

◆특집◆ 차세대 패턴닝 공정기술

미세패턴 사출성형 기술

유영은*, 서영호**, 제태진**, 최두선**

Injection Molding Technology for Micro/Nano pattern

Yoo Yeong-Eun*, Seo Young-Ho**, Je Tae Jin** and Choi Doo Sun**

Key Words : Micro/nano pattern(미세패턴), injection molding(사출성형), stamp(스탬프)

1. 서론

사출 성형은 플라스틱 제품 생산을 위해 일반적으로 사용되는 공정으로 매우 우수한 생산성, 낮은 생산 비용, 다양한 성형 소재 및 비교적 우수한 정밀도로 인해 대량 생산이 요구되는 자동차 및 가전 제품의 내외장재와 같은 중·대형 부품으로부터 정밀 기어 등과 같은 소형 정밀 기능성 부품까지 매우 다양한 분야에 응용되고 있다. 현재 사출 성형 공정 기술의 적용 분야는 지속적으로 확장되고 있는데, 최근 IT 산업 등의 비약적인 발전으로 인해 그 수요가 급증하고 있는 디스플레이나 정보 저장 매체 등도 그 예라 할 수 있다. 이러한 디스플레이나 정보 저장 매체와 같은 부품은 많은 경우 마이크로 혹은 나노 급 크기의 미세 구조물의 광학적/기계적 특성을 이용하게 되는데 제품의 소재로는 플라스틱 소재의 적용이 일반화 되어 가고 있어, 저비용의 대량 생산이 가능한 사출 성형 공정 기술의 적용이 필요한 분야이다.

근래 미세 사출의 한 분야로써 마이크로 기어와 같은 초소형 정밀 기계 부품이나 소형 의료 부품 등과 같은 제품의 전체 체적이 매우 작은 정밀 부품을 생산하기 위한 마이크로 몰딩에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 이러한 정밀 소형 부품의 효율적인 생산을 위해서 적은 양의 성형 소재를 정밀하게 제어 할 수 있는 소형의 정밀 사출기 개발이나 마이크로 몰딩용 금형 설계 및 가공 기술 등의 개발이 지속적으로 진행되어 왔다. 이러한 소형 제품의 성형을 목적으로 하는 마이크로 몰딩과는 별도로, 요구되는 최소 구조물의 크기는 마이크로 혹은 나노 급의 범위에 있으나 전체 제품은 수십 밀리미터 에서 수십 센티미터의 크기를 가지는 제품의 성형에 대한 필요성이 급격히 증가하고 있다. 대표적으로 표면에 수백 nm ~ 수백 um 크기의 패턴들이 대량 형성되어 이들의 광학적 혹은 기계적 특성을 이용하게 되는 비교적 넓은 면적의 플라스틱 기판 형태의 일종의 기능성 표면 제품을 예로 들 수가 있다. 이러한 형태의 제품으로서는 광학 저장 매체인 CD, DVD fig. 1나 LCD Backlight unit의 주요 부품인 도광판 fig. 2 등과 같이 이미 상용화 되어 사출 성형 공정이 적용되어 대량 생산 중인 것으로부터 반사 방지 표면fig. 3이나 자연 세정 표면 등과 같이 초기 상용화 단계이거나 상용화가 아직 진행되지 않은 제품 등 다양한 수준의 제품들을 그 예로 들 수가 있다. 또한 근래에 바이오 분야의 다양한 연구개발로 바이오 칩 등과 같은 분야

* 한국기계연구원 지능형정밀기계연구부
Tel. 042-868-7883, Fax. 042-868-7149
Email yeyoo@kimm.re.kr

마이크로 및 나노 패턴 제품을 중심으로 한 플라스틱 제품의 성형 및 금형 설계/가공 분야에 관심을 두고 연구 활동을 하고 있다.

** 한국기계연구원 지능형정밀기계연구부

에서도 이와 같은 형태의 제품에 대한 수요가 증가할 것으로 예상된다.

이러한 제품은 성형된 패턴의 형상이나 치수의 정밀도가 제품의 기능이나 성능을 결정하는 매우 중요한 요인이 되는 경우가 많아 미세 패턴의 정확한 복제 기술이 매우 중요한데, 이러한 패턴을 정확하게 복제할 수 있는 성형 기술은 주로 열가소성 수지를 이용하는 사출 성형이외에도 UV 혹은 열경화성 수지를 이용한 몰딩이나 capillary 몰딩과 같은 공정의 적용이 가능하다. 그러나 다양한 고분자 소재가 상용화되어 있어 제품에 따라 다양하게 요구되는 기계적, 화학적 성능 및 광학적 특성을 만족시키기가 용이하고 공정에 필요한 산업 기반이 이미 일반화 되어 있는 사출 성형이 미세 패턴 제품의 생산에 좀 더 유리한 면이 있는 것으로 판단된다. 그러나 고온/고압 공정이며 용융물의 점도가 높아 유동 저항이 큰 열가소성 수지의 특성 등으로 사출 성형을 통한 미세 패턴 제품의 생산은 패턴의 정확한 복제, 이형이나 제품의 변형 등 적지 않은 문제점을 가지고 있어 많은 연구 그룹에서 이를 해결하기 공정 최적화, 금형 개발, 사출기 개발 등의 관련 연구를 진행하고 있다.¹⁴

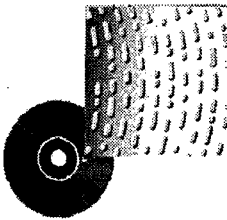


fig. 1 Data pit structure of CD/DVD

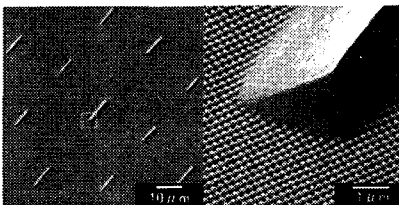


fig. 2 Micro/nano pattern for LGP(Omron, Japan)

본 글에서는 표면에 미세 패턴이 대량으로 형성되어 있는 형태의 제품 생산을 위한 사출 성형 및 관련 기술에 대한 일반적인 소개 및 기술 동향을 살펴보고자 한다.

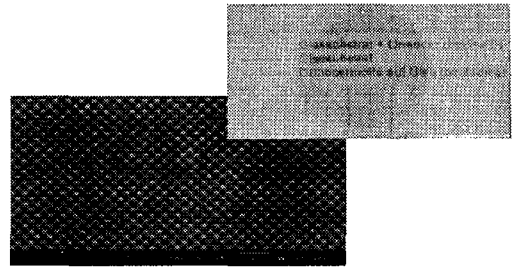


fig. 3 Anti-reflection pattern
(Fraunhofer Institute, Germany)

2. 미세 패턴 스탬프 제작 기술

미세 패턴 제품의 사출 성형을 위해서는 우선 미세 패턴이 가공되어 있는 스탬프 제작이 필요하다. 미세 패턴 스탬프의 제작은 소재나 가공 방법의 측면에서 다양한 접근이 가능하나, 성형 중 수백 기압 이상의 높은 압력이 적용되고 최소 수 마이크로 이상의 사출이 요구되는 사출 성형 공정에 적용되어 사용되기 위해서는 스탬프의 강도나 내구성 등이 우선 고려되어야 한다. 따라서 반도체 공정을 이용한 미세 패턴의 가공에 널리 이용되는 실리콘 웨이퍼, 쿼츠 플레이트나 폴리머 계열의 스탬프는 실용적으로 사용하기에는 극히 어려운 면이 있다. 따라서 사출 성형에서 사용할 수 있는 미세 패턴은 금형강, Stainless steel 이나 니켈과 같이 기계적 강도나 내구성을 만족시킬 수 있는 소재를 기반으로 하여 제작하는 것이 일반적이다.

미세 패턴의 가공 방법으로는 기계적 절삭 가공, 화학적 부식에 의한 가공이나 이러한 가공에 의해 형성된 패턴의 nickel electro-forming 등에 의해 패턴을 스탬프로 전사하는 방법 등을 대표적으로 들 수가 있다. 각각의 방법은 가공 패턴의 형상이나 크기, 표면 정밀도, 가공 시간 및 비용 등의 관점에서 장단점을 가지고 있어 적용하고자 하는 대상 제품의 특성 등에 따라 사용 공정을 결정해야 한다.

기계적 가공에 의해 미세 패턴을 금형 코어나 스탬프 위에 가공하는 경우 일반적으로 니켈이나 동을 일정한 두께로 코팅한 후 다이아몬드 공구 등

을 이용하여 미세 패턴을 가공한다. 이러한 경우 가공면의 표면 조도가 우수하고 패턴 형상의 설계가 비교적 자유로워 광학적 성능을 향상시키기 위한 다양한 형태의 설계 요구사항을 만족시키기 용이하다는 등의 장점이 있다. 반면 기계 절삭가공의 경우 가공 가능한 패턴의 크기에 제한이 있으며 가공 면적이 커지는 경우 가공 시간이나 가공 결함 등의 앞으로 해결해야 하는 문제가 있어 아직은 제한적으로 적용되고 있다.

도광판 등에서 사용되는 광 확산용 패턴은 현재 stainless steel 계열이나 니켈 판재에 화학적 부식을 통해서 가공하고 있다. 이러한 방법은 대량의 패턴을 넓은 면적에 비교적 값싸고 빠르게 형성할 수 있는 장점이 있는 반면 구현 가능한 패턴 형상이 매우 제한적이며 가공된 면의 표면이 매우 거칠다는 등의 단점 또한 크다. 이러한 문제점은 특히 미세 패턴 제품의 요구 성능이 강화됨에 따라 다양한 패턴 형상 구현의 필요성이 커지고, 사출 공정 기술의 향상에 따라 패턴의 전사성이 크게 개선됨에 따라 제품 불량률의 요인이 될 가능성이 점점 높아지고 있다.

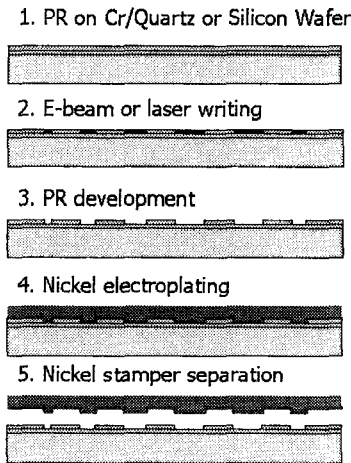


fig. 4 A master/stamp fabrication process

서브 마이크로 수준의 패턴 가공을 위해서는 웨일즈, 유리 혹은 실리콘 웨이퍼 등의 기판에 반도체 공정 등을 이용하여 패턴을 형성한 후, 니켈 등을 이용한 전주 공정을 적용하여 패턴이 전사된 스템

프를 제작하는 공정을 사용하게 된다. 가공하고자 하는 패턴의 크기에 따라, UV, laser 및 e-beam 등을 사용하여 포토 레지스트(PR) 상에 패터닝 한 후 현상 하여 PR 패턴을 마스터로 사용하거나 추가적인 wet etching 혹은 dry etching 공정을 통해서 기판에 패턴을 전사하여 전주 공정을 통한 스템프 제작을 위한 마스터로 사용하게 된다 fig. 4. 이러한 리소그래피 공정에 의한 패턴 가공은 기계적 가공 등에 비해서 속도가 빠르고 대면적의 가공이 가능하다는 장점이 있는 반면 패턴 형상이 제한되는 등의 단점이 있어 이에 대한 보완이 필요하다.

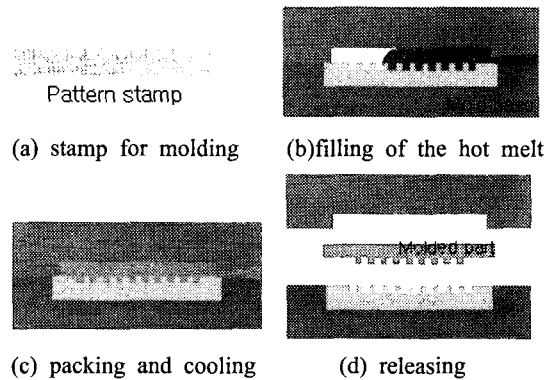


fig. 5 Injection molding process to replicate micro/nano patterns

3. 미세 패턴의 사출 성형

일반적으로 고분자 소재의 성형에 적용되는 사출 성형 공정은 fig. 5에 나타난 바와 같이 충전, 보압, 냉각 및 이형의 과정으로 구성이 되며 공정 중 소재의 가열/냉각에 의한 용융/고화 등의 현상이 일어나며 충전 중 용융물의 유동 생기는 등 매우 복잡한 열전달 및 유동 현상이 발생한다. 이러한 현상들은 사출에 의한 플라스틱 제품의 성형시 일반적으로 발생하는 미성형, 제품 변형, 웰드라인, 광학 제품에서의 복굴절 및 다양한 외관 불량 등의 문제의 주요한 원인이 된다. 미세 패턴 제품의 사출 성형에서도 일반적인 사출 성형의 문제점은 공통적으로 문제가 된다고 할 수 있다. 앞에서 언급한 표면에 마이크로 혹은 나노 크기의 미세 패턴 구조를 형성하여 광학이나 유동 등의 측면에서 특정한 기능 수행이 가능한 넓은 플라스틱 기판 형태

의 기능성 표면 제품을 사출 성형하기 위해서는 금형의 캐비티 면에 미세 패턴을 가공하거나, 미세 패턴이 가공되어 있는 스탬프를 부착하여 사용하게 된다. 이 때 금형에 가공된 캐비티 및 캐비티 내에서의 성형 특성은 플라스틱 제품의 형상, 크기나 두께 혹은 기관 몸체에서의 특성 등을 결정하며, 금형 캐비티 면에 가공된 미세 패턴이나 면에 근접한 부분에서의 열전달이나 유동 등의 성형 특성은 성형된 미세 패턴의 기능이나 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 사출 성형된 제품의 특성은 성형 공정에서의 다양한 공정 조건에 의해 영향을 받게 된다. 사용 고분자 소재의 종류나 용융물의 온도, 용융물의 충전 속도 및 보압 과정에서의 압력/시간, 금형 온도 및 냉각 시간, 이형시 이형 핀의 압력 및 속도 등 다양한 공정 변수와 함께 주입구 위치 및 형상, 개수 런너의 형상 및 크기, air vent 의 크기 및 위치 등 금형 설계적인 요소에 의해서도 많은 영향을 받게 된다.

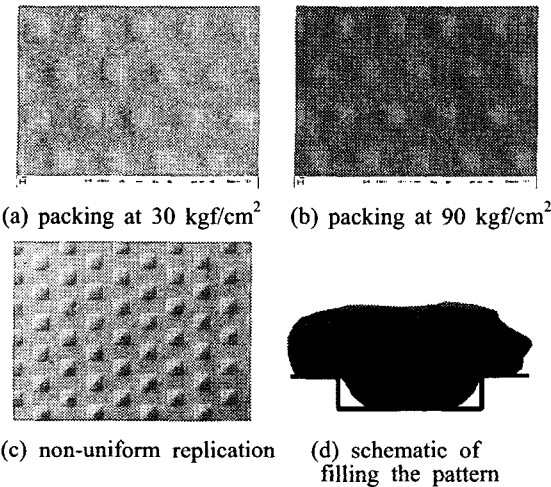


fig. 6 Replication results depending on the pressure

미세 패턴의 성형에 있어서 패턴의 전사성은 가장 중요한 성형 목표이다. 따라서 여러 성형 및 금형에서의 다양한 공정 변수 중 패턴의 전사성에 큰 영향을 주는 공정 변수의 평가는 매우 중요한데 금형 온도, 사출 속도 및 압력 등이 대표적인 공정 변수라 할 수 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 고온의 고분자 용융물은 금형에 주입되어 상대적으로 저온인 금형 면과 접촉하는 순간부터 냉각되어 고화가

진행되게 된다. 고분자 용융물은 냉각되어 온도가 낮아짐에 따라 점도가 증가하게 되는데 이로 인하여 유동성이 급격히 저하되고 일정한 온도 이하로 냉각되어 고화되면 그 유동성을 잃게 된다. 이러한 현상은 금형 면과 접해 있는 제품의 표면 부분에서부터 진행되게 되는데, 이는 표면 부분에 미세 형상이 형성되어 있는 제품의 성형에 매우 부정적인 요인이 된다. 제품에 양각의 미세 패턴을 위해서는 금형 면에 그루브의 형태로 음각되는데 이는 캐비티에서의 거시적 유동에 대해서 수직인 방향으로 형성되어 있다. 이러한 수직 방향의 음각 그루브는 그 크기에 따라 음각 그루브의 충전 현상이 달라지게 되는데³ 기관의 두께가 패턴의 크기에 비해 매우 큰 마이크로/나노 패턴의 경우 캐비티를 우선 충전하고 금형 면에 형성된 패턴 음각 그루브를 충전하게 된다. 따라서 미세 패턴으로의 고분자 소재 충전은 두께 방향으로의 용융물의 압력차에 의한 표면 부분에서의 소재의 유동 혹은 변형에 의해 이루어지므로 표면 부분에서의 고화에 의해서 유동이나 변형이 어려워지는 경우 패턴의 전사성은 악화되게 된다. 따라서 미세 패턴의 성형을 위해서는 압력차를 크게하여 유동이나 변형을 증가시키거나 표면에서의 고화를 최대한 방지하여 적은 압력으로도 원하는 정도로 패턴을 복제하는 방법이 필요하다. fig. 6(a), 6(b)의 경우 동일한 성형 조건에서 성형 압력의 차이에 의한 미세 패턴의 전사성 차이를 보여주고 있다. 패턴 형상은 10 um x 10 um 면적의 높이 250 nm 의 사각 기둥 형태의 구조물로서 c-beam 을 이용 리소그래피 공정 및 electro-forming 공정을 통해서 제작된 스탬프를 이용 사출 제작되었다. 사각 형상 내부에 형성된 원형 패턴은 고분자 용융물이 금형 면에 형성된 사각 기둥의 음각된 구조물을 완전히 채우지 못하고, fig. 6(d)와 같이 가운데 부분만 음각된 구조물의 바닥 부분에 닿아 형성된 결과로써 성형 압력(보압)이 큰 경우가 작은 경우에 비해서 전사성이 향상됨을 알 수 있다. 그러나 이와 같이 압력차를 크게 하여 전사성을 개선하기 위해서는 전체적인 성형 압력의 증가가 필요한데, 이 경우 제품 전반에 걸친 압력 차이 역시 크게 되어 이로 인한 제품의 변형이나 광학적 특성의 저하와 같은 문제를 일으키게 될 뿐만 아니라 압력 분포가 크게 나타나는 경우 fig. 6(c)에서 알 수 있듯이 전사성의 편차가 발생하게 된다. 더욱이 패턴의 단면 형상비가 크거나 패턴의 크기가 더욱

작아지는 경우 성형 압력을 증가시키는 것은 현실적으로 극히 어렵고, 또한 금형 및 성형기의 변형이나 파손등과 같은 문제가 발생할 수도 있어 과도한 압력으로의 성형은 가능한 피하는 것이 바람직하다. 따라서 금형 면과 접촉한 고분자 용융물의 냉각 및 고화를 최대한 방지 혹은 지연하여 압력을 크게 증가시키지 않고 패턴을 복제하는 방법이 필요하다. 표면에서의 고화를 방지/지연하는 방법으로는 여러 가지 방법이 시도 되었는데, 가능한 방법으로는 용융물의 온도(성형 온도) 및 금형 온도의 증가, 사출 속도의 증가 등을 대표적인 예로 들 수 있다.

우선 용융물의 온도 즉 성형 온도를 증가시키는 경우, 일정한 용융물 온도까지의 냉각 시간을 증가시켜 미세 패턴 충전을 위한 시간을 확보하여 전사성을 향상시킬 수 있는데, 수지의 점도를 낮출 수 있어 성형 압력을 감소시킬 수 있고, 공정 중 비교적 쉽게 적용할 수 있어 구현하기 비교적 용이한 점이 있다. 그러나 고분자 소재의 경우 성형 가능한 온도 범위가 정해져 있어 이를 벗어날 경우 소재의 여러 특성이 저하되고 심한 경우 분해되어 제품으로서의 기능을 상실하게 되며, 성형 중 소재나 소재 특성 향상을 위한 다양한 첨가물의 분해에 의한 가스 등의 발생으로 성형 중 여러 문제점의 원인이 되므로 성형 온도의 증가는 매우 제한적으로 적용된다.

증가시키는 경우 고분자 용융물이 금형에 주입되어 미세 패턴을 복제하는 데 걸리는 시간을 단축시킴으로써 금형 면과 접촉한 고분자 용융물의 유동성이 크게 저하되기 전에 패턴을 복제하게 된다. 또한 사출 속도가 빨라지면, 중앙 부근에서 가장 빠르고 금형 면에서의 속도가 없는 포물선 형태의 캐비티의 단면 방향 속도 분포를 가지는 충전 유동 특성으로 표면 근처에서의 전단 변형율이 커지게 된다. 사출 성형에 사용되는 대부분의 고분자 용융물은 전단 변형율이 증가함에 따라 점도가 감소하는 비뉴우튼 유체의 특성을 가지므로 표면에서의 전단을 증가는 사용되는 고분자 소재의 종류에 따라 캐비티 방향으로 점도를 감소시켜 유동성을 향상시키게 되고, 이와 더불어 전단 발열에 의해 온도가 증가하게 되는데 소재에 따라 표면 영역에서 수십 도까지의 온도 상승이 발생하여 소재에 따라 정도는 다르지만 점도를 낮추는 효과를 얻을 수 있어⁵ 미세 패턴의 복제에 긍정적으로 작용하게 된다. 사출 속도의 증가 역시 공정에서 구현하기 비교적 용이한 면이 있으나, 앞에서 언급한 긍정적인 방향으로의 효과 이외에도 성형 압력의 증가나 잔류 응력 증가 등의 부정적인 효과도 사용하는 소재의 종류에 따라 같이 발생하므로 항상 동일한 효과를 얻기 어려운 면이 있다.

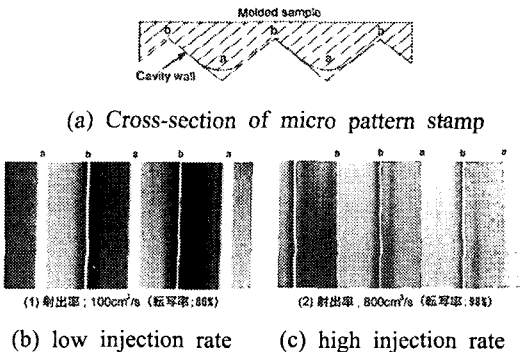


fig. 7 Effect of the injection rate on replication
(IIS, University of Tokyo, Japan)

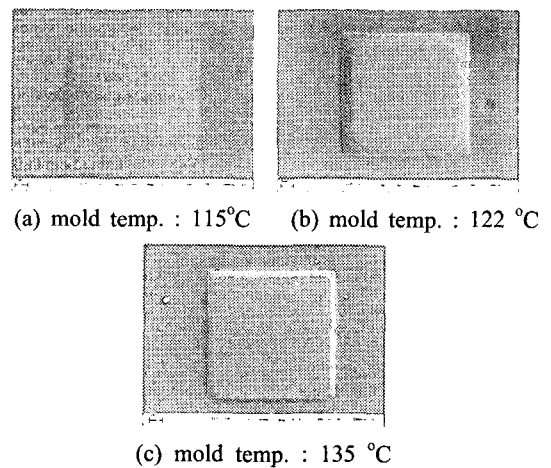


fig. 8 Effect of the mold temperature on replication

사출 성형 속도 증가 역시 미세 패턴의 전사성을 향상시키는 것으로 알려져 있다. 사출 속도를

마지막으로 금형 온도를 높이는 것은 현재 사출 성형에서의 많은 문제점들을 해결할 수 있을 것으

로 알려지고 있다. 금형 온도를 높이는 경우 금형면에 접촉한 고분자 용융물과의 온도차를 감소시켜 고분자 용융물의 냉각을 매우 효과적으로 방지하거나 지연할 수 있어 미세 패턴의 성형성을 크게 향상시킬 수 있다. fig. 8에서는 앞에서 언급한 바 있는 10 um x 10 um 면적의 높이 250 nm의 사각 기둥 형태의 구조물을 사출 성형한 결과를 나타내고 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 사각 형상 내부의 원형 패턴의 크기는 금형 온도에 따른 전사성의 차이를 보여준다. 금형의 온도가 낮은 경우 상당한 부분이 미충전 되었으나 금형 온도가 증가함에 따라 충전된 영역이 증가되어 135 °C 정도의 금형 온도에서는 완전히 충전되어 패턴의 전사성이 크게 향상됨을 알 수가 있다. 일반적인 사출 성형의 경우 제품의 두께가 얇을수록, 표면에 형성된 패턴의 크기가 작을수록, 단면 형상비가 클수록 금형 온도가 증가하는 경향이 있는데, 현재 양산 중인 CD/DVD 나 표면에 패턴이 존재하는 도광판 등의 사출 성형시 금형 온도는 일반 금형 온도에 비해 높게 형성되어 있다. 패턴 크기와 금형 온도 간의 상관 관계를 보여주는 예로서 광학 저장 매체를 들 수가 있는데, 광학 저장 매체인 CD, DVD 그리고 얼마전 과기부 21C 프론티어 사업 중의 하나인 나노 메카트로닉스 사업단에서의 연구 결과로 발표되어 제품 시연회에 선 보였던 Blu-lay Disc(BD)의 패턴 크기는 대략 700 nm, 300nm, 150nm의 크기를 가지는 데 이를 제품의 사출 성형시 금형 온도는 대략 80°C, 100°C, 120°C로 패턴 크기가 작아질수록 높아지는 경향을 보인다. 또한 가전제품의 외장 케이스 등과 같은 일반 플라스틱 제품에서 반사를 방지하기 위한 무광 표면 제품의 제작을 위해서 금형 표면에 부식을 통해서 수 마이크로미터에서 수십 마이크로미터 크기의 정렬되지 않은 패턴을 가공하여 성형하게 되는데 이때 금형 온도가 높을수록 금형 표면에 형성된 부식 패턴에 대한 전사성이 개선되어 사출 제품 표면의 무광택 효과가 향상되는 것도 같은 이유로 생각할 수 있다⁶. 이와 같이 미세 패턴의 성형에 큰 영향을 미치는 금형 온도는, 그러나 앞에서 나열한 전사성 측면에서의 장점이외에 제품의 사출 변형 등의 문제를 일으키기 쉬우며 사이클 타임을 증가시켜 생산성 저하 및 생산비용 증가의 문제를 수반할 가능성이 매우 커 양산에 적용하는데 이러한 문제의 해결 여부가 가장 큰 장애가 되고 있다. 이와 더불어 패턴의 크기가

100nm 급 이하로 더 작아지거나 마이크로 급의 크기인 경우라 하더라도 기판 두께가 얇아지고 제품의 면적이 커지는 경우는 금형의 온도를 소재가 고화되지 않고 성형이 가능한 유리전도온도(Tg) 이상으로 올리는 것이 필요할 것으로 판단되고 있다. 이러한 온도에서는 성형된 제품의 이형이 정상적으로는 불가능하므로 충전 과정에서의 온도와 냉각 및 이형 과정에서의 금형 온도가 변하는 즉 금형의 반복적인 가열 및 냉각 방식의 공정 도입이 필요할 것으로 예상된다. 현재 이와 관련된 다수의 연구가 진행되고 있으며 주로 사이클 타임의 증가를 해결하기 위해 짧은 시간에 금형을 가열하고 냉각하는 기술의 개발에 집중하고 있으며 대부분 전체 금형을 가열하는 대신 캐비티의 면만을 집중적으로 가열하는 표면 가열 방식을 채택하고 있다^{7,9}. 이러한 기술의 개발로 이전에 가능하지 않았던 고세장비의 미세 패턴이나 구조물, 박판의 제품의 사출 성형 적용의 가능성이 매우 커졌으나 양산에 적용되고 넓은 면적의 제품에 적용되기 위해서 금형 가공이나 내구성의 문제 등이 해결 되어야 할 것으로 판단된다.

현재 사출 성형 공정에서 금형 온도를 높이기 위한 많은 노력과 함께 관련된 문제를 해결하기 위한 연구 역시 병행되고 있으며, 앞에서 언급한 고속 사출 기술, 그리고 이외에도 패턴에 대한 용융물의 충전 과정에서의 유동 방향, 금형 캐비티 면에서의 패턴 위치, 사용 소재에 대한 영향이나 미세 패턴이 형성된 기판의 두께 등의 다양한 요인의 미세 패턴 전사성에 대한 영향이 연구되었거나 진행되고 있어 점차 다양한 미세 패턴 제품의 개발 및 실용화가 가능할 것으로 예상된다.

4. 결론

앞에서 미세 패턴 사출을 위한 필요 기술 및 대표적 공정 변수의 영향을 살펴보았다. 앞서 기술한 바와 같이 현재 표면에 미세 패턴이 형성된 일종의 기능성 표면 제품의 수요 및 개발이 활발히 진행되고 있으며 많은 경우 실용화 측면에서 제품의 기능이나 제품 원가를 고려하여 플라스틱 소재를 이용한 사출 성형 공정의 도입에 대한 요구가 점차 증가하고 있는 상황이다. 현재 이러한 제품의 개발은 패턴 크기의 측면에서 작게는 200 nm 급의 제품에 대해서 실용화 단계에 있으나, 이러한 성형 가능한

패턴의 크기는 패턴의 형상비나 성형하고자 하는 제품의 크기 및 두께 등에 크게 영향을 받으므로 각각의 제품군의 패턴 및 제품의 특성을 고려한 성형 연구 및 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다. 현재 여러 관련 연구 그룹에서 마이크로 혹은 나노 급의 크기를 가지는 미세 패턴을 효율적으로 복제하며 매우 얇은 넓은 면적의 제품을 성형 할 수 있는 사출 성형의 기술 개발을 활발히 진행하고 있어 미세 패턴 제품의 성형 기술은 지속적으로 발전하고 그 적용 범위를 넓혀 갈 것으로 예상된다.

참고문헌

1. H.,Schift, C., David, M.,Gabriel, J., Gobrecht, L.J., Heyderman, W., Kaiser, S., Koppel and L., Scandella, "Nanoreplication in polymers using hot embossing and injection molding," *Microelectronic Engineering*, Vol. 53, pp. 171-174, 2000.
2. Yu, Liyong, Koh, Chee Guan, Lee, L. James and Koelling Kurt W, "Experimental Investigation and Numerical Simulation of Injection Molding with Micro-Features," *Polymer Engineering and Science*, Vol. 42, pp. 871-888, 2002.
3. Yu, Liyong, Lee, L. James and Koelling Kurt W, "Flow and Heat Transfer Simulation of Thin-Wall Injection Molding with Microstructures," *SPE ANTEC 2003*, pp. 602-606, 2003
4. Kari, Monkkonen, Joni, Hietala, Pertti, Paakkonen, Esko, J. Paakkonen, Terho, Kaikuranta, Tuula T. Pakkanen and Timo, Jaaskelainen , "Replication of sub-Micron Features Using Amorphous Thermoplastics," *Polymer Engineering and Science*, Vol. 42, pp. 1600-1608, 2002.
5. Yoo, Yeong-Eun, Park, Sihwan, Moon, Jong Shin and Lee, Shi-Ho, " Influence of the shear heating on measuring the viscosity of the polymer melt using slit die rheometer," 2002 KSME Fall Conference, 2002.
6. Yoo, Yeong-Eun, Park, Sihwan and Lee, Shi-Ho, "Improving the aesthetics and the mechanical properties of injection molded parts using a mold with high temperature," *SPE Automotive TPO Global Conference 2002*.
7. Yao, D. and Kim B, "Rapid Thermal Response Molding for Cycle Time Reduction," *SPE ANTEC 2003*, pp. 607-611, 2003
8. Iwame, Hiroyuki, Fukuoka, Masayoshi, Ohno, Yuzo, Kanayama, Hiroyuki, "An Advanced Cavity/Core System Mold for Ultra-Low Pressure Injection Molding-'ULPAC MOLD'," *SPE ANTEC 2003*, pp. 468-472, 2003.
9. Kim, Dong-hak, Kang, Myung-ho, Chun, Y.H, " Development of a New Injection Molding Technology : Momentary Mold Surface Heating Process," *Journal of Injection Molding Technology*, Dec, 2001.