

전화기 케이스 외관 품질 향상을 위한 급속 가열/냉각 금형기술 개발

Development of rapid mold heating & cooling technology to improve surface quality of telephone case

*박형필^{1,3}, #차백순¹, 이상용¹, 이승욱², 이병욱³

*H. P. Park^{1,3}, #B. S. Cha(bscha@kitech.re.kr)¹, S. Y. Lee², S. W. Lee² and B. O. Rhee⁴
¹ 한국생산기술연구원 정밀금형팀, ² 엔지니어스 랩, ³ 아주대학교 기계공학부

Key words : Injection Molding, Cartridge Heater, Rapid Mold Heating & Cooling, Weld-line, Cycle Time

1. 서론

전자제품은 외관 품질에 대한 요구사항이 매우 높은 제품이지만, 다수 홀의 존재, 다수 게이트의 사용 등으로 인하여 제품 표면에 항상 웰드라인(Weldline)이 발생된다. 웰드라인은 제품의 외관품질을 저해하기 때문에 이를 개선시키기 위한 방법으로 다양한 연구가 이뤄지고 있다.

일본에서 개발된 RHCM(Rapid Heat Cycle Molding) 기술은⁽¹⁾ 금형 냉각채널에 고온 수증기와 냉수를 순차적으로 순환시켜 금형을 급속히 가열하고 냉각하는 공정을 반복하는 상용화된 기술이다. 그러나 수증기를 위한 보일러 및 온수 가동 장치 등 시스템이 복잡한 구조를 가지고 있다. 고주파를 이용하여 1 초에 100°C 이상의 온도로 금형을 급속 가열하는 RTR(Rapid Thermal Response molding)성형 기술을 미국에서 개발하였으나⁽¹⁾, 적용범위가 단순 형상의 제품에 국한된 단점을 가지고 있다. 국내에서는 프로판 가스를 이용한 MmSH(Momentary mold Surface Heating process) 기술이⁽²⁾ 개발되었으나, 안전성과 금형수명 등의 문제로 상용화되지 못했다. 또한 가압열수를 사용하는 급속 가열/냉각 방법도 제시되었지만, 이 또한 복잡한 설비와 불안정한 제어 문제로 적용에 한계가 있다. 이렇듯 제품의 외관 품질 향상을 위한 많은 기술개발이 이뤄지고 있지만, 복잡한 부대 장비와 생산 불안전 등의 공통적인 단점을 가지고 있다⁽³⁾.

본 연구에서는 전화기 케이스를 대상으로 기존 연구와 다르게 카트리지 히터를 이용하여 웰드라인 제거 및 외관 품질향상을 위한 급속가열/냉각 금형 기술을 개발하도록 하였다. 이를 위하여 가열 및 냉각에 대한 금형의 열전달 해석을 수행하여 가열온도 분포 및 특성에 대하여 알아보았다. 또한 급속가열 시 금형온도 분포의 측정을 통하여 균일 가열을 위한 금형 내 카트리지 히터 배치에 대한 평가를 진행하였으며, 일반사출성형과의 비교실험을 통하여 실제 현장 적용의 가능성에 대하여 알아보았다.

2. 급속가열/냉각 금형설계 및 CAE 해석

본 연구 대상인 전화기 케이스의 금형 급속가열/냉각을 통한 웰드라인 제거를 위하여 캐비티 플레이트에 카트리지 히터를 삽입하도록 하였으며, 가열 시 열전도에 의한 열손실을 줄여주기 위한 방법으로 가열 캐비티 플레이트와 고정측 냉각 플레이트에 Δd의 공간을 두어 단열 효과를 이루도록 하였다. 가열이 끝난 후 금형의 형폐와 동시에 냉각채널이 배치된 고정측 플레이트와 캐비티가 서로 접촉되며 급속히 냉각되도록 하였다. 급속가열 및 냉각 시 빠른 열전달을 위하여 금형 재질을 열전도율이 높은 HITACHI사의 Cena1 과 두랄루민을 사용하였다. 히터의 제어는 온도 센서를 삽입하여 금형을 모니터링 함으로써 설정된 온도로 제어되도록 하였다. 또한 사출성형 중 발생하는 가스는 웰드라인의 형성에 큰 영향을 미치기 때문에 다수의 가스빼기를 설치하여 이를 개선하도록 하였다. Fig. 1 에는 급속가열/냉각 성형 공정의 개념도 및 3 차원 금형 설계도와 가열 온도 제어를 위한 온도센서 위치를 나타내고 있다.

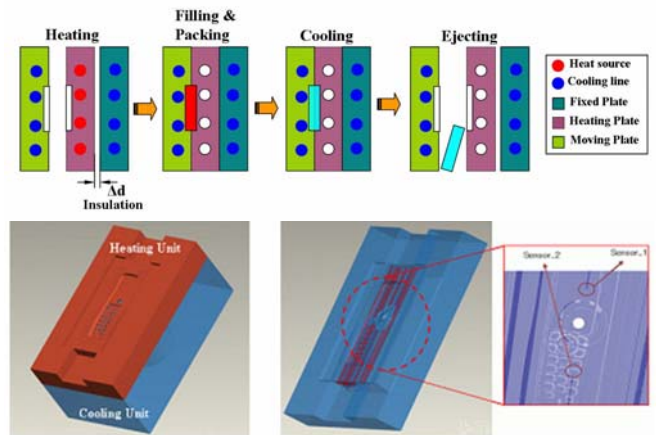


Fig. 1 Rapid Heating & Cooling Process and 3D model of Telephone mold.

급속가열/냉각에 의한 온도 분포, 온도 전달 경향 및 일정 위치에서의 온도 변화를 예측을 위하여 금형의 가열 및 냉각에 대한 열전달 해석을 수행하였다. 가열 해석의 경우는 열용량 60W/cm² 히터에 의해서 금형을 가열시키는 단계로 가열부의 초기 온도는 60° C, 공기의 온도는 상온으로 설정하여 Sensor 부의 온도가 150° C 까지 상승하는 시점까지 진행 하였다. 냉각 해석은 가열 후 금형이 단히며 냉각부와 가열부가 맞닿으며 냉각이 진행되기 때문에 금형 전체에 대하여 해석을 진행하였다. 수지가 충전되고 냉각부 내의 냉각 채널을 통해 25° C 의 냉각수가 흐르면서 금형을 냉각시키기 때문에, 초기 조건으로 폴드부의 수지 온도는 220° C, 냉각부의 온도는 25° C 로 설정하였다.

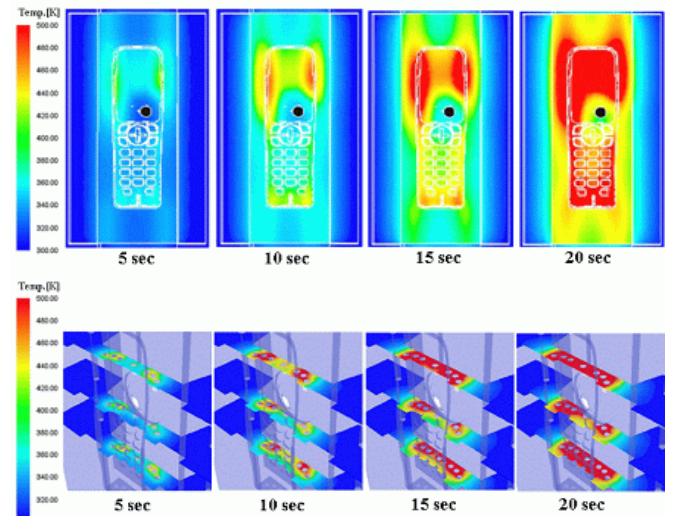


Fig. 2 Temperature distribution of the mold surface and the section for inner mold

Fig. 2 는 급속가열 시 시간에 따른 금형 표면의 온도 분포와 내부 단면 온도 분포를 보여 주고 있다. 금형 표면 온도의 경우 가열이 진행되며 히터가 설치된 부위를 중심으로 급속히 가열되고 있으나, 다른 부위에 비해서 금형의

중간 부분 온도가 낮은 경향을 보였다. 이것은 금형 구조상 중간 부분에 위치한 핫 런너로 인하여 히터를 설치 못하기 때문이다. 내부 단면 온도 분포의 경우, 히터간의 거리가 짧은 곳부터 열이 집중되었다. 이를 통하여 간격이 좁은 부의 히터는 열효율을 고려하여 다른 부위의 히터 온도보다 상대적으로 낮추어야 함을 확인하였다. 이는 금형 온도편차가 제품 변형과 백화 현상에 영향을 주기 때문이며, 특히 금형 표면의 온도 차이에 의한 제품외관의 광택 차이를 줄이기 위함이다.

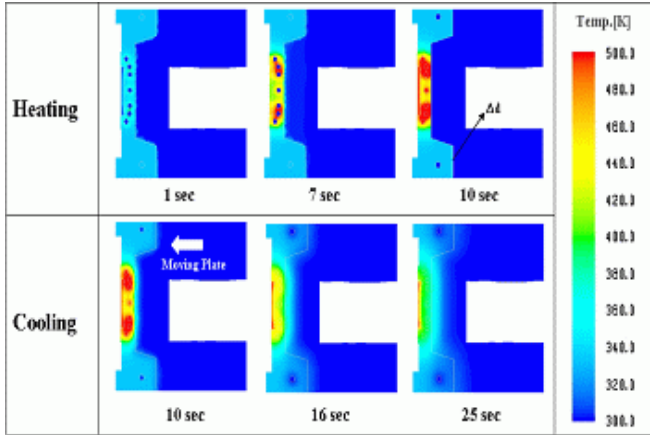


Fig. 3 Temperature distribution according to heating & cooling mechanism

Fig. 3 은 금형 급속가열/냉각 공정에 따른 금형의 온도 분포를 나타낸 결과로써, 가열부는 가열 공정 동안 냉각부와 Δd 의 간격으로 떨어져 10 초 동안 가열되며, 가열이 종료된 후 냉각부는 가열부와 맞닿으며 급속하게 냉각이 진행되는 것을 확인 할 수 있다.

3. 급속가열/냉각 금형의 사출성형실험

전화가 케이스 금형의 금형 급속가열/냉각 해석을 통하여 설계된 금형의 가열 히터의 위치 및 냉각채널의 효과에 대한 분석 결과를 금형 제작에 반영하였으며, 나다이노베이션의 E-Mold 장비를 이용하여 금형의 급속가열/냉각 공정을 제어하였다. Fig. 4 에는 금형 급속가열/냉각 사출성형 실험의 개념도를 나타내고 있다. 사출성형기는 우진세렉스의 Selex-s50 을 사용하였으며, 수지는 Cheil - Starex HF-0680 을 사용하였다.

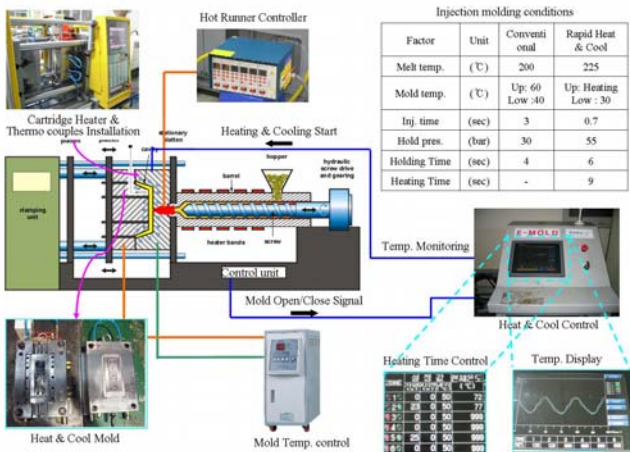


Fig. 4 Schematic of rapid heating & cooling experiment

Fig. 5(a)는 일반사출성형을 통하여 생산된 전화기 케이스를 보여주고 있으며, 다수 버튼 홀의 영향으로 웰드라인이 발생되고 있음을 확인 할 수 있다. 또한 웰드라인 폭을 측정 한 결과, 게이트에 가까운 부의 웰드라인은 약 0.01mm

의 폭을 가지고 있었으며, 충전말단부의 웰드라인은 약 0.04mm 로 폭이 상대적으로 크게 나타남을 확인 할 수 있었다. 이는 유동 중 고화된 수지가 충전 말단부에서는 게이트 가까운 부위보다 용융수지 온도가 낮아 발생된 것이며, 또한 충전 말단부의 불충분한 보압 전달로 인한 곰보 현상으로 외관 품질이 저하됨을 알 수 있었다. Fig. 5(b)에는 급속가열/냉각 적용 후의 제품을 보여주고 있다. Fig. 5(a)와 다르게 웰드라인이 형성되지 않음을 확인 할 수 있었다. 이는 급속가열을 통하여 금형온도가 적용수지의 유리전이 온도 이상으로 가열되어 유동 중 고화층 발생 없이 충진이 완료되어 상대적으로 효과적인 보압전달이 이뤄져 웰드라인이 없어진 것으로 판단된다.

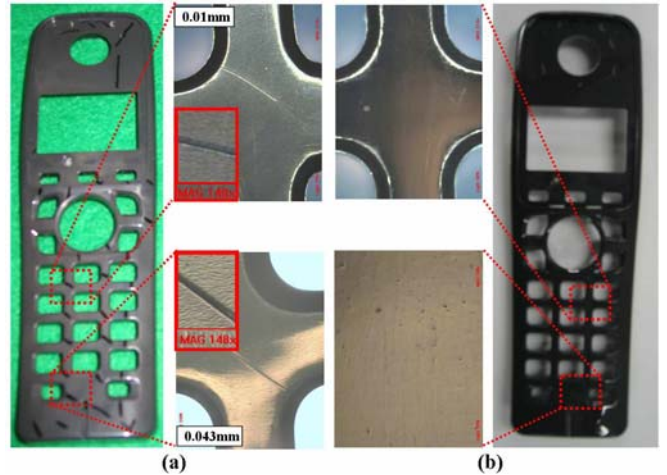


Fig. 5 Comparison of weld-lines (a) Conventional injection molding (b) Rapid Heat & Cool Mold

4. 결론

본 연구에서는 카트리지 히터를 이용한 급속가열/냉각 금형에 대하여 가열부와 냉각부를 포함한 전체 몰드부에 대한 열전달 해석을 통하여 히터 위치에 따른 금형온도 분포 및 가열 후 냉각공정에서의 온도 분포를 확인할 수 있었다. 또한 일반 사출공정으로 생산된 제품에서는 웰드라인이 게이트 가까운 지점에 약 0.01mm 의 크기를, 먼 지점에서는 0.04mm 크기로 형성됨을 확인하였으며, 급속가열/냉각 공법을 사용한 제품의 경우 동일지점에서 웰드라인이 형성되지 않음을 확인 하였다.

후기

본 과제는 부품·소재연구개발(R&D Joint Program)지원 사업의 지원으로 이뤄졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사 를 드립니다.

참고문헌

1. http://www.onosg.co.jp/technology/images/RHCM_E.pdf, OnoSangyo.
2. O. K. Kwon, H. T. Jeong, J. H. Yun and K. Park, "A Study on Rapid Mold Heating System using High-Frequency Induction Heating,"KSME, Vol. 31, No. 5, 594-600, 2007.
3. K. M. B. Jansen, "Heat-Transfer in Injection-Molding Systems with Insulation Layers and Heating Elements,"IJHMT, vol. 38, no.2, 309~316, 1995.
4. D. H. Kim, M. H. Kang and Y. H. Chun, "Development of a new injection molding technology: Momentary Mold Surface Heating process," Journal of injection molding technology, vol. 5, No.4, 229-232, 2001.