

# 기아 다이페이스 CAD/CAE 시스템 개발

## Development of Kia Die Face CAD/CAE System

全 基 燦,\* 劉 東 辰,\*\* 李 政 雨\*\*  
G. C. Jun, D. J. Yoo, J. W. Lee

### 1. 머리말

최근 자동차 각사에서는 소비자의 다양한 요구에 부합되는 차를 단기간 내에 개발, 공급하기 위한 노력을 경주하고 있다. 신차 개발에 긴 Lead Time을 요하는 Critical한 부품이 차체(Body)이다. 차체의 개발공정은 스타일 디자인, 보디 구조설계, 마스터 모델 제작, 프레스 금형설계 및 제작 등으로 크게 나누어 지는데 종래의 도면 제작 및 입체 모델 제작에 소요되는 Lead Time을 줄이고 금형 정도 향상을 위하여 CAD/CAM System을 도입하여 사용하고 있다. 현재 신진 각국에서는 차체 부품 개발에 있어 이러한 CAD/CAM System에 사전 성형난이도 평가를 위한 CAE System을 개발 접목시켜 스타일링에서 금형 제작에 이르는 공정을 일관된 CAD/CAE/CAM System화하여 실제품 개발에 적용하고 있다.<sup>1,2)</sup> 스타일링으로부터 얻어진 3차원 Body Data에 의하여 그래픽 터미널(Graphic Terminal)내에서 제품의 형상 파악, 금형의 Tipping 각도 결정, 여육 및 Die Face 설계 등을 행하며 최종적으로 CAE에 의한 성형난이도 평가를 행하고, CAM System에 의해서 금형가공을 행함으로써 설계 공수 절감, Try Out 및 보정 공수 저감, 형제작 공수 저감

및 품질 향상을 기하자는 것이다. 이러한 일련의 과정중 변형 해석 검토의 핵심이 되는 부분은 성형 난이도 평가 시스템으로서 일관 CAD/CAM System내에는 제공되지 않는다. 따라서 자동차 각사에서는 독자적인 성형난이도 평가 System을 개발 사용하고 있으며 자사의 고유 System으로 꾸준히 개발해 나가고 있다. 본 논문은 당사에서 지금까지 개발한 성형 난이도성 평가 CAE System에 관한 것으로 전체적인 System 구성, 기능 및 적용예 등을 소개하기로 한다.

### 2. 이론 해석

#### A. Classification of Graphic Entity

그래픽 데이터의 분류화 작업은 면(Surface), 곡선(Spline) 등의 CAD 데이터에 속성(Attribute)을 부여하는 것으로서 박판 성형 해석을 위한 기본 데이터를 구축하는 데 그 목적이 있다. 본 시스템에서 정의하고 있는 CAD 데이터의 속성은 그림 1과 같다. 그림 2는 성형해석을 위하여 입력된 기본 CAD 데이터로서 이 데이터들에 그림 1에 정의된 속성들을 부여하게 된다.

#### B. Binder Wrap

Blank Holding 시 Blank의 변형상태를 사전에 예측하는 것은 박판 성형 공정 해석의

\* 정회원, 기아자동차㈜ 생산기술본부 생기연구팀

\*\* 기아자동차㈜ 생산기술본부 생기연구팀

CAD Data	Attribute		
면 (Surface)	1.	Die Face	금형의 Binder 면
	2.	여유(Surplus)	Binder 면과 제품 사이의 면
	3.	Body	제품 면
	4.	Binder Wrap	Binder Holding시의 변형된 소재
	5.	Bead	Binder 상의 Bead 면
자유곡선 (Spline)	1.	Punch Profile	Binder 면의 Edge Line
	2.	Wrap Section Data	Binder Wrap의 단면 데이터
	3.	Body Section Data	제품의 단면 데이터
평면 (Plane)		Planes for Wrap Definition	Binder Wrap의 Size를 결정하는 평면 데이터

그림1 그래픽 데이터의 속성에 따른 분류

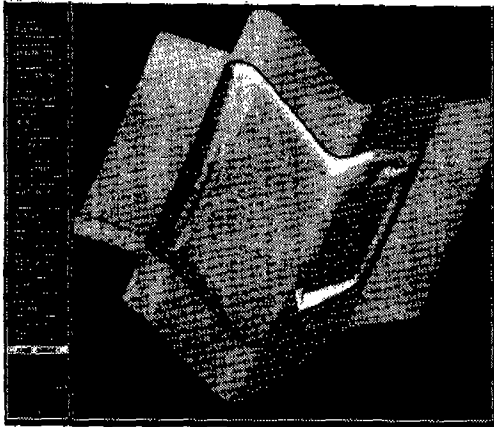


그림2 금형의 CAD Data

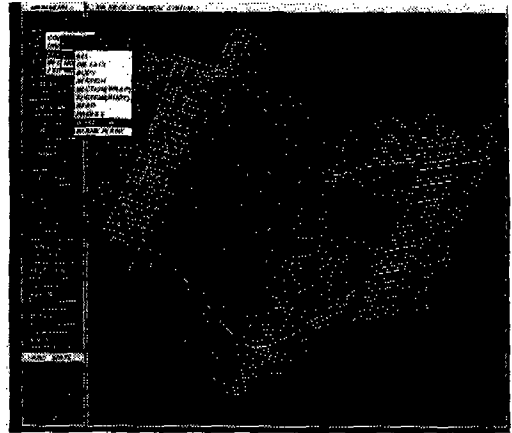


그림4 생성된 Binder Wrap

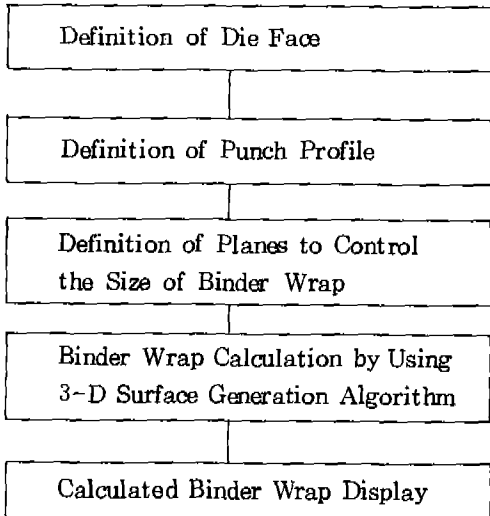


그림3 Binder Wrap이 계산되는 순서도

기본으로서 성형 공정 해석을 위한 기본 데이터로 이용된다. 본 해석에서는 A에서 정의된 Punch Profile을 기본으로 하고 Die Face 면을 Boundary Condition으로 해서 3차원 Surface를 생성하는 CAD적 방법을 이용하였다. 그림3은 Binder Wrap이 계산되는 순서도이고 그림4에 그의 적용예가 나타나 있다.

C. Punch Contact Diagram  
(소재 펀치 접촉도)

소재 펀치 접촉도는 여러 자동차사에서 가장 널리 사용하고 있는 성형 평가 방법으로서 펀치가 하강함에 따른 펀치와 소재 사이의 3차원 접촉 영역 확산 거동을 예측하고자 하는데 그 목적이 있다. 즉 펀치 Stroke에 따른

펀치 접촉 상태를 사전 시뮬레이션(Simulation)해 봄으로써 소재의 불균일 변형(Non-Uniform Deformation)을 초래할 수 있는 Die Face, 여육면 등을 사전에 바로 잡아 설계에 반영함으로써 실제 Trial시 나타날 수 있는 큰 결함을 사전에 방지하고자 하는 것이다. 그림 5는 실제 제품에 적용한 예로서 설계자들의 이해를 돕기 위하여 Real Time Animation이 가능하도록 개발하였다.

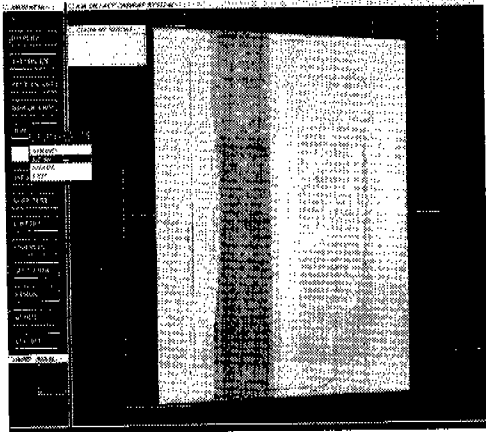


그림 5 소재 펀치 접촉도(Mesh Type)

#### D. Section Data

단면 데이터(Section Data)는 크게 두 가지로 분류 되는데 Binder Wrap으로부터 얻어진 Wrap Section Data와 제품 및 여육 면에서 구해진 Body Section Data가 그것이다.

일반 CAD 시스템에서 복수개의 Surface에서 끊어짐과 겹침이 없는 1개의 Spline으로 구성된 단면 데이터를 구하는 것은 상당히 번거로운 작업이다. 본 시스템에서는 설계자들의 이러한 작업을 단축시키기 위하여 복수개의 Surface로부터 1개의 Section Spline을 자동으로 구하는 Algorithm을 개발하였다. 각 단면들은 방향성을 가지고 데이터 베이스에 저장되는데 이는 국부 단면 길이 변화율을 계산하거나 3차원 소재 형상 변화 시뮬레이션을 하기 위한 기본 데이터로 이용된다. 그림 6은 Wrap 및 제품면으로부터 구한 Section Data

를 나타내고 있다.

#### E. Mean Section Length Ratio (평균 단면 길이 변화율)

평균 단면 길이 변화율은 성형전 소재 단면 길이( $L_0$ )와 성형후 소재 단면 길이( $L_f$ )로부터  $M.S.L.R = (L_f - L_0) / L_0$ 로 구해지는데 등간격의 복수 단면에 대하여 평균 단면길이 변화율을 계산하여 단면간의 길이 변화율의 증감을 검토해 보면 주름(Wrinkling)이 예상되는 부위를 찾아 낼 수 있다. 본 시스템에서는 그림 7과 같이 각 단면들에 대한 평균 단면길이 변화율과 단면간의 길이 변화율의 증감을 동시에 볼 수 있도록 하였다.

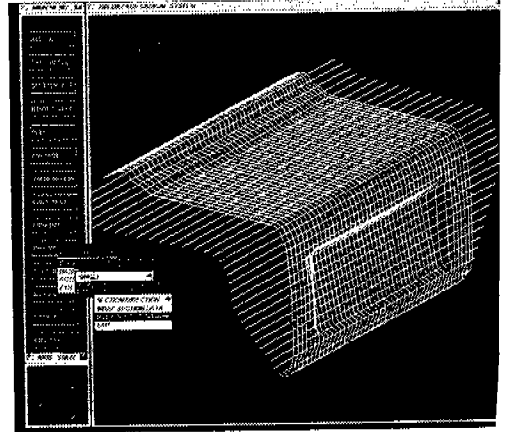


그림 6 Wrap 및 제품면으로부터 구한 Section Data

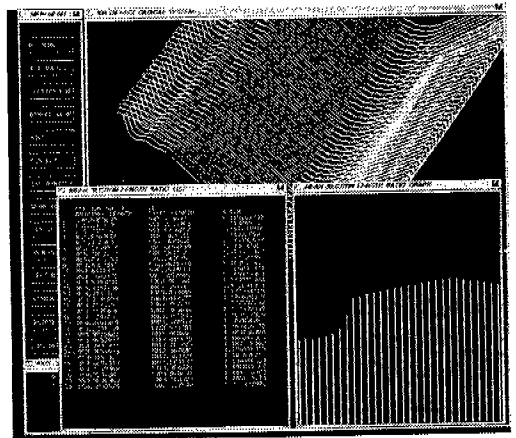


그림 7 평균단면 길이 변화율

### F. Local Elongation Ratio

(국부 단면 길이 변화율)

국부 단면 길이 변화율은 성형 도중의 소재 단면 각 부위에서의 변형 정도를 나타내는 것으로서 성형 한계와 비교하여 과단 위험부위를 예측하는데 활용된다. 본 시스템에서는 각 펀치 행정에서의 소재를 펀치, 다이와의 접촉부위와 비 접촉부위로 구별한 후 비접촉 부위에서의 인장 변형 에너지와 접촉 부위에서의 미끄러짐 에너지의 총합을 최소화시키는 에너지 최소화 기법을 이용하여 성형중의 각 요소의 변형도 분포 및 성형하중을 구하였다.

그림 8은 계산이 진행되는 순서도를 나타내며 그림 9는 실 적용예이다. User Interface를 위하여 각 Step마다의 변형도 분포, 좌우 Binder 면으로부터의 소재 유입량, 접촉부위에서의 소재 미끄러짐량 등을 화면에 나타내어 금형 설계자들의 이해를 돕도록 하였다.

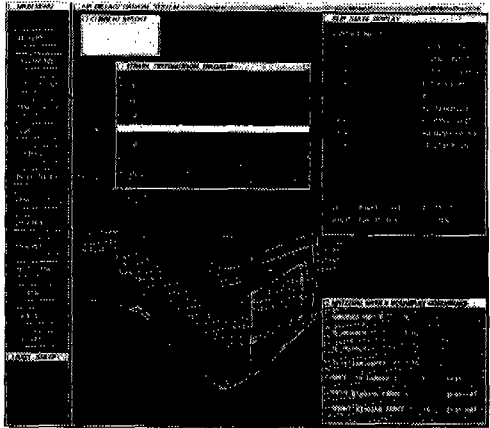


그림 9 국부 단면 길이 변화율 실 적용예 (Trunk Lid)

### G. 3-Dimensional Deformed Sheet Shape

이 기능은 앞의 C 기능을 보완한 것으로 Punch가 하강할 때의 3차원 소재 변형 형상을 예측하는 것이다. D에서 생성된 Wrap Section Data와 Body Section Data를 기본으로 해서 CAD적 방법을 이용하여 구하였다.

Section Data는 서로 직교하는 두 방향의 Data가 필요하며 각 Section들은 특정의 방향으로 Sorting되어 데이터 베이스에 저장되어 있다. 설계자들의 시각적 이해를 돕기 위하여 Stroke별 소재 변형 형상을 실시간 표현이 가능하도록 개발하였다. 그림 10은 성형전 소재 모습이며 그림 11은 성형 도중의 변형된 소재 형상을 나타낸다.

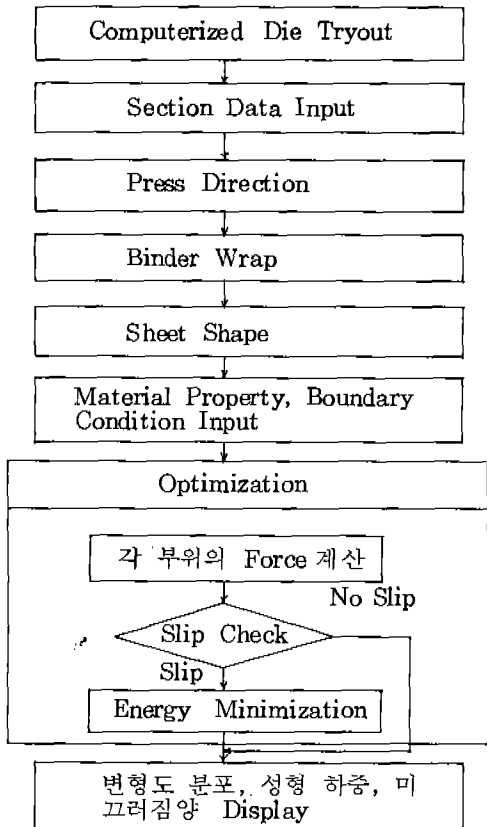


그림 8 국부 단면 길이 변화율 계산 순서도

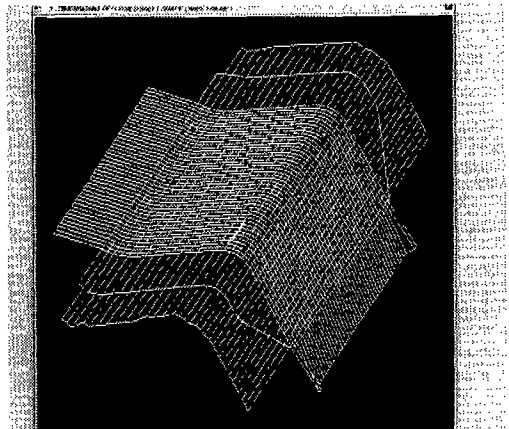


그림 10 성형전 소재 모습

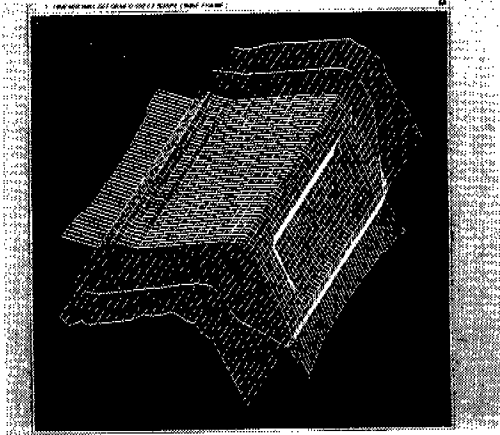


그림 11 성형도중의 변형된 소재 형상

### 3. 결 론

앞에서 언급된 모든 해석 과정을 통합된 CAD/CAE Package화하여 실제 금형 설계시 성형난이도 평가 시스템으로 활용할 수 있도록 하였으며 실제 Trial 결과 본 개발 시스템의 유용성을 확인할 수 있었다.

앞으로 더 연구되어야 할 항목으로는 탄소성을 고려한 Binder Wrap의 예측, 초기 소재 안착 Simulation, 소성을 고려한 Trim Line의 계산 등이 있는데 이와 아울러 정확한 해석 결과를 얻기 위한 기본 실험 데이터, 즉 Draw Bead, Sheet Material Property, Lubrication 등 폭넓고 체계화된 데이터의 축적 및 신소재에 대한 부단한 성형성 실험이 병행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

1. I. Okamoto, A. Takahashi, H. Sugiure, T. Hiramatsu, N. Yamada, "Computer Aided Design and Evaluation System for stamping Dies in Toyoda", SAE February 29-March 4, 1988.
2. H. Sugiura, I. Okamoto, T. Hiramatsu, J. Yoshimi, K. Fujiwara, "Evaluation of Elongations and Material Movements during Press Forming with CAD", JSAE Review Vol.9. No.2, April 1988.