

자동차 프레스 금형 자동 설계 지원 시스템

정효상*, 이성수**

Automatic Design Supporting System for Automobile Stamping Tool

Hyo Sang Jung*, Seoung Soo Lee**

ABSTRACT

Die design of bonnet drawing is composed of upper die, lower die and blank holder. It has been performed by checked and re-design method, which cause economic and financial loss. Nowadays, CAD/CAM system is excellent, but application is low. Therefore, in specific item, drawing die of bonnet outer draw by 3-D lay-out. In this study purpose, Bonnet drawing die is designed rapidly, correctly. It's method that shape modify to resemble. This purpose lead to 3-D Lay-Out. It is to react the standard die. In rule relation, input data change all of the shape.

Key Words : Die Design(금형 설계), Drawing Die(드로잉 금형), Relations(관계식), Standard Die(표준 금형)

기호설명

- α = Rest for Wear Plate Design
- l = Distance of Between Wear Plate Center
- l_1 = Wear Plate Length
- S = Punch Outer Size

1. 서론

최근의 자동차 산업에서는 수출 대상국의 다변화와 고객 선호도의 다양화에 대응하기 위하여 신차의 개발 기간이 단축되고, 잦은 설계 변경이 요구되고 있으나, 금형의 설계 및 제작에 있어서는 컴퓨터의 발달과 응용 소프트웨어의 발전에도 불구하고, 그 기간이 단축되지 않고 있다. 또한 자동차

용 프레스 금형 설계 및 제작 관련 기술은 대부분 선진국에서 습득한 경험에 의존하고 있다. 따라서 고가의 전용 CAD/CAM 시스템⁽¹⁾을 도입하고서도 숙련된 기술자의 부족과 경험 부족으로 프레스 금형 설계 및 제작에 활발하게 적용하지 못하고 있는 실정이다.

한편 여러 가지 성형 공정의 금형 설계 시스템에 관한 연구로 W. Zhang⁽³⁾등은 CAD package를 사용하여 다이 캐스팅을 CAD/CAE 시스템에 적용할 수 있는 개념을 정립하였으며, J. P. Kruth⁽⁴⁾는 Mould 설계에 CAD/CAM 시스템을 적용하였고, M. Abrahams⁽⁵⁾등은 Injection mould에 CAD/CAM 시스템을 적용하였다. 또한, 1970년도에 들어서면서 전문가 시스템을 도입한 금형 자동 설계 시스템의 연구가 활발하게 추진되어 왔는데, 박판 제조에 있어

** 2002년 2월 26일 접수

* 경기공업대학

** 건국대학교 기계항공공학부

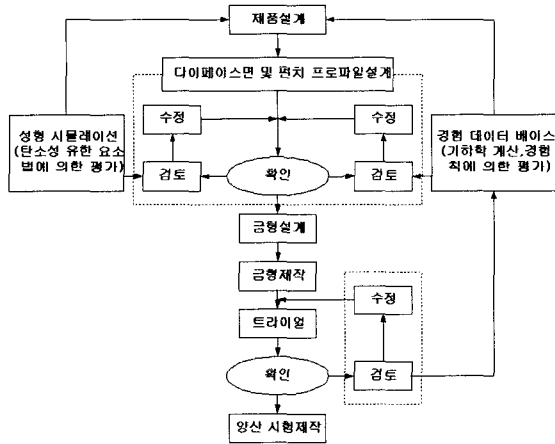


Fig. 1 Flow Chart for Die Manufacturing

서 Shaffer⁽⁶⁾가 1971년, 컴퓨터에 의한 프로그래시브 금형 설계 시스템인 PDDC(Progressive Die Design by Computer) system을 개발하였고, J. C. Choi⁽⁷⁻⁸⁾ 등은 대형 축 대칭 부품에 대하여 하중이 제한된 조건에서 대화식으로 구성된 예비 성형체 설계 방법과 리브와 웨브를 갖는 부품 단면에 대한 정밀 단조용 공정 설계 및 금형 설계 시스템을 개발하였으며, 최근 Choi⁽⁹⁾ 등은 스테이터와 로터의 블랭킹에 관한 공정 설계 및 금형 설계 시스템에 관하여 연구하였다.

한편, Fig. 1에 나타낸 것과 같이 승용차의 프레스 금형 설계 제작 과정을 살펴보면, 제품도가 완성된 후에 펀치 프로파일과 다이 페이스를 얻기 위해서는 경험에 의한 데이터 베이스를 이용하는 방법과 성형 시뮬레이션을 이용하는 두 가지 방법이 있다. 그러나 현재로서는 경험에 의한 설계가 지배적이며, 향후에는 성형 시뮬레이션으로 점차 변경될 것으로 예상된다⁽¹⁰⁾. 이러한 두 방법은 모두 수정과 검토 반복 작업이 이루어진다. 따라서 레이아웃의 변경에 따라, 금형 설계의 변경이 신속하게 이루어져야만 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 승용차의 대표적인 박판 부품 중에서 본넷(Bonnet, Hood)의 바깥 패널 드로잉 금형을 3차원 소프트웨어(Pro-Engineer 2000i2)를 이용하여 설계하고, 이를 기준으로 각 부품들을 설계하였다. 금형 구조에 해당하는 각 부품 및 구조물의 치수에 대해서는 서로의 관계식을 정립하여, 3차원 레이아웃의 변경 값에 따라 드로잉

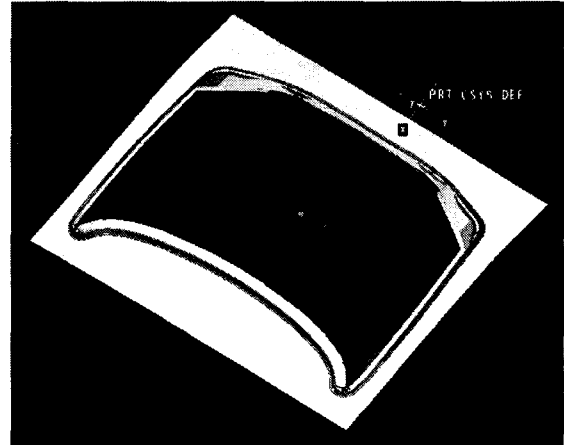


Fig. 2 Bonnet Modelling

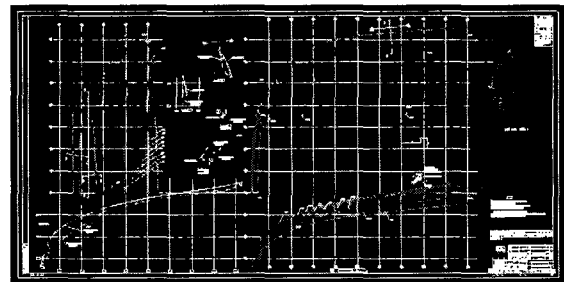


Fig. 2-1 2-Dimension of bonnet

금형의 설계 변경 및 조립이 자동으로 이루어지도록 하고자 한다.

2. 본넷 드로잉 제품의 구조

초기의 본넷 제품에 대한 형상 데이터는 CATIA에서 변환한 IGES 파일이고, 이 데이터를 프로엔지니어의 인터페이스(interface)를 이용하여 프로엔지니어용 데이터로 변환한다.

다음으로 제품에 페어링(fairing) 작업을 한 후, 제품에 대한 모델링을 하고 드로잉 설계를 위해 다이 페이스(die face) 및 펀치 프로파일(punch profile)에 대한 모델링 작업을 실시한다. 여기서 펀치 프로파일과 다이 페이스는 드로잉 제품의 박판 성형에 있어서 중요한 역할을 한다. 첫째, 펀치와 블랭크 홀더의 분리 라인이 되고, 둘째, 소재의 최저 사

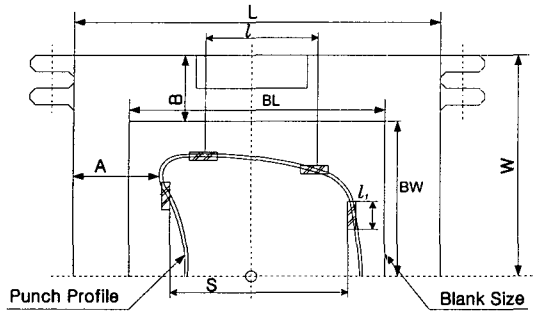


Fig. 3 Parameter for Die Size

용를 결정하게 되며, 셋째, 금형의 사이즈를 결정하게 된다. 그 외 중요한 요소로 성형에 관계되는 가형상이 있다. 이 가형상은 코너 부분, 제품의 형상이 급격히 떨어지는 부분에 주름 흡수 또는 신을 향상을 목적으로 설치한다. 그러나 이 부분은 본 연구의 대상이 아니므로 제외 시켰다. 또한 후 공정에 해당하는 트림 조건, 플랜지 조건, 피어싱에 해당하는 조건들은 드로잉 공정 설계에 영향을 주고 있으나 본 논문에서는 드로잉 금형 공정에 대한 것을 다루므로 제외 시켰다. 레이 아웃도 설계가 끝나면 레이 아웃도 테이터를 이용하여 드로잉 금형을 설계하게 된다. Fig. 2는 본네트 드로잉 금형을 위한 3차원 레이아웃 설계를 CATIA에서 실시한 모델이다. 여기에서 설계된 펀치 프로파일과 다이 페이스에 대해서는 Fig. 3과 같이 선과 곡선의 값만 추출한다.

3. 드로잉 금형의 구조

프레스 드로잉 금형은 일반적으로 상형, 하형으로 구분하고 하형에는 블랭크 홀더가 포함된다. 드로잉 금형의 형상은 펀치 프로파일, 다이 페이스, Die Height, Die Size, Start Height, 금형 가이드, 자동화 장치 등으로 구분한다.

드로잉 제품에서는 펀치 프로파일과 다이 페이스 선정이 중요한데, 일반적으로 Punch Profile, Die Face는 단일 평면이어야 하지만, 자동차 제품의 특성상 복잡한 형상을 이루게 된다. 복잡한 형상은 드로잉 금형의 블랭크 홀더, 펀치 형상, 펀치와 블랭크 홀더의 가이드에 영향을 미친다.

Fig. 4와 같이 드로우 공정은 파트를 크게, 하형, 상형, 블랭크 홀더의 3가지로 구분하여 설계한다. 드로잉 금형의 부품으로는 금형 이동을 위한 행거 (Hanger), 상형, 하형의 금형 가이드(Center Heel), 블랭크 홀더와 펀치사이의 가이드(Wear Plate)가 있다. 펀치 사이의 가이드에 대해서는 금형 사이즈와 프로파일이 입력되면, 면적을 계산하여 가이드를 선택하고, 웨어 플레이트는 가이드 되어야할 면적의 20~30%가 가이드 되도록 하여, 그 범위 내에 포함되는 표준 부품을 선택하도록 하였다. 행거는 금형의 무게에 따라 표준에 해당하는 사이즈의 행거를 선택하도록 하였다. 그 외 몇 가지의 부품들이 있지만 프레스 사양 및 각 회사의 단독 사양에 대해서는 생략하였고, 중요한 부품에 대해서는 데이터베이스화하였다.

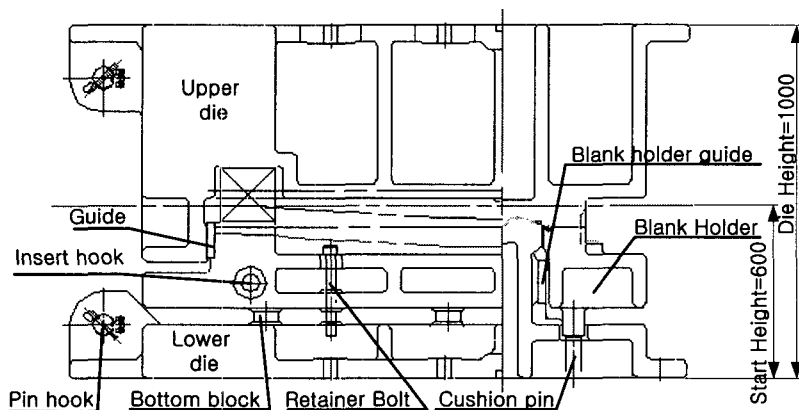


Fig. 4 Schematic of Die structure

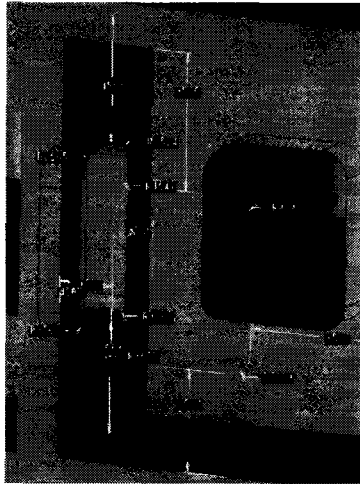


Fig. 5 Core Relations

```

/* blank holder front side core relation
D529=45
D527=45
D542=45
D526=90
D530=50
D531=50
D532=50
D533=50
D534=90
D535=45
D536=45
D543=45
D538=50
D539=50
D540=50
D541=50
/* blank holder front side rib relation
D399=D4/4
D403=D4/2
D408=D4*0.75
D402=D3/4
D410=D3/2
D411=D3/4
    
```

Fig. 6 Relations

4. 드로잉 금형 설계 시스템

서페이스로 모델링한 3차원 다이 페이스, 펀치 프로파일을 금형의 높이 1000mm를 기본 값으로 금형의 중심점에서 금형의 하형 바닥 면까지 거리는 가장 많이 사용되는 큐션 스트로크를 고려하여 전체 높이의 3/5에 해당하는 600mm로 하였고, 상형 바닥 면까지는 400mm로 하였다. 이 때 각각 기준면을 설정하여 솔리드 모델로부터 서페이스 모델로 프로트루전(Protrusion) 시켰고, 그 다음에 슬롯(Slot)

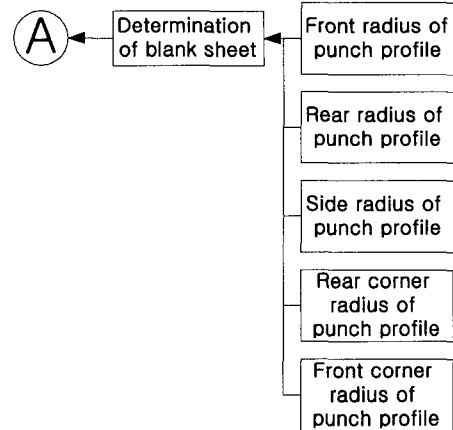
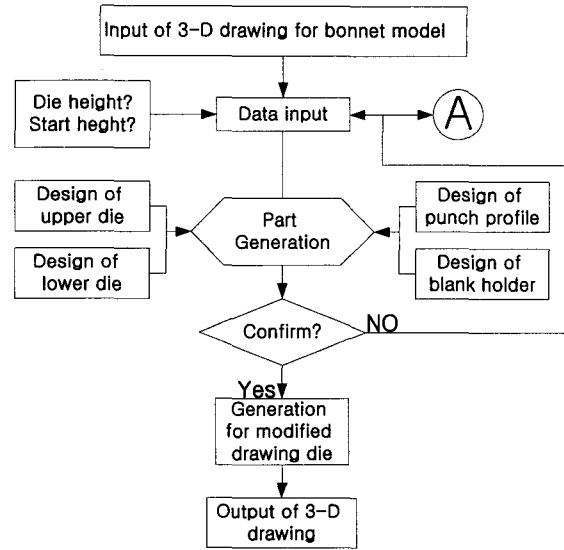


Fig. 7 Flow chart of die design system for bonnet drawing

으로 파내는 방법을 사용하였다. 여기서 경감용 코어(Core)는 Fig. 5와 같이 다이 페이스면 리브와 보강 리브 사이의 관계 정의, 즉 Fig. 5와 같이 바닥 면에서부터 150mm, 양 보강 리브로부터 50mm, 그리고 다이 페이스면 리브로부터 70mm인 관계를 정의하였다. 이러한 관계는 Fig. 6에 나타난 것과 같이 관계식으로 정의하여, 금형의 가로(D4)와 세로(D3)의 길이가 변하면 정의에 따라 변경되도록 하였다. Fig. 7은 펀치 프로파일 반경 값과 다이 페이스 반경 값, 그리고 기타 정보가 입력되었을 때, 금

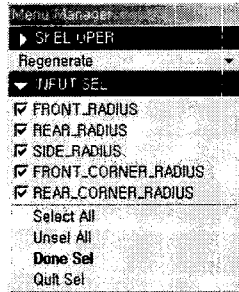


Fig. 8 Input of Punch Profile

형이 설계되는 시스템의 순서를 나타내고 있고, 본네트 금형이 정의된 후에 관련 값의 변경에 따라 설계 변경되는 과정을 나타내고 있다. 여기서 A는 펀치프로파일을 구성하고 있는 5개의 반경 값을 입력 받아 펀치 프로파일을 구성하도록 하고, 그 입력은 Fig. 8과 같이 펀치 프로파일을 선택하여 그 값들을 입력한다. Fig. 3에 나타난 블랭크 사이즈 BL, BW 를 입력하면, 금형 사이즈 L, W가 변경되도록 하였고, 금형 크기가 결정되면 Table1에 따라 금형 가이드이 길이(Fig. 9)가 결정된다.

4.1 가이드 형식의 선정

가이드 형식으로는 비교적 비틀림에 강하고, 가공비가 적게 들고, 공차 정도가 비교적 크면서 대형 금형의 드로잉 및 재성형 공정에 많이 사용되는 힐박스(Heel Box) 타입을 선정하였다. Table 1의 가로축은 금형의 폭(Fig. 3의 W)을, 세로축은 금형의 길이(Fig. 3의 L)을 나타내며, 금형의 좌우크기와 상하크기에 따라 가이드 영역의 크기가 결정되도록

Table 1 Region of Guide Size

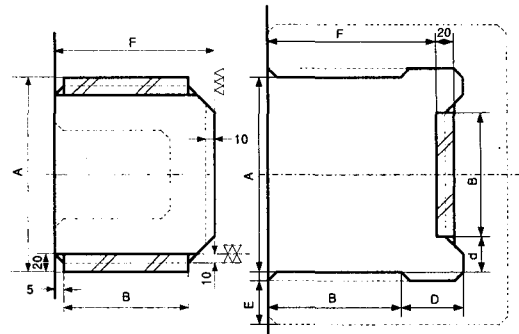
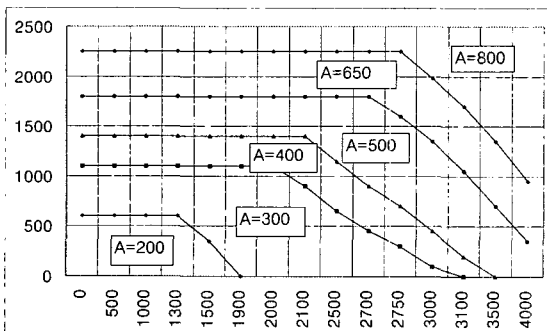


Fig. 9 Guide Heel Box Relations

하였다⁽¹¹⁾. Fig. 9에서 A 값은 Table 1에 따라 변경되고, F값은 웨어 플레이트의 표준 사이즈에 따라 변경된다. 깊이 또한 웨어 플레이트의 표준 사이즈에도 변경이 된다.

4.2 금형 크기의 결정 요소

금형 크기는 제품의 특성, 작업 내용, 사용 프레스, 가이드 방법 등에 따라 결정되어지나 본 연구에서는 제한적으로 자동 설계를 위해 금형 사이즈를 결정하는 방법을 이용했다. Fig. 9에서와 같이 펀치와 블랭크 홀더의 가이드는 서로 대칭이 되도록 하고, 균형을 고려해서 각 면 당 2개씩 8개를 설치하였다.

웨어 플레이트 설치에 관한 규칙은

$$l \geq S \times 60\%$$

$$l_1 \times n = \geq \text{작업부 총길이} \times \alpha$$

을 이용하였으며, 여기서 α 는 25%이다.

Table 2와 같이 W값에 따라 A, B의 값이 변경되도록 하였다. 그러나 본네트 금형의 특성상 1500 이하 크기의 금형은 존재하기가 어려우므로 실제 적용은 A, B의 값으로 각각 300을 적용하였다.

Table 2 Data for Die Size

금형 사이즈(W)	A	B
1000미만	250	250
1500미만	275	275
1500이상	300	300

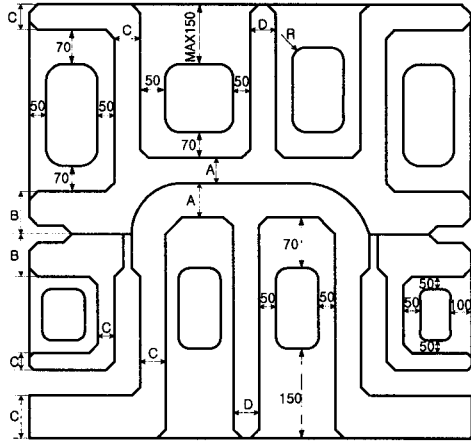


Fig. 10 Rib Thickness and Core Size

Table 3 Data for Rib Thickness and Core Size

기호	리브두께	코어 폭	반경
A	50	100이하	30
B	50	150이하	40
C	40	200이하	50
D	30	200이상	50

4.3 주물살 두께 및 코어 설치

직선 구간에서 리브와 리브 사이의 거리가 200~300⁽¹¹⁾ 사이가 되면, 리브를 추가하도록 하였으며, 그 미만이 되면 삭제하도록 했다. 그러나 스플라인(spline)곡면이 이어진 곳(예를 들면, IGES 파일을 변환하면서 발생한), 제품에서 읍셋 된 곳과 같이 적용이 곤란한 특정 부분은 직접 적용하였다. Fig. 10에서 보여주는 바와 같이 경감용 코어는 면에서 일정하게 50mm 읍셋(offset)하고, 바닥 면에서는 Max 150mm 읍셋 하였고, 필렛(Fillet) 반경은 Table 3과 같이 사이즈별로 규격화하였다.

한편 기능에 따른 코어의 종류는 주물 경감용 코어, 에어 배관용 코어, 그리고 확인용 코어가 있다. 여기서는 배관용 코어와 확인용 코어는 프레스 사양에 따라 많이 변경되므로 직접 설계하였다. 또한 부품장치들의 작동에 의한 간섭을 피하기 위해 코어 설치를 하지만 여기에서는 쿠션 핀 간섭부를 제외한 다른 부품들은 직접 설계하였다.



Fig. 11 Punch Profile and Die face

또한 리브의 두께는 Fig. 10과 같이 일반적인 자동차 회사의 표준인 100만대 생산 기준에 두고, 펀치 프로파일을 따라 형성되는 리브는 40mm, 다이 페이스면에 해당되는 리브는 50mm로 하였고, 그리고 보강용 리브는 30mm로 설정하였다.

5. 금형의 레이아웃 설계

5.1 Punch profile설계

입력된 펀치 프로파일의 값에 따라 기준 반경(Default Radius)값들이 변경되고, 이 값을 기준으로 서로 연관되어 있는 설계 값들을 변경한다.

설계 값들은 첫째 펀치와 블랭크 홀더의 가공 여유 공간을 확보하고, 이것은 펀치와 블랭크 홀더 사이의 슬라이딩 면을 확보하게 된다. Fig. 11은 Table 4의 기준 값으로 설계된 펀치 프로파일과 다이 페이스 값을 나타내고 있다. 모델링된 레이아웃 도에서 값을 읽어 들여 입력되고, 그 구성은 Table 4와 같이 5개의 기준 반경으로 구성되어 있다.

Table 4 Default Data of Punch Profile

반경 종류	기준 값
Front Radius	2465
Side Radius	4000
Rear Radius	2500
Front Corner Radius	400
Rear Corner Radius	120

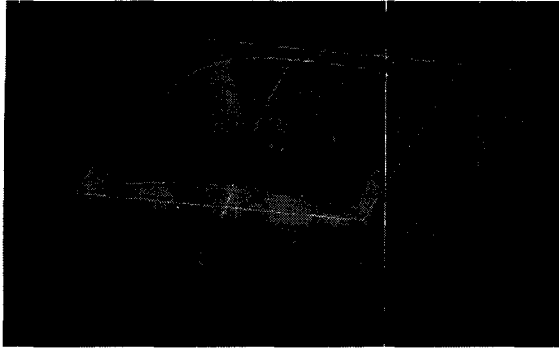


Fig. 12 Blank Holder

5.2 Blank holder Die face 설계

입력되는 블랭크 쉬트 값에 따라 변경되어 블랭크 홀더의 크기를 결정하게 되며 또한 블랭크 홀더와 상형간의 가이드 영역 및 가이드 방식에 따라 크기가 변경이 된다. Fig. 12과 같이 대부분의 드로잉 금형은 블랭크 사이즈에 따라 금형 크기가 결정이 되나 반드시 그렇다고는 할 수 없다. 그리고 프레스의 사양과 블랭크 쉬트 사이즈에 따라 쿠션 핀의 배치가 달라진다. 그리고 쿠션 핀의 배치를 피해서 리브 위에 버텀 블록(Bottom Block)이 배치된다. 리테이너 볼트(Retainer Bolt)는 이송 방향에 따라 좌우 대칭으로 위치를 결정하게 된다.

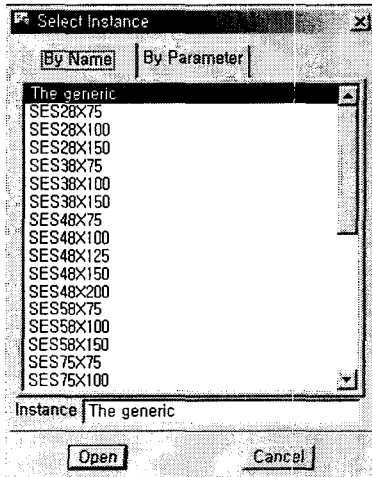


Fig. 13 Family Table

5.3 구성 부품 설계

Fig. 13과 같이 금형 상하형 가이드에 사용되는 웨어 플레이트, 블랭크홀더와 하형간의 가이드 웨어 플레이트, 금형 중량에 따른 행거, 중량에 따른 리테이너 볼트가 데이터베이스화 한 후에 패밀리 테이블(family table)을 이용하여 D/B화된 금형 부품들은 블랭크 쉬트와 펀치 프로파일이 결정되면 크기에 비례하여 표준 부품들이 자동으로 변경되도록 변수 값들을 관계식으로 정의하여, 부품이 선택이 되면 자동으로 변경이 되도록 하였다.

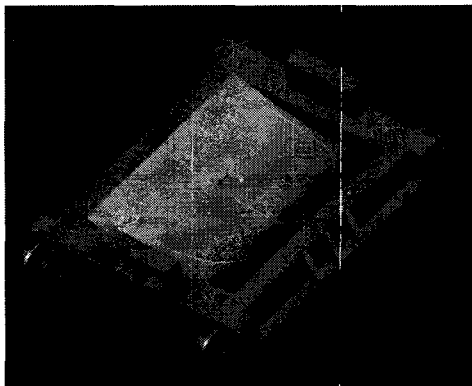


Fig. 14 Upper die

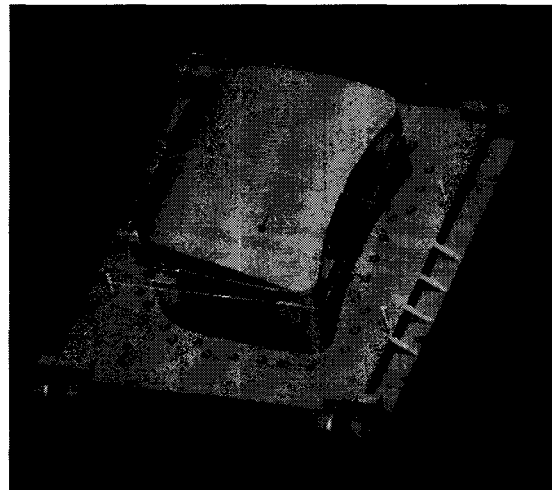


Fig. 15 Lower die



Fig. 16 Bonnet drawing die

5.4 각 부품 결합 설계

Fig. 14는 상형의 금형을 나타내고 있으며, 재료와 재료 사이의 보강하는 면으로 모따기와 라운딩을 하는데 수 작업이 너무 많아서 생략하였다. 측면의 보강 리브와 앞부분의 코어는 앞에 나타난 Fig. 6과 같은 관계식으로 처리하였다.

Fig. 15는 하형을 나타내고 있고, 블랭크 홀더와 어셈블리 되어 있다. 현재는 웨어 플레이트, 리테이너 볼트, 혹 등이 결합된 상태이며, 쿠션 핀 통과 기준 자리면 등은 관계식으로 사이즈 변경에 따라 변경될 수 있도록 하였으며, 블랭크 홀더의 리브, 코어 역시 동일한 관계식을 이용하였다. Fig. 16은 본네트 금형이 어셈블리 된 상태를 나타내고 있으며, 프레스(Press)의 최대 상사 점에서 위치한 상태를 나타낸다.

6. 결론

프레스를 이용하여 박판 금속을 가공하는 공정 중에서 자동차 차체를 만드는 부품은 임의의 형상을 가진 대형 제품으로써 개발에 많은 시간과 노력이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 본네트 드로잉 금형 설계 지원 시스템에 관한 연구를 수행하여 빠른 수정과 정확한 설계, 그리고 최적의 설계를 위한 연구의 목적으로 금형 자동 설계 지원 시

스템을 개발하였다. 그러나 본 연구의 자동화 비율은 양산 설계를 위한 완성도면 기준으로 약 45%에 지나지 않는다. 그 이유로서는 현재의 생산 시스템에서는 3차원 설계의 적용에 어려움이 있다. 즉 모든 가공 부분을 NC화하기에는 생산 시스템의 변경이 필요하다. 그리고 향후 자동차 프레스 금형은 제품 설계와 동시에 금형 도면이 완성되는 시스템으로 변경될 것으로 예상된다.

따라서 본 연구의 향후 방향은 금형 설계의 자동화 비율을 약 85%까지 향상시켜(15% 특이 사항) 본네트에 대한 설계는 제품 설계와 동시에 금형 설계가 이루어지도록 할 예정이다.

본 연구를 통하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 설계자가 본네트 드로잉 금형을 설계 할 때, 비슷한 형상의 본네트에 대해서는 펀치 프로파일과 다이 페이스의 반경 값만 입력하면 설계의 수정 또는 변경을 용이하게 할 수 있다.
2. 본네트 드로잉 금형의 설계를 정량화하고, 설계 절차를 정식화한 시스템을 개발하여 금형 고정도화 및 납기 단축 등에 능동적으로 대처 할 수 있다.

후 기

본 연구는 2000년도 건국대학교 학술연구비 지원으로 수행된 과제이며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. "Pro/Engineer Training Guide for Release20," Parametric Technology Corporation, 1998.
2. 현대자동차 생산기술센터, "3차원 금형 설계를 통한 Digital Mock-Up 구현," 2nd PTC User Conference, 1999.
3. W.Zhang, S. Xing, B. Liu, "Study on a CAD/CAM System of Die Casting," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 63, pp.707-711, 1997.
4. J.P. Kruth, "Steps Toward an Integrated CAD/CAM System for Mould Design and Manufacture: Anisotropic Shrinkage, Component Library and Link to NC Machining and EDM,"

- Annals of the CIRP, Vol. 35, 1986.
5. M. Abrahams, M. Doble, "CAD/CAM Integration for producing injection moulds," ZWF Z. Wirtsch. Fertigung, Vol. 80, No. 9, pp. CA60-62, 1985.
 6. G. schaffer, "Computer design of progressive dies," Am. Mach. Vol. 22, pp. 73-75, 1971.
 7. 최재찬, 김병민, 김성원, "축대칭 부품에 대한 열간단조의 공정 및 금형설계에 관한 연구(I)," 소성가공, 제1권, 제1호, pp. 20-32, 1992.
 8. 최재찬, 황상무, 김영호, "항공기구조물 정밀 단조품의 공정설계 기법개발," 한국과학재단목적 기초 1,2차 중간보고서, 1993.
 9. 최재찬, 김병민, 김철, 이승민, "스테이터 및 로터의 블랭킹에 관한 공정 설계 및 금형 설계 시스템," 한국정밀공학회지, 제13권, 제8호, pp. 40-51, 1996.
 10. 정효상, 이성수, "3D CAD/CAM을 이용한 본네트 금형 설계," 한국CAD/CAM학회 학술 발표회, 2000.
 11. 기아 자동차, "금형 설계 표준," 프레스 생기부, 1995.

부록

