

〈論 文〉

플라스틱제품의 효율적인 모델링기법

권병욱* · 이건우**

(1991년 4월 1일 접수)

Efficient Modeling Method of Plastic Products

Byung Ook Kwon and Kun Woo Lee

Key Words : Sheet (박판), Plastic Products (플라스틱제품), Sheet Modeling (박판모델링)

Abstract

The paper describes a new efficient modeling method for an object of a thin thickness. In this study, a thin object, considered as a sheet model, is modeled by adding, cutting, and bending each sheet created interactively in the two dimensional working plane. The straight edges can be changed into curved ones for complicated shapes. Once a sheet model is completed, the corresponding solid is created automatically for the given thickness. Compared to other solid modeling systems, the modeling method suggested in this study has the advantage of easy usage and short modeling time for sheet-like objects such as most plastic products.

1. 서 론

모든 제품에서와 마찬가지로 플라스틱 제품에 있어서도 점점 제품수명이 짧아짐에 따라 이들을 생산하기 위한 사출 금형의 단기간 내 설계가 요구되게 되었고, 결과적으로 사출금형 설계의 CAD화가 필요 불가피하게 되었다⁽¹⁾. 사출금형의 CAD화를 이루기 위해서는 플라스틱 제품 형상의 모델링이 선결과제이다. 그런데 플라스틱 제품의 대부분은 얇고 일정한 두께의 형상을 가지는데, 이러한 현상을 기존의 솔리드모델링 시스템을 이용하여 모델링하는 과정을 살펴보면 다음과 같이 번거로운 과정을 거치게 된다. 즉 기본모델(primitive)의 불리안(Boolean) 작업⁽²⁾이나 Lifting 작업⁽³⁾ 등을 이용해서 모양이 같고 크기가 다른 두 물체를 만든 다음, Fig. 1(a)에서처럼 큰 물체에서 작은 물체를 빼내는 불리안작업을 행하거나 또는, Fig. 1(b)에서 처럼

처음부터 두께가 얇은 입체를 여러개 만들어서 이들을 하나씩 원하는 위치로 옮긴 후 합치는 불리안작업을 한다.

앞에 설명한 방법은 원하는 물체를 모델링하는데 시간이 많이 걸릴뿐아니라, 리브나 보스가 많은 복잡한 형상에 대해서는 모델링이 거의 불가능할 수도 있는 단점이 있다. 허용정⁽⁴⁾은 이런 문제를 태

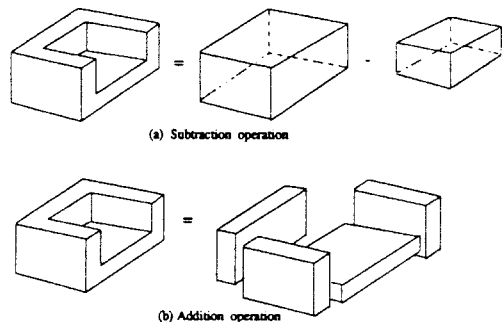


Fig. 1 Conventional methods of modeling thin objects

* 삼성전자 가진종합 연구소 CAD/CAM실

** 정희원, 서울 대학교 기계설계학과

결하기위해 일반적인 모델링방법에 의해 만들어진 물체에 리브나 보스와 같은 특징형상을 직접 입력으로 받아 추가시킬 수 있도록 하였다. Stroud⁽⁵⁾는 사용자로 하여금 와이어 프레임(wire frame)으로 모델링하게 한 후, 이를 시스템에 의해 박판모델로 변환하고 다시 박판모델이 솔리드로 변화될 수 있도록 하였다. 그러나 박판모델에 곡면이 포함되어 있는 경우는 솔리드로 변환시키지 못하는 한계를 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 곡면을 포함할 수도 있는 얇은 물체를 모델링하기 위해 새로운 기법을 도입했는데, 그 기본 개념은 다음과 같다. Fig. (a)에서와 같이 먼저 사용자는 박판으로 불리는 두께가 없는 얇은 판을 여러장 가지고 이들을 접거나, 오려내거나, 붙이는 등의 작업을 통해서 원하는 형상으로 모델링한다. 각각의 박판의 형상의 입력은 거의 모두 2차원 좌표계에서 이루어지기 때문에, 사용자는 마치 철판위에 선을 긋는 것과 같이 쉽게 박판의 형상을 입력할 수 있다. 또한 박판에서 임의의 부분을 오려내거나 임의의 박판을 붙이는 등의 작업이 기존의 시스템에서와는 달리 복잡한 입력이나, 수행과정을 거치지 않기 때문에, 보다 편리한 모델링을 할 수 있다. 또한 곡면으로 된 박판형상의 경우는 해당되는 모서리들을 곡선으로 바꿈으로써 모델링 되도록 하였다. 박판의 모델링이 끝나면, 입력된 박판에 일정한 두께를 부여하여 Fig. 2(b)에서와 같이 부피를 갖는 입체(솔리드)로 변환하게 되는데 이 작업은 Stroud에 의한 것과 같이 시스템에서 자동으로 이루어진다.

앞에 설명된 개념을 구현하기 위해서 다음과 같은 문제들은 해결하였다.

- 박판의 데이터구조
- 박판 모델링을 위한 오일러작업
- 박판 모델링 기능
- 박판에서 입체로의 자동변환

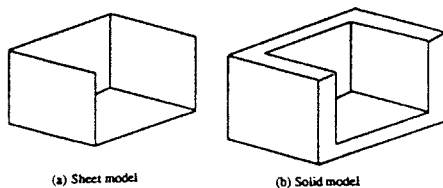


Fig. 2 Sheet model and solid model

2. 박판의 데이터 구조

박판의 데이터 구조를 정하는데 있어서 다음과 같은 점이 고려되었다.

첫째, 임의의 모든 형상을 일련된 하나의 구조로 표현할 수 있어야 한다.

둘째, 데이터의 첨가, 수정, 삭제가 용이해야 한다.

셋째, 박판은 그 자체의 데이터만으로도 중요한 의미(필요성)를 가질 수 있으나, 본 연구에서는 솔리드를 생성하기 위한 중간 과정으로서의 데이터이므로, 언제든지 쉽게 솔리드의 데이터구조로 변환될 수 있어야 한다.

첫째와 둘째조건을 만족시키는 것으로서 윙드에지(winged edge)데이터 구조⁽⁶⁾가 주로 쓰이는데 이는 모서리를 중심으로 주위의 연결관계를 저장함으로써 쉽고, 빠르게 필요한 데이터를 추출할 수 있다는 것이 장점으로, 많은 솔리드 모델링 시스템에서 이 데이터 구조를 사용한다. 중요한 것은 세번째 조건으로서, 항상 박판에서 솔리드로의 변환가능성을 염두에 두어야 하므로, 될 수 있으면 변환된 솔리드의 데이터구조와 비슷하거나, 같은 것이 좋다. Stroud⁽⁵⁾에 의한 박판의 데이터 구조는 이 세번째 조건을 만족시키지 못하므로 박판에서 입체로 전환할 때 모서리를 둘로 쪼개든지 꼭지점을 쪼개는 등 좀더 복잡한 과정을 거쳐야 하는 단점이 있다. 이러한 조건들을 충분히 고려하여 박판은 다음과 같은 데이터 구조로 저장하도록 하였다.

박판모델의 지오메트리(geometry)데이터는 NU-RB⁽⁷⁾로 저장하며, 토폴로지(topology) 데이터는 박판모델이 추후 입체로 변환되었을때 그 입체와 똑같은 토폴로지를 윙드에지 데이터 구조로 저장한다. 즉 Fig. 3(a)의 박판모델을 Fig. 3(b)의 입체로 변환하였을때 Fig. 3(a)의 박판모델이나 Fig. 3(b)의 입체는 같은 토폴로지 데이터를 갖는다.

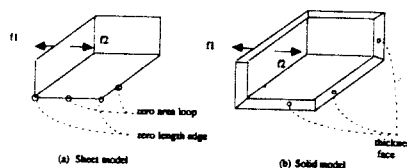


Fig. 3 Data structure for sheet model

Fig. 3(b)에서 f1과 f2 사이의 관계를 켈레면이라 하고, 그 두면 사이에 있는 면을 두께면이라 하면, 박판모델에서도 똑같이 켈레면이 존재하고, 모서리와 꼭지점도 각각의 켈레 모서리, 켈레 꼭지점이 존재한다. 단지 박판모델에서는 켈레 모서리, 켈레 꼭지점의 위치와 모양이 정확히 일치하기 때문에 입체에서의 두께면이 박판모델에서는 폭선형태가 되고, 두께면 사이의 공유 모서리는 박판모델에서는 점의 형태가 된다. 그러나 이들은 형태만이 폭선과 점이지, 실제로는 각각 루프(loop), 모서리(edge)를 나타내므로 이를 영면적 루프(zero area loop)와 영길이 모서리(zero length edge)라고 한다. 이와 같은 구조를 사용하면 박판 모델에서 입체로의 전환이 용이하며, 솔리드 모델링 시스템에서 토폴로지 데이터를 바꾸기 위해 사용하는 오일러작업^(3,8)을 그대로 사용할 수 있는 잇점이 있다.

3. 박판 모델링을 위한 오일러작업

사용자가 대화식으로 박판모델을 형성함에 따라 앞서 설명한 박판모델의 데이터구조를 채워가는 것이 박판모델의 역할이 된다. 그런데 본 연구에서

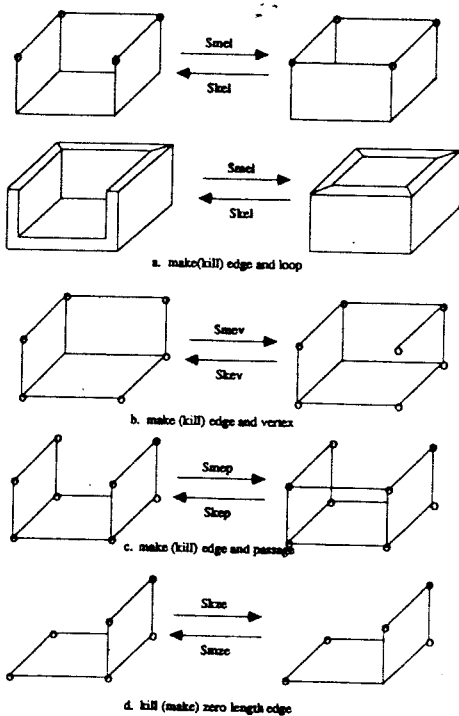


Fig. 4 S-Euler operators implemented

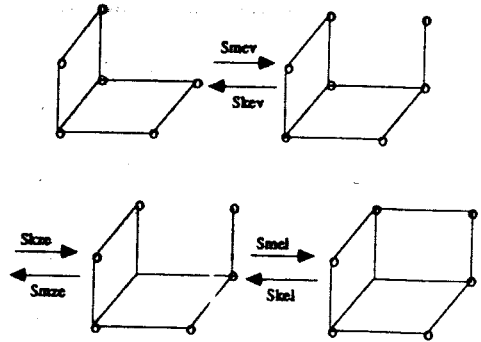


Fig. 5 Usage of S-Euler operators in sheet modeling

사용된 박판모델은 솔리드 모델과 똑같은 토폴로지 데이터를 사용하므로 박판모델러의 토폴로지 데이터를 수정하기 위해 오일러작업이 사용된다. 이 경우 솔리드모델러에서 사용되는 것과 똑같은 오일러작업이 사용될 수도 있으나, 박판모델의 데이터 구조 특성으로 인해 여러개의 오일러 작업을 합성해서 하나의 새로운 오퍼레이터의 조합을 만들어 놓으면 여러가지 편리한 점이 많다. 이 새로운 오퍼레이터를 앞으로 S-오일러작업이라 하며 Fig. 4에서 소개된 것과 같은 것들이 있다. Fig. 4에서 동그아미 쳐진 꼭지점은 영길이 모서리를 뜻하며, 이해를 돕기위해 Fig. 4(a)에는 같은 토폴로지 데이터를 갖는 입체도 표시하였다. 이러한 S-오일러작업은 모델러 개발자를 위한 도구로서 박판모델러의 주요 기능들은 이 작업을 이용해서 개발되었다.

이러한 S-오일러작업의 사용예를 보이기 위해 Fig. 5에 S-오일러작업을 이용하여 주어진 박판모델에 박판을 하나 추가시키는 작업과 그 역과정을 보였다. 또한 제4장에 설명될 박판모델링 기능들도 모두 유사한 방법으로 S-오일러작업을 이용하여 개발되었다.

4. 박판모델링

4.1 모델링 기능

본 연구에서 개발된 박판 모델러는 다음과 같은 기능들을 제공한다.

- 초기의 평면 박판을 정의하는 기능
- 박판에 새로운 면(loop)을 첨가하는 기능
- 박판의 일부분을 들어올리는(lifting) 기능
- 박판에 구멍을 내는 기능.

- 모서리에 라운딩(rounding)을 주는 기능
- 박판에서의 임의의 면을 제거하는 기능
- 박판의 지오메트리를 변형하여 꼭면으로 바꾸는 기능
- 박판을 접는 기능

위에 열거한 박판모델링 기능중 박판의 첨가기능을 4.2절에, 박판의 분리기능을 4.3절에, 박판의 제거기능을 4.4절에, 그리고 그밖의 모델링 기능을 4.5절에 설명하겠다.

4.2 박판의 첨가

박판의 모델링 작업중 기존 박판 모델에 박판을 첨가할 경우, 중요한 것은 기존박판 모델의 어느 위치에, 어떤 형상의 면을, 첨가하거나 절단하기를 원하는지 사용자가 이해하기 쉽고 편리한 방법으로 입력할 수 있도록 하는 것이다. 본 시스템에서는 거의 모든 입력이 사용자가 정의한 2차원 좌표계에서 행해지되 3차원 좌표계에서의 형상도 같이 나타나게 함으로써 사용자의 편의를 도모하였다.

사용자가 2차원 좌표계를 설정하기 위해서는 3차원 좌표계에서 임의의 한 평면을 작업평면으로 입력해야 한다. 예를 들면 Fig. 6(a)의 박판모델에서 Fig. 6(b)와 같이 새로운 박판을 덧붙이고자 할 경우 사용자는 e1, e2, e3의 세 모서리를 지정하여 작업 평면을 정의하고 c1, c2를 입력함으로써 붙이고자 하는 면을 정의하면 된다. Fig. 6(c)의 형상을 원할 경우는 e4, e5를 입력하여 작업 평면을 정의한 후 c1, c2, c3를 입력하면 된다. Fig. 6(d)와 같은 형상의 면을 첨가할 경우는 e4의 지정과, 기존면과 작업평면이 이루는 각도(α)를 입력함으로써 작업평면을 정의한다.

작업평면을 정의하고 나서 사용자는 2차원 형상

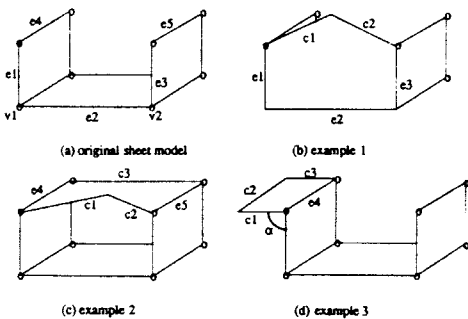


Fig. 6 Addition of a sheet

에디터를 통해서 경계곡선을 입력하게 된다. 이때 입력된 경계곡선과, 작업평면을 정의하기 위해 처음에 지정한 모서리들은 반드시 루프를 형성해야 한다. 즉 위의 Fig. 6-(b),(c),(d)에서 e1-e2-e3-c2-c1, e4-c3-c2-c1가 그 예이다.

경계곡선이 입력되면, 입력된 경계곡선을 이용해서 새로운 루프를 기존 박판모델에 첨가시키는 과정은 앞서 설명한 S-오일러작업을 통해서 하게 되는데, 입력된 모서리와 경계곡선의 상대위치에 따라, 어느 S-오일러작업을 써야 할지를 결정하게 된다. 즉 앞의 Fig. 6(b)의 경우는 Smev-Smel, Fig. 6(c)의 경우는 Smev-Smep-Smel, Fig. 6(d)의 경우는 Smev-Smev-Smel의 순서로 적용하게 된다. 여기서 Fig. 6(b)의 경우는 위의 S-오일러작업을 적용하기전에 v1과 v2에 있는 영길이 모서리를 Skze를 이용하여 제거하여 Fig. 7에서와 같이 e1, e2, e3를 한 루프에 존재하게 해야 한다.

즉, Smel에 의해 새로운 루프가 형성된 후 세계의 박판이 만나는 꼭지점에서의 영길이 모서리를 Smel을 적용하기 전에 Skze를 적용하여 없애야 한다.

그러면 주어진 박판 모델에 하나의 박판이 첨가될 때 Fig. 6에서 보인 것처럼 각 경우에 맞는 S-오일러작업을 어떻게 선택하는지 Fig. 8의 예와 함께 설명한다.

Fig. 8(c)의 최종 형상을 만들기 위해 Fig. 8(a)의 박판모델에서 e1, e2, e3, e4를 지정하여 작업평면을 정의하고, Fig. 8(b)와 같이 2차원 형상 에디

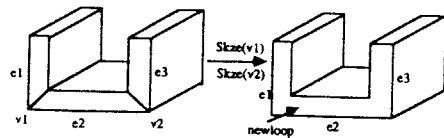


Fig. 7 Elimination of zero length edges

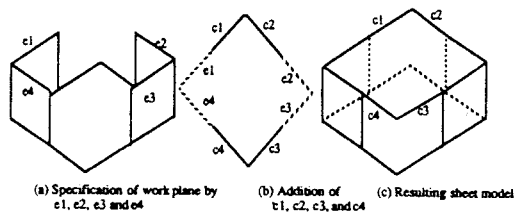


Fig. 8 Example of sheet addition

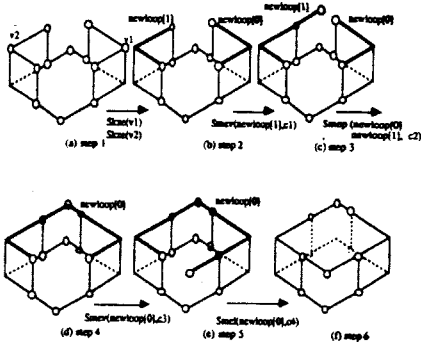


Fig. 9 Procedure of applying S-Euler operators

터를 사용해 4개의 곡선 c1, c2, c3, c4를 입력했다고 하자. 앞서 설명했던 바와 같이 Fig. 9(a)의 v1, v2에 존재하는 영길이 모서리를 제거하기 위해 Skze를 두번 적용하면 Fig. 9(b)에서와 같이 두개의 새로운 루프가 생성된다. 여기에 경계곡선 c1이 입력되었을 때 c1의 양끝점과 새로운 루프들간의 관계를 조사한다. 그 결과 c1의 한쪽 끝점만이 하나의 루프에 포함되므로 Smev를 적용하고, 결과로 newloop⁽¹⁾의 토폴로지가 Fig. 9(c)에서와 같이 바뀐다. 다음 경계곡선 c2가 입력되었을 때, C2의 양끝점은 각각 다른 루프에 포함되므로 Smev를 적용하고, 그 결과 Fig. 9(d)에서 처럼 새로운 루프의 갯수는 하나 줄어들게 된다. 마찬가지로 경계곡선 c3가 입력되었을 때 적용할 S-오일러작업은 Fig. 9(e)에서와 같이 Smev이고, 경계곡선 c4에 대해서는 그것의 양 끝점이 같은 루프인 newloop⁽¹⁾에 속하므로 Fig. 9(f)에서와 같이 Smel을 적용하게 된다.

4.3 박판의 분리

박판의 분리는 박판에 구멍을 뚫거나 박판의 일부분을 리프팅(lifting) 하기 위한 전단계로서, Fig. 10에서와 같이 박판상에 홀루프(hole loop)나 새로운 모서리들을 첨가하는 것을 말한다. 박판의 분리과정도 박판의 첨가에서와 같이 S-오일러작업을 철저히 사용함으로써 수행된다.

4.4 박판의 제거

박판의 제거는 제거될 박판과 이웃박판들간의 위치 관계에 의해 다음과 같은 세가지 경우로 나눌 수 있다. 즉, Fig. 11에서 제거되어야 할 루프를



Fig. 10 Input for sheet separation with associated result

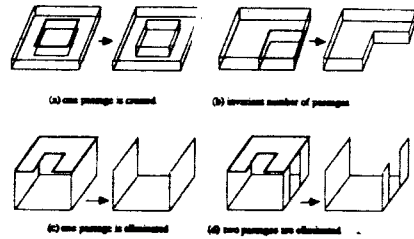


Fig. 11 Cases to be considered in sheet elimination

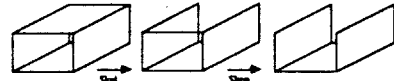


Fig. 12 Application of S-Euler operators for sheet elimination

굵은 선으로 나타냈을 때 Fig. 11(a)와 같이 통로(passage)가 생성되는 경우와 Fig. 11(c)나 (d)처럼 하나이상의 통로가 없어지는 경우, 그리고 Fig. 11(d)처럼 통로 수의 변화가 없는 경우이다. 따라서 박판의 제거를 위해서는 제거하고자 하는 박판이 위의 경우들 중 어느 경우인지를 조사한 후, Fig. 12처럼 각각의 경우에 적당한 S-오일러작업을 선정, 적용하면 된다.

4.5 그밖의 모델링 기능

앞서 설명한 기능외의 박판모델링 기능으로는 Fig. 13에 보인 바와 같이 박판 면에 임의의 형상의 구멍(passage)을 뚫는 펀칭(punching)기능과, 임의의 한 모서리를 기준으로 박판을 접는 벤딩(bending)기능, 하나의 루프를 임의의 방향으로 뽑아올리거나 밀어내리는 리프팅(liftin)기능, 박판과 박판이 만나는 모서리 부분을 부드럽게 해주는 라운딩 기능(rounding operation), 그리고 토폴로지는 그대로 두고 지오메트리만을 수정할 수 있는 기능(move vertex/face, change curve/surface) 등이 있다.

여기서 펀칭작업은 앞서 설명한 박판의 분리와 제거알고리즘으로 쉽게 구현되고, 지오메트리의 수

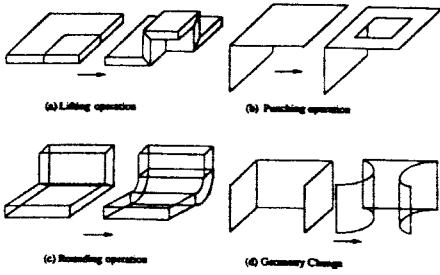


Fig. 13 Other modeling capabilities

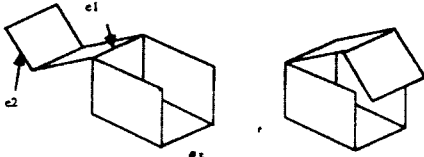


Fig. 14 Bending operation

정은 지오메트리 데이터만 바꾸면 된다. 리프팅의 경우에는 Fig. 13에 보인 리프팅 전 단계와 리프팅 적용후의 토폴로지로서 어떠한 작업이 수행되어야 하는지 추측할 수 있다. 즉, 기존의 솔리드에서의 리프팅작업과 비슷하나 각면, 모서리들의 컬레면, 컬레 모서리들에 대해서 동일한 작업을 두번 수행해야 하는 것이 그 차이점이다. 라운딩의 경우에도 Fig. 13(c)에서처럼 라운딩작업 전과 후의 박판의 토폴로지 변화를 봄으로써 수행되어야 할 작업을 알 수 있다.

접기작업(bending operation)이란 Fig. 14에 보인 것처럼 박판모델에서 임의의 한 모서리를 축으로 해서 해당되는 박판들을 회전시키는 것을 말한다. 즉 이 작업은 토폴로지의 변화없이 지오메트리의 변화만으로써 완성된다.

5. 박판에서 입체로의 변환

박판모델링이 끝난후 사용자가 원하는 최종적인 솔리드 모델을 얻기 위하여 박판을 입체로 변환하는 작업이 필요하다. 이 작업은 박판의 데이터 구조 특성으로 인해서 단순히, 지오메트리의 변화만으로도 일정한 두께의 솔리드로 바꾸는 경우도 있으나, 토폴로지의 변화가 있어야만 적합한 형상의 입체를 얻을 수 있는 경우가 많다.

따라서 본 장에서는 지오메트리의 변화만으로 솔

리드로 바꾸는 경우와, 토폴로지의 변화도 수행하면서 솔리드로 바꾸는 경우를 각각 설명하겠다.

5.1 지오메트리만의 변화에 의한 솔리드 생성

박판모델로부터 지오메트리만의 변화로 솔리드를 형성시키는 기본 방법은 Fig. 15에서 나타낸 바와 같이, 모든 박판의 안쪽, 바깥쪽 면을 각각 반대방향으로 오프셋시켜서 솔리드의 경계면들의 새로운 곡면식을 얻고, 이들간의 교선을 찾아 새로운 모서리의 곡선식을 구한 다음, 모서리들간의 교점으로 새로운 꼭지점을 구하는 것이다. 이때 영면적루프(zero area loop)에 해당되는 면은 원래 곡면식을 가지고 있지 않으므로 오프셋 곡면도 구할 수 없다. 이러한 경우에는 영면적루프를 둘러싸고 있는 모서리들을 오프셋시켜 새로운 곡선식을 얻은 다음, 이들 곡선에 의해 둘러싸인 곡면식을 유도하면 된다. 그런데 영면적루프를 둘러싸고 있는 모서리 중 영길이 모서리의 경우는 역시 오프셋 곡선식을 구하지 못하므로, 이 경우는 영길이 모서리의 양 꼭지점의 새로운 좌표를 구해서 영길이 모서리의 솔리드에서의 곡선식을 구하면 된다.

5.2 토폴로지의 변화에 의한 솔리드 생성

임의의 박판 모델에 대해서 앞에 설명한 바와같이 지오메트리만 변화시켜서는 사용자가 원래 의도하는 최종형상을 얻을 수 없는 경우도 있다. 예를 들어 Fig. 16(a)에 나타낸 박판모델을 지오메트리

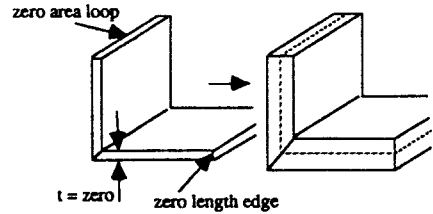


Fig. 15 Conversion to solid by changing geometry only

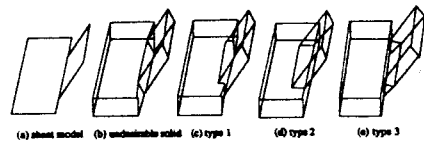


Fig. 16 Conversion to solid by changing topology

변화만에 의해 솔리드로 변환하면 Fig. 16(b)와 같이 되는데, 두개의 얇은 직육면체 형상이 접합되는 부분의 면이 의도하지 않았던 곡면이 됨을 알 수 있다. 이 경우 접합부위를 어느 면으로 하느냐에 따라 토폴로지 변화를 병행하여 Fig. 16 (c),(d),(e)와 같은 솔리드를 생성시킬 수 있다. 그런데 사용자의 의도는 대개 솔리드의 중립면이 박판모델의 각 박판과 일치하는 것이므로, Fig. 16(c)와 같은 결과가 나오도록 토폴로지 변화를 수행하게 하였다.

그러나 주어진 박판모델에 따라서는 Fig. 17(a)나 (b)처럼 세가지 경우가 전부 가능하지는 못한 경우도 있다.

즉 Fig. 17(a)의 경우는, 형태2 또는 3의 토폴로지 변화를 적용할 수 있고, Fig. 17(b)의 경우는 형태3의 한가지 방법으로만 토폴로지변화가 가능하다. 따라서, 형태3은 모든 경우에 적용되는 방법이지만 솔리드의 형상이 바람직하지 못하고, 형태1은 가장 적당한 형상으로 솔리드가 생성되지만 모든 박판모델에 대해서 적용되지 못함을 알 수 있다. 그러므로 본 프로그램에서는 먼저 형태1 또는 형태

2로의 변환이 가능한지를 검사한 후 선택 가능한 형태를 결정하고 이에 해당하는 적당한 오일러 작업을 통해 토폴로지를 수정한다. 이외의 경우는 모두 형태3의 토폴로지변화를 적용한다. 선택 가능한 형태의 결정은 박판모델의 박판과 박판이 만나는 모든 꼭지점에 대해서 그 꼭지점 주변의 면, 모서리의 상대적 위치를 고려하여 이루어진다. 이 과정을 설명하기 위해 Fig. 18의 박판모델의 한 꼭지점인 v1 주변의 면, 모서리의 상대적 위치를 고려하여 보자. Fig. 18에서 나타낸 바와 같이 인접한 두 면이 만나는 각을 α 라 하고 두 박판의 공유모서리와 각 박판의 모서리가 꼭지점 v1에서 만나는 각을 β_1, β_2 라 하고 둘 중의 큰 각을 β 라 한다. 또한 큰 각 β 를 포함하는 박판을 f1이라 하고 나머지 박판을 f2라 한다. 그러면 α, β 의 크기와 다음에 정의되는 θ 와 φ 와의 관계에 의해 그 모서리가 어느 형태에 해당되는지 결정되고, 그 꼭지점 부근에서는 그에 맞는 토폴로지가 수행된다.

θ 와 φ 는 다음과 같이 정의된다. 먼저 Fig. 19(a)에서와 같이 f2의 두께면과 같은 방향을 가지는 평면을 생각하여 이 평면과 f1의 교선을 구한다

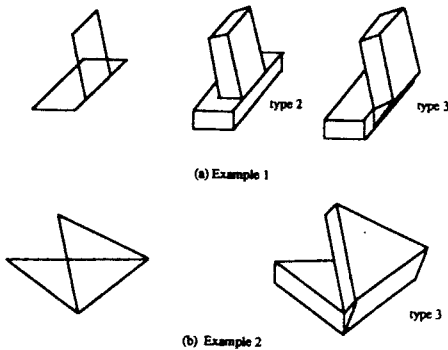


Fig. 17 Example where all 3 types of topology change are not possible

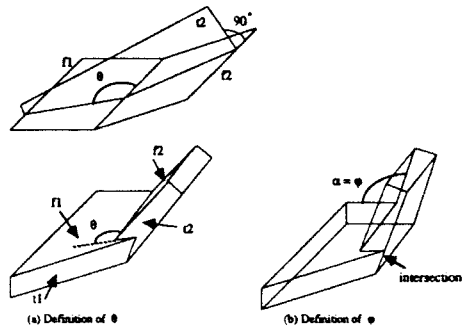


Fig. 19 Definition of θ and φ

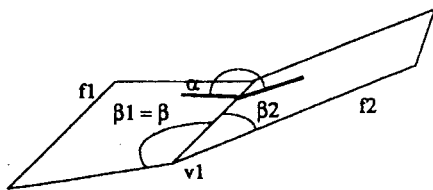


Fig. 18 Definition of α and β

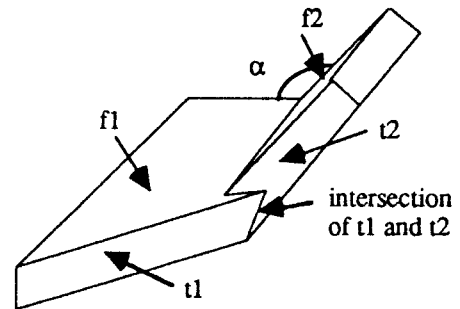


Fig. 20 Case where $\alpha > \varphi$

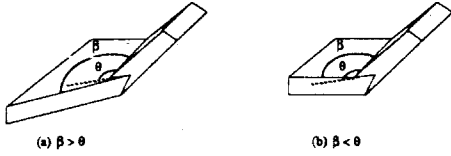


Fig. 21 Two different relations of β and θ

음 그 교선과 f_1, f_2 의 공통모서리간의 각을 θ 라 한다. 그리고 Fig. 19(b)와 같이 t_1, t_2 가 이루는 각을 φ 라고 한다. 그러면 Fig. 20에서 보듯이 $\alpha > \varphi$ 을 반드시 만족해야 형태1의 변화가 가능하다는 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 21에서 보듯이 $\beta < \theta$ 의 경우 형태1과 형태2 둘 다 불가능하다는 것을 알 수 있다. 즉 박판 f_1 의 윗면은 인접 부위가 될 수 있다. 이를 정리하면 형태1의 경우 $\alpha > \varphi, \beta > \theta$ 를 만족해야 한다는 것을 알 수 있다. $\alpha \leq \varphi, \beta > \theta$ 의 경우 형태2이며, $\alpha < \varphi, \beta < \theta$ 일 경우는 형태3만이 가능한 형상이다.

6. 적용 예

Fig. 22는 본 연구에서 개발된 박판모델러를 이용하여 작업하는 과정을 나타낸다. Fig. 22(a)는 초기의 박판을 나타내며 여기에 박판을 첨가하고 접기 작업을 수행하여 Fig. 22(b)와 같은 결과를 얻고 그후 박판의 분리작업, 리프팅작업, 지오메트리 수정작업, 펀칭작업, 라운딩작업을 적용하여 Fig. 22(c)의 결과를 얻었다.

Fig. 23은 박판모델러를 이용하여 생성한 박판모

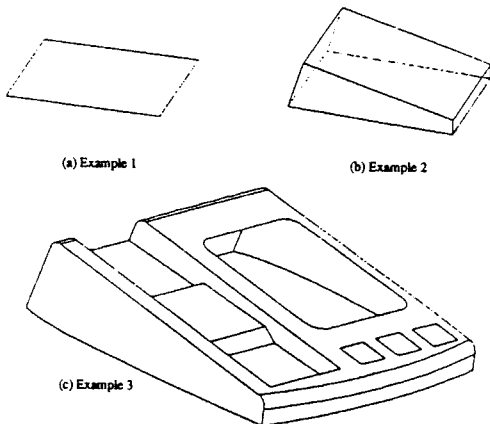


Fig. 22 Examples of sheet modeling

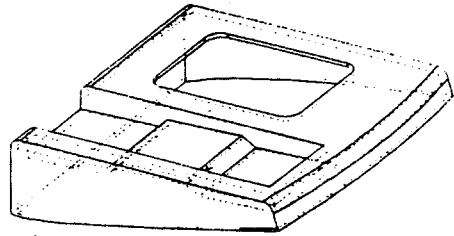


Fig. 23 Conversion sheet to solid

델러에 일정한 두께를 입력함으로써 얻은 입체의 형상을 보인다. Fig. 23에서 은선은 점선으로 처리하였다.

7. 결론 및 제안

본 연구에서는 얇은 두께로 이루어진 물체의 모델링을 위한 새로운 기법을 도입함으로써 기존의 모델링 방법이 가지고 있는 제약을 극복하고 작업 시간을 단축하였다.

이러한 새로운 기법이 실제 현장에서 사용되기 위해서는, 박판모델에서 솔리드로의 변환시 다음과 같은 내용이 더 보완, 연구되어야 할 것이다.

각각의 박판이 Fig. 24에서 보인 바와 같이 다른 두께의 압력을 받아도 솔리드로 변환될 수 있어야 한다. 현재는 같은 두께인 경우에 대해서만 솔리드로 자동변환된다.

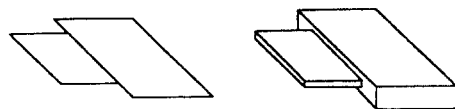


Fig. 24 Input of different thicknesses

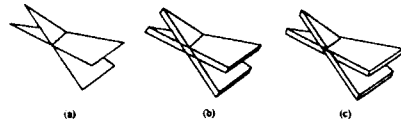


Fig. 25 More than 2 zero-area-loops intersect at a vertex

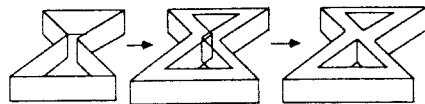


Fig. 26 Self interference

또한 Fig. 25(a)에서와 같이 셋 이상의 양면적 루프가 한 꼭지점에서 만나는 경우에 대해 Fig. 25(b)에 표시된 토폴로지로부터 Fig. 25(c)에 나타난 토폴로지로 바꿀 수 있어야 하겠다.

마지막으로, Fig. 26에서와 같이 솔리드로의 변환 후 자체간섭이 생기는 경우의 해결책이 필요하다.

참 고 문 헌

(1) Lee, S.H. and Lee, K., 1988, "An Integrated CAD System for Mold Design in Injection Molding Processes," 1988 ASME Winter Annual Meeting, Chicago.
 (2) Mantyla, M., 1988, "An Introduction to Solid

Modeling," Computer Science Press.
 (3) Chiyokura, H., 1988, "Solid Modeling with DESIGNBASE," Addison Wesley.
 (4) 허용정, 1991, "사출성형 제품의 부형상 설계를 위한 지식형 CAD시스템에 관한 연구," 박사논문, 한국과학기술원, 기계공학과.
 (5) Stroud, I., 1990, "Modeling with Degenerate Objects," Computer-Aided Design, Vol.22, No.6.
 (6) Braid, I.C., 1976, "A New Shape Design System," CAD Group Document No.89., University of Cambridge Computer Laboratory, Cambridge, UIC.
 (7) Farin, G., 1988, "Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design," Academic Press.
 (8) 박상호, 1990, "특정 형상을 입력으로 하는 모델러의 개발," 석사논문, 서울대학교, 기계설계학과.