

PA6/PA66/PBT 사출성형 Guide

한국폴리아세탈(주)
KOREA POLYACETAL CO., LTD.

KPAC

서울시 중구 소공로 94, 14층 (소공동, OCI빌딩)
14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel +82-2-728-7400 Fax 82-2-714-9235 www.gpac-kpac.com

1. 사출성형기

대부분의 엔지니어링 플라스틱은 사출성형을 이용하여 제품을 만들기 때문에 사출성형의 과정 및 주의할 점에 대해 이해하는 것이 매우 중요합니다.

기본적인 공정은 매우 단순하여, 먼저 펠릿(pellet)형태의 수지를 필요에 따라 건조시켜 준비하고 준비된 수지를 실린더 내부에서 녹인 후 용융상태의 수지를 압력을 이용해 금형 내로 밀어 넣은 뒤 일정시간 동안 냉각한 후 금형을 열어 제품을 추출하고 다시 금형을 닫는 공정을 반복하게 됩니다. 보다 좋은 품질의 제품을 얻기 위하여 사출성형기는 다음과 같은 사양을 권장합니다.

- 1) 스크류헤드(screw head)에 역류방지용 체크링(check ring)이 있으며, 마모가 되지 않아야 합니다. 체크링(check ring)이 마모된 경우 수지가 역류되어 싱크마크(sink mark)나 치수 및 중량 불균일의 원인이 됩니다.
- 2) 노즐(nozzle)은 오픈타입(open type)으로, 가열용 밴드히터(band heater)가 부착되어 별도로 온도 조절이 가능 한 것이 좋습니다. 노즐(nozzle) 부분이 냉각되어 막히면, 실린더(cylinder)내에 분해가스 압력이 높아져서 위험에 노출될 수 있습니다.
- 3) 스크류(screw)는 압축부(compression zone)의 비율이 25~30 % 이상인 것이 좋습니다. 압축부(compression zone)가 작은 경우 급격한 전단발열로 인하여 소재의 분해 현상이 발생할 수 있습니다.

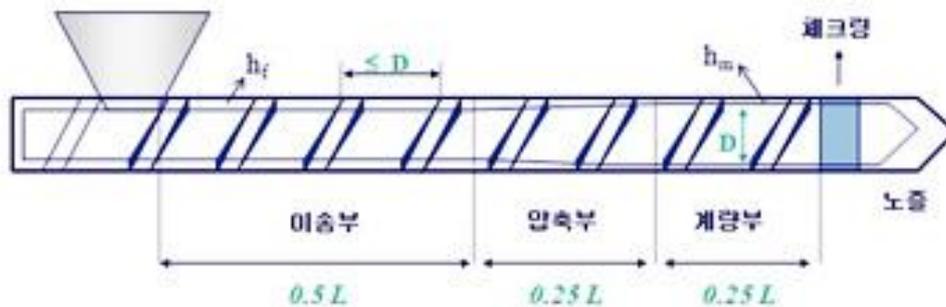


그림 1. 사출기 스크류 부위 및 구조

<권장 사출기 사양>

- 1) 사출용량 : 1 shot의 중량이 최대 사출용량의 20 ~ 50 %
- 2) 스크류(screw) 직경 : Small or medium (A or B type screw)
- 3) 압축비(compression Ratio) : 3~4
- 4) L/D : 20 이상의 긴 것이 좋음

대부분의 엔지니어링 플라스틱은 사출성형을 이용하여 제품을 만들기 때문에 사출 성형의 과정 및 주의할 점에 대해 이해하는 것이 매우 중요하다.

2. 사출성형공정

실제로 사출성형에서는 수지의 유동 특성, 성형 수축률, 치수 정밀도, 성형품의 품질 안정성, 균일성, 경제성 등을 고려할 필요가 있고 이러한 것은 금형 제작 전에 검토하는 것이 바람직합니다.

(1) 재료의 예비건조

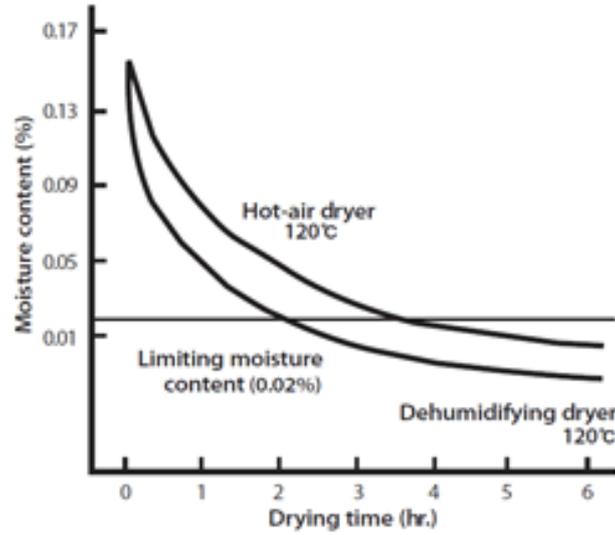
사출 전 원료수지의 예비건조는 매우 중요한 과정이므로 절대 간과해서는 안됩니다. PA6, PA66 과 같은 나이론 수지는 공기 중의 수분을 흡습하여 사출 성형품의 외관 문제를 유발할 수 있으며 심한 경우 노즐에서 용융수지가 줄줄 흘러내리는 drooling 현상이 발생하여 작업이 불가능한 경우도 있습니다.

또한 PBT 및 PET 와 같은 폴리에스테르 수지는 매우 적은 양의 수분만을 흡습하더라도 사출 성형 중에 가수분해가 일어날 수 있으며, 이로 인하여 성형품의 강도와 충격성이 저하되고 유동성이 증가하여 flash(burr)가 발생할 수도 있고 이형에 문제를 일으킬 수 있습니다. 이 역시 심한 경우 drooling 현상이 발생합니다.

Pellet 수분율 0.02 % 이하에서 사출성형이 필요합니다. 수분 흡습 상태에서 성형할 경우, 가수분해로 물성 저하가 초래됩니다. 특히 PET 는 수분 흡습이 빨라서 0.01 %로 건조된 pellet 을 상대습도 50 %RH 에서 불과 15 분만 방치하여도 0.02 % 이상으로 흡습이 일어납니다.

KEPAMID®는 제습건조기로 80 °C에서 4 ~ 6 시간 예비건조 후 사용하시기 바랍니다. 질소건조기를 사용하는 경우 90 °C에서 6 ~ 8 시간 예비건조가 필요합니다. 사용하고 남은 수지는 밀봉하여 보관하여 주시기 바랍니다.

KEPEX®의 경우도 열풍건조기에서 120 ~ 130 °C 로 3 ~ 5 시간 건조를 실시하는 것이 좋습니다. KEPEX® 건조 시 100 °C 이하는 건조 효과가 떨어지고 150 °C 이상의 과도한 건조는 수지 표면 산화를 초래할 수 있습니다. 사출기에 투입 직전 호퍼(hopper)내 온도를 120 °C 이상으로 유지하면 공기중의 수분이 추가 흡습되는 것을 방지할 수 있습니다.



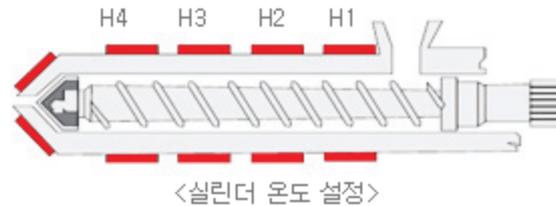
<건조시간에 따른 PET의 수분율 변화>

각 수지별 예비건조 조건은 다음과 같습니다.

수지	건조기종류	온도	시간	수분율
PA6	제습건조기	80℃	4~6H	0.05%
PA66	질소건조기	90℃	6~8H	
PBT PET	열풍건조기	120~130℃	3~5H	0.02%

(2) 수지 온도

일반적으로 용융수지의 온도는 실린더(cylinder) 설정 온도보다 10 ~ 15 °C 상승하게 되는데 이는 스크류(screw) 회전에 의한 전단 발열에 기인하는 것입니다. 각 수지별로 권장하는 실린더 온도는 다음과 같습니다.



수지	Grade	실린더 온도 설정치(°C)			
		H4	H3	H2	H1
PA6	비강화	240	240	240	230
	내충격	250	250	250	240
	GF 강화	260	250	250	250
	MF 충전	250	240	245	230
PA66	비강화	275	275	275	270
	내충격	285	280	280	270
	GF 강화	290	285	285	280
	MF 충전	290	285	285	280
	비강화 난연	275	265	270	260
	GF 강화 난연	300	290	285	280
PBT	비강화, 내충격	250	240	240	230
	비강화난연	245	235	245	230
	GF 강화	250	250	240	230
	GF 강화난연	250	240	245	230
PET	GF 강화	290	280	270	260
	GF 강화난연	280	275	270	260

(3) 사출 압력

설정된 사출 속도를 충분히 낼 수 있도록 적절한 사출 압력을 설정해야 합니다. 사출 압력이 낮을 경우 스크류의 이동속도가 설정한 사출 속도에 도달하는데 긴 시간이 필요하게 되며, 사출 속도가 느릴 경우와 유사한 결과를 얻을 수 있습니다. 사출 압력은 일반적으로 800 ~ 2,000 kgf/cm² 사이가 적당합니다.

(4) 금형 온도

금형온도는 특히 결정성 수지의 사출성형에 있어서 중요한 조건으로 60 ~ 120 °C 중 상황에 따라 설정할 수 있으나, 일반적으로 70 ~ 90 °C로 설정하는 것이 좋습니다. 특히 제품 외관이 중요하거나 제품의 실제사용 온도가 높은 경우에는 금형온도를 높게 할 필요가 있습니다. 특히, 양질의 제품을 얻기 위해서 금형온도가 일정하게 유지되고, 금형 내 온도분포의 균일 제어가 가능하며, 수지에 의해 발생된 열의 제거가 가능해야 합니다.

(5) 사출 속도

사출 속도는 수지의 유동성, 외관(flow mark, sink mark, finger print)등을 고려하여 조절되어야 합니다. 양호한 외관을 얻기 위해서는 사출 속도를 높이는 것이 좋고, 플래쉬(flash)와 탄화 자국(burn mark)을 줄이거나 사출시 발생하는 전단력을 감소시키기 위해서는 사출 속도를 낮추는 것이 일반적입니다.

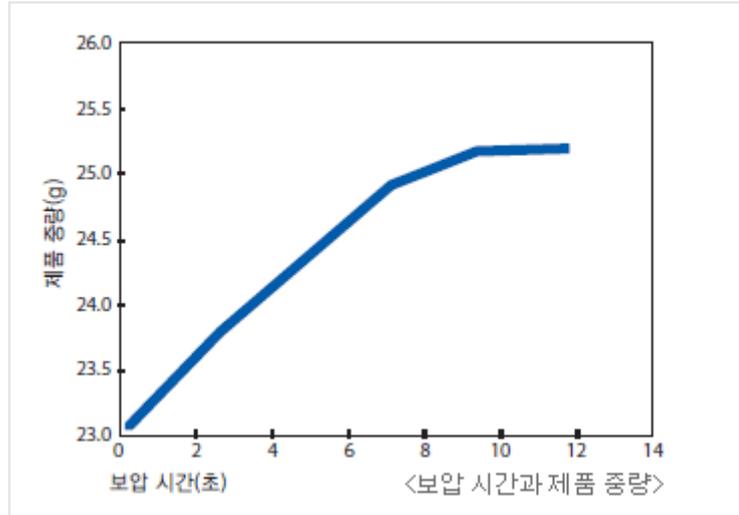
(6) 보압 조건

보압은 수지가 금형 내에서 냉각 수축이 일어나며 발생하는 체적 수축을 보상하기 위해 수지를 더 공급해주는 공정입니다. 보압 시간은 게이트가 완전히 고화되는 시간(gate seal time) 이상으로 설정하여야 양질의 제품을 얻을 수 있습니다.

아래 표와 같이 보압 시간에 따라 제품 중량이 증가하다가, 게이트 고화 시간(gate seal time) 이후에는 중량이 일정해짐을 알 수 있습니다.

제품의 중량이 일정해야 균일한 치수의 제품을 생산 할 수 있습니다.

일반적으로 1 ~ 4 mm의 두께를 갖는 성형품의 경우, 성형품 두께 x 8 초/mm 를 보압시간으로 설정합니다. 보압력의 경우 제품의 치수, 싱크마크(sink mark) 등을 감안하여 설정해야 하며, 일반적으로 사출압력의 50 ~ 80 % 수준으로 설정합니다.



(7) 계량 조건

과도한 속도로 계량 시 전단발열로 인하여 수지가 열분해 될 수 있으므로 사이클 타임(cycle time)이 허용하는 한도 내에서 가급적 낮은 속도로 계량하는 것이 좋습니다. 일반적으로 80~120 rpm 정도의 속도를 추천하지만 동일한 rpm 이더라도 스크류(screw) 직경에 따라 선속도가 다르기 때문에 사출성형기 용량이 클수록 rpm 을 낮추어야 합니다. 계량 과정 중 배압은 5~ 10 kgf/cm² 수준이 적당하며 컬러 마스터배치(color M/B)나 안료의 분산성을 증대하기 위하여 배압과 계량속도를 높여서 계량할 수도 있습니다.

(8) 냉각조건

실제 냉각시간은 보압시간 + 추가적인 냉각시간(계량시간 + α)으로 표현될 수 있습니다. 따라서 보압 시간이 적절하게 설정되었다면 추가적인 냉각 시간은 계량 시간만을 고려하면 됩니다.

$$S = \frac{r^2}{p^2 a} \ln \frac{8}{\pi p^2} \frac{(T_c - T_m)}{(T_x - T_m)} \dot{u} a = \frac{R}{C_p r}$$

- S = 이론적인 냉각시간
- A = 물질의 열확산계수
- CP = 물질의 비열
- TM = 금형온도
- T = 최대 부품두께
- R = 물질의 열전도도
- TX = 제품취출온도
- TC = 실린더온도

3. 재료교환/작업중단

(1) 재료교환(cleaning)

일반적으로 실린더(cylinder)내 재료 교환 시에는 PE 나 PP 를 이용하여 깨끗이 청소(cleaning) 후 실시합니다. 부품적인 측면에서는 재료 교환의 횟수를 줄이는 것이 이물 혼입을 최대한 막는 방법이 될 수 있습니다.

(2) 작업 중단

실린더(cylinder)내 수지는 벽면에서는 거의 흐르지 않기 때문에 장시간 작업 중단하는 경우 분해 수지 층이 형성되어 서서히 탄화된다. 이때 형성된 탄화 층은 금방 떨어지지 않으나 작업 중단이나 정지 후 실린더(cylinder) 내부 온도가 상온까지 내려가면 수축에 의해 떨어져 나와 다음 성형작업 시 혼입되기 때문에 성형 전에 cleaning을 충분히 실시한 후 시작하는 것이 좋습니다.

그리고 때때로 실린더(cylinder) 분해 청소를 하여 탄화 층을 제거하는 것이 필요하다.

본사

04532, 서울특별시 중구 소공로 94 (OCI빌딩, 14층)
Tel. 02-728-7481 Fax. 02-714-9235

연구소

15850, 경기도 군포시 고산로 166, 104동 201호 (당정동, SK벤티움)
Te Tel. 031-436-1300 Fax. 031-436-1301

Headquarters

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel. +82-2-728-7481 Fax. +82-2-714-9235

EU & America Sales

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel. +82-2-728-7467 Fax. +82-2-714-9235

Asia Sales

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel. +82-2-728-7491 Fax. +82-2-714-9235

China Sales

上海聚醚醚酮化工贸易有限公司
上海市长宁区天山路1717号SOHO天山广场2幢T2-903C室(200051)
Tel. +86-21-6237-1977; E-mail: cpac.sales@gpac-kpac.com

Disclaimer: 1. 상기 자료는 본 제품에 대해 당사의 현재 기술 수준에서 측정된 것이며, 측정 방법 및 조건에 따라 변경될 수 있습니다. 본 제품에 고객에 의해 안료 및 기타 첨가제가 사용된 경우 상기 자료는 적용되지 않습니다. 본 제품은 (치)의학 Implants 용으로는 적합하지 않으며, 고객은 안전 및 보건 기준에 따라 본 제품을 사용해야 합니다. 제품 사용의 결정 및 책임은 고객에게 있으며, 상기 자료는 법적 소송 및 근거자료로 활용될 수 없습니다.

2. 상기 성형수축률은 당사 시험편 금형을 이용하여 특정 사출조건에 한하여 측정된 수치이므로, 측정조건에 따라 다소 변동될 수 있습니다. 귀사에서 제작하고자 하는 금형의 경우 두께, 디자인, 사출기, 사출조건 등이 당사 시험편 금형과 상이하여 상기 수축률과 차이가 있을 수 있으므로, 귀사의 설계조건, 사출성형조건 등을 충분히 검토하신 후 필요 시 보정하여 적용하시기 바랍니다. 제작하고자 하는 금형과의 수축률 차이가 발생할 경우 당사에서는 어떠한 법적 책임도 질 수 없으며, 모든 책임은 귀사에 있음을 분명히 밝혀 드립니다.