특 집

Partial Frame Process 성형기술

김 동 학

1. 서 론

사출성형은 열가소성수지를 가공하는 공정 중에 가장 널리 사용되고 있는 기술 중의 하나로, 이는 복잡한 형상의 제품을 제조하는데 유리하고 생산성도 매우 우수하다. 그러나, 냉각 과정에서 체적 수축이 일어나고, 성형품 전체에서 균일한 수축 외에 종종 부분적으로 표면에 싱크마크(sink mark)를 발생시킨다. 이러한 결함을 방지하기 위하여 보통은 사출 충진에 이어 수지에 의한 고압의 보압을 걸게 되는데, 수지의 높은 점도로 인해 압력손실이 발생하여 게이트 부근에서는 과충진이 되더라도 게이트에서 떨어진 위치에서는 압력이 미치기 어렵다. 또 게이트가 막힌 다음에는 수지가 보충되지도 않는다. 게이트 부근의 과충진은 성형품의 내부변형으로 남아, 휨 등과 같이 중요한 결함을 일으키는 일도 있다. 특히 성형품의 전체 또는 일부가 두꺼울 경우에 싱크마크를 피하기 위한 고압의 수지보압이 곤란하여 제품을 사출성형에 적용하는데 한계가 있었다.

이러한 일반 사출성형의 단점을 보완한 것이 가스성형기술이다. 이는 열가소성수지의 사출성형에서 성형 시에 제품 안에 기체를 주입함으로써 제품 내부에 중공부(hollow section)가 있는 성형품을 만드는 기술이다. 이는 성형품의 두께 그 자체 안에 기체를 주입하는 것으로, 패리손(parison)상태에서 형성된 공간 안에 기체를 주입하여 팽창시키는 블로우성형과는 기술적으로나 목적, 효과 면에서나 전혀 다르다.[1] 수지를 사출성형할 때 냉각으로 인한 체적 수축에 기인하는 불량을 해결하기 위해 그 체적 수축량에 적합한 중공부를 성형품 내부에 만드는 것을 기본 개념으로 하고 있다.

가스사출성형에서는 냉각이 상대적으로 늦은 두꺼운 부분에 기체가 선택적으로 들어가므로 이 부분의 싱크마크 등의 결함이 해소되고, 고압의 수지 보압을 필요로 하지 않아 성형품의 내부변형이나 휨 등의 불량도 발생하지 않는다. 가스사출성형의 특징상, 기존에는 금기사항이었던 두꺼운 부분과 얇은 부분이 공존하는 제품설계를 제약없이 할 수 있어 설계 상의 자유도가 현저히 증가한다. 또한 성형품 내부의 두꺼운 부위의 유동지원효과로 사출압력이 현저히 낮아지고 사출기의 형체력도 낮출 수 있어, 품질 향상과 원가 절감을 기할 수 있는 장점이 있다.

가스사출성형의 공정을 살펴보면 첫째, 금형 내에 용융수지를 50-95% 정도 충진시키고 둘째, 수백기압의 불활성기체(주로 질소가스)로 수지 내부를 중공화시키고(가스유동단계) 셋째, 충진이 완료된 후 고압의 가스로 보압을 유지하여 수지의 체적 수축 분을 보상하고(gas penetration) 마지막으로, 성형품 내부의 가스를 방출시킨 후 금형을 열어서 제품을 얻는 공정으로 이루어진다.[2]

한편 일본 신일철화학에서 개발한 특허기술인 PFP (partial frame process) 성형법은 기존의 가스사출성형과는 달리 저압의 공기를 이용하여 필요한 부분에만 중공을 만드는 기술로, 제품설계가 비교적 쉽고 장치 운영도 간편하면서도 가스사출성형이 갖는 효과와 장점을 그대로 유지할 수 있다. PFP성형공정은 금형 내에 수지를

김동학
1982~1986 서울대학교 화학공학과(학사)
1986~1988 한국과학기술원 화학공학과 (석사)
1988~1993 한국화학기술원 화학공학과 (박사)
1993~현재 제일모직 화성연구소 (선임연구원)

Partial Frame Process

제일모직 화성연구소(Dong-Hak Kim, R& D Center, Cheil Industries Inc., 332-2, Gochun-Dong, Euiwang-Shi, Kyungki-Do, Korea)

100% 충진시키고 저압의 공기(5-15 기압)를 이용하여 수지 내부에 void를 발생시킴으로써, 수지의 체적수축분을 void로 대체한다는 것이 기본 개념이다.[3-6] 이는 가스 유동단계가 없기 때문에 가스사출성형에서의 난점인 가스유동의 조절 및 발란스 문제를 피할 수 있다는 장점이 있고, 공기를 이용하는 공정이므로 고압의 질소가스를 사용하는데 따르는 비용을 절감할 수 있는 장점도 있다.

따라서, 본 고에서는 PFP성형에 대한 이해를 돕기 위해 기본 원리 및 void 형성과정에 관해 자세히 설명하고, CAE 활용예 및 제품 적용시 효과에 대해서도 살펴보고자 한다.

2. PFP성형의 원리

2.1 진공 Void와 성형품의 외관

리브 또는 보스와 같은 두꺼운 부분이 있는 성형품의 경우, 두꺼운 부분은 얇은 부분에 비해 상대적으로 용융수지가 많아서 냉각이 늦게 되고, 또 이로 인해 수축이 발생한다. 이러한 수축으로 인한 결과는 두가지 현상으로 나타나는데, PS, ABS, polyolefin, 변성 PPO 등과 같은 수지는 표면이 함몰되는 싱크마크가 발생하고, PC, acryl수지 등과 같은 수지는 내부의 진공 void가 나타난다. 진공 void가 발생한 경우는 표면에 싱크마크가 현저히 줄어든 것이 관찰되는데, PFP성형법은 이와 같은 원리를 적극적으로 이용한 기술이다. 즉 두꺼운 부분에 존재하는 수지의 수축분을 내부에 void를 인위적으로 만들어서 흡수함으로써 외관에서는 싱크마크를 없애고 성형품 각 부위의 수축을 균일하게 하는 것이다.

2.2 Void와 성형품의 잔류응력

사출성형품은 성형공정에 따른 내부응력이 잔류하고 있으므로, 이것이 휨이나 변형 혹은 수축의 원인이 된다. 성형재료가 냉각, 고화됨에 따라 체적수축에 의해 성형품 내부에서 응력이 발생하므로, 적당한 방법으로 인위적인 void를 형성시키면 이 void는 잔류응력을 흡수하면서 내부응력을 완화시켜 준다. 따라서 잔류응력에 기인한 휨이나 수축 등의 변형도 없어진다.[3]

사출에서 냉각, 제품취출에 이르기까지 내부응력의 시간에 따른 변화는 **그림 1**에 나타나 있다. 그림에서 알 수 있듯이 PFP성형에서는 일반성형과 비교해서, 성형품의 최종응력이 현저하게 줄어든다.

3. 가스사출성형에 의한 중공화

가스사출성형법은 성형품을 내부에서 고압가스에 의해 보압하는 것으로, 성형수축이 내부의 가스압에 의해 보상

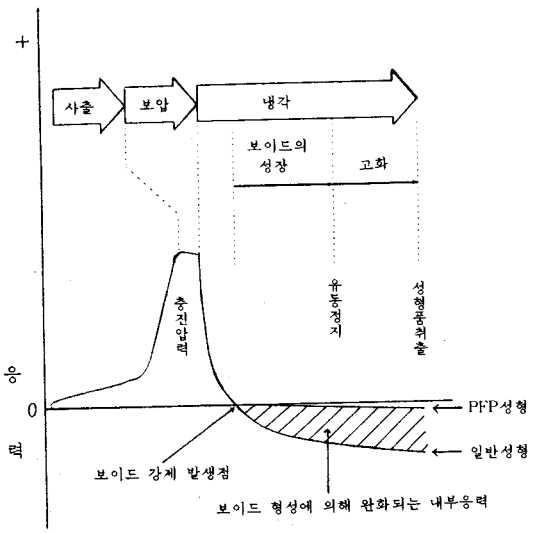

그림 1. 사출성형공정에서 시간에 따른 수지층 내부의 응력 변화.

되면서 금형 표면의 형상을 충실히 재연하여 수축이 방지된다고 생각해 왔다.

그리고 고압가스에 의해서 성형품 내부에 형성되는 중공부의 내부공간부피[V_g]는 short shot에 의한 수지 미충진분의 부피[V_i]와 가스압력에 의한 수지 압축부피[V_p] 및 수지의 온도변화에 따른 수축부피[V_s]의 합으로 형성된다고 설명되고 있다.[7]

가스압력에 의한 수지 압축부피 [V_p]는, 사용하는 수지의 PVT곡선에서 통상의 가스사출성형에서 사용하는 20 MPa 정도의 가스압인 경우에는, 단순하게 계산하면 몇 % 압축대가 예상된다. 종래의 가스사출성형법은 이 압축작용으로 성형품의 성형수축을 방지하고, 수축의 발생을 억제한다고 생각해 왔다. 그러나 실제로는 가스압력이 사출압력보다 과도하게 크지 않는 한, 사출되는 용융수지는 이미 사출압력에 의해 압축된 상태에서, 사출기에서 캐비티로 유입되므로, 가스를 주입해도 그 압축용적을 기대하는 것은 거의 불가능하다.

3.1 중공부 형성

Yamamoto에[8] 의한 중공부 형성과정의 가시화 실험결과에 의하면 "가스주입에 의한 중공부 형성은, 금형으로의 용융수지가 just pack 전후에 크게 다르다. 즉, (a) Just pack 전(short shot)에는 중공부는 급격하게 형성되는 동시에 그 가스압으로 영향을 받는데 반하여 (b) Just pack 후 (full shot)에는 수지의 냉각수축에 따라 빠르게 충진 수지량의 수축총량에 상당하는 체적까지 중공부가 서서히 성장하고, 가스압의 영향은 받지 않는다"고 되어 있다.

따라서 이 결과에서 보면, (a)의 단계에서 가스압에 의해 수지 미충진분의 중공부[V_i]가 형성되고, (b)의 단

(a) Just pack시

(b) Just pack후 가압유지 (20 kgf/cm^2)

(c) Just pack후 대기개방

그림 2. 냉각공정에서의 중공부 형성 (a) just pack시, (b) just pack후 가압유지 (20kgf/cm^2), (c) just pack후 대기 개방.

계에서 수지의 온도변화에 따른 수축으로 중공부[V_s]가 형성되게 되어, 가스사출성형의 중공부 부피[V_g]는, 종래 생각했었던 $V_i+V_p+V_s$에서 V_p를 빼고 V_i+V_s로 나타낼 수 있다.

V_s는 냉각공정에서 수축발생의 원인이 되는 성형수축에 상당하므로, V_s가 가스압의 영향을 받지 않는다고 하면, 가스압의 역할에 대해서 다시 검토할 필요가 있다. 그래서 V_s형성에서 가스압의 작용을 확인한 가시화 금형실험결과를[7] 살펴본다(**그림 2**).

Short shot법에 의해 2 MPa 공기압으로 용융수지를 just pack시킨 후, 계속해서 냉각완료까지 가압을 계속한 경우와 즉시 공기압을 대기에 개방한 경우, 두쪽 모두 충진 수지량의 수축총량에 상당하는 같은 양의 체적의 중공부가 냉각공정 중에 성장해서, 성형품에는 수축이 발생하지 않았다.

이 결과로부터, 수지의 수축총량에 상당하는 체적의 중공부[V_s] 형성에 가스압의 영향이 없을 뿐만 아니라, 가스압 그 자체를 필요로 하지 않는다는 것을 알 수 있다.

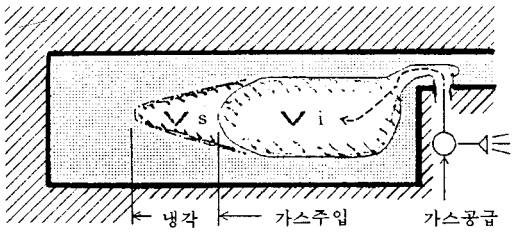

그림 3. 냉각공정에서의 중공부의 성장 과정.

3.2 가스압을 가하지 않는 중공부 형성

그런데 캐비티에 용융수지를 full shot한 경우라도 중공부를 형성할 수가 있다. 이 경우, 수지의 미충진분의 부피[V_i]는 생성되지 않으므로, 수지의 수축총량에 상당하는 체적의 중공부[V_s]만이 형성된다.

Short shot인 경우는, **그림 3**과 같이 먼저 형성된 V_i의 존재로 V_i에서 V_s분이 성장하지만, full shot인 경우는 V_i가 존재하지 않는다. 그러므로 용융수지에 주입하는 가스압을 사출압보다 훨씬 크게한 경우에만 다소 압축부피분[V_p]이 발생하여 V_i대신에 V_s형성을 촉진하고 있다고 생각할 수 있다. 그러나 아크릴 수지같은 두꺼운 성형품에 자연 발생하는 void를 생각한다면, 가스압을 가하지 않더라도 수축방지를 위한 충진 수지의 수축총량분의 중공화(V_s형성)가 가능하다는 것을 알 수 있다. PFP 성형법에서는 이 현상을 강제로 발생시키고 있다.

그런데 full shot인 경우, 중공부의 끝 주변에서는 수지수축을 보상하는 유동이 발생하는 것을 Yamamoto가[8] 관찰하였다. 일반 사출의 경우, 수지수축을 보상하는 유동은 보압공정에 있어서 사출성형기의 2차 압력에 의해 생긴다. 가스사출성형의 경우에는 가스 유지압이 2차 압력으로 작용한다고 말하지만, 이 수지수축을 보상하기 위한 유동이 어떻게 일어나고 있는지를 아는 것이 중공화 메카니즘을 이해하는데 중요한 부분이다.

4. Void발생 메카니즘

4.1 Void 형성

금형 내의 캐비티에 용융수지가 충진되면, 즉시 체적수축이 시작되어 급속하게 수지 내부의 압력이 떨어지기 시작한다. 이러한 충진 압력은 수초 내에 없어진다. 그러나 냉각에 의해 수축이 계속되고 있으므로, 외부의 주위를 스킨층(또는 고화층)에 둘러싸여 있는 수지 내부에서는, 캐비티 벽으로부터 스킨층이 박리되지 않는한, 대기압보다 낮은 압력 상태가 발생하게 된다.

PFP성형법은, 이러한 압력 상태를 이용해서 두꺼운 부위에 void를 발생시켜 가스사출성형과 같은 효과를 얻고 있다. 구체적으로는, 냉각 공정의 초기에 수지의 체적

수축에 의해 두꺼운 부분의 압력이 대기압보다 낮아지게 된 시점에서, 캐비티 벽에 접한 수지 표면의 스킨층에 작은 구멍을 뚫으면 수지 내부와 대기와의 압력 차이로 공기가 흡입된다. 따라서 용융수지가 냉각고화하는 과정에서 생긴 체적수축량에 상당하는 void[V_s]를 형성시켜 수축을 방지하는 것이다.

이러한 작은 구멍을 만들기 위해서, 각 두꺼운 부위에 해당하는 캐비티 임의의 위치에 핀 형상의 void삽입부를 금형에 설치한다.

그림 4는 PFP성형에서 void가 두꺼운 부분에 형성되는 과정을 보여주고 있다. 캐비티에 충진된 용융수지는 충진압력으로 캐비티 면에 몰리게 되어 접한 표면층이 즉시 고화되면서 스킨층을 형성한다. 이때 캐비티 내에 돌출한 void삽입부의 끝단은 뾰족하므로 끝부분으로 갈수록 스킨층이 얇게 형성된다. 유동이 정지한 후, 체적 수축이 일어나서 수지 내부의 압력이 급속히 저하되어 대기압보다 낮아질 때, 핀 끝부분의 얇은 스킨층이 파괴되어 약 0.5 mm 정도의 작은 구멍이 형성된다.[3~6]

이 구멍을 통해 공기를 흡인시켜, 용융수지층의 내부에서 void의 핵이 되는 작은 기포가 형성된다. 이 작은 기포가 형성되는 시점이 캐비티 내부압이 제로로 되는 점과 거의 일치한다는 것이 Aida에[7] 의해 확인되었다.

4.2 Void핵의 성장

Void핵이 일단 생성되면, void핵에 수지 수축으로 내부에 축적되어 있던 응력이 흡인력으로써 작용하여 **그림 5**와 같이 성장을 개시한다. Void핵이 형성된 후에는 외부 공기압력을 즉시 대기압으로 내리더라도 void성장 거동에 그다지 영향을 미치지 않는다.

Void의 성장속도(또는 길이)와 냉각 시간과의 관계를 살펴보면, 초기에 성장길이가 급속히 증가하다가 어느 정도 시간이 경과한 후에 일정한 값을 갖는다는 것을 Aida 등의 가시화 금형을 이용한 실험 결과로[9] 알 수 있다. 한편 최근에 연구된 이론적 모델은[10] void성장길이에 대한 해석적인 해를 제공하고, 위와 같은 실험 결과도 잘 설명하고 있다. 이 모델에 의하면 void의 성장길이(l)는 다음과 같이 표시된다.

$$l=\left(\frac{R}{r_v}\right)^2\times L\frac{b(T_o-T_w)}{a+bT_o}\times$$

$$(1-0.692e^{-5.78F_o}-0.131e^{-30.5F_o}-0.0534e^{-74.9F_o}-\cdots) \quad (1)$$

위 식에서 사용되는 polystyrene에 관한 물리상수와 금형조건은 다음과 같다.

수지온도	T_o=250 ℃	$b1_m$	=0.000986 m³/kg-K
금형온도	T_w=40 ℃	$b2_m$	=6.36×10⁻⁷m³/kg-K
유리전이온도	T_g=100 ℃	$b3_m$	=1.9×10⁸ Pa
열확산계수	a=9.44×10⁻⁴cm²/s	$b4_m$	=0.004109 1/K
원통반지름	R=3 mm	$b5$	=373.15 K
원통길이	L=135 mm	a	=$b1_m$-$b2_m b5$
Void반경	r_v=1/2R	b	=$b2_m$

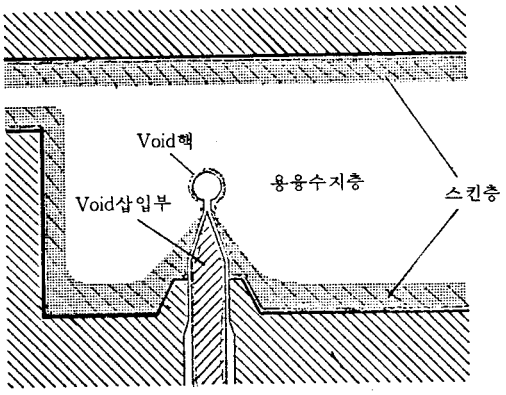

그림 4. Void의 형성.

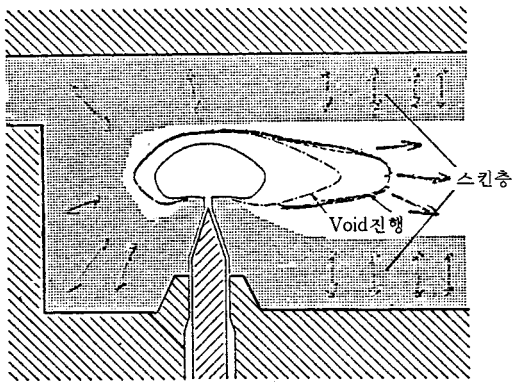

그림 5. Void의 성장.

여기서 대상으로 한 성형품은 원통 형태이고, 고분자의 상태 방정식은 가장 널리 사용하는 있는 2-domain modified Tait equation이다. a와 b는 Tait equation의 물리상수의 조합이고 F_o는 무차원 시간이다.

그림 6은 실험과 이론치를 비교한 것으로 전반적으로 모델이 실험결과를 잘 설명하고 있다는 것을 알 수 있다. 이론치가 초기영역에서 실험치와 다소 편차를 보이는데, 이는 실험에서는 냉각시간을 기준으로 void의 길이를 측정하였기 때문이다. 실제로 void핵을 만들기 위해서는 스킨층을 뚫기 위한 공기압이 필요하고, 가해진 공기압으로 void가 생성되기까지 수초의 시간이 걸린다. 이러한 void생성에 필요한 지연시간을 감안한다면, 이론적 모델은 void성장을 잘 설명한다고 볼 수 있다.

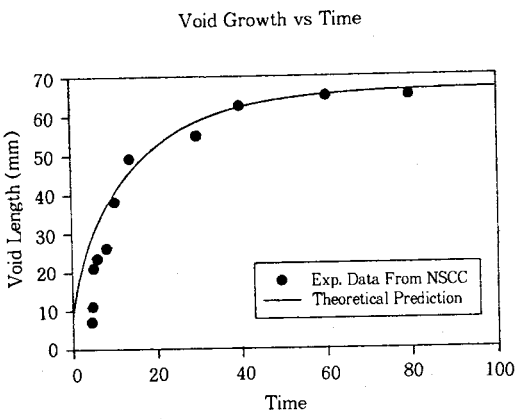

그림 6. 시간에 따른 void성장길이의 변화;신일철화학(NSCC)의 Aida 등이 가시화 금형을 이용하여 관찰한 실험 결과(●), Kim 등에 의해 연구된 이론적 계산 결과(−).

Void는 성장하는 끝단 주변의 용융수지가 유동정지온도까지 내려가면 그 확장을 정지한다. 그리고 외부 공기의 도입을 일정시간 이상 지연시키면 void핵이 형성되어도 void 자체의 성장은 줄어든다. 이는 냉각 진행과 함께 스킨층이 발달하고 내부의 용융 부분의 점도가 높아져서 void가 성장하는데 저항으로 작용한다고 생각할 수 있다.

또한, 용융 점도가 높은 수지의 경우나 두꺼운 부분의 단면적이 작은 경우에는, void핵 안으로 도입되는 외부 공기압력을 10기압 정도로 유지하면, void의 성장속도를 다소 가속시키는 효과가 있다. 그러나 가스사출성형의 경우와 마찬가지로 압력을 높이는 것으로 가속효과를 기대하기는 어렵다.

이러한 각종 현상으로부터 void의 성장은, 용융수지의 냉각에 따른 수축운동에 의해 발생되어 스킨층의 성장이나 내부 용융층의 점도 상승 등과 같은 저항 요소와 경쟁하면서 성장을 진행한다고 말할 수 있다.

5. 가스사출성형과 차이점

PFP성형은 냉각 공정에서 수지 내부가 대기압보다 낮은 상태가 되는 것을 이용하는데 반해, 가스사출성형은 가압 상태 유지를 목적으로 하고 있다. 사출공정에 있어서, 가스사출성형은 사출된 수지 유동 중에 현저하게 유동성이 다른 기체를 유입시켜서 두꺼운 부분에 중공부를 형성하지만, PFP성형에서는 일반 사출성형과 같이 수지를 충진시키고 수지의 냉각 단계에서 가장 냉각이 늦어지는 두꺼운 부분 중심에서 외부 공기를 흡입시켜서 void를 형성하게 된다. 이러한 차이 때문에 부분적으로 두꺼운 부위의 영향도 달라지게 된다.

5.1 성형품 단면 형상

가스사출성형의 경우 고압가스는 저항이 작은 고온부와 두꺼운 부분으로 선택적으로 진행하므로 가스의 흐름을 조절하기 위해서는 단면 형상이 제한될 수 밖에 없다.

본래 성형품에서 두꺼운 부분은 기능의 추가나 단면의 2차 모멘트 향상이 목적이므로 PFP성형법과 같이 원하는 부위에 중공부를 형성하는 것이 단면형상을 보다 자유롭게 설정할 수 있다.

5.2 저압성형에의 기여

가스사출성형에 있어서 성형압력이 낮아지는 것은 가스 채널을 통해 충진 압력이 효율적으로 전달되기 때문이라고 설명되지만, 부분적으로 두꺼운 부위를 갖는 성형품의 경우는 두꺼운 부위 자체의 유동저항이 매우 낮으므로 충진 압력이 그다지 높지 않다.

실제로 저압성형의 이점을 살릴 수 있는 대형 성형품은, 가스 채널이나 두꺼운 리브 등으로 보강한 short shot비율이 현저히 낮은 성형품이므로 중공부가 형성되기 이전에 대부분의 수지는 충진되어 있어, 가스 압력에 의한 충진효과보다는 두꺼운 부분 자체의 유동지원 효과가 저압성형에 크게 기여한다.

5.3 성형품의 품질

PFP성형과 가스사출성형은 싱크마크를 방지하기 위한 보압 공정이 필요하지 않으므로, 수지의 과도한 충진으로 인한 잔류 응력이 거의 없고 성형 편차를 감소시켜 안정된 치수 정밀도를 유지할 수 있다.

그러나 가스사출성형에서는 고압의 가스로 형성된 가스채널 부위와 그 주위와의 광택 차이가 발생하는데[11] 반해, PFP성형은 성형품의 각 부위의 수지 밀도 차이가 적으므로 가스채널 부근에서 나타나는 광택차이가 발생하지 않는다.

6. PFP성형용 설비

6.1 사출성형기

- 일반 사출성형공정과 동일하다.
- 형체력과 사출압력 등은 기존보다 낮거나 동일하다.

6.2 금형

- 금형의 기본구조는 일반금형과 동일하다.
- 압축공기를 공급하기 위한 배관작업이 필요하다.
- 금형에 void발생 장치를 설치한다.
- 성형 사이클 시간의 단축을 위해 두꺼운 부분의 냉각 효율을 고려해야 한다.

6.3 부대설비

- 압축공기를 공급하고 제어하는 장치가 필요하다.

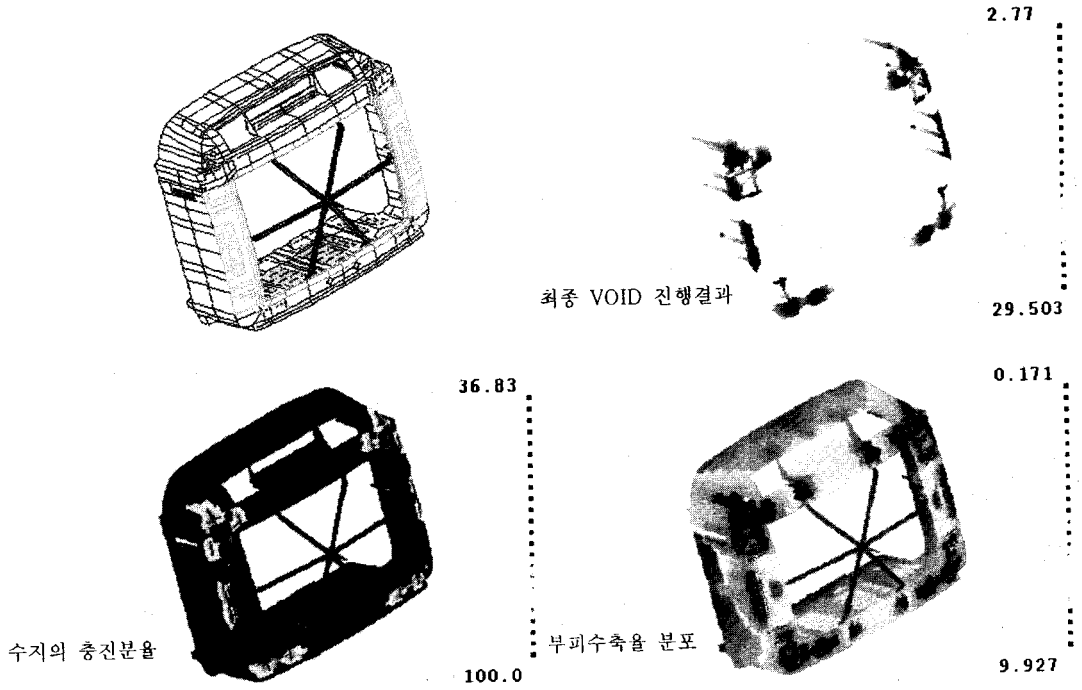

그림 7. 21인치 TV의 front cabinet에 대한 PFP성형 해석결과.

7. PFP성형품의 설계 및 CAE해석

성형품의 설계는 기본적으로 일반사출성형의 경우와 같이 수지가 금형 캐비티에 원만하고 균일하게 충진되도록 하는 것이 필요하다. 그러나, PFP성형품은 두꺼운 부위가 flow leader가 되어 균일한 두께로 설계된 일반 성형품에 비해 원활한 유동 발란스가 어렵기 때문에 air trap이나 flow mark 등의 성형 불량이 발생할 수 있으므로 CAE해석을 통한 수지의 유동 패턴을 확인하는 것이 바람직하다.

그림 7은 video tape deck 일체형인 TV front cabinet에 관한 PFP성형 해석결과를 나타낸 것이다. 종래에는 이 제품과 유사한 제품들의 경우 일반사출로 성형하였는데 수축에 의한 싱크마크를 방지하고 체결 부위의 강도를 유지하기 위해 많은 수의 얇은 리브로 각 보스 부위를 지지하도록 설계되어 왔다. 그 결과 원하는 강도를 얻기 위해서는 매우 복잡한 설계와 많은 수의 얇고 긴 리브를 설치할 수 밖에 없어 과도한 사출압력 및 복잡한 금형 설계로 인해 성형성이 크게 떨어지고 생산성도 저하되는 문제점이 발생해 왔다. 따라서 이 제품의 PFP성형법을 적용하여 그 적합한 게이트 시스템, 보스 및 리브 설계, void 채널의 적절한 설계를 위해 CAE해석을 수행한 것이다.

해석결과, 6개의 게이트에 의해 균일한 유동 발란스를 이루었고 사출압 및 온도 분포도 매우 양호하였다. 수지의 충진 직후에 보압단계를 거치지 않고 void를 형성시킨 결과 void채널, 리브 및 보스 등에 원활하게 void가 생성되는 것으로 해석되었다.

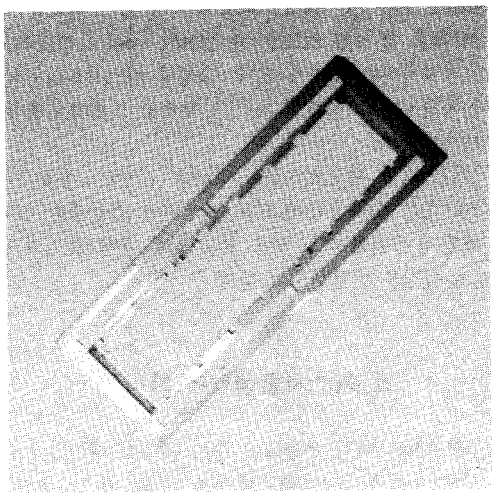

그림 8. 천정부착용 에어콘 프레임.

결과에 나타난 부피 수축율 분포를 보면 CRT와 접하는 부위와 두꺼운 리브와 보스 부위의 수축이 거의 발생하지 않았는데, 이는 두꺼운 부분의 수축분을 내부의

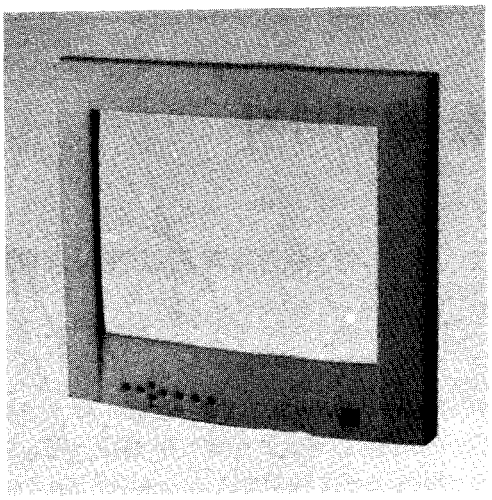

그림 9. Monitor front cabinet.

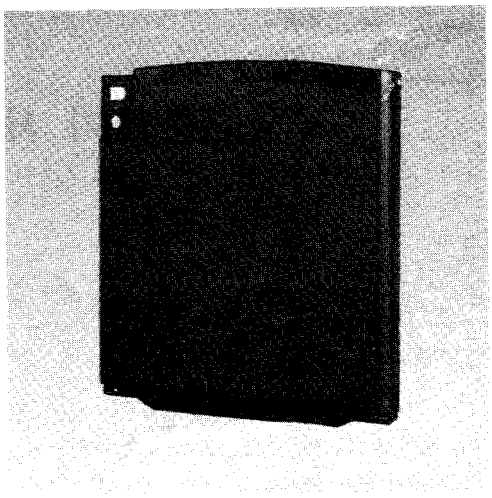

그림 10. 냉장고 top cover.

void가 상쇄시킨 결과이며 이로 인해 치수안정성 및 외관 품질이 크게 향상되리라 예상되었다.

이상과 같은 CAE해석결과는 제품설계를 사전에 검증하고, 실제 금형을 제작하는데 있어서 유용한 가이드 라인이 된다.

8. PFP성형의 적용사례

PFP성형품은 가전 및 OA기기, 자동차 등의 분야에서 많이 개발되어 있고 그 응용방법도 다양하지만 가장 대표적인 성형품은 다음과 같다.

8.1 보강재료를 사용하지 않은 고강성의 구조체

그림 8은 공조장치 실내기의 틀을 나타낸 것으로 크기가 1860×690 mm이고 금속 보강재를 삭제하는 대신에 자유로운 리브 구조로 우수한 강성을 구현하였다. 또한 외관 품질이 우수하고 경량화를 통한 원가 절감을 실현하였다.

8.2 부품을 일체화한 성형품

그림 9는 monitor front cabinet으로 기존에는 브라운관을 체결하기 위해 금속부품을 사용하였는데 브라운관을 지지하는 보스의 두께를 두껍게 하여 강도를 높임으로써 부품을 일체화하였다. 그리고 기존의 얇은 리브와 보스의 복잡한 구조로 인해 발생하였던 weldline, 싱크마크 등과 같은 불량을 해소하였다. 따라서 외관 품질의 향상으로 도장 공정을 거치지 않는 성형품의 생산이 가능하였다.

8.3 수축과 휨 등의 변형이 없는 성형품

그림 10은 냉장고의 top cover를 나타낸 것으로 사각형태의 성형품에서 자주 발생하는 휨 변형을 PFP성형을 적용하여 해결한 사례이다. 제품의 강도를 높이기 위해 외부 둘레에 두꺼운 부위를 설치하고, 수축과 휨 등의 변형은 void를 이용하여 방지한 것이다.

참 고 문 헌

1. 腹部健一, "가스 어시스트 중공 사출성형기술의 특징, 기능과 중대형 외장 성형품에 적용한 효과-외관 개량 기술과 적용 사례" 프라스틱 성형기술 6월호, 234 1995.
2. L. S. TURNG, "Development and Application of CAE Technology for the Gas-Assisted Injection Molding Process," Advances in Polymer Technology, Vol. 14, No. 1 (1995).
3. 新日鐵化學, 特開平 5-16177.
4. 新日鐵化學, 特開平 5-293854.
3. 新日鐵化學, 特開平 6-79758.
3. 新日鐵化學, USP-5232654.
7. HIROSHI AIDA(相田 宏), "射出成形品厚肉部の中空化", プラスチツク成形技術, 第11券, 第12號, 32 (1995).
8. 出本原田, 成形加工 '94(プラスチツク成形加工學會年次大會豫稿集), A210 (1994).
9. Technical Meeting with H. AIDA (1995).
10. D. -H. KIM and K. H. AHN, "The Growth of Void in Partial Frame Process," in preparation (1996).
11. 大元英俊, "ガスアツスト射出成形の不良現象とその對策", 成形加工, 第8卷, 第4號 (1996).