

디프 드로잉 트랜스퍼 금형의 설계 및 제작에 있어서 전문가 시스템

박 상 봉*

An Expert System for the Design and Manufacturing of the Deep Drawing Transfer Die

Sang Bong Park*

ABSTRACT

The CAD/CAM System for deep drawing transfer die in mechanical press process has been developed. The developed CAD system can generate the drawing of transfer die in mechanical press. Using these results from CAD system, it can generate the NC data to machine die's elements on the CAD system. This system can reduce design man-hours and human errors. In order to construct the system, it is used to automate the design process and generate the NC data using concepts of the designing rule and the machining rule. The developed system is based on the knowledge base system which is involved a lot of expert's technology in the practice field. Using AutoLISP language under the AutoCAD system, CTK customer language of SmartCAM is used as the overall CAD/CAM environment. Results of this system will be provide effective aids to the designer and manufacturer in this field.

Key words : Transfer die, Deep drawing, Rule base, Expert's technology, Knowledge base

1. 서 론

디프 드로잉 트랜스퍼 금형과 같이 설계 경험의 존적이며, 여러 가지 공정변수를 설계시 고려해야 하는 어려움이 많은 금형설계 및 제작의 경우, CAD/CAM 기술의 응용으로 설계규칙을 정식화하고, 설계자료를 데이터 베이스화하는 전문가 시스템 개발 및 활용을 통한 자동화가 요구된다. 또한, 디프 드로잉 공정의 고능률화를 위하여 원가절감 및 생산성 향상이 고려되고 트랜스퍼형 금형 개발은 이를 위한 적절한 대안이다. 이에 따라 요구되는 기술은 금형의 특성을 고려한 프레스 기계의 구조, 이송장치의 정밀도 등을 고려해야하며 금형설계의 복잡성과 제작의 번거로움을 최대한 해결할 수 있는 설계 및 가공의 자동화 기술개발이 요구된다. 디프 드로잉 공정설계에 관한 연구는 1983년 H. Gloeckl^[1] 등이 불규

칙한 디프 드로잉 부품에서의 블랭크의 최적형상을 예측하는 시스템을 개발하면서부터 최근까지 활발한 연구가 진행되어 왔다. 컴퓨터를 이용한 디프 드로잉 금형설계는 1988년 J.C. Choi^[2]의 디프 드로잉 공정 및 금형설계의 전산화에 관한 연구가 있으며, 설계된 공정에 대한 단동형 프레스에서 드로잉 금형의 설계규칙을 정식화하였고 자동화된 금형설계를 수행하여 금형의 총조립도 및 부품도가 시스템을 통하여 출력된다. 1996년 Park^[3] 등은 축대칭 디프 드로잉 공정의 CAD/CAM 시스템을 발표한 바 있다. 디프 드로잉의 금형은 프레스의 특성에 따라 설계의 방법이 결정된다. 따라서 사용하고자 하는 프레스의 사양을 충분히 반영하여 설계를 하여야 제품의 정밀도 향상은 물론 금형의 오랜 수명을 유지할 수가 있다. 최근에는 디프 드로잉 제품을 생산하는 방식이 종전의 단동형 생산방식을 탈피하여 연동형인 트랜스퍼 방식으로 바뀌어 가고 있다. 이는 인건비 상승에 따른 제품의 원가 부담을 줄이고, 제품의 생산중에 발

*중신회원, 동의공업대학 금형설계과

생활 수 있는 공정누락을 미연에 방지하는 이점이 있기 때문이다. 또한 제품의 공정간의 이동에 의한 시간 낭비를 줄이고, 품목 교체의 합리화도 그 이유 중의 하나가 된다. 이제까지 유압 프레스에서의 트랜스퍼 금형은 실제 디프 드로잉 공정에 적용되어 왔고, 많은 기술의 발전을 가져왔다. 유압식 프레스에 비해 기계식 프레스는 분당 스트로크(SPM)가 높아 생산성 측면에는 이점이 있으나 램(ram)의 위치에 따른 드로잉 하중의 급격한 변화로 인하여 드로잉성이 현저히 떨어지는 단점을 가지고 있다. 이에 대하여 기계식 프레스에서 드로잉성을 향상하여 생산성을 높이는 방안이 새로운 연구의 과제로 대두된다.

본 연구에서는 기계식 프레스에서의 자동차 부품용 중·대형 디프 드로잉 제품을 가공하는 트랜스퍼 금형을 연구 대상으로 하여 금형을 제작하기 위한 모든 정보, 예를 들어, 금형의 총조립도, 부품도, 상세도, 파트 리스트 그리고 NC 데이터를 자동으로 생성하는 CAD/CAM 시스템을 개발을 연구 목표로 하며, 시스템 개발을 위하여 AutoCAD 환경하에서 AutoLISP 프로그래밍 언어와 SmartCAM 환경하에서 CTK(Customer Tool Kit)프로그래밍 언어를 사용하여 설계규칙 정립과 현장의 데이터 베이스 표준화를 선행 실시하고, 설계규칙 및 가공규칙 등의 지식 베이스에 의한 전문가 시스템으로 구축하였다.

개발된 시스템은 디프 드로잉 금형설계 및 가공의 자동화를 실현함으로써 생산성 향상 및 원가절감은 물론, 제품개발에 신속한 대응으로 대외 경쟁력 강화가 기대된다.

2. 시스템의 구성 및 설계규칙 베이스

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 8개의 주요 모듈 그리고 이러한 각 모듈을 지원하기 위한 가공소재 및 금형소재, 금형요소 표준품 등에 대한 데이터 베이스와 설계 및 가공에 대한 지식 베이스로 구성된 시스템을 완성하였다. 각각의 주요 모듈을 설명하면 다음과 같다.

2.1 형상 인식 모듈(shape recognition module)

형상 인식 모듈(shape recognition module)에서는 공정설계의 결과에 대한 형상을 컴퓨터에서 계산이 가능한 형식으로 읽어 들인다.

2.2 주변수 계산 모듈 (main parameter calculation module)

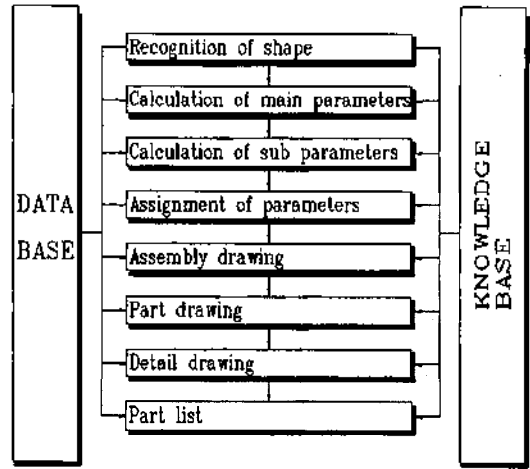


Fig. 1. Block diagram of CAD system.

주변수 계산 모듈 (main parameter calculation module)에서는 금형의 펀치의 외경과 길이 등 금형의 주요 형상과 크기를 결정하는 변수를 형상인식 모듈의 데이터를 분석하여 계산한다.

2.3 부변수 계산 모듈 (sub parameter calculation module)

부변수 계산 모듈 (sub parameter calculation module)에서는 금형 각 부품의 상세 형상과 치수를 결정하는 변수에 대한 계산을 수행한다.

2.4 변수할당 모듈 (parameter assignment module)

변수할당 모듈 (parameter assignment module)은 주변수 및 부변수 모듈에서 계산되어진 변수를 드로잉 모듈(drawing module)로 할당한다.

2.5 총조립도 모듈(assembly drawing module)

총조립도 모듈(assembly drawing module)은 트랜스퍼 금형의 총조립도를 생성한다.

2.6 부품도 모듈(part drawing module)

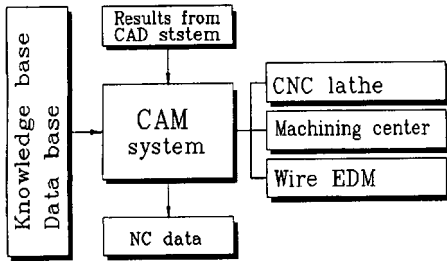
부품도 모듈(part drawing module)은 금형의 부품도를 생성한다.

2.7 상세도 모듈(detail drawing module)

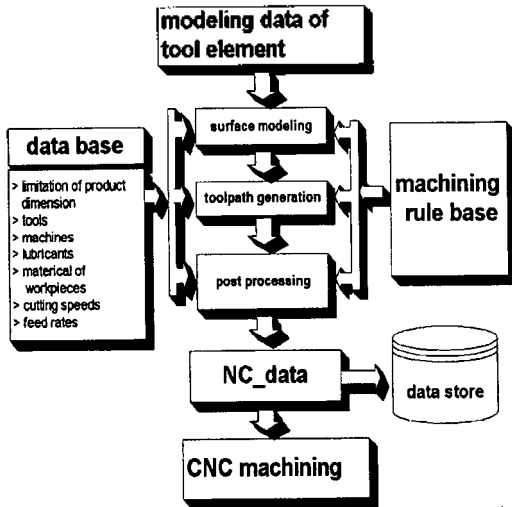
상세도 모듈(detail drawing module)은 금형의 상세도를 생성한다.

2.8 파트 리스트 모듈 (part list module)

파트 리스트 모듈 (part list module)은 금형 부품에



(a) Schematic diagram of CAM system



(b) Relation between rule base and data base

Fig. 2. The structure of CAM system.

대한 구매사양, 가공후 처리 등에 대한 제반 정보를 출력한다.

이상의 구성 모듈은 금형 부품의 표준화 데이터 베이스의 자원을 받아 부품의 설계시 판단의 자료로 활용하거나 결정을 하며, 전체적인 모듈은 지식 베이스(knowledge base)에 의하여 각 모듈간의 유기적인 판단 및 결정이 수행된다. Fig. 2(a)에는 가공 시스템에 대한 개략적인 구성도를 보인다.

CAM시스템은 CAD시스템의 결과를 입력받아 모델링에서부터 머시닝 센터, CNC 선반 그리고 Wire EDM 등의 CNC 공작기계에서 금형부품을 가공하기 위한 가공 데이터를 자동으로 생성한다. CAM시스템은 금형재료, 공구, 가공방법 등을 포함한 데이터 베이스와 지식 베이스에 의한 가공규칙에 따라 모델링, 공구경로 계산 그리고 NC 데이터 생성을 수행한다. Fig. 2(b)에 설계 규칙과 데이터 베이스의 정보를 이용하여 가공 데이터가 생성되는 과정을 상세히 보인다.

3. 시스템 적용 및 결과

본 연구에서 개발된 시스템에 대한 적용을 통하여 금형설계의 적정성 여부와 향후 현업의 적용성 여부를 검토하기로 한다. 본 시스템의 입력으로는 ESM MOTOR FRAME과 PHASE 제품의 공정도로 한다. 두 가지 디프 드로잉 제품에 대한 공정설계 데이터를 입력으로 하여 시스템을 적용하고, 결과의 타당성을 검토하여 본 연구에서 개발된 시스템의 현업 적용 가능 여부를 검토한다. 입력으로 사용한 공정도는 Fig. 3과 Fig. 4에 보인다. Fig. 3의 그림은 본 시스템의 입력용으로 사용된 ESM 디프 드로잉 제품 공정도이며, 축대칭 디프 드로잉 제품의 공정으로 블랭킹(blanking), 리스트라이킹(restriking), 그리고 트리밍(trimming) 공정을 제외한 8개의 드로잉(drawing) 공정으로 구성되어 있다.

Fig. 4의 그림은 PHASE 디프 드로잉 제품에 대한 공정도이다. Fig. 3과 Fig. 4의 디프 드로잉 공정도를 CAD상에서 읽어 계산 및 판단이 용이한 형태로 하기 위하여 Table 1의 형상 리스트의 개념¹⁾을 사용하였다. 형상 리스트의 개념에 따라 정렬된 공정 설계도의 형상인식 데이터를 Fig. 5와 Fig. 6에 보인다.

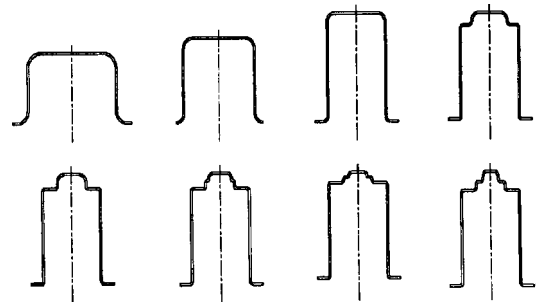


Fig. 3. Process drawing of ESM product for input.

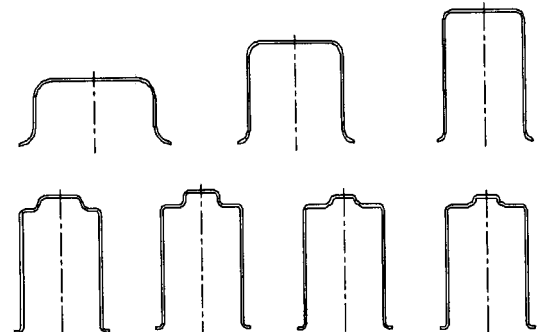


Fig. 4. Process drawing of PHASE product for input.

((blank HI 2.0 164.23 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((bottom HI 2.0 38.7 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 2.0 78.7 78.7 30.0803 0.0 20.0)) ((flange HI 2.0 104.122 104.122 0.0 0.0 10.56)) ((bottom HI 2.0 38.7 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 2.0 64.506 64.506 62.5729 0.0 12.903)) ((flange HI 2.0 87.0 80.566 0.0 0.0 7.03)) ((bottom HI 2.0 38.7 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 15)) ((wall3 V1 2.0 56.7 56.7 77.5 0.0 1.0)) ((flange HI 2.0 85.0 63.7 0.0 0.0 3.5)) ((bottom HI 2.0 19.1077 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 2.0 29.5998 29.5998 2.32351 0.0 5.42692)) ((wall2 HI 2.0 54.7 37.4029 0.0 0.0 3.72157)) ((wall3 V1 2.0 56.7 56.7 77.5 0.0 1.0)) ((flange HI 2.0 85.0 63.7 0.0 0.0 3.5)) ((bottom HI 2.0 14.5882 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 2.0 20.8308 20.8308 1.04643 0.0 3.1363)) ((wall2 HI 2.0 25.0 24.9034 0.0 0.0 2.0363)) ((wall3 V1 2.0 27.0 27.0 2.5 0.0 1.0)) ((wall4 HI 2.0 54.7 34.0 0.0 0.0 3.5)) ((wall5 V1 2.0 56.7 56.7 77.5 0.0 1.0)) ((flange HI 2.0 85.0 63.7 0.0 0.0 3.5)) ((bottom HI 2.0 10.0327 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall T1 2.0 14.4315 10.9986 6.40587 0.0 0.5)) ((wall2 HI 2.0 25.0 20.227 0.0 0.0 3.0)) ((wall3 V1 2.0 27.0 27.0 2.5 0.0 1.0)) ((wall4 HI 2.0 54.7 34.0 0.0 0.0 3.5)) ((wall5 V1 2.0 56.7 56.7 77.5 0.0 1.0)) ((flange HI 2.0 85.0 63.7 0.0 0.0 3.5))





Fig. 5. Configuration list of ESM process

((blank HI 1.6 128.0 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((bottom HI 1.6 53.7 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 1.6 71.7 71.7 13.2 0.0 9.0)) ((flange HI 1.6 92.9 92.9 0.0 0.0 10.0)) ((bottom HI 1.6 44.6 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 1.6 56.6 56.6 49.5 0.0 6.0)) ((flange HI 1.6 71.8 71.8 0.0 0.0 7.6)) ((bottom HI 1.6 39.3 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 1.6 47.3 47.3 60.8 0.0 4.0)) ((flange HI 1.6 58.5 58.5 0.0 0.0 5.6)) ((bottom HI 1.6 19.0 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 1.6 24.9979 24.9979 0.0 0.0 3.0)) ((wall2 HI 1.6 44.3 34.1947 0.0 0.0 4.6)) ((wall3 V1 1.6 47.3 47.3 61.4 0.0 1.5)) ((flange HI 1.6 58.5 53.5 0.0 0.0 3.1)) ((bottom HI 1.6 15.2 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 1.6 19.2 19.2 2.2 0.0 2.0)) ((wall2 HI 1.6 44.3 26.4 0.0 0.0 3.6)) ((wall3 V1 1.6 47.3 47.3 61.4 0.0 1.5)) ((flange HI 1.6 59.5 53.5 0.0 0.0 3.1)) ((bottom HI 1.6 9.9887 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 1.6 12.9887 12.9887 0.0 0.0 1.5)) ((wall2 HI 1.6 19.1887 19.1887 0.0 0.0 3.1)) ((wall3 V1 1.6 20.1887 20.1887 0.0 0.0 0.5)) ((wall4 HI 1.6 44.3 24.3887 0.0 0.0 2.1)) ((wall5 V1 1.6 47.3 47.3 61.4 0.0 1.5)) ((flange HI 1.6 58.5 53.5 0.0 0.0 3.1)) ((bottom HI 1.6 12.0 0.0 0.0 0.0 0.0)) ((wall V1 1.6 13.0 13.0 1.4 0.0 0.5)) ((wall2 HI 1.6 18.8609 17.2 0.0 0.0 2.1)) ((wall3 V1 1.6 19.8609 19.8609 0.0 0.0 0.5)) ((wall4 HI 1.6 44.3 24.0609 0.0 0.0 2.1)) ((wall5 V1 1.6 47.3 47.3 61.4 0.0 1.5)) ((flange HI 1.6 58.5 53.5 0.0 0.0 3.1))

Fig. 6. Configuration list of PHASE process.

Fig. 5에는 ESM 디프 드로잉 제품의 공정 데이터를, Fig. 6에는 PHASE 디프 드로잉 제품의 공정 데이터를 각각 나타내었다. 계산된 ESM과 PHASE의 형상 리스트는 Fig. 3과 Fig. 4의 공정도를 전자계산기 내에서 계산 및 인식이 가능한 형태로 구성되었음을 알 수 있다. 각 디프 드로잉 제품의 전체 8 공정과 7 공정에 대한 CAD 상의 형상과 치수가 Table 1의 형상 리스트의 개념에 따라 변환 되었다. 변환된 형상 리스트는 설계규칙에 따라 지식 베이스에 의해 계산 및 판단이 용이한 형태임을 알 수 있다. Fig.

Table 1. The concept of configuration list

Entity Geometry	Conventional Name	Entity Type	Entity Geometry	Conventional Name	Entity Type
—	horizontal	h1		convex	x1
	vertical	v1		convex reduced	x2
/	lapered	l1		concave	c1
\	tapered reduced	t2		concave reduced	c2

(name shape, T, DO, DI, h, RL, RS
 name: Entity name
 shape: Entity type
 T: Thickness
 DO: Outer diameter of entity
 DI: Inner diameter if entity
 H: Height of entity
 RL: Not used
 RS: Radius of entity

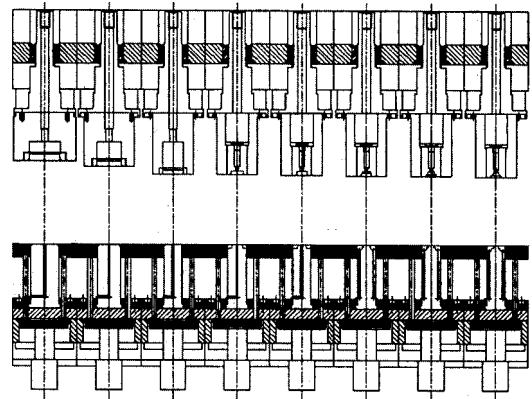


Fig. 7. Generated total assembly drawing for ESM product.

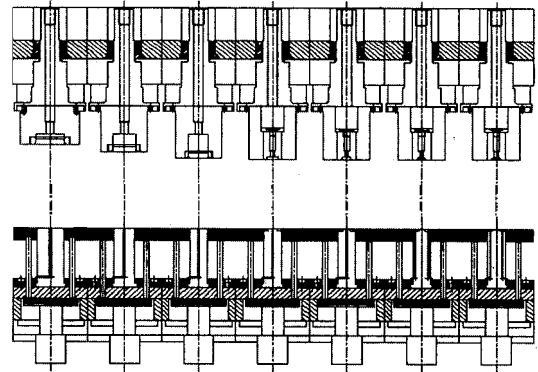


Fig. 8. Generated total assembly drawing for PHASE product.

7과 Fig. 8에 각 입력 공정도에 대한 자동 생성된 트랜스퍼 금형의 총조립도를 보인다. Fig. 7은 ESM 디프 드로잉 제품에 대한 트랜스퍼 금형의 총조립도이다. Fig. 8은 PHASE 디프 드로잉 제품에 대한 트랜스퍼 금형의 총조립도이다. 전체 공정에 대한 트랜스퍼형 금형의 총조립도를 검토한 결과, 좌측에 제 1 공정인 초드로잉 공정이 위치하고, 순차적으로 이송되어 최우측에 최종 드로잉으로 완제품의 형상과 동일한 펀치와 다이로 구성된 공정이 위치되어 있다. 하부에는 개스 스프링에 의한 다이쿠션 장치에 의하여 각 공정에서 제품이 다이쿠션 패드에 의하여 펀치로부터 이탈되어 다음의 공정으로 이송되도록 되어 있다. 각 공정의 펀치는 설계규칙에 의한 공기배기 구멍(air ventilation hole)이 설치되어 제품이 펀치에서 이탈할 때, 공기유입이 원활히 되도록 설계되었다. 각 공정의 펀치와 다이쿠션핀은 펀치홀더 플레이트에 의한 안정된 구조로 설계되었다. 1, 2, 3 공

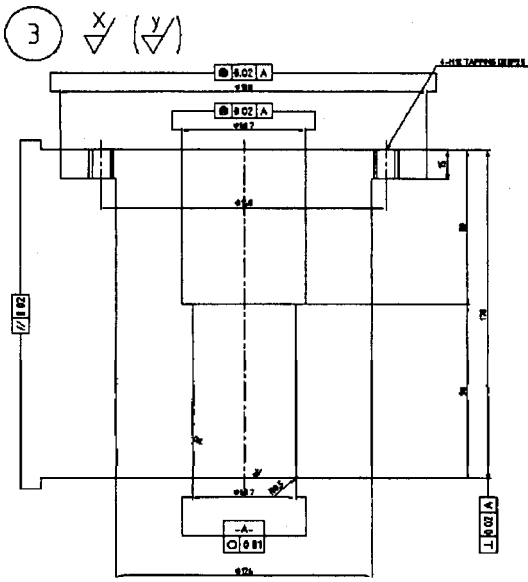


Fig. 11. Generated part drawing of die holder for PHASE product at the 7th station.

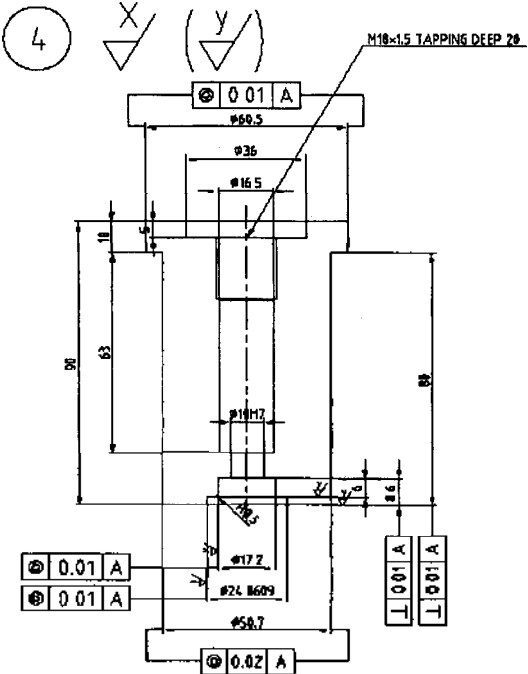


Fig. 12. Generated part drawing of die for PHASE product at the 7th station.

데이터가 생성되었다. Fig. 15와 Fig. 16에서는 펀치 홀더를 머시닝 센터에서 가공하고자 하는 NC 데이터의 생성을 보여준다. Fig. 15는 펀치 홀더를 머시

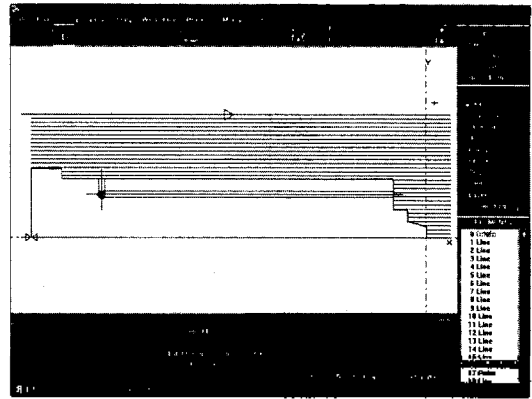


Fig. 13. Tool path generation of punch for ESM product.

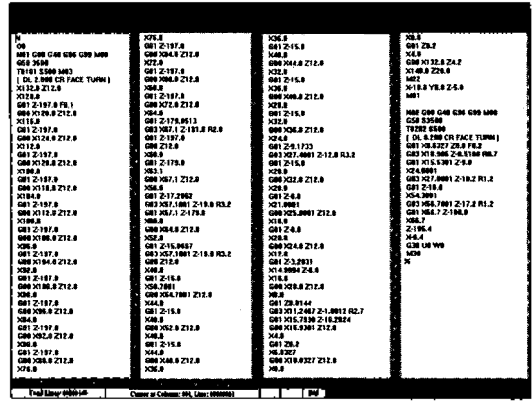


Fig. 14. Generated NC data of punch for ESM product.

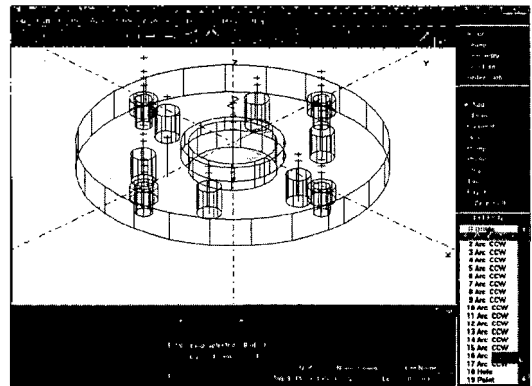


Fig. 15. Tool path generation of punch holder PHASE product.

닝 센터에서 가공하고자 하는 공구경로의 생성을 보여주고, Fig. 16에서는 생성된 머시닝 센터 가공용 NC 데이터를 보여준다. Fig. 17은 스트리퍼의 내부의 구멍을 가공하기 위한 와이어 방전가공기의 모델

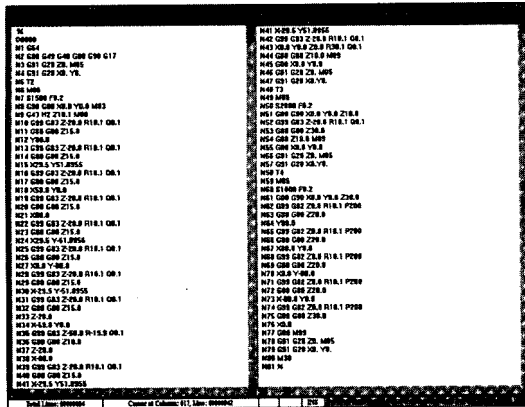


Fig. 16. Generated NC data of punch holder for PHASE product.



Fig. 18. Generated NC data of stripper for PHASE product.

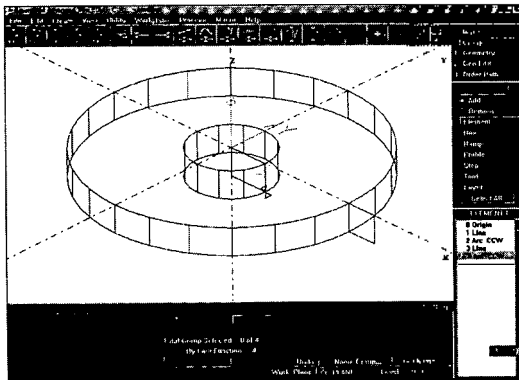


Fig. 17. Tool path generation of stripper for PHASE product.

링을 보인다. Fig. 18은 와이어 방전가공기에서 가공하기 위한 NC 데이터의 자동 생성 결과를 보인다.

이상의 시스템 검토를 통하여 금형설계하고자 하는 디프 드로잉 제품의 공정도의 CAD 데이터를 입력으로 하여 전체 공정에 대한 트랜스퍼 금형에 대한 총조립도와 공정당의 조립도 그리고 각 금형 요소에 대한 부품도를 자동으로 설계할 수 있었다. 설계된 결과는 정해진 설계규칙 및 가공규칙에 따라 지식 베이스와 데이터 베이스를 기반으로 생성되었다. CAM 시스템은 자동 생성된 CAD 데이터의 결과를 입력으로 형상 모델링을 통한 공구경로의 계산, 그리고 공작기계에서 가공이 가능한 NC 데이터가 생성되었다. NC 데이터를 생성하는 데 있어서 작업조건과 작업방법은 사용자 입력 또는 시스템 내의 이미 구축되어 있는 데이터 베이스를 활용할 수 있도록 하였고, 향후 새로운 공작기계 또는 작업조건 발생시에 데이터의 수정 및 보완이 가능하도록

확장성을 고려하였고, 생성된 데이터는 향후 작업기계 또는 작업방법의 변경시 작업 환경에 적합한 가공 데이터를 생성할 수 있음을 확인하였다. 디프 드로잉 공정설계의 CAD 데이터로부터 컴퓨터가 각 공정의 제품의 형상과 크기를 인식할 수 있는 형상 인식 리스트와 지식 베이스를 이용하여 각 공정에서 필요한 금형의 조립도 및 부품도의 자동생성이 가능함을 확인하였고, 생성된 금형의 요소는 현업에서의 조립 공차가 감안되었음을 알 수 있었다. 앞에서 언급한 금형부품도의 CAD 데이터는 금형가공 시스템의 입력으로 사용된다. 가공 시스템은 펀치와 같은 축의 형상을 가공하기 위한 CNC 선반, 다이, 스트리퍼를 가공하기 위한 Wire EDM, 그리고 3차원 형상의 가공 데이터 생성을 위한 머시닝 센터용의 NC 데이터 자동으로 생성하게 된다. 즉, 생성된 CAD 데이터를 CAM 시스템의 입력으로 사용하여 가공하고자 하는 금형요소에 대한 NC 데이터를 자동으로 창출할 수 있음을 확인하였다.

4. 결 론

축대칭 디프 드로잉 제품의 공정설계가 완료된 공정설계 CAD 데이터의 형상과 크기에 대한 수치 정보를 입력으로 기계식 프레스에서 금형가공을 성공적으로 수행할 수 있는 금형의 총조립도와 금형 부품도를 자동 생성하는 금형 자동설계 시스템을 개발하고, 생성된 금형 도면을 시스템의 입력으로 하여 CNC 선반, Wire EDM, 머시닝 센터에서 금형의 부품을 가공하기 위한 NC 데이터를 자동으로 생성하는 기계식 프레스 금형 가공 시스템을 완성하였다. 완성된 시스템의 특성을 요약하면 다음과 같다.

1. 금형의 설계 및 가공이 주어진 설계규칙 또는 가공 규칙에 따라 생성이 되므로 제작하고자 하는 금형에 대한 설계 및 표준화를 이룰 수 있다.

2. 개발된 시스템을 사용함으로써 자동차용 중·대형 디프 드로잉 제품의 금형설계 및 CNC 가공을 위한 NC 데이터의 생성을 정확하고 신속히 수행할 수 있으므로 원가절감, 품질향상, 생산성 향상이 도모된다.

3. 변화하는 금형의 표준화 또는 새로운 사양에 대하여 데이터베이스 또는 설계규칙을 추가하거나 수정함으로써 쉽게 시스템의 보완이 용이하고, 표준화의 이력관리를 합리적으로 수행할 수 있다.

4. 각 공정의 형상 및 크기에 대한 수치 정보를 입력으로 사용하기 때문에 공정설계의 결과를 직접 사용할 수 있고 제품 특성에 따른 공정의 변화에 유연하게 대처를 할 수 있다.

5. 제품의 설계 단계에서 공정 및 금형의 구조에 대한 트러블을 미리 예측할 수 있으므로 향후 발생할 트러블을 미연에 방지할 수 있다.

6. 시스템의 결과는 공장의 자동화에 능동적으로 대처할 수 있는 방안이 되며, 데이터 관리에 있어서 효율화와 합리화를 꾀할 수 있다.

개발된 축대칭 디프 드로잉 제품의 기계식 프레스 금형 CAD/CAM 시스템을 이용하면 설계 및 가공의 초보자라도 쉽게 성공적인 설계 및 가공 데이터 생성을 수행할 수 있으며, 이는 숙련된 기술자의 양성에 필요한 시간과 비용을 대폭적으로 줄일 수 있는 방안이 된다. 디프 드로잉 제품의 금형설계와 가공의 까다로운 절차는 설계 및 가공의 초보자에게 있어서 표준화된 설계 및 가공 지침을 확립하기 어렵게 만든다. 그러나 이에 대한 필요한 기술과 경험을 정량화하고 아울러 설계 및 가공절차를 정식화한 본 시스템은 초보자의 실무에의 활용과 교육에 있어 많은 활용이 기대된다. 그리고 개발된 시스템은 AutoCAD와 SmartCAM 환경에서 구현함으로써 향후 다른 CAE 소프트웨어와 원활한 연결을 할 수 있도록 하였다.

참고문헌

1. Gloeckl and H. Lange, K., "Computer Aided Designing of Blanks for Deep Drawn Irregular Shaped Components", *Proc. 11th, NAMRC*, pp. 243-252, 1983.
2. 최재찬, 퍼스널 컴퓨터에 의한 디이프 드로잉 공정 및 금형설계 전산화에 관한 연구, 연구보고서, 한국 과학재단, 1988.
3. 박상봉, 최 영, 김병민, 최재찬, "축대칭 디프 드로잉 공정의 CAD/CAM시스템", 한국정밀공학회지, 제 13권, 제 6호, pp. 27-33, 1996.
4. 박상봉, 디프 드로잉 공정설계 및 금형설계 의 자동화 시스템에 관한 연구, 부산대학교 박사학위논문, p. 195, 1997.
5. Chang, T.C., *Expert Process Planing for Manufacturing*, Addison-Wesley, 1990.
6. Hobbs, R.M. and Duncan, J., *Sheet Metal Forming Tests*, Advanced Technoloy Course, American Society for Metals, 1979.
7. Donald F. Eary and Edward A. Reed, *Techniques of Pressworking Sheet Metal*, Prentice-Hall Inc., 1974.
8. 太田哲, 프레스 드로잉가공 공정설계, 성안당, 1986. 10. 李河星, 金型設計, 성안당, 1992.
9. 태용진, *AutoLISP 교재*, 영진출판사, 1990.
10. 住友電工, '94 절삭공구, 住友電工株式會社, 1994.
11. 太田哲, 프레스 드로잉, 大光書林, 1976.

박 상 봉



1986년 부산대학교 기계설계공학과 학사
 1989년 부산대학교 기계공학전공 석사
 1997년 부산대학교 기계설계공학과 박사
 금형기술사, 기계제작기술사, 기술지도사
 1987년 ~ 1992년 삼성전관(주) 연구소 주
 임연구원
 1992년 ~ 1993년 한국정보산업연구소 전
 무이사
 1993년 ~ 현재 동의공업대학 금형설계과
 조교수
 관심분야: CAD/CAM, CAPP, EXPERT
 SYSTEM