저압용 진공사출기의 금형 지지부 설계에 관한 연구

A Study on the Mold Support of Low Pressure Vacuum Injection

*이철희[1], #김수용[1], 한민식[1], 김태호[1], 전언찬[2]
*C. H. Lee[1], #S. Y. Kim(9630208@hanmail.net)[1], M. S. Han[1], T. H. Kim[1], E. C. Jeon[2]
[1] 동아대학교 기계공학과, [2]동아대학교 기계공학부

Key words : Clamping Force, Low Pressure , Vacuum Injection, Mold Support

1. 서론

전자 산업, 자동차 산업 및 항공 산업 등에서 경량화가 요구가 더해지면서 플라스틱 제품의 활용은 지속적으로 높아지고 있다. 이러한 플라스틱 제품을 제작하는 가장 일반적인 방법이 사출성형법이다. 사출 성형은 음각으로 제작된 형틀 내부에 용융된 수지를 주입시켜 제품을 제작하는 방법이다. 사출 성형품에 대한 정밀도 향상 및 불량을 감소하기 위해 사출 유동해석을 이용한 연구가 다양하게 수행되고 있다.[1-3] 그리고 사출 능력 향상을 위해 사출 성형기의 구조를 개선하기 위한 연구 역시 이루어지고 있다.[4] 그러나, 사출 성형기의 구조가 전통적인 형태에서 벗어나지 못하고 있으며, 그로인해 형체력을 줄이는데 한계가 있다. 사출성형기에서 형체력이 줄어들게 되면 장치의 구조를 단순화 할 수 있으며, 사출 성형시 발생할 수 있는 위험 요소를 줄일 수 있다.

따라서 본 연구에서는 저압용 진공 사출기의 형체력을 줄일 수 있는 금형 지지부를 설계하여 적용하고자 한다.

2. 이론적 배경

1) 사출 성형기에서의 형체력

일반적으로 형체력이라 함은 금형을 체결하는 힘의 최대값과 성형 가능한 최대의 투영 면적을 말한다. 수지가 사출되어 충전되면 캐비티내의 수지 압력은 금형을 열려고 하는 작용을 하지만 형체력이 그 보다 크면 금형이 열리지 않게 된다. Fig. 1은 형체력과 성형면적을 나타내고 있다.[5]

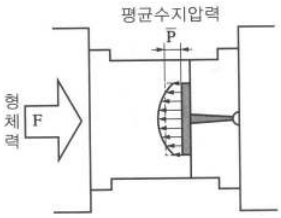


Fig.1. Mold clamping force and projected molding area

금형 캐비티내의 단위 면적당 평균압력을 $\overline{P}$(kg$_f$/cm^2)로 하고, 캐비티의 투영면적을 A(cm^2), 형체력을 F(t)라 하면

$$F \geq \overline{P} \cdot A \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

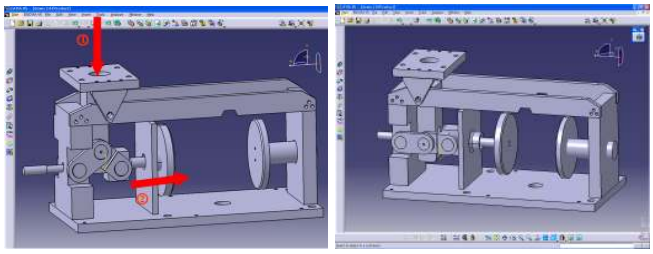
식 (1)을 만족하게 되면 금형은 열리지 않는다. 따라서 형체력이 크면 클수록 투영 면적이 큰 제품의 성형이 가능해진다.

3. 금형지지부 설계

Fig. 2는 금형 고정부의 작동 원리를 나타내고 있다. 그림 2에서와 같이 금형 고정부의 한쪽은 링크 구조로 구성되어 있다.

Fig. 2(a)는 금형 고정 전의 형상을 나타내고 있다. 실린더에 의해 수직 방향(①)으로 힘이 가해지면 고정 판은 링크의 움직임에 의해 수평 방향(②)으로 이동하여 금형을 지지하게 된다. 이러한 구조로 인해 금형을 지지하는 형체력은 실린더에서 작용하는 수직 방향을 힘이 링크부를 거쳐 수평방향으로 전환되어 나타나게 된다. 이때 금형에 작용하는 힘은 고정되어진 축에 의해 지지되게 되며 과도한 금형 내압으로 인해 링크부에서 수평을 유지하지 못한다 하더라도 압력이 수평 및 수직 방향으로 분산되게 된다. 이로 인해 형체력을 발생시키는 실린더가 비교적 용량이 적은 것을 사용하여 적은 힘이 발생하도라도 충분히 금형을 지지할 수 있도록 하였다.

Fig. 2(b)는 링크부가 완전히 일자형으로 변환한 후의 형상을 나타내고 있다. 나머지 한쪽 지지 고정부는 수동 조작에 의해 좌우 이동을 하게 되며, 금형의 전체 두께에 따라 원하는 위치 이송 후 완전 고정됨으로서 금형을 양쪽에서 지지할 수 있게 하였다.



(a) 금형 고정 전 (b) 금형 고정 후

Fig. 2. 금형 고정부의 작동 원리

본 연구에서는 두 개의 실린더를 사용하고 있다. 하나는 용융된 폴리머를 금형 내부로 충전하기 위한 실린더이고, 다른 하나는 형체력을 구성하기 위한 실린더이다. 일반적으로 폴리머를 충진함으로서 금형이 벌어지려하는 힘보다 형체력이 커야하지만 본 과제에서는 금형 지지부의 구조를 독창적인 방법으로 설계함으로서 폴리머를 충진하기 위한 실린더보다 금형을 지지하는 힘을 생성하기 위한 실린더 용량을 더 작게 구성하였다.

Fig. 3은 금형지지부에 작용하는 힘의 상태를 나타내고 있다. 금형을 지지하기 위해 최초 발생하는 힘은 실린더에 의해 전달된다.

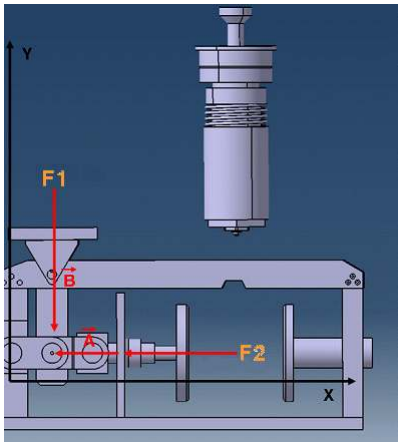


Fig. 3 금형지지부에 작용하는 힘의 상태

금형 지지부의 링크 구조는 금형내 압력이 존재할 때 일직선으로 수평을 유지하는 것이 가장 이상적이다. 만약 금형을 지지하는 힘의 크기가 사출압보다 클 경우 금형 지지부의 접촉 센서에 의해 링크 구조는 일직선을 유지하게 되지만, 사출압이 금형 지지력 보다 월등히 클 경우 링크는 밀려 올라가는 현상이 발생한

수 있다.

여기서 임의의 작용력을 바탕으로 금형 내에서 작용하는 힘과 금형을 지지하는 힘이 평형 상태를 이루는 조건을 살펴보면 다음과 같다.

Fig. 4는 힘의 평형 조건에 의해 발생할 수 있는 최대 링크 허용각을 구하기 위한 조건을 나타내고 있다. 이때 수평 방향의 힘(Fx)는 4000(kg)이고 수직 방향의 힘(Fy)는 1250(kg)으로 가정하였다. 이때 발생하는 각 θ를 구해보면

$$\tan\theta = \frac{1250}{4000}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{1250}{4000} = 17.354 \qquad (2)$$

로 구할 수 있다.

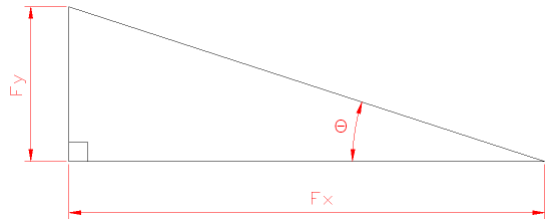


Fig. 4 링크부의 최대 허용각

Fig. 5는 수평 방향의 힘(Fx)과 수직 방향의 힘(Fy)이 금형 지지부에 작용할 때 링크부에서 평형 조건이 만족하는 상태를 나타내고 있다. 평형 조건 내에서 B 링크의 최대 이동량은 L_1이 100 mm이고 최대 허용각이 17.354°이므로 계산에 의해 29.827 mm가 된다.

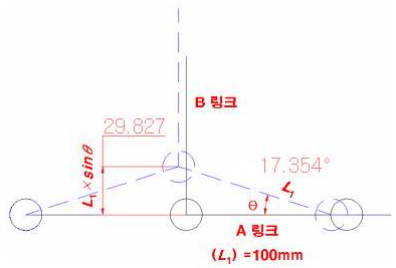


Fig. 5 링크부에서의 평형 상태

Fig. 6은 A 링크의 각도별 Fy 방향으로 전달되는 힘의 크기를 그래프화 한 것이다. 이를 통해 각도가 증가할수록 전달되는 힘의 크기가 거의 비례적으로 증가함을 알 수 있다.

Fig. 6 A 링크의 각도 변화에 따른 수직방향 힘의 변화

이와 같이 금형 내부의 급격한 압력 증가로 인해 B 링크가 밀려 이동하게 되면 금형이 벌어지게 되며, 이때 제품에는 미성형 또는 버(Burr)와 같은 불량이 발생하게 된다. 그러나 계산 조건에서는 사출압을 금형 지지력에 대해 약 4배로 설정하였다. 따라서 금형 지지력은 충분할 것으로 판단된다.

Fig. 7은 본 연구에 의한 결과를 통해 제작된 금형 지지부 링크부의 실제 형상을 나타내고 있다.

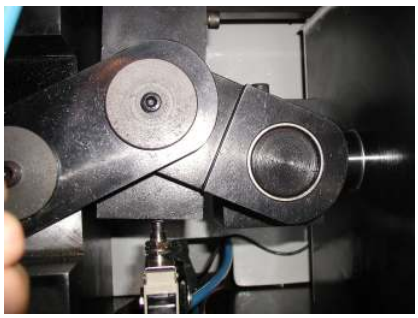


Fig. 7 금형 지지부 링크부의 실제 형상

4. 결론

사출 성형기에서 형체력을 줄이기 위한 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 사출 성형기에서 형체력을 줄이기 위한 방안으로 저압용 진공 사출기의 금형 지지부를 독창적으로 설계하였다.
2. 금형 지지부의 구조를 링크형으로 구성함으로서 금형 내압을 분산시키는 효과를 얻을 수 있어 형체력을 현저하게 줄일 수 있었다.
3. 형체력을 줄임으로서 금형 지지부의 구조를 단순화 할 수 있었다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신 인력양성사업으로 수행된 결과임.

참고문헌

1. Kim, H. P. and Kim, Y. J., “A Study on the Effects of Filling and Packing Phases on Injection Molding Process,” Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers, 11, 4, 44-53, 2002.
2. Kim, H. P. and Kim, Y. J., “Flow Analysis to Determine Runner Balance in Family Injection Molding,” Journal of the Korean Society of Machine Tool Engineers, 8, 6, 64-70, 1999.
3. Kim, B. H., Jang, W. J., Kim, J. H., Cho, J. H., Park, Y. H. and Choe, S. J., “Application of CAE in Injection Molding Process,” HWAHAK KONGHAK, 41, 5, 577-584, 2003.
4. 방영봉, Susumu Ito, "리니어모터식 사출성형기의 반력문제 및 노즐터치기구,"한국 정밀공학회지,19, 10, 171-177, 2002.
5. 민현규, "사출금형,"한국산업인력공단, 114,2003.