

제품 설계 데이터를 이용한 프레스 금형 레이아웃 설정을 위한 알고리즘에 관한 연구

이상준*, 이성수⁺

(논문접수일 2002. 9. 25, 심사완료일 2002. 11. 6)

A Study of Algorithm for Press Layout Setup using Product Design Data

Lee Sang-Jun*, Lee Seoung-Soo⁺

Abstract

Today most companies are designing their automobile shapes by using 3 dimensional CAD software, CATIA. And they used to design 2 dimensional press dies to do some elastic work on their products, but they are currently trying to make use of 3 dimensional software, Pro-Engineer. In this case, they have to change the 3 dimensional product design data to the proper format data for the following process. This paper will show the data loss and the deformation during data transfer between CATIA and Pro-Engineer, and then suggest a solution for these problems. Product's surface will be automatically placed by automatic press tipping angle setting in CATIA to prevent the product from being stuck in the press die. The 2 dimensional section view which is based on the tipping angle setting is created by Z-map. And, to remove the data loss and the data deformation in Pro-Engineer, the product surface are delivered to the next process after it is changed to the 2 dimensional Z-map curves in CATIA. Finally, this paper suggests an algorithm to develop the automatic design program for the press layout which regenerates product shape surface from the previous process.

Key Words : Die Design, Data Interface, Press Tipping Angle, Z-map

1. 서론

오늘날 자동차 제품은 대부분의 업체에서 3차원 CAD

소프트웨어인 CATIA를 사용하여 설계하고 있으며, 제품 설계 후 이들 제품 설계 데이터를 이용하여 제품을 소성 가공하는 틀을 설계하는 금형 설계⁽¹⁾도 이전에는 2차원으

* 동의공업대학 기계시스템제열 (leesj@dit.ac.kr)
주소 : 614-715 부산광역시 부산진구 양정1동 산 72번지
⁺ 건국대학교 공과대학 기계항공공학부

로 설계하였지만, 현재는 점진적으로 3차원 CAD 소프트웨어인 Pro-Engineer로 설계하려는 노력이 진행되고 있다.

이 경우 사용하는 설계 소프트웨어의 기종이 서로 다르므로, 3차원으로 작업된 제품 설계 데이터를, 후 공정인 2차원 또는 3차원 금형 설계에 필요한 데이터로 변환한 후에 금형 설계 작업을 수행한다.

본 연구에서는 첫째, 데이터 변환 시에 발생하는 데이터의 누락과, 둘째, 유사한 데이터로 변환되어 나타나는 데이터의 왜곡 현상을 CATIA와 Pro-Engineer를 예를 들어 설명한다⁽²⁾. 이어서 이에 대한 대처 수단으로 첫째, CATIA 상에서 제품의 형상 면을 프레스 가공할 때에 제품의 끼임(Inverse 부위) 현상이 발생되지 않도록 가공 방향(Press Tipping Angle)을 자동 설정⁽³⁾하여 제품 형상 면을 배치하고, 둘째, 각 금형의 공정 설계를 용이하게 하기 위하여 자동 설정된 가공 방향에 의한 제품 형상의 2차원 단면도를 Z-map⁽⁶⁾을 이용하여 자동 생성하고, 셋째, 금형 설계를 Pro-Engineer로 작업할 경우, 데이터 변환 시에 발생하는 데이터의 누락과, 왜곡 현상을 없애기 위하여, CATIA에서 제품의 형상 면에 대한 설계 데이터를 전 단계의 Z-map을 이용한 단면 곡선으로 변환시킨 후에 제품의 형상 데이터를 전달한다. 마지막으로 데이터 변환 후에 CATIA로부터 Pro-Engineer로 전달된 데이터에서 제품 형상 곡선을 이용한 형상 면을 자동 복원시키는 프레스 금형 Layout 설정용 자동 설계 프로그램 개발을 위한 알고리즘을 제시한다.

2. 이 기종 CAD 시스템간의 데이터 변환

2.1 데이터 변환의 역할

국내에서 사용하는 CAD 소프트웨어의 종류는 다양하며, 이들 CAD 소프트웨어들은 서로 다른 데이터 형식을 가지고 있다. 그러므로 서로 다른 CAD 소프트웨어로 연계해서 후 작업을 수행할 필요가 있을 때에는 후 작업 CAD 소프트웨어에서 데이터를 인식할 수 있도록 데이터 형식을 변환시키는 과정을 거쳐야 한다.

오늘날 업체에서 CAD 소프트웨어간의 제품 정보의 교환과 제품 정의를 위하여 범용적으로 사용하는 데이터 교환의 표준으로는 IGES, VDA-FS, DXF, STEP 등이 있는데, 이들 중 IGES(Initial Graphics Exchange Specification)는 대다수의 CAD/CAM 시스템에서 데이터 호환을 위한 국제 표준 형식으로 제공되고 있다.

2.2 데이터 변환 시의 문제점

본 논문에서는 CATIA를 이용하여 자동차 제품 설계 작업을 수행하고, 이들 제품 설계 데이터를 이용하여 Pro-Engineer로 금형 설계 작업을 수행한다. 이 경우 CATIA로 작업된 제품 설계 데이터를 IGES 데이터 포맷으로 변환시킨 다음 반출(Export)하고, 변환된 IGES 데이터를 Pro-Engineer상에서 반입(Import)시켜 금형 설계 작업을 수행한다.

이때 CATIA로 작업된 모델링 데이터를 IGES 포맷으로 변환시켜 Pro-Engineer에서 나타낼 경우 원래의 모델링 데이터와 서로 다른데 그 원인은

- (1) IGES는 Wire-frame과 Surface 형상만을 변환시킬 수 있으므로 Solid 형상은 제거되고,
- (2) CATIA에서 생성된 Curve나 Surface의 차수(degree)보다 IGES와 이를 이용하여 Pro-Engineer에서 생성할 수 있는 차수가 더 낮으므로, 복잡한 형상의 Curve나 Surface일 경우 Pro-Engineer에서 생성 가능한 차수로 변형시키거나 또는 여러 개의 Arc로 Break 시킨다⁽⁴⁾.

그러므로 데이터 변환 시에 첫째, IGES 데이터 변환 시에 발생하는 데이터의 누락과, 둘째, Pro-Engineer에서 유사한 데이터로 변환되어 나타나는 데이터의 왜곡 현상이 발생한다.

Fig. 1과 Fig. 2는 자동차 Front Fender 형상으로서, Fig. 1은 CATIA를 사용하여 실지 프레스 기기에 성형되는 Draw Die 금형 형상부를 모델링한 것이고, Fig. 2는 이 형상을 IGES로 데이터 변환시킬 경우 Pro-Engineer에서 왜곡, 변형되어 나타난 금형 완제품의 3차원 모델링 형상을 나타낸

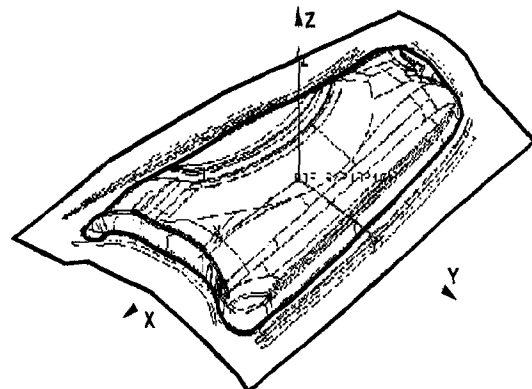


Fig. 1 A product design shape of Front Fender using CATIA

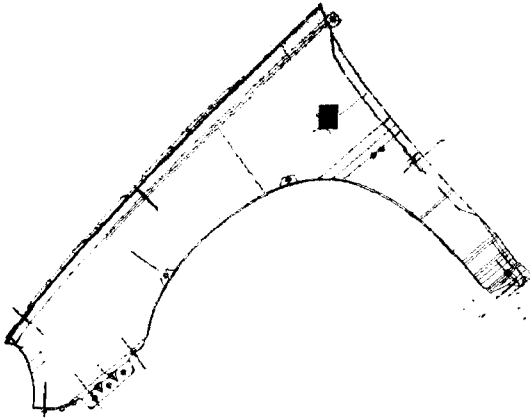


Fig. 2 A Deformed Shape using Pro-Engineer after Data transfer within IGES

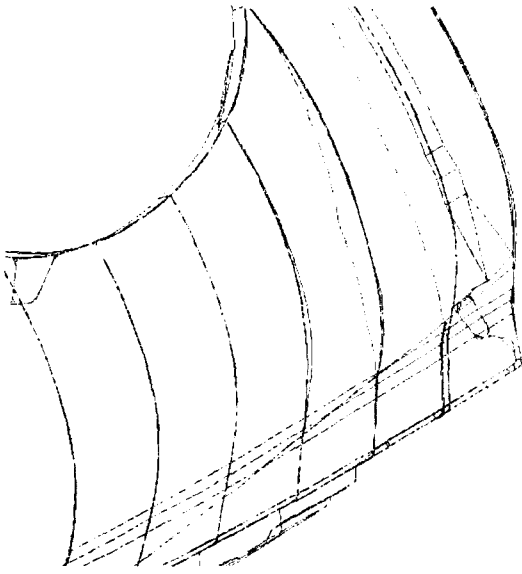


Fig. 3 A Restoration from Trimmed and deformed Curve to Original Shape within Pro-Engineer.

것이다. 또한 Fig. 3은 Pro-Engineer에서 원래의 CATIA 제품 형상으로 끊어지거나 변형된 Curve를 복원시키고 Fig. 4는 복원시킨 형상의 면 처리 결과를 나타낸다.

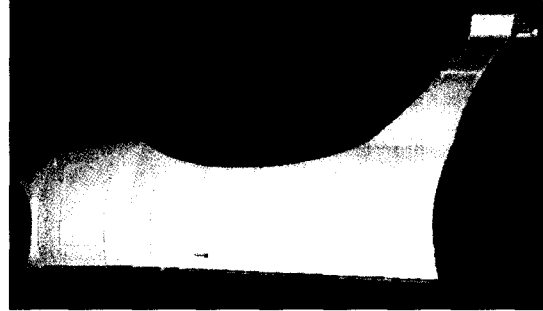


Fig. 4 A Shape after Surfacing Process within Pro-Engineer.

3. 프레스 금형 Layout 설정을 위한 준비

3.1 프레스 가공 방향의 자동 설정

프레스 금형 설계 작업 시, 여러 작업 공정 중에서 단순 반복적인 작업이며, 가장 공수가 많이 소요되는 작업은 프레스 가공 방향과 각도(Press tipping angle)를 계산한 후에, 계산된 가공 방향으로 제품의 끼임 현상에 의한 가공 불량 부위를 산출(Inverse check)하는 것이다. 본 논문에서는 이를 설계하고 검증하는 일련의 설계 작업을 자동화하는 것을 목적으로 하고 있다⁽⁴⁾.

이에 따라 본 연구에서는 설계 부서에서 CATIA로 작업한 프레스 금형 패널을 구성하는 여러 곡면들을 이용하여,

- (1) 3차원 상에서 프레스 가공 위치를 설정하는 프레스 작업의 기준점(Datum point)과 가공(Tipping) 방향을 입력하고,
- (2) 각 제품 형상 곡면(Surface)상에 가공 불량(Inverse) 부위를 자동 산출하여 불량 부위만을 곡면 상에 나타내고,
- (3) 설정된 가공(Tipping) 방향을 기준으로 프레스 형틀의 깊이(depth)를 자동 산출하며,
- (4) 또한, 사용자에게 의하여 가공(Tipping) 방향을 수정할 경우, 각각에 대한 가공 불량 부위를 계산(Inverse check), 형틀의 깊이(depth)를 비교하여,
- (5) 최적 가공 방향(Tipping) 및 가공 조건을 산출해 내는 자동화 프로그램을 개발하였다.

개발 프로그램의 시스템 환경은 RS/6000 IBM 워크스테이션을 사용했으며, FORTRAN 언어를 사용하여 CATIA의 IUA 프로그램으로 작성하였다⁽⁵⁾.

Fig. 5와 같은 제품 형상에 대해서 본 프로그램을 수행해

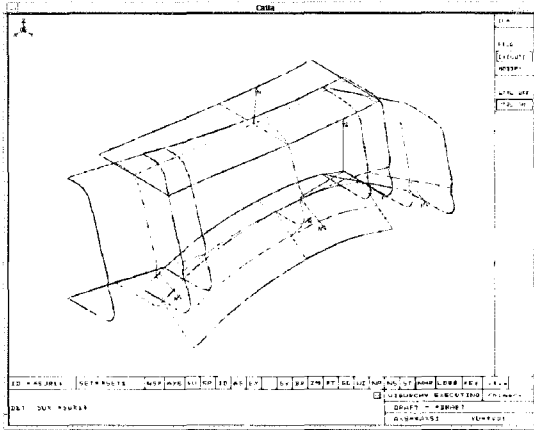


Fig. 5 Product Shapes before executing in this System

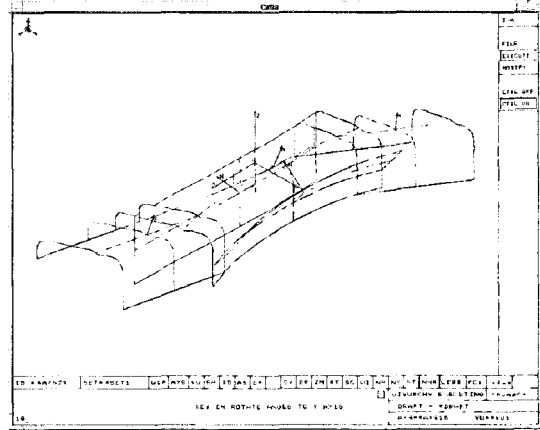


Fig. 6 Automatic Setting of Tipping Direction

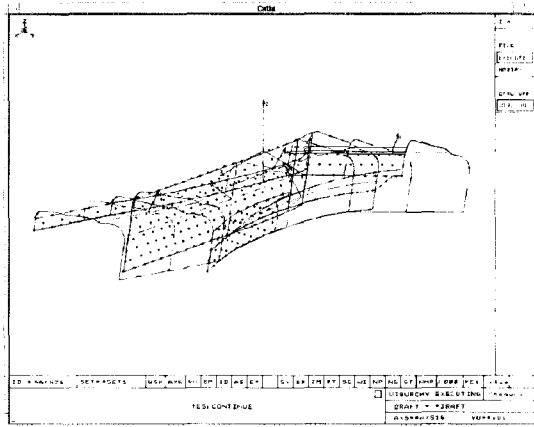


Fig. 7 Display of Inverse point on the surfaces in Product Shape

보면, Fig. 6과 같이 가공 방향(Tipping Axis)이 자동으로 설정되고, 만약 사용자가 Fig. 7과 같이 가공 방향을 설정할 경우에 대하여 제품 형상의 곡면 상에 가공 불량 부위 (Inverse)가 자동으로 점으로서 나타나며, 각각의 주어진 가공 방향에 대하여 가공 방향에 대한 좌표계의 원점과 방향 각(Tipping Angle), 각각에 대한 가공 불량(Inverse) 부위 점의 갯수, 그리고 형틀의 깊이(depth)가 표로서 나타낸다.

3.2 제품 형상의 2차원 단면도 자동 생성

위에서 개발된 프레스 가공 방향의 자동 설정 프로그램을 이용하여 최적의 가공 방향(Tipping)을 찾은 후, 본 절에서

는 지정된 가공 방향에서의 2차원 단면도를 3차원 상에서 생성시키는 것을 목적으로 한다.

이에 따라 본 연구에서는 CATIA로 작업한 2차원 또는 3차원 상에서 작업한 설계 형상을 이용하여,

- (1) 3차원일 경우 위 절에서 선정된 프레스 가공(Tipping) 방향의 수직 평면상에 설계 형상을 자동 배치하고,
- (2) 사용자가 제품 형상에 나타난 TL, BL, WL 축을 선택 하거나,
- (3) 사용자가 보고자(display) 하는 2차원 단면을 수직 또는 수평을 선택한 후, 마우스로 위치를 선택(Click)하면,
- (4) 제품의 오른쪽 또는 아래에 격자(Grid)와 함께 지정된 부위의 제품 단면 형상이 별도의 레이어(Layer)를 사용하여 출력(display)된다.
- (5) 여러 번 지정 할 때마다 단면 형상은 한 부분에만 나타 내게 할 수 있고, 계속 오른쪽 또는 왼쪽에 배치될 수도 있다.

본 프로그램의 장점은 2차원 또는 3차원 제품 형상과 선택한 부위의 단면 형상이 함께 도시(display)됨으로, 프레스 성형이 불가능한(Inverse) 부위를 수동으로 탐색(check)할 수 있고, 프레스 성형(Press Tipping) 작업의 공정 계획을 세울 수 있을 것이다.

개발 프로그램의 시스템 환경은 RS/6000 IBM 워크스테이션을 사용했으며, C 언어를 사용하여 CATIA의 IUA 프로그램으로 작성하였다⁽⁵⁾.

자동차의 Roof 형상에 대해서 본 프로그램을 수행해 보

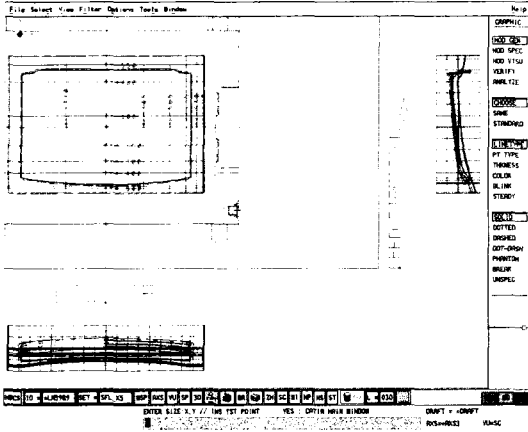


Fig. 8 The result of program automatically creating section view on 3D (1)

면, Fig. 8은 여러 번 지정 할 때마다 단면 형상을 한 부분에만 나타내게 한 것이고, Fig. 9는 매번 단면을 선택할 때마다 계속 오른쪽, 또는 아래쪽에 새로 도시되게 한 것이다.

4. 제품 형상의 데이터 변환 알고리즘

4.1 Z-map을 이용한 단면곡선 생성

CATIA로 설계된 제품 형상(Skin)으로 IGES로 데이터 변환 작업을 수행한 다음, 금형 설계 작업을 Pro-Engineer로 작업한다면, CATIA에서의 면(Skin) 데이터를 직접 IGES 변환시켜 나낼 경우에 2장에서 설명한 것과 같이 데이터 변환 시에 발생하는 데이터의 누락과 데이터의 왜곡 현상 등이 발생된다.

본 연구에서는 상기와 같은 많은 문제점의 해결책으로, CATIA로 생성된 제품 형상을,

- (1) 3장에서 자동 설정된 가공 방향에 의해서 위치시키고,
- (2) 제품 형상의 각각의 곡면 단위로 끊어진 경계 곡선(boundary curve)을 찾아 이를 연결(concatenate)시키고,
- (3) 위치된 제품 형상과 성형 깊이 아래에 Z-map의 격자선(Grid line)을 생성시키고,
- (4) 생성된 Z-map 격자 선을 Z 방향으로 제품 형상 위에 투영(projection)시켜 형상 면에 단면 곡선을 생성한다.
- (5) 이때 생성된 단면 곡선(section curve)이 끊어진 경우에도 이들 단면 곡선을 연결(concatenate)시켜 하나의 곡선으로 만든다.

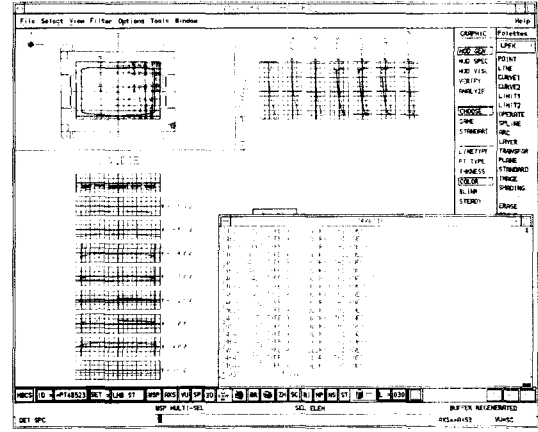


Fig. 9 The result of program automatically creating section view on 3D (2)

- (6) 다음 Pro-Engineer에서 인식할 수 있도록 생성된 단면 곡선과 경계 곡선 차수(degree)를 5차 곡선으로 각각 치환한다.
- (7) 치환된 단면 곡선과 경계 곡선을 IGES 데이터의 형태로 데이터 교환을 하여 제품 형상 설계 데이터를 전달한다⁽²⁾.

개발 프로그램의 시스템 환경은 RS/6000 IBM 워크스테이션을 사용하였고, C 언어를 사용하여 CATIA의 IUA프

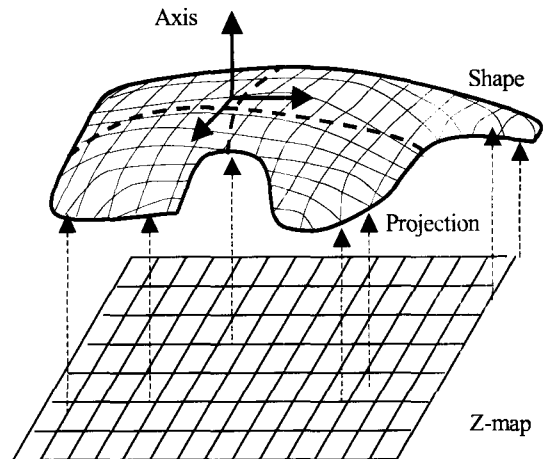


Fig. 10 Creation of section curves using projection method of Z-map

로그래프로 작성하였다⁽⁵⁾.

Fig. 10은 Z-map을 이용한 단면곡선을 생성하는 알고리즘을 설명하고 있다⁽⁶⁾.

4.2 Pro-Engineer를 이용한 제품 형상의 복원

본 절에서는 위 절의 알고리즘에 의하여 IGES로 변환된 제품 형상의 와이어프레임(Wire-frame) 데이터를 Pro-Engineer에서 읽은(Import) 다음, 금형 설계 작업을 수행하기 전의 작업으로 Pro-Engineer를 이용하여 제품의 형상을 복원하는 알고리즘으로 그 방법은 다음과 같다.

- (1) 상기와 같이 교차된 단면 곡선과 경계 곡선이 생성되었을 경우 Fig. 11의 (a)와 같은 알고리즘으로 바깥 부위에 걸쳐있는 단면 곡선들과 이의 접선 벡터를 이용하여 쿤스 패치(Coons Patch)를 생성한다.
- (2) 이때 Fig. 11의 (b)의 그림과 같이 양 모서리 부에 경계 곡선이 교차되어 3개의 곡선으로 이루어진 경우는 u축의 측면 곡선(profile curve) 1개를 이용하여 v축의 궤적 곡선(trajjectory curve) 2개를 따라 스위프(sweep)시켜

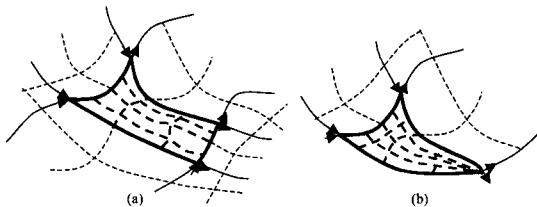


Fig. 11 Generation of Coons patch using the boundary edge and tangent vector

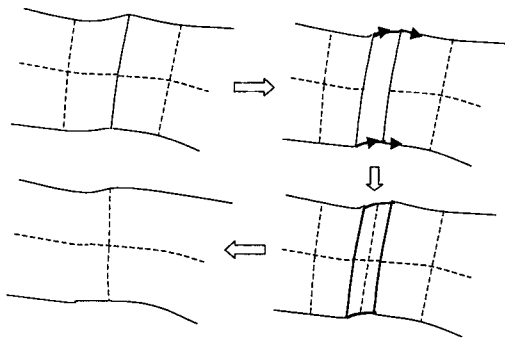


Fig. 12 Continuous restoration using discontinuity adjacent faces

곡면을 생성한다⁽⁷⁾.

다음, 생성된 패치를 이용하여 전체 곡면으로 하나의 면으로 합쳐야 하는데, 이때 면과 면 사이에 불연속 부위가 발생됨으로 이에 대한 연속 처리 방법에 대하여 알아보자.

- (1) 먼저 불연속 부위가 발생된 서로 이웃하는 면 중에서 하나의 면을 1/4 정도 자른다.
- (2) 다음 잘린 바깥 면에 대한 경계 곡선과 경계 면의 접선 벡터로 쿤스 패치를 생성하여 복원한다.

개발 시스템으로는 Pentium PC를 사용하였고, 프로그래밍에는 C 언어를 사용하여 Pro/Engineer의 Pro-Toolkit 프로그래프로 작성하였다⁽⁸⁾.

5. 결론

이상과 같이 서로 다른 CAD 소프트웨어를 사용하여 얻어진 작업을 수행할 경우, 데이터 변환 시에 발생하는 데이터 누락과, 유사한 데이터로 변환되어 나타나는 데이터의 왜곡을 방지하기 위한 알고리즘과 해결 방안을 제시하였다. 본 알고리즘에 의한 시스템 구현의 장점은 다음과 같다.

- (1) CATIA로 작업된 제품 형상을 거의 유사하게 Pro-Engineer상에 복원시킬 수 있으므로, 비교적 영세한 금형 업체에서도 3차원 상에서 PC급에 Pro-Engineer로 금형 설계 작업이 가능하다.
- (2) 제품 설계 데이터의 형상 면을 전 단계의 Z-map을 이용한 단면 곡선으로 변환시켜 제품의 형상을 전달함으로써 이를 이용하여 공구 경로를 자동 생성할 수 있다.
- (3) CATIA 상에서 가공 방향(Press Tipping Angle)을 자동 설정하여 제품 형상 면을 배치함에 의하여 후공정인 금형 설계 작업이 용이하다.
- (4) 2차원 또는 3차원 제품 형상과 선택한 부위의 단면 형상이 함께 도시(display)됨으로, 프레스 성형이 불가능한(Inverse) 부위를 수동으로 탐색(check)할 수 있고, 프레스 성형(Press Tipping) 작업의 공정 계획을 수립하는데 용이하다.

차후 본 시스템을 전문가 시스템으로 확장하고, 또한 기 연구된 누락된 금형 형상의 자동 생성 시스템과 연계시킨 다음, 다이 페이스 전개를 위한 자동 설계를 추가함으로써 “프레스 금형 Layout 설계 전용 전문가 시스템 개발” 과제를 완성할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- (1) 한국 자동차 공학회 편집 위원회, “자동차 기술 핸드북 - 2권 : 설계편”, 한국 자동차 공학회, 1996.
- (2) 김재정, “CATIA로 배우는 CAD/CAM”, 반도출판사, 1998.
- (3) Paul B. Schubert, “Die Methods - Book One” and “Die Methods - Book Two”, Industrial Press Inc., 1966.
- (4) Dassault Systems, “CATIA V4 Manuals”, IBM CATIA Training Center, 1998.
- (5) Dassault Systems, “CATIA IUA/GI/MSP Reference Manuals”, Dassault Systems Co., 1995.
- (6) B.K. Choi, R.B. Jerard, “Sculptured Surface Machining”, Kluwer academic pub., 1998.
- (7) 권성환, 이성근, 양승환, “여러 개의 패치로 이루어진 곡면에서 재매개 변수화를 통한 공구경로 생성”, 한국공학기학회지, Vol. 9, No. 5, 2000. 10.
- (8) Parametric Technology, “Pro-Toolkit User’s Guide”, Vol. 1 & Vol. 2, 1999.