

자동차 보닛금형의 자동설계 지원시스템에 관한 연구

정효상[#]

A Study on the Automatic Design Supporting for Automobile Bonnet Tools

Hyo Sang Jung[#]

ABSTRACT

In this study a 3-D automatic die design supporting system for a bonnet panel has been developed using Pro/PROGRAM of the widespread CAD software Pro/ENGINEER. A standard drawing die was defined in terms of the punch profile, the die face geometry, and the blank sheet size. The strip layout of a trimming die was defined, in addition, in terms of the trimming line and the locations of scrap cutters. Necessary relations for each design step are formulated and rules for bottom-up type 3-D die design were set up for the automatic design of drawing and trimming dies of a bonnet.

With the input geometric data of punch profile, die face, and blank sheet, this 3-D design supporting system could complete the basic design process, in case of the bonnet drawing die, in a time 78% shorter than that required by a typical 2-D CAD system. The new design system showed remarkable design efficiency also when it was applied to the case of redesign and modification of the previous standard output for a different car type.

Key Words : Die Design(금형 설계), Drawing Die(드로잉 금형), Relations(관계식), Standard Die(표준금형), Automatic design(자동설계), Automobile bonnet(자동차 보닛)

1. 서론

박판 재료(sheet metal)는 싱크대, 캔, 캐비닛, 브래킷 등 일상 생활용품, 차체 패널 등의 자동차 구성 부품(body panel)을 대량으로 생산하는 경우에 많이 이용되고 있다. 금형의 설계는 공정 중의 여러 요소가 미치는 복합적인 영향을 고려하여야 하므로 오랜 동안 이론보다는 숙련된 기술자의 경험에 의존하여 왔다.¹ 따라서 금형 제품의 생산성 증

가를 위해서는 부품의 형상, 제작 방법, 금형 설계, 그리고 재료 특성에 대하여 각 공정별로 정확하게 분석할 필요가 있다. 즉, 각 공정별 분석을 통하여 생산성을 증가시키기 위한 시도로 3차원 CAD/CAM 시스템²를 이용한 박판의 성형 과정에 적용이 되고 있다. 3D CAD/CAM 시스템을 적용하기 위해서는 현장 경험자의 노하우를 고려한 기술적 접근이 기초가 되어야 한다. 또한, 박판 스탬핑 과정에서의 재료 거동과 성형 상황을 정확하게 시

¹ 접수일: 2003년 9월 29일; 게재승인일: 2004년 2월 20일
[#] 교신저자: 경기공업대학 컴퓨터응용기계설계과
E-mail hszung@kinst.ac.kr Tel. (031) 496-4757

물레이션 할 수 있어야 하므로³, 경험을 기초로 한 시스템(experience based system), 지식을 기반으로 한 모듈(knowledge based module), 그리고 수학적 모델을 표현할 수 있는 시스템의 구축이 필요하다.^{4,5,6,7} 이를 위해서 먼저 승용차의 대표적인 박판 부품 중에서 보닛(Bonnet, Hood, 이하 보닛이라 부르기로 함)의 바깥 패넬에 대한 드로잉 금형을 3D 소프트웨어인 Pro/ENGINEER 2001을 이용하여 표준 보닛의 드로잉 금형을 설계하고^{8,9,10}, 이를 기준으로 각 부품들의 데이터베이스를 구축한다. 다음으로 금형 구조에 해당하는 각 부품 및 구조물의 치수 및 위치에 대해서는 펀치 프로파일과 다이 페이스 그리고 블랭크 사이즈와의 관계를 검토하여 이들에 대한 관계식을 정립하고¹¹, 3D 레이아웃의 변경 값에 따라 드로잉 금형의 설계 변경 및 조립이 자동으로 이루어지도록 한다.¹² 따라서 정식화된 시스템을 개발하고 기존설계방식과 비교분석을 하고 타 차종보닛과 내 패넬을 적용하여 검증한다.

2.보닛 레이아웃 설계

레이아웃을 설계할 때(Fig. 1참조), 드로잉에 대한 설계에 있어서 고려해야할 점은 첫째, 가로 단면형상 및 세로 단면형상의 평형을 고려하여 재료유입에 따른 성형역의 분포가 가능한 한 균일하게 되도록 성형방향을 설정한다. 둘째, 성형방향에 대하여 음각이 되는 부분이 없도록 설정한다. 셋째 트림, 피어스 등의 후 공정과의 연관을 고려하여 성형방향을 결정한다.

성형 방향이 결정되면, 성형이 용이하도록 가형상을 붙이게 되는데 이 때 고려할 사항으로는 다음과 같다. i)국부적인 성형역의 집중을 피한다. ii) 성형역의 평형을 고려하여 성형역이 분산되도록 한다. iii) 재료의 유입이 부드럽게 되도록 한다. iv) 재료의 유입량을 제어한다. v) 펀치와 다이의 재료에 접하는 시점을 제어한다.

가형상이 결정되면 다음의 사항을 고려하여 다이 페이스(die face)를 결정한다. i) 단순화한다. ii) 성형 깊이를 가능한 한 균일하게 한다. iii) 다이와 블랭크 홀더에서 블랭크를 잡았을 때 주름이 발생하지 않도록 면을 선정한다. iv) 펀치 면은 평균 3-5% 늘어나는 쪽이 형상 동결성(動結性)이 좋으므로 적당한 신율이 부여되도록 다이 페이스를 선정한다. v) 다이 페이스에 의해 블랭크에 펀치가

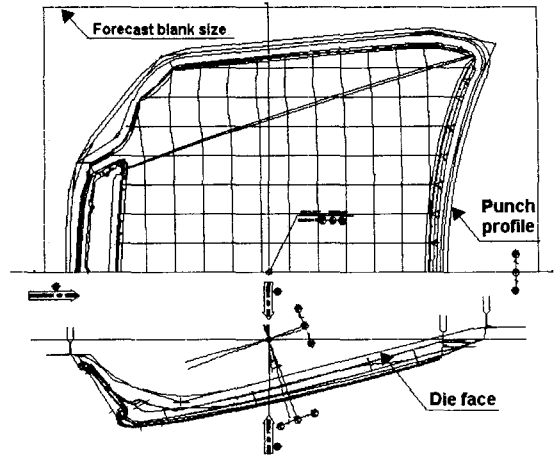


Fig. 1 2-D lay-out drawing for bonnet

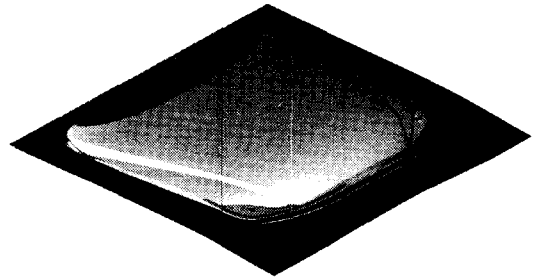


Fig. 2 Bonnet modeling

접촉하여 스트로크의 진행과 더불어 재료가 무리없이 유입되도록 면을 설정한다.

Fig. 1은 위의 열거를 근거로 2D 레이아웃 도를 설계한 것이다.

레이아웃 설계가 끝나면 레이아웃 데이터를 이용하여 드로잉 금형을 설계하게 된다. Fig. 2는 보닛 드로잉 금형을 위한 3D 레이아웃 설계를 프로엔지니어에서 각각 실시한 모델이다.

2.1 보닛 드로잉 금형 구조

Fig. 3과 같이 프레스 드로잉 금형의 구조는 일반적으로 상형, 하형으로 구분하고 하형은 펀치와 블랭크 홀더로 구성된다. 드로잉 금형의 형상은 펀치 프로파일, 다이 페이스, 다이높이, 다이크기, Start height, 금형 가이드, 자동화 장치 등으로 구분한다. 혹은 금형을 이동하기 위해 설치하며, 무게에

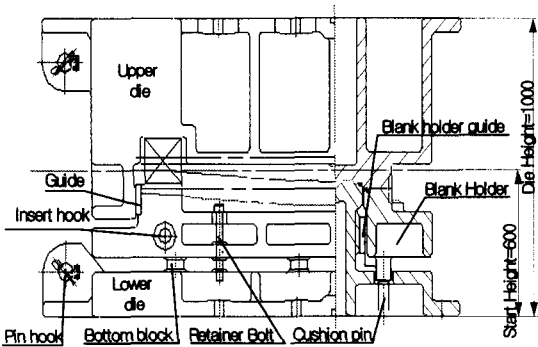


Fig. 3 Schematic diagram of the bonnet drawing die

따라 크기가 변경된다. 보텀 블록(bottom block)은 블랭크 홀더가 성형이 완료되는 시점인 최하점으로 내려왔을 때 펀치와 맞닿는 부분인데 블랭크 홀더가 더 이상 내려가지 못하도록 하는 기능을 갖고 있다. 블랭크 홀더와 펀치 사이에 빈 공간을 여러 곳에 설치한다. 리테이너 볼트는 프레스의 쿠션 핀이 블랭크 홀더의 행정이상 올라가지 못하도록 하는 기능을 갖는다. 보통 프레스 전면에 2곳과 뒷면에 2곳을 설치한다. 쿠션 핀은 블랭크 홀더의 면압을 균일하게 받을 수 있는 곳을 선정하여, 펀치에 구멍을 뚫고 블랭크 홀더에는 접촉면을 만들어 준다. 블랭크 홀더는 면압의 균형이 중요하므로 쿠션 핀을 선정 할 때 펀치 구조 부분과 간섭이 생기지 않도록 배치한다^{13,14}

Table 1은 기존 11개 종류의 승용차(소, 중, 대형 포함)에 채택되고 있는 그릴 일체형 보닛, 또는 비 일체형 보닛의 드로잉 금형을 금형 크기를 기준으로 3종류로 분류한 것이다. 본 논문에서는 우선 금형의 크기 변화가 비교적 용이한 중형 승용차의 보닛을 기준으로 하여 설계에 적용하였다. 또한 금형의 높이는 사용 프레스에 따라 변하지만, 본 연구에서는 1000mm를 기준값으로 적용하였다

Table 1 Classification of tool size (tool height = 1000mm)

Classification	Small	Medium	Large
Length	2000	3000	4500
Width	1300	1600	2200

2.2 드로잉 금형을 위한 주곡선 모델링 방법

Fig. 4는 보닛의 펀치 프로파일과 다이 페이스의 관계를 나타내고 있다. 다이 페이스는 세 개의 반경, Rd32, Rd30, Rd29과 두 개의 각도를 가지는 직선으로 구성되어 있다. 이 값들은 기본 값이 있고, 블랭크 홀더의 설계의 기준이 된다. 즉 블랭크 홀더의 구조는 이 값의 지배를 받게 되고 이 값에

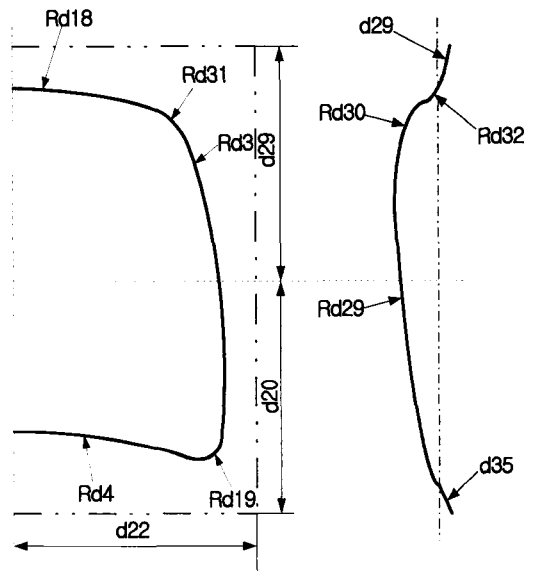


Fig. 4 Punch profile and die face of the main curve

연관된 관계식들로 정의된다. 펀치 프로파일 반경은 Rd19, Rd31, Rd3, Rd4, Rd18의 5개로 구성되어 있다. 이 곡선은 펀치와 블랭크 홀더를 분리해주는 곡선이 된다. 펀치의 구조와 전체 상형의 구조에 각각의 구성 연관의 관계식을 정의한다. 즉 각 반경에 대한 연결점을 4개로 구성하여 각 프로파일의 반경과 각 점의 변경에 따라 드로잉 금형의 설계 변수가 결정되도록 하였다.

2.3 드로잉 금형의 가이드 설계 방법

가이드 형식으로는 비교적 비틀림에 강하고, 가공비가 적게 들고, 공차 정도가 비교적 크면서 대형 금형의 드로잉 및 재성형 공정에 많이 사용되는 센터 힐 박스(center heel box) 타입을 선정하였다. 트랜스퍼(transfer) 생산 방식의 금형은 제품이송 간섭 때문에 대부분 코너 힐 박스 타입을 사용하지만

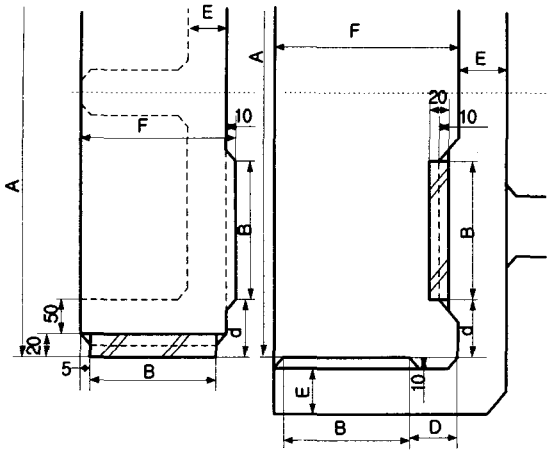


Fig. 5 Relation for guide heel box ($A \geq 300$)

이 설계 지원 시스템에서는 센터 힐 박스 타입을 지정하여 적용하였다. Table 2의 가로축은 금형의 길이(Fig. 7의 L)를, 세로축은 금형의 폭(W)을 나타내며, 금형의 좌우와 상하 크기에 따라 가이드 영역의 크기가 결정되도록 하였다.

Fig. 5은 거리 A가 300이상인 경우의 웨어플레이트 설치구조이고, 보닛 드로잉은 대부분 A가 300 이상이다. Fig. 6은 웨어플레이트 설계 구조의 단면을 표시하고 있다.

Fig. 5에서 A값은 Table 2에 따라 변경되고, F값은 웨어 플레이트의 표준 사이즈에 따라 변경된다. 깊이 또한 웨어 플레이트의 표준 사이즈에 따라 변경된다.

Table 2 Region of guide size choice

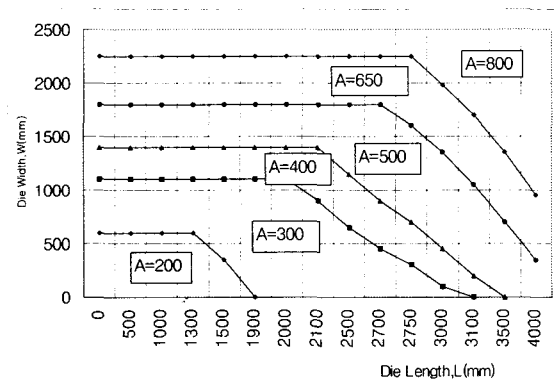


Table 3 Guide dimensions

A	200	300	400	500	650	800
B	100	150	125	150	200	300
C	Standard part decided by G value					
D	50	50	50	50	50	50
d	50	75	40	40	50	40
E	70	70	80	80	90	90
F	100	175	150	175	225	325
G	Cushion stroke					
H	Minimum 60					

Table 4 A and B of Fig. 7

W	A(mm)	B(mm)
Less than 1000mm	250	250
1000 ~ 1500mm	275	275
Over 1500mm	300	300

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. 7에서와 같이 펀치와 블랭크 홀더의 가이드는 서로 대칭이 되도록 하고, 균형을 고려해서 각 면마다 2개씩 8개를 설치하였다. 웨어플레이트는 항상 센터라인과 평행하게 설치하여야 한다.

펀치 사이의 가이드에 대해서는 금형 사이즈와 프로파일이 입력되면, 면적을 계산하여 가이드를 선택하고, 웨어플레이트는 가이드 되어야할 면적의 20~30%가 가이드 되도록 하여, 그 범위 내에 포함되는 표준 부품을 선택하도록 하였다

웨어플레이트 설치에 관한 규칙으로부터 그 길이는

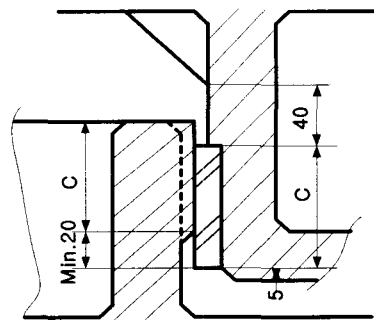


Fig. 6 Section of guide heel box

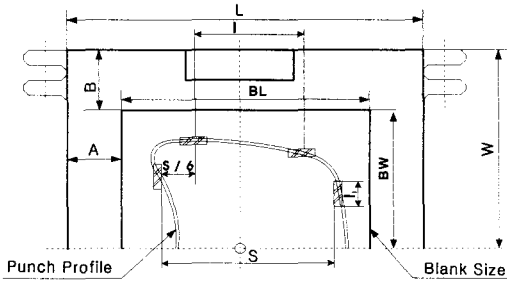


Fig. 7 Die size and wear plate design

다음과 같다.

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

여기서 S는 Fig. 7의 치수이다. 또 웨어 플레이트의 개수 n은

$l_1 n \geq A \alpha$ 가 되도록 하였다. 여기서 α 는 25%이고 A는 안내면적을 의미한다.

2.4 드로잉 금형 크기 결정 방법

Table 4에서는 Fig. 7의 W값에 따라 A, B의 값이 변경되도록 하였다. Table 4의 값들은 국내의 모차동차회사의 보닛 드로잉 금형 중 11종을 분석한 결과로 산출되었다. 차종에 따라 생산라인의 특성상 약간씩 차이는 있으나 표의 범위에 포함되었다. 보닛 금형의 특성상 W가 1500이하인 금형은 거의 없으므로 실제로는 A, B의 값으로 각각 300mm를 적용하였다.

2.5 드로잉 금형 부품 데이터베이스 구축

Fig. 8과 같이 금형 상하형 가이드에 사용되는 웨어플레이트, 블랭크홀더와 하형 사이의 가이드 웨어플레이트, 금형 중량에 따른 행거, 중량에 따른 리테이너 볼트가 데이터베이스화한 후에 라이브러리(library table)를 이용하여 D/B화된 금형 부품들은 블랭크 슈트와 펀치 프로파일이 결정되면 크기에 비례하여 표준 부품들이 자동으로 변경되도록 변수 값들을 관계식으로 정의하여, 부품이 선택이 되면 자동으로 변경이 되도록 하였다.

행거는 금형의 무게에 따라 표준에 해당하는 사이즈의 행거를 선택하도록 하였다. 크레인(crane)에 의한 운반 크레인의 능력과 금형 중량 주로 6톤 이

Instance Name	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12	d13	d14	d15	d16	d17	d18	d19	d20	d21	d22	d23	d24	d25	d26	d27	d28	d29	d30	d31	d32	d33	d34	d35	d36	d37	d38	d39	d40	d41	d42	d43	d44	d45	d46	d47	d48	d49	d50	d51	d52	d53	d54	d55	d56	d57	d58	d59	d60	d61	d62	d63	d64	d65	d66	d67	d68	d69	d70	d71	d72	d73	d74	d75	d76	d77	d78	d79	d80	d81	d82	d83	d84	d85	d86	d87	d88	d89	d90	d91	d92	d93	d94	d95	d96	d97	d98	d99	d100																																																																																																											
WEAR-PLATE	50	100	80	120	180	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	4650	4700	4750	4800	4850	4900	4950	5000	5050	5100	5150	5200	5250	5300	5350	5400	5450	5500	5550	5600	5650	5700	5750	5800	5850	5900	5950	6000	6050	6100	6150	6200	6250	6300	6350	6400	6450	6500	6550	6600	6650	6700	6750	6800	6850	6900	6950	7000	7050	7100	7150	7200	7250	7300	7350	7400	7450	7500	7550	7600	7650	7700	7750	7800	7850	7900	7950	8000	8050	8100	8150	8200	8250	8300	8350	8400	8450	8500	8550	8600	8650	8700	8750	8800	8850	8900	8950	9000	9050	9100	9150	9200	9250	9300	9350	9400	9450	9500	9550	9600	9650	9700	9750	9800	9850	9900	9950	10000

Fig. 8 Library for wear plate

Instance Name	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12	d13	d14	d15	d16	d17	d18	d19	d20	d21	d22	d23	d24	d25	d26	d27	d28	d29	d30	d31	d32	d33	d34	d35	d36	d37	d38	d39	d40	d41	d42	d43	d44	d45	d46	d47	d48	d49	d50	d51	d52	d53	d54	d55	d56	d57	d58	d59	d60	d61	d62	d63	d64	d65	d66	d67	d68	d69	d70	d71	d72	d73	d74	d75	d76	d77	d78	d79	d80	d81	d82	d83	d84	d85	d86	d87	d88	d89	d90	d91	d92	d93	d94	d95	d96	d97	d98	d99	d100																																																																																																											
PIN-HOOK	50	100	80	120	180	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	4650	4700	4750	4800	4850	4900	4950	5000	5050	5100	5150	5200	5250	5300	5350	5400	5450	5500	5550	5600	5650	5700	5750	5800	5850	5900	5950	6000	6050	6100	6150	6200	6250	6300	6350	6400	6450	6500	6550	6600	6650	6700	6750	6800	6850	6900	6950	7000	7050	7100	7150	7200	7250	7300	7350	7400	7450	7500	7550	7600	7650	7700	7750	7800	7850	7900	7950	8000	8050	8100	8150	8200	8250	8300	8350	8400	8450	8500	8550	8600	8650	8700	8750	8800	8850	8900	8950	9000	9050	9100	9150	9200	9250	9300	9350	9400	9450	9500	9550	9600	9650	9700	9750	9800	9850	9900	9950	10000

Fig. 9 Hanger library

Table 5 The hook design variable price follows in weight of the die

Standard	Allowable load	d	D	T	L	A	B	R
40	~ 6 ton	40	43	50	70	150	80	65
50	6 ~ 15 ton	50	53	60	70	150	100	85
60	15 ~ 30 ton	60	63	70	80	150	110	100
70	30 ~ 50 ton	75	78	90	100	200	120	120

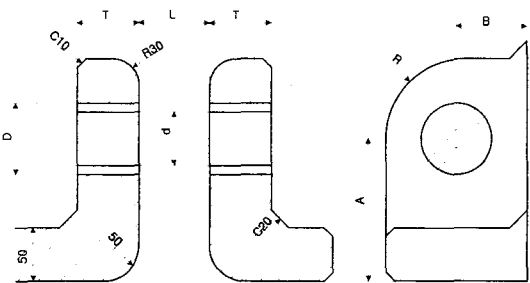


Fig. 10 Hanger hook

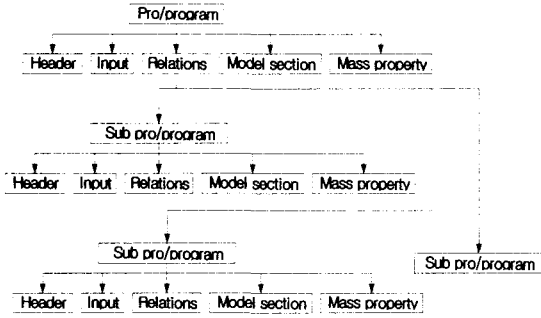


Fig. 11 Composition of Pro/PROGRAM

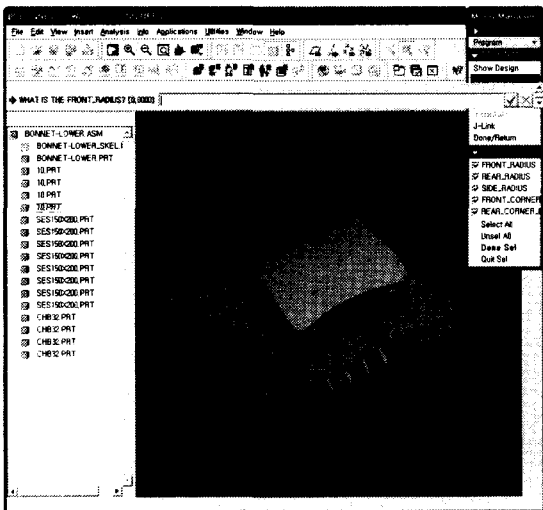


Fig. 12 Input value for punch profile

상의 대형에 사용된다. 보닛 드로잉 금형은 보통 6톤 이상이 되므로 흑 타입의 행거(hanger)를 사용한다. 금형의 무게에 따라 흑의 사이즈가 변경이 되고 변경이 되기 위한 각각의 변수값은 흑의 경의 변경에 따라 자동으로 변경되도록 라이브러리는 구성되어 있다. Fig. 10은 흑을 설계하기 위한 구조에 치수 대신 변수를 나타낸 것이고 Table 5는 금형 무게의 변화에 따라 흑 설계를 위한 각각의 치수 값을 나타내고 있다. Fig. 9은 흑의 라이브러리를 구축한 시스템이며 금형의 무게에 따라 선택되어 상형 조립과 하형 조립에 각각 조립된다.

3. 보닛 금형 설계 지원 시스템의 구성

Pro/program은 한 디자인에 대해 변형 모델을 만드는데 사용되는 유용한 도구이다. Pro/program은

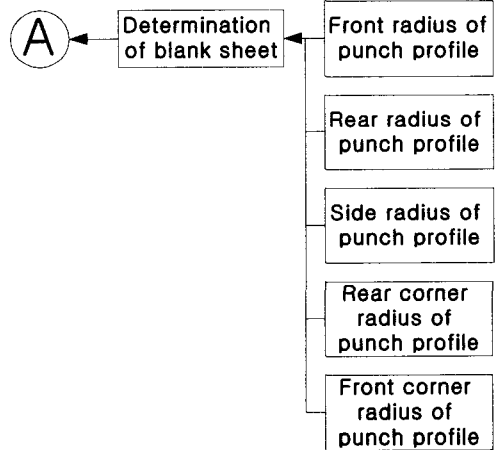
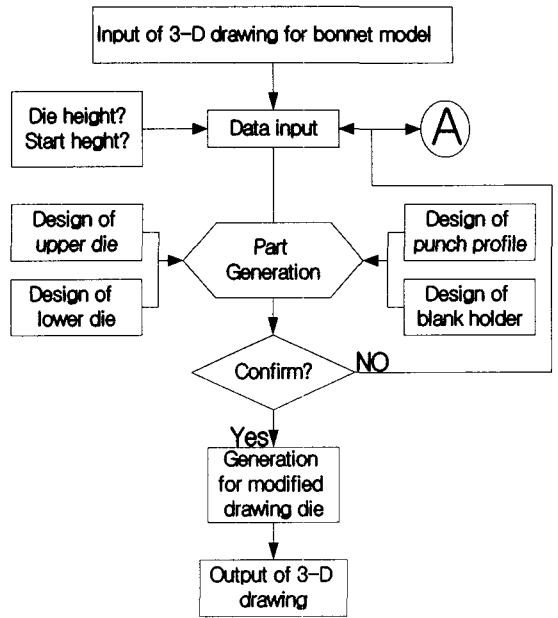


Fig. 13 The flow chart of the die design system for bonnet drawing.

서로 다른 값과 매개변수에 대한 사용자 지정 지시문을 만들어서 재생성과 동시 표현 할 수가 있다. Pro/program은 모델이 만들어지는 동안 전체 어셈블리에 대해 그 안의 모든 파트에 관한 프로그램이 각각 만들어진다. 이 프로그램은 프로엔지니어가 재생성 할 때마다 취하게 되는 동작의 스크립트이다. Pro/program은 5가지의 섹션으로 구성되어 있다 (Fig. 11). 곡면으로 모델링한 3D 다이 페이스, 펀치 프로파일과 금형의 높이 1000mm를 기본 값으로 하

였고 가장 많이 사용되는 큐션 스트로크를 고려하여 금형의 중심점에서 금형의 하형 바닥 면까지 거리는 금형높이의 3/5에 해당하는 600mm로 하였고, 상형 바닥 면까지는 400mm로 하였다. 이 때 각각 기준면을 설정하여 솔리드 모델로부터 곡면모델로 돌출(protrusion) 시켰고, 그 다음에 슬롯(slot)으로 파내는 방법을 사용하였다.

Fig. 13은 펀치 프로파일 반경 값과 다이 페이스 반경 값, 그리고 기타 정보가 입력되었을 때, 금형이 설계되는 시스템의 순서를 나타내고 있고, 보닛 금형이 정의된 후에 관련 값, 그리고 기타 정보가 입력되었을 때, 금형이 설계되는 시스템의 순서를 나타내고 있고, 보닛 금형이 정의된 후에 관련 값의 변경에 따라 설계 변경되는 과정을 나타내고 있다. 여기서 A는 펀치프로파일을 구성하고 있는 5개의 반경 값을 입력받아 펀치 프로파일을 구성하도록 하고, 그 입력은 Fig. 12과 같이 펀치 프로파일을 선택하여 그 값을 입력한다. Fig. 14에 나타낸 블랭크 사이즈 BL, BW 를 입력하면, 금형 사이즈 L, W가 변경되도록 하였고, 금형 크기가 결정되면 Table 2에 따라 금형 가이드 길이가 결정된다.

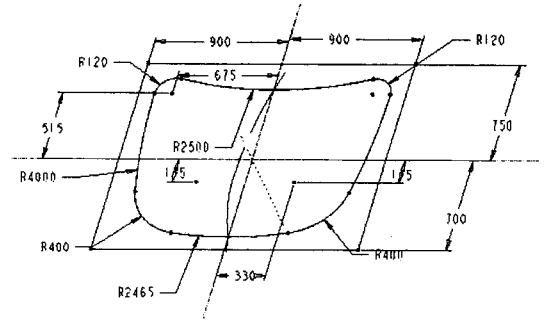


Fig. 14 Main curve for punch profile and die face of bonnet

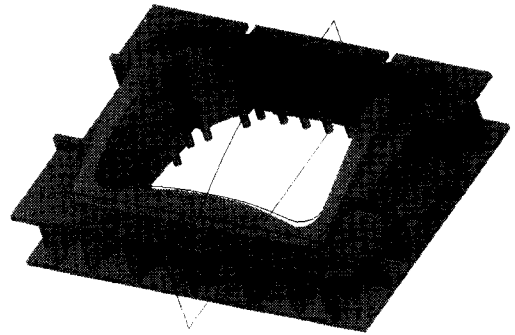


Fig. 15 Blank holder

3.1 Punch profile설계 시스템

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. 14는 Table 6의 기준 값으로 설계된 펀치 프로파일과 다이 페이스 값을 나타내고 있다. 모델링 된 레이아웃 도에서 값을 읽어 들여 입력되고, 그 구성은 Table 6과 같이 5개의 기준 반경으로 구성되어 있다.

Table 6 Default value of punch profile

Front radius	2465
Side radius	4000
Rear radius	2500
Front corner radius	400
Rear corner radius	120

3.2 Blank holder die face 설계 시스템

입력되는 블랭크 슈트 크기 값에 따라 변경되어 블랭크 홀더의 사이즈를 결정하게 되며 또한 블랭

크 홀더와 상형간의 가이드 영역 및 가이드 방식에 따라 사이즈가 변경이 된다. Fig. 15와 같이 대부분의 드로잉 금형은 블랭크 사이즈에 따라 금형 사이즈가 결정이 되나 반드시 그렇다고는 할 수 없다. 그리고 프레스의 사양과 블랭크 슈트 사이즈에 따라 쿠션 핀의 배치가 달라진다.

Fig. 16은 상형의 금형을 나타내고 있으며, 재료와 재료 사이는 보강하는 면으로 모따기와 라운딩을 하는데 프로그램이 너무 길어지고 작동 시간이 너무 길어 생략하였다. 또한 좌우 측면의 보강 리브와 앞부분의 코어는 관계식으로 처리하였다.

Fig. 17은 하형의 금형을 나타내고 있으며, 블랭크 홀더와 조립되어 있다. 현재는 쿠션 행정만큼 블랭크 홀더가 이동되어 있는 상태를 나타내고 있다. 좌우 외곽 측면은 관계식 Pro/program이 적용된 상태이고, 블랭크 홀더의 리브, 코어 역시 관계식 Pro/program을 적용하였다. Fig. 18는 보닛 금형

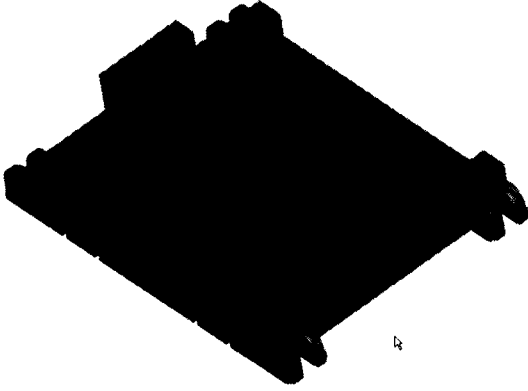


Fig. 16 Upper die

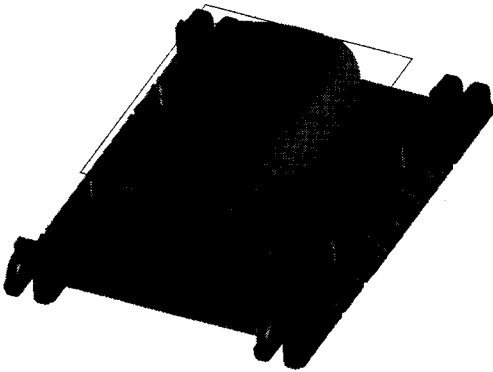


Fig. 17 Lower die

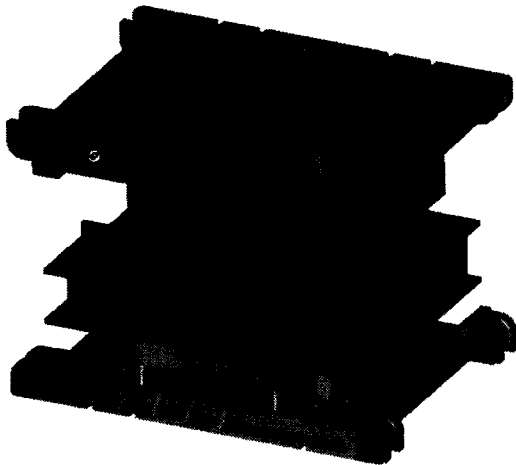


Fig. 18 Assembled drawing die

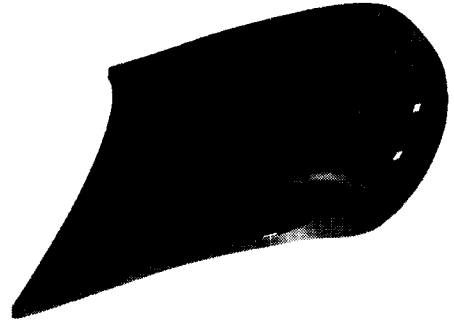


Fig. 19 Punch of new bonnet model

이 조립된 상태로 프레스 최대 상사점에 위치하고 있는 것을 나타내고 있다. 이 때 작동 상태를 체크하여 간섭되는 부분을 알 수 있다. 2D 설계에서는 리브, 행거, 클램프 등의 안전에 대한 설계의 시각과, 중량 계산의 곤란 때문에 과도하게 적용되었으나, 3D 설계 시에는 재질의 물성치를 이용하여 정확한 중량과, 면적을 얻어 적용할 수 있다.

Table 7 Input values for the different bonnet.

Front radius	3350
Side radius	4000
Rear radius	1750
Front corner radius	500
Rear corner radius	80
Expected blank size	1810×1715

3.4 타 차종 보닛 설계 적용 예

국내의 또 다른 자동차 회사의 중형 자동차 보닛을 레이아웃과 와이어 프레임 데이터를 입수하여 본 연구에서 구축한 시스템에 적용하여 보았다¹⁵. 입력 값은 Table 7과 같고, 예상되는 블랭크 사이즈는 1810×1715이다. 입력값이 입력이 되면 Fig. 20에서와 같이 주 곡선의 변화가 일어나고, 이 변화는 펀치(Fig. 19)와 다이 페이스(Fig. 21)의 제품형상을 제외한 모델링의 변화가 발생한다. 그런 다음 시스템의 구속 조건에 따른 솔리드 상태의 하형의 변화가 생긴다. 이것은 다시 블랭크 홀더의 형상에 변화를 주어 조건에 맞게 변화가 일어나고 전체 조립형상에 변화를 주어 완성 된다. 제품 데이터는 모델링 후 펀치와 다이페이스 위에 올려놓은 상태이고 상형은 블랭크 홀더와 펀치가 분리되지 않은 상태에서 소재 두께만큼 읍셋 된 상태에서 형상의 변

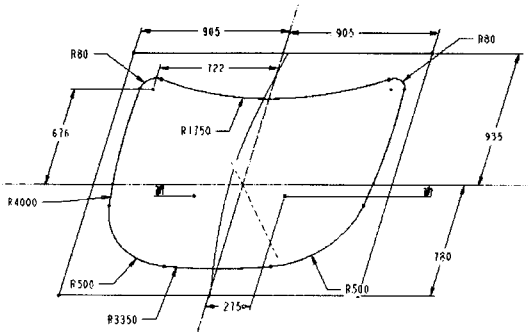


Fig. 20 Main curve of new bonnet model

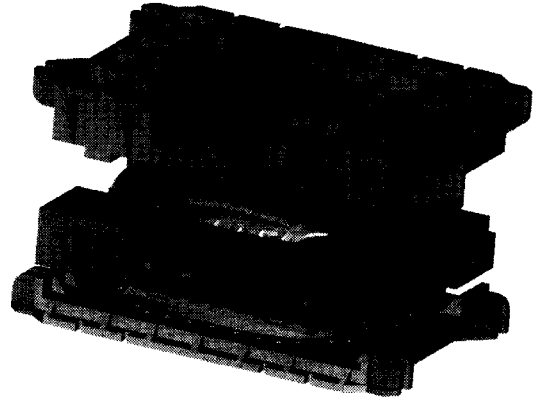


Fig. 23 Assembled drawing die of new model

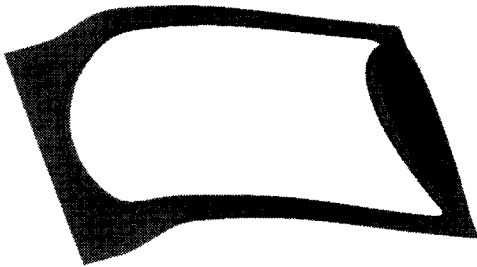


Fig. 21 Dieface of new bonnet model

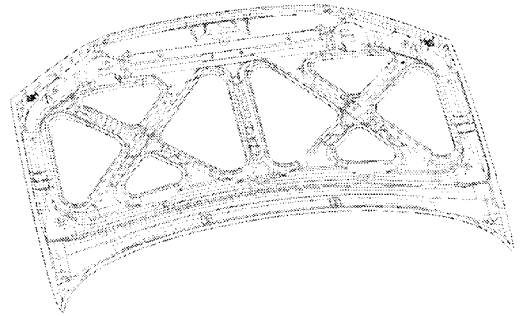


Fig. 24 Bonnet inner panel

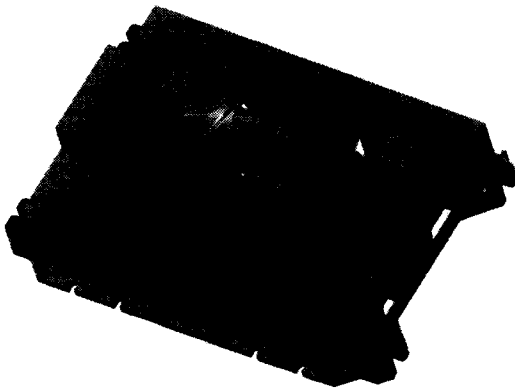


Fig. 22 Upper die of new bonnet model

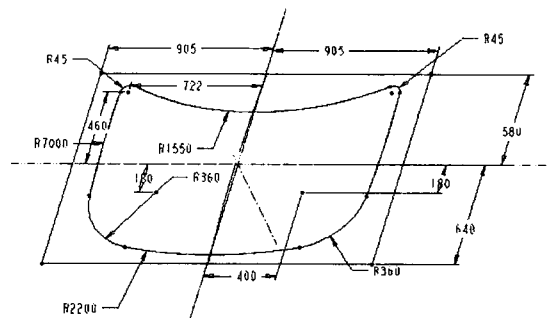


Fig. 25 Main curve of the inner panel

화가 일어난다. Fig. 22은 상형의 조립된 상태이다. Fig. 23은 전체 조립된 상태이다.

소형 차종의 보닛 내 패널(Fig. 24)에 대해서 적용을 하여 보았다¹⁶. 작은 패널이지만 내 패널의 특성상 모델링 데이터가 많이 커서 시스템에 적용하는데 문제가 있었다. 실제 적용은 내 패널의 형상 부분을 삭제하여 평탄하게 다시 모델링을 하여 데이터 크기를 줄여 적용하였다. Fig. 25는 레이아웃

에서 추출한 펀치 프로파일과 블랭크 사이즈 등의 주곡선 값을 입력하여 변형된 모양이고, Table 8은 입력된 값들이다. Fig. 24는 내 패널의 펀치의 모델링 된 형상이고, Fig. 26은 다이페이스가 입력 값에 따라 변경되어 모델링 된 형상이다. Fig. 27은 체조립된 상태이다. 보닛 내 패널을 시스템에 적용하면서 2D 레이아웃 상의 펀치 프로파일은 시스템에

Table 8 Input values of the bonnet inner panel

Front radius	2200
Side radius	7000
Rear radius	1550
Front corner radius	360
Rear corner radius	45
Expected blank size	1540×1220

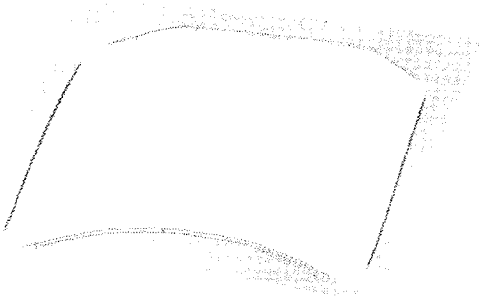


Fig. 26 Die face for the inner panel

적합하도록 프로파일을 변경하여 적용하였다. 내 패널의 측면과 정면의 프로파일은 직선으로 구성되었으나 Table 8과 같이 측면은 7000R, 그리고 정면은 2200R로 변경하여 적용하였다.

3.5 시스템 적용 금형 설계의 문제점

Fig. 29는 2D CAD 소프트웨어를 이용하여 보닛 드로잉 금형설계를 완성한 도면이고 Fig. 30은 3D 설계 도면이다. 검토 시간을 포함하여 레이아웃 설계는 약 15일 드로잉 금형 설계는 약 7일이 소요되었다. 설계자의 기준은 2D CAD에 의한 금형 설



Fig. 27 Assembled inner panel drawing die

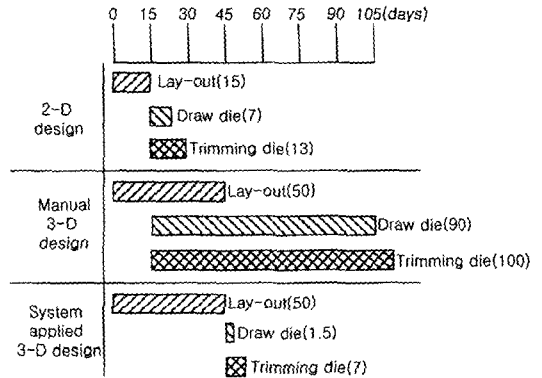


Fig. 28 Comparison of required design hour

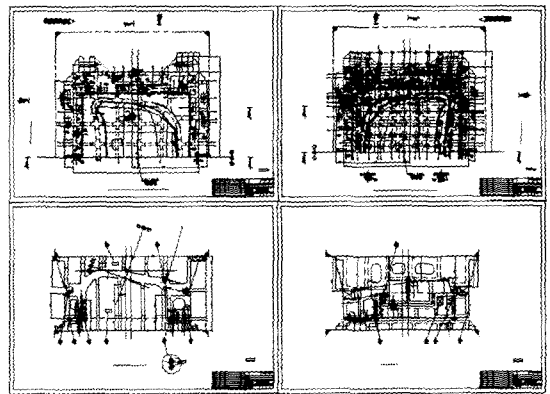


Fig. 29 2-D draft by the existing method

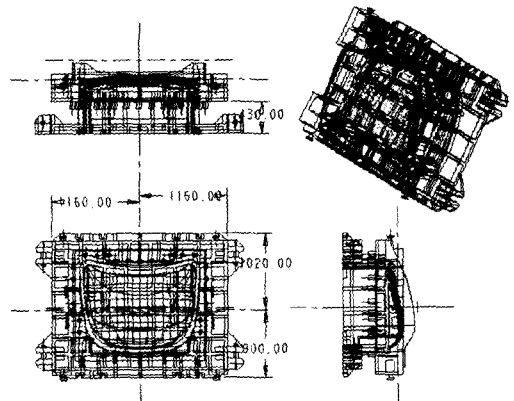


Fig. 30 2-D draft by the Pro/ENGINEER

계 경력이 6년인 사람을 기준으로 하였다. 그러나 완성된 2D 금형설계는 수정이 한번도 없다는 것을 가정하여 산출한 시간이다. 3D 설계에는 2D CAD

에 의한 금형 설계 경력이 8년이고, 프로엔지니어에 의한 금형 설계 경력이 4년인 설계자를 기준으로 하였다. 3D 레이아웃 설계는 2D 레이아웃 설계도를 근거로 모델링을 하였으며, 제품 형상보다는 제품과 연결되는 프로파일과 파이페이스에 대한 면과 면사이 연결과정의 모델링 시간이 약 50일 소비가 되었다. 3D 직접 드로잉 금형 설계는 직접 하나하나 부품을 직접 설계하고 그런 다음 전체 조립하는 상향식(bottom-up) 설계 방식으로 설계하였다. 그러나 본 연구에서 개발된 표준화된 3D 보닛 자동설계 지원 시스템을 이용하여 3D 설계를 하며 보닛 드로잉 금형은 약 1.5일에 설계가 되었다. 그러나 제품의 수정이나 금형의 수정사항이 발생하였을 때는 2D 설계 보다 더 많은 시간이 절약될 것이다(Fig. 28).

4 결론

본 연구에서는 프로엔지니어에 내장되어 있는 Pro/Program을 이용하여 자동차 보닛의 드로잉 금형의 구조에 대하여 펀치 프로파일, 다이 페이스, 블랭크 사이즈 등으로 나누어 관계를 정의하여 자동차의 보닛 금형에 대한 자동 설계 지원 시스템을 개발하였고, 이를 실제 설계에 적용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 자동 설계 지원 시스템을 적용하기 위하여 보닛의 드로잉 금형 설계 과정을 정식화한 시스템을 개발하였고, 드로잉 금형의 3D 설계 규칙 및 순서를 정립하였다.
2. 펀치 프로파일과 다이 페이스의 반경 값, 그리고 예상 블랭크 사이즈를 입력하면, 드로잉 표준 금형의 편집 및 수정으로 3D 드로잉 금형의 설계가 이루어지는데 기존의 2D CAD를 이용한 설계 시간 보다 78% 단축이 가능하였다.
3. 타 차종의 외(外)패널 보닛과 내(內) 패널 보닛을 드로잉 금형 자동 설계 지원 시스템에 적용하였고, 타 차종에 적용한 결과, 빠르고 정확하게 금형 설계가 가능하였다.

참고문헌

1. Keeler, S.P., "Sheet metal stamping technology need for fundamental understanding in D.P. Koistinen(ed)," Mechanics of Sheet Metal Forming, Plenum New York, pp.3-18, 1977.

2. "Pro/Engineer Training Guide for Release20," Parametric Technology Corporation, 1998.
3. 정효상, 이성수, "Front Fender LH/RH 일체 금형 설계 및 제작에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제16권 제12호, pp.24-30, 1999.
4. 현대자동차 생산기술센터, "3D 금형 설계를 통한 Digital Mock-Up 구현," 2nd PTC User Conference, 1999.
5. Mantripragada, R., Kinzel, G., Altan, T., "A computer aided engineering system for feature based design of box-type sheet metal parts," Journal of Material Processing Technology, Vol. 57, pp.241-248, 1996.
6. Kim, H.K., Altan, T., "Computer-aid part processing-sequence design in cold forging," Journal of Material Processing Technology, Vol.33, pp.57-74, 1992.
7. Schubert, P.B., "Die Methods book Two," Industrial press INC., New York, pp.146-164, 1967.
8. 정효상, 이성수, "3D Lay-Out를 이용한 보닛 드로잉 금형 설계 지원 시스템," 한국공작기계학회 춘계학술대회, 2001.
9. 정효상, 이성수, "3D CAD/CAM을 이용한 보닛 금형 설계," 한국CAD/CAM학회 학술 발표회, 2000.
10. 정효상, 이성수, "자동차용 리어프레임의 3차원 금형설계에 관한 연구," 한국공작기계학회 추계 학술대회, 2000.
11. 정효상, 이성수, "관계식을 이용한 본넷 금형 설계 지원 시스템," 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제7권 제4호, 2002.
12. 정효상, 이성수, "자동차 프레스 금형 자동설계 지원 시스템," 한국정밀공학회지, 제19권 제 8호, 2002.
13. 기아모텍 금형 설계 표준, 1993.
14. 기아 자동차, "금형 설계 표준," 프레스 생산기술부, 1995.
- 15.A-Project Bonnet Outer , KIA, 1995.
- 16.B-Project Bonnet Outer , KIA, 1997.