

미소 모듈기어의 Fine Blanking 성형금형 개발

김종성*·심현보**

Development of Fine Blanking Dies for Forming Small Sized Module Gear

J.S. Kim, H.B. Shim

Abstract

In recent automotive industries, fine blanking technology widely used in production of components with relatively thick gauges in brake systems, seat recliner, door locks, and auto transmission systems. Due to its advantages to obtain almost final product quality using fine blanking forming process without additional finish machining processes, consequently saving the production costs. In this paper we intended to develop the small sized module gear toothed dual seat recliner sector gear(0.5mm module) for car seats using fine blanking process which needed semi piercing with computer simulation and a lot of try and errors to achieve required accuracy and geometric quality. However through the some corrections of tool geometries with tryout test, we could get successful results.

Key words : Fine Blanking, Seat Recliner, Additional Machining, Small Sized module Gear, Semi Piercing, Geometries.

1. 서 론

1.1 Fine Blanking Process

최근 자동차 부품산업에서는 두께 3-6mm 판재의 정밀부품을 1회의 전단가공으로 매끄러운 전단면을 얻을 수 있어 후 가공을 생략하여 낮은 비용으로 생산하기 위해 fine blanking 기술이 폭 넓게 적용되고 있으며 1980 년대의 기술도입 초기단계에 외국에서 수입한 금형을 사용하여 생산하는 단계를 벗어나 단순형상의 제품에 대해서는 금형기술이 축적되어 있으나 형상이 복잡하거나 대형의 제품에 대해서는 품질상의 문제를 해결하지 못하고 아직도 시행착오 단계에 있어 지속적인 기술개발이 요구되고 있다. 다시 말하면 단순 blanking에는 큰 문제점이 없으나 bending, offset, coining, counter sinking, semi piercing등이 포함된 복합형상의 제품은 아직도 많은 기술 적용상의 문제점을 안고 있다.

여기에서 fine blanking금형에 관련된 일반적인 특성을 알아보기로 한다.

우선 fine blanking 금형은 전단과정이 일반 프레스 전단 금형에 비해 다르므로 이에 맞는 구조와 높은 정밀도를 요구한다.

일반 프레스 전단과정은 대부분 single acting 프레스를 사용하여 펀치와 다이 사이의 clearance가 재료두께의 5-10%를 유지하고 재료자체는 견고히 고정되지 않은 상태에서 전단되므로 미소한 bending작용으로 평평한 제품 표면을 얻을 수 없고 절단면은 상면에 대해 정확한 직각도를 얻을 수 없다. 특히 절단면은 두께의 1/3까지 전단되고 나머지 2/3 부분은 취성 때문에 파단면으로 나타나 절단표면의 상태는 극히 나빠지므로 요구 기능에 따라 shaving, trimming 등의 프레스 가공이 추가되거나 2차적으로 공작기계 상에서 broaching, milling, turning, drilling, reaming, grinding 등에 의한 최종치수와 형상 및 표면조도를 얻기 위해 추가가공이 뒤따라야 한다.

* 한국생산기술연구원

** 영남대학교

그러나 fine blanking에서는 전단과정이 3단의 복합작동 프레스에 설치된 금형상의 V ring이라고 하는 돌출부에 의해 소재를 파고 들어가 완전하게 고정된 상태에서 전단하고 특히 펀치와 다이 사이의 clearance가 제품 두께의 0.5%를 유지하므로 전체 두께의 전단면에 걸쳐 매끄러운 표면과 특히 표면조도는 재료의 두께에 따라 일반 기계가공에서나 얻을 수 있는 Ra 0.4 -16 μm 가 얻어지므로 추가의 기계가공은 필요 없다. 전단면은 제품 상측 평면에 대해 직각도의 편차가 아주 작으므로 한번의 공정으로 전단 상태의 제품을 기능 부품으로 그대로 사용할 수가 있다. 다만 전단이 개시되는 제품위치에 die roll이라고 하는 rounding이 생기는데 이는 제품기능에는 큰 영향을 줄 정도가 아니므로 문제가 아니나 전단이 끝나는 위치에서 burr가 약간 생긴다. 이는 제품의 기능상 문제가 되면 사후 연삭 또는 barrel가공등을 통해 제거한다. 제품의 기능상 burr가 생기는

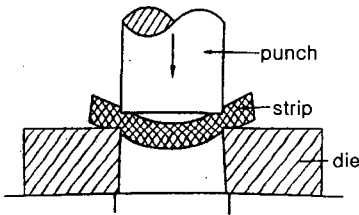


Fig. 1 Conventional press blanking

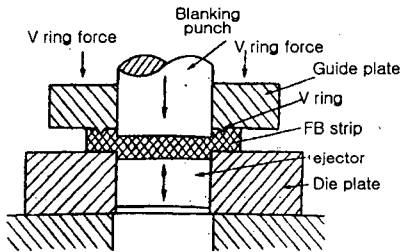


Fig. 2 Fine blanking press blanking

쪽의 위치를 변경해야 할 경우도 있는데 이때는 금형의 설계구조를 변경하여야 한다.

두 번째로 fine blanking에서는 전용 프레스를 사용해야 한다. 정밀도가 높은 금형이 제대로 작동되려면 기계의 안내 정밀도가 높아야 함을 물론 두꺼운 판재의 전단에 필요한 힘을 얻기 위해 200ton 이상의 대용량이 필요하고 금형의 작동 순서에 따른 다단 운동을 얻을 수 있는 전용 프레스를 사용하여야 한다.

세 번째는 fine blanking에 적합한 재료를 사용하여야 한다. 이들 재료에서 만족스런 제품을 얻으려면 재료에 연성이 충분하고 강도가 너무 높지 않은 것 등이라야 하며 아무 재료든지 fine blanking 품질을 얻을 수 있는 것은 아니다. 일반 프레스 blanking에서는 재료의 특성이 제품에 큰 영향을 주는 것은 아니다. fine blanking에서는 재료의 적부에 따라 성공적인 제품 생산 여부가 달려 있다. fine blanking용 재료는 강재를 비롯한 비철금속 재료를 포함하여 여러 가지 재료가 있을 수 있으나 이 중 대부분은 강재로서 fine blanking에 적합한 재료가 될 때 비로소 fine blanking 표면을 얻을 수 있다. 재료의 특성 중 가장 중요한 것은 충분한 연성을 가져야 한다는 것이다 즉 우수한 可鍛性을 가져야 유연한 전단작용이 일어날 수가 있다.

일반의 pearlite 조직을 가진 강재는 cementite와 ferrite가 층상으로 존재하여 전단면에 균열을 일으키고 전단시 날이 층상의 pearlite 조직을 관통하면서 마모를 일으키게 되기 때문이다. 이 층상의 pearlite 조직 내에는 인장강도가 300 kgf/mm² 정도로 높은 부분이 포함될 수 있어 금형의 마모 및 파손의 원인이 될 수 있다.

Fine blanking 재료로서는 球狀化 cementite 처리를 하여 완전히 확산시킨 재료라야 전단면에 양호한 면이 얻어진다 이 재료는 연하여 금형에 마모를 일으키지 않고 많은 제품을 생산할 수 있다 이 과정은 재료에 경도를 높이는 cementite가 球狀으로 미세하게 분포되므로 절단 날에 대응하기보다는 연한 기지 내로 밀려 들어가므로서 재료표면에 파단면이 생기지 않고 소성변형을 주기 때문에 양호한 표면 품질을 얻을 수 있는 것으로 생각된다

아울러 fine blanking process에서는 소재에 적합한 fine blanking oil이 윤활유로 사용되어야 한다. 이를 통해 제품의 전단면에는 원활한 재료의 소성 유동이 생겨 매끈한 가공면이 나올 수가 있다. 이 밖에도 제품의 요구 품질이 fine blanking에 적합해야 한다. 요구 품질이 너무 까다로우면 높은 금형비가 요구되고 금형 수명이 단축되어 제품단가가 비싸지는 결과를 초래할 수도 있다.

상기의 것들은 fine blanking 금형설계에 직·간접적으로 관계가 있는데 결국 금형에서 만족스런 제품을 생산 해내려면 관련기술도 확실히 알아 문제점이 생기지 않게 설계에 고려해 넣어야 할 것이다.

2. Dual seat recliner sector gear tooth 성형금형 설계

2.1 제품의 특성 분석

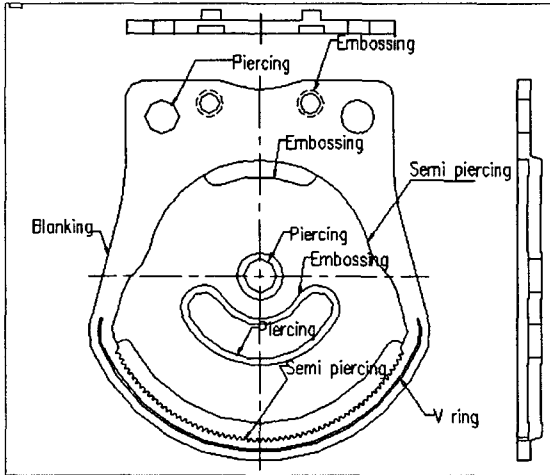


Fig. 3 Fine Blanking product drawing

제품인 dual recliner gear는 Fig. 3 에서와 같이 두께 4.0mm로서 두 개의 piercing 구멍, semi piercing한 중앙부에 다른 부품이 설치될 원형의 구멍과 반달형의 opening을 가지며 부채꼴 모양의 원주 상에 module 0.5mm의 내측 기어를 가지고 있으며 바닥은 부품의 확실한 접촉을 위해 윤곽을 따라 아래쪽으로 recess를 가진 형상의 제품이다. 상부 평면부는 0.3mm의 평면도를 요구하고, semi piercing한 바닥부는 0.2mm의 평면도를 가져야 한다. 이는 설치될 상대편 부품인 외측 sector gear가 부채꼴의 내측기어에 정확히 맞물리게 하기 위함이다.

위의 형상을 가진 제품의 특성은 비교적 면적이 넓은 제품으로서 fine blanking시 평면도를 얻는 것과 semi piercing공정을 통하여 recess와 함께 부채꼴 형상의 내측 기어를 성형해야 하는 비교적 어려운 금형구조와 정확한 요소부품 설계와 가공이 요구되는 특성을 가지고 있다.

비교적 표면이 넓은 제품이므로 평면도를 얻는 것이 용이하지는 않다고 예상되므로 이는 펀치, 다이, ejector의 상호 작용을 면밀히 고려하고 더욱이 기어 형상을 얻기 위해서는 정확한 펀치 형상 및 펀치의 안내가 요구된다.

또한 제품의 전체 윤곽형상에 대해서는 표면조도가 Ra 2.4 μ m이며 각 전단면은 75-90%의 clean cut 이 요구되는 제품이다.

위의 제품은 소재가 nickel chromium molybdenum 강재인 SNCM220 으로서 국내에서 널리 사용되는 재질로서

탄소 함유량이 비교적 낮으나 크롬과 몰리브덴을 함유한 재질이며 성형 후 내마모 경도의 증가를 위한 침탄강으로 일반적인 강재는 인장강도가 80Kg/cm²이상이나 구상화 처리를 통하여 인장강도를 낮추고 연신율을 높인 것이므로 성형성이 우수하고 조직도 성형에 문제가 없으므로 제품의 형상이 복잡성형이 요구되는 것을 제외하고는 재질 자체에 기인되는 금형의 난이도가 어려운 것은 아니다.

아래에 소재의 화학성분과 기계적 성질을 표로 나타낸다.

Table 1 Chemical composition of material

unit : %								
Material	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SNCM220	0.20	0.25	0.71	0.010	0.013	0.72	0.48	0.15

Table 2 Mechanical properties of material

Material	Yield strength (kgf/mm ²)	Tensile strength (kgf/mm ²)	Elongation (%)
SNCM220	33.8	46.8	32.2

2.2 Strip layout

생산할 제품은 가로 115mm 세로 105mm의 직사각형의 면적을 차지하고 있어 프레스의 작업 평면 공간에 비해 넓은 공간과 또한 높은 하중 용량이 요구되어 multi-line 구조의 layout은 적합하지 못하므로 progressive in-line 구조로 하여 일렬로 배치 하였다. strip의 폭은 최소 scrap bridge의 너비를 고려하여 117mm로 하고 cavity간의 최소 scrap bridge를 고려하여 feed pitch를 119mm로 정했다. 이러한 배치로 할 경우 고려해야 할 사항은 사용할 fine blanking 프레스의 유효 작동공간이다. 즉 유압에 의해 금형부품에 힘을 전달할 수 있는 작업공간은 ϕ 400mm이내에 있어야 하므로 feed pitch 119mm를 고려하면 stage 는 3단을 넘을 수 없게 되므로 3 stage로 결정하였다.

Progressive layout의 작업 순서는 첫 번째 stage에서 기어형상 바깥쪽에 제품을 성형할 때 소재의 유동을 제한하기 위해 0.3mm 깊이의 V-ring자국을 성형하고 소재를 feed pitch만큼 씩 정확한 간격으로 이송하기 위한 ϕ 10mm의 pilot 구멍을 piercing 한다.

두 번째 Stage는 바로 앞 stage에서 piercing한 두개의 hole을 piloting하고 $\phi 6\text{mm}$ 의 embossing 돌출부를 성형하고 중앙의 반달 모양의 opening을 piercing하고 그 주변의 recess부분을 성형하는 공정이다.

마지막 세 번째 Stage는 두 개의 $\phi 10\text{mm}$ Hole과 중앙의 $\phi 14\text{mm}$ hole을 piercing하고 아울러 semi piercing을 통하여 가운데 recess와 부채꼴 모양의 sector gear를 성형하고 또한 전체 윤곽을 blank out

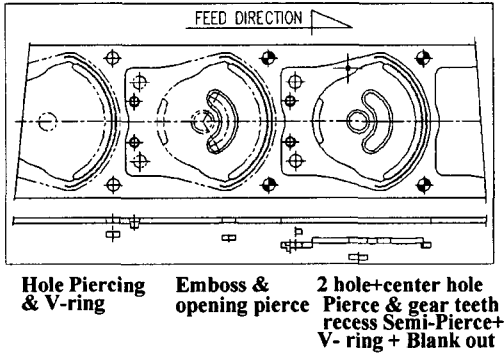


Fig.4 Strip layout

해내는 공정이다. 윤곽을 blank out할 sector gear부분의 소재 유동에 따른 변위를 방지하기 위해 sector gear부에 인접하여 앞서 0.3mm깊이의 V-ring의 홈을 또다시 0.8mm깊이의 V-ring으로서 깊은 자국을 만들면서 blanking 해낸다. 이와 같이 마지막 공정에서 여러 형상을 한꺼번에 성형하는 이유는 제품의 요구 품질인 평면도와 sector gear 부분을 높은 정밀도로 성형하기 위함이다.

3 Fine blanking 공정의 Simulation

3.1 개요

Fine blanking공정에서는 편치가 소재에 접촉된 후 편치의 진행에 따라 소재가 변형하는데 이때 발생하는 변형은 전단 소성변형이며 주로 전단면 근처에 집중적으로 발생된다. 파단이 발생하는 변형의 최종단계에서는 재료에 축적된 소성변형 량의 함수로 정의되는 damage 값이 파단 임계치를 초과되면서 파단이 발생된다. 그런데 fine blanking 공정에서는 공정도중 소재에 파단면이 있을 경우에는 전단면이 매끈하지 못하기 때문에 파단면이 나타나지 않도록 공정을 설계하고 있다. 따라서 이상적인 fine blanking 공정에서는 전단면이 나타나지 않는, 즉 소성변형에 의해서만 공정이 수행되어야 한다. 따라서 fine blanking 공정을 해석할 때에는 파단의 해석보

다는 소성변형의 해석이 주된 목적이 되어왔다.

본 과제에서 유한요소 해석의 목적은 seat recliner gear의 생산단계에서 평면도에 영향을 주는 deformation을 제어를 하기 위한 기초 해석이다. Deformation은 counter force 압력뿐만 아니라 stage에 포함된 모든 성형에 의해 간접적인 영향을 받고 있기 때문에 해석이 대단히 복잡해진다. 또한 seat recliner gear의 모양이 축대칭 또는 평면변형해석으로 해석이 가능한 형태가 아니기 때문에 3차원 성형해석이 필요하다.

예측의 정확도는 전단면 근처에 위치하는 element의 크기를 미세화 할 수록 높아지며 따라서 대단히 많은 element를 배치해야 한다. 그런데 이 과정을 3차원적으로 해석할 경우 수행공정 모두에 대해 그 영향을 deformation 해석에 모두 고려한다면 각각의 전단면에 대한 element의 수를 더 많이 배치해야 하기 때문에 과도한 갯수의 element 및 node를 생성하게 되어 해석량이 초과되어 결과적으로 해석시간 및 컴퓨터의 능력 때문에 현실적으로 해석이 거의 불가능해진다. 뿐만 아니라 전단공정은 전단면근처에 있는 element가 주로 전단 변형에 의해 이루어지는데 전단공정의 진행에 따라 전단면 근처에 있는 element가 크게 찌그러지기 때문에 negative의 Jacobian등이 발생할 수 있다. negative의 Jacobian이 발생되면 더 이상의 해석은 불가능하고 새로운 mesh의 생성을 통하여 mesh의 품질(quality)를 조절 한 후 계산을 계속해야 한다. 그런데 소프트웨어의 3차원 mesh의 생성은 아직도 완벽하게 구현되고 있지 못한 형편이기 때문에 3차원 mesh 재구성 또한 해석을 어렵게 하는 주요한 요인이 되고 있다.

이러한 한계 때문에 본 과제에서는 편의상 deformation 발생의 주요한 요인으로 판단되는 semi piercing 및 blankout 공정에 의해서만 성형이 된다는 것으로 가정하여 3차원 유한요소법으로 변형해석 하였다.

3.2 Deformation을 해석을 위한 Modelling

3.2.1 Modelling

문제의 공정에서는 seat recliner gear 중앙의 구멍 piercing, V-ring 압입, gear forming, semi piercing 및 blank out 가공이 동시에 진행되는데 이 공정들의 영향을 모두 고려하기에는 계산 소요량이 파다하게 많아 현실적으로는 해석이 불가능하여 deformation에 가장 큰 영향을 주는 semi piercing 공정에 대한 해석에 주안점을 두었으며 가장 큰 영향을 미치는 인자가 편치와 다이

사이의 clearance의 크기에 따른 영향을 조사하였다.

Feintool 사의 기술자료에 따르면 펀치와 다이 사이의 적정 clearance는 0.02mm인데 본 해석에서는 0.02mm와 0.04mm일 경우에 대하여 계산하여 deformation에 미치는 clearance의 영향을 조사하였다.

금형의 모델링은 상용 CAD프로그램인 Pro-E를 이용하였고 모델링된 금형을 STL file로 전환하여 3차원 소성가공 해석전용 S/W인 DEFORM-3D를 이용하였고 제품의 형상이 대칭임을 이용하여 1/2 만 해석을 시행하였다.

Pro-E에서 모델링된 금형면을 STL file 형태로 전환하여 Deform-3D에 import하였다. 소재는 DEFORM-3D의 자체 유한요소 mesh generator인 AMG(Automatic mesh generator)를 이용하여 4 절점 4면체 element로 meshing 작업을 하였다. Fig 5은 Pro-E에서 모델링한 후 STL file 형식으로 DEFORM-3D에서 읽어들이 금형면을 나타내고 있다. 금형면이 STL file의 특징인 삼각형의 조합으로 구성되어 있음을 확인할 수 있다. Fig. 6은 변형해석을 위한 finite element이며 element의 개수는 12200개이다. 전단면부근에서 변형이 집중되고 나머지 부분에서는 변형이 거의 없기 때문에 계산의 효율화를 위해 전단면 부근의 element는 미세화 시키고 나머지 부분은 element의 크기를 크게 하여 계산의 효율화를 도모하였다. Fig. 7은 최종 완성된 모델링 형상으로 펀치는 변위 경계조건, ejector 및 holder에는 압력 경계조건을 부여하였는데, holder의 압력은 펀치압력의 1/10정도인 5 ton으로 하였고, ejector의 압력은 펀치압력의 1/5정도인 10 ton을 사용하였다.

3.3 해석결과

전단공정에서의 deformation은 펀치와 다이 사이의 clearance에 의한 bending moment의 발생에 기인한다. deformation을 줄이기 위해서는 clearance을 최소화하는 것이 필요하다. 그런데 clearance은 펀치와 다이 부분의 모서리 반경과 큰 관계가 있다. 즉 펀치와 다이 사이의 clearance가 작더라도 반복사용에 따른 마모 또는 초기에 설정한 모서리 반경이 클 경우에는 bending moment를 발생시키는 거리가 증가하기 때문에 모서리 반경을 작게 유지하여야 한다. 특히 fine blanking의 경우 전단면의 품질이 중요하기 때문에 모서리 반경을 작게 유지할 필요가 있다.

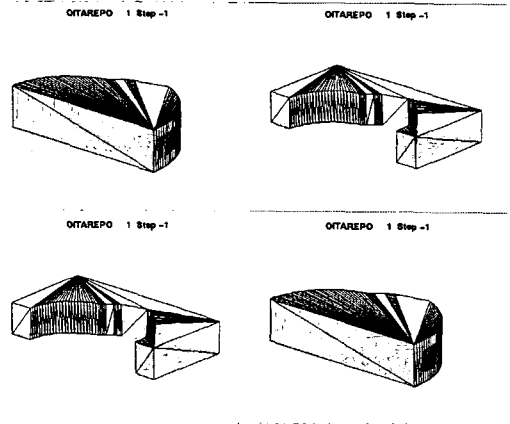


Fig. 5 Die element geometries (punch, die, blank holder. clockwise from upper left)

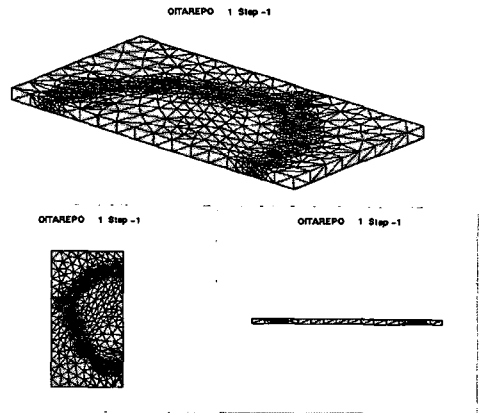


Fig. 6 Initial FEM model

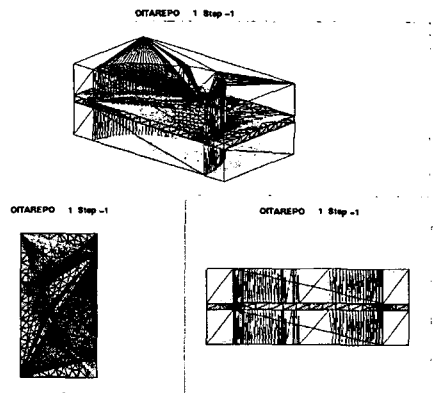


Fig. 7 Final FEM model

본 해석에서는 semi piercing 공정에 의한 deformation의 영향을 조사하기 위하여 semi piercing의 최종 성형 즉, 펀치가 3.2mm 진행할 때까지 해석하였다.

그런데 성형이 진행됨에 따라 전단면 부근의 전단변형이 집중되고 이러한 전단변형의 집중에 따라 element의 찌그러짐 및 금형면 침투현상이 극심해지기 때문에 그해가 부정확해지고 심한 경우 음의 Jacobian이 발생하는 원인으로 어느 한계를 지나면 계산이 불가능해진다. 일반적으로 유한요소법으로 소성가공 공정을 해석할 때 이러한 문제가 발생되면 remeshing을 통하여 mesh quality을 개선시킨 후 계산을 다시 진행하는 방법으로 해결하였다.

그런데 Deform-3D에서는 node위치 만으로 금형과의 접촉여부를 판정하기 때문에 실제로 금형면이 예리한 각도로 꺾이는 부분, 즉 펀치나 다이의 모서리 부위에서는 node은 금형면 밖에 있더라도 소재는 금형 속으로 element가 침투하는 현상이 발생할 수가 있다.

이러한 문제를 해결하는 방법으로는 크게 격자의 크기를 줄이는 방법과 접촉판정깊이를 줄이는 방법 등의 2가지가 있다.

Mesh의 크기를 줄이는 방법은 예리한 각도로 꺾이는 금형면 부근의 mesh 수를 증가시켜 주는 방법으로 결정된 mesh구조를 계산에서 그대로 유지하는 방법으로 Deform-3D에서의 자동 remesh generation을 이용할 수 방법으로서 수 작업에 의해 해결할 수밖에 없다. 접촉판정 침투 깊이를 줄이는 방법은 자동 remesh generation과 관계가 있는데 침투깊이가 설정한 한계를 지나칠 경우 자동적으로 mesh를 재구성하여 mesh의 품질을 좋게 한 후 계산을 계속 진행시키는 방법이다. 그런데 자동 remesh generation의 문제점으로는 mesh generation에 필요한 계산시간이 많아지는 문제점이 있다. 특히 본 문제와 같은 전단공정에서는 금형면이 예리하게 꺾이기 때문에 mesh generation의 횟수가 많아진다. 그런데 3차원 소성변형의 유한요소 해석에서는 3차원 격자재구성이 가장 큰 문제점이며 3차원 remesh generation기능의 차이가 바로 그 S/W의 해석능력과 직결되어 있다. 초기에는 AutoForge S/W를 이용하여 해석을 시도하였으나 3차원 remesh generation 기능의 부족이 문제가 되어 Deform-3D를 이용하여 해석을 하였다. 본 과제와 같은 경우 예리한 전단면 뿐 만 아니라 전체적으로 제품의 모양이 복잡하기 때문에 Deform-3D의 자동 remesh generation기능을 이용할 경우 mesh generation이 불가능하였다. (간단한 모양의 경우는 가능) 따라서 본 해석에서는 접촉판정깊이를 줄이는 방법

대신 전단면 부위의 element를 미세화 하는 방법으로 해결하였다.

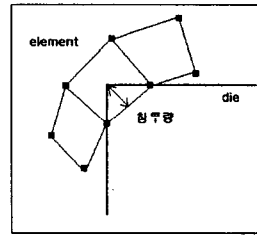


Fig 8(a) Rough elements creation close to blanking zone

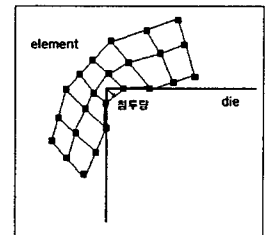


Fig. 8(b) Fine elements creation close to blanking zone

Fig 8(a)는 전체적으로 고르게 mesh를 생성, 즉 전단면 부근의 element의 크기를 줄이지 않은 경우이며 소재가 금형면에 심하게 침투하고 있음을 확인할 수 있으며, Fig 8(b)는 전단면 부근의 element를 미세하게 한 경우의 계산결과를 나타낸 것인데 금형면 침투량이 증가할 경우 deformation이 증가함을 알 수 있다. 따라서 정확한 deformation을 알기 위해서는 금형면의 침투를 줄여 주는 노력이 필요하다. 그런데 금형면 침투현상을 줄여 주기 위해서는 element의 크기를 줄여줄 필요가 있는데 element의 크기를 줄여줄 경우 계산량이 과도해지는 문제점이 있다. 참고로 본 해석에 사용된 computer는 Pentium-III, 450MHz로 512 Mb의 Ram을 이용하였다. 현재의 모델로 한번 자동 remesh generation을 수행하는데 40시간이상을 소요하여도 remesh generation이 완료되지 못하였기 때문에 침투깊이를 설정함으로써 이용할 수 있는 자동 remesh generation 기능은 이용하지 못하였다. 현재의 해석모델도 일정 단계마다 수작업으로 remesh generation을 해줄 필요가 있기 때문에 해석이 끝날 때까지 3~4 회의 remesh generation을 포함하여 한번 계산에 최소 3일 이상을 소요되었다.

계산 결과 얻어진 중앙부의 deformation은 다음과 같다.

- clearance 0.02mm, counter force 없는 경우 : 0.32 mm
- clearance 0.04mm, counter force 없는 경우 : 0.43 mm
- clearance 0.02mm, counter force 있는 경우 : 0.044mm

4. 제품 평면변형 문제점 해결 방안

앞서의 해석에서도 취급한 바와 같이 본 과제에서 개발하고자 하는 대상 제품은 면적이 비교적 넓은 제품으

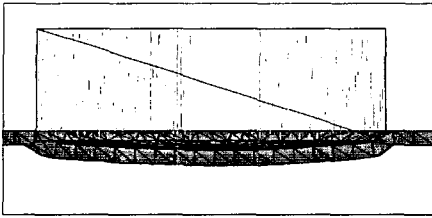


Fig. 9 Deformation result from rough elements created model (clearance : 0.02mm, without counter force)

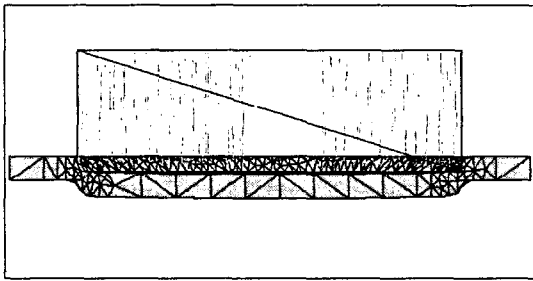


Fig.10 Deformation result from fine elements created model (clearance : 0.02mm, without counter force)

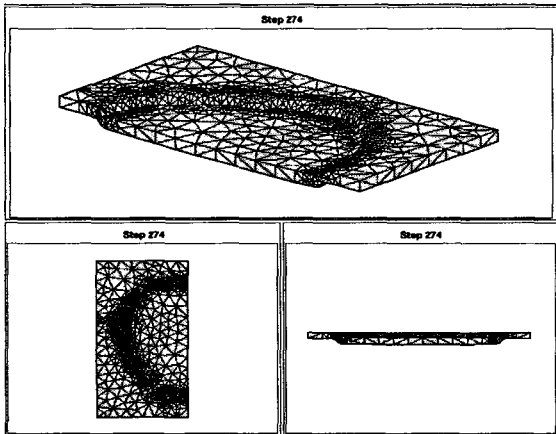


Fig. 10 Finally formed geometry (clearance:0.02mm, without counter force)

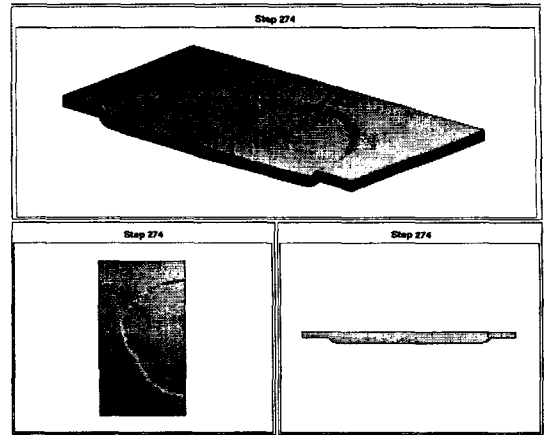


Fig. 11 Shaded finally formed geometry (clearance:0.02mm, without counter force)

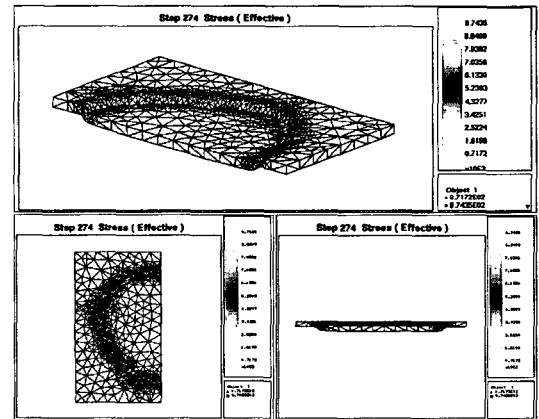


Fig. 12 Effective stress of finally formed geometry (clearance: 0.02mm, without counter force)

로서 면에 대한 평면도를 얻는 것과 semi piercing에 의해 성형해야되는 내측의 sector gear형상이 중요하다.

먼저 제품의 평면도를 얻기 위해 특히 고려해야 사항은 힘이 가해질 때 금형부품의 틈새에 다른 경사를 줄여야하고 펀치와 ejector사이에서 clamping된 상태에서 공정이 이루어져야 하고, gear부를 성형시 소재유동이 원활하게 되도록 해야하는 점이 요구된다. 이를 위해서는 먼저 금형의 작동부품의 틈새를 규제하기 위한 치수 정밀도와 가공면의 표면조도를 엄격히 규제하고, 제품이 semi piercing될 때 clamping작동을 하는 ejector에 적절

한 압력이 가해져야 함은 물론 이 힘의 작용점이 평형을 유지하도록 위치를 결정하는 작업이 필요하다. 이를 위해 금형내에 유압실린더를 설치하여 이에 의해 추가의 clamping작동을 적용하고 그 힘의 작용점 위치에 대한 힘의 평형이 유지도록 하는 것이 필요하다. 위의 설계적인 측면에서 고려해야 할 사항을 충족시켰는데도 요구 평면도를 만족시키지 못하는 제품이 발생될 경우에는 이차적인 방안으로서 제품의 평면도 변형상태를 정확히 측정하여 semi piercing ejector 및 윤곽 blank out ejector 부품을 수정하도록 한다는 대안을 마련하였다. 그러나 이러한 방법은 시행착오적인 방법이므로 정확한 성형해석 결과를 적용하는 방안이 바람직할 것이다.

5. 금형의 시험 및 수정보완

시작 금형을 만들어 일차적으로 시험하는 과정에서 모든 전단면과 내측 sector gear부에서 양호한 표면 거칠기를 얻을 수 있었으나 전체 제품에 대한 평면도가 허용한계치를 초과하는 결과를 초래하였다. 즉 윤곽평면에 대한 허용 평면도는 0.3mm이내이어야 하나 0.5mm의 평면도가 얻어졌고 semi piercing한 sector gear부의 단차를 가진 recess 부 평면에서는 0.2mm의 평면도가 허용되나 0.25mm의 평면도가 얻어져 부득이 수정보완이 요구되었다. 이러한 원인을 분석해 보면 gear부의 semi piercing과 윤곽 blanking out 공정이 수행될 때 전단길이 집중되어 있는 gear부에 집중 하중이 작용되어 소재에 미소한 bending현상이 발생되어 gear에 가까운 부분에서 단차부 깊이가 깊어지고 상대적으로 gear부의 반대쪽에는 깊이가 얕아지는 결과를 초래하며 아울러 윤곽부의 평면에서도 gear부에 인접한 부분의 평면도는 양호하나 이곳에서 가장 멀리 떨어진 부분인 두 개의 직경 10mm 구멍 쪽에는 높은 평면이 얻어지는 것으로 볼 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 단차의 얇은 바닥부와 윤곽의 높은 평면 부분에서 먼저 압력을 받게 하기 위해 punch와 마주보는 부품인 각각의 ejector 평면을 방전 및 연삭하여 부분적으로 높낮이를 조절하는 방법을 사용하였다. 즉 제품의 평면에서 높은 곳에 해당되는 부분에 대해서 상대적으로 ejector 표면을 방전 후 부분 연삭으로 낮추어 제품이 약간 bending 되면서 gear부 성형 및 윤곽이 Blank out이 수행되도록 하므로써 평면도 공차를 만족하는 제품을 얻을 수 있었다. 물론 이러한 수정에서 punch 표면부도 함께 부분 연삭하는 것이 효과적이기는 하나 펀치의 마모시 재연삭 할 경우 부분 연

삭된 정확한 표면을 얻기에 많은 시간과 주의가 요구되어 반대쪽의 ejector 평면의 높이를 조절하는 수정방법이 시행착오는 많아지나 펀치보다는 마모가 큰 문제가 되지 않는 ejector를 수정하는 쪽이 금형의 지속적인 사용에서 down time을 줄이는 방법이라고 판단된다.

6. 결론

본 과제에서 개발 한 fine blanking 복합성형 progressive 금형을 자동차 dual seat recliner 부품을 생산하기 위한 금형을 통하여 수행하였으며 금형개발 과정에서 얻어진 결론은 아래와 같다.

- (1) 복합성형을 요하는 금형에서는 소재의 소성변형에 따른 소재의 유동으로 인하여 설계 의도와는 달리 제품의 평면변형이 야기된다는 점을 사전에 충분히 고려해야 한다.
- (2) 상기의 문제점을 예측하기 위한 simulation에서 공정의 상호작용을 규명하는 것이 금형에서 시행착오를 줄이는 방법이 될 수 있으나 현재까지는 변형에 대한 定性的인 결과는 도움이 되나 아직은 定量的인 결과는 실제 결과로의 근접이 어렵다.
- (3) 소재의 유동에 따른 변형이 부득이한 경우 실제 얻어진 결과를 판단하여 시행착오적인 금형의 부분적인 수정은 불가피하다.

참고 문헌

- (1) Intorduction into the technology fineblanking tools April 1991 KAITECH
- (2) A technical introduction to Feintool AGLYSS May 1995 FEINTOOL
- (3) ファイン ブランキング 精密打抜きの理論と實際 1998 日刊工業新聞社
- (4) 薄板のプレス 加工 1992 實教出版
- (5) Metal Handbook Forming 1978 ASM
- (6) Mechanical Desktop 1998 Autodesk
- (7) Feintooling Information 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 Feintool AG Lyss