폴리머 필름을 이용한 초미세 발포 사출물의 표면 개선 연구

The Study on surface improvement of microcellular injection molding product using polymer film

*김학빈 [1], #차성운 [2], 박준영 [3]

*H. B. Kim[1], #S. W. Cha(swcha@yonsei.ac.kr)[2] , J. Y. Park[3]

[1] 연세대학교 기계공학과, [2] 연세대학교 기계공학부, [3] 연세대학교 기계공학과

Key words : microcellular injection molding, surface improvement, polymer film

1. 서론

초미세 발포 공법은 플라스틱 경량화를 위해 개발되었다. 초기에 일괄처리공정에서 시작된 이 신기술은 1990 년대 초부터 대량 생산 공정인 압출에 접목되기 시작하면서 많은 사람들의 주목을 받았다. 압출 공정에 성공적인 정착을 하고 사출 공정에 접목되기 시작한 초미세 발포 공정은 원래 목표하던 플라스틱 경량화에 성공했지만, 사출 공정 과정에서 생산된 제품의 표면에 가스 흐름 자국으로 불리는 Flow mark 가 생성되는 문제를 야기시켰다.

가스 흐름 자국은 사출 공정의 과정에서 야기되는 문제로 물리적 발포 방법인 초미세 발포 공법을 적용하기 위해 사출기의 배럴에 주입된 가스가 수지와 함께 섞여서 금형으로 들어간 뒤 수지가 고화되면서 가스가 금형 내에 잔류하면서 생기게 되는 가스의 흐름 자국이다. 이는 제품 표면에 남아서 사출 공정에 의해 생산된 제품의 가치를 떨어지게 만들고 있다.

초미세 발포 사출 공정을 진행하는 데 있어 가스 흐름 자국 문제를 해결하기 위해서 많은 연구자들이 이전부터 이 문제를 연구해왔다. Cha 는 금형의 온도를 높이는 방법을 이용해 수지의 고화를 늦춤으로써 금형에 가스가 달라붙게 되는 것을 방지함으로 이 문제를 해결하고자 하였다.[1] Lee 는 초미세 발포 사출 공법을 진행함에 있어 금형 내에서의 수지의 온도 분포를 연구해서 초미세 발포 사출물의 표면에 생성되는 스킨층을 연구, 초미세 발포 사출물의 표면에 문제가 생기는 원인에 대해 분석 하였다.[2] 현창훈은 폴리머 필름을 금형 내에 부착시켜 금형에 단열층을 만듬으로서 수지의 고화를 막아서 초미세 발포 사출물 표면을 개선하고자 하였다.[3]

초미세 발포 사출 기술의 여러 가지 장점과 효용성에도 불구하고 기술의 사용범위가 확대되는 속도는 매우 느린 편이다. 그 이유는 MCPs 사출 성형 제품의 표면에 나타나는 가스 흐름자국과 같은 표면 품질의 저하와 관계가 깊다. 이 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 금형 면에 단열처리를 통한 표면 개선의 방법을 선택하였다. 그리고 다양한 폴리머 필름을 설치, 최적의 단열처리를 통한 사출 제품의 표면개선을 위한 연구를 수행하였다.

2. 이론

2.1 초미세 발포 사출

초미세 발포의 원리는 플라스틱 재료 내부에 고압, 저온의 가스를 확산을 통한 물리적 방법으로 용해시킨 후 압력을 높이거나 온도를 높여 열역학적 불안정 상태를 유발시킴으로써 용해도 차이에 의해서 플라스틱 내부에 용해되어 있던 가스가 플라스틱 내부에서 나오면서 기포가 생성되도록 하는 것이다.

초미세 발포 공정을 사출성형에 접목하는 방법은 사출공정 과정 중 계량하는 과정에서 배럴의 일정한 위치에 가스를 주입하면 스크류로 인해 배럴 내부에서 플라스틱과 가스가 하나의 상(Phase)로 혼합되게 된다. 이렇게 혼합된 플라스틱-가스 용액은 사출되는 과정에서 금형으로 들어가면서 급격한 압력 강하를 겪어 발포가 일어나게 된다.

2.2 금형 내 발포 수지의 유동

금형 내의 수지의 흐름은 수지 중심부에서 분수와 같은 형식의 일반적인 점성 유체의 흐름과 동일한 형태의 흐름을 가진다. 이때 수지유동의 끝단부에 가스가 발생하여 수지의 유동을 방해하여 빈 공간이 생기게 된다. 이 빈 공간에 모여 있던 가스들이 유동선단 쪽으로 빠져 나가면서 막혀있던 부분의 수지를 밀어 내게 되고 이때 표면의 수지들이 늘어 나게 된다. 이렇게 늘어난 수지들이 그대로 고화되어 사출이 완료된 후 제품을 보았을 때 빛의 굴절 정도가 달라 가스 흐름 자국으로 우리의 눈에 보이는 것이다.

2.3 사출 성형 시 금형과 수지의 온도 분포

초미세 발포 사출 성형 시 사출되는 과정에서 뜨거운 수지가 금형과 만나면서 순식간에 냉각되어 스킨층을 형성하고 완전 충진 후에는 내부까지 냉각된다. 일반적인 수지가 금형 내 충진이 되며 빠른 속도로 냉각이 되어 스킨층을 형성하는 것과 달리 금형표면에 폴리머 필름을 설치하여 수지를 충진 하였을 때에는 필름이 단열층을 형성하여 스킨층의 형성 시간을 늦추어 발포 수지에서 나오는 가스가 유로를 통해 외부로 배출되는 시간을 주며 잔류 가스로 인해 표면층의 수지가 늘어나지 않는다.

3. 실험

실험 장비 및 사용 재료

사출 장비는 우진세렉스의 120 톤 사출기를 기본으로 하여 초미세 발포 사출 전용으로 개조된 사출기를 사용하였으며 금형은 1.8mm 의 두께를 갖는 평판의 시편을 제작할 수 있는 금형을 사용하였다. 발포가스는 질소를 사용하였다. 발포 성형 수지는 GS-CALTEX 의 MT42TB 수지를 사용하였으며 이 수지는 PP 에 Talc 가 20% 혼합된 수지이다. 금형에 단열층으로 사용되는 필름은 두께 0.1mm 의 폴리머 수지를 사용하였으며 각 실험에 사용한 폴리머 필름 종류는 PP, PC, APET, Tefron 필름이다.

실험 내용

실험은 초미세 발포 공정 전용 사출기를 이용하여 진행되었다. 실험 내용은 금형의 고정측 면에 폴리머 필름을 고정 설치하고 사출성형 실험을 수행하였다. 가스 투입 조건은 압력 250bar 에 1 초간 투입하였으며 투입량은 약 0.5wt%이다. 사출속도는 고속으로 시행하였다.

실험결과

최초 실험은 일반적인 초미세 발포 사출 성형실험을 실시하였다. 결과는 Fig. 1 에서 보는 바와 같이 제품의 표면에 하얀색의 가스흐름 자국이 나타나는 것을 볼 수 있다.

Fig. 1 General surface of microcellular injection molding product

그리고 아래 Fig. 2-5 는 각 폴리머 필름을 부착했을 때의 초미세 발포 사출 성형품의 표면이다.

Fig. 2 Surface of microcellular injection molding product using APET Polymer film

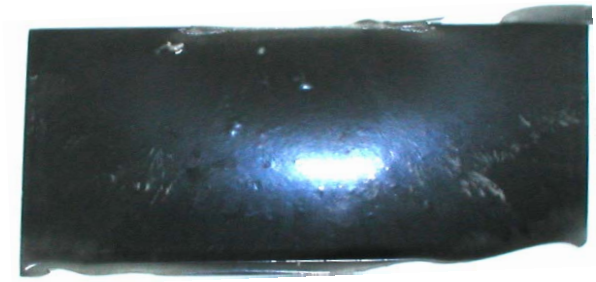

Fig. 2 Surface of microcellular injection molding product using PC Polymer film

Fig. 3 Surface of microcellular injection molding product using PP Polymer film

Fig. 4 Surface of microcellular injection molding product using Tefron Polymer film

금형의 고정측에 필름을 설치하였을 때 초미세발포 사출성형 제품의 표면을 보면 설치한 폴리머 필름의 종류에 따라 기존의 일반 제품에서 나타나는 가스흐름자국이 사라지거나 더 확연하게 드러나는 것을 볼 수 있다. 이것은 사출 성형 시 폴리머 필름 층이 단열층으로서의 역할을 수행하여 용융수지와 금형이 만나는 순간 기존의 금형과 같이 급속도로 수지의 표면 온도를 냉각시켜 스킨층을 형성하는 것이 아니고 어느 정도 시간 동안 온도를 유지시켜주는 역할을 하는 것을 의미하지만 각 폴리머 필름에 따라 표면에 작용하는 역할이 다르다는 것을 의미한다.

PC, APET 등의 폴리머 필름은 단열층으로서의 역할을 수행함으로서 초미세 발포 사출 제품의 표면은 가스 흐름 자국이 없어지는 90℃ 온도로 수지의 자체 열로 유지시켜 주고 수지가 충진 되는 동안 발생한 가스가 제품의 표면에 흡착되거나 억지로 빠져나가며 제품 표면의 약한 곳을 늘려 가스자국을 형성하지 않고 수지의 유동선단으로 빠져나가는 것이다. 하지만 PP, Tefron 폴리머 필름의 경우에는 같은 단열층으로서의 역할을 수행할 것으로 예측되었지만 표면의 가스 흐름 자국이 오히려 더 강해진 것을 볼 때, 표면의 문제에는 단순한 수지의 고화로 인해 발생하는 것은 아니라는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

초미세 발포 사출 성형 시 제품의 표면에 나타나는 가스흐름 자국은 그 동안 이 공정의 많은 장점에도 불구하여 그 기술의 저변 확대를 막아 온 것이 주지의 사실이다. 하지만 사출 금형의 표면에 폴리머 필름과 같은 단열층을 만들어 수지의 온도를 아주 짧은 시간 동안 높게 하여 주며 충진 완료 후에는 그 온도가 기존의 사출 공정 조건과 동일한 온도 조건을 갖게 하는 이러한 신규 공정을 추가하였을 때에는 기존에 문제가 되었던 사출 제품의 표면 문제를 해결하고 기존의 일반 사출제품과 같은 동일한 표면을 갖는 초미세발포 사출성형 제품을 얻을 수 있다. 다만 폴리머 필름의 종류에 따라 이러한 역할의 수행에 미흡할 수 있기 때문에 좀 더 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

후기

본 연구는 지식경제부 ‘부품소재기술개발사업(10029715)’의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Sung W., Cha, Jae D., Yoon, “The Relationship of Mold Temperatures and Swirl Marks on the Surface of Microcellular Plastics,” Polymer-plastics Technology and engineering, 44, 795-803, 2005.
2. Jung Joo Lee, Sung Woon Cha, “Influence of mould temperature on the thickness of a skin layer and impact strength in the microcellular injection moulding process,” 24, 1-20, 2005.
3. 현창훈, 차성운, 윤재동, “초미세 발포 제품의 표면 개선 연구,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, 1396-1399, 2006. 바탕체 9pt.
4. Sung W. Cha, Jae D. Yoon, “Label behavior property attached on microcellular foamed parts,” Journal of Applied Polymer Science, 98, 289-293, 2005.