

## 자동차용 금형제작의 CAD/CAM시스템 및 요소기술

한 규 택\* / 부경대학교 정밀기계공학과

### A CAD/CAM System and Component Technology in Die Making for Automobile

Kyu-Taek Han\* / PKNU Dept.of Precision Mechanical Eng.

#### Abstract

This study investigates CAD/CAM system & component technology in die making for automobile. An assessment has been proceeded so that stamping car panel can be designed and manufactured efficiently. Also a method of measuring surface strains in a deformed three dimensional part has been analyzed which computes surface strains for the entire area under the view instead of determining surface strains from deformed circles one a time. For the technicians, automated strain measurement system has the potential to become a powerful tool for successful press-die design and making.

The obtained results will lead to the reductions in lead time and man-hour required for the design and manufacture of the stamping dies.

#### 1. 서론

최근의 산업사회가 고도화되어감에 따라서 제품도 고품질화를 지향하는 경향이 강해지고 있다. 따라서, 제품의 품질과 생산성을 크게 좌우하는 생산기반기술인 금형제조기술에 크게 의존하고 있는 자동차 제조분야에서도 자

동차용 판넬(panel)의 형상 및 치수정밀도에 대한 자세한 분석이 필요하게 되었다. 특히, 자동차의 본체로 사용되는 박판을 성형하는 프레스금형 제작에 있어서의 CAD/CAM시스템의 체계를 조사하고, 정확히 분석하여 자동차용 프레스금형의 설계기술과 NC데이터 제작방법 및 가공기술 등의 요소기술 및 표준화된 CAD/CAM시스템에 관한 평가를 하는 일은 중요하고 필요한 연구과제라 하겠다.

그런데 이러한 금형제작기술은 설계기술, 가공기술, 사상기술, 트라이아웃(try-out)기술, 측정기술, 보수기술 등, 수 많은 요소기술을 필요로 하며, 이 모든 금형제작기술의 최근 동향은 가공의 고정밀도화와 단납기 및 다품종 소량생산을 지향하고 있다. 그러나 금형산업은 숙련 작업자가 부족하고 사상장비(die spotting press, try-out press)와 기존 측정장비(lay-out M/C)의 정밀도의 한계때문에 경험과 감각기술에 의존하여 금형을 생산하고 있으므로, 가공정밀도의 미확보 및 납기의 지연현상이 나타나서 금형업계의 문제점으로 지적되고 있다.

이것은 고품질의 금형제작을 위해서는 금형제작 기술의 표준화 및 CAD/CAM/CAE 화가 시급히 해결해야 할 과제를 의미하는데, 이에 관련된 연구[1,2,3,4,5]가 금형업계 및 학계에서 실제와 이론적인 측면에서 활발하게 행하여 지고 있다. 한편, 최근에는 자동차의 디자인 단계로부터 자동차 개발~생산단계에 이르기까지 대부분의 비용과 시간이 소요되는

금형의 설계 및 가공에 있어서, 종래의 도면 작업에 의한 과정을 점차 CAD/CAM 체제로 바꾸어 가는 추세에 있다. 이에 따라 많은 자동차회사 및 프레스 부품업체에서는, 요즘 서둘러 CAD/CAM 기술을 도입하여 활용하고 있는 단계에 있다.[11] 그러나 이의 효율적 활용과 제조공정에서의 그 가치를 충분히 발휘하기 위해서는 CAD단계에서 설계 및 데이터베이스의 타당성에 대한 충분한 검토가 이루어져야 하기 때문에 CAE(컴퓨터이용해석)기술에 대한 필요성도 절실히 요구된다고 할 수 있다.

전반적인 연구현황을 보면, 가공정도를 확보하기 위한 방안으로 절삭 및 tool기술 또는 CAD/CAM기술, 장비운용기술, 장비유지기술 등에 관한 연구가 주류이며 또한 신소재의 도입, 다양한 설계 및 다품종 소량생산의 요구로 인해, 생산설계에서 이용가능한 박판성형에서의 CAE의 개발연구도 활발하게 행하여지고 있다.[6,9,11] 한편, 가공의 고정도화와 단납기를 실현하기 위한 관련 금형기술에 관한 연구를 정리하면 크게 세 가지가 있는데, 첫째는 사상작업을 기계작업으로 하는 것으로 궁극적으로는 사상을 제로(zero)화 하여 가공정도를 향상시키는 것인데, 세부내용은 소 피치(pitch)화, 공구의 R관리, 장비정도 유지, 측정기술 등이며, 둘째는 트라이아웃(try-out)회수를 감소시키는 것인데 세부내용은 박판성형 시뮬레이션(CAE), location 일관성유지, tryout 노하우(know-how)의 정량화 등이고, 세째는 생산관리 관점으로 표준공수와 유연성확대에 관한 내용이다. 또한 다품종 소량생산을 만족하기 위한 금형기술에 관한 연구는 생산에 따른 금형 사양(spec)의 세분화 및 저가 금형소재개발을 통한 저가 금형제작기술에 관한 내용과 복합 die개발과 cam mechanism개발 및 unit cam확대를 통한 금형공정수와 size축소에 관한 내용 및 액압성형기술과 laser blank, multi-press를 통한 소량생산전용 line의 대응기술에 관한 내용으로 되어 있다.

본 연구에서는 실제 금형제작에 있어서의 효율성 및 생산성을 향상시키는 방법으로, 대표적인 프레스용 금형인 자동차용 금형의 설

계 및 제작기술에 관한 기술동향을 조사하고, 또한 자동차용 판넬(panel)의 성형성분석 결과 등을 고찰하여, 자동차금형의 제작에 있어서의 CAD/CAM시스템을 비롯한 금형제작기술의 세부기술항목을 체계화하였고, 새로운 프레스 금형 개발시에 그 적용방법을 검토하였다.

## 2. 본 론

자동차용 판넬(panel)의 프레스금형을 제작하기까지의 요소기술의 평가항목을 정하기 위해서는 금형제작의 flow chart를 파악해야 하는데, 먼저 신차종 개발시의 기획에서 제품도출도까지의 과정을 단계별로 분석하면 다음과 같다.

- (1)기획:시장조사를 통해 제품기획부,마케팅부 등에서 몇 년후에 양산할 차를 기획한다.
- (2)디자인방침결정:기획된 신차종의 중요한 사양 및 신 차종의 개발방침을 결정한다.
  - ㉞body style㉞grade선정(차의 크기,배기량)
  - ㉞엔진사양㉞승차인원 등
- (3)모델디자인:결정된 디자인방침을 기준으로 모델을 디자인한다.
  - ㉞idea sketch:차의 외관을 축소하여 입체적으로 그린 그림(여러장의 idea sketch도 중에서 모델을 선택함)
  - ㉞완성예상도:선택된 idea sketch도를 척도에 맞추어 그린 그림
  - ㉞축도모델제작:1/5 혹은 1/10척도의 축소모델 제작
  - ㉞clay모델제작:내장 및 외관을 1:1로 제작
  - ㉞2차 clay모델제작
- (4)각종모델제작:품평후 model승인
- (5)skin lay out:승인된 model을 선도로 옮긴다.(moving part(Hood,Door,Trunk)의 parting line도시)
- (6)확인모델제작:skin layout도를 기준으로 디자인상태를 확인하기 위한 모델을 제작한다.(mother-model이라고 함)
- (7)master-drawing:각 단면별로 drawing작업을 한다.(부분조립도)
- (8)part-drawing:각 part별 hole위치,형상 등을 결정한다.(제품도)

(9)도면배포

(10)금형제작

다음에 자동차용 판넬의 프레스금형 제작 과정의 순서 및 내용을 분석하면 아래와 같다.

(1)금형제작지침서 작성:㉠생산량㉢생산방식㉣금형구조및재질㉤가공방법선정㉥Panel보정 및 공차적용 ①금형제작 일정

②master model제작:제품도를 기준하여 2차원으로 그려진 도면을 3차원 모양으로 만든다.

④checker fixture제작:최종 panel검사용

⑤aid제작:금형 copy용

(2)금형설계:㉦공법설계-㉠성형성㉢제품률㉣공정결정

④금형도설계-금형설계지침 및 공법설계에 의거하여 각 공정별 구조설계

(3)pattern제작:금형설계도면에 의해 스티로폴로 모양을 만든다.

(4)주물제작:pattern주위 공간에 주물사를 채워 넣고 주물을 넣으면 스티로폴이 녹으면서 원하는 형상이 만들어 진다.

(5)면삭

(6)steel조립:도면을 기준하여 steel을 조립한다.

(7)윤곽가공:model shop의 수치표를 토대로 컴퓨터에 입력시킨 후 NC테이프를 작성하여 NC가공한다.

(8)형상copy(모방가공):㉦NC가공-copy할 형상을 컴퓨터에 입력한 후 magnetic 테이프를 작성하여 가공한다.

④TC가공-AID를 기준하여 모방가공을 한다.

(9)황사상:형상을 copy한 후 cutter자육이 없어질 때까지 grinding한다.

(10)고운사상:기준축을 grinder와 슷돌을 이용하여 고운사상을 한다.

(11)die spotting:상하형 형상맞춤 작업을 한다.

(12)비 master측 고운사상

(13)최종조립:생산이 가능하도록 모든 부품을 부착(cylinder,gauge,자동차부품등)

(14)try out:완제품이 나올 수 있도록 최종 조

정한다.

㉦굴곡㉣주름㉣crack& neck㉣이중선㉣spring back 등 조정

(15)panel검사:검사에서 panel의 문제점이 발견되면 feed back하여 금형수정

②1차 금형부 검사④2차 차체(조립 line)Q.C. 검사

(16)line try out:실제 생산line에서 try out하여 금형조건 및 생산조건 선정.

(17)pilot car제작

(18)press생산(양산)

특히, 위에서 언급한 금형제작 과정 중 CAD/CAM시스템을 이용하는 (8)번의 NC가공의 상세내용은 첫째, 금형가공을 할 수 있도록 정리, 완료한 CAD data를 lay-out 도면에 맞게 금형공정별로 입력하며, 축 set-up, 여유부 생성, O/DR, O/CROWN 및 trim line 전개 등의 작업을 하고 둘째, lay-out완료된 CAD data를 NC data생성 전용시스템으로 넘겨서 금형공정별 황,정삭 및 잔삭, pencil가공 data를 생성한 후 세째, 생성완료된 NC data의 이상유무를 S-Master등에서 검증, 확인한 후 네째, 검증이 완료된 NC data를 공작기계에서 사용할 수 있도록 DNC전송하는 것으로 되어 있다. 또한, press금형의 기본공정은 draw-die, trim-die, frange & restrrike-die, cam-die 등이며 자동차 판넬의 주요 불량(요철 및 crack)발생은 판넬의 외관품질을 저하시킴과 동시에 후공정에 지장을 초래하여 press생산성을 저해하는 요인이 되므로 성형성시험과 Fig.1과 같은 변형률 해석장치(ASAME)를 활용하여 자동차판넬 생산공정의 유형별로 즉, draw-die, trim-die, frange bending-die별로 불량내용에 따라서 금형과 재료의 측면으로 구분하여 발생요인을 조사, 규명하여 불량의 감소 및 개선대책을 수립하는데 ASAME(Automated Strain Analysis & Measurement Environment)장비의 특징은 두대의 카메라로 얻은 2차원 데이터와 두 카메라 사이 각과의 상관관계로 3차원 데이터를 구하여 Lagrangian strain을 계산하는데, 판넬 분석법의 단계의 내용은 Fig.1과 같다.[8,12]

### 3. 자동변형을 측정장치의 적용결과 의 분석 및 문제점의 고찰

판넬을 생산하기 위한 장치인 금형제작 작업을 종래에는 작업자들의 경험에만 의존하여 하던 일들을 자동변형을 측정장치를 이용함으로써 구체적으로 수치화하고 불량률의 원인을 분석하여 문제점을 해결하고 있는데, 현재 모 자동차회사의 금형부에서 직면하고 있는 문제점들 중 형상이 깊은 제품에서 발생하는 파단 문제, 외판의 미세굴곡문제, 강성을 요구하는 제품들에서 발생하는 뒤틀림 문제를 자동변형을 측정장치를 이용하여 해결한 사례를 분석하였다.[7]

#### 3.1 Trunk Lid Outer Upper 의 굴곡 원인 분석

Trunk Lid Outer Upper는 try-out할 때에 굴곡이 발생하므로 금형설계를 수정하게 되는데, 이 판넬의 재질은 인장강도가 35kg/mm<sup>2</sup>인 고강도강판으로 주로 자동차 외판에 많이 사용되고 있다. Fig.2와 Fig.3은 금형 수정전과 수정후의 성형한계선도(FLD)를 나타내고 있다. 금형 수정전의 FLD는 판넬의 모서리와 중앙의 변형량의 분포가 10%정도 차이를 보이고 있다. 이것은 판넬의 모서리가 중앙보다 저항을 더 많이 받는 것으로 판단되며, 면압지를 사용하여 다이의 압력분포를 측정된 결과에서도 금형의 중앙보다 양측모서리에 더 많은 압력이 걸리는 것으로 판명되었다. 따라서 이것을 기준으로 하여 금형을 수정한 결과 Fig.3과 같이 변형량분포가 바람직한 경향을 나타내므로 미세굴곡문제를 개선하게 된 사례로 분석된다.

#### 3.2 MBR FRT SIDE INR의 터짐 원인분석

MBR FRT SIDE INR는 차체에 강성을 주기 위해서 1.2t의 고강도 강판을 사용하고 있다. 고강도 강판은 두 가지 재질로 분류되며, 이 판넬의 문제점은 1공정(draw), 2공정(trim), 3공정(pierce)후 4공정(flange)에서 터짐이 발생하는 것이었는데, 원인을 분석해본 결과 초기에 설정된 강판의 1공정후 FLD를 보면 연신률이 좋지 않아서 안정도가 12.7%

로 나타났다(Fig.4). 그러나 이보다 연신률이 우수한 재질인 강판을 사용하여 측정한 결과 20.8%의 성형여분이 남는 것으로 판명되었다. 이 경우는 자동변형을 측정장치를 이용하여 제품의 재질을 변형시킨 사례로 분석된다.

#### 3.3 판넬의 불량유형 분석

자동차용 판넬의 문제가 되는 내용을 분석하여 판넬 생산공정의 유형별로 요약하면 다음과 같다.

- ①draw-die:㉠소착(늘어붙음)㉡요철㉢주름  
㉣crack(깨짐),neck  
㉤굴곡㉥이중선(선의 마모)㉦shock line㉧punch의 요철, 선의 불균일
- ②trim-die:㉨burr㉩hole막힘㉪panel의 딸러 올라감㉫변형, 닿음㉬cam의 움직임 불량
- ③flange bending-die:㉭소착(늘어붙음)㉮R의 굴곡㉯변형, 닿음
- ④공통 및 자동화:㉰scrapㅂ집불량㉱자동화 air 불량㉲자동화lifter 불량  
㉳spring 및 우레탄고무 파손㉴bolt풀림㉵각 습동부 불량

### 4. 금형제작기술의 분석 및 평가결과

지금까지 금형제작과정을 분석한 결과 요소 기술은 크게 작성기술, 실현기술, 조정기술 및 계측기술로 요약되며, 구체적인 기술항목으로는 설계기술, 가공기술, 사상기술 및 트라이아웃 기술, 측정기술로 정리할 수 있다. 아울러 평가 기준도 이것에 근거해서 세부적으로 세울 수 있으며, 이러한 요소기술의 세부항목을 금형 제작과정의 분석결과를 근거로 하여 아래와 같이 기준항목을 설정하였다. 따라서, 새로운 금형제작시에는 아래에 제시한 평가기준에 해당하는 관련 금형기술을 세부추진항목별로 체크리스트(check list)를 작성하여 적정한 기술 수준을 만족하는 방향으로 개발하면 고정밀도와 단납기 및 무사상이라는 금형제작의 과제를 효과적으로 해결할 수 있으리라 생각한다. 특히 표준화된 CAD/CAM기술의 현장에서의 적용은 단납기의 요구가 가속화되고 있는 요즘 시급히 추진해야 할 과제라 하겠다.

| 평가 내용 | 기술 항목     |            | 세부기술 및 평가기준 항목   |
|-------|-----------|------------|------------------|
| 작성 기술 | 설 계 기 술   |            | 공법 기술            |
|       |           |            | 구조설계 기술          |
|       |           |            | 표준화 및 정보관리       |
| 실현 기술 | 가공 기술     | CAD/CAM 기술 | modelling 기술     |
|       |           |            | NC tape제작        |
|       |           |            | system통합 기술      |
|       |           |            | 표준화              |
|       |           |            | 가동률              |
|       | 기계 가공 기술  | build-up기술 |                  |
|       |           | 고속가공 기술    |                  |
|       |           | 공구연삭 기술    |                  |
|       |           | 장비관리 기술    |                  |
|       |           | 표준화        |                  |
| 조정 기술 | 사상, T/O기술 |            | 사상 기술            |
|       |           |            | 품질보증             |
|       |           |            | trouble shooting |
|       |           |            | 신기술 적용           |
|       |           |            | 금형수정기간           |
| 계측 기술 | 측 정 기 술   |            | 금형측정 기술          |
|       |           |            | panel측정 기술       |

## 5. 결 론

지금까지 자동차용 판넬의 프레스금형제작에 있어서의 요소기술에 대해서 분석하고 평가한 결과, 금형제작기술을 수준을 평가할 수 있는 요소기술의 기준을 설정할 수 있었으며, 본 연구에서 제시한 프레스금형 제작기술을 평가하는 기준을 적용하여 새로운 프레스금형 제작시에 요소기술을 개발하면, 고정도와 단납기 및 무사상을 실현할 수 있는 금형제작기술의 체계를 확립할 수 있을 것으로 전망되며, 금형제작 공정중 많은 시간이 소요되는 try-out공정에 자동변형률 측정장치를 사용하면, 금형제작 기술자의 숙련도에 크게 영향을 받지않고 프레스금형 제작시 성형성 난이도이상부를 빨리 예측할 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 자동차용 판넬의 성형성 분석결과들은 data base화 하여, 이를 바탕으로 신차종 개발시에 제품설계 및 공법설계 등에 적용함으로써 프레스금형 제작현장에서 개발기간의 단축 및 고품질의 제품을 생산하는데 활용될 것으로 기대된다. 그러나 자동변형률 측정

장치에 의한 변형률 가시화에 있어서 현재의 측정한계는 단순한 제품의 변형률 측정만을 보여주고 있다. 향후 이러한 방법의 개발은 CAD/CAM/CAE의 일환으로, 금형의 성형조건을 함께 계산하여 원하는 성형을 유도하기 위해 금형의 수정부위와 가능한 공정의 예측을 할 수 있는 방향으로 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

아울러 요소기술 중에서 최근에 산업체의 중심기술로 주목받는 CAD/CAM기술부문에서, 기준이 되는 제품도의 정보 및 스트립레이아웃(strip lay-out)도, 부품도 및 조립도의 정보를 충분히 활용하여 자동편집 및 조합이 가능한 자동도면합성 모듈이 있는 금형자동설계 및 가공시스템의 개발에 관한 연구도 앞으로 계속해서 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Choi,B.K., "Unified CAM-System Architecture for Die and Mold Manufacturing", Computer Aided Design, Vol.26, No.3, pp.235-243, 1994
- [2] Okamoto,I.et al, "Computer-Aided Design and Evaluation System for Stamping Dies in Toyoda", Proc. Soc. Automot. Eng. Conf. , pp.79-89, 1989
- [3] Raghavan,K.S.et al, "Recent Progress in the Development of Forming Limit Curves for Automotive Sheet Steels", SAE paper, No.920437, 1992
- [4] 김권희, "판재성형용 프레스금형설계를 위한 유한요소법의 응용", 대한기계학회, Vol.30, pp.231,1990
- [5] 최병규, "금형의 NC가공을 위한 CAD/CAM기술", 대한산업공학회지, 산학협동 강좌 교재, 1987
- [6] 금영탁, 이장희, "박판성형공정 시뮬레이션에 대한 세계적인 연구동향", 대한기계학회지 Vol. 32, No.7, pp.632-640
- [7] 서만석, 김형준, "자동변형률 측정장치를 이용한 자동차용 실판넬의 문제점해결방안" 박판

용한 자동차용 실패넬의 문제점해결방안”박판성형 심포지움, 한국소성가공학회, pp.19-128, 1994

[8] 김영석, “평면변형 장출시험을 이용한 스텝 평성형성평가”, 한국자동차공학회지, pp.121-129, 1993

[9] 김영탁, “자동차 판넬금형의 단면 성형성해석을 위한 CAE시스템 개발”, 한국과학기술연구원, 1992

[10] Aoyagi, Mitsuasi, “자동차 차체용 프레스 금형의 CAD/CAM”, Korean-Japan Die & Mold Workshop, pp.21-42, 1994

[11] Lee, Daeyong, “Recent Innovation in Sheet Material Forming”, JMPT, Vol.46, pp. 333-349, 1994

[12] Lee, D. and Vogel, J.H., “The Automated Measurement of Strains from Three Dimensional Deformed Surfaces”, JOM, Vol.42, No.2, pp.8-13, 1990

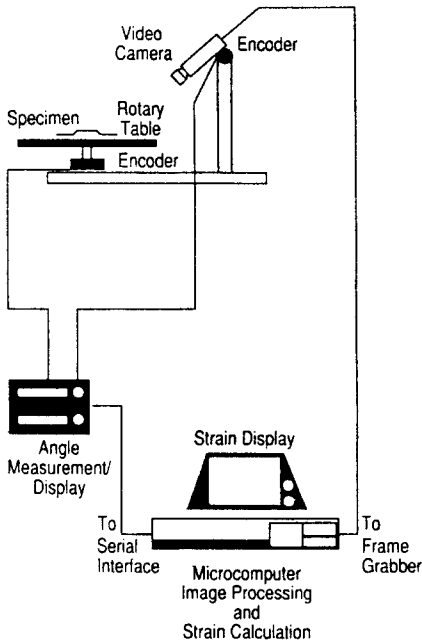


Fig.1 A Schematic diagram showing the major components used in the automated vision method.

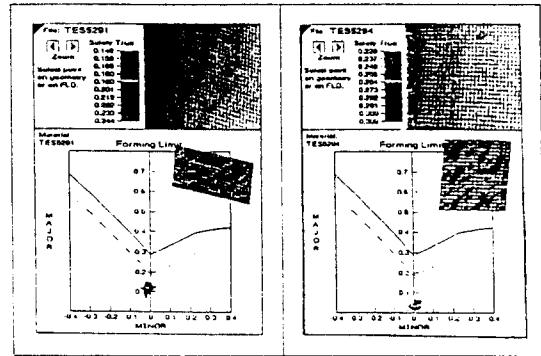


Fig.2 Forming Limit Diagram of Trunk Lid Outer Upper before modification.

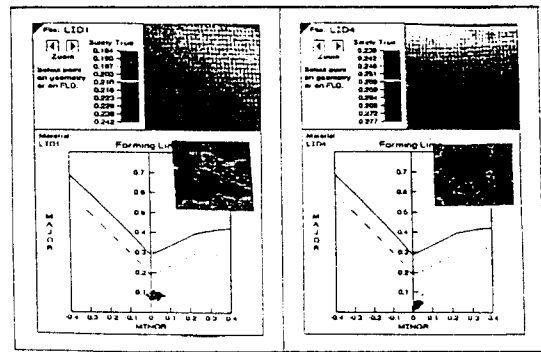


Fig.3 Forming Limit Diagram of Trunk Lid Outer Upper after modification.

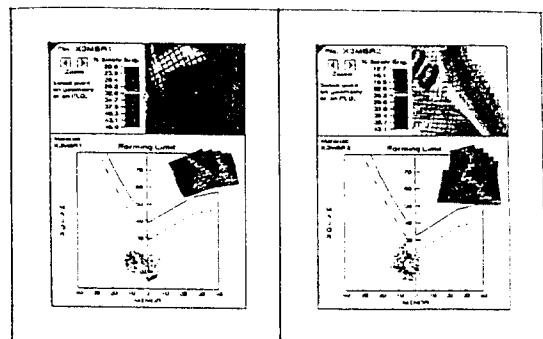


Fig.4 Forming Limit Diagram of MBR FRT INR according to materials.