



오 관 식 | 제일모직 테크니컬 솔루션팀, 차장 | e-mail : kwansik_oh@samsung.com

이 글에서는 증기(steam)와 가압 열수(Pressurized heated Water)를 사용하는 급속가열/급속 냉각 성형기술에 대한 일반적인 기술적 내용을 소개하고 적용 사례에 대해 소개하고자 한다.

급속 가열/급속 냉각 성형 기술의 필요성

기존의 일반적인 사출 성형 방식은 가소화된 플라스틱 수지를 금형 내에 주입(Injection) 하여 제품을 성형하는 것으로서 산업혁명을 거치면서 대량 생산 체제의 전환과 더불어 급격한 기술 발전을 이루게 되었다.

사출 성형 공정에 대해서 간단히 살펴보면 고온의 용융된 플라스틱 수지가 금형(Mold) 벽면을 채우면서 성형이 이루어지는데, 초기에 주입된 수지의 경우 금형 벽면에 접촉하면서 급속히 고화(Solidification)가 이루어지며 고화된 플라스틱 수지가 금형 측벽을 따라 생성되면서 터널과 같은 역할을 하게 된다. 내부의 용융된 수지는 터널을 따라 분수와 같은 형태의 흐름 패턴을 보이는데, 이를 Fountain Flow라 부른다. 이렇게 금형 내부를 채우면서 제품의 형상을 이루게 되는데, 형상이 만들어지면서 웰드 라인(weld line)이나 흐름 자국(Flow mark) 등의 표면 불량이나 나타나게 된다.

외관 불량을 개선하기 위한 방법은 금형의 온도를 높여서 외관 품질을 향상시키는 방법과 도장과 도금을 이용하여 외관 불량을 감추는 방법 등이 사용되었다. 금형의 온도를 높이는 방법에는 금형 내부의 Cooling line에 온수나 Hot oil을 이용하는 방법부터 열풍에 의해 가열하는 방식, 전기 히터에 의해 가열하는 방식, 고주파 유도 가열 방식, 금형의 Cavity와 Core 사이에 열관을 끼우는 방식, 금형의 외관 부위에 초내열 고분자 수지를 코팅하여 단열 효과를 이용하

는 방식 등 다양한 시도가 있었으며, 외관 불량을 개선하는 관점에서는 양호한 결과를 도출하였다. 하지만 금형 온도를 높게 하면 할수록 외관 상태는 양호해지지만 냉각 시간이 길어지면서 제품의 생산 효율이 저하되는 문제점과 금형의 내구성과 작동성에 영향을 주면서 양산 측면에는 악영향을 초래하게 되었다.

또한, 도장과 도금을 이용하는 방법도 일반적인 흐름 자국이나 기타 외관 불량은 개선 효과가 있지만 웰드 라인에서는 효과가 미비하다. 웰드 라인의 경우에는 도장을 하면 오히려 불량 부위가 도드라지는 특성이 있어 도장 공정이 많아지면서 가격 경쟁력이 떨어지고 생산성도 저하되는 문제점이 나타났다. 그리고 최근 환경 문제가 대두되면서 친환경 측면의 다양한 요구들이 나타나고 있다. 친환경에 대한 요구는 플라스틱 소재 개발과 더불어 친환경 몰드 기술, 친환경 성형 기술에도 적용이 되고 있다.

이러한 시대적 요구를 감안하여 2000년대 초반 No-Weld 제품 구현을 위하여 국내 업체에서 일본의 급속 가열/급속 냉각 방식을 도입하게 되면서 금형 온도를 조절하여 사출 성형 제품의 외관을 개선하는 시도가 전개되었다. TV 제품을 포함한 IT 분야에서 크게 성공을 만들어 내면서 다양한 금형 기술, 가공 기술의 발전을 이루는 촉매 역할을 하게 되었다.

사출 성형 기술을 포함한 가공 기술이 주요한 역할을 했지만 금형 기술, 제품 설계, 플라스틱 소재 개발이 병행되었기에 획기적인 성공을 이루었으며, 발상의 전환이 만들어 낸 훌륭한 성공 사례라고 말할 수 있

다. 이 글에서는 급속 가열/급속 냉각 방식의 효시라고 할 수 있는 증기와 가압 열수를 이용한 사출 성형기술에 대해 살펴 보고자 한다.

증기를 이용한 급속 가열/급속 냉각 가공기술

증기(steam)를 이용한 급속가열/급속냉각 방식은 일본에서 '90년대 중반부터 시작되었으며 사출성형 제품의 외관 품질을 개선하기 위하여 급형의 온도를 제어하는 방식에서 출발하게 되었다. 국내에서는 RHCM으로 소개되어 있는데 RHCM은 Rapid Heat Cycle Molding의 약자로 급형 내부에 설계되어 있는 Cooling Line을 이용하여 급형을 가열할 경우에는 스팀을 이용하고, 냉각할 경우에는 상온의 물이나 냉수를 이용하여 온도를 조절하는 방식이다.

기존의 급형에서 Cooling Line의 역할은 급형 온도를 설정 온도에 맞춰 균일하게 관리하는 것이다. 반면에 RHCM에서는 고온과 저온의 두 가지 온도를 설정하여 플라스틱 수지가 주입될 때는 급형 벽면과 접촉되어 고화되는 특성을 최소화하기 위해 고온 상태로 설정을 하고, 보압 이후에는 냉각 효율을 높이기 위하여 저온으로 설정하는 방식으로 운영이 된다. 급형의

온도만을 높여서 외관 표면을 개선하는 방식에서 한 단계 향상된 방식인 것이다. 사출 공정 단계별 급형의 온도 변화에 대한 설명은 그림 1에 나타나 있다. 일반 사출성형 공정에서는 급형 온도가 균일하게 관리가 되고 있으며, RHCM 사출 성형공정에서는 수지가 충전되는 Filling 과정에서는 플라스틱 수지의 유리 전이 온도(Tg) 이상으로 설정하고 제품 형상이 완료되는 시점을 기준으로 냉각을 진행하는 방식으로 급형 온도를 관리하고 있다.

RHCM 가공기술의 장점은 Flow Mark와 Weld Line과 같은 외관 불량을 개선하는 역할도 있지만, 급형 외관면의 전사 특성을 극대화하여 급형 표면의 질감을 그대로 구현하는 것이 포함된다. 그리하여 부식 효과를 100% 재현하여 무광의 효과를 발현할 수 있고 마이크로 형상의 패턴이 있는 제품에도 응용이 되고 있다. 또한 강도 특성을 보강하기 위하여 Filler를 함유하고 있는 플라스틱 수지도 외관 부품에 적용이 되고 있다.

RHCM 가공기술의 적용 효과는 첫 번째는 Weld Line이 없는 고품질의 외관을 구현하는 것이다. 그림 2는 일반 사출성형과 RHCM 사출성형 시 웰드 라인의 발생 메커니즘을 설명하고 있다. 기존의 일반 성형에

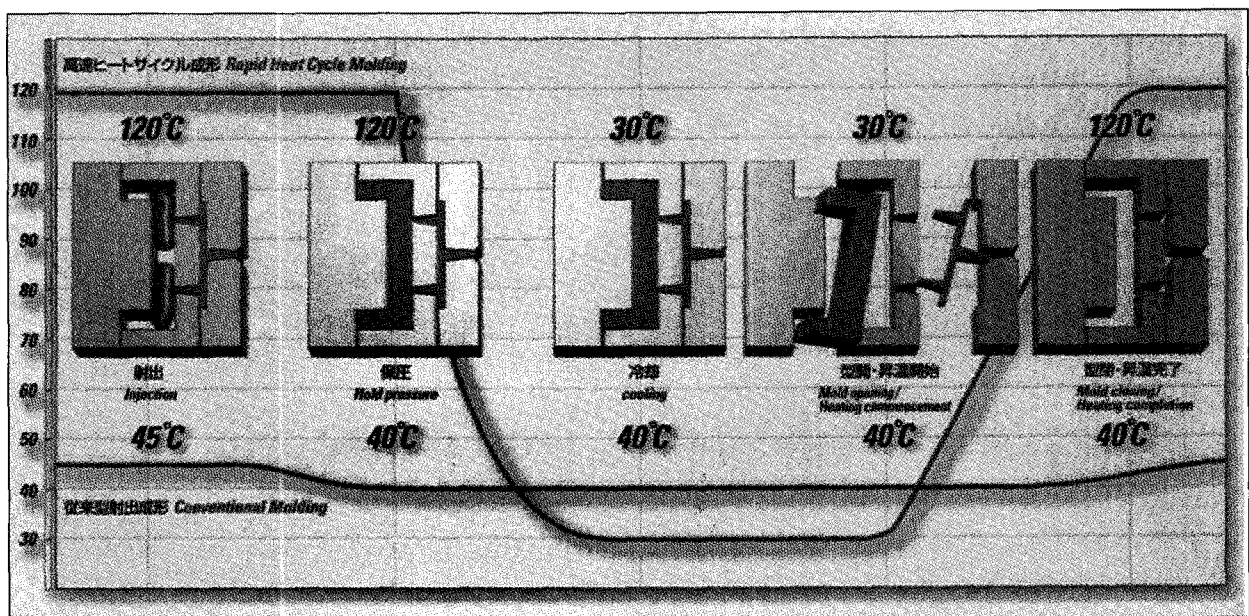


그림 1 공정 단계별 급형 온도 비교(일반사출성형 대 RHCM성형)

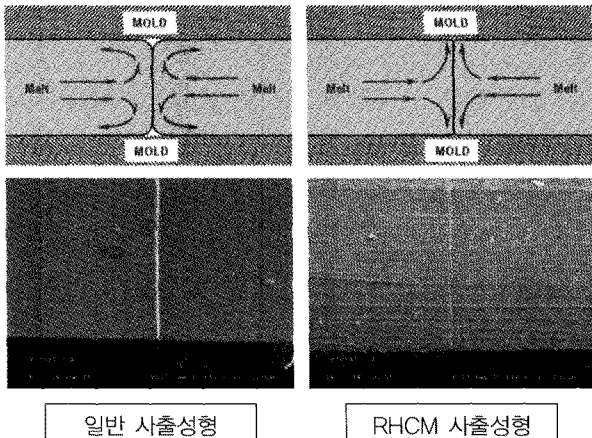


그림 2 RHCM 가공기술 적용에 따른 외관 개선 효과(Weld Line 개선)

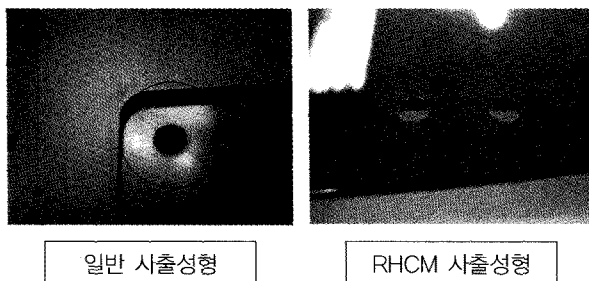


그림 3 RHCM 가공기술 적용 사례(Weld Line 개선)

서는 수지가 만나게 되면 금형 벽면에 V 형태의 노치가 발생하게 되며 수지의 고화가 이뤄지면서 Weld Line이 외관에 존재하게 된다. 반면에 RHCM 성형에서는 시각적으로는 Weld Line이 없지만 실제 성형 제품에서는 존재하게 된다. 일반 성형과 동일하게 수지가 만나게 되면 Weld Line이 생성되지만 금형 온도가 Tg 이상으로 설정되어 있어 보압 전달이 용이하여 금형 면으로의 전사 특성이 개선되면서 V 노치가 소멸되게 된다. 표면으로의 전사 특성이 좋아지면서 High glossy 특성도 같이 구현이 된다. 그림 3은 실제 제품에 적용된 사례를 보여주고 있다.

두 번째는 Filler가 보강된 강화 수지의 경우에도 외관 품질이 좋아지면서 외관 부품으로 적용이 가능하다는 것이다. 평가를 통해서 GF 30% 수준까지는 Filler가 보강되지 않은 일반 수지와 동일한 수준까지 외관 품질이 개선이 된다. 이론적인 규명이 되지 않는 상태지만, 일반 사출의 경우는 수지가 충전되면서 금

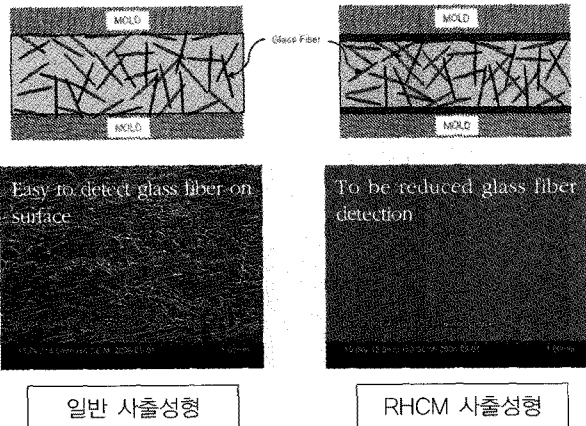


그림 4 RHCM 가공기술 적용에 따른 외관 개선 효과(GF 들출 개선)

형 벽면과 접촉이 이루어지고, 이때 고화층이 생성되면서 외부로 들출된 Filler들이 그대로 외관으로 남아 있기 때문에 판단된다. RHCM 공법에서는 금형의 온도가 수지의 Tg 이상으로 유지가 되면서 충전과 보압 과정에서 압력이 전달되면서 상대적으로 밀도가 높은 Filler가 내부 쪽으로 밀려 들어가는 경향이 있는 것으로 나타나고 있다. 그림 4는 Filler 수지를 적용한 경우의 내부 메커니즘과 실제 광학 현미경으로 촬영한 사진이다.

실제 사출에 대한 평가를 통하여 금형 온도에 따른 GF 보강 수지의 high glossy 구현을 검증해 보았다. 금형 외관 면의 온도를 기준으로 언급할 경우 135℃ 이상으로 설정되어야 Deep한 질감의 high glossy가 구현이 된다. 금형 온도에 따른 Gloss 측정 데이터는 그림 5에 설명되어 있다.

온도(°C)	60	95	135
Gloss	20	60	95~100

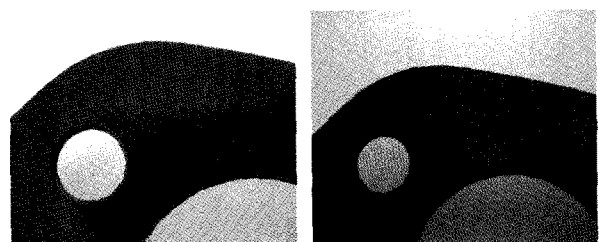


그림 5 RHCM 가공기술 적용 효과(high glossy 구현)

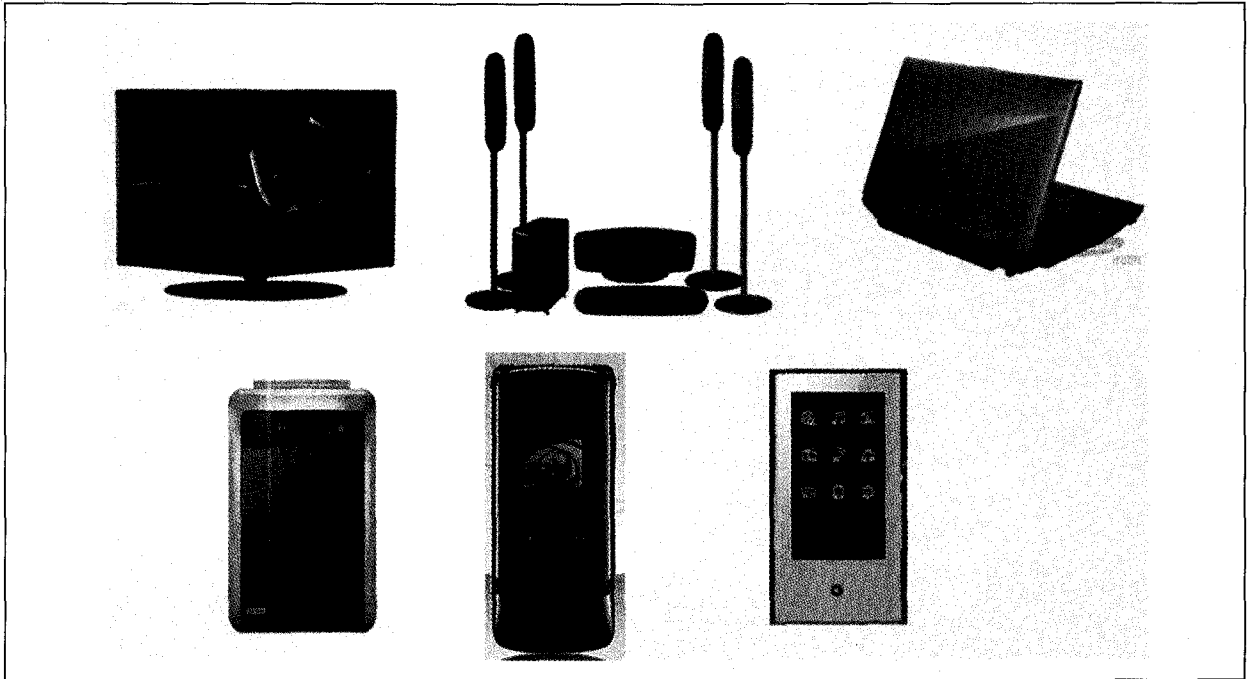


그림 6 급속가열 냉각 가공기술이 적용된 사례

표 1 대표적인 급속가열 급속냉각 가공기술 비교

Type	Electric Heater	Steam	Hot Water
Process Name	E-mold Name	RHCM, H&C	HiT
Power Source	Electric	Oil	Electric
Characteristic	Simple equipment	Complex equipment	Complex equipment

High Cost for mold & equipment than conventional molding

RHCM 가공기술을 적용한 사례

RHCM 가공기술은 2000년대 소개된 사출성형 기술 중에서 플라스틱 시장에 가장 영향력이 크고 시장 파급 효과가 높다. 증기를 이용한 RHCM을 시작으로 가압 열수와 전기를 이용하는 다양한 방식들로 전개되면서 고품질의 외관 제품을 소비자들에게 많은 사랑을 받게 되었다. TV 제품에 적용되어 크게 호응을 받았으며, 실용성이 강조되었던 가전 제품에서 예술 장식품으로의 인식의 변화까지 이끌어냈다. 이러한

성공에는 플라스틱 소재와 제품 설계, 금형 기술에 걸쳐 산업 전반위적인 공동 대응이 있었기에 가능하였다. 표 1은 열 매체에 따른 급속가열 냉각의 대표적인 방식을 간단히 비교한 것이다.

RHCM 가공기술이 적용된 사례는 초기에 TV 제품을 중심으로 활성화 되었지만 현재에는 대부분의 가전, 생활제품에 적용되고 있다. 시장 판도까지 변화시킨 RHCM 가공기술이 앞으로 좀 더 친환경적이고 저비용의 고효율의 기술로 발전될 것으로 기대한다.