

PP를 이용한 압출중공성형

박현 / (주)효성 T&C PP MDC팀

1. 개요

속이 비어 있는 Tube모양을 Parison이라 하며 이를 금형 내에서 연화(Softening)시킨 후 그 속으로 바람을 불어 넣어 성형품을 만드는 공정을 중공성형이라 한다.

중공성형의 종류에는 세가지가 있는데 압출중공성형(Extrusion Blow Molding), 사출중공성형(Injection Blow Molding), 연신중공성형(Stretch Blow Molding) 등이다.

이중 전세계에 걸쳐 사용되고 있는 용기의 약 90%정도가 압출중공성형법에 의하여 만들어지고 있으며, 다양한 고분자원료-HDPE, EVOH, PVC, PP, PET등이 재료로써 사용되고 있다.

중공성형용PP의 수요는 연간 50,000Tbn급으로 점차 늘어 나는 추세이며 특히 식품용으로 다층 Barrier Bottle의 개발로 중공성형에 있어서의 PP의 수요는 향후 수년간은 꾸준히 증가할 것으로 예상하고 있다.

2. 압출중공성형의 공정도

[그림 1]과 같이 압출중공성형은 크게 다음의 두공정을 거치게 된다.

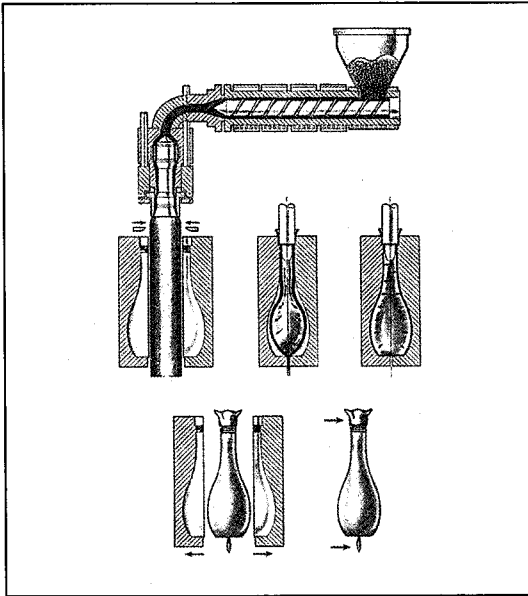
2-1. 압출기와 다이

첫번째 공정은 압출기와 Die로 구성되어진다. 이곳에서 가소화된 PP가 Parison이 되기 위하여 금형 내로 흘러들어가게 된다.

[표 1] 압출중공성형과 사출중공성형의 비교

		압출중공성형	사출중공성형
성형기 설비가		저	고
성형품	두께균일도	양호	우수
	물리적성질	양호	우수
	표면경도	양호	우수
	제품 모형설계 자유도	높음	낮음
생산성		낮음	높음
대형제품생산 가능성		가능	곤란
비고		다품종소량생산에 적당	소품종 다량생산에 적당

(그림 1) 압출 중공성형 공정도



2-2. 금형과 금형부

두번째는 금형과 금형부로 구성되어 있다. 금형내로 흘러들어 온 PP를 일정한 형태를 원하는 모양으로 유지하기 위해서는 공기압을 걸어 주어야 하는데 공기압은 성형품이 그 모양을 유지하며 충분히 냉각될 때까지 가해야 한다.

만약 Flash를 잘라내는 과정이 없다면 이 과정에서 성형품은 완성된다.

Flash는 Blow압출과정에서 필수적으로 발생되며 이는 Scrap이 아니어서 재활용이 가능하다.

3. 압출중공성형의 종류

3-1. 연속 공정과 단계 공정 (Continuous vs. Intermittent)

압출중공성형에는 연속 및 단계압출공정이 있다.

단계중공성형에는 Reciprocating Screw, Ram Accumulator, Accumulator Head System의 세가지가 있는데 단계압출기는 고속으로 Parison을 생산하기 때문에 PP에는 적용되지 않고 있다.

압출중공성형시 PP의 경우 Die를 통하여 너무 빨리 밀어낼 때 용융파괴(Melt Frction)가 일어나는 경향이 있다. 기계 속도를 늦추면 Parison이 양호하게 성형이 되기는 하나 단계중공성형기의 가격에 비교할 때 생산비용이 너무 크다.

또 다른 약점은 원료교환시 오염을 제거하기 위한 시간이 많이 걸린다는 것이다.

3-2. Co-Extrusion(공압출)

공압출 중공성형은 중공성형산업에서 확대되고 있다.

이 공정은 다양한 수지를 사용함으로써 각각의 장점을 취하여 2층이상의 수지층으로 된 공압출중공성형제품을 만들 수 있다.

예로서 Squeezed병(주 사용수지가 PP)은 현재 시중 제품은 6층이다. : PP/재생/접착제/EVOH/접착제/PP로 구성되어 있다.

어떤 메이커는 EVOH바깥에 재생제를 넣고 어떤 생산자는 EVOH안쪽에 재생제를 넣는다. PP는 병에 투명성과 수분 흡착방지성, 내열성에 따른 Hot-fill성을 주고 EVOH는 음식물을 상하게 하는 산소의 침투를 막는다.

PP는 거의 Random Copolymer가 사용되는데 그것은 Random Polymer의 투명성, 충격강도, Hot Fill성이 우수하기 때문이다.

현재 공압출성형기는 모두 연속회전 바퀴형(Conti-Rotary wheel Type)으로 알려져 있다.

4. 압출중공성형용 성형기 및 각 구성성분의 역할.

4-1. 압출기

압출기의 최우선 과제는 압출물의 구조와 치수의 균일성을 유지하면서 최대의 토출량으로 밀어내는 것이다.

이것은 다이를 통할 때의 계량에 의해서 이뤄지는데 압출기 내에서 PP를 균일하게 용융하여 일정토출량이 되도록 함이 중요하다.

충분한 혼련과 가소화를 위해서는 Screw배열이 중요하다. 이상적으로는 L/D가 24:1 이거나 20:1인 Screw가 사용된다.

Screw내의 혼련부위는 간단한 가소화에 의해 용융균일도와 성분균일도가 이루어 지지 않을 때 요구되는데 Screw의 선단에 놓여질 수있다. Dulmage, Maddok, Pinapple, Pin Mixer는 가장 일반적인 형태이다.

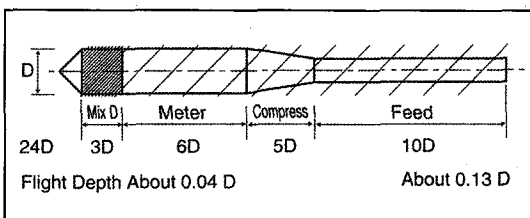
추천되는 Screw디자인은 (그림 2)와 같다.

일반적으로 40~20 Mesh스크린을 브레이크 플레이트앞에 끼워 분리가능한 오염을 방지하게 된다.

막혀버린 Screen Pack은 과도한 과열발생의 원인이 되기 때문에 일정기간이 지나면 주기적으로 갈아야 한다.

▲ HDPE, PVC, PET가공설비로 PP가공도

(그림 2) Blow Molding Extruder Screw Design



가능하나 PP는 매우 특수한 가공특성을 갖고 있으므로 우수한 가공성을 위해서는 PP전용설비가 필요하다.

▲ 압출기의 온도조건 : 정확하고 균일한 온도 조절은 PP중공압출에 있어 대단히 중요하다.

Parison의 안정도를 위하여 가능한한 낮은 용융온도로 유지하는 것이 중요하다.

일반적인 온도는 190~210℃. 230℃이상이면 PP는 일반적으로 용융장력(Melt Strength)을 잃으며 190℃이하에서는 용융이 균일하게 이루어지지 않는다.

4-2. 다이

다이의 역할은 표면 불량과 압출기 헤드에서의 수지의 정체에 의한 압출물의 분해없이 특정 요구되는 형상으로 변형(Deforming)시키는 것이다.

균일한 형상을 유지하기 위해서는 출구단면을 따라서 동일한 흐름을 가지지 않으면 안된다. PP사용을 위한 Screw Design은 용융물이 토피도(Torpedo)를 잡고 있는 스파이더를 지난후 용융물이 다시 만날 수가 있도록 설계되어야 한다. (그림 3) 용융물이 재결합할 때 혼련성을 향상시키기 위해 Spider에 의해 분리되는 부분의 아랫부분의 압력을 조금 상승시켜 주면 되는데 이렇게 하기 위해서는 고리부분(Annulus)의 단면적을 최대인 부분보다 1/5수준으로 감소시키면 된다. 또한 L/D가 10:1이 되게 하면 과도한 Die Swell과 거칠은 표면의 원인이 되는 Melt Break를 없앨 수가 있다.

4-2-1. 맨드렐(Mandrel)

중심축인 Mandrel이 Polymer의 유동로와 외부 Die벽 중간에 정확히 위치해야 Parison이 울

바르게 성형된다.

그렇지 않을 경우(한쪽으로 치우칠 경우) 한 쪽으로 더 빠른 유동이 나타나 Parison이 쭈글 쭈글 해지게 된다. Mandrel의 위치조정은 외부 다이에 붙어 있는 Set Screw에 의해 조정된다.

4-2-2. Parison의 모형조정

Parison너비는 기계적 방법이나 공압 또는 유압 Actuator에 의해서 조절할 수 있다.

Parison의 두께 조절은 Mandrel부위에서 이루어 진다. 다이의 Conical Ring부위에서 Conical Pin을 상하로 움직이면 Pin과 외부벽 사이에 틈이 생기게 되는데 이 틈의 크기가 Parison의 두께가 되는 것이다.

PP의 Die Swell과 Draw-down이 HDPE와 다르기 때문에 성형될 성형품에 적합한 최적의 Ring과 Mandrel의 선택을 위한 조정이 필요하다. Parison의 자동제어는 다양한 지름과 특수한 부착물이 있는 병에 적당하고, Head Tool의 타원화는 타원이나 사각 모양의 병에 적당하다.

Parison의 충격에 의한 깨짐을 막기 위해서는 Parison을 금형에 넣음으로서 1차적으로 팽창시킬 수도 있는데 이 방법은 PP의 경우 대단히 유용하다.

4-3. 금형

4-3-1. 금형 디자인시 고려할 사항

PP의 금형을 제작할 때 수축율이 HDPE가 2.0~2.5%인데 반하여 PP는 1.8~2.0%임을 기억해야만 한다.

금형의 경우 특히 용기의 Neck부위에서 문제를 일으키는 일이 많은데 새로운 Neck설계시 이 사항을 충분히 고려해야만 한다. PP에 사용된 대부분의 금형은 냉각수에 의해서 냉각된다.

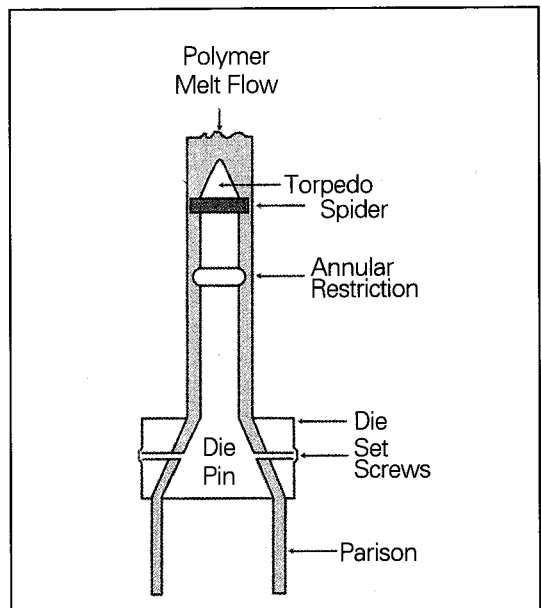
PP는 HDPE에 비해 더 높은 온도에서 성형되기 때문에 금형이 지나치게 차가울 필요는 없다.

오히려 10℃이하의 온도에서는 급속한 결정화 속도변화로 인해 최종제품에 구조적인 약점을 발생시킬 수도 있다.

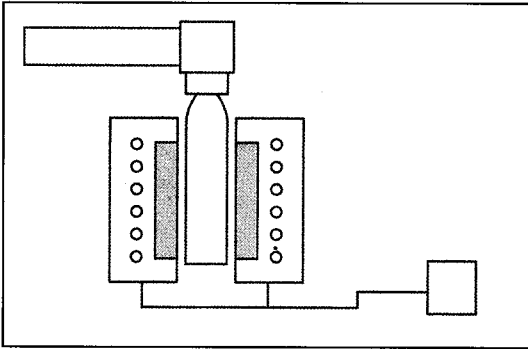
만약 냉각시간 단축을 통하여 성형사이클을 줄이고자 한다면 금형재료로서 열전도율이 높은 재료, 알루미늄과 아연합금 등을 사용하고, 냉각 효율을 높이기 위하여 [그림 4]와 같이 금형내부에 냉각회로를 만들어 냉각을 고르게 하며, 더 붙어 냉각수의 유속을 증가시킨다면 냉각의 효과는 배가될 것이다.

PP는 금형이 분리되는 방향으로의 급격한 각도의 변화는 피해야만 한다. 예를 들어 Panel과 Base Inset은 최소 3mm가 되어야 하고 용기의 구석부위는 [그림 5]와 같이 부드러운 원형이어야 한다.

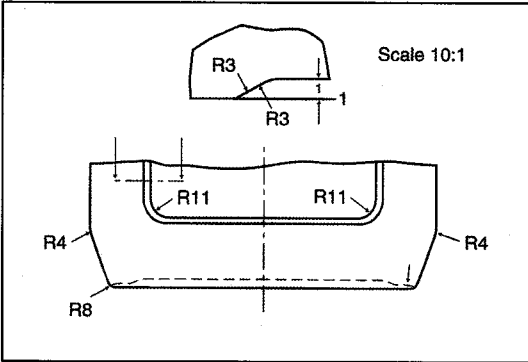
[그림 3] 중공성형용 다이의 단면적



(그림 4) 일반적인 압출중공성형 금형의 모형



(그림 5) 중공성형 금형의 하부모형



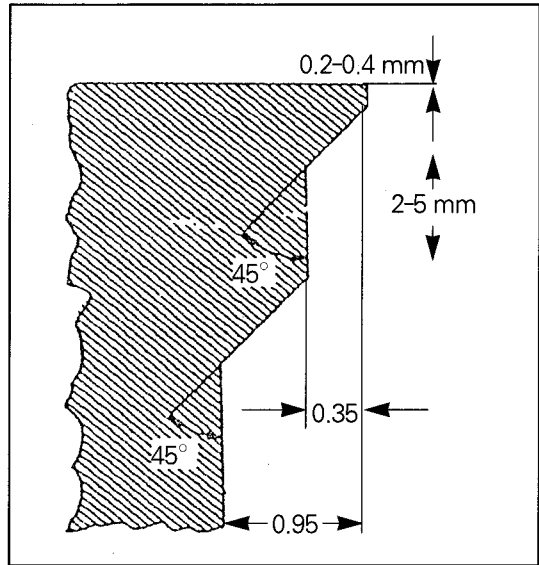
4-3-2. Pinch-off 디자인

Pinch-off 디자인에서 PP가 HDPE에 비하여 쉽게 용착된다는 것을 주의하여야 한다. 그래서 더 날카로운 Cutting Edge가 사용된다. HDPE가 Pinch-off너비로 2mm인데 반하여 PP는 0.2~0.4mm가 적당하다. 이것은 Flash를 없애는데 도움을 준다. Pinch-off 칼들은 강화강철로 만들어 지는데 금형표면은 기포발생을 막기 위하여 샌딩되어야 하고 고풍택, 고투명에 적용하기 위해서는 Vapor Honing에 의해서 표면가공을 해야 한다.

4-4. Clamping

PP공정에 있어서 가장 중요한 기계적 차이는

(그림 6) 금형 Cutting Edge 디자인



HDPE에 비해 PP용기의 하부에 Trim을 자를 수 있는 높은 힘이 필요하다는 것이다.

이것은 더 높은 Clamping Force가 필요하다는 것을 의미하는데 만약 이것이 부족하다면 생산할 수 있는 용기의 크기가 줄어든다는 것을 의미한다. 대충 절단길이 1cm당 180kg의 폐압력이 필요하다.

HDPE는 절단길이 1cm당 120~150kg이 필요하다. 만약 자르는 치구가 이 힘을 나타낼 수 없으면 수작업이 필요하다. 예를 들어 5리터용기에서 Pinch-off길이 20cm의 경우 폐압력이 3.6 톤이 필요하다.

4-5. 기타

4-5-1. 금형 Station

금형스테이션에는 Shuttle금형과 수직 혹은 수평바퀴시스템 등 여러 가지가 있다. 생산속도, 초기투자비용과 성형될 제품의 종류를 고려하여 시스템을 결정하는 것이 좋다.

4-5-2. 인쇄

PP로 성형된 병은 실크스크린 인쇄나 라벨링, 핫스탬핑, Off-Set인쇄를 하고 있다. 인쇄된 부위는 필수적으로 재가열과정을 거치며 불꽃처리 및 코로나 방전이 효과적이다

5. 중공성형용 PP소재의 특성 (HDPE대비)

- 우수한 내환경응력 특성(Environmental Stress Cracking)
- 고온 안정성(고온 충전가능)
- 우수한 Creep특성
- 우수한 탄성 회복성
- 표면 경도 향상
- 광택우수
- 고투명

- 고강성
- 낮은 저온 충격강도

6. PP의 종류별 용도


6-1. Homo Polymer

특별한 충격저항을 필요로 하지 않는 조그마한 화장품용기 및 연구용품 제약용품 등

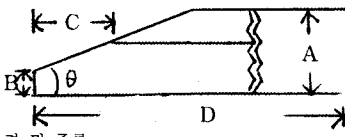

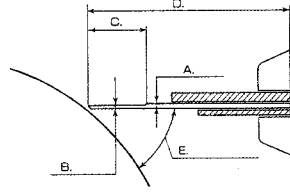

6-2. Impact Copolymer

저온충격성이 요구되는 부문에서 HDPE를 대체하여 사용하며 HDPE보다 미관적으로 뛰어난 것을 요구하는 안료용기로 사용

6-3. Random Copolymer

깨끗한 표면을 바탕으로 식료품용기, 화장품용기 및 세제용기로 주로 사용 

독타 브레이드

 <p>◆규격 및 종류 두께(A): 0.39mm, 0.55mm(표준), 1.00mm 폭(D): 30-70mm (50mm가 표준) 날의 두께(B): 0.05mm 날의 폭(C): 0.6mm 각도: 13도 재질: 폴리에스터 길이: 75m/reel(표준의 경우)</p> <p> 플라스틱 독타 브레이드(영국 ESTERLAM사 제품) 플렉소 인쇄, 그라비아 인쇄, 코팅, 라미네이션 분야에 널리 쓰이고 있다. 특히 단보루 인쇄용 플렉소 인쇄, 산화철 코팅, 접착제 코팅등에 매우 좋다</p> <p style="text-align: center;">주요한 특징</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 마모가 적어 동판이나 아니록스롤의 수명이 크게 연장되어 재가공(부식,도금) 비용이 크게 줄어든다. 2. 안전하여 손을 베는 일이 없다. 3. 재질이 유연하고 취급이 간단하여 폭이 넓은 기계에 적합하다. 4. 내용제성이 뛰어나다. 5. 롤에의 적용이 뛰어나다. 	 <p>◆규격 및 종류 두께(A): 0.15mm(표준), 0.20mm, 0.25mm 폭(D): 30-70mm (50mm가 표준) 날의 두께(B): 0.07mm(표준) 날의 폭(C): 1.20mm(표준) 길이: 100m/reel</p> <p> 스틸 독타 브레이드(스웨덴 MGS사 제품)</p> <p style="text-align: center;">주요한 특징</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 정선된 스웨덴강 사용 2. 고정도의 날연마 3. 롤 적용성이 좋은 특수날 형상 4. 긴 수명
---	--

수입판매원: 에릴상사 TEL:0343-24-4505 FAX:0343-23-8169