씨마트론 E 다이 디자인을 활용한 스트립레이아웃 설계

최계광†
공주대학교 기계자동차공학부 금형설계공학전공
(2008. 3. 17. 접수 / 2008. 5. 23. 채택)

Design of the strip layout using E die design of Cimatron

Kye-Kwang Choi†
Kongju national university
(Received March 17, 2008 / Accepted May 23, 2008)

Abstract : It is important factor to design the strip layout drawing according to product properties in press die design. Press dies are important processes in production such as a car component, house electronics, computer parts etc. In this paper, the strip layout of parts was designed for transfer dies. Results of this study can be modify the punch, trim position and notching shapes of strip layout. Utilization ratio was 70.3% by conducting piercing and notching for scrap design and materials were arranged with wide width of blank layout.
Key Words : Piecing, Stamping, Blank layout, Transfer dies, Thickness strain analysis

1. 서 론

제품 특성에 따른 적정한 스트립 레이아웃 도의 작성이 프레스 금형설계에서는 중요한 요소인 것이다. 스트립 레이아웃 도의 적절한 배열에 의해서 정상제품의 양산을 보장한다고 보아도 과언이 아닐 것이다.

프레스 금형은 자동차 부품, 생활가전, 컴퓨터 부품 등의 생산에 있어서 중요한 프로세스이다. 플라스틱 성형만으로는 제품의 형태를 유지하고 강성을 강화하지 못한다. 아직까지는 엔지니어링 플라스틱만으로는 제품의 내구성을 유지하지 못한다. 프레스 금형을 제작하기 위해서 제일 먼저 해야 할일은 만들고자 하는 제품의 제품도를 금형제작에 사용할 수 있는 형태로의 부분변경과 펼쳐진 상태의 전개도가 필요하게 된다. 벤딩이나 드로잉, 엠보싱, 버링과 같이 포밍된 형상일 경우에는 각각의 포밍형상에 따른 계산식에 따라 계산하여 펼쳐진 전개도를 작성하게 된다. 전개도 작성 이후에는 제품생산수량에 따라 금형의 종류와 방식을 결정하게 된다. 생산수량이 적게 되면 각각의 공정을 개별 작업을 하는 단발금형을 제작하게 되고, 생산수량이 많게 되면 순차적으로 이송하여 한 벌의 금형에서 제품을 생산하는 프로그레시브금형을 제작하게 된다.[1] 자동차 금형과 같이 포밍 형상이 많을 경우에는 트랜스퍼 금형으로 관련부품을 생산하는 경우가 많다. 이 논문에서 스트립 레이아웃을 설계하고자 하는 부품이 트랜스퍼 금형으로 설계한 것이다.

기업 환경이 세계화로 급변하고 있는 현재, 노동집약산업을 위시하여 3D업종, 저부가가치산업, 심지어 고부가가치산업까지도 기업하기 좋은 나라로 옮겨가고 있는 실정이다. 이러한 변화에 대응하기 위하여 다소 늦은 감이 있지만 일부 3D CAD/CAM/C AE 업체에서 3D 프레스 금형설계 모듈을 개발하여 공급하고 있다.[1] 이에 본 논문은 씨마트론(Cimatron) 사에서 개발한 E Die Design 자동화금형설계 모듈을 활용하여 자동차에 사용되는 부품인 보텀 브라켓을 3D로 10공정의 스트립 레이아웃 도를 설계하였다. 다이 디자인은 하이브리드 모델링 테크놀로지와 오픈 솔리드 개념을 기반으로 개발된 제품으로 형상이 단순한 형상부터 복잡한 자유곡면을 포함하는 형상까지 솔리드 혹은 써페이스 상관없이 혼용해서 사용함으로 어떠한 형태의 오브젝트에 구애 받지 않고 작업할 수 있는 장점을 적용, 스트립 공정 설계 시에 제품의 한쪽 측면(Skin) 만을 가지고 전개를 함으로 전개능력을 극대

화하여 스트립 레이아웃도를 작성할 수 있다.

2. 본 론

2.1 픽업 프레임 제품도 및 전개도

이 부품은 캐나다에 소재한 M사의 보텀 브라켓이며 대형 트럭의 엔진부에서 발생하는 열이 의자에 전달되지 않도록 하는 부품이며 엔진부와 간섭이 발생되지 않도록 하기 위하여 여러 차례 성형부위를 수정하여 완성된 제품도를 바탕으로 스트립 레이아웃을 설계하게 되었다. Fig. 1은 보텀 브라켓의 제품도이며 Fig. 2는 보텀 브라켓의 전개도이다. Table 1에는 보텀 브라켓의 주요사항에 대하여 나타내었다.

Table 1 보텀 브라켓의 주요사항

소재 두께	3.2 mm	파일럿	직접 파일럿
재 질	SPH590	블랭크 배열	광폭 1열1개 뽑기
클리어런스	8 % t	스탬핑 방법	피어싱, 노칭, 포밍, 리스트라이킹
이송피치	244 mm	전개도 길이	219 X 505
소재 폭	520.0 mm		

스트립 레이아웃 도를 설계하기 위해서는 먼저 제품도를 작성하여야 한다. 제품도에서는 생략하거나 가공하기에 어려운 부분을 조정(arrange)하고 치수에 치수공차가 표시되어 있으면 공차를 보정 치수로 변환시킨다. 금형제작에 있어서 보정치수는 반드시 공차의 가운데 값으로 하는 것이 좋은 것은 아니고 금형의 마모, 치수의 불균형 등을 고려하여 적절한 값을 선택하여야 한다. 보정하여 피어싱, 노칭, 블랭킹 부 치수를 선택하였다.[2),3),5)]

2.2 블랭크 레이아웃 및 스트립 레이아웃 도 작성

맨 처음 스트립 레이아웃을 설계하기에 앞서 스트립 배열에 따른 재료의 이용률, 보유하고 있는 프레스 장비의 종류, 금형에 부착하게 되는 주변장비 등을 검토하여야 한다. 그리하여 최적화된 스트립 레이아웃을 확정하게 된다. Fig. 3, 4, 5, 6에는 다양한 형태의 보텀 브라켓의 피어싱, 노칭 타입으로 스트립 레이아웃을 한 예와 재료이용률 등을 나타내었다. 블랭크의 전개작업을 하면서 많은 것을 배려하는 것은 다음 공정에서 문제가 발생하지 않도록 하기 위해서이다. 블랭크 전개가 끝난 시점에서 대략 블랭크 레이아웃은 결정된다. 그렇게 때문에 스트립레이아웃 설계에 들어가기 전에 전체를 넓게 보아서 중요한 다음 공정의 준비작업으로서 종합적으로 검토하여야 한다. 트랜스퍼형 레이아웃의 작성은 이미 결정되어 있는 제품의 블랭크에서 항상 스크랩의 양을 계산하여 줄이는 것을 생각하지 않으면 재료의 소요량이 점점 많아진다.[2),6),7)]

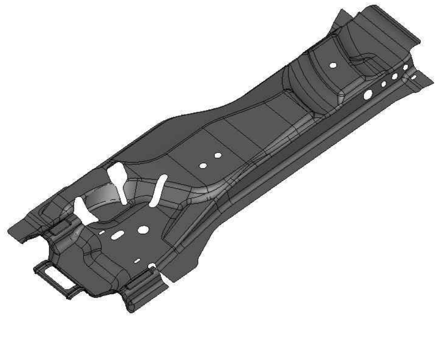

Fig. 1 Modeling of bottom bracket

Fig. 2 Modeling of bottom bracket blank

Fig. 3에서 보는 바와 같이 협폭일 때 재료 이용률은 72.3%이고, 광폭일 때 70.3%이고, 각도 배열일 때 58.1%이다. 재료의 이용률은 협폭일 때가 가장 좋았으나 기존 보유하고 있는 프레스 장비와 주변장치를 고려하여 프레스라인의 길이와 재료 이용률

을 고려하여 광폭으로 스트립 레이아웃을 배열하기로 결정하였다.

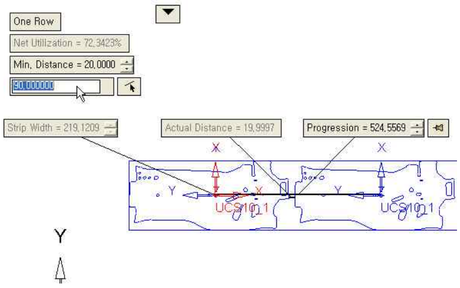

Fig. 3 Strip layout with small width

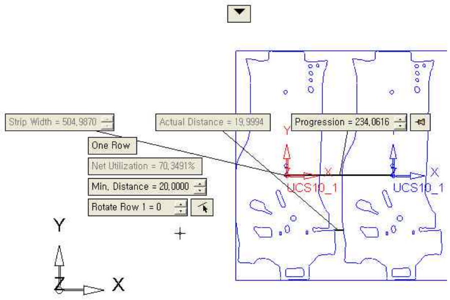

Fig. 4 Strip layout with large width

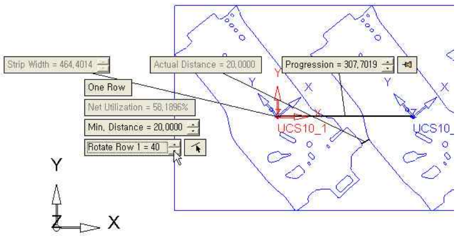

Fig. 5 Strip layout with angle

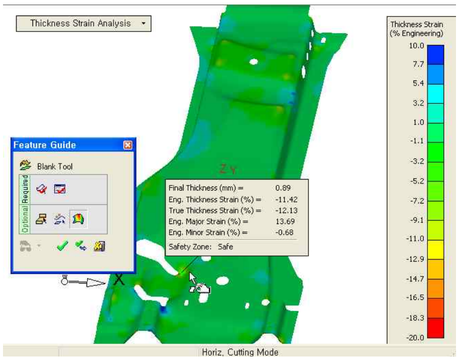

Fig. 6 FE analysis of sheet metal(FTI)

3. E 다이 디자인 스트립 레이아웃 프로세스8)

3.1 Die Setup Wizard

Die Setup Wizard는 Fig. 7과 같이 프레스 금형 설계를 위한 제품 파트를 불러오고, 데이터 관리를 위한 파일명, 폴더 및 경로를 지정을 통해 3D 다이 설계를 할 수 있는 환경을 자동으로 구성해 주는 메인 설정 창과 그 안에 설계에 직접적인 영향을 줄 수 있는 형상 전개, 네스팅 및 다이 형태에 대한 디폴트 파라메터를 설정하는 Fig. 2와 3과 같은 또 다른 두 개의 설정 창으로 구성되어 있다. 뿐만 아니라 각각 형상이 다른 두 파트를 동시에 불러와 작업도 할 수 있도록 제품 파트를 지정하는 항목이 둘로 구성되어 있다.

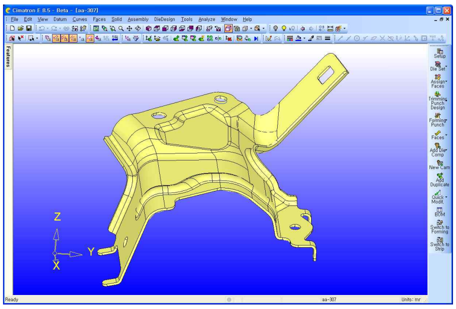

Fig. 7 Die setup wizard

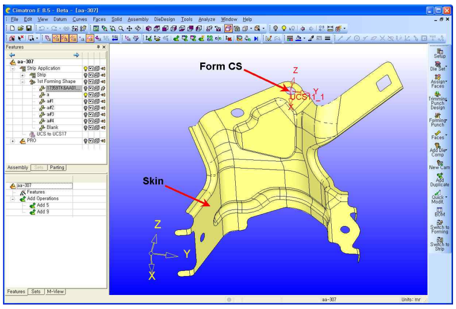

Fig. 8 Form CS selection and skin working

3.2 폼(Form)CS 지정 및 스킨(Skin) 작업

각 공정 파트의 기준이 되는 좌표를 지정하는데 그것을 폼CS (Coordinate System)라 하고 이 좌표계는 이후 진행되는 과정에서 계속해서 적용되며 필요에 따라 해당 공정에서 다시 지정할 수 있다. 이

와 함께 초기 준비 작업에서 해야 할 것이 기준 면을 정하는 것이다. 그것을 스킨(Skin)이라고 하며 (Fig. 8), 제품 두께가 있는 솔리드 혹은 서페이스 모델의 경우 제품의 상측 혹은 하측 한쪽 면을 정해서 전개하고 두께 없는 서페이스로 작업을 할 경우에는 이 과정을 생략하고 바로 전개할 수 있다. 이렇게 한쪽 면 만을 가지고 작업을 했을 때 전개 과정에서 발생할 수 있는 결과에 대한 오류를 감소 시키고 자유곡면과 같은 면을 전개한다면 보다 나은 결과를 얻을 수 있을 것이다. 이러한 작업 방식은 오픈 솔리드가 가진 장점이라 할 수 있다.

3.3 공정 설계

제품 성형 되어 가는 공정을 순차적으로 설계하는 과정으로 펀치, 밴딩, 포밍, 피어싱, 노칭과 같은 작업을 어느 공정에서 어떻게 해야 할 지, 몇 공정 만에 제품을 완성할 것인지를 판단하고 결정해서 실행에 옮기는 단계이다.(Fig. 9) 포밍 및 밴딩과 같은 작업에서는 K-factor 와 전개(두께) 기준 방향을 지정하여 보다 정확한 전개 데이터를 얻을 수 있게 되어 있다.K-factor와 전개 방향에 따라 전개 길이와 블랭크의 면적이 달라지므로 주의해야 한다. K-factor의 경우 제품 두께에 대한 비율로 표시하며 그 비율(K-Factor) = 기준 두께(t)/제품 두께(T)로 결정한다.

3.4 블랭크 및 성형 해석

소재를 프레스로 스탬핑 하였을 때 나온 제품 성형 결과를 미리 예측할 수 있는 해석 기능인 성형 안전 지역(Safety Zone Analysis)과 인장 두께 해석(Thickness Strain Analysis)을 사용하여 제품 전체 혹은 부분적인 성형했을 때 안전한 부분과 그렇지 못한 부분을 파악하고 어느 부분에 주름이 생기고 터지는지를 알아낼 수 있다.(Fig. 10) 이러한 해석의 결과는 바로 공정 설계에 반영되고, 이것을 토대로 하여 제품의 성형성을 향상 시킬 수 있음 물론 프레스 금형 제작에 소요되는 시간과 비용의 절감을 기대할 수 있다

3.5 네스팅 (블랭크 및 스크랩 설계)

여러 단계의 공정을을 거쳐 나온 블랭크 형상을 스트립 판에 배치. 이 작업은 블랭크와 스크랩 면적 사이의 스트립 판의 사용 효율을 고려해서 블랭크의 면적 비율을 극대화하는 과정으로 스크랩 면적

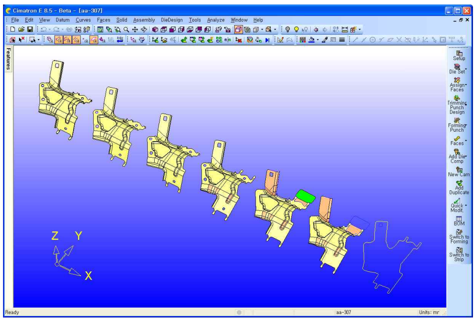

Fig. 9 Process operation design

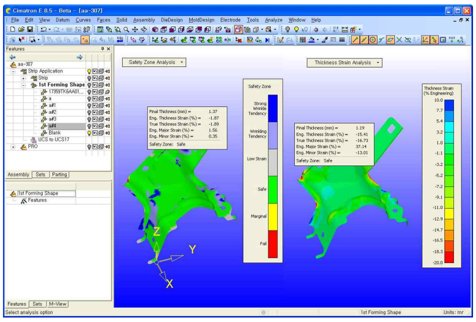

Fig. 10 Blank and FE analysis

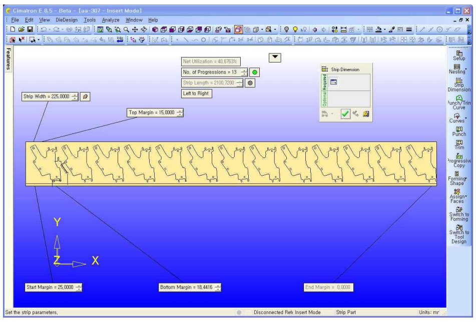

Fig. 11. FE analysis of blank

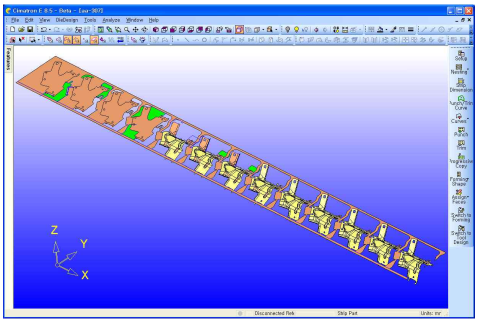

Fig. 12. Strip layout

을 최소화 함으로써 금속 스트립 판의 낭비를 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 최적화를 위한 파라메터를 입력하면 블랭크가 회전 혹은 이동되는 것에 따라 네스팅 효율의 결과가 실시간으로 표시되어 시각적으로 확인할 수 있다. 그밖에 각 공정 사이의 진행거리, 좌우 및 위아래 여유거리 및 스트립 공정 수의 변화에 따라 에 따라 금속 스트립 판의 크기를 결정할 수 있게 되어 있다.

3.6 스트립 레이아웃

스트립 설계와 네스팅의 결과를 토대로 스트립 레이아웃을 하도록 되어 있으며. 따라서 이렇게 결정된 공정들을 최종으로 금속 스트립 판으로 옮기는 작업이다. 이 작업에서 파일럿 위치 결정하고 스크랩 제거와 캐리어는 어떻게 할 것인지 그 영역을 스케치하고, 펀치/트림 및 피어싱 공정은 또 어느 공정에서 할 것 인지 등등을 포밍 공정과 함께 순서에 맞게 배열하는 과정이다. 이렇게 만들어진 스트립 레이아웃은 이전에 작업했던 내용들과 각 피처 사이에 유기적으로 연결되어 있어 공정 설계 과정 중에 발생할 수 있는 실수 혹은 오류들과 설계 변경에 따른 스트립 공정의 수정 및 편집 내용들이 바로 업데이트 된다. 또한 공정을 삭제 혹은 삽입 추가하여 필요에 따라 공정수도 늘이거나 줄일 수 있다.

4. 씨마트론 E 다이 디자인의 스트립 레이아웃 도 완성

보텀 브라켓의 스트립 레이아웃 도는 Table 2와 같은 가공 순서로 배열 하였다. Fig. 13~16에서는 전체 스트립 레이아웃 중에 중요한 공정의 스트립 레이아웃을 등각 투상법으로 나타내었다. 표 2에서 보는 바와 같이 블랭킹을 별도의 프레스에서 완성하도록 하였다. 5공정에서는 우선 재료가 변형되도록 포밍을 실시하였다. 포밍과 동시에 피어싱을 실시한 홀을 최종 완성 후에 전착도장을 하게 될 경우에 행거에 걸 구멍으로 중요하지 않아서 피어싱을 포밍과 함께 실시하였다. 위치와 구멍의 공차가 중요하게 되면 포밍형상에 따른 피어싱 및 노칭 위치를 수정하게 되기 때문에 그때에는 포밍 후에 다음 공정에서 피어싱 및 노칭을 하게 된다. 6공정에서는 중간포밍을 하고 난후의 더 이상 변형이 발생하지 않는 부분을 노칭가공을 실시하였다. 이중에 사각 피어싱 부위는 플랜지지 밴딩 후에 위치가 변경되기 때문에 최종 치수로 피어싱하지 않고 제품치수보다 편측 3mm 정도 적게 피어싱 하여 플랜지 밴딩 후의 치수변화에 대응할 수 있도록 하였다. 7번 공정에서는 6번 공정에서 노칭하지 않은 부분을 노칭한다. 8번 공정에서는 원에 해당하는 부분을 플랜지 밴딩을 실시하였다. 9공정에서는 본론에서 언급한 대로 상대 부품과의 밀착을 위해 중요부위 18개 부분이 밀착 될수 있도록 다이 인서트를 삽입하여 리스트라이킹 공정을 실시하였다. 10공정에서는 플랜지 부분의 피어싱과 포밍부 피어싱 2개소, 포밍부의 중요치수가 필요한 부분 2개소를 리스트라이킹 하였다. 11공정에서는 바닥부 피어싱 3개소, 포밍부 피어싱 1개소, 90도 성형부 1개소에 캠 다이에 의한 원형 피어싱 4개소를 실시하였다. 이렇게 하여 스트립 레이아웃 설계를 완성하였다.

Table 2 Strip layout array of bottom bracket

스테이지번호	가공공정	가공수	스테이지번호	가공공정	가공수
1	원형 피어싱	2	7	노칭	1
2	피어싱	2	8	플랜지 포밍	1
3	노칭	1	9	리스트라이킹	18
4	노칭	1	10	형상 피어싱	4
				리스트라이킹	2
5	포밍		11	형상 피어싱	4
				캠 피어싱	4
6	노칭	3			
	원형 피어싱	1			

5. 고 찰

광폭 1열 1개 뽑기로 대형 상용차의 엔진부 커버 부품을 스트립레이아웃을 실시하였다. 협폭 배열일 경우 재료이용률은 72.3%이고, 각도배열일 경우 재료이용률은 58.1%이며, 광폭 배열일 경우는 70.3%

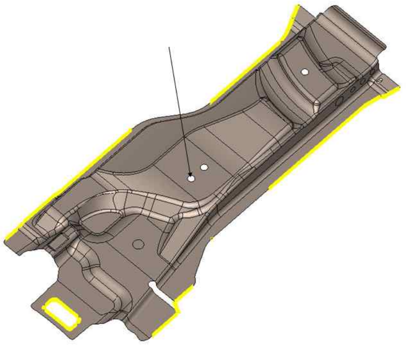

Fig. 13 5 process(forming)

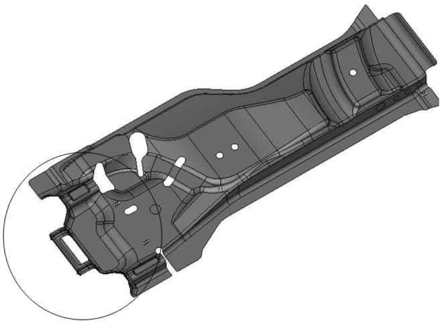

Fig. 14 8 process(flange forming)

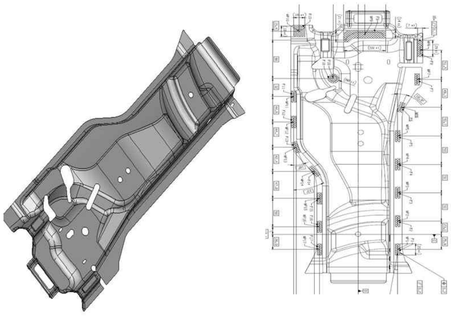

Fig. 15 9 process(restriking)

이다. 재료의 이용률은 협폭일 때가 가장 좋았으나 기존 보유하고 있는 프레스 장비와 주변장치를 고려하여 프레스라인의 길이와 재료 이용률을 고려하여 광폭으로 스트립 레이아웃을 배열하기로 결정하였다. 그리고 캐나다의 M사가 보유하고 있는 프레스 장비가 이 부품을 양산하기 위해서 300톤, 1000톤 프레스를 사용하기 원하여 광폭 1열 1개 뽑기로 하여 스트립 레이아웃을 실시하였다. 스트립 레이아

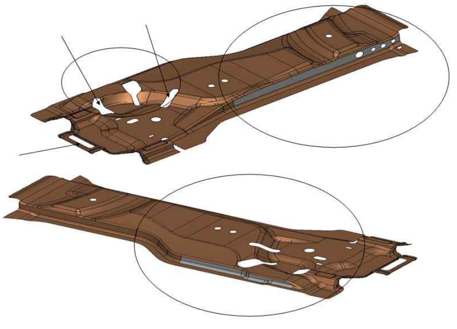

Fig. 16 10 process(piecing, restriking)

웃 결과에 보는 바와 같이 각 공정별로 중요 부분을 다시금 리스트라이킹을 실시하여 공차범위에 맞는 부품을 생산할 수 있도록 스트립 레이아웃상 9, 10 공정을 추가한 것이다. 이와 같이 프레스 금형설계시 스트립 레이아웃의 배열에 따라 제품양산이 가능한지, 불가한지가 결정되어지는 것이다. 따라서 스트립 레이아웃을 기존과 같은 방식으로 2D로 설계해서는 어려움이 속출할 수밖에 없다. 지금 세계 금형시장의 변화가 너무나 빠르게 진행되고 있다. 납기 단축을 요구하는 유저들의 요구사항을 수용하지 못하면 도태하고 마는 일들이 앞으로 비일 비재하게 발생할 것으로 사료된다. 그러므로 앞으로의 변화에 신속하게 대처하기위해서라도 3D CAD/CAM/CAE를 활용한 자동화 모듈로의 프레스 금형설계는 꼭 필요하다고 판단된다.

6. 결 론

보텀 브라켓을 씨마트론 E 다이 디자인을 활용하여 3D로 제품도를 설계하고 스트립레이아웃 도를 설계하므로 서 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

1) 2D로 설계할 때보다 PDW로 3D 설계하므로 서 직관적인 설계가 가능하였다.
   전체 혹은 부분 형상을 유한 요소 성형 해석에 의한 2D 블랭크 전개 및 베이스 면을 따라 자동 혹은 수동으로 부분적인 3D 블랭크 전개를 함으로써 어떠한 복잡한 형상 즉, 자유곡면과 같은 형상까지도 블랭크 전개를 할 수 있는 폭 넓은 확장성 및 정확하고 빠르게 스트립 레이아웃을 설계하였다.
2) 블랭크 레이아웃을 광폭, 협폭, 각도배열 등으로

시도하여 보유하고 있는 프레스 라인 및 주변장치를 고려하여 광폭으로 소재를 배열하였고 스크랩 디자인을 피어싱 & 노칭 방법으로 실시하였고 재료의 이용률은 70.3%이었다.

3) 스트립 레이아웃에서 노칭 형상 스케치 및 공정상의 Punch/Trim 위치 지정 및 편집, 포밍 공정의 위치 지정, 추가/삭제, 이동이 용이하고 공정 안에 부분적인 포밍 형상 추가가 가능하다.

4) 다이 디자인으로 설계하기 전에는 자동화된 모듈이 아님으로 해서 블랭크 레이아웃 및 스트립 레이아웃 도를 설계하기가 어려웠다. 그러나 다이 디자인을 활용하여 파트의 인식, 스크랩 디자인, 블랭크 레이아웃, 스트립 레이아웃 및 시뮬레이션을 하므로 서 각각의 피처와 전체의 공정을 자동 업데이트 기능에 의해 수정이 용이하였다.

참고문헌

[1] 최계광, 김세환, “Unigraphics NX4.0의 PDW를 활용한 픽업 프레임 스트립레이아웃 설계 연구”, 한국산학기술학회 추계학술발표논문집, pp.326~329, 2007.

[2] 김세환, “프레스금형설계공학”, 대광서림, pp.318~323, 2006.

[3] 최계광, “3D CAD/CAM을 활용한 다이플레이트의 설계 및 가공”, 한국산학기술 학회, 제7권 제4호, pp.550~553, 2006.

[4] 김세환, “도해프레스금형설계기법”, 대광서림, pp.161~166, 2003.

[5] 김세환, “프레스금형설계기준”, 한국금형정보센타, pp.71~96, 1992.

[6] 김세환, “progressive 금형설계”, 기전연구사, pp.33~155, 1987.

[7] 김세환, “프레스금형설계기법”, 대광서림, pp.35~93, 1987.

[8] Cimatron. Co., “Cimatron E Die Design Guide”