韓國精密工學會 2005 年度 春季學術大會論文集

CAE 와 쾌속조형/쾌속툴링을 이용한 전자제품용 소형 금형의 개발에 관한 연구

안동규*(조선대 기계공학과), 이상훈(조선대 대학원), 김민수(조선대 대학원),
한길영(조선대 기계공학과), 김진석(조선대 대학원), 문현수(㈜ 주영하이텍), 윤영석(㈜ 주영하이텍)

Investigation into the development of deep drawing tools with small size for electronic parts utilizing the CAE and RP/RT technology

D. G. Ahn (Mecha. Eng. Dept. CSU), S. H. Lee(Graduate School, CSU) ,
M. S. Kim(Graduate School, CSU) , G. Y. Han(Mecha. Eng. Dept. CSU), J. S. Kim(Graduate School, CSU) ,
H. S. Moon(Juyoung High Tech Co. Ltd) ,Y. S. Yoon(Juyoung High Tech Co. Ltd)

ABSTRACT

The objective of this research works is to propose a rapid development methodology of small size deep drawing tools for electronic parts utilizing the technology combination of CAE and RP/RT. The technology is applied to the development of deep drawing tools with a drain shape. The final surface of tools is obtained from the evaluation of the formability using the CAE. In order to manufacture the physical prototype of tools for try-out forming, several fabrication experiments are carried out for three types of rapid tool manufacturing technology. Through the fabrication experiments, the acceptable rapid manufacturing technologies of deep drawing tools with a small size have been proposed.

Key Words : Deep drawing tools for electronic parts (전자제품용 성형금형), Elasto-plastic stamping analysis(탄소성 박판성형해석), Rapid prototyping (쾌속조형), Rapid tooling(쾌속생산)

1. 서론

전통적으로 금형과 금형 성형품에 대한 개발 및 시작품 제작과정은 많은 시행 착오를 거치기 때문에 장기간의 납기와 이에 따른 많은 개발 비용이 요구되고 있다. 이러한 금형 산업의 현안 문제를 해결하는 대안중 하나로 CAD/CAM/CAE/RP&M 기반의 동시공학적 설계/생산방식을 들 수 있다. CAD/CAM/CAE/RP&M 기반의 동시공학적 설계/생산방식은 CAD/CAM/CAE 를 포함하는 가상 설계/생산 (VP&M) 과 쾌속조형 (RP)/쾌속툴링(RT)/쾌속생산(RM) 을 포함하는 실물 설계/생산 (PP&M)으로 구성된다.[1]

VP&M 기술은 3 차원 가상공간에서 생산되어질 제품을 쉽게 이해할 수 있으며, CAM/CAE 를 통하여 설계변수의 제품 특성 및 배치에 대한 영향에 대하여 분석/고찰 할 수 있는 장점을 가지고 있다. PP&M 은 실물형상으로 제작된 모형 이용하여 제작될 제품의 기학적 복잡성, 생산성/조립성 검토 및 기능성 시험등의 생산시 발생하는 문제점을 분석/평가할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러므로, 금형과 금형 성형품 개발에 있어 VP&M 과 PP&M 의 기술적 결합을 통한 금형산업의 납기 단축과 개발 비용 최소화를 위한 연구가 시작되고 있다.[1]

Walczyk 등 은 유한요소해석, 쾌속제작 장치, 레이저 CMM 등을 가지는 페루프 박판성형시스템을 이용한 금속판재 성형용 금형을 위한 새로운 쾌속툴링 방법을 개발한 바 있다.[2] Park 과 Yang 등은 쾌속 3 차원 조형법과 유한요소해석을 연계한 소성가공 금형설계의 동시공학적 접근방법에 대한 연구를 수행한 바 있다.[3] Kuzman 등은 유한요소해석과 쾌속조형공정을 사용한 사출금형 개발방법에 대한 연구를 수행한 바 있다.[4] Ahn 과 Yang 등은 소성가공공정의 개발을 위한 CAD/CAM/CAE/RP 의 연계

에 대한 연구를 수행한바 있다.[1]

본 논문에서는 전자제품용 소형 프레스 금형 개발시 개발기간/비용 최소화를 위하여 CAD/CAE 기술과 쾌속조형/쾌속툴링 공정을 기술적으로 결합하여 금형 개발에 적용하는 방법에 대하여 연구하였다. 또한, 소형 전자제품 금형의 쾌속생산에 적합한 쾌속조형방법에 대한 가능성을 분석/고찰하였다.

2. 금형의 성형성 해석 및 금형면 형상 결정

2.1 금형 3 차원 설계 및 표면데이터 산출

드레인 형상 금형의 3 차원 설계데이터는 I-DEAS NX10 에서 다이와 펀치부를 각각 솔리드 모델링 한 후, 다이와 펀치부 사이의 간섭과 조립성을 검증하여 각각의 솔리드 형상을 확정하였다. Fig. 1 과 같은 드레인 형상의 전자제품 금형의 크기는 240 mm × 180 mm × 80 mm 이다.

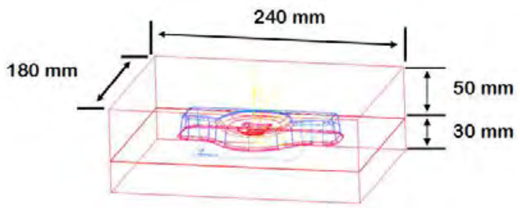

Fig. 1 Three-dimensional modeling of the deep drawing tools with a drain shape

유한요소해석을 위해서는 금형의 다이부나 펀치부의 표면모델링 데이터가 소요된다. 솔리드 모델링된 데이터를 이용하여 표면 모델링 데이터를 추출하기 위하여 IGES 파일 변환기능을 활용하였다.

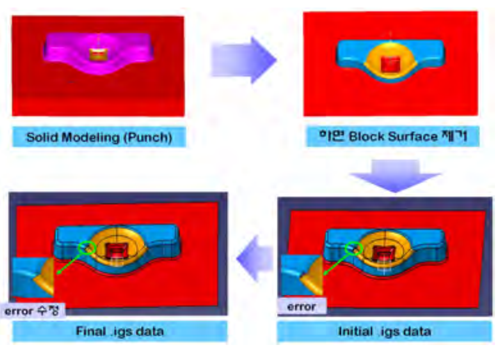

Fig. 2 Procedure of the surface model generation for die

IGES 데이터로 변환된 금형 데이터에서 블록 생성요소인 바닥면 표면데이터를 제거하여 다이부와 펀치부의 표면데이터를 생성하였다. 표면데이터 생성은 Fig. 2 와 I-DEAS 3 차원 모델러상에서 .igs export 를 수행한 후, Uni-graphics NX3 에서 import 하여 블록부 제거와 이중곡률 발생부의 데이터 손실부 수정을 수행하였다. 최종적으로 수정된 .igs 파일을 상용 CAD/CAM 시스템인 I-DEAS, Uni-graphics NX3, CATIA V5 및 Deltamesh 에 입력시켜 데이터의 호환성을 검토하였다.

2.2 유한요소해석을 위한 금형면 및 박판재 유한요소격자 생성

본 연구에서 유한요소격자생성은 Pam-stamp 2G 의 전처리기인 Deltamesh 를 사용하였다. Deltamesh 에서는 금형면 형상적응도를 높이는 방법으로 파라메트릭 금형면 요소생성에서는 Chordal error 의 최소화 방법을 사용한다. Chordal error 를 최소화시키는 방법은 최소 요소 크기, 최대거리, 최대각 및 최소 특징형상 크기를 조절하는 것이다.

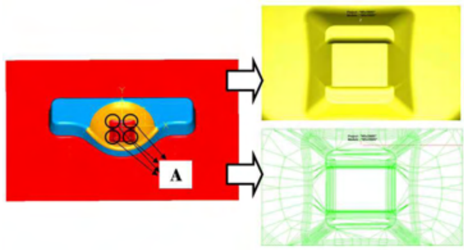

Fig. 3 Mesh of the die surface

본 연구에서 사용된 드레인 형상 다이의 경우 Fig. 3 의 A 위치에서 반경 2.7 mm 로 매우 급격한 곡률변화가 발생하였다. Deltamesh 의 Default 옵션을 이용한 경우 A 위치부에 생성된 유한요소격자의 형상 적응도가 좋지 못하였다. 그래서, 최소 특징형상 크기 0.2, 최대 거리 0.05, 최대각 5^o 및 최소 요소 크기 0.05 로 옵션을 조절한 결과 Fig. 3 과 같은 형상 적응도가 높은 다이부 유한요소격자가 생성되었다. 그후, 생성된 다이부 유한요소격자를 박판재료 두께의 110 % 만큼 아랫방향으로 옵셋하여 블랭크홀더와 펀치부 유한요소격자 생성하였다. 다이부, 블랭크 홀더부 및 펀치부는 강체로로 가정하였다.

박판재의 유한요소격자는 4 절점 쉘요소를 사용하였다. 이 쉘요소는 Mindlin-Reissner 의 쉘이론을 이용하고 있으며, C^0 연속성을 가진다. 해석중 사용된 격자 재분할 등급은 5 단계 이며, 격자 재분할 방법은 Bi-section 방법을 선택하였다. 초기 유한요소 격자수는 4,480 개이다.

2.3 박판성형공정 해석 및 결과 고찰

본 드레인 형상의 전자제품 금형에 대한 박판성형공정의 유한요소해석은 Pam-stamp 2G 외연적 탄소성 유한요소해석 S/W 를 이용하여 수행하였다. 해석에 사용된 재료 물성은 식 (1) 및 Table 1 과

같으며, 해석조건은 Table 2 와 같다.

$$\overline{\sigma} = 0.527(0.0086 + \overline{\varepsilon})^{0.273} \qquad (1)$$

Table 1 Material properties of the stamping material

E(GPa)	ν	ρ(kg/m³)	T (mm)	r_0	r_{45}	r_{90}
206	0.33	7.8x10^{-6}	0.5	1.88	1.87	2.43

Table 2 Analysis conditions

μ	B.F.(kN)	Holding velocity (m/sec)	Stamping velocity (m/sec)
0.05, 0.12, 0.15	150	2	5

Fig. 4 와 5 는 유한요소해석 결과이다. 유한요소해석결과 일반적인 건마찰 상태 (μ=0.12) 이면, 최종성형단계에서 중앙의 최소 곡률부위에서 최대 변형율이 발생함을 알 수 있었다. 마찰 계수가 증가되면 중앙의 최소 곡률부 외에도 좌우 모서리부의 곡률이 급격히 변화하는 부분에서 두께 감소가 현저히 나타나는 것을 알 수 있었다.

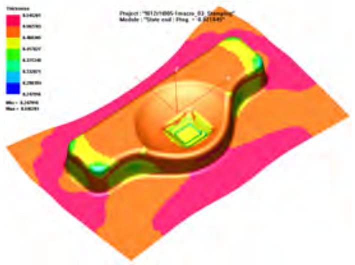

Fig. 4 Thickness distribution (μ=0.12)

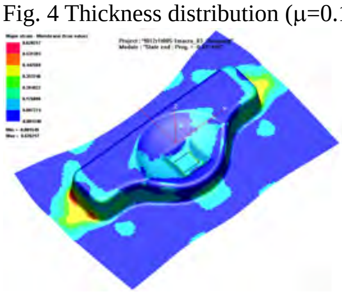

Fig. 5 Major strain distribution (μ=0.12)

두께 변화율과 변형율 분포를 고려할 때 중앙 최소 곡률부위에서 발생하는 최소 변형율은 매우 국부영역에서의 유한요소격자 생성과 접촉처리 한계에 의한 해석상의 문제로 사료되었다. 그래서, 최소 곡률 2.7 mm 인 금형면 형상을 최종 금형면 형상으로 확정하였으며, 좌우 모서리부는 형상은 유지시키며 윤활 상태를 수정하도록 하였다.

3. Try-out 용 금형 쾌속 제작

3.1 RP 와 RT 를 이용한 쾌속 금형 제작 방법

유한요소해석결과 확정된 금형면 형상을 이용하여 Try-out 용 금형을 쾌속조형/쾌속툴링 방법으로 쾌속 제작하였다. 금형제작에 사용된 방법은 SLA 쾌속조형공정을 이용하여 1 차 원형을 제작한 후, 이 원형을 이용하여 정밀주조로 금형을 제작하는 방법, DMLS 공정을 이용하여 직접적으로 금속 금형을 제작하는 방법 및 금형의 베이스부의 기계가공과 DMT 공정을 이용한 금형 표면부 적층으로 금속 금형을 제작하는 방법의 3 가지이다.

유한요소해석결과 확정된 금형 3 차원 솔리드데이터를 .stl 데이터로 저장한 후, 이 .stl 데이터를 DeskArts3DExpert 에서 법선벡터 에러, 삼각형 중첩 및 삼각형 패치간의 틈새 발생과 같은 에러를 수정하여 최종 .stl 데이터를 생성하였다.

SLA 쾌속조형공정을 이용하여 1 차 원형을 제작한 후, 이 원형을 이용하여 정밀주조로 금형을 제작하는 방법에서는 VIPER si2 SLA 시스템을 사용하였다. SLA 에서 제작된 패턴을 이용하여 실리콘 몰드를 제작한 후, 이 몰드를 이용하여 왁스 패턴을 제작하였다. 최종적으로 이 왁스 패턴을 이용하여 정밀주조를 수행하여 금속 금형을 제작하였다.

DMLS 공정을 이용하여 직접적으로 금속 금형을 제작하는 방법에서는 EOSINT M 250 을 이용하였으며, 금속분말재료는 DirectSteel H20 을 사용하였다. Fig. 6 은 DMLS 공정 수행을 위한 펀치부와 다이부 CAD 데이터 생성과정과 DMLS 공정을 이용한 금형 제작 과정이다. DMLS 공정으로 금형을 제작한 후, 와이어 컷팅으로 금형을 바닥 플레이트로부터 분리하였다. 그리고, 금형면의 표면 조도를 향상시키기 위하여 마이크로 숏피닝을 수행하였다. 마이크로 숏피닝까지 금형 제작을 위한 전공정에 소요된 시간은 103 시간 이었다.

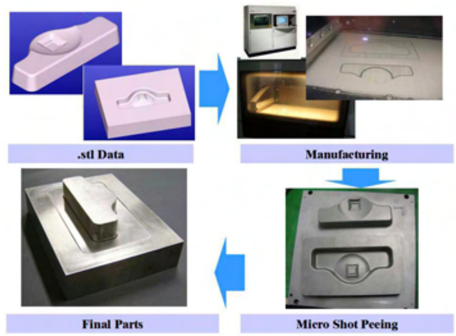

Fig. 6 Tool manufacturing procedure using DMLS process

금형의 베이스부의 기계가공과 DMT 공정을 이용한 금형 표면부 적층으로 금속 금형을 제작하는 방법에서는 Fig. 7 과 같이 금형의 대부분을 차지하며 특징 곡면들이 나타나지 않는 베이스부분은 일반적인 기계가공을 수행하고, 금형의 특징 형상을

가지고 있는 표면층부는 DMT 공정을 이용하여 베이스부 금형재료와 동일한 재료로 적층하여 형상을 생성함으로써 기계가공과 쾌속조형의 장점을 모두 활용할 수 있는 장점을 이용하였다. DMT 공정이 적용된 부위의 두께는 5.5 mm 이며, 적층 재료는 SKD 61 로 결정하였다.

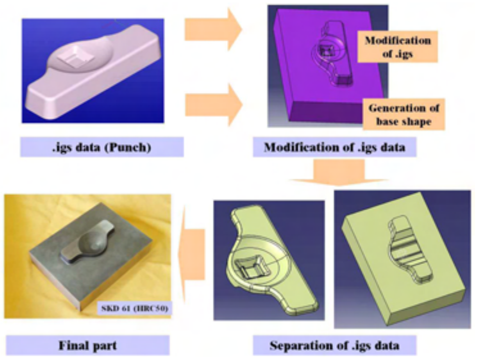

Fig. 7 Manufacturing procedure of the punch using DMT and machining process

3.2 결과 및 고찰

SLA 쾌속조형공정을 이용하여 1 차 원형을 제작한 후, 이 원형을 이용하여 정밀주조로 금형을 제작하는 방법에서는 실리콘 금형 제작까지는 문제가 발생하지 않았으나, 왁스 패턴 제작시 금형의 형상이 일반적으로 왁스 패턴을 제작하는 형상보다 커서 왁스 내부에 기공이 많이 발생하였다. 그래서, 이 기공을 최소화 시키기 위하여 전체높이를 1/4 씩 나누어 적층과 경화를 반복하여 왁스를 패턴을 제작하였다. 또한, 직접식 주조 및 정밀주조시 주조 금형 내부에 기공과 불충진 영역이 많이 발생하여 고강도 금속의 금형 제작이 어려웠다.

DMLS 공정을 이용하여 직접적으로 금속 금형을 제작하는 방법에서는 펀치 형상부의 최하면과 베이스의 경계부에서 균열이 발생하였다. 또한, 마이크로 숏피닝 후에도 표면조도를 높이기 위한 후처리 공정이 소요되었으며, 경도는 H_{RC} 41 이었다.

금형의 베이스부의 기계가공과 DMT 공정을 이용한 금형 표면부 적층으로 제작된 금속 금형의 경우 적층후 형상 정밀도 유지를 위하여 기계가공으로 후처리를 수행하여만 하였다. 그러나, 경도 H_{RC} 35 로 베이스 금속인 SKD61 과 거의 유사한 경도를 나타내었다. 그리고, 금형 내/외부에 결함이 전혀 발생하지 않았다. 또한, 이 방법을 사용할 경우 금형 사용후 금형 보수시 신속한 보수가 가능할 것으로 판단되었다.

본 연구에서 수행한 3 가지 쾌속금형제작 방법 중 SLA 쾌속조형공정을 이용하여 1 차 원형을 제작한 후, 이 원형을 이용하여 정밀주조로 금형을 제작하는 방법을 제외하고는 쾌속 금형 제작에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 논문에서는 전자제품용 소형 금형 개발을 위한 CAD/CAE 기술과 쾌속조형/쾌속툴링 공정의 기술적 결합방법에 대하여 연구하였다.

드레인 형상을 가진 실제 금형에 CAD/CAE 기술과 쾌속조형/쾌속툴링 공정을 적용하여 최적 금형면 도출과 3 가지 쾌속조형/쾌속툴링 공정으로 실물 금형을 제작하였다. 그결과, 박판 성형 금형 CAE 해석을 위한 금형면 처리 방법과 CAE 해석 결과를 이용한 금형 설계 수정을 수행할 수 있었다. 또한, CAE 해석 결과 확정된 금형면 데이터를 이용하여 각각의 쾌속조형/쾌속툴링방법에 필요한 가공경로데이터 생성방법과 쾌속금형제작에 적합한 쾌속조형/쾌속툴링방법을 선정할 수 있었다.

추후, 본 연구에서 제작된 금형으로 제품 Try-out 을 수행하여 제품의 성형과 금형의 수명을 평가할 예정이다.

후 기

본 연구는 “산업자원부 지역혁신 특성화사업 : 광주지역 금형산업육성 사업” 의 일환으로 진행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다..

참고문헌

1. Yang, D. Y., Ahn, D. G., Lee, C. H., Park, C. H., Kim, T. J., "Integration of CAD/CAM/CAE/RP for the Development of Metal Forming Process," Journal of Material Processing Technology, Vol. 125-126, pp. 26 - 34, 2002.
2. Walczyk, D. F. and Hardt, D. E., "A Comparison of Fabrication Methods for Sheet Metal Forming Dies," Transactions of the ASME, Vol. 121, pp. 214 - 224, 1999.
3. Kuzman, K., Nardin, B., Kovac, M., Jurkosek, B., "The integration of rapid prototyping and CAE in mould manufacturing," Journal of Material Processing Technology, Vol. 111, pp. 279 -285 , 2001.
4. Park, K., Yoon, J. W., Yang, D. Y., Cho, J. R., "Concurrent Engineering Approach to the Die Design of Metal Forming Processes Using Rapid Prototyping and Finite Element Analysis," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 13, No.8, pp. 146 - 154, 1996.