

플라스틱 사출 성형 공정에서의 생산성 향상을 위한 제어인자들에 관한 연구

김기선 · 이상복

서경대학교 대학원 경영학과, 6시그마MBA

Controlling Factors for Productivity Improvement in Process of Plastic Injection Molding

* Ki Sun Kim, Sang Bok Ree**†

Seokyeong University, 6 sigma MBA

kkisunny@naver.com

Abstract

Company which produce the latest plastic products of survival dimension for competitive power security productivity elevation activity hard do. BUT Many enterprises is lacking value elevation activity that customer among product special quality is thinking heftily and isn't grasping well adjusted impact factors. So, addition quality failure cost is produced.

In this research, investigated impact factor and factors influencing most heftily in quality for productivity elevation. As a result, present example that serve to control well importance benevolence.

Key Words: plastic products, value elevation, product special quality, impact factor

1. 서 론

글로벌 경쟁에서 기업은 날로 다양해지는 소비자의 의식변화에 적응하여 살아남기 위하여 기술 혁신과 원가 경쟁력 확보는 필수적인 요소가 되고 있다. 그러므로 기업은 기술개발과 병행하여 철저한 생산성 향상 활동을 실행하여 고객에게 가격이 저렴하고도 품질이 확보된 제품을 제공하여야 한다.

이러한 이유로 플라스틱은 저렴한 가격과 용이한 가공성, 동일한 품질의 제품을 다량 생산 가능한 이점 등으로 인해 많은 분야에서 제품 소재로 활용되고 있는 실정이다. 최근 선진국을 중심으로 환경 규제와 재활용 요구와 수출 중심으로 성장해 온 국내 기업들은 후발국 업체들의 지속적인 발전으로 경쟁이

심화되고 있고 특히 재료비 절감과 우수한 품질 유지가 동시에 요구되어지고 있다.

이에 따라 대부분의 플라스틱 사출 성형 제조 회사에서는 생산 원가 절감을 위한 생산성 향상에 고민하고 있으며 이를 위해 설계단계에서의 보완, 금형구조의 획기적인 개선, 사출 공정 단계에서의 최적화등 많은 연구가 이루어지고 있다. 현재 전자제품 및 관련 부품의 경박 단소화로 인해 제품의 외관이나 부품을 이루는 플라스틱 사출 성형부품의 두께 또한 계속해서 얇아지고 있으며 이러한 추세를 따라가기 위해 휴대폰용 LCD BLU(back light unit)의 부속품 중 도광판의 경우는 0.3mm 두께로 얇아지고 있으며, 휴대폰용 배터리 케이스의 경우도 0.25mm의 두께까지 얇아지고 있다.

이와 같은 초박판의 제품을 사출성형으로 제작

하기 위해 도입된 것이 고속 사출성형 기술이다.(황철진외 2008)

일반적으로 사출성형 공정에 있어 전체 제품 생산 시간중 40~70% 정도가 제품 냉각 시간이어서, 사출 성형 제품의 생산성 향상을 위해서는 냉각시간의 단축이 필수적이다. 일반적으로 사출성형금형에 있어 공정의 냉각 성능 향상을 위하여 냉각채널을 도입하고 있다. 금형의 냉각성능 향상과 균일 냉각 유도를 위해서는 금형면에 인접하며 금형면 형상에 적응하는 냉각수로를 생성하는 것이 바람직하다. 그러나 전통적 가공방법으로는 금형면 형상에 적응하는 냉각수로의 제작이 거의 불가능하여 일반적으로 산업현장에서는 직선형 냉각수로가 많이 도입되고 있다.

한편, 금속재료 소결/용융을 이용한 제품제작을 기본 원리로 하는 직접식 쾌속 틀링(tooling) 공정의 경우 금형면 형상에 적응하는 냉각 채널(Conformal cooling channel)을 제작할 수 있어 사출성형 금형의 균일 냉각과 현저한 냉각시간 감소를 유도할 수 있다.(안동규 2006)

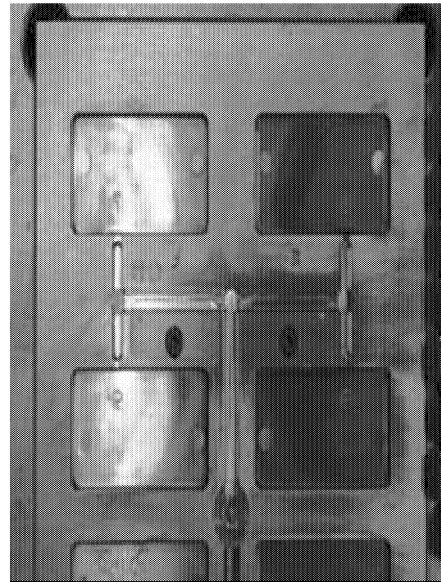
또한 한 번의 사출성형 공정으로 동일한 여러 개의 제품을 생산하기 위한 다수 캐비티(multi cavity) 금형을 이용한 사출성형 작업이 보편화 되고 있으며 한 번의 사출성형 공정으로 서로 다른 여러 개의 제품을 생산하는 Family 금형을 이용하기도 한다.(박형필 2006)

이와 같이 본 논문에서는 사출 성형 분야에서 생산성 향상을 위하여 금형과 성형 분야에서 기술 개발하고 있는 여러 인자에 대해 알아보고 실제 현장에서 생산성 향상과 더불어 검토해야 할 제품의 품질 특성에 대하여 논 하고자 한다.

2. 사출성형 생산성 향상 인자 및 품질 결정 요소

플라스틱 사출성형에 영향을 주는 인자로는 우선 플라스틱 소재가 일정한 형상을 유지하

게 하는 금형 요인이 크며, 이를 극복하기 위해서 한 번의 공정 완료시 대량의 제품을 생산할 수 있는 다수 캐비티, Family 금형등의 개발이 이루어지고 있다.(장민규외 2009)



<그림 1> 다수 캐비티 (multi cavity) 금형

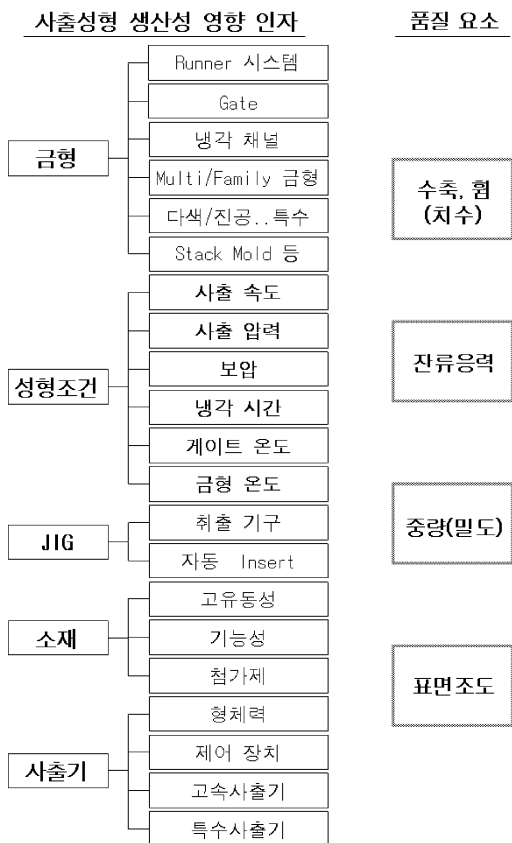
특히 금형의 조건에 따라 사출 성형 조건에 직접적인 영향을 주는 인자는 Runner 시스템과 Gate구조 그리고 냉각 채널이다. Runner 시스템은 Runner 형상 자체의 구조와 Hot/Cold Runner시스템으로 나누어 생각해 볼 수 있는데 Hot Runner의 경우 Scrap의 절감과 사출성형 Cycle Time의 개선 그리고 Value 게이트를 활용한 유동 패턴 조정으로 품질 향상에 기여한다.(김석근 1991)

냉각 채널은 사출성형 공정 Cycle Time에 50% 이상의 영향을 주는 인자로 고온으로 용융되어 cavity안으로 흘러 들어간 수지를 고화 온도 이하로 떨어뜨려 사출성형 제품을 빨리 취출 되도록 하는 시스템이다. 냉각 채널의 구조는 금형 상하 Cavity 주변을 냉각유체가 흐를 수 있도록 금형을 가공하여 이렇게 형성된 유로를 따라 수지로 인해 고온으로 올라간 금형온도의 열량이 신속히 이동하여 제품이 빨

리 균도록 설계 한 것이다.

최근에는 Stack Mold 기술을 이용하여 복잡한 3차원 형상의 냉각 채널을 적용한 금형을 개발하여 냉각시간 단축을 시도하기도 한다. (안동규의 2005)

사출 성형 조건을 이용한 사출성형 생산성 향상 방안은 사출성형 공정이 충전→압축→냉각→취출 공정에서 냉각 공정이 가장 많은 시간을 소요하고 있어 냉각시간을 개선하려는 시도가 가장 활발히 이루어지고 있다. 길지는 않지만 사출시간도 짧은 시간내에 캐비티에 수지를 충전시키기 위해서 얇은 박판 제품을 고속 사출을 시도하여 성형하기도 한다.



<그림 2> 사출성형 생산성 향상 인자 및 품질 요소

사출 속도를 올리기 위해서는 수지의 용융 온도를 높여 점도를 낮게 하여 용융된 수지가 큰 저항 없이 캐비티로 충전 되도록 한다. 이때 게이트의 용융 온도가 너무 높으면 수지가 열화되어 기계적 물성이 저하 될 수 있으므로 주의해야 한다. 금형 온도는 원 재료의 특성에 따라 사출후 냉각시 표면 결정화가 부족하게 되어 기계적 물성이 저하 될 수 있으므로 시사출을 통해 충분히 확인한 후 온도 조절을 해야 한다.

취출용 JIG는 기존 수동으로 완성된 제품을 취출 하였으나 인건비의 상승과 원가 절감운동으로 Robot를 활용한 제품의 취출과 자동 Insert 기계를 통해 정확한 작업 실행과 작업 시간을 단축하고 있다. 기타 소재나 사출기의 개량 개선이 끊임없이 이루어지고 있으나 본 논문에서는 공정 중심의 사례를 설명할 예정이다.

3. 생산성 영향 인자 조절 실패 사례

냉각 시간 단축등 사출성형 공정 영향 인자 조절을 통해 생산성을 향상 시키고는 있으나 품질 요소를 정확히 검증하지 않으면 제품 불량으로 많은 실패 비용이 발생하게 된다.

3.1 냉각 시간에 따른 치수 변화

냉각 시간의 절감은 전체 제품 생산 Cycle time에 많은 비중을 차지하여 가능하면 최소의 시간으로 제품 생산 대응하고 있다. 하지만 한계에 대한 검증이 없다면 생산성 향상의 의미가 불량에 묻혀 실패가 되고 말 것이다.

그림 3.은 냉각시간에 대한 치수 편차와 표면 상태를 알아보기 위해 최근 생산되고 있는 휴대폰을 이용하여 평가 해 보았다.

재질은 PC에 GF를 함유한 제품을 선택하여 냉각시간을 4, 10, 12초로 설정하여 시험 사출을 실시했다. 이때 금형온도는 115℃를 일정하게 유지하고 있었으며 이온도는 금형 표면을 직접 측정 한 결과이다.(사출기 Sodick 100톤, 사출속도 200mm/sec)

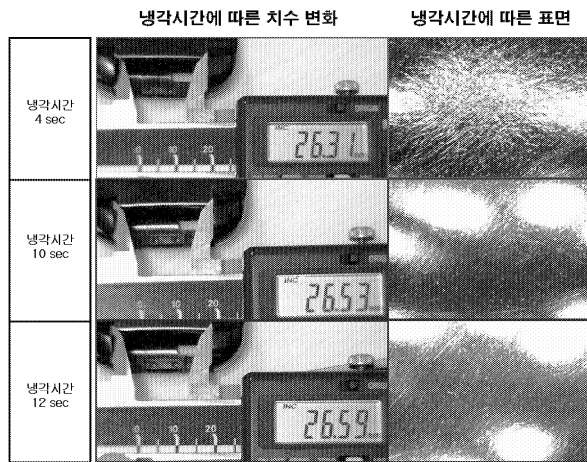
목표 치수는 265 ± 0.1 이며 다른 조건들은 동일한 조건으로 평가 하였다.

실험 결과 10, 12초로 냉각 시켰을 경우 목표 치수를 만족하는 것으로 나타났으며, 냉각 시간 4초에서는 기준 치수 대비 0.2mm가 작게 차이나는 것으로 확인되었다.

또한 표면을 200배 확대 해 보았을 때 냉각시간 10,12초 에서는 매끈한 표면을 나타내었으나 냉각시간이 4초인 경우에는 표면에 GF섬유가 노출되어 거친 표면을 나타내고 있었다.(×200)

이러할 경우 UV 도장등 후가공이 어려워 제품 표면에서 도장층이 박리되는 2차 문제가 발생하게 된다. 따라서 본 사례에서는 냉각 시간을 10초 정도로 유지하여야 치수나 표면 품질에 문제가 없음을 알 수 있다.

보다 정확한 치수와 미려한 표면을 얻기 위해서는 몇 번 더 Simulation 을 통하여 정확한 공정 조건을 확정해야 할 것이다.



<그림 3> 냉각시간에 따른 치수 변화 및 표면

실제로 사출성형 생산 공정에서는 Cycle Time을 줄이기 위해 cavity내 수지가 완전히 응고 되기 전에 사출공정을 완료하고 제품을 취출하는 경우가 있다. 물론 70%이상 고화되면 문제가 없을 수도 있으나 형상에 따른 잔류 응력이나 상대적으로 두꺼운 부분의 체적 수축등으로 제품 취출 후 휨이나 비틀림 현상이 발생할 수 있다. 따라서 적절한 실험과 치수 측정 등으로 본 사

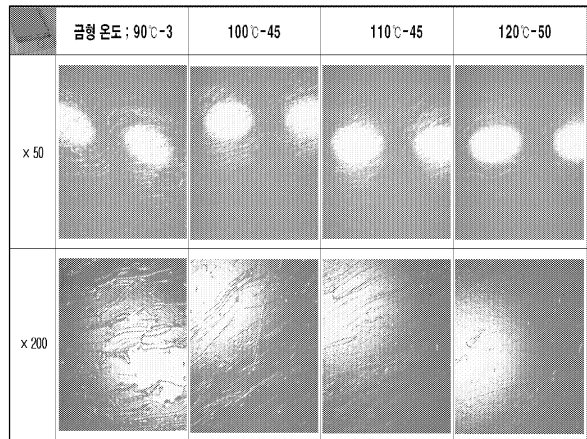
례와 같은 휨이나 비틀림 현상을 예방할 수 있다. 본 제품은 형상적이 “ㄷ” 형태의 제품으로 완전히 고화가 되지 않으면 내측으로 쏠림 현상이 확대되어 나타나는 경향이 있고 초기에 문제가 없더라도 시간 경과에 따른 변형이 예상되어 생산 초기 충분한 검토가 필요할 것으로 생각된다.

3.2 금형 온도에 따른 표면 상태

엔지니어링 플라스틱인 PC소재의 경우 UV도장등 후가공 처리를 위해 미려한 외관 표면이 요구되어 진다. (PC소재의 경우 화학적 특성상 도료 성분이 표면층과 결합력이 떨어져 외관 표면이 매끈해야 Primer 처리가 잘 이루어짐)

본 실험에서는 제품 표면이 매끈한 부분을 금형 온도별로 사출성형하여 표면의 매끄러운 정도를 평가하려고 하였다.

기타 사출성형 조건은 동일하게 유지하였으며 금형 온도를 90,100,110,120℃로 조정하여 사출성형을 실시했다.(사출기 sodick 100톤, 사출속도 200mm/sec)



<그림 4> 금형 온도에 따른 표면 온도 비교

실험 결과 50배로 확대하여 표면을 확인 할 경우 각 온도 별로 약간의 차이는 느낄 수 있었으나 육안 식별은 불가능 하였으나 금형온도 120℃의 경우 사출물 외관 표면이 미려하게 나타났으며 110,100℃에서는 약간의 표면 실

오라기 형상의 함몰 균열상이 발견 되었으며 90℃에서는 현상이 더욱 심하게 나타나 UV도 장등 후가공 시에는 문제가 있을 것으로 판단 되어진다. 본 사례와 같이 육안으로 식별이 안되는 부분에 대해서 품질 요소에 대해 인식 하고 생산 초기에 실험을 통해 검토할 수 있는 프로세스가 중요하다. 특히 현장에서 금형 온도를 낮출 경우 용융된 수지가 빨리 고화 되기 때문에 생산성 향상을 위해 금형 온도를 낮추고 작업하기 쉽다. 또한 이와 같이 본 공정에서 발생하였으나 후공정으로 이동하여 작업이 이루어진 후에 사용하면 발생하는 신뢰성에 영향을 주는 인자들은 특히 많은 실험 을 통해 공정 조건들을 결정해야 할 것이다.

4 결 론

본 연구에서는 플라스틱 사출성형 공정에서의 생산성 향상을 위한 여러 영향 인자들을 확인하고 그중 치수 및 외관 품질에 영향을 주는 인자들의 조건을 변경하여 발생할 수 있는 문제들을 검증해 보았다. 위 사례들은 실제 현장에서 발생된 문제들이며 1,2차 협력사에서 원가 압박이 심각해짐에 따라 Cycle Time을 줄이기 위하여 여러 인자들을 조정하는 가운데 발생된 문제라고 생각한다. 기업 성과 향상을 위해 추진되고 있는 여러 혁신 활동 가운데 실질적으로 개선의 효과를 가장 빠르게 느낄 수 있는 곳이 현장에서의 생산성 혁신일 것이다. 하루에 3,000개 생산 했던 제품을 4~5,000개로 생산 수량을 늘려갈 수 있다면 경영 측면에서는 많은 도움이 될 것이다. 하지만 간과해서는 안 될 것이 사례에서 나타난 품질 문제이다. 육안으로 판단이 안되는 문제들이 후공정으로 이동되어 도장 불량이나 신뢰성 문제를 야기 시키면 이보다 심각한 문제는 없을 것이다. 초기에 그러한 문제를 예측하고 철저한 확인을 통해 효율을 높여 나가야 할 것이다. Cycle time을 줄이기 위한 냉각시간의 단축은 힘이나 비틀림 현상의 원인이 될 수 있고, 금형온도의 낮추는 것도 사출성형품의 외

관 표면에 미려함과 매끈함에 영향을 주어 후가공 처리 신뢰성에 영향을 줄 수 있어 신중한 검토와 접근이 필요하다. 또한 생산성 향상 인자들과 품질이 Trade-off되는 현상을 구분하여 제시할 필요성을 느끼며 본 논문을 통해 각 인자별로 깊이 있는 연구와 이론적인 검증이 부족한 점은 추후 심도 있는 검증을 통해 확인하고 사출성형 공정의 효율성과 품질확보 활동에 발전적인 방향을 제시하고자 한다.

참고문헌

- (1) 권태현외(2001), 사출성형 CAE 설계 지침, 문운당
- (2) 김석근(1991), 사출금형 조건에 있어서 사출성형에 미치는 영향에 관한 연구, 숭실대학교 기술지도학과 석사학위 논문
- (3) 박형필(2006), Family 금형의 충전 균형을 위한 실험적 연구, “소석가공” 47~56
- (4) 안동규, 박상오(2006), DMT 공정을 이용한 고속냉각 사출금형 제작 방법, 한국정밀공학회 19~20
- (5) 안동규, 양동열(2005), 쾌속조형공정의 원리 및 동향, 한국정밀공학회지 7~16
- (6) 장민규, 광재섭, 정영득(2009), 다수캐비티 사출금형에서 멜트버퍼 형상이 균형충전에 미치는 영향, 한국정밀공학회 661~662
- (7) 황철진, 김종선 외6(2008), 박판 도광판 성형을 위한 유압식 고속 사출성형의 성형 안정성 연구, 한국소성학회지 17권 657~661