

복합공정(피어싱, 벤딩, 디프드로잉)을 갖는 제품 제조를 위한 프로그래시브 설계 자동화 시스템 개발

Development of an Automated Progressive Design System for Manufacturing Product with Multi Processes, Piercing, Bending, and Deep Drawing

황범철¹, ✉김철¹, 배원병²
Beom Cheol Hwang¹, ✉Chul Kim¹ and Won Byong Bae²

¹ 부산대학교 기계기술연구원 (Research Institute of Mechanical Technology, Pusan National Univ.)

² 부산대학교 기계공학부 (School of Mechanical Engineering, Pusan National Univ.)

✉ Corresponding author: chulki@pusan.ac.kr, Tel: 051-510-2489

Manuscript received: 2008.5.27 / Revised: 2008.10.6 / Accepted: 2008.10.14

This paper describes a research work of developing an automated progressive design system for manufacturing the product with multi processes such as piercing, bending, and deep drawing. An approach to the system for progressive working is based on the knowledge-based rules. Knowledge for the system is formulated from plasticity theories, experimental results and the empirical knowledge of field experts. The system consists of three main modules, which are shape treatment, strip layout, and die layout modules. Based on knowledge-based rules, the system is designed considering several factors, such as material and thickness of a product, piercing, bending and deep drawing sequence, and the complexities of the blank geometry and punch profiles. It generates the strip layout drawing for an automobile product. Die design for each process is carried out through the die layout module from the results of the strip layout module. Results obtained using the modules enable the designers for manufacturing products with multi processes to be more efficient in this field.

Key Words: Deep Drawing and Bending and Piercing (디프드로잉, 벤딩, 피어싱), Strp Layout (스트립 레이아웃), Die Layout (다이 레이아웃), Progressive Working (프로그래시브 공정)

1. 서론

최근 자동차 산업의 세계화에 따른 자동차 부품의 가격, 품질 및 개발 기간에 대한 경쟁력 확보가 요구되고 있다. 그러나 디프드로잉 제품에 대한 공정설계 및 프로그래시브 가공에 대한 공정 및 금형설계는 대부분 숙련된 기술자의 경험과 직관적 판단에 의해 수행되고 있다. 이에 숙련된 기술자의 경험을 정식화하여 컴퓨터를 이용한 설계 자동화에 관한 연구가 진행되었다. Zhu¹ 등은 디프

드로잉 공정설계에 관한 전문가 시스템인 'PAD_ES' 를 개발하였고, Park^{2,4} 등은 축대칭 디프드로잉 제품의 공정설계 시스템인 'Pro_Deep' 을 개발하였다. 또한 프로그래시브 공정 및 금형 설계 자동화 시스템 개발에 관한 연구³⁻⁸ 가 진행되었으나 피어싱, 노칭, 트리밍, 벤딩 등의 공정만으로 이루어진 경우이다.

본 연구에서는 앞선 연구에서 수행되지 않은 디프드로잉 공정이 포함된 복잡한 형상에 대하여 텐덤금형들을 프로그래시브 금형으로 전환하여 생

산성 향상을 꾀할 때, 소재 변형 시 변형에 의한 소재의 파열, 성형 결함, 하중의 편심에 의한 금형 편마모 등과 같은 실제 현장의 생산성과 깊이 관련된 문제들에 대하여 숙련된 기술자의 경험, 축적되어온 연구 결과, 소성가공이론을 기술지식베이스로 구축한 후, 디프드로잉 공정이 수반된 복잡한 형상의 제품을 제조하기 위한 프로그래시브 설계 자동화 시스템을 개발하였다.

개발된 시스템의 스트립 레이아웃 모듈에서 창출된 디프드로잉 공정의 타당성을 판재성형 공정 해석 전용 프로그램인 Pam-Stamp 2G Professional 로 검증하였다.

2. 시스템의 구성

본 시스템은 형상처리 모듈, 스트립 레이아웃 모듈, 다이 레이아웃 모듈로 구성되어 있고, 하나의 환경에서 수행되며 각 모듈들이 규칙과 데이터 베이스를 공유하게 되어있다. 또한 시스템의 진행 방식은 선택의 다양성을 위하여 대화식을 이용하였으며 시스템의 전체적인 구조를 Fig. 1 에 나타내었다.

디프드로잉 공정이 수반된 복잡한 형상의 제품에 대하여, 사용자가 제품의 형상 및 굽힘과 디프

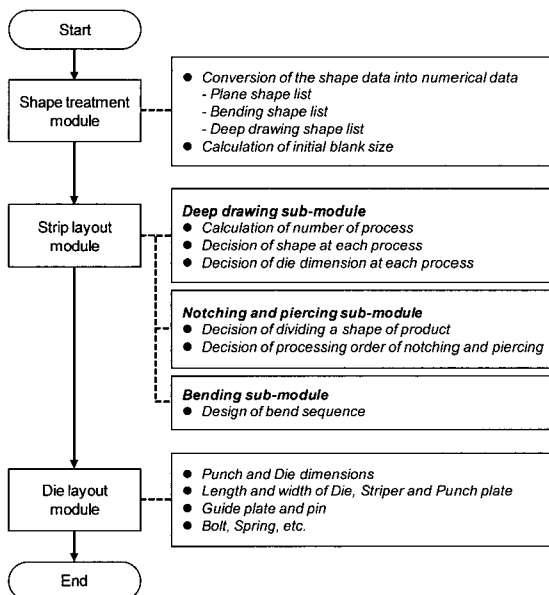


Fig. 1 Configuration of the system for progressive working

드로잉에 관련된 사항을 입력시키면 입력 및 형상 처리 모듈에서는 이를 평면 형상, 굽힘 형상, 디프드로잉 형상 리스트로 자동 인식한다. 이를 토대로 표면적을 계산하여 디프드로잉 형상을 위한 초기 블랭크의 크기를 결정하고, 결정된 초기 블랭크의 정보는 스트립 레이아웃 모듈에 전달된다.

스트립 레이아웃 모듈에서는 피어싱 및 굽힘 공정과 디프드로잉 공정에 대하여 설계 규칙 및 데이터 베이스를 이용하여 공정순서와 각 공정의 가공력을 계산한다.

다이 레이아웃 모듈에서는 스트립 레이아웃의 결과를 이용하여 펀치와 다이의 치수, 다이 플레이트, 스트리퍼 플레이트, 펀치 플레이트의 전장폭, 가이드 플레이트, 가이드 핀, 스프링, 체결 볼트의 위치와 개수 등의 금형부품을 설계한다.⁹

2.1 형상처리 모듈

형상처리 모듈은 피어싱, 벤딩 및 디프드로잉 공정을 갖는 제품에 대한 형상인식을 위하여 형상 데이터를 설계에 용이한 수치 리스트 형식으로 변환시키는 모듈이다.¹⁰

2.1.1 평면 형상 리스트

평면은 외부형상과 내부의 홀(hole) 및 슬롯(slot) 형상으로 구성되어있다. 제품의 도면 요소들은 랜덤하게 직선이나 원호의 조합으로 된 리스트와 원으로만 조합된 리스트로 구성되어 아래의 형식으로 저장된다.

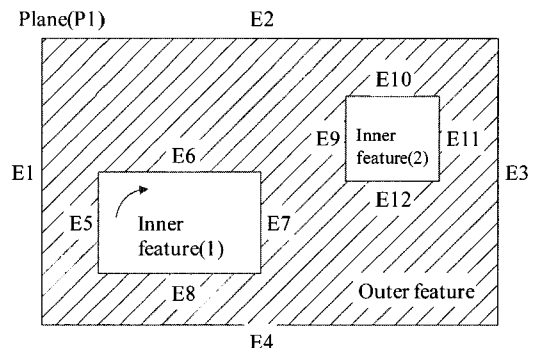


Fig. 2 Constitution of list for recognizing shape of plane

외부형상과 각 내부형상들은 Fig. 2 와 같이 하나의 평면 리스트를 구성한다. 각 형상은 시계방향으로 페루프를 구성하며, 내부형상(1)은 (E5 E6

E7 E8) 리스트 형식으로 이루어진다. 이런 방식으로 구성된 평면의 리스트들의 조합으로 제품의 형상 리스트가 아래의 형식으로 구성된다.

(("P1" (외부형상 내부형상(1) ... 내부형상(n))
 ...
 ("Pn" (외부형상 내부형상(1) ... 내부형상(n)))

2.1.2 굽힘 형상 리스트

굽힘 공정을 갖는 제품에 대하여 굽힘에 대한 정보 및 굽힘선과 연결되는 평면과의 상호관계가 정의 되어져야 한다. 굽힘 형상에 관해서는 Fig. 3 과 같이 굽힘라인의 엔티티 정보, 굽힘각도, 굽힘반경, 굽힘이동정보로 평면에 대해서는 고정된 기준 평면(Mother plane)과 회전평면(Children plane)으로 리스트를 구성하여 저장된다.

(("B1" (굽힘라인정보) 굽힘각도 굽힘반경 굽힘 이동정보 기준평면 회전평면)
 ...
 ("Bn" (굽힘라인정보) 굽힘각도 굽힘반경 굽힘 이동정보 기준평면 회전평면))

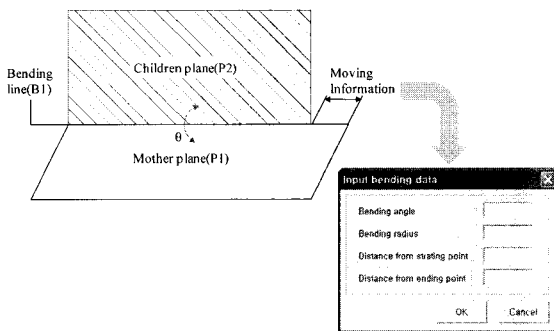


Fig. 3 Constitution of list for recognizing bending part of a product

2.1.3 디프드로잉 형상 리스트

축대칭 형상의 디프드로잉 제품은 수직, 수평, 원뿔대 및 돔의 4 가지 형상의 조합으로 구성된다. Fig. 4 에 디프드로잉 형상 인식을 위한 화면 구성을 나타내었다. 초기 화면에서는 치수입력 버튼이 비활성화 되어있으며, 입력하고자 하는 형상에 대해 체크 버튼을 클릭하면 활성화 되도록 하였다. 활성화된 치수입력 버튼을 클릭하면 각 형상별 입력창이 활성화되며, 선택된 형상의 개소만큼 입력

할 수 있도록 구성하였다. 제품의 각 요소들은 직선 및 원호의 조합으로 형상 리스트를 구성할 수 있으며, 축대칭 형상이므로 회전축을 중심으로 한 쪽에 대해서만 형상 리스트를 정의한다. Fig. 4 와 같은 디프드로잉 형상에 대한 리스트는 회전축에서 시작하여 (E1 E2 E3 E4 E5)의 형식으로 이루어지며, 구성된 디프드로잉 형상 리스트를 아래의 형식으로 구성하여 저장한다.

(("D1" (형상(1) ... 형상(n))
 ...
 ("Dn" (형상(1) ... 형상(n)))

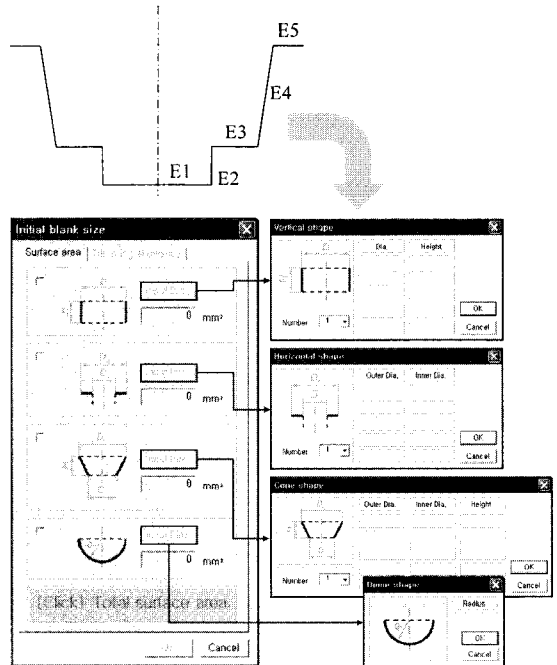


Fig. 4 Constitution of list for recognizing deep drawing part of a product

2.2 스트립 레이아웃 모듈

스트립 레이아웃 모듈은 디프드로잉 공정이 수반된 복잡한 제품의 형상에 대해 가공가능성을 검토하여 공정순서를 결정한다. 스트립 레이아웃 설계를 위해 필요한 주요 규칙들은 다음과 같다.

- 규칙1) 파일럿 구멍이 필요하면 처음 공정에서 피어싱한다.
- 규칙2) 디프드로잉 블랭크 형상 가공을 위한 노

칭 및 사이드 커팅을 먼저 실시한다.

- 규칙3) 공정순서는 디프트로잉, 피어싱, 밴딩 순서로 실시한다.
- 규칙4) 초기 블랭크의 크기는 제품의 표면적과 트리밍 여유를 합하여 결정된다.
- 규칙5) 초기이송피치는 다음과 같다.

$$L_{pitch} = D_{blank} + BW$$

여기서 D_{blank} 는 초기 블랭크의 크기, BW 는 제품형상간의 여유폭이다.

- 규칙6) 트리밍 여유는 제품의 직경 및 높이에 따라 데이터 베이스로부터 결정된다.
- 규칙7) 디프트로잉 공정회수는 데이터 베이스의 한계드로잉율에 의해 결정된다.
- 규칙8) 디프트로잉 형상 내부에 구멍이 있으면 디프트로잉 다음 공정에서 가공한다.
- 규칙9) 제품에 피어싱 내부형상이 존재하면 내부형상을 먼저 가공한다.
- 규칙10) 각 형상의 주변길이를 계산하여 길이 순으로 번호를 정한다.
- 규칙11) 형상 사이의 최소거리는 데이터 베이스에서 제시한 값보다 커야 한다.
- 규칙12) 피어싱 구멍의 형상이 사각형이나 원형이면 피어싱의 가공한계치수는 형상, 두께, 물성치에 의존하여 데이터 베이스의 조건을 만족해야 한다.
- 규칙13) 다이측면에 작용하는 면압은 다음과 같다.

$$P_{face} = \frac{F_d}{L_{shear} \times t \times BLR}$$

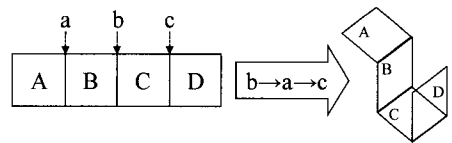
여기서 BLR 은 소재 두께에 대한 버니쉬 길이, F_d 는 측방력, L_{shear} 은 전단길이의 총합이다.

- 규칙14) 다이측면에 작용하는 면압에 견딜 수 있는 다이외경은 다음 식으로 결정한다.

$$d_o = \frac{d_i}{\sqrt{\frac{\sqrt{3}P_{face}}{m \cdot \sigma_y} \sqrt{2 - \left(\frac{\sqrt{3}P_{face}}{m \cdot \sigma_y}\right)^2} - 1}}$$

여기서 m 은 1~1.155 를 취하며, σ_y 는 다이의 항복강도, d_i 는 다이의 내경이다.

- 규칙15) 공구의 간섭이 없다면 피딩 방향의 밴딩 공정들은 동시에 실시한다.
- 규칙16) 피딩 방향에 수직인 밴딩 공정들은 피딩 방향의 밴딩 공정들을 먼저 하고 순차적으로 실시한다.
- 규칙17) 피딩 방향에 수직인 밴딩 공정이 “C”자형으로 이루어지는 경우 공정순서는 다음과 같다.



- 규칙18) 하중편심율이 20%를 초과하는 경우에는 아이들 공정을 추가함으로써 20%이내로 보정 한다.
- 규칙19) 아이들 공정은 공정 전반부에 추가하는 경우에는 파일럿 피어싱 다음 공정에 추가하며, 공정 후반부에 추가하는 경우에는 제품 사이드 커팅과 취출 공정 사이에 추가한다.
- 규칙20) 하중중심점을 구하는 식은 다음과 같다.

$$\frac{L_1x_1 + L_2x_2 + \dots + L_nx_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n} = \frac{\sum L_i x_i}{\sum L_i}$$

여기서 L_i 는 각 페루프의 전단 또는 드로잉 하중, x_i 는 각 페루프의 하중중심점까지의 거리를 나타낸다.

2.3 다이 레이아웃 모듈

다이 레이아웃은 스트립 레이아웃 모듈에서 결정된 공정순서를 바탕으로 금형설계규칙을 적용하여 다이블럭, 펀치 및 스트리퍼 등의 설계 및 표준 부품을 데이터베이스에서 선정한다. 금형 레이아웃 설계를 위해 필요한 주요 규칙은 다음과 같다.

- 규칙1) 디프트로잉 성형을 위한 금형과 피어싱 및 밴딩을 위한 금형을 분리한다.
- 규칙2) 금형 틈새는 소재 두께와 인장강도를 고려하여 데이터 베이스로부터 결정된다.

- 규칙3) 다이블럭의 두께는 소재의 두께에 따라 데이터 베이스로부터 결정된다.
- 규칙4) 펀치의 길이는 스트립과 플레이트 두께, 펀치 홀더 두께, 펀치 진입량 및 재연삭량을 합한 값보다 커야 한다.
- 규칙5) 펀치의 길이는 좌굴에 의한 한계값보다 작아야 하며, 좌굴에 의한 한계는 다음식으로 결정된다.

$$l \leq \sqrt{\frac{2\pi^2 EI}{CP}}$$

여기서 C는 안전계수로 2~3의 값을 가진다.

- 규칙6) 스트리퍼 플레이트의 전장은 다이블럭의 전장과 같다.
- 규칙7) 스트리퍼 플레이트가 스프링식이면 스트리핑력은 다음 식과 같다.

$$F_{strip} = P \times (1.1 \sim 1.2) C_{strip}$$

여기서 C_{strip}는 스트리핑계수이다.

- 규칙8) 체결볼트의 개수는 다음 식으로 결정한다.

$$F_{strip} = 300 \times d_f^2 \times n_f$$

여기서 d_f²는 체결볼트의 직경, n_f는 체결볼트의 개수를 나타낸다.

- 규칙9) 가이드 핀, 체결볼트 및 스프링은 간섭량을 체크하여 간섭이 발생하지 않는 적절한 위치에 배열한다.

3. 시스템의 적용 및 고찰

본 연구에서는 Fig. 5와 같이 디프드로잉 공정이 수반된 복잡한 형상 제품인 리어 시트 백 브라켓(Bracket-RR Seat Back)을 개발된 자동화 시스템에 적용시켜, 각 모듈에서 수행된 결과를 고찰하고자 한다.

3.1 형상처리 모듈에의 적용

사용자가 리어 시트 백 브라켓 제품에 대하여 각 공정별로 형상 데이터를 입력시켰을 때, 입력

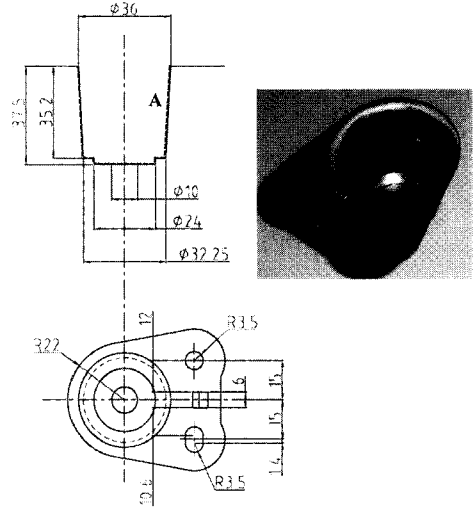


Fig. 5 A sample of the Bracket-RR Seat Back

Table 1 List for the shape of the Bracket-RR Seat Back

<p>1) 평면 형상 리스트 ("P1" (((-26.8142 -13.9377 0.0) (-8.84289 -26.3411 0.0) (-15.0 -16.0411 0.0)) ((-8.84289 -26.3411 0.0) (8.84289 -26.3411 0.0)) ((8.84289 -26.3411 0.0) (26.8142 -13.9377 0.0) (15.0 -16.0411 0.0)) ((26.8142 -13.9377 0.0) (21.6594 15.0152 0.0)) ((21.6594 15.0152 0.0) (-21.6594 15.0152 0.0) (0.0 11.1589 0.0)) ((-21.6594 15.0152 0.0) (-26.8142 -13.9377 0.0)) (((-16.4 -3.5 0.0) (-13.6 -3.5 0.0)) ((-13.6 -3.5 0.0) (-13.6 3.5 0.0) (-13.6 1.09068e-012 0.0)) ((-13.6 3.5 0.0) (-16.4 3.5 0.0)) ((-16.4 3.5 0.0) (-16.4 -3.5 0.0) (-16.4 1.09068e-012 0.0)) (((0.0 0.0) 5.0)) (((15.0000 -27.2000) 3.5))))))</p> <p>("P2" (((-3.0 -32.5 0.0) (-3.0 -29.1 0.0)) ((-3.0 -29.1 0.0) (3.0 -29.1 0.0)) ((3.0 -29.1 0.0) (3.0 -32.5 0.0)) ((3.0 -32.5 0.0) (-3.0 -32.5 0.0))))</p>
<p>2) 벤딩 형상 리스트 ("B1" (((-3.0 27.95 0.0) (3.0 27.95 0.0))) 90.0 0.7 0.0 0.0 "P1" "P2"))</p>
<p>3) 디프드로잉 형상 리스트 ("D1" (((0.0 0.0 -37.5) (12.0 0.0 -37.5)) ((12.0 0.0 -37.5) (12.0 0.0 -35.2)) ((12.0 0.0 -35.2) (16.12267 0.0 -35.2)) ((16.12267 0.0 -35.2) (18.0 0.0 0.0)) ((18.0 0.0 0.0) (22.0 0.0 0.0))))</p>

및 형상처리 모듈에서는 형상 데이터를 설계에 용이한 Table 1 과 같은 평면 형상 리스트(A 및 B 를 제외한 부분), 굽힘 형상 리스트(B 부분), 디프드로잉 형상 리스트(A 부분)을 창출시킨다.

3.2 스트립 레이아웃 모듈에의 적용

스트립의 위치 제어를 위한 파일럿은 규칙 1)에 의해 첫 단계에서 피어싱 공정에 의해 수행된다 (Fig. 6 의 a 단계). 규칙 2)와 3)에 의해 블랭크 형상 가공을 위한 노칭, 디프드로잉, 피어싱, 벤딩의 공정 순서로 실시되며, 블랭크 형상의 가공을 위한 노칭 및 사이드 커팅은 규칙 10)에 의해 노칭 공정을 먼저 실시한 후 사이드 커팅 공정을 수행한다 (Fig. 6 의 b~c 단계). 디프드로잉은 규칙 7)에 의해 3 회의 디프드로잉 공정과 하단부 형상 및 경사면의 형상 구현을 위한 피니시 공정인 1 회의 디프

드로잉 공정이 수행된다(Fig. 6 의 d~g 단계). 또한 이 모듈에서 자동으로 계산된 각 공정별 직경은 1 차는 53.36mm, 2 차는 40.02mm 이며, 드로잉율의 여유를 균등하게 분배하기 위해 사용자는 1 차에서는 54.5mm, 2 차에서는 41.5mm 이다. 이를자동으로 계산하는 과정을 Fig. 7 에 나타내었다. 디프드로잉 형상 내부 구멍은 규칙 8)에 의해 디프드로잉 공정 다음에 실시하며, 이후 나머지 형상에 대해 피어싱 및 벤딩 공정을 실시한다 (Fig. 6 의 i~l 단계). 자동으로 창출된 스트립 레이아웃에 대해 규칙 20)에 의해 계산된 하중중심점으로부터 하중편심율은 22%이므로 규칙 19)에 의해 첫 번째 공정인 파일럿 피어싱 공정과 두 번째 공정 사이에 아이들 공정(Fig. 6 의 b' 단계)을 추가하여 하중편심율을 15.7%로 보정되었다. 각 공정에 대한 성형 및 가공력을 Fig. 8 에 나타내었다.

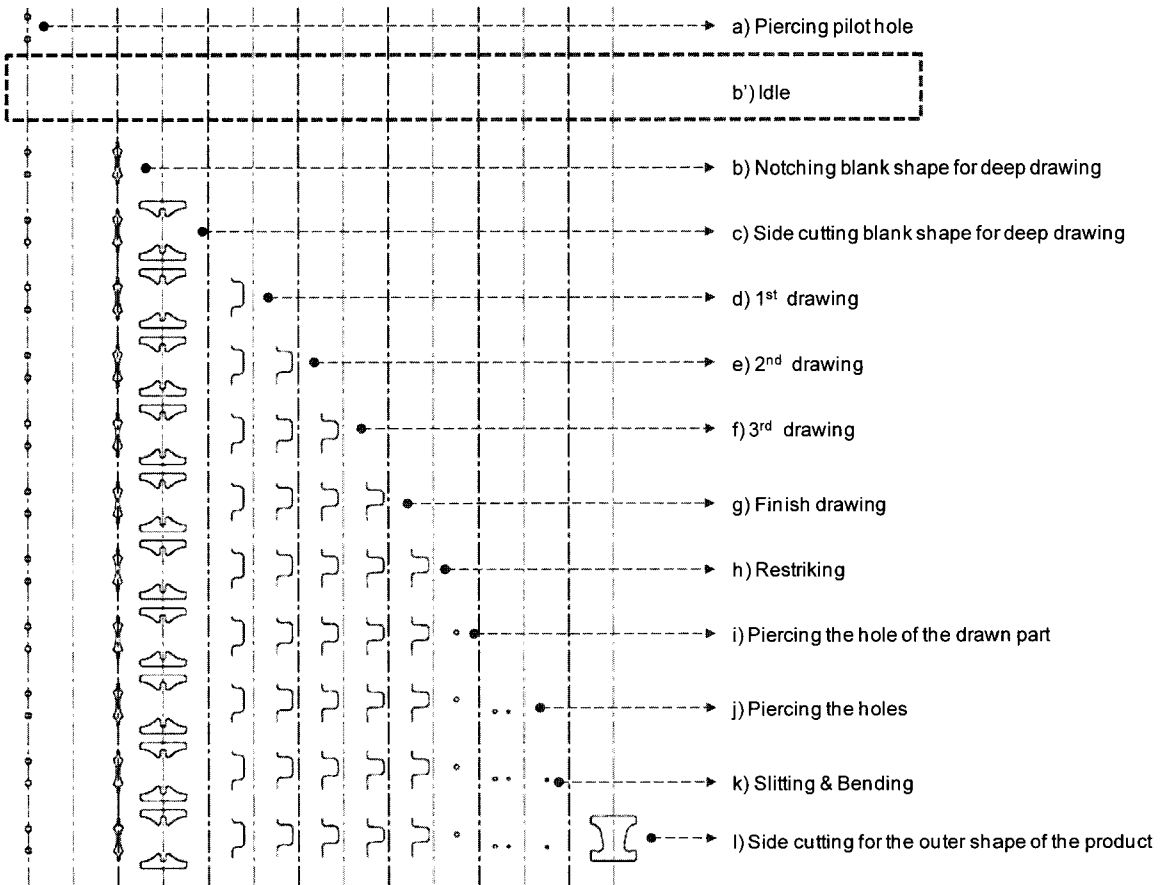


Fig. 6 The strip layout generated in the strip layout module

3.3 다이 레이아웃 모듈에의 적용

다이 레이아웃 모듈에서는 펀치와 다이, 다이 플레이트, 펀치 플레이트, 스트리퍼 플레이트, 가이드 플레이트, 가이드 핀, 체결볼트, 스프링, 맞춤 핀, 리프트 등과 같은 프로그레시브 금형의 주요 부품들을 자동으로 설계한다. 우선 이 모듈에서는 스트립 레이아웃의 면적을 이용하여 금형의 폭과 길이를 계산한 후 금형의 크기를 결정한다. 금형의 크기에 따라 가이드 핀의 수를 6 개로 상하부 금형에 우선 배열하며, 금형구조는 규칙 1)에 따라 피어싱 금형 2 개와 디프드로잉 금형 1 개로 분리하였다. 각 금형별 체결볼트의 수는 스트립 레이아웃에서 계산된 가공력을 이용하여 규칙 8)로부터 4 개, 6 개, 4 개로 계산한다. 이러한 과정을 통하여 자동으로 창출된 다이 레이아웃 도면을 Fig. 9 에 나타내었다.

3.4 시제품 제작 및 고찰

개발된 시스템의 유효성을 확인하기 위하여 유한요소해석을 통하여 디프드로잉 공정에 대한 성형가능성을 검토하고 시제품 제작을 통해 검증하였다. 유한요소해석은 판재성형공정 해석 전용 프

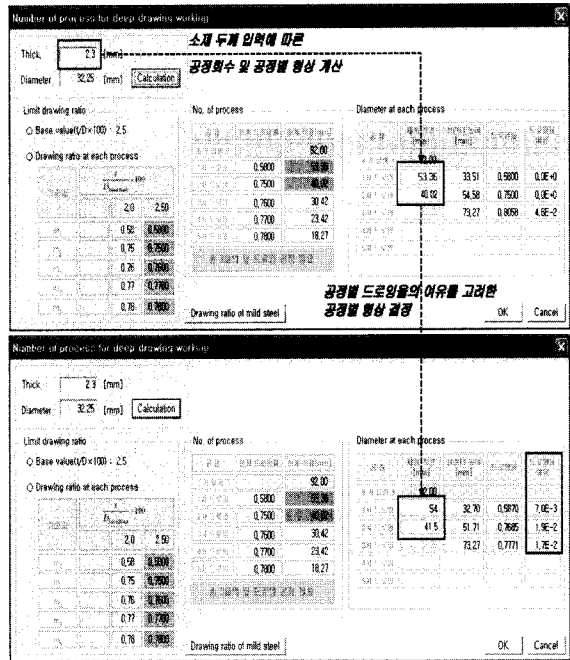


Fig. 7 Determination of the number of process and its shape for progressive deep drawing to be carried out in the strip layout module

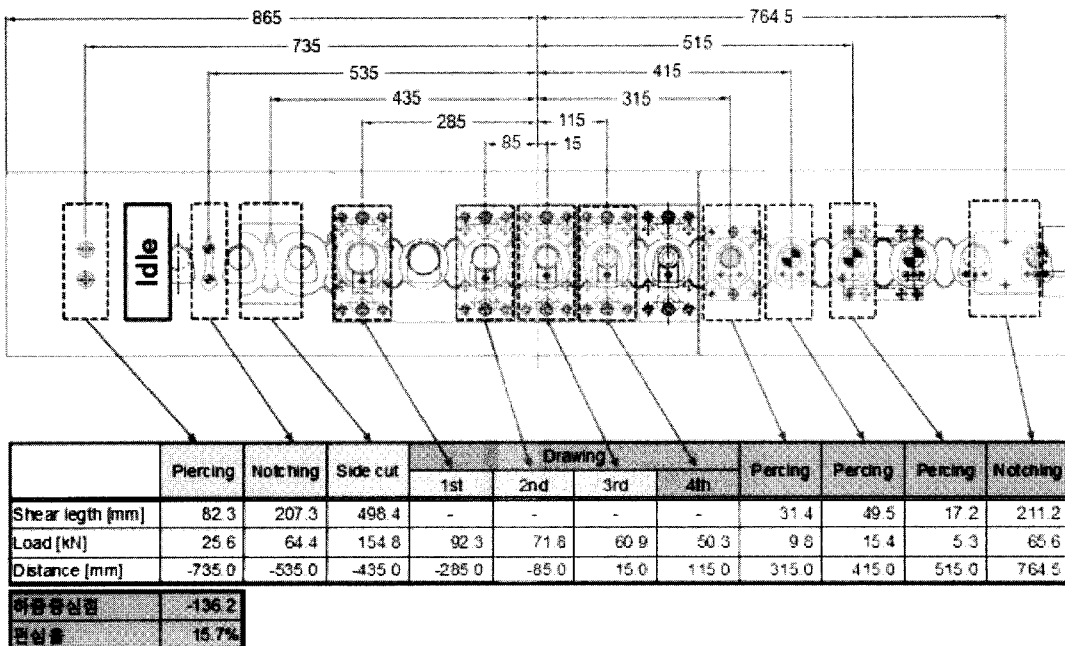


Fig. 8 Forming and cutting load of the product, Bracket-RR Seat Back

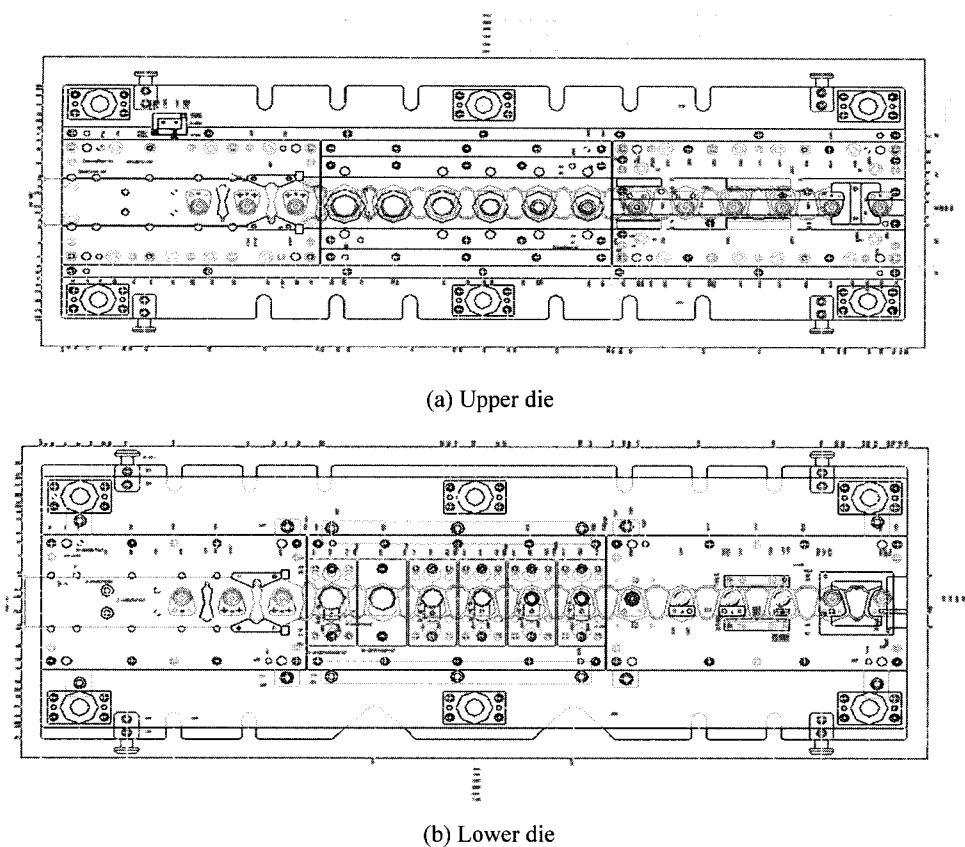


Fig. 9 The die layout generated in the die layout module

로그래밍 Pam-Stamp 2G Professional 을 이용하였으며, 각 공정에 대한 해석 결과를 Fig. 10 에 나타내었다. 성형한계도에서 주변형률 및 부변형률 모두 성형 한계선 아래에 나타나므로 다이 레이아웃 모듈에 의해 창출된 금형으로 금형 및 시제품을 제작하여 이를 Fig. 11 에 나타내었다. 상기의 프로그래시브 금형과 기존의 텐덤 금형에 의한 제품의 품질을 비교하기 위하여 각 제품의 두께에 대해 단층 촬영을 수행하여 그 결과를 Fig. 12 에 나타내었다. 이 결과로부터 개발된 시스템에 의해 제작된 프로그래시브 금형으로 성형된 제품의 최대 두께 감소율은 22.6%로 기존의 텐덤 금형으로 성형된 제품의 최대 두께 감소율인 40.9%에 비해 18.3%를 감소시킴으로써 제품의 품질 향상을 가져왔다. 또한 텐덤 금형에서 프로그래시브 금형으로의 전환은 시간당 생산수량이 685UPH(Unit per Hour)에서 1297UPH 로 약 2 배의 생산성 향상을 가져왔다.

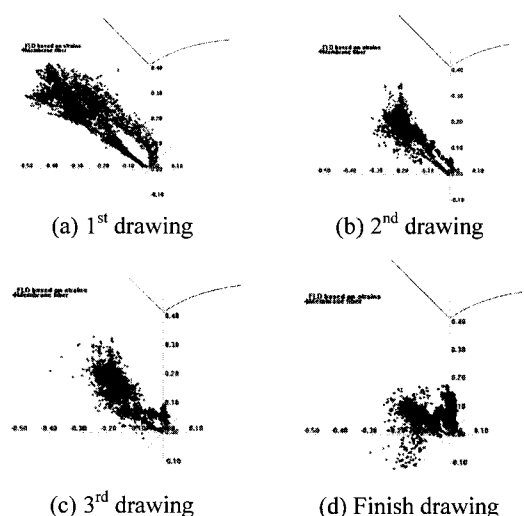
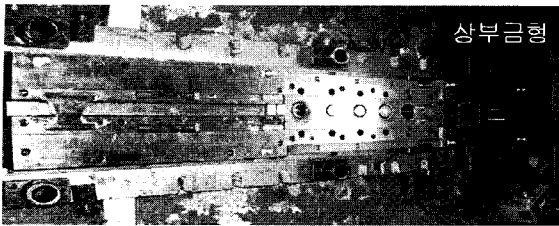
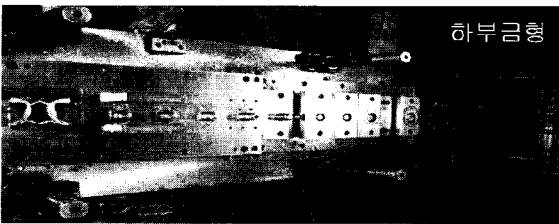


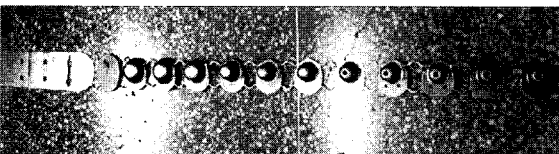
Fig. 10 Analysis results (FLD-Curve) for the deep drawing processes generated in the strip layout module



(a) Upper die



(b) Lower die



(c) The strip of Bracket - RR Seat Back

Fig. 11 The die and the strip of Bracket-RR Seat Back manufactured according to the results obtained from the system

4. 결론

본 연구에서는 디프드로잉 형상이 포함된 제품의 프로그레시브 공정 및 금형설계 자동화 시스템을 개발하여 자동차 부품인 리어 시트 백 브라켓을 개발된 시스템에 적용시킨 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 시스템의 개발로 인하여 현장에서는 필요한 기술과 경험을 정량화하고 설계절차를 정식화시킴으로써 설계지침의 표준화를 이룰 수 있다.
- (2) 스트립 레이아웃 모듈에서는 디프드로잉 공정이 수반된 복잡한 형상의 제품에 대하여 자동으로 스트립 레이아웃 도면을 창출시킬 수 있다.
- (3) 다이 레이아웃 모듈에서는 스트립 레이아웃의 결과를 이용하여 금형의 부품 도면을 창출시킬 수 있다.

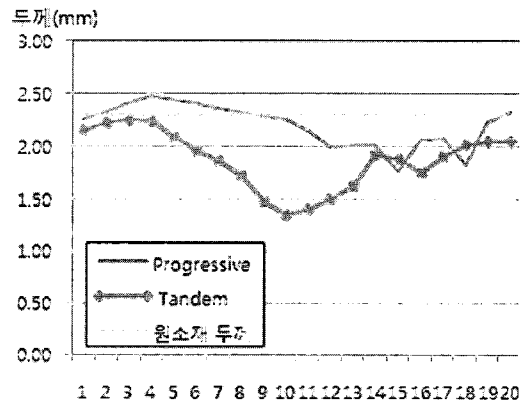
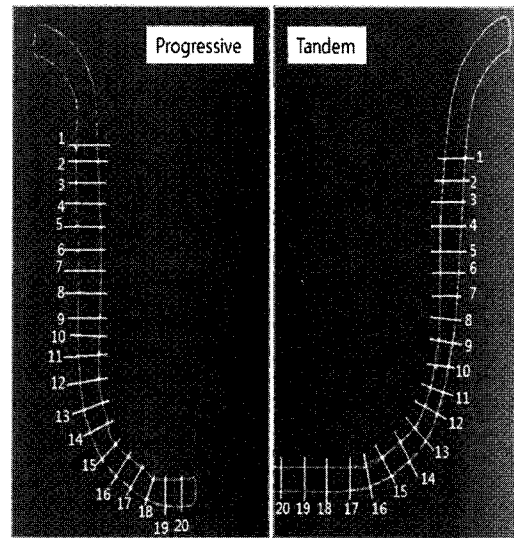


Fig. 12 Comparison of thickness manufactured by the progressive die and the tandem die

- (4) 개발된 시스템의 결과를 이용하여 프로그레시브 금형으로 제작된 시제품은 기존의 텐덤 금형에 비해 제품의 품질 및 생산성을 향상시킬 수 있었다.

후 기

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Zhu, J., Wang, X. and Ruan, X., "An Expert System for Process Planning of Deep-Drawing," Proc. 4th

- ICTP, pp. 1875-1880, 1993.
2. Park, S. B., Choi, Y., Kim, B. M., Choi, J. C. and Kim, B. H., "A Study on the Computer-Aided Design System of Axisymmetric Deep Drawing Process(I)," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 5, No. 1, pp. 27-36, 1996.
 3. Park, S. B., Choi, Y., Kim, B. M., Choi, J. C. and Lee, J., "A Study on the Computer-Aided Design System of Axisymmetric Deep Drawing Process(II)," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 5, No. 1, pp. 61-71, 1996.
 4. Park, S. B., Choi, Y., Kim, B. M. and Choi, J. C., "Application of Computer-Aided Process Design System for Axisymmetric Deep Drawing Products," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 14, No. 4, pp. 145-150, 1997.
 5. Choi, J. C., Kim, B. M., Kim, C., Kim, J. H. and Kim, C. B., "Development of Progressive Die CAD/CAM System for Manufacturing Lead Frame, Semiconductor," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 16, No. 12, pp. 230-238, 1999.
 6. Kim, J. H., Kim, C. and Choi, J. C., "An Automated Process Planning System for Progressive Working of Electric Products," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 17, No. 8, pp. 198-206, 2000.
 7. Kim, J. H., Kim, Y. M., Kim, C. and Choi, J. C., "A Study on Progressive Working of Electric Product by the using of Fuzzy Set Theory," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 19, No. 1, pp. 79-92, 2002.
 8. Park, C. W., Kim, Y. M., Kim, C., Kim, Y. H. and Choi, J. C., "A Study on Progressive Die Design by the using of Finite Element Method," Proc. of KSPE Spring Conference, pp. 1012-1016, 2002.
 9. Choi, J. C., Kim, B. M., Cho, H. Y. and Kim, C., "A compact and practical CAD system for blanking or piercing or irregular-shaped sheet metal products and stator and rotor parts," International Journal of Machine Tools Manufacture, Vol. 38, pp. 931-963, 1998.
 10. Kim, J. H., Kim, C. and Choi, J. C., "A Study on the Development of Computer Aided Die Design System for Lead Frame of Semiconductor Chip," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 2, No. 2, pp. 38-47, 2001.
 11. Iliescu, C., "Cold-Pressing Technology," ELSEVIER, pp. 257-316, 1990.