

전자 박판 부품의 가공성 평가에 대한 연구

이 병 찬 *, 강 연 식 **, 양 동 열 ***, 문 재 호 *

Estimation of Formability for Sheet Metal Forming of Electronic Parts

Byoung-Chan LEE *, Yeon-Sick KANG **, Dong-Yol YANG ***, Jae-Ho MOON *

ABSTRACT

For the improvement of productivity, the reduction of cost and time for manufacturing is mandatory, especially in the field of electronic industry. The study is concerned with a practical means of systematic assistance to formability estimation and selection of reliable design specification for electronic sheet metal parts. The objective of this research work is to develop a simulation system which helps to analyze the target processes with the finite element method and to acquire available design data quickly and exactly. The simulation system developed in the study consists of design verification, selection of optimal combination of parameters, knowledge acquisition and graphical user interface(GUI). Design verification is automatically carried out by using the finite element method. A data base management system and nomograms are utilized for knowledge acquisition. The developed system has been applied to some major sheet metal forming operations such as flanging, embossing, bending and blanking. According to the simulated results, the validation of the target processes has been confirmed. Analysis data, estimation rules of formability and graphical representation of the analysis have been employed for the designer's understanding and evaluation, thus providing a practical means of robust design and evaluation of formability for producing electronic sheet metal parts.

Key Words : Formability Estimation (성형성 평가), Finite Element Method (유한요소해석), Graphical user interface (그래픽 사용자 인터페이스), Data Base Management System (데이터베이스 관리 시스템), Nomogram (노모그램)

1. 서 론

가전제품에 사용되는 박판부품의 설계단계에서 수 많은 설계변수가 실제의 성형 가능성에 맞게 설계되어 있는지

를 정확히 그리고 신속하게 판단할 필요가 있으며 이는 생산성에 큰 영향을 미친다. 이를 위해 설정된 설계변수에 대한 최종 성형결과를 해석하고 성형 가능성을 예측하며 공정상 필요한 정보의 획득을 쉽게 함으로써 생산성을

* 삼성전자 생산기술센터
 ** 한국과학기술원 기계공학과 (학생회원)
 *** 한국과학기술원 기계공학과 (정회원)

향상시킬 수 있는 시스템의 개발이 요구되어 왔다^(1, 2, 3).

본 연구는 Fig.1 에서 보는 바와 같이 금형을 제작하기 이전에 금형의 설계를 임의 변경하여 시뮬레이션을 해본 후에 원하는 제품의 성형이 가능한지를 판단한 후 실제로 금형을 제작하므로써 금형의 설계 및 가공의 시행착오를 최대한 줄이도록 하는 데 목적이 있으며 이러한 금형의 설계 및 가공의 시행착오를 줄이기 위해 유한요소해석과 노모그램해석을 수행하여 금형설계의 타당성을 검증하였다. 또한 사용자 편의도가 뛰어나고 체계적인 해석용 시스템의 개발을 통한 설계단계에서의 효율성 향상을 도모한다.

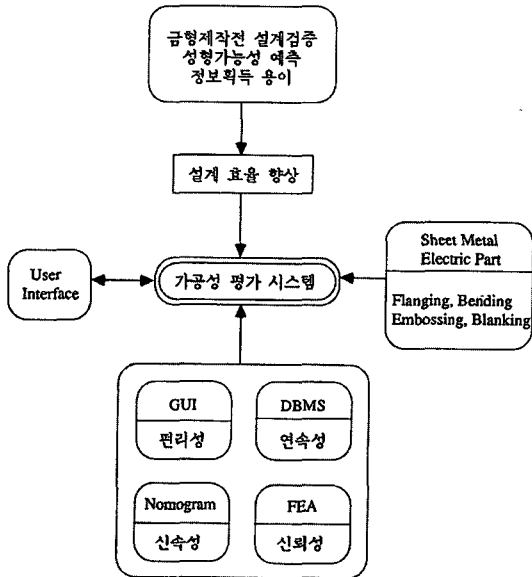


Fig. 1 Objective of Estimation of Formability for Sheet Metal Forming of Electric Parts

이를 위해 본 연구에서는 효율적인 제품 설계와 설계의 검증을 위해 유한요소해석 모듈을 기반으로 한 설계 해석 기능을 구현하였다. 또한, 사용자 편의도 향상을 목적으로 OSF/MOTIF, X Window System, UIL (User Interface Language) 등을 이용하여 사용자 인터페이스용 그래픽 모듈을 개발하였다. 이러한 해석과정과 그래픽 과정을 체계적이고 조직적으로 수행하기 위해 Fig.2에서 보는 바와 같이 전체 설계과정을 계층 구조화 (hierarchical structure) 하였다. 그리고 문헌상의 설계자료 및 유한요소해석 결과를 데이터베이스화하여 통합적으로 관

리하는 계층적 DBMS (hierarchical DataBase Management System) 모듈을 개발하여 해석 모듈과의 인터페이스를 구현하였다.

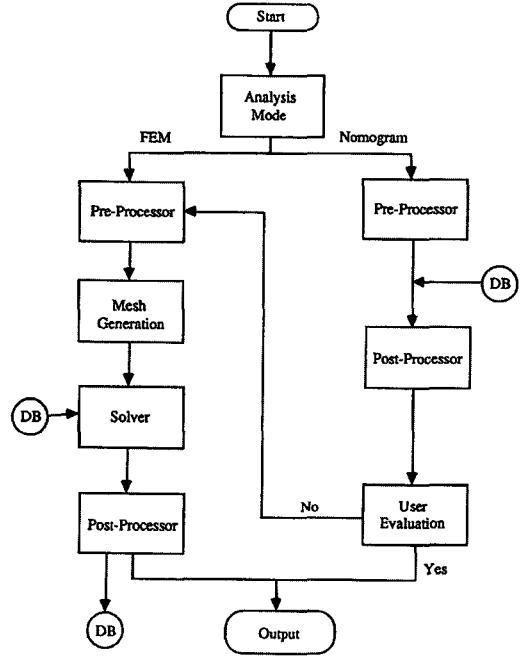


Fig. 2 System Hierarchical Structure

2. 가공성 평가 시스템

가공성 평가 시스템은 Fig.3 에서 보는 바와 같이 크게 사용자 인터페이스를 위한 응용 프로그램, 그래픽을 위한

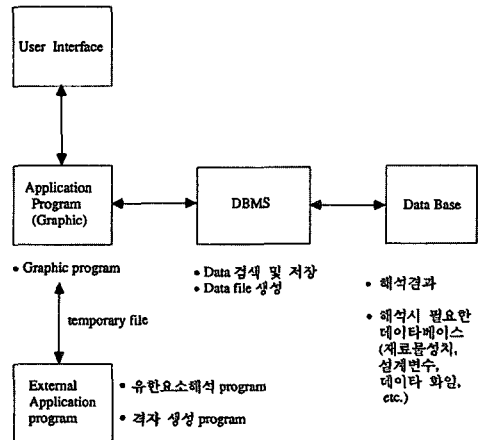


Fig. 3 Schematic Arrangement of System

응용 프로그램, 유한요소해석을 위한 응용 프로그램, 데이터베이스 관리를 위한 데이터베이스 관리 시스템(DBMS, DataBase Management System), 그리고 통합된 데이터베이스 파일로 구성된다.

2.1 유한요소해석 (Finite Element Method)

축대칭 그리고 평면 변형률 강소성 유한요소법을 이용하여 주어진 공정을 해석하기 위한 모듈로써 유한요소해석 프로그램과 각 공정별 격자 생성 프로그램으로 구성된다. 또한 그래픽 응용 프로그램과의 인터페이스를 통해 모듈의 일체화를 도모한다. 즉, 전처리 기능 모듈에서 입력된 데이터를 이용하여 해석에 필요한 격자를 생성하며 유한요소해석 결과로써 후처리 기능에 필요한 중간 데이터 파일을 생성한다. 유한요소 프로그램은 내연적(implicit) 방법에 의한 강-소성 유한요소 프로그램으로 기존의 연구에서 개발된 축대칭과 평면변형률⁽⁴⁾ 프로그램을 사용하였다.

2.2. 노모그램 (Nomogram)

노모그램이란 설계변수간의 관계를 함수적으로 그리고 전방 추론 방식으로 표현한 방법으로 많은 핸드북에 데이터베이스화의 주요 방법으로 이용되어 왔다^(5, 6). 본 가공성 평가에서는 데이터베이스 관리 시스템의 공정별 검색 요소들을 이용하여 데이터베이스를 검색함으로써 설계변수간의 관계를 추론할 수 있도록 하였다. 즉, 데이터베이스에 저장된 형상 데이터, 유한요소해석 결과 데이터와 각 공정별 설계 변수간의 관계를 이용하여 성형성을 평가하고 공정상 필요한 데이터를 획득한다. 따라서 유한요소해석을 수행하지 않고도 저장된 데이터파일로부터 직접 필요한 데이터를 획득할 수 있는 방법을 제공한다. 설계변수간의 관계의 추론은 데이터베이스에 저장된 형상 데이터와 유한요소해석 결과 데이터 그리고 각 공정별로 확립된 규칙인 생산규칙 (Production Rules) 을 이용한다.

2.3 그래픽 시스템

그래픽 모듈을 위한 응용 프로그램은 UNIX 환경하에서의 ANSI C와 X 윈도우 시스템 (X Window System), OSF/MOTIF, UIL (User Interface Language)를 이용하여 개발하였으며 풀-다운 메뉴방식과 버튼 클릭을 통한 접근방식을 채택하여 사용자가 시스템을 쉽게 사용할 수 있도록 하였다^(7, 8). 또한 명령어를 외부적

으로 제어하여 의도하는 작업을 별도의 프로그램에 의해 자동적으로 실행하는 방식인 개방형 프로그래밍 기법 (open programming architecture)을 이용하였으며 아울러 해석용 FORTRAN 프로그램과의 인터페이스를 유지하도록 개발하였다.

X 윈도우 시스템은 응용 프로그램으로 하여금 이식이 자유로운 그래픽 사용자 인터페이스 (Graphical User Interface) 를 구축할 수 있도록 해주는 산업계 표준 윈도우 시스템 (Industry Standard Window System)이다. 윈도우 시스템은 사용자 인터페이스 계층 구조상 운영체제의 상위에 위치하여 사용자와의 대화를 담당하므로써 사용자의 요구를 운영체제에 전달하고 운영체제로부터의 응답을 사용자에게 전달하는 기능을 갖는다⁽⁶⁾. 그러므로 윈도우 시스템은 사용자에게 운영체제에 대한 사전지식 없이도 쉽게 컴퓨터를 사용할 수 있는 환경을 제공한다.

이러한 환경하에서 개발된 그래픽 시스템의 외관은

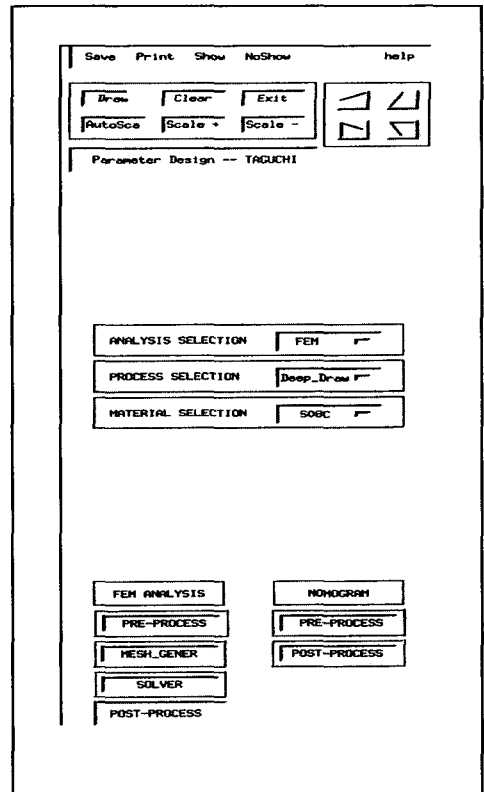


Fig. 4 Control Frame of GUI Program

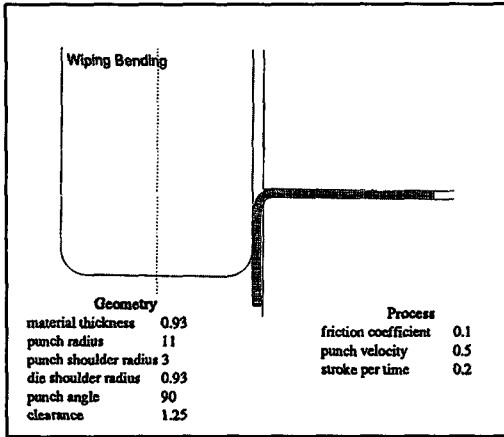


Fig. 5 Main drawing area of GUI program

Fig.4와 Fig.5에 나타냈다. Fig. 4는 기능별 메뉴를 나타내고 Fig. 5는 해석결과를 디스플레이하는 드로잉 영역을 나타낸다.

2.4 데이터베이스 관리 시스템

(Database management system)

데이터베이스 관리 시스템 (DataBase Management System) 은 데이터베이스를 정의하고 조직화시키고 레코드의 저장, 검색, 삭제등을 관리하는 통합 시스템이다⁹⁾.¹⁰⁾ 데이터베이스 관리 시스템은 데이터 조작어 (Data Manipulation Language) 를 사용하여 응용 프로그램 간의 인터페이스를 유지한다. 개발된 시스템의 데이터 조작어로는 ANSI C언어를 사용하였다.

데이터 저장방식은 Fig.6 에서 보는 바와 같이 레코드 (Record) 라는 단위로 저장되는데 화일 머리부에 화일의 전반적인 정보를 저장하고 그 후미부터 새로운 데이터를 레코드 단위로 저장한다. 화일의 머리부에 저장될 수 있는 정보에는 Fig.7 에서처럼 화일의 제반 정보, 대상공정, 사용 재료, 저장된 레코드의 갯수등이 있으며 레코드의 길이는 각 공정별로 외부변수로 선언되어 데이터화일 내에서 일정한 크기를 갖도록 한다.

데이터베이스 관리 시스템을 그래픽 전용 응용 프로그램과 별도로 개발하였지만 그래픽 응용 프로그램과의 인터페이스를 유지하도록 하였고 데이터 저장, 데이터 검색, 화일 생성, 화일 검색, 화일 저장등의 기능을 수행하도록 하였다.

저장되는 데이터는 성형 가능성 판정, 형상 데이터, 유

Formability	Geometric Data (Nomogram Scanning Data)	FEM Analysis Data
-------------	--	-------------------

- o Formability --- True
False
- o Geometric Data --- Material Thickness
Friction Coefficient
Punch Radius
Punch Angle
Hole Radius
Clearance
Die Shoulder Radius
Punch Shoulder Radius
- o FEM Analysis Data --- Max. Punch Load
Max. Effective Strain
Max. Thickness Strain
Max. Circumferential Strain
Max. Edge Strain
Springback Angle

Fig. 6 Structure of Record

File Header	Record	Record	Record
-------------	--------	--------	--------	-------

- o Information of Data File
- o Process Identifier
- o Material Identifier
- o No. of Record

Fig. 7 Structure of Data File

한요소해석 결과 데이터등이며 성형 가능성 판정은 형상 데이터와 해석 결과 데이터, 그리고 공정별 성형성 평가 규칙에 의해 이루어진다. 형상 데이터는 펀치와 다이의 기하학적 형상 데이터를 뜻하며 데이터 검색 요소의 기능도 갖는다. 유한요소해석 결과 데이터는 최대 성형 하중, 최대 두께 변형률, 최대 유효 변형률, 최대 원주 변형률, 스프링백등이다.

3. 공정별 설계 및 가공성 평가 시스템의 적용

전자 박판부품의 성형에 사용되는 공정중에서 비교적 간단한 공정인 벤딩 (Bending), 플랜징 (Flanging), 엠보싱 (Embossing), 블랭킹 (Blanking) 을 선택하여 가

공성 평가를 수행하도록 하였다. 대상공정중 블랭킹 (Blanking) 은 여러 데이터북에 많은 설계자료가 주어지 있으므로 노모그램만을 이용한 해석을 수행하고 나머지 공정은 유한요소해석과 노모그램해석을 병행해서 수행한다. 유한요소해석방법으로 플랜징, 엠보싱은 축대칭해석을 수행하고 벤딩은 평면 변형률해석을 수행한다.

재료물성치와 형상 데이터, 그리고 각 공정별 성형성 평가 규칙은 문헌과 논문에서 채록하여 데이터베이스화 하였다.

3.1 플랜징 (Flanging)

플랜징 공정은 박판의 엣지부분 또는 구멍을 직선 또는 곡선으로 구부리는 공정으로 벤딩과는 달리 구부리는 부분이 전체에 비해 현저히 작은 특징이 있다. 사용 분야로서는 외관 (appearance) 수려, 강성 (rigidity) 향상, 엣지 강화 (edge strengthening), 예리한 절단 부위 (sharp sheared edge) 의 제거 그리고 요소면간의 정확한 체결 (fastening) 을 위한 체결 요소등이 있다^(11, 12).

플랜징의 성형성 평가를 위한 경험식은 다음과 같다.

(1) 엣지 스플리팅 (edge splitting) - 국부 베킹 또는 균열 개시^(11,13)

$$e_x = \frac{R_2}{R_1} - 1 \quad (1)$$

여기서 e_x : 플랜지 엣지에서의 원주 변형률
 R_1 : 성형전 플랜지 구멍 반경
 R_2 : 성형후 플랜지 구멍 반경

이다.

(2) 최대 플랜지 폭^(11,13)

$$W = e_x \cdot R_1 \quad (2)$$

또한 플랜징 엣지의 두께 변화 Δt 를 다음의 근사식을 이용하여 구할 수 있다⁽⁵⁾.

$$\Delta t = \frac{t \cdot e}{2} \quad (3)$$

여기서 W : 최대 플랜지 폭 (max. flange width)

t : 재료 두께

e : 플랜지 엣지에서의 원주 변형률

이다.

(3) 최소 플랜지 폭 - 홀 진직도 보장^(14,15)

$$F_g \geq R_d + 2t \quad (4)$$

여기서 F_g : 플랜지 폭 (flange width)

R_d : 다이 어깨 반경 (die shoulder radius)

t : 재료 두께

이다.

최소 플랜지의 폭이 식(4)보다 작으면 굽힘부의 영향이 플랜지 끝에 나타나고 끝면이 기울거나 굽힘각도가 잘 나오지 않게 되어 홀의 진직도에 큰 영향을 미친다.

성형 가능성 판정을 위한 규칙은 다음과 같이 설정하였고 Fig.8 에 개략적인 순서도를 나타내었다.

i) IF($\epsilon_L > \epsilon_m$ and $F_L > F_g$ and $F_g > F_{Lmin}$) THEN

성형한계 만족 → 성공적인 성형이 가능

ii) ELSE

성형한계 만족 안함 → 성형 실패 가능성 : 파단, 찢어짐, 균열 등.

여기서 ϵ_L : 경험식으로 구한 플랜지 엣지에서의 최대 원주 변형률

ϵ_m : 유한요소해석으로 구한 플랜지 엣지에서의 최대 원주 변형률

F_L : 경험식으로 구한 최대 플랜지 폭

F_g : 성형 후 플랜지 폭

F_{Lmin} : 재료의 최소 플랜지 폭

이다.

예제로써 스트레치 홀 플랜징을 해석하였다. 소재의 재질은 AL2024로 설정하였고 일반적인 환경에서의 해석을 고려하기 위해 마찰계수는 0.3으로 가정하였다. 기하학적 형상과 해석에 사용된 데이터는 Fig.9 와 같으며 이때의 유효응력과 유효변형률의 관계는 다음과 같다.

$$\bar{\sigma} = 387.0(\bar{\epsilon})^{0.154} N/mm^2 \quad (5)$$

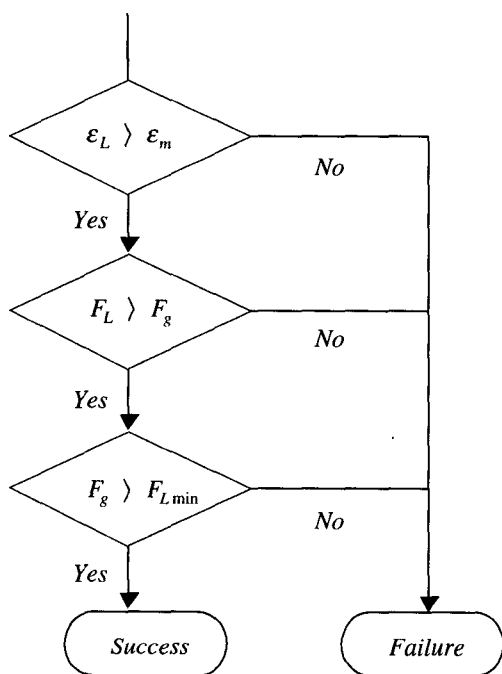


Fig. 8 Schematic Representation of Estimation of Formability for Flanging

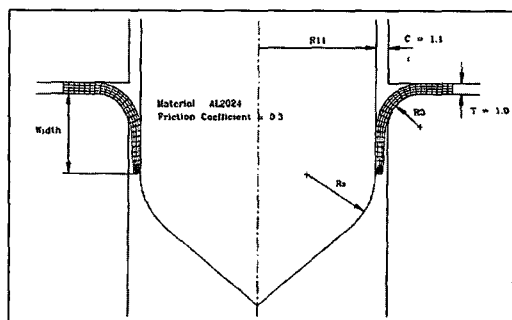


Fig. 9 Flanging Analysis

유한요소해석을 행한 결과는 성형성 평가 규칙을 만족하여 (Fig.10) 파단이나 균열, 스프링백의 바람직하지 않은 결과를 나타내지 않으며 따라서 실제 공정에서도 성공적인 성형이 가능하리라고 보여진다.

Fig.11에 나타난 것처럼 데이터베이스 관리 시스템을 이용한 노모그램 해석을 수행하였다. 위에서 행한 유한요

소해석의 기하학적 형상 데이터와 결과 데이터를 데이터베이스에 저장한 후 동일한 형상 데이터를 이용하여 저장된 유한요소해석 결과 데이터를 획득함으로써 노모그램 모듈의 타당성을 입증하였다.

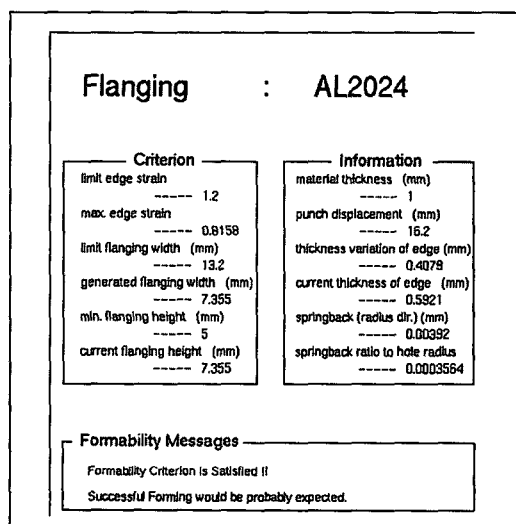


Fig.10 Estimation of Formability for Flanging

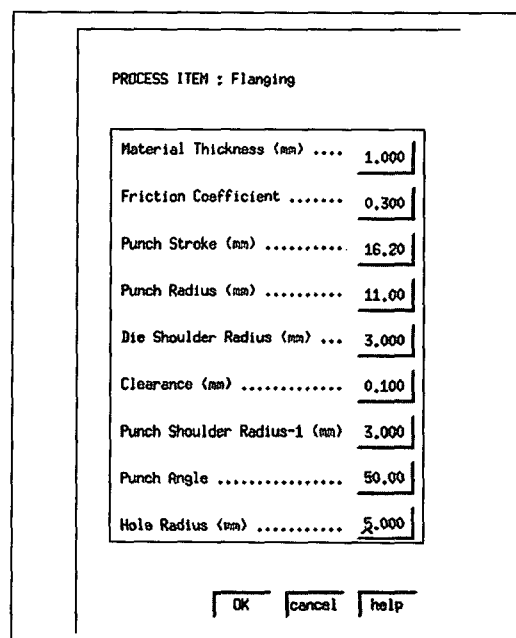


Fig.11 (a) Nomogram Analysis of Flanging - preprocessor

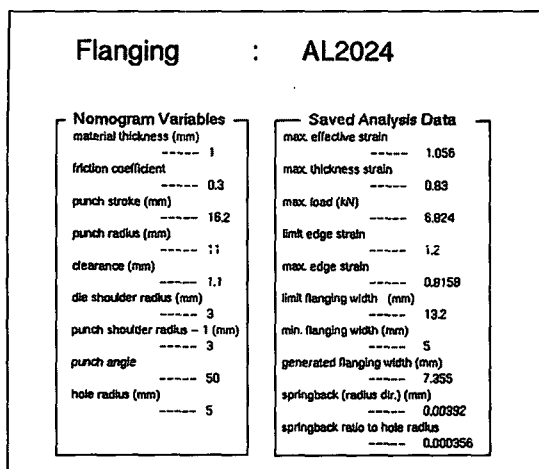


Fig.11 (b) Nomogram Analysis of Flanging

3.2 엠보싱 (Embossing)

엠보싱 (Embossing) 공정은 박판 성형 공정에서 주로 비드, 오프셋, 그리고 데코레이션을 만드는 데 많이 사용한다. 비드공정은 박판 부품의 평평한 부위의 강성을 증가시키기 위한 목적으로 행해지며 브이 비드 (V-Bead), 플랫 브이 비드 (Flat V-Bead), 반구형 비드 (Semicircular Bead) 등의 세부공정이 있다. 여기서는 반구형 비드에 관한 해석에 주안점을 두었다.

반구형 비드의 성형성 평가를 위한 규칙은 문헌을 통해 획득하였는데 세부공정별 규칙은 다음과 같다⁽⁵⁾.

기하학적 부등식 (Geometric Inequality)

$$A_0 - 2R_d > 2(R_p + T) \quad (6)$$

최대 엠보싱 깊이 (Max. depth of height)

$$T_{max} = cnA_0 \quad (7)$$

여기서 A_0 : 다이 폭 (width of die)

R_p : 펀치 반경 (punch radius)

R_d : 다이 입구 반경 (die entrance radius)

T : 재료 두께 (material thickness)

n : 가공 경화 지수 (strain-hardening exponent)

c : 1.5 for steel

1.1 for aluminum

이다.

예제로써 세탁기 드럼 측면 비드중 하나인 반구형 비드 (Semicircular Bead)를 해석하였다. 소재의 재질은 SUS304로 설정하고 마찰계수는 0.1로 가정하였다. 기하학적 형상과 해석에 사용된 데이터는 Fig.12 와 같으며 이때의 유효응력과 유효변형률의 관계는 다음과 같다.

$$\bar{\sigma} = 1451.9(\bar{\epsilon})^{0.6} N / mm^2 \quad (8)$$

Fig.13 에서 보는 바와 같이 유효요소해석을 행한 결과 반구형 비드의 기하학적 구속조건의 성형성 평가 규칙과 최대 엠보싱 높이의 성형성 평가 규칙을 만족함을 알 수 있으며 따라서 실제공정에서의 성형성에 문제가 없으리라고 예상된다.

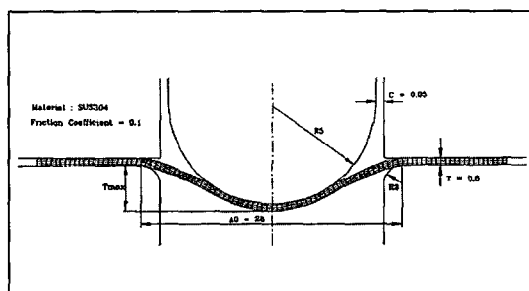


Fig.12 Embossing Analysis

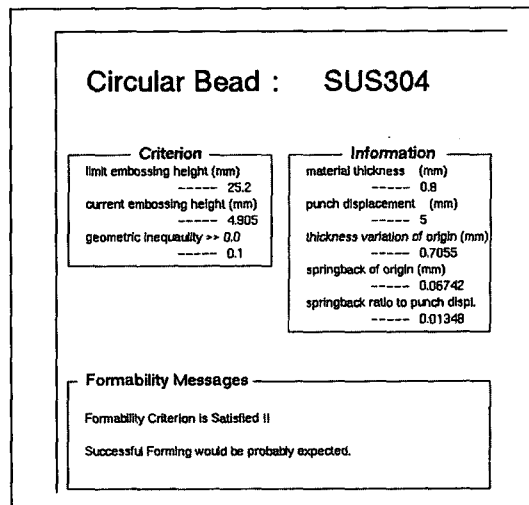


Fig.13 Estimation of Formability for Embossing

3.3 벤딩 (Bending)

벤딩 공정은 평평한 시이트나 스트립 금속등의 재료를, 그 중립 평면에 있는 직선축 둘레에, 또는 그 시이트나 스트립의 세로 방향에 직각으로, 균일하게 변형시키는 것이다. 금속 유동은 그 금속의 소성역안에 있으므로, 굽힘은 적용 응력을 제거한 후에도 영구 변형을 지속한다⁽¹⁶⁾.

간단한 벤딩 공정으로 와이핑(wiping) 벤딩, V-벤딩 그리고 U-벤딩등이 있지만 본 연구에서는 전자 박판 부품성형에 많이 이용되는 와이핑 벤딩에 대한 해석을 주로 수행하였고 벤딩 공정에서 뚜렷이 나타나는 스프링백에 대한 해석도 아울러 수행하였다.

성형성 평가 규칙은 다음과 같다^(14,15)

(1) 최소 곡률 반지름

최소 곡률 반지름은 압연 방향에 직각으로 굽힐 때의 바깥면에 균열등이 발생하지 않을 때의 최소 반지름으로 정의하였고 고유물성치로 데이터베이스화하였다.

(2) 최소 굽힘 플랜지 높이

$$H_f \geq R_d + 2t \tag{9}$$

여기서 H_f : 굽힘 플랜지 높이

t : 재료 두께

R_d : 다이 어깨 반경 (die shoulder radius)

이다.

해석 예제로써 S08C를 적용하였다. 마찰계수는 0.1로 가정하였고 이때의 유효응력과 유효변형률의 관계는 다음과 같다.

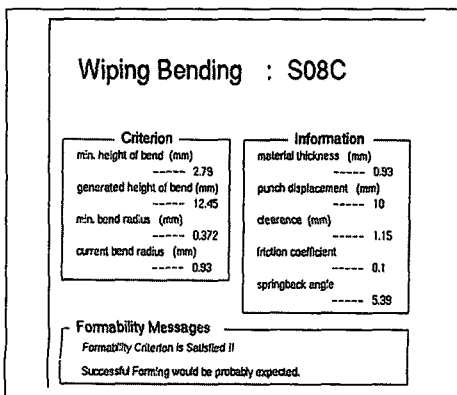


Fig.14 Estimation of Formability for Wiping Bending

$$\bar{\sigma} = 657.3(\bar{\epsilon})^{0.24} N/mm^2 \tag{10}$$

Fig.14에 벤딩공정의 성형성 평가 해석 결과를 나타내었다. 최소 곡률 반경과 최소 굽힘 플랜지 높이의 성형성 평가 규칙을 만족하며 스프링백 각은 5.39도의 값이 얻어졌다.

3.4 블랭킹 (Blanking)

블랭킹 공정은 한번의 프레스 행정 (Single Press Stroke) 으로 완전한 그리고 폐다각형의 외곽선을 가진 부품을 생산하는 절단공정이다. 약간의 재료 손실 (Strip) 이 존재하므로 비효율적인 공정으로 분류되지만 블랭크 형태의 제품을 대량생산할 경우 가장 빠르고 경제적인 방법으로 여겨진다⁽¹⁴⁾. 따라서 설계과정에서 재료 손실을 최소화하는 문제가 중요시되고 있다. 블랭크 엣지 상태가 성형의 주요 관심자인 부품업체에서는 파인 블랭킹 (Fine Blanking) 을 많이 이용하는 추세이다.

블랭킹 공정 해석은 노모그램을 이용한 해석만을 다룬다고 앞에서 언급했듯이 설계 핸드북에 나타난 데이터들과 경험식을 이용하여 설계에 필요한 정보를 획득하고 문헌상의 결과와 비교하기로 한다.

블랭킹의 노모그램 해석에 필요한 경험식은 다음과 같이⁽¹⁷⁾ 해석 과정은 Fig.15의 순서도와 같다.

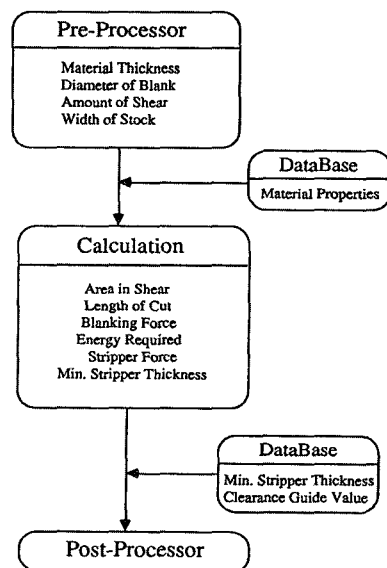


Fig.15 Schematic Representation of Nomogram Analysis of Blanking

(1) 블랭킹에 필요한 힘

$$F = AS \tag{11}$$

$$= LtS \text{ for any shape} \tag{12}$$

$$= \pi DtS \text{ for round holes} \tag{13}$$

여기서 F : 블랭킹 힘 (KN)
 A : 전단 면적 (mm²)
 S : 전단응력 (MPa)
 L : 절단 길이 (mm)
 D : 블랭킹 반경 (mm)
 t : 두께 (mm)

이다.

(2) 다이에 전단부 (Shear) 가 있을 경우 블랭킹에 필요한 힘

다이에 전단부가 있을 경우 블랭킹 힘이 감소한다. 일반적으로 블랭킹 공정일때 전단부는 다이에 만들고 피어싱 공정일 때는 펀치에 만든다.

$$P = \frac{t \times p}{s} \times P_{max} \tag{14}$$

여기서 P : 전단부가 존재할 경우의 블랭킹 힘
 t : 두께
 p : 침투량 비 (%penetration)
 s : 펀치나 다이에 주어진 릴리프트 양 (mm)
 P_{max} : 전단부가 없을 경우의 블랭킹 힘

이다.

(3) 에너지

성형에 필요한 동력이나 플라이휠의 용량 계산을 목적으로 소재 절단시 소비된 에너지 양을 계산한다.

$$W = t \times p \times F \times 1.16 \tag{15}$$

여기서 W : 에너지 양
 F : 블랭킹 힘
 1.16 : 프레스의 마찰 보정 상수

이다.

(4) 스트리퍼 판 (Stripper Plates) 의 두께와 필요한 힘
 스트리퍼는 블랭킹 공정후에 판재에서 펀치를 빼낼 때

판재를 잡아주는 역할을 수행하는 요소로 포지티브 스트리퍼 (Positive Stripper) 와 스프링 스트리퍼 (Spring Stripper) 의 두가지 종류가 있다.

스트리퍼 두께와 필요한 힘의 경험식은 다음과 같다.

$$T = \frac{W}{30} + 2t \tag{16}$$

$$F = 0.024 \times L \times t \tag{17}$$

여기서 T : 스트리퍼 판의 최소 두께
 W : 스탁 (stock) 의 폭
 F : 스트리핑에 필요한 힘
 L : 절단 엷지의 길이
 0.024 : 경험적 상수

이다.

예제로써 S10C의 재료에 대한 노모그램 해석을 하였다. 해석에 사용된 제반 변수치는 Fig.16 에 나타내었다. 소재의 물리적 특성치와 기하학적 형상에 대한 간단한 정보를 가지고 설계와 실제 공정에 필요한 데이터를 획득하였다. 즉, Fig.17 에서 보는 바와 같이 전단부가 있을 때와 없을 때의 블랭킹 힘과 필요한 에너지 그리고 스트리퍼 판의 최소 두께와 스트리핑시 필요한 힘등의 정보 획득이 가능하며 공정의 성패에 크게 영향을 미치는 틱새를 소재 두께와의 비로써 설계자에게 제시한다. 여기서는

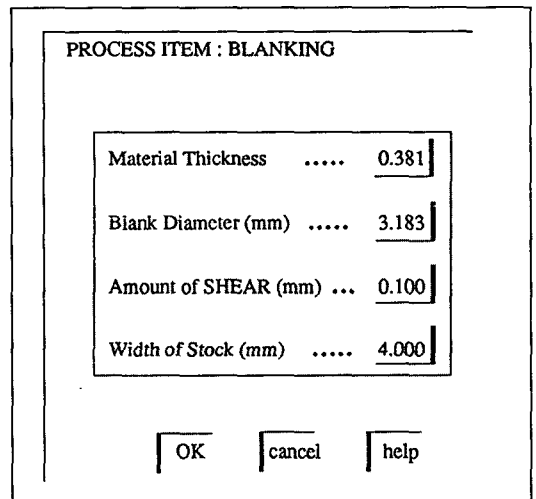


Fig.16 Analysis Data for Blanking Nomogram

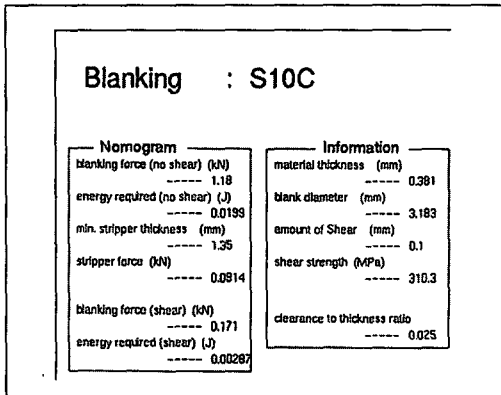


Fig.17 Estimation of Blanking Nomogram

Table 1 Comparison of Blanking Nomogram with Reference

	Dalla [16]	Nomogram
Material Thickness (mm)	0.378	0.381
Length of Cut (mm)	10.0	10.0
Blanking Force (No Shear)	1.174	1.18
Stripper Force (kN)	0.0919	0.0914
Min. Stripper Thickness	1.3462	1.35

0.025 x 0.381 = 0.009525 mm 의 틈새를 설계자에게 제시한다. 노모그램 해석의 타당성을 증명하기 위하여 참고문헌 (17) 과 비교한 결과를 Table 1 에 제시하였다. 문헌상의 데이터와 노모그램 해석상의 데이터가 비교적 잘 일치하고 있다. 따라서 본 연구의 블랭킹 노모그램 모듈은 설계단계에서 효과적으로 사용될 수 있는 타당성을 가진다.

4. 결 론

유한요소해석, 노모그램, 그래픽 시스템 그리고 데이터베이스 관리 시스템을 이용하여 전자 박판 부품의 가공성 평가 시스템을 개발하였으며 이를 플랜징, 엠보싱, 벤딩 그리고 블랭킹 공정에 적용하였다. 해당 공정별 해석을 통해 본 가공성 평가 시스템의 타당성을 검증하였고 따라

서 설계의 효율성과 생산성 향상에 기여하리라 사료된다. 본 논문에서 얻은 결과를 종합하면 다음과 같다.

- (1) 전자 박판 부품의 플랜징, 엠보싱, 벤딩 공정의 유한요소해석을 수행하였고 노모그램 모듈과의 연계를 도모하여 성형 관련 정보의 획득을 일체화하였다.
- (2) 블랭킹의 노모그램 개발과 설계 데이터의 획득을 구현하였다.
- (3) 사용자 편의도 향상을 위한 그래픽 사용자 인터페이스 (GUI) 시스템을 개발하였다.
- (4) 효과적인 유한요소해석과 노모그램해석을 위한 데이터베이스 관리 시스템 (DBMS) 를 개발하여 평가 대상 공정에 적용하였다.

비교적 간단한 공정에 적용한 가공성 평가 시스템의 성공 여부는 보다 다양하고 복잡한 공정에서의 적용 가능성과 다른 설계 해석 시스템과의 효과적인 연계에 달려있다. 정밀 단조 부품, 다단계 디프드로잉, 스탬핑 가공, 3차원 성형등을 대상 공정으로 확장하고 뒤틀림, 스프링백등의 예측을 보다 정확히 해야만 설계 평가 시스템으로서의 존재가치를 가질 것이다.

후 기

본 연구를 위해 지원을 아끼지 않아주신 삼성전자 생산 기술센터 요소기술연구소 초정밀기술팀 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. J. H. M. Tah and A. D. F. Price, "Internative Computer-Aided Formwork Design", Computers & Structures, Vol. 41, No. 6, pp. 1157-1167, 1991.
2. 최형우, 이승구, "효율적 제품 개발을 위한 설계 자동화 기법", 대한 기계학회지, 제34권, 제7호, pp. 527-538, 1994.
3. 이병재, 이규봉, 조성욱, "범용 유한요소해석 CAE 시스템의 개발", 금형저널, 통권 117호, pp. 144-148, 1994.
4. 이낙규, 윤정호, 양동열, "강소성 유한요소법을 이용한 냉간단조 금형 및 가공 공정 해석", 대한기계

- 학회논문집, 제 13권, 제 6호, pp. 1070-1081, 1989.
5. K. Lange, "Handbook of Metal Forming", McGraw-Hill, New York, 1985.
 6. D. F. Eary and E. A. Reed, "Techniques of Pressworking Sheet Metal - An Engineering Approach to Die Design", Prentice-Hall, New Jersey, 1974.
 7. M. J. Sebern, "Building OSF/Motif Applications : A Practical Introduction", Prentice-Hall, New Jersey, 1994.
 8. D. A. Young, "The X Window System Programming and Applications with Xt OSF/Motif Edition", Prentice-Hall, New Jersey, 1990.
 9. A. Stevens, "C Database Development", 성안당 역, 1994.
 10. W. Shoumei, "A Conception of Module Library and Data Base Management System for Finite Element Analysis", Computers & Structures, Vol. 32, No. 5, pp. 1073-1083, 1989.
 11. S. C. Tang, "Large Elasto-Plastic Strain Analysis of Flanged Hole Forming", Computers & Structures, Vol. 13, pp. 363-370, 1981.
 12. 양동열, 박승교, "플랜징 공정의 성형 한계에 대한 이론 및 실험적 연구", 대한기계학회논문집, 제9권, 제6호, pp. 777-787, 1985.
 13. ASM Handbook Committee, "Metals Handbook : Forging and Casting", ASM, Vol.5, Metals Park, Ohio, 1970.
 14. 이승희, 한윤희, 김세환, "프레스 금형설계 자료집", 대광서림, 1989.
 15. 일본형기술협회, "형기술편람", 첨단 역, 1989.
 16. H. Sunaga and A. Makinouchi, "Elastic-Plastic Finite Element Simulation of Sheet Metal Bending Process for Auto Body Panels", Advd. Tech. Plasticity, Vol. 3, pp. 1525-1530, 1990.
 17. D. B. Dalla, "Pressworking Aids for Designers and Diemakers", SME, 1978.