

트리즈와 공리설계 기법에 의한 사출제품 부형상 설계

이재철*, 허용정*

*한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부
e-mail:jung4923@kut.ac.kr

A Study on Supplementary Features of Injection-Molded Parts Using TRIZ and Axiomatic Design

Jae-Chul Lee*, Yong-Jeong Huh*

*School of Mechatronics Engineering, KUT

요 약

우리 생활에서 큰 비중을 차지하고 있는 플라스틱은 그 사용 정도가 점점 증가하고 있는 추세이다. 그중에서도 플라스틱은 사출성형제품에서 가장 많이 사용한다. 사출성형의 제품은 높은 정밀도와 긴 수명이 요구되며, 품질, 가격, 납기에 대해 사용자의 욕구를 충족시켜줄 수 있어야 한다. 하지만 플라스틱은 열이나 하중 등 사용 환경에 따라 변하는 결점을 가지고 있으므로 일용잡화나 케이스류, 장식품 등의 일반적인 용도 이외에는 사용에 한계가 있다. 그러므로 설계자는 보다 과학적이고 합리적인 이론적 지식이 필요하다. 이에 사출성형 제품의 합리적인 설계를 위해 공리적 설계 기법을 이용하여 보다 좋은 설계를 수행하고 트리즈 기법을 활용함으로써 사출성형 제품의 문제들을 창의적으로 접근해봄으로써 문제 해결을 시도하려는 것이다.

1. 서론

전통적으로 사출성형제품의 제조과정에 있어 사출성형 제품, 금형의 설계는 설계자의 축적된 경험과 지식에 주로 의존해 왔다. 설계 작업이 경험에만 의존하여 이루어질 경우, 신제품 개발 시 발생하는 사용재료 및 형상변화에 대한 유연하고 합리적인 대처가 상당히 어렵다. 이 경우 금형 제작 시 많은 시행착오를 겪게 되어 금형의 납기가 연장되는 요인이 되고 제조단가도 비싸지게 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 사출성형과 관련된 공정의 수학적 모델링, 과학적이고 체계적인 방법론을 통한 설계해석 및 평가 등 설계전반 작업분야에 걸친 합리화가 지속적으로 추진되어야 할 것이다. 설계 시 요구되는 각종 공학데이터의 데이터베이스화, 설계와 관련된 CAD 프로그램 및 CAE 해석프로그램의 적절한 활용뿐만 아니라 설계자의 설계 지식과 경험을 전산정보화 하여 제공하는 지적설계 프로그램을 구축할 수 있다면 설계전문가와 제조전문가 사이의 의사소통과 연계 원활, 납기단축, 제품품질 향상 등의 목적달성이 가능해질 수

있을 것으로 판단된다.

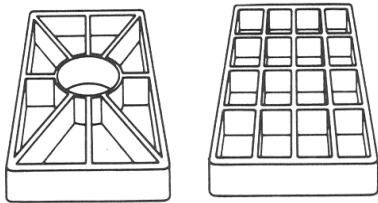
사출성형제품의 형상은 제품의 주된 기능을 수행하고 외관을 구성하는 주형상(primary geometry)과 사출성형의 특성상 부가되는 부형상(supplementary feature)들로 대별된다. 리브(rib)와 같은 부형상이 주형상에 추가적으로 부가될 때 이러한 부형상의 존재는 금형에서 복잡한 코어(core)의 형태로 나타나게 된다. 부형상은 구조 보강, 유동원활, 변형 방지, 조립 및 기능상의 목적으로 제품의 주형상에 부가되어 지는데 이러한 부형상의 설계합성은 사출성형에 관한 광범위한 지식을 필요로 하며 성형성, 제품의 기계적 성능을 고려하고, 또한 웰드라인(weld line), 싱크마크(sink mark), 변형(warpage) 등과 같은 결함 발생 가능성을 설계 초기단계에서 종합적으로 고려해야 한다. 그러나 부형상의 형상, 치수, 위치 등을 적절히 설계합성(synthesis)하는 작업은 공정에 관한 종합적인 지식을 지원해 주는 합리적인 설계도구가 제공되지 못했던 이유로 사출 전문가의 오랜 기간 축적된 경험과 지식에만 전적으로 의존하여 왔다.

본 연구의 목적은 사출성형 제품의 합리적인 설계를 위해 공리적 설계 기법을 이용하여 보다 좋은 설계를

수행하고 트리즈 기법을 활용함으로써 사출성형 제품의 문제들을 창의적으로 접근해봄으로써 문제 해결을 시도 하려는 것이다.

2. 리브의 설계

리브 구조는 제품 살 두께(wall thickness)를 균일 하게 유지시키고 성형사이클 시간을 최소화 하면서 구조강성을 증가시키고 재료를 경제적으로 사용하기 위한 목적으로 설계된다. 또한 리브는 게이트로부터 멀리 떨어진 부분에서의 미성형(short shot), 플로우마크(flow mark), 기포(void) 등과 같은 결함을 방지하기 위한 보조적 러너(secondary runner)의 역할을 수행하기도 한다.

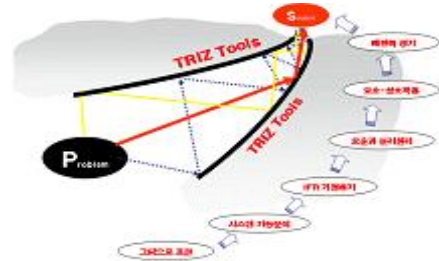


[Fig. 1] Typical rib types

Fig. 1에 전형적인 리브형상인 방사형과 십자형이 도시되어 있다. 만약 부품의 강성을 높이는 목적으로 리브를 설계할 때에는 먼저 고분자 재료의 탄성률을 증가시키거나 혹은 살 두께를 증가시켜 구조강성을 증가시킬 수 없는지 검토 한다. 그러나 플라스틱 제품의 살 두께는 플라스틱 재료의 고유의 낮은 열전도율에 의해 제한되어 있는데, 이로 인해 구조적 강성의 부족이 나타난다. 따라서 제품의 살 두께가 두꺼워서 생기는 문제와 관련하여, 리브는 살 두께를 줄이면서 강성을 높일 수 있는 효과적인 수단이 된다. 리브의 필요성을 판단하기 위해서는 명시된 하중 조건하에서 주어진 제품의 구조적 성능이 정량적으로 표현되어야 하나, 설계 초기 단계에서 제품의 하중조건은 대개 윗 판에서의 과도한 처짐 제한, 코너 부위의 응력집중 방지 등의 함축적인 조건으로 주어지는 것이 일반적이므로 설계 시 과도한 처짐으로 인한 제품의 기능 상실과 응력집중으로 인한 파괴만을 고려하여 설계하는 것이 적합하다. 리브구조가 잘못 설계되면 싱크 마크, 변형, 이형불량 등의 문제가 발생하여 품질이 저하되게 되며 심지어는 리브가 부가되지 않은 경우보다 강도가 저하되는 경우도 발생하게 된다. 그러므로 리브구조의 설계는 구조적 보강의 필요성, 성형성, 결함 가능성 등의

종합적인 설계평가를 거쳐 합리적으로 수행되어야 한다.

3. TRIZ(6SC) 적용

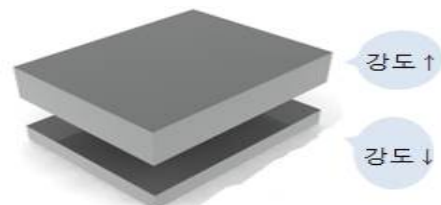


[Fig. 2] 6SC 방법론

Fig. 2은 6SC의 문제해결 도구들을 사용한 문제 해결의 과정을 도식적으로 나타낸 것으로 P는 해결해야 하는 문제이고 S는 문제의 해결책이다. 어떤 문제를 시행착오식 방법으로 해결하는 경우 연구 과정은 자신의 경험과 지식에 의하여 특정한 방향을 향하게 된다. 문제를 해결하는 시간을 줄이기 위하여 문제의 해결방향을 알아야한다. 이 경우 6SC적 사고는 자신의 경험과 지식에 의한 사고관성을 제거하고 새로운 방향으로 문제를 창의적으로 풀어가게 한다. 6SC 방법론들은 문제의 해결책의 방향을 알려주는 등대와 같은 역할을 한다. 고정관념에 의한 잘못된 해결책의 방향을 6SC의 방법론들이 안내하여 가장 최적의 해결책의 방향을 하게 하는 트랙의 역할을 한다. 이 과정에서 고정관념은 제거되고 자신의 지식과 타인의 지식을 활용해야 하는 시점이 언제인지 알 수 있다. 또한 기술 진화 패턴의 분석으로 현재의 문제가 과거의 어떤 기술의 과정을 거쳐왔고, 앞으로 어떤 변화가 있을 것인가에 대한 종합적으로 보는 넓은 시야를 가지게 된다.

3.1 그림으로 표현

사람의 생각을 구체화 시키는 가장 좋은 방법은 그림이나 도표 등을 이용하는 것이다. 특히 두 가지 이상의 관련 요소들이 있을 경우, 서로의 이해를 도식화하면 문제의 해결 방향은 명확하게 드러난다.

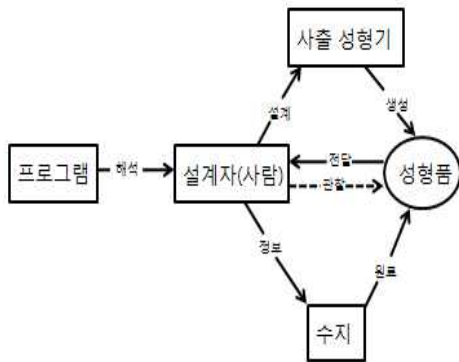


[Fig. 3] 성형품

Fig. 3은 6SC의 첫 번째 단계인 그림으로 표현하기로써 문제의 핵심을 그림의 형태로 나타내어 종합적으로 검토하기 위함이다. 이 문제에서 핵심은 설계자가 플라스틱 성형품에 제조함에 있어 두께가 두꺼우면 강도가 커지지만 두께가 얇으면 강도가 약해진다는 문제를 그림으로 나타낸 것이다.

3.2 시스템 기능 분석

시스템 기능분석은 기술시스템이나 공정을 기능의 관점에서 분석하여 비교적 간단한 모델로 기술시스템을 분석하는 방법론이다. 시스템 기능분석은 기술시스템 및 목표대상, 환경요소로 구성되어 있다. 모든 기술시스템은 사각형으로 목표대상은 동근형, 환경요소는 육각형으로 표현한다. 또한 기술시스템이 목표대상에게 기능을 전달하는 과정에서 발생하는 구성 요소들 간의 상호 메커니즘 중에서 기술시스템에 도움을 주는 유용한 기능은 실선으로 유해한 기능은 점선으로 표현하였다.



[Fig. 4] 시스템 기능 분석

3.3 이상해결책

Fig. 4에 시스템 기능분석도를 통해 가장 이상적으로 문제가 해결되는 이상해결책을 아래와 같이 제시하였다.

- 1) 성형품의 두께는 얇아야한다.
- 2) 성형품의 두께가 얇아도 강도는 커야한다.

3.4 모순과 분리원리

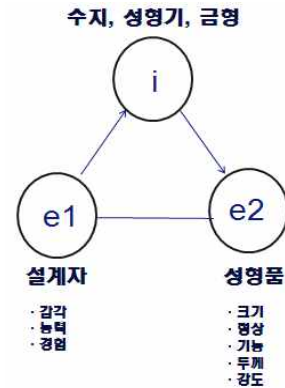
시스템 기능분석과 이상해결책으로부터 문제의 상황을 모순으로 아래와 같이 제시하였다.

모순: 성형품은 얇아야하고 두꺼워야한다.

성형품은 얇아야하고 두꺼워야한다는 모순의 해결책을 찾기 위하여 공간의 분리를 적용하면 다음과 같다.

공간의 분리: 강도가 커지려면 성형품의 두께가 두꺼워야 하고 강도가 약해지려면 얇아야한다.

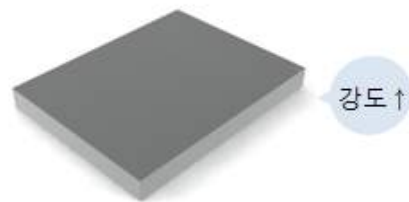
3.5 요소상호작용



[Fig. 5] 요소상호작용 모델

Fig. 5는 설계자와 성형품에 대한 요소상호작용이다. 성형품의 강도를 변형시키는 가장 큰 특징과 성질은 설계자의 감각이나 능력 경험 등 있다. Fig.5에서 성형품의 두께에 영향을 주는 요인은 수지나 성형기, 금형설계 때문임을 알 수 있다.

3.6 해결책과 평가

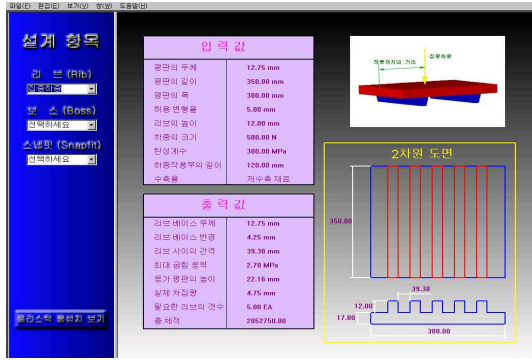


[Fig. 6] 해결책

6SC의 5단계를 통하여 도출된 문제에 대한 여러 가지 해결책을 최종적으로 선택하고 평가하는 것은 아주 중요하다. 특히 많은 해결책으로부터 어떤 해결책을 먼저 적용 할 것 인가에 대한 선택은 더욱 중요하다. 우리는 앞에서 문제시 되었던 사출제품을 통해 Fig. 6과 같은 얇으면서 강도가 큰 성형품을 만들어야한다는 결론을 얻게 되었다.

4. 부형상설계 사례연구

Fig. 7은 집중하중을 받는 리브에 대한 재료선택, 사출성형품의 치수와 같은 제한조건에 대해 필요한 리브의 갯수, 리브 사이의 간격, 리브 베이스 두께 및 반경, 최대 굽힘응력, 실제 처짐량 등이 출력값으로 나타난다. 부형상마스터에 의해 설계 합성된 사출성형제품은 CAE프로그램에 의해 성형성과 기계적 성능을 정량적으로 평가할 수 있다.



[Fig. 7] Output window of rib under concentrated load condition.

5. 결론

리브와 같은 부형상이 추가되어지는 사출성형제품 설계용 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 사출성형의 복합적이고 광범위한 지식과 구조해석 및 재료 선택 데이터가 전산정보화 되어 있다. 또한 각각의 고분자 재료에 대한 단면 파라미터의 제한조건이 프로그램 내에 규칙 베이스로 구성되어 있어, 새로운 고분자재료나 혹은 새로운 설계 제한 조건들이 쉽게 현재의 규칙 베이스에 첨가되어질 수 있다.

참고문헌

[1] Sang-Gook Kim, Nam P. Suh, "Knowledge Based Synthesis For Injection Molding," Robotics & Computer Integrated Manufacturing, Vol. 3, No. 2, pp. 181-186, 1987.

[2] Rosato, D.V. and Rosato, D.V., Injection Molding Handbook, Van Nostrand Reinhold Company inc., 1986.

[3] 허용정, 김상국, "사출성형제품의 부형상 설계를 위한 지식형 CAD 시스템에 관한 연구," 대한기계학회논문집 제 15권 제 6호, pp. 1933-1947, 1991.

[3] 김호중, "실용트리즈의 창의성 과학," 두양사, 2007.

[4] Miller, E., "Plastic Product Design Handbook. Part A : Component," Marcel Dekker, 1981.

[5] Young, W.C., Roark's Formulas for Stress and Strain, McGraw Hill Book Company, New York, 1975.

[6] Timoshenko, S.P. and Woinowsky-Krieger, S., "Theory of Plate and Shells," McGraw Hill, 1959.

[7] Verbicky, J.W., "Encyclopedia of Polymer Science and Engineering," Vol. 12, John Wiley and Sons,

New York, 1988.

[8] Carter, S., Kazmer, D., "Studies of Plastic Boss Design and Methodology," ANTEC '99, Vol. 3, 1999.

[9] Malloy, R.A., Orroth, S.A, Arnold, E.S., "Self Threading Screw Boss Design," ANTEC' 85, 43st Annual Technical Conference, pp. 744-748, 1985.

[10] Suat Genc, Robert W. Messler, Jr., Gary A. Gabriele, "A Method for Attachment Design Concept Development in Integral Snap-fit," Journal of Mechanical Design, ASME, Vol. 122, No. 3, pp. 257-264, 2000.

[11] Lee, C., Dubin, A., "New Snap-Fit Design Formula," ANTEC '88, pp. 1564-1566, 1988.

[12] Luscher, A.F., "Part Nesting as a Plastic Snapfit Attachment Strategy," ANTEC '96, Vol. 1, pp. 1302-1306, 1996.

[13] Satchitanand Kashyap, "A Feature-based Framework for Attachment Level Snap-Fastener Design in Product," International Symposium on Assembly and Task, pp. 51-56, 1999.