

SNCM 강종의 파인블랭킹 전단부의 변형거동에 관한 연구

이종구

경기과학기술대학교 금형디자인과

A study on the Shear Zone Deformation Behavior Of Fine-Blanking Process Of SNCM 220

Jong-Ku Lee

Department of Die & Mold Design, Kyonggi college Of science and Technology

Abstract : The aim of this dissertation is inferring factors controlling the complex strain behavior of the material and the characteristics of the Fine-Blanking in the most narrow area at the shear zone where we are performing the Fine-Blanking. And also this is for inspecting and presenting their uses and the possibilities to make the results data based in order to utilize easily. Therefore, to analyze of shere zone's strain behaviour , the Fine-Blanking process need to be modelled defining the quadratic-nodded and axi-symmetrical elements as the problems of large deformation axi-symmetry and the non-linear contact.

For the method of inputting strain-stress values of the material, the piece-wise linear technics were used ,the Implicit-Finite Element method also used making balance of forces on each step by the long intervals, calculates and converges many times was done. The materials used for the analysis was the Steel SNCM220 5.5mm respectively. As the result of FEM analysis, we know that shear stress value in the beginning of punch penetration is distributed widely and done high both in the center of the late-thickness and on the both sides centering around shear strain zone as the punch penetration is increasing. Also.

Key Word:

1. 서 론

파인블랭킹 과정은 일반전단과정에서 보다 가공 인자들이 많고, 극히 좁은 전단영역에서 복잡한 변형을 하기 때문에 이론적으로 정확한 해를 구하는 것이 어렵다. 따라서 파인블랭킹의 메커니즘을 이해하고, 실제적인 문제들을 해결하기 위해 전단과정을 시뮬레이션을 하여 연구 고찰 하였다1)

파인블랭킹 과정을 대변형(Large deformation) 축대칭과 비선형 접촉문제로서 간략화 하여 모델링하고, 피가공재의 진 응력 진 소성 변형을 데이터 값으로 Deform2d의 자동 Remecing하는 내연적 유한요소법 (Implicit finite element method)을 이용하여 전단부의 변형거동, 응력분포를 해석하기 위한 모델의 구성,

해석방법 및 해석결과에 대하여 기술하였다.2)

2. 연구내용 (유한요소 모델의 구성)

본 해석의 기본적인 정의는 비선형 접촉문제로서 모델은 그림 2-1과 같다. 모델은 크게, 펀치(punch), 다이(die), 카운터펀치 (counter punch), V형 압입링 (V-Indenter ring) 피 가공판재로 구분되어지고, 피 가공판재의 특성상 축대칭 문제로 모델링 하였다.3) V형 압입링과 다이는 단일구속(single point constraint) 방법으로 모델링 되었고, 펀치와 카운터펀치는 그 경계면을 강체표면(Rigid surface)으로 표현하여 해석 하였다. 기어 Fine Blanking 공정을 축대칭 문제로 간략화 하여 해석 하였고, 해석위치는 Pitch circle diameter 78.75mm (real perimeter 519mm), 사용 Tool은 Deform2d (Version 8.2) 강점소성 4절

접수 : 2011. 11. 24. 채택 : 2012. 04. 13.

접요소, 소재두께 : 5.5mm 소재 직경 : 96mm 로 피가공판재의 표면을 윗면은 펀치와 아랫면은 카운터 펀치와 접촉면(contact surface)으로 정의 하였으며, V형 압입링(V-Indenter ring)부와 전단 변형부(Clearance부)를 보다 세밀하게 모델링 하였다.4)

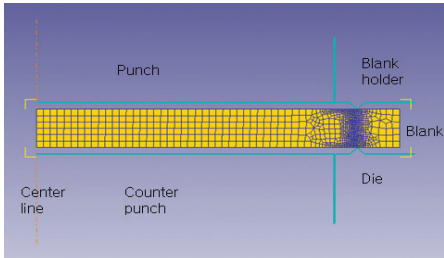


Fig 2-1 Illustration of finite element modeling

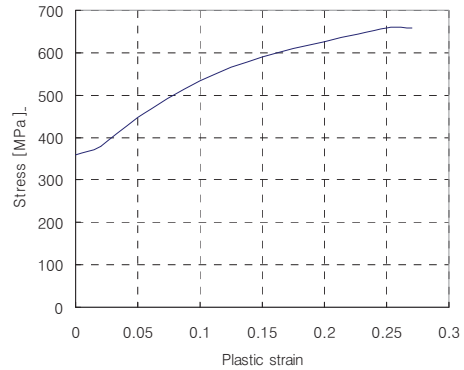
3. 해석방법

파인블랭킹에서 응력 및 변형의 해석 방법은 피가공판재의 진 응력-진 소성변형률 선도, Fig3-1, 3-2의 Data값으로 재료의 비선형분석과 접촉에 의한 마찰현상은 일정상수(Constant Shear Factor)로 정의 하였다.

피가공판재는 5.5mm로써 두께방향(y축)이 깊다고 가정하여, 평면변형률 문제로서, 4절점, 강점소성, 축대칭(Axisymmetric) 요소로서 총 1000개의 요소수와 1200개의 절점으로 구성하였다. 해석 위치는 Pitch Circle diameter 78,75mm (Real perimeter 519mm)로 하였고, 파인 블랭킹가공 조건 중에서 가장 중요한 블랭킹 펀치와 다이 사이의 틈새(Clearance)는 피가공판재(Sheet)두께의 0.4%로 하였고, 다이 날 끝의 모서리 반경(Die corner radius)은 0.2mm로 하여 초기 균열(Crack)이 발생되지 않도록 하였다.5) 펀치와 카운터펀치는 파인블랭킹의 특성상 동시에 작동하여야 하므로, 임의의 한점을 주고 이 절점 (Reference node)의 변위와 펀치, 카운터펀치의 변위가 동일하다고 가정하여 절점에 강제 변위를 주는 방법으로 하중을 가하였다.6) 이때 초기 조건은 당연히 피가공판재의 표면에 펀치와 카운터펀치가 접촉되어있는 상태로 시작한다. 피가공판재의 진 응력-진변형률 선도는 Fig 3-1과 같고, Fig 3-2은 중동기어 소재 SNCM220의 인장시험을 한 시험편이다.

본 해석에 사용한 프로그램은 최근 대변형 금속성형의 상용 비선형 프로그램인 Deform2d (Version

8.2)를 사용하여 해석 하였다.



소재 : SNCM220 인장시험 결과
Fig 3-1 True Stress-Strain Curve



Fig 3-2 피가공재(SNCM220)의 인장 시험편

4. 해석 조건

Counter punching force 는1400, 1600, 1800 kN, Clearance 는 피가공 판재 두께의 0.3, 0.4, 0.5% ,V-ring indenting 모서리 끝에서부터 전단 변형부(clearance부)까지의 거리A는 2.5, 3.0, 4.0mm 로하고, 높이 H는 0.5, 1.0, 1.5mm 로 변화를 주면서 해석 할 수 있도록 하였다.

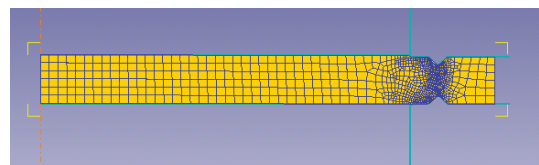


Fig 4-1 V-ring indenting 해석조건

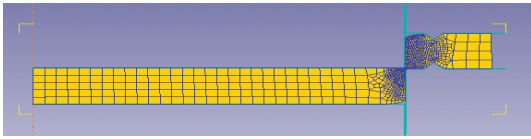


Fig 4-2 Blanking의 해석조건

5. 해석 결과

5-1. 전단변형 (Shearing Strain)에 대한 고찰

Fig 5-1은 펀치 하중의 증가에 따른 피 가공판재의 전단 변형률 분포를 나타낸 것이다. 해석 초기 상태, 즉 펀치와 카운터펀치를 피 가공판재의 표면에 접촉 시킨 상태에서의 유효 변형 값은 피 가공판재의 상하표면에서 Max 1.68 MPa 로 작게 분포하고 있음을 알 수 있다. 하중을 증가시켜, 펀치와 카운터펀치가 동시에 피 가공 판 두께 (5.5mm)를 유지하면서 펀치가 피 가공판재를 침입하여 1/2 을 전단했을 때의 값은 Max 3.71 MPa 이고, 전단 종료직전의 변형 값은 Max 4.60 MPa 로 펀치와 다이의 날 끝 주위에서 발생하여 증가하고 있음을 알 수 있고, 또한 전단 변형부 즉, 펀치와 다이의 틈새부와 그 근접부에 집중되어지고, 틈새부로부터 멀어질수록 변형은 작게 나타남을 알 수 있다.

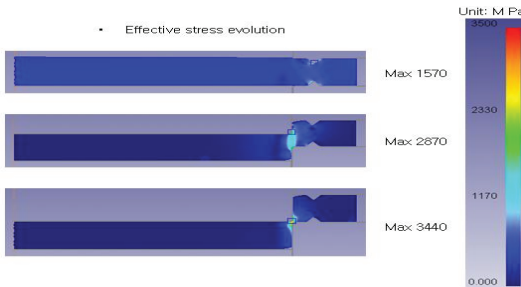


Fig 5-1 Effective strain evolution

5-2. 전단응력 (Shearing stress) 분포에 대한 고찰

Fig5-2는 각 하중의 증분에 따른 전단 응력분포를 나타낸 것이다. 해석 초기 상태는 V-ring indenting은 피 가공판재를 완전히 가압 구속한 상태이고, 펀치, 카운터펀치가 피 가공판재와 접촉 되어, 작은 압력으로 가압하고 있는 상태로 펀치하중의 변화가 증가함에 따라서, 초기 유효전단응력은 Max 1570 MPa 값으로 나타났고, 펀치가 피 가공판재의 1/2 중

반부(b)에 이르러서는 Max 2870 MPa 값으로 전단 변형부 및 근접부에 복잡한 거동을 보이다가, 변형의 후반부(c)에 이르러서는 Max 3440 MPa 값으로 피 가공판재의 중앙부 끝에서 더 높은 응력의 분포를 보였다. 그림(C)에서 보면 피 가공판재에 작용하는 응력 분포도, 변형률 분포와 마찬가지로 45도 방향으로 유동하는 경향을 나타내고 있으며, 일반적인 전단응력 분포와 유사하다. 이를 종합해보면 변형의 초기에는 피 가공판재의 상, 하부의 표면에서 작은 전단 응력을 보이지만, 이후 변형이 진전함에 따라 펀치, 다이 날끝부, 중앙부로 높은 응력의 천이가 발생함을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 펀치의 날끝부와 측면부의 마모를 초래 하므로 공구 수명에 영향을 주게 된다. 또한, 전단 변형부의 중앙부에 높은 전단응력이 넓게 분포하고 있는 것을 알 수 있다. Fig 5-3 에서 보는바와 같이 평균 응력의 분포는 초기에는 Min -1330 MPa, 1/2 중앙부에는 Min -2300 MPa, 후반에는 Min -990 MPa 로 분포되어, 피 가공판재의 50%를 전단할 때 가장 높은 응력이 작용하고 있음을 알 수 있다.

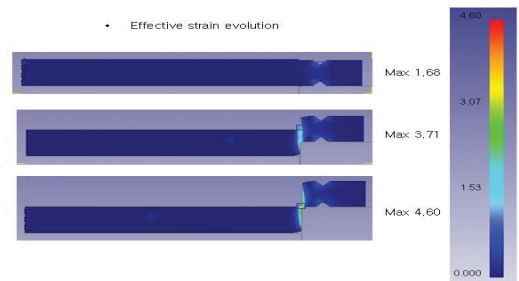


Fig 5-2 Effective stress evolution

5-3. 평균응력 분포 (Mean stress evolution)

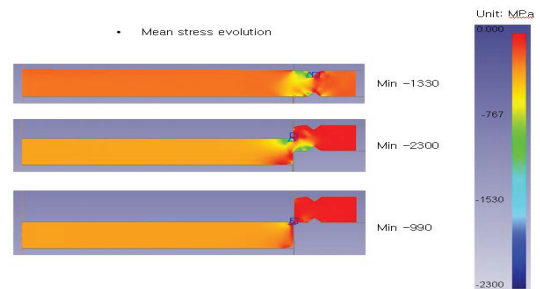


Fig. 5-3 Mean stress evolution

결론적으로, 파인블랭킹 과정의 시뮬레이션을 통

하여 다음과 같은 결과들을 얻었다.

(1) 전단변형 근접부 (틈새부) 및 V-ring Indenting 부에서 변형 값들이 높게 분포하고 이외의 부분에서는 아주 미소하게 분포하고 있음을 고찰 할 수 있었고,

(2) 또한, 펀치와 다이 코너 부 주변에서 최대값을 나타내었다. 그 이유는 파인블랭킹은 이 미소 전단영역에서 압력의 극대화 즉, 정수압 상태에서 소성 변형되어야 되기 때문이다. 반면에, 다른 영역에서 재료의 변형을 작다.

(3) 전단과정이 진행됨에 따라 변형도 증가하였다. 이것은 펀치 침입이 깊으면 깊을수록 변형의 정도는 더욱 크다는 것을 의미한다.

(4) 펀치, 다이의 날끝 부에서 변형과 응력이 높게 작용하기 때문에 펀치, 다이의 마모를 초래하고, 공구수명을 단축하기 때문에 공구수명을 연장 할 수 있는 공구강 선정과 마모를 감소시킬 수 있는 방법을 선정 할 수 있다.

6-3. 결과

Counter punching force 증가에 따라 Blank 부품 모서리 부분의 Roll over 가 감소하는 결과를 얻었다.

또한 Mean stress 감소로(압축응력증가) 소재의 연성이 증가하여 소성변형능이 증가하기 때문에 파단 (shear fracture) 면이 나타날 가능성은 감소하였다.

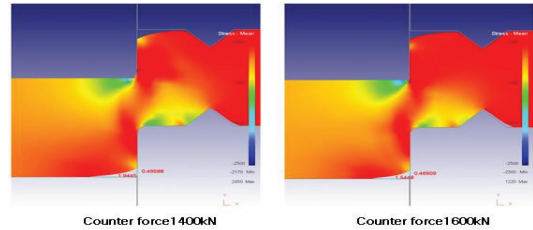


Fig 6-2 Effect of counter punching force

6. 카운터 펀치력에 의한 영향(Effect of counter punching force)

6-1. 해석 조건

V-ring indenting 모서리 끝에서부터 전단변형 부 (clearance부) 까지의 거리A는 3.0mm 로하고 높이 H는 1.0mm Clearance 는 피 가공판재 의 0.4%로 일정하게하고, Counter punching force : 1400, 1600, 1800kN 로 변화를 주면서 해석 하였다.

6-2. Blanking punching force 의 영향

피가공 판재 1/2 지점 통과 시 최대값에 도달하였고, Counter punching force 증가에 따라 Blanking force도 증가하였다.

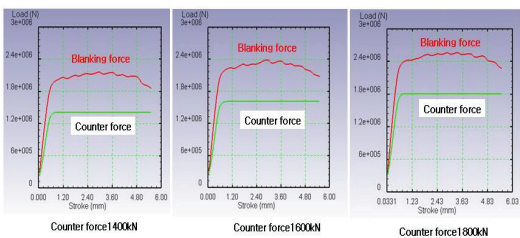


Fig. 6-1. Effect of counter punching force

7. 틈새에 의한 영향(Effect of clearance)

7-1. 해석 조건

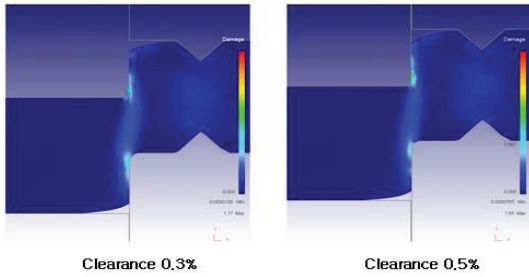
Counter punching force는1600 kN으로 하였고, V-indenting의 위치는 전단 변형부 까지 거리 A는 3.0mm 로 하고, 높이H는 1.0mm 로 일정 하게하고, Clearance 는 피 가공판재의 0.3, 0.4, 0.5% 로 변화를 주면서 해석 하였다.

7-2. 해석결과 (Results)

(1) Clearance 감소에 따라 성형하중 증가로 공구 수명 감소가 예상됨.

Clearance	0.3%	0.4%	0.5%
Max. Blanking Force	5.10GN	5.04GN	5.02GN

(2) Clearance 감소에 따라 ductile damage 감소로 전단 유동에 의한 파단면이 없는 전단면(Burn ish 면)이 얻어질 확률이 높아짐



Clearance 0.3% Clearance 0.5%
Cockroft damage model was used
Fig 7-1 Effect of clearance Results

8. V-ring indenting 의 위치(A) 변화에 따른 영향

8-1. 해석 조건

Counter punching force는1600 kN, Clearance 는 피 가공판재 두께의 0.4% of thickness V-ring indenting 높이 H: 1.0mm, V-ring Indenting 위치A는 2.5, 3.0, 4.0mm로 변화를 주면서 해석 하였다.

8-2. 결과

V-ring Indenting position이 전단 변형부 로부터 과도하게 멀 경우 V-ring indenting 공정에서 dishing 현상이 심해지며, 최종 blank 부품의 결함을 유발함.

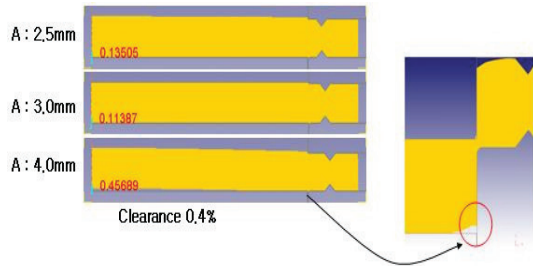


Fig 8-1 Effect of groove position

9. V-ring indenting 의 높이(H) 변화에 따른 영향

9-1. 해석 조건

Counter punching force : 1600 kN, Clearance 는 피 가공판재 두께의 0.4%, V-indenting 위치A: 3.0mm, V-ring indenting 높이 H: 0.5,1.0, 1.5mm 로 변화를

주면서 해석 하였다.

9-2. 해석결과

V-ring indenting 높이(H)가 과도하게 클 경우 Fig 9-1 에서와 같이 Indenting공정에서 Dishing 현상이 심해지며 최종 Blank 부품에 결함이 생긴다.

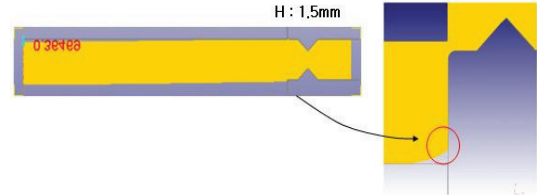


Fig 9-1. Effect of V-ring indenting height(H)

또한, V-ring indenting 높이(H)가 과도하게 작 을 경우 Fig 9-2 와 같이 압축 응력이 감소함 으로 파단 면이 발생할 가능성이 높아짐(Mean stress 최 소값 증가) (Clearance : 0.4% of thickness)

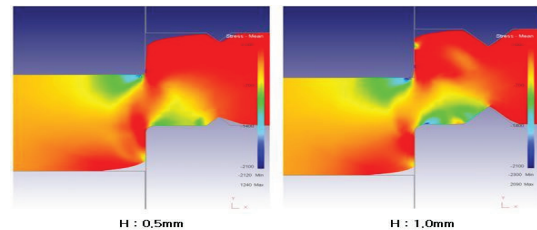


Fig 9-2 Effect of V-ring indenting height(H) Results

10. 맺음말

본 해석은 유한요소법을 이용하여 파인블랭킹 과정에서 전단변형부 및 V-ring Indenting 부의 응력분포 및 변형거동 상태를 해석한 것으로 펀치 침입 초기의 응력값은 피 가공판재의 표면에 작게 분포하였고, 펀치침입의 증가(변형의 증가)와 함께 전단 변형부를 중심으로 좌우측 및 피 가공판 두께의 중앙에 높은 응력이 분포함을 알 수 있었다.

또한, 펀치침입 중반이후의 높은 응력 하에서 전 단선은 펀치 진행방향으로 변형하고 있음을 고찰할 수 있었다. 이와 같은 현상은 일반전단과정에서 나

타나는 굽힘에 의한 측방력 발생은 작은 것으로 추측된다. 즉, 높은 정수응력 하에서 피 가공판재의 전단변형부는 연성이 증가되어, 펀치 진행방향으로 보다 쉽게 소성유동하고 있음을 의미하고, 이 소성 유동은 균열을 발생시키지 않고, 다이홀 내면을 압출 되듯이 슬라이딩 되면서 깨끗한 전단면(Burnish)을 형성 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. K. Lange. "The Potential of the Fine-Blanking Technique" Feintoo AG, Lyss, SWiss, 1989.
2. Deform2d/Theory Manual Ver 5.5.
3. T.Takemasu. "Numerical Analysis of shearing of sheet Metal by Particle Flow Model" JSTP Vol. 36 No. 418, 1995.
- 4 Samuel M. FEM Simulations and Experimental Analysis of Parameters of
6. Influence in the Blanking Process, JMPT, pp. 97~106, 1998.
- 5 Faura F., Garcia A., Estrems M., Finite Element Analysis of Optimum Clearance in the Blanking Process, JMPT, pp. 121~125, 1998.
- 6 Jovan Lazarev, Finite Element Analysis of the Stress-Strain Condition in the Process of Fine Blanking, 1996.