 용기류(폴리에틸렌 테레프탈레이트:PET-Polyethylene Terephthalate → 화장품, 세제, 샴푸, 맥주, 간장, 탄산음료 용기), 의료기구, 필름, 테이프류
- ③ 금형설계시 유의 사항 : 충분한 예비건조 필요

# 사출성형용 수지 특성(6)

## (2) 비결정성 수지

### 1) 폴리스티렌(Polystyrene : PS)

- ①특성 : 내광성이 약함(황화현상), PS 자체로는 강성이 매우 약하나 연신하면 강도가 센 필름소재가 됨  
    항산화제를 배합한 내광성 폴리스티렌은 조명제품에 사용함  
    유리섬유 배합한 폴리스티렌은 강성 증가 및 치수안정성 높은 성형재료가 됨  
    발포성 폴리스티렌은 방음 방열제로 냉동공업 및 건축재료로 널리 사용됨
- ②용도 : TV, 냉장고, 에어컨, 유산균 음료, 주방용품, 컵,  
    \*발포체 : 평판형 → 냉동창고, 선박, 일반건물 벽, 지붕 등의 단열재  
    시트형 → 생선상자, 과일, 정밀기기의 포장 완충재
- ③금형설계시 유의 사항 : 수축율 0.4~0.7%로 치수정도가 뛰어남, 용융온도 범위가 넓어 취급이 용이  
    얇은 성형품 가능, 이젝팅 시 균열 유의, 언더컷 금형은 피함

# 사출성형용 수지 특성(7)

## 2) AS수지(Acrylonitrile Styrene : AS)

- ①특성 : 폴리스티렌의 특성(투명성)에 강성이 현저히 증가함, 예비건조 필요
- ②용도 : 선풍기 날개, 자동차 부품, 문방구(만년필, 볼펜의 축), 치솔의 자루 등
- ③금형설계시 유의 사항 : 수축율 0.3~0.5%로 치수정도가 뛰어남, 이젝팅 시 균열 유의, 언더컷 금형은 피함

## 3) ABS수지(Acrylonitrile Butadiene Styrene : ABS)

- ①제법의 종류 : 블렌드법, 그래프트법, 그래프트 블렌드법
- ②특성 : **스티렌**의 광택, 전기적 성질, 성형성  
**아크릴로니트릴**의 내열성, 강성, 내유성, 내후성  
**부타디엔**의 내충격성이 결합됨 (함유량에 따라 조절 가능)  
플라스틱중에서 가장 도금하기 쉬움, 다른재질의 보강재로 사용 가능, 내후성 및 투명도는 약함
- ③용도 : 전기기구, 차량용, 일반기기, 잡화, 다른 수지의 재질보강제
- ④금형설계시 유의 사항 : 수축율 0.4~0.8%정도, 유동성이 떨어지므로 런너 굵고 짧게 설계,  
고압사출시 큰 빼기 구배, Weld line에 대한 Gate 위치 선정 주의

## 사출성형용 수지 특성(8)

### 4) 아크릴(Polymethyl Methacrylate : PMMA)

- ①제법의 종류 : 괴상중합, 용액중합, 현탁중합, 유화중합
- ②특성 : 가시광선 투과율이 높아 투명성이 가장 뛰어나, 비중은 유리의 50%, 내충격강도는 유리의 10배이상  
내후성이 좋음, 판재의 절단, 천공, 굽힘 가공이 용이, 색주에 자유로움
- ③용도 : 간판, 디스플레이, 건축, 조명, 광학렌즈, 일용 잡화 등
- ④금형설계시 유의 사항 : 수축율 0.1~0.4%정도, 흡습성으로 충분한 예비건조 필요  
유동성이 나빠 충전부족, Flow Mark, Sink Mark 발생 등으로 고압 사출 필요  
특히 광학적 용도의 성형품은 다른재료와 섞이는 등에 주의를 요함  
**빠기구배, 유로설계, 수지온도, 금형온도**

### 5) 폴리카보네이트(Polycarbonate : PC)

- ①제법의 종류 : 포스겐법(용제법), 에스테르 교환법(용융법)
- ②특성 : 내충격성 가장 뛰어나, 내열성 우수, 전기적 성질 양호, 내후성은 양호(표면에서만 열화함)
- ③용도 : 전자전기부품, 기계부품, 필름, 시트류, 잡화류
- ④금형설계시 유의 사항 : 수축율 0.5~0.7%정도, 장시간에 걸친 치수변화도가 적음  
유동성이 나빠 충전부족, Flow Mark, Sink Mark 발생 등으로 고압 사출 필요

## 사출성형용 수지 특성(9)

### 6) 폴리염화비닐(Polyvinyl Chloride : PVC)

- ①제법의 종류 : 현탁중합, 유화중합, 용액중합
- ②특성 : 내수성, 내산성, 내알칼리성, 무독성, 난연성, 전기 절연성 좋음,  
가소제를 첨가하면 사출성이 좋아짐(연질 PVC)
- ③용도 : 경질 PVC → 평판, 시트, 파이프, 완구, 병, 컵 등  
연질 PVC → 필름, 시트, 레저, 전선피복, 장화, 구두창 등
- ④금형설계시 유의 사항 : 수축율 경질 PVC 0.1~0.5%정도, 연질 PVC 1.0~5.0%  
수지온도 관리 유의(성형온도가 분해온도에 근접), 유동저항 적은 유로 설계 필요



# 사출성형용 수지 특성(10)

## 가. 열경화성 수지

### 1)페놀수지(Phenol Formaldehyde : PF)

페놀수지는 1909년에 L.H.Baekland(미)에 의해 발명된 역사적으로 가장 오래 된 플라스틱이다. 내열 내구성이 양호하며, 전기절연성에 뛰어나다.

- ①특성 : 고온에서 강성을 유지 내크리프성이 우수, 공기에 장시간 노출시 변색, 내충격성은 약함  
산에는 강하나 알칼리에는 약함, 페놀수지 발포체는 내연성이 뛰어나고 → 건축 항공기용 단열재
- ②용도 : Insert 성형의 용이성과 전기적 특성이 좋아 전기 통신분야 절연재료, 자동차 부품, 냄비뚜껑 손잡이, 인쇄회로(PCB: Printed Circuit Board)기판, 항공기 보강재, 당구공, 각종 구조재

### 2)멜라민 수지(Melamine Formaldehyde : MF)

멜라민 수지는 착색 자유로 표면경도가 높고, 내수성이 뛰어나 식기에 이용되고 있다. 또한, 내트래킹성·내염성·내열성에도 우수해 고도의 전기안전성을 필요로 하는 스위치 하우징 등에 사용되고 있다.

# 사출성형용 수지 특성(11)

## 3)불포화 폴리에스테르(Unsaturated Polyester : UP)

불포화 폴레에스테르 수지는 상온에서 투명한 경화물을 얻을 수 있어, 도료·주형·버튼제조에 이용되고 있다. 단독으로는 딱딱하고 약하지만, 유리 섬유 등의 보강재와 결합해 유리 섬유 강화 플라스틱(FRP)으로 파판·보드·욕조·정화조·자동차 부품·전기부품·헬멧에서 마네킹이나 각종 스포츠 용품에 이르기까지 폭넓게 사용되고 있다.

## 4)에폭시 수지(Epoxy Resin : EP)

에폭시 수지란 1개의 분자 중에 2개 이상의 에폭시 기반을 가지는 화합물을 말한다. 경화제나 충전제를 조합해 상온 또는 가열하는 것으로 다양한 특성을 가지는 경화 수지를 얻을 수 있다. 주요 용도는 도료나 접착제 이외에 항공기의 구조재나 반도체 봉지 수지 등 일상재료에서 선단재료까지 폭 넓게 사용되고 있다

## 사출성형용 수지 특성(12)

### 5)요소 수지(Urea Formaldehyde : UF)

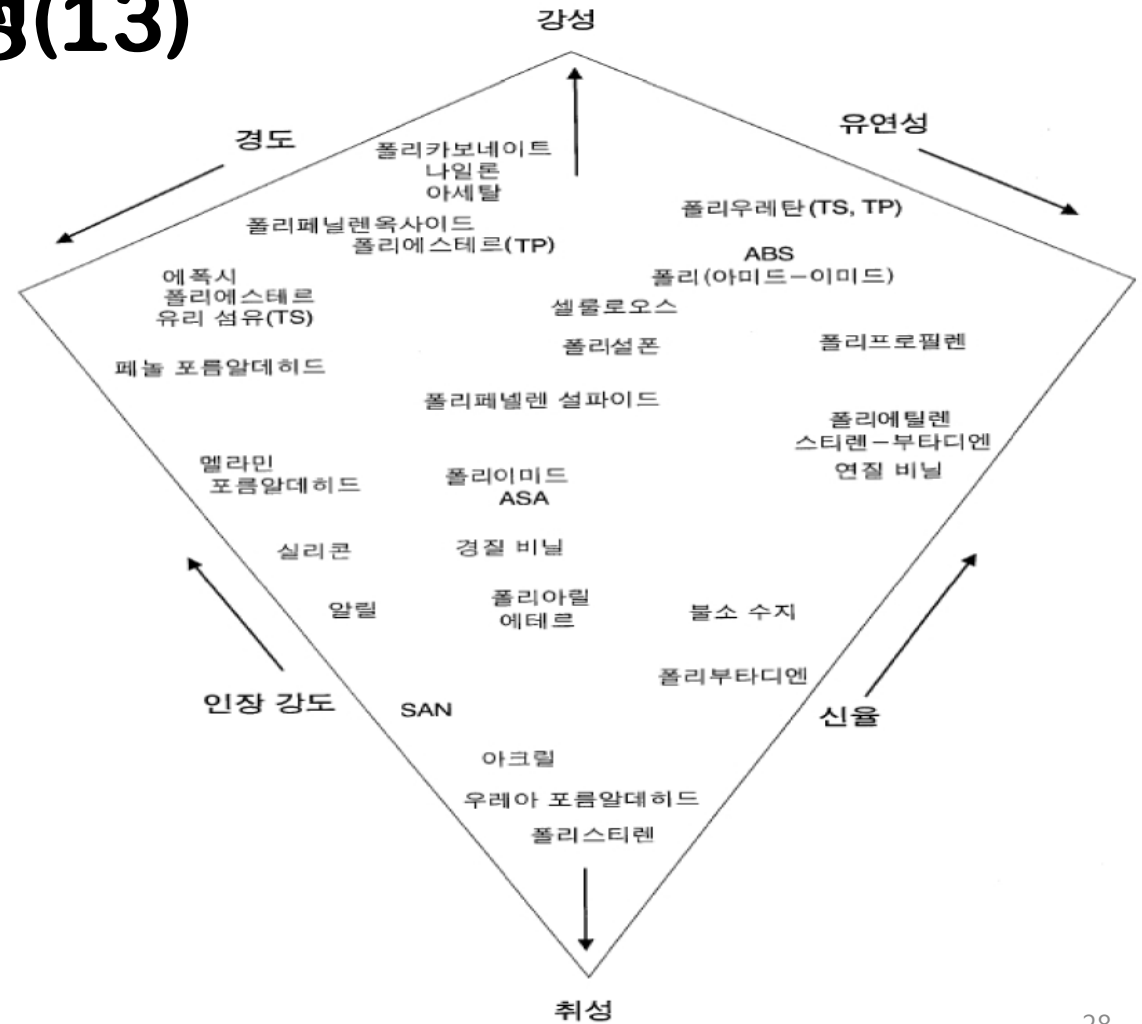
압축성형 및 트랜스퍼 성형을 하고, 성형품은 단단하고, 내용제성, 내약품성이 양호하다. 선명한 색상을 만들 수 있어, 화장품 용기, 단추, 마작패, 버스손잡이 등에 쓰인다. 뛰어난 내아크성으로 스위치류난 조명기구 갖등의 전기부품에 사용된다. 접착제로 사용될 시 목공용으로 적합하다.

### 6)폴리우레탄(Polyurethane : PUR)

탄성, 인장강도가 크고 내마모성이 뛰어나다. 산과 알칼리에 약하다.

- 연질 발포체 : 쿠션재-매트, 차량 및 가구의 시트, 융단 깔개 재료, 포장재료, 흡음재, 에어필터 등
- 경질 발포체 : 단열재, 구조재-건축재료, 냉장고 단열재, 파이프 단열피복 등
- 탄성체 : 구두창, 리드타이어, 롤, 벨트, 스노우모빌의 부품, 패킹 등
- 도료
- 접착제
- 합성피혁 : 구두재료, 가방재료, 의류 등
- 스판덱스 : 수영복, 스키바지, 양말 등

# 사출성형용 수지 특성(13)



# 사출성형의 장 단점

## ●장점

- 1) 생산성
- 2) 큰 부피 성형가능
- 3) 자동화
- 4) 성형품 마무리작업 간단
- 5) 자유로운 형상
- 6) 다른재료 Insert성형 가능
- 7) 보강재 혼합 가능

## ●단점

- 1) 높은 금형 비용
- 2) 사출성형기 등 부대비용이 높음
- 3) 성형품의 품질 결정이 늦음
- 4) 성형과정 지식이 꼭 필요
- 5) 사출성형과정 제어가 어려움  
(성형해석[CAE]으로 제어기능 향상 됨)

# Report

□ 없음.

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

## 참조출처

- 내용참조 1 : 사출성형금형설계, 김재원 외 2인, 선학출판사
- 내용참조 2 : 사출성형해석개론, David Lee 외 1인, Moldflow Plastics Advisers
- 내용참조 3 : 사출금형설계, 조선대학교 윤천한 박사 수업자료
- 내용참조 4 : 사출성형의 이해, 인하공업전문대학교 정태성 교수 수업자료
- 내용참조 1 : 사출성형해석개론, David Lee 외 1인, Moldflow Plastics Advisers
- 삽화출처 2 : 사출금형설계, 조선대학교 윤천한 박사 수업자료
- 삽화출처 3 : 사출성형의 이해, 인하공업전문대학교 정태성 교수 수업자료
- 삽화출처 4 : <https://www.youtube.com/watch?v=a8HQG2PUPik>
- 삽화출처 기타 : 다음 검색