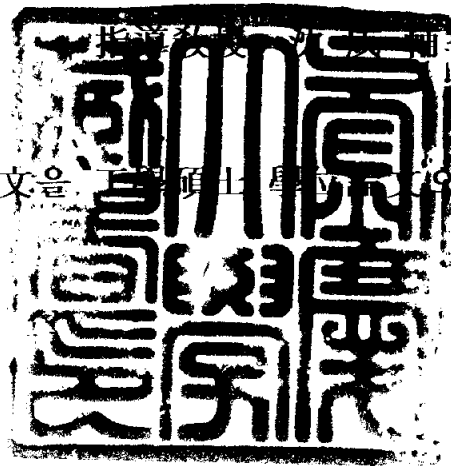


71
32
工學碩士 學位論文

멀티 스테이지 드로잉 가공을 위한
프로그레시브 다이의 개발에
관한 연구

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함



2003年 2月

釜慶大學校 大學院

精密機械工學科

張 瓚 號

張瓚號의 工學碩士 學位論文을 認准함

2002年 12月 26日

主 審 工學博士 吳 世 奎 (印)

委 員 工學博士 姜 大 敏 (印)

委 員 工學博士 沈 成 輔 (印)

목 차

기호설명	1
1. 서 론	2
2. 금형의 설계	4
2-1 금형의 개발 시스템	4
2-2 제품도의 분석	6
3. 이론적 배경	8
3-1 드로잉력	8
3-2 블랭크 직경	12
3-3 드로잉률	13
3-4 클리어런스	15
3-5 Newton-Raphson법	16
4. 금형의 설계 및 고찰	18
4-1 Strip Process Layout 의 설계	18
4-2 FEM 시뮬레이션	20
4-2-1 FEM 시뮬레이션 기본 데이터	20
4-2-2 각 공정의 Mesh 형상	22

4-2-3 각 공정의 strain 형상	24
4-2-4 국부적 element 파괴 현상	30
4-2-5 공정별 Load - Stroke 그래프	37
4-2-6 공정별 클리어런스 변화에 의한 최대 strain 값	38
4-2-7 클리어런스 변화에 의한 strain 형상	39
4-3 조립도	43
4-4 Tryout	48
5. 결 론	49
참고 문헌	50

Abstract

기호 설명

$d\varepsilon$	유효 변형률
$\bar{\sigma}$	유효 응력
σ_r	반경방향 응력
σ_θ	원주방향 응력
σ_z	두께방향 응력
σ_{rd}	플랜지끝 r_1 에서의 반경방향 응력
F_H	블랭크 홀딩력
μ	Culomb 마찰 계수
σ_0	평면변형 조건하에서의 흐름응력
σ_b	한번 굽힘에서 작용하는 반경방향 응력
σ_c	측벽부위 반경방향 응력
σ_{rc}	측벽부위 총 반경방향 응력
σ_{ub}	한번의 펌과정에 소요되는 응력
F_d	펀치력
r_p	펀치 반경
r_d	다이 반경
D_0	블랭크 직경

1. 서 론

금형의 공업발전은 현대 공업과 경제의 핵심임에도 불구하고 그 실정에서 영세성을 벗어나지 못하고 있다. 현재 대부분의 기업이 심각한 인력난과 원가절감 등으로 어려움을 겪고 있으므로 앞으로는 무인화나 자동화 등 첨단 기술이 보편화되지 않는 이상 선진국과의 경쟁에서 더욱 더 뒤처지게 될 것이다. 현재 금형 선진국인 독일이나 일본에 비해 우리나라의 기술력은 크게 낙후되어 있고, 거기에 영세성에서 벗어나지 못하는 우리나라의 실정에서 기업의 금형에 대한 기술의 개발과 연구는 더욱 어려운 여건이라 할 수 있다. 이에 박판의 프로그레시브 금형에 대한 본 연구가 반드시 필요하다고 사료된다.

박판 성형 공정은 프레스를 이용하여 단순한 판재를 원하는 형상으로 성형시키는 것으로서 기하학적으로 복잡한 형상의 제품을 성형할 수 있으며, 타 공정에 비해 가공중인 소재의 손실이 적고, 가공시간도 짧아서 대량생산으로 제품을 저렴한 가격으로 생산할 수 있다. 특히 프로그레시브 금형^{1~7)}은 단순한 부품은 물론이고 복잡한 부품이라도 재료가 다이 속으로 송입되어 통과하는 동안에 각 스테이지마다 서로 다른 작업을 수행하여 구하는 제품 형상이 완성되는 것으로 복합공정에서도 자동 이송 장치 등을 사용하여 많은 인력을 줄일 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 $t = 0.8 \text{ mm}$ 두께의 냉간압연강판인 SPCC 재료의 재료를 사용하여 다 공정 드로잉가공의 정밀 금형 개발에 관한 연구이다.

공정결과의 결점을 예방하기 위해 die 설계시 strip process layout 의 최적화와 I-DEAS를 이용한 모델링, DEFORM을 이용한 다단계 드로잉의 FEM

simulation을 통해 strip process layout과 최적화된 금형의 설계를 하는 것이 이 연구의 중요한 목적이다.

특히, DEFORM을 이용한 FEM simulation을 통해서 현장에서 숙련자의 경험에 의존되어온 클리어런스과 펀치와 다이 반경의 값들에 따른 형상의 변화를 예측하여 시간과 비용을 단축할 수 있도록 하는 것에 중점을 두었다.

2. 금형의 설계

2.1 금형 개발 시스템

Fig. 1 은 금형을 개발하기 위한 금형 개발 시스템에 관한 흐름도를 나타내고 있다. 이것은 다이 제작기술과 표준화, Trouble shooting, 인력, 공구, 재료, 비용, 등에 소프트웨어와 하드웨어, 폭넓은 깊은 기술의 조화와 이론적인 바탕의 접목이 필요하다.^{8~12)}

금형을 개발하기 전에 먼저 기본적인 제품에 대한 검토와 연구가 필요하다. 검토가 이루어진 후에 공정수와 프레스 사양에 따른 계획을 한다.

이 계획에 의하여 strip process layout을 작성하게 되는데 최소한의 공정과 비용으로 제품을 생산할 수 있는 최적의 공정을 선택하여야 한다. 다음 단계로는 제품과 strip process layout 에 대한 모델링을 하게 되는데 이 모델링은 개발 단계에서 제품의 형상과 strip process layout의 형상을 입체적으로 볼 수 있는 장점이 있다.

FEM simulation을 통하여 얻은 공정조건, 즉 재료에 발생하게 될 stress와 strain 분포, 재료 두께의 변화, 펀치와 다이의 어깨반경의 영향 등은 과거의 숙련자의 know-how에 의존하여 왔던 많은 부분들에 있어서 비용과 시간을 줄이면서 최적설계를 하는데 중요한 부분을 담당하고 있다.

이를 통해서 얻어진 값들로 설계의 문제점을 수정·보완하여 금형을 제작하고, tryout 하여 제품을 확인하고 가공에 들어가게 된다.

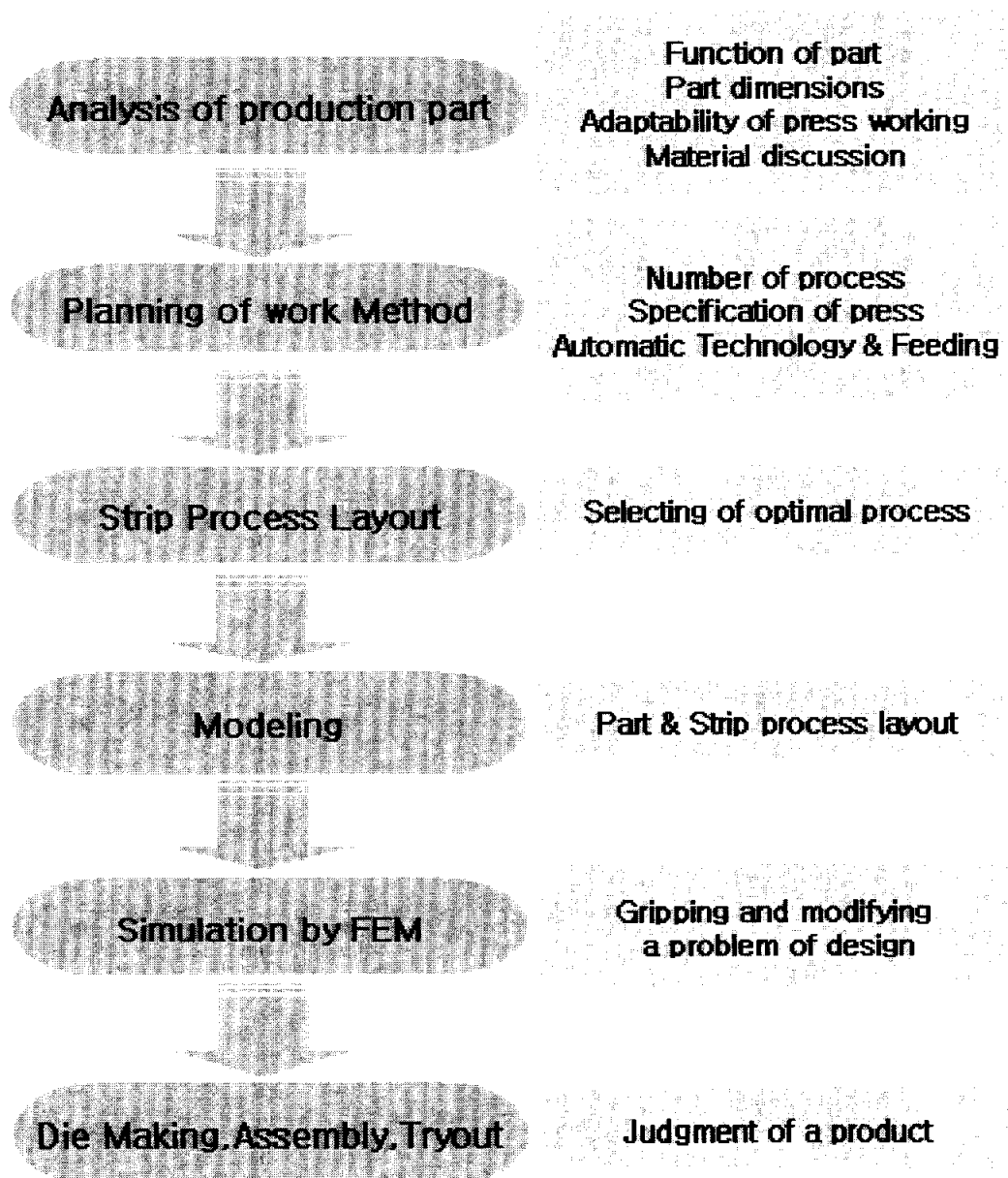


Fig. 1 Flow chart of die development system

2.2 제품도의 분석

본 연구에 사용된 재료는 냉간압연 강판인 SPCC 이다.

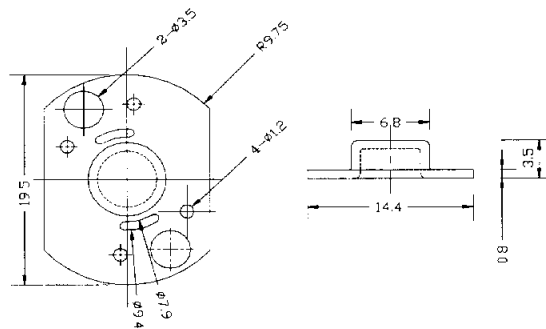
Table 1 은 SPCC 재료의 기계적 성질을 나타내고 있다.

Fig. 2 의 (a)는 AUTO-CAD를 사용하여 설계한 제품도를 나타내고 있다. 재료의 두께는 0.8mm이며 플랜지 부분이 넓은 다단계 wkrdjqdmf 통한 원통형 드로잉 제품이다.

(b)는 I-DEAS를 사용하여 제품을 모델링한 것으로 제품의 모델링을 통해서 제품을 미리 확인할 수 있었다.

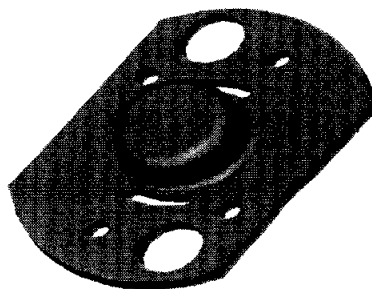
Table 1 Mechanical properties of SPCC

	Unit	Value
Young modulus	GPa	200
Poison ratio	—	0.3
Tensile Strength	MPa	760
Yield Strength	MPa	380



Material : SPCC Thickness : 0.8mm

(a) Drawing of the production part design result



(b) Modeling of the product by the I-DEAS

Fig. 2 Production part

3. 이론적 배경

3.1 드로잉력

드로잉에 소요되는 힘은 반경방향의 순수 드로잉에 소요되는 힘과 다이 형상 반경에서 마찰저항을 극복하기 위한 힘, 다이 형상 반경에서 굽힘에 소요되는 힘, BHF(blank holding force)에 기인하는 저항을 극복하기 위한 힘이렇게 4가지로 나눌 수 있다.^{13~16)}

우선 플랜지 드로잉에서는 다음과 같이 가정한다.

드로잉에 의한 두께 변화를 무시하고 $\epsilon_z = 0$, $\epsilon_\theta = 0$ 로 가정하고 평면변형($\epsilon_z = 0$) 조건에서 수직이방성만을 고려한 Hill¹⁰⁾의 2차원 항복조건식과 흐름법칙으로부터 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

유효변형률은

$$d\epsilon = m d\epsilon_r \quad (\text{단 } m = \sqrt{\frac{2(1+R)}{1+2R}}) \quad (1)$$

유효 응력은

$$\bar{\sigma} = \frac{(\sigma_r - \sigma_\theta)}{m} \quad (2)$$

따라서, 드로잉 전후의 체적일정 조건과 Fig. 3 의 기하학적 관계를 이용한 식을 이용하여 플랜지 끝에서의 반경방향 응력은

$$\sigma_{rd} = m \bar{\sigma} \ln\left(\frac{r_0}{r_1}\right) \quad (3)$$

을 얻을 수 있다.

블랭크 홀더에 의해 가해지는 판에 수직으로 작용하는 응력과 마찰력은 모

두 판의 외주부에서 반경방향으로 작용하는 것으로 가정하면 그 응력은

$$\sigma_f = \frac{2\mu F_H}{2\pi r_0 t} \quad (4)$$

다이형상 반경에서 굽힘과 펴에 의한 영향은 재료가 강·완전소성이라는 가정하에서 한번의 굽힘에 대하여 판재가 받는 모멘트는

$$M = \frac{\sigma_0 w t^2}{4} \quad (5)$$

(단 σ_0 는 평면변형 조건하에서의 흐름응력)

반경방향으로 작용하는 응력은 그 힘을 단면적 wt 로 나눈 값이다. 그러므로 다이 형상 반경에서 한번 굽힘으로 작용하는 반경방향 응력은

$$\sigma_b = \frac{\sigma_0 t}{4 r_d} \quad (6)$$

마찰력에 의하여 플랜지와 다이 형상 반경 부위에 전단응력이 발생하지만 크지 않으므로 무시하고 반경방향응력 σ_r , 원주방향응력 σ_θ , 두께 방향 응력 σ_z 를 주응력으로 취급한다고 가정하자.

다이 형상 반경에서 마찰을 고려할 때 공정의 최대칭성을 무시하고 belt-pulley 마찰로 가정한다면 두께방향의 힘의 평형과 판의 반경방향에 대한 힘의 평형으로부터

$$\frac{dF}{F} = \mu d\theta \quad (7)$$

이식을 적분하면

$$F_2 = F_1 e^{\mu\theta} \quad (8)$$

따라서 측벽부위의 반경방향 응력은

$$\sigma_c = [\sigma_f + \sigma_{rd} + \sigma_b] e^{\mu\theta} \quad (9)$$

그러므로, Fig. 3 의 측벽부위에서의 총 반경방향 응력은

$$\sigma_{rc} = [\sigma_f + \sigma_{rd} + \sigma_b] e^{\mu\theta} + \sigma_{ub} \quad (10)$$

편치력은 σ_{rc} 에 단면적 $2\pi r_1 t$ 를 곱한 값의 $\sin \theta$ 값으로

$$F_d = 2\pi r_1 t \cdot \sigma_{rc} \cdot \sin \theta \quad (11)$$

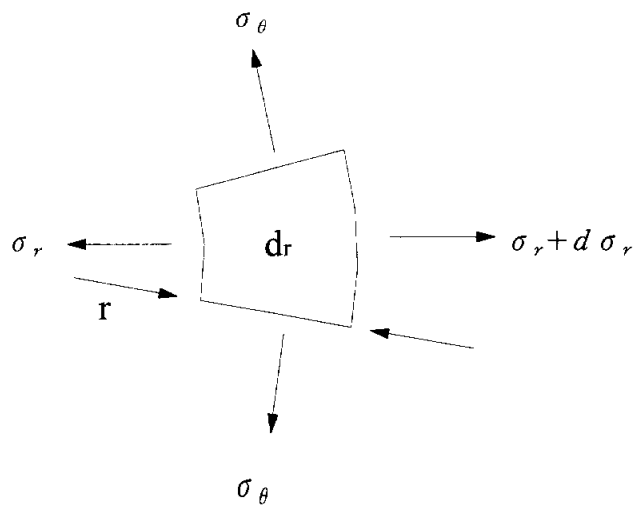
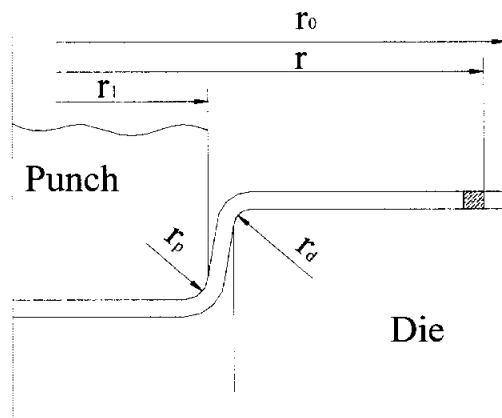


Fig. 3 Description of geometric profile and stress in the drawing process

3.2 블랭크 직경

Fig. 4 는 플랜지가 있는 원통형 드로잉의 블랭크 직경을 구하는 식을 나타내는 그림이다.

이때 블랭크 직경 D_0 는 식 (12)에 따른다.^{4~7),17)}

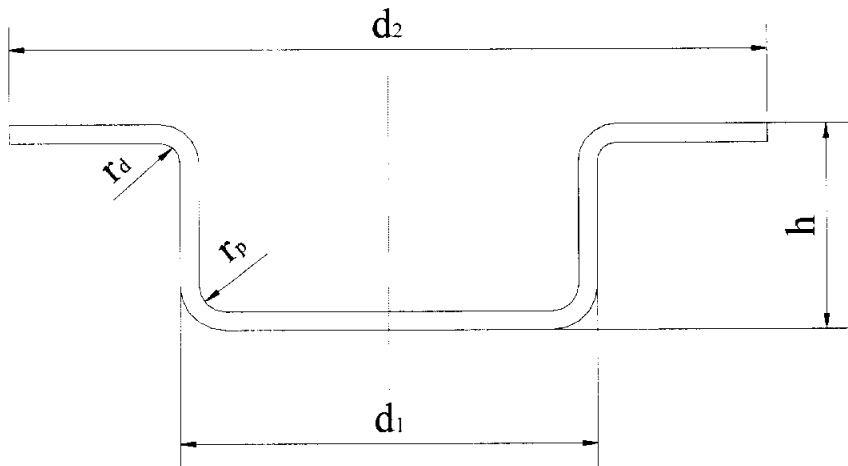


Fig. 4 Out line dimension of product

여기서

$$D_0 = \sqrt{d_2^2 + 4 d_1 [h - 0.43(r_p + r_d)] + 0.57(r_p^2 - r_d^2)} \quad (12)$$

D_0 : Blank diameter

d_1 : Small diameter

d_2 : Large diameter

h : Height

r_p : Punch radius

r_d : Die radius 등으로 표시하였다.

Table 2 Drawing Rate by the Romanovski

Drawing Rate	t / D × 100						Remarks
	2~1.5	1.5~1.0	1.0~0.6	0.6~0.3	0.3~0.15	0.15~0.08	
m ₁	0.48~0.50	0.50~0.52	0.53~0.55	0.55~0.58	0.58~0.60	0.60~0.63	1st Drawing
m ₂	0.73~0.75	0.75~0.76	0.76~0.78	0.78~0.79	0.79~0.80	0.80~0.82	2nd "
m ₃	0.76~0.78	0.78~0.79	0.79~0.80	0.80~0.81	0.81~0.82	0.82~0.84	3rd "
m ₄	0.78~0.80	0.80~0.81	0.81~0.82	0.82~0.83	0.83~0.85	0.85~0.86	4th "
m ₅	0.80~0.82	0.82~0.84	0.84~0.85	0.85~0.86	0.86~0.87	0.87~0.88	5th "

단, 여기서 t : Scrap strip thickness (mm)

D : Blank diameter (mm) 로 하였다.

3.4 클리어런스

클리어런스^{13),17)}란 펀치와 다이블럭 사이의 간격을 말한다.

이 클리어런스는 각 단계에서 매우 중요한 역할을 한다.

이에 본 연구에서는 FEM Simulation을 통해서 변화되는 단계별 특징에 대하여 알아보도록 하였다.

일반적으로 알려진 각 재질의 클리어런스는 다음의 Table 3 에 나타내었다.

Table 3 Clearance of sheet metals

Material	Clear. Allow. %	Material	Clear. Allow. %
Aluminum	6.0	Soft steel	3.0
Brass	3.0	Medium steel	3.5
Copper	3.0	Hard steel	4.0

3.5 Newton-Raphson 법

Newton-Raphson법¹⁸⁾은 $f(x)$ 의 미분을 이용하여 빠르게 x 를 계산할 수 있는 방법이다.

식 (15)의 미분 $f'(x)$ 의 정의는 식 (16)와 같이 표현할 수 있다.

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad (15)$$

$$f'(x_n) = \frac{f(x_{n+1}) - f(x_n)}{x_{n+1} - x_n} \quad (16)$$

반복 계산에서의 현재 근사해를 x_n 이라고 두고 x_{n+1} 을 구할 때, $f(x_{n+1})=0$ 이라고 볼 수 있다. 따라서, x_{n+1} 을 계산하는 식은 (17)과 같다.

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad (17)$$

Fig. 5 에서 보는 바와 같이, 위의 과정을 반복하여 근사해 x_n 에서 출발하여, $f(x)=0$ 의 근을 구할 수 있다.

일반적으로 반복법에는 여러 가지가 있으나 DEFORM에서는 주로 Direct Method¹⁸⁾ 나 Newton-Raphson Method를 주로 사용하는데 Direct Method는 임의의 값을 넣어서 정해에 가깝게 얻어낼 수 있지만 굉장히 느리다는 단점이 있어서 Newton-Raphson Method를 사용하였다.

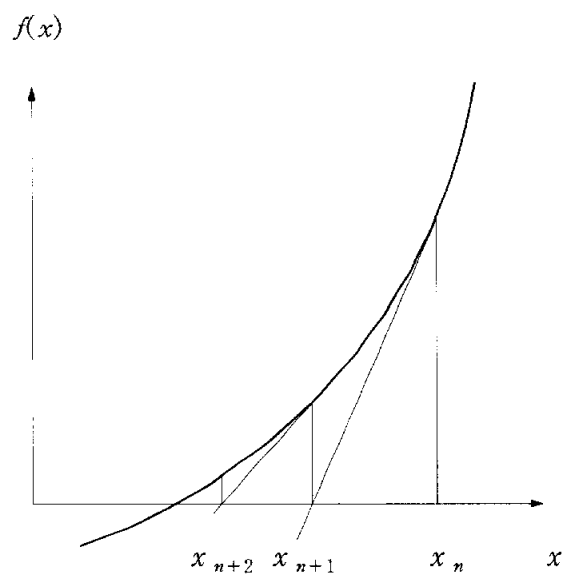


Fig. 5 Description of Newton-Raphson method

4. 금형의 설계 및 고찰

4.1 Strip Process Layout의 설계

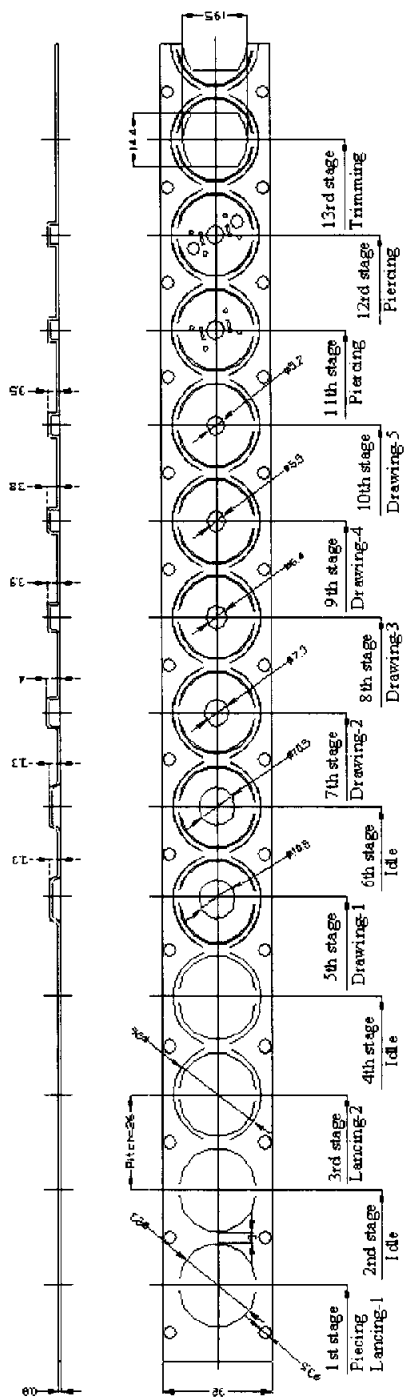
Fig. 6의 그림 (a)는 AUTO-CAD 를 이용하여 strip process layout^{1~7),17),19)}을 설계한 것을 보여주고 있다. 본 연구는 총 13개의 스테이지로 구성되어 있다.

먼저 2번의 circular lancing이 이루어지고, 총 5차까지의 drawing 공정이 수행되며, 그 후 플랜지 부분에 이루어지는 공정으로 piercing 공정이 수행된 후 마지막으로 trimming 이 수행되어 제품이 만들어지는 프로그레시브 금형이다.¹⁹⁾

여기서 idle 공정^{1~7)}이란 작업을 수행하지 않고 쉬는 스테이지로 펀치 설치 공간이 좁거나 프레스 작업시 금형에 가해지는 힘의 균등한 분배를 위하여 사용된다.

또, trouble Shooting을 적용할 수 있는데 이것은 금형의 파손이나 공정상의 오차, 공정의 추가가 있어야 하는 경우 금형 전체를 교체하지 않고 이 공정에 추가할 수 있도록 할 수 있어서 금형의 비용절감에 중요한 공정이라 할 수 있다.

Fig. 6의 그림(b)는 I-DEAS를 이용해서 Strip Process Layout을 모델링한 결과이다.



(a) Drawing of Strip Process Layout by AUTO-CAD



(b) 1 ~13 stage of strip process layout modeling result by IDEAS

Fig. 6 Drawing of Strip Process Layout

4.2 FEM Simulation

앞에서 본 기본적인 제품도 설계와 Strip Process Layout 설계에 대하여 상용 FEM 프로그램인 DEFORM을 이용하여 5차에 걸친 드로잉 공정에 대하여 Simulation을 수행하였다.¹²⁾

먼저 FEM Simulation을 하기 위해서 축대칭의 플랜지 넓은 원통형 드로잉 제품이기 때문에 Axisymmetric 으로 가정하였다.

2D의 경우 1/2 만을 모델링 하여 수행하고 3D의 경우 1/4 만을 모델링하여 수행하는데, 사용한 상용 프로그램이 DEFORM 2D 이기 때문에 1/2 만을 사용하여 Simulation을 수행하였다.

이러한 방법은 해석시간이 짧아지고, 변형이 크게 발생할 부분을 예측하여 집중적으로 Mesh를 줄 수 있어서 결과값의 정확성을 얻어낼 수 있었다. 하지만 정확한 Boundary Condition을 주어야만 가능하였다.

4.2.1 FEM Simulation 기본 데이터

FEM 해석 프로그램^{18~19)}은 상용 프로그램인 DEFORM을 사용하였다. Table 4 는 공정 매개변수를 나타낸다.

Simulation에서 공정 매개변수를 살펴보면 Mesh 수는 1000개로 주었는데 이 Mesh의 수의 증가는 계산시간이 많이 소요된다는 단점이 있는 반면, 보다 정확한 결과값을 얻을 수 있는 장점이 있다. 일반적으로 윤활을 고려하여야 하나 DEFORM에서는 friction efficient로 고려한다.

또한 클리어런스에 변화에 대하여 1%, 5%, 10%를 주어 해석함으로써 각 공정별 클리어런스에 따른 변화를 예측해 보았다.

DEFORM에서는 자동적으로 element 나 node에 과도한 변형이 발생하여 simulation 수행이 어려울 경우 자동적으로 remeshing이 행하여지기 때문에 remeshing은 고려하지 않았다.

Table 5는 5차 드로잉 시뮬레이션의 punch diameter 와 punch와 die radius를 나타내고 있다.

Table 4 Input parameter and unit for the DEFORM

Input Parameter	Unit	Input Parameter	Unit
Geometry Type	Axisymmetric	Clearance	1%
Mesh	1000		5%
Friction efficient	$\mu = 0.08$		10%

Table 5 Basic data of drawing in the 5th steps

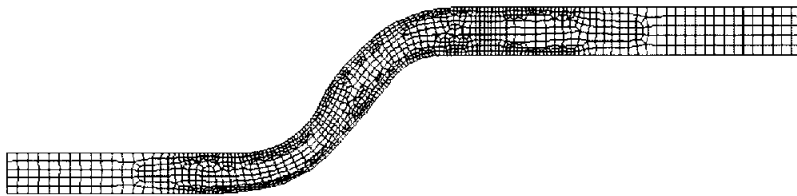
	Punch Diameter	Punch Radius	Die Radius
1st drawing	10.5 mm	1.4 mm	1.0 mm
2nd drawing	7.3 mm	1.0 mm	0.8 mm
3rd drawing	6.4 mm	0.7 mm	0.6 mm
4th drawing	5.5 mm	0.4 mm	0.4 mm
5th drawing	5.2 mm	0.2 mm	0.2 mm

4.2.2 각 공정의 Mesh 형상

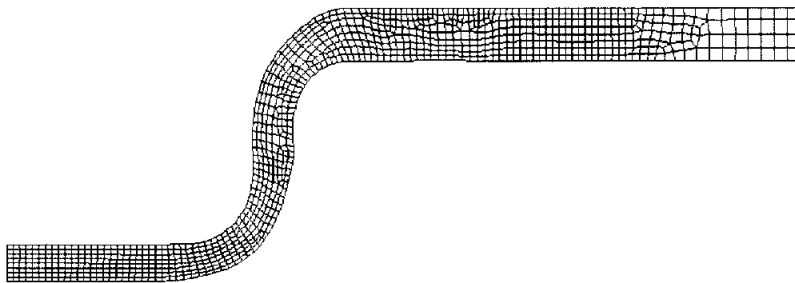
Fig. 7 은 1차에서 5차까지의 Mesh 형상을 나타내고 있다.

1차에서 3차까지는 드로잉 작업만이 이루어지고 있고, 4차공정은 제품의 형상을 위하여 아이어닝(ironing) 공정이 같이 이루어지고 있다.

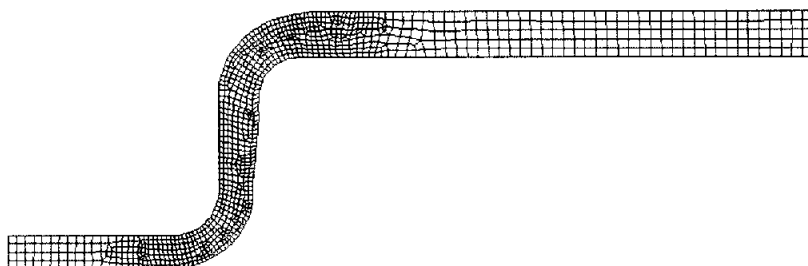
이 때 4차와 5차 공정에서 급격한 변형으로 인하여 auto-remesh 가 행하여져서 4차와 5차 공정에서는 균일한 mesh형상을 보이고 있다.



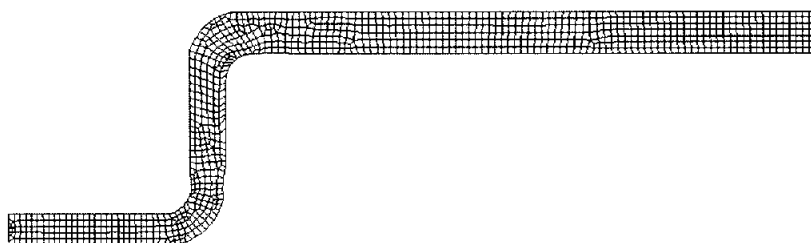
(a) Mesh distribution of 1st-drawing



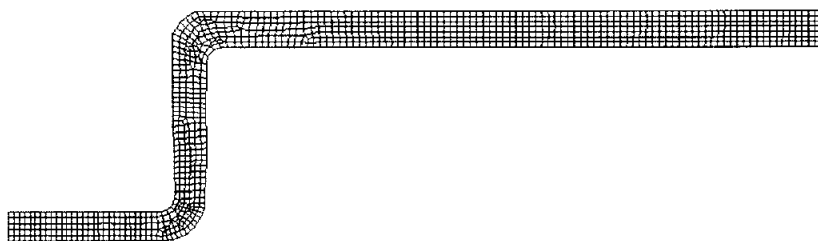
(b) Mesh distribution of 2nd-drawing



(c) Mesh distribution of 3rd-drawing



(d) Mesh distribution of 4th-drawing



(e) Mesh distribution of 5th-drawing

Fig. 7 Drawings of mesh distribution on the each process by DEFORM

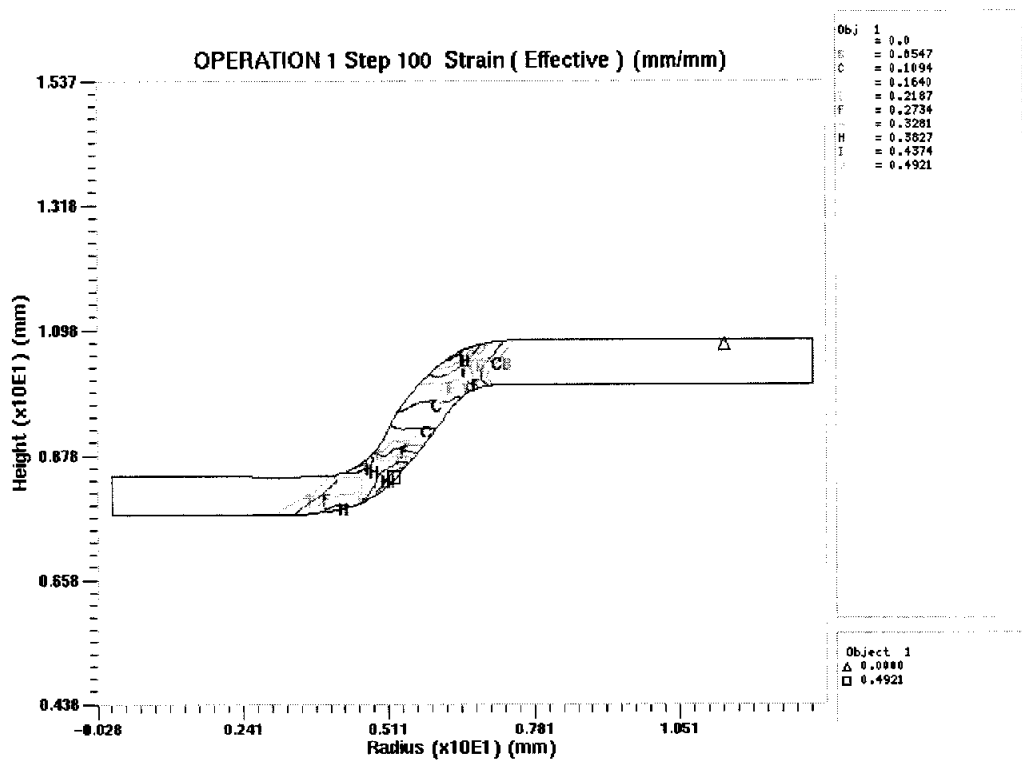
4.2.3 각 공정의 strain 형상

Fig. 8은 5차까지의 Strain line contour를 나타내고 있다.

1차공정에서는 인장과 압축이 동시에 발생하는 펀치와 다이 반경 부분에 크게 발생하고 있으나 특히 인장응력이 발생하는 부분에서 최대값이 나타난다.

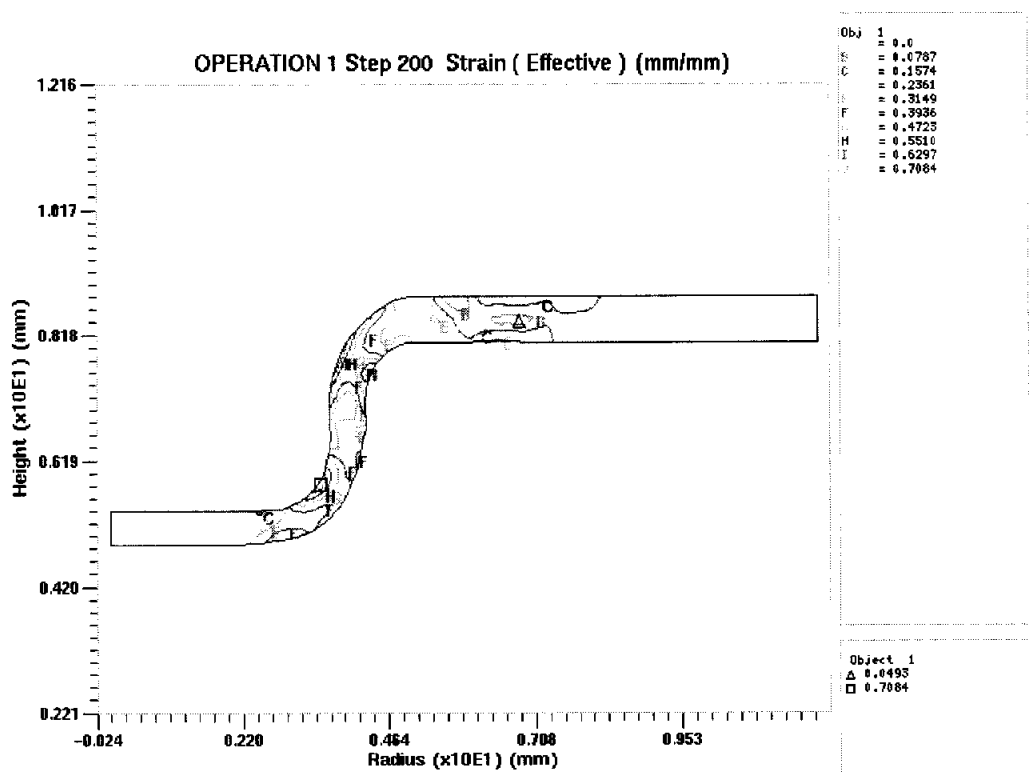
2차공정에서 5차공정으로 진행됨에 따라서 점점 최대값이 측벽 부분으로 이동함을 볼 수 있다. 이것은 다이어깨 부분에 의해서 발생하는 부분도 있지만 최초 변형이 크게 발생한 부분이 공정이 진행되면서 그 위치로 이동함으로 인한 누적이 중요한 원인으로 분석된다.

특히, 4차공정에서는 아이어닝 공정이 겹해지면서 측벽부위에 크게 변형이 발생함을 알 수 있다.



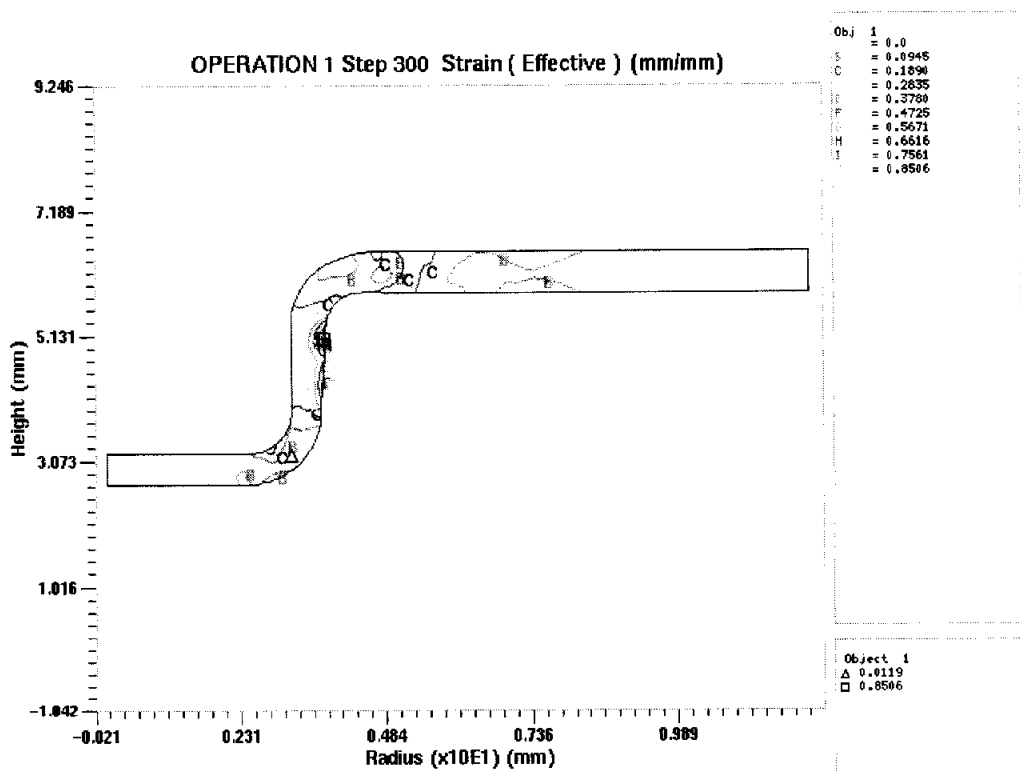
(a) Strain distribution of 1st-drawing

Fig. 8 FEM simulation result on the each process drawing by DEFORM



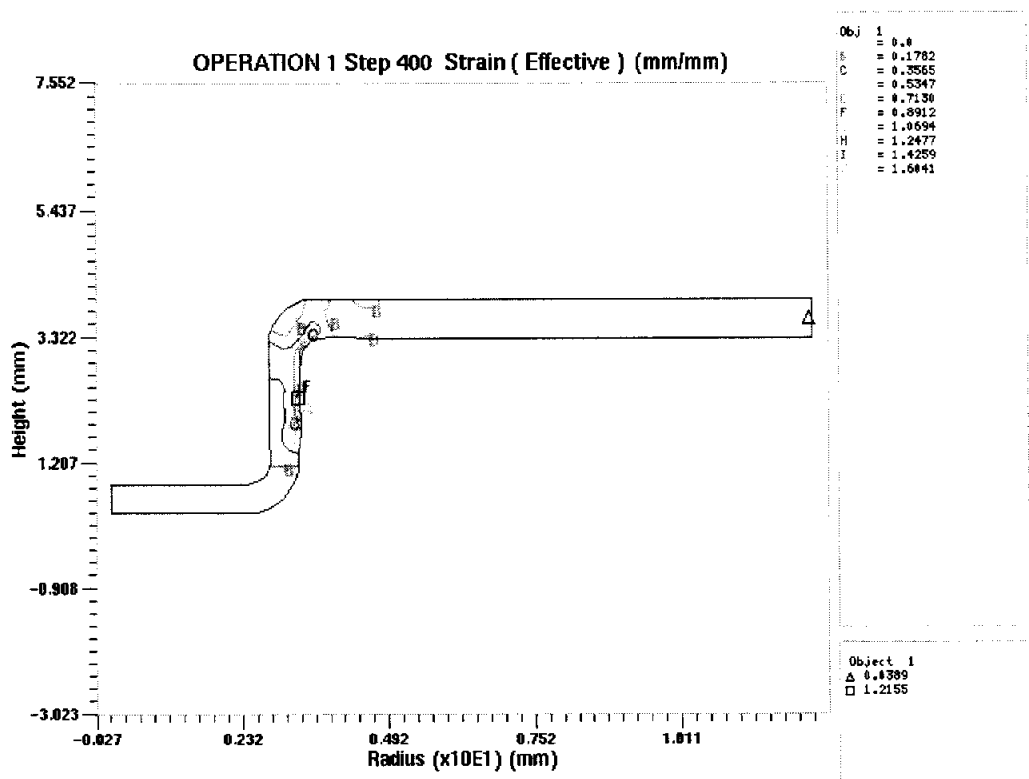
(b) Strain distribution of 2nd-drawing

Fig. 8 FEM simulation result on the each process drawing by
DEFORM



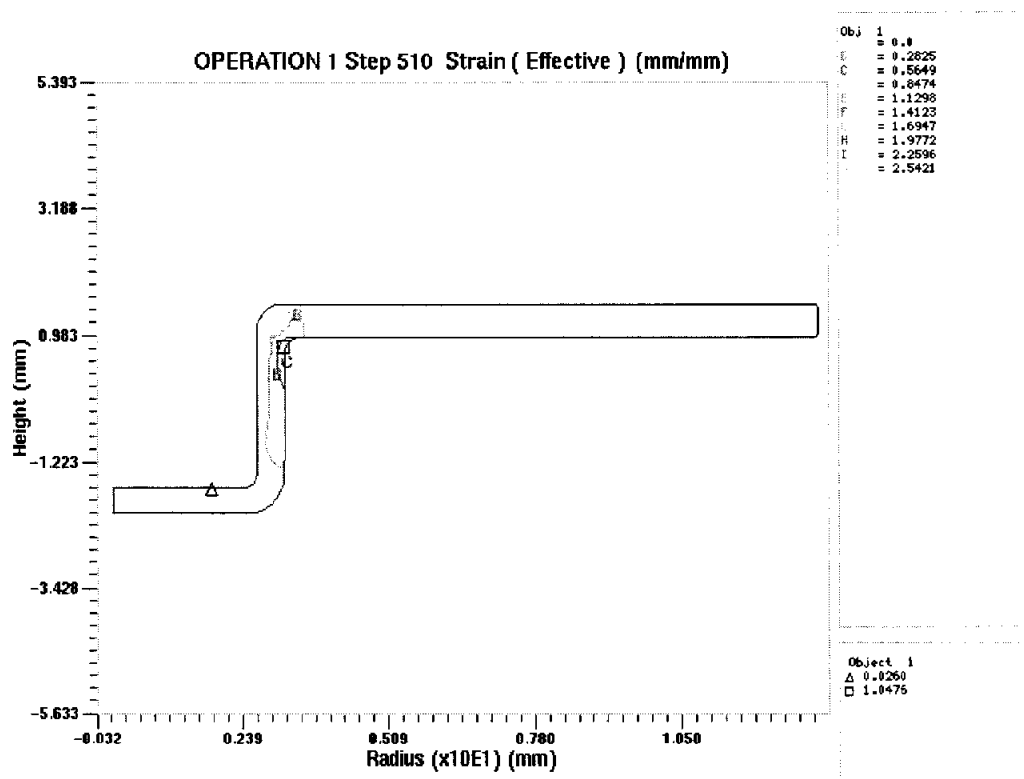
(c) Strain distribution of 3rd-drawing

Fig. 8 FEM simulation result on the each process drawing by DEFORM



(d) Strain distribution of 4th-drawing

Fig. 8 FEM simulation result on the each process drawing by DEFORM



(e) Strain distribution of 5th-drawing

Fig. 8 FEM simulation result on the each process drawing by DEFORM

4.2.4 국부적 element 파괴 형상

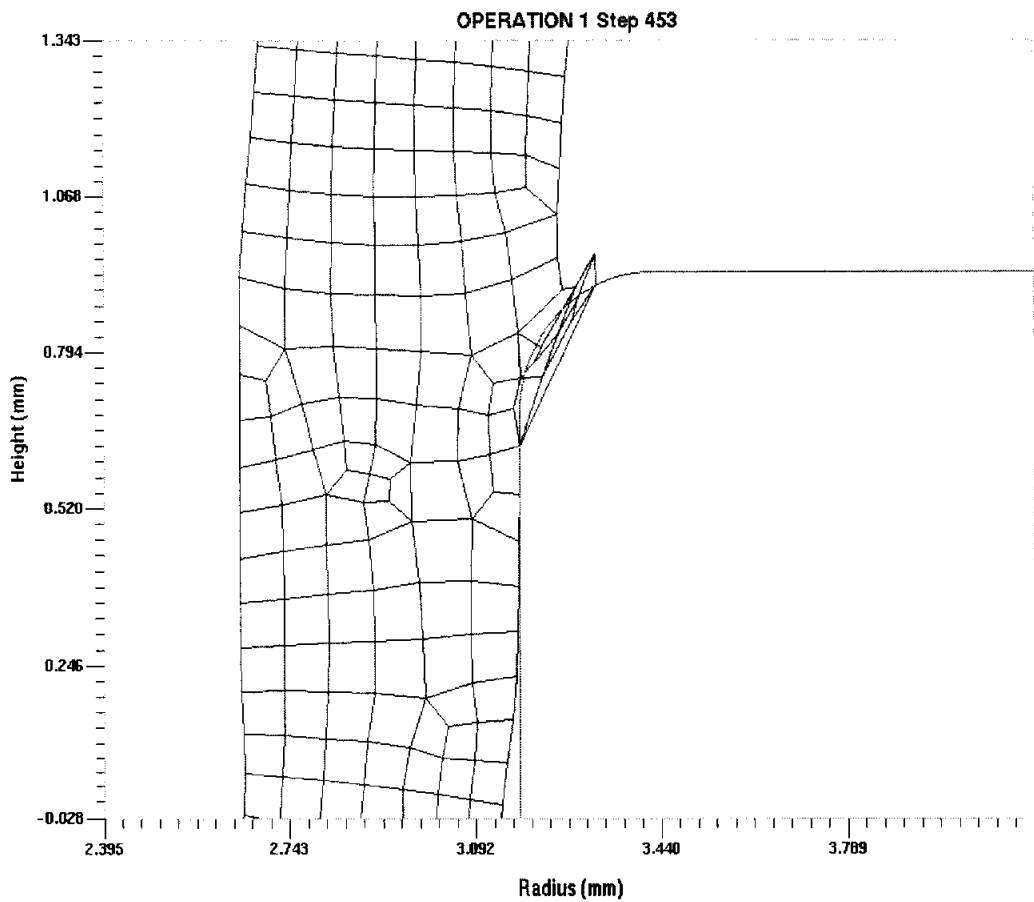
Element가 파괴되는 이러한 현상의 원인은 다이 반경, 펀치직경, 펀치의 속도, 클리어런스 등 많은 부분들이 원인이 될 수 있다.

Fig. 9에서 보여지는 이 현상은 5차 드로잉 공정에서 발생한 것으로 제품의 원하는 형상을 얻어내기 위해 클리어런스를 너무 적게 주어서 발생한 것으로 사료된다.

Fig. 10의 그림 (a)에서 시작된 element 의 이상현상이 Fig. 10의 그림 (b)와 Fig. 10의 그림(c)의 단계를 거쳐서 Fig. 10의 그림(d)에서 strip의 부분 파괴가 발생한 것을 볼 수 있었다.

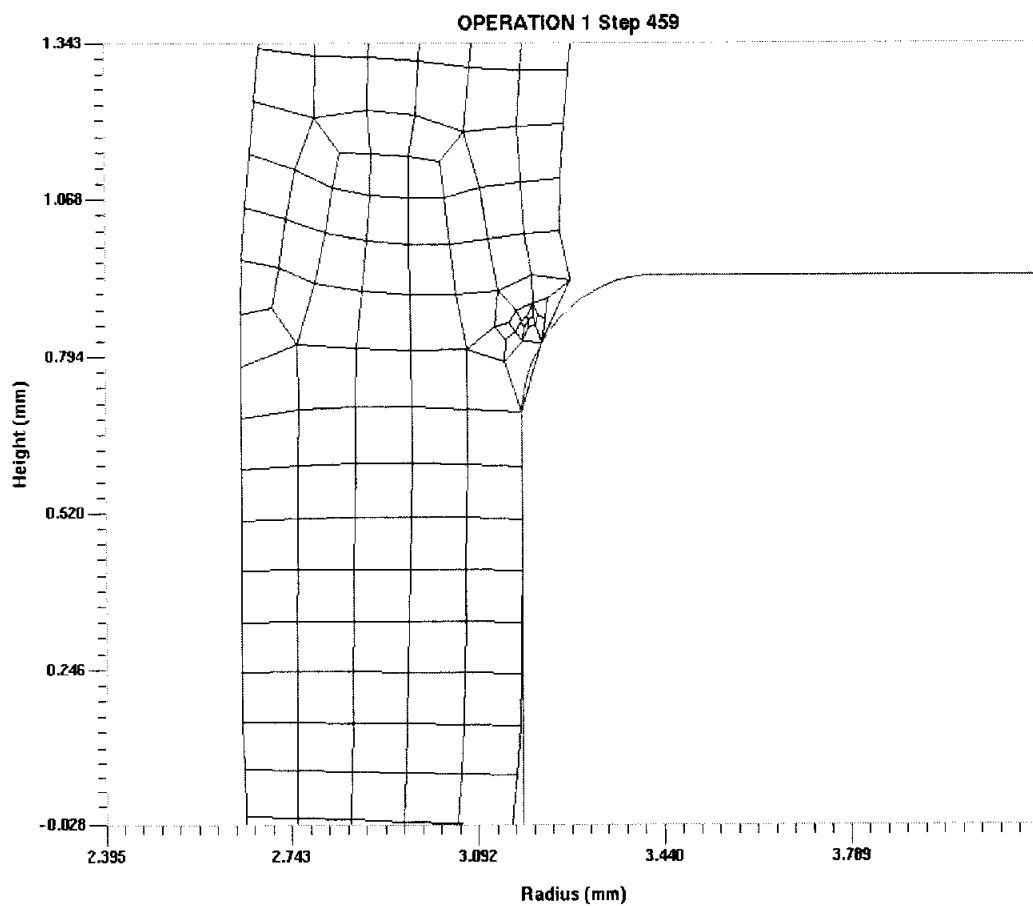
Fig. 10은 부분적으로 파괴된 465스텝에서의 strain 과 stress line contour를 보여주고 있다.

파괴된 부분에서 집중적으로 strain 과 stress가 발생함을 알 수 있었다.



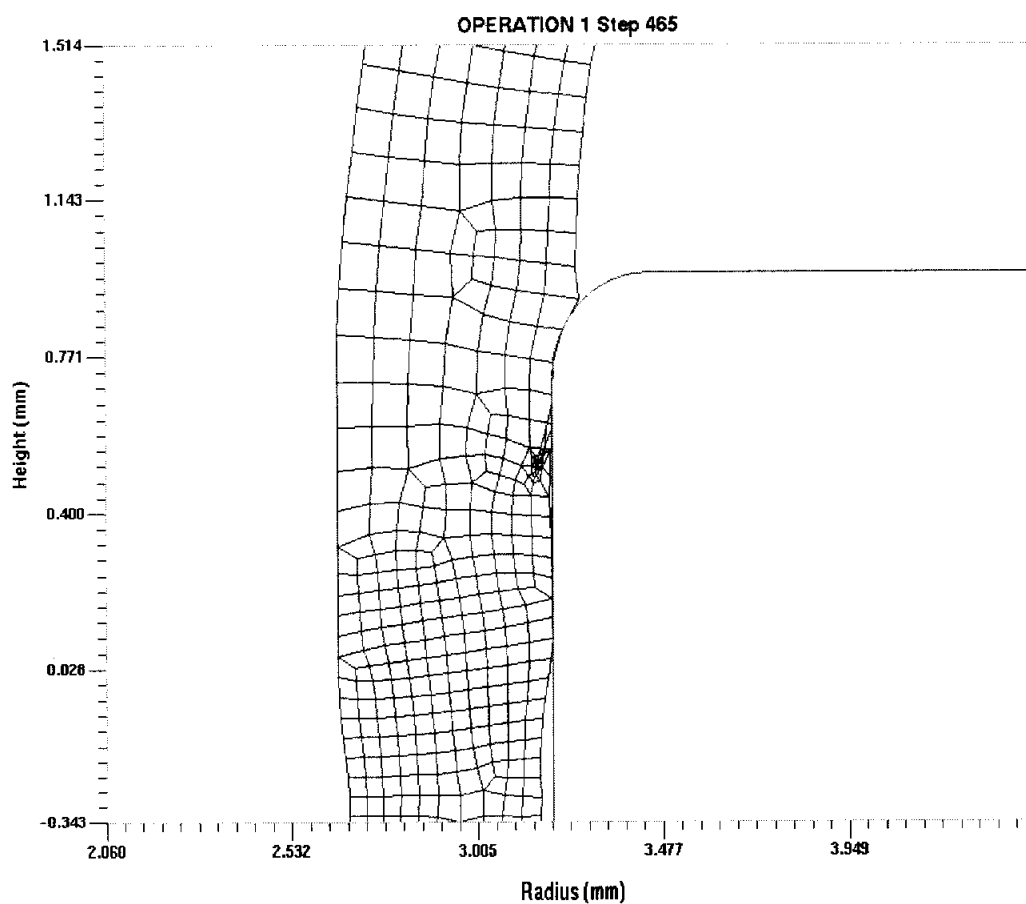
(a) Mesh distribution of 453step

Fig. 9 Development of mesh fracturing



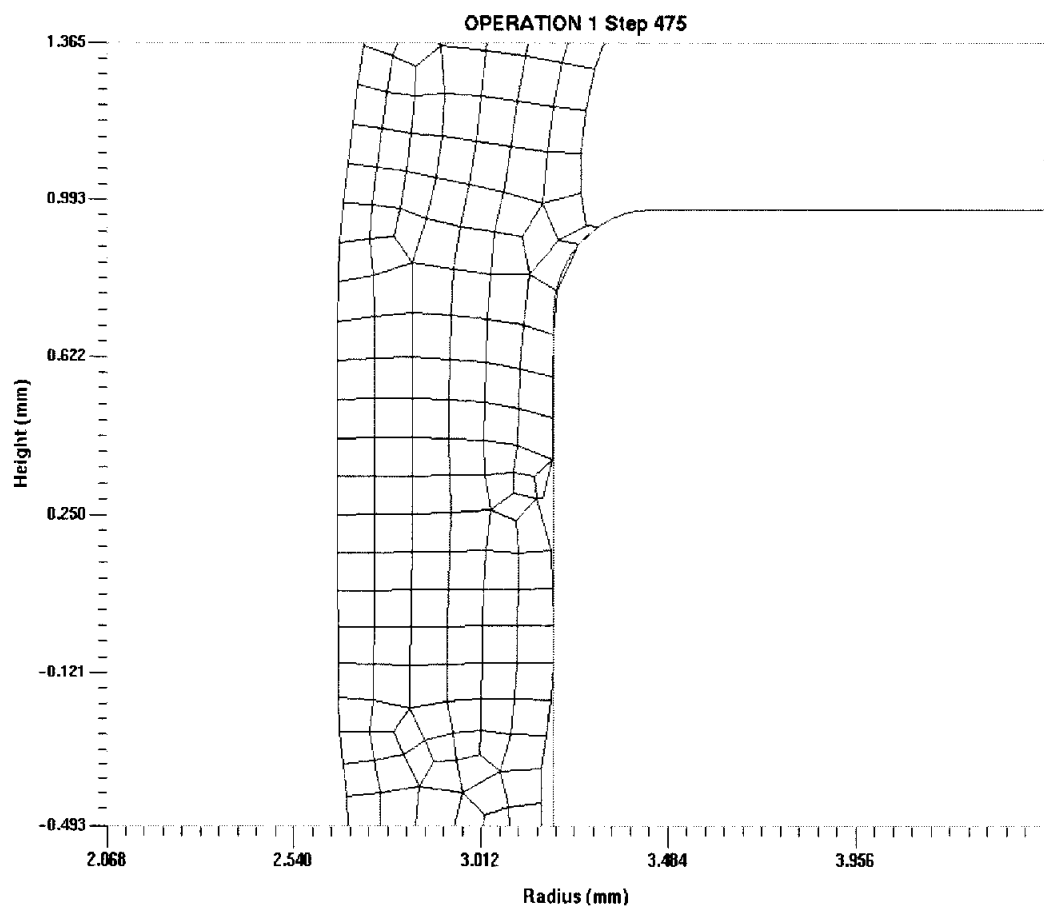
(b) Mesh distribution of 459step

Fig. 9 Development of mesh fracturing



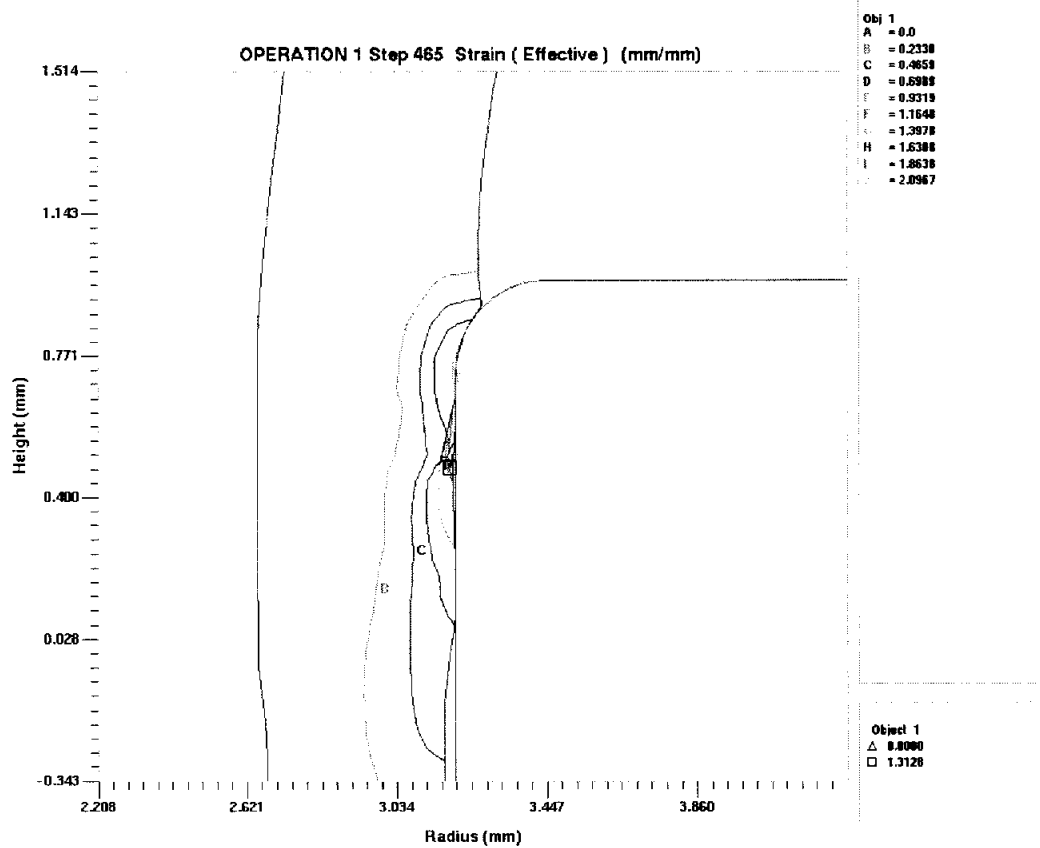
(c) Mesh distribution of 465step

Fig. 9 Development of mesh fracturing



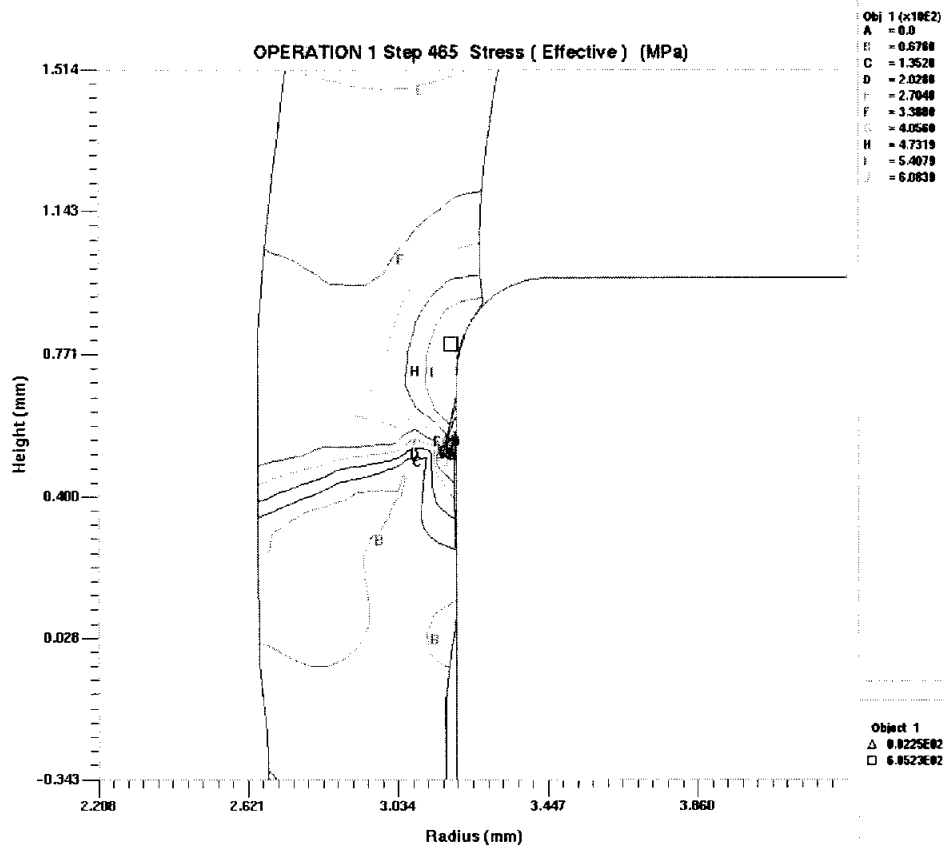
(d) Mesh distribution of 475step

Fig. 9 Development of mesh fracturing



(a) Strain distribution of 465step

Fig. 10 Strain and Stress line contour of 465 step



(b) Stress distribution of 465step

Fig. 10 Strain and Stress line contour of 465 step

4-2-5 공정별 Load - Stroke 그래프

Fig. 11은 각 공정별 Load-Stroke 그래프를 나타내고 있다. 여기서 1차와 2차 드로잉에서 초기 하중이 크게 나타나며 점차적으로 줄어드는 현상을 볼 수 있었다. 또한 공정이 진행될수록 하중의 변화가 크게 나타나지 않음을 알 수 있었다.

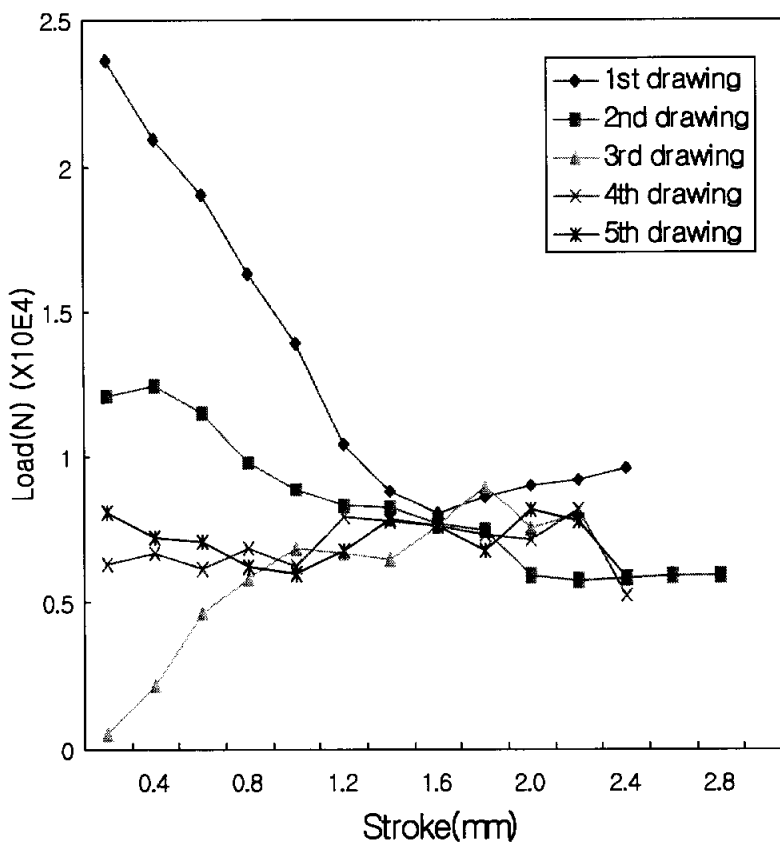


Fig.11 Simulated Load-Stroke graph

4-2-6 공정별 클리어런스 변화에 의한 최대 strain값

Fig. 12 는 클리어런스가 1%, 5%, 10% 일때의 각 공정의 최대 strain 값을 나타내고 있다. 공정이 진행되면서 최대 strain 값은 점차 증가하며 클리어런스가 작을수록 최대 strain 값은 커지고 클리어런스가 클수록 최대 strain 값은 작게 나타난다.

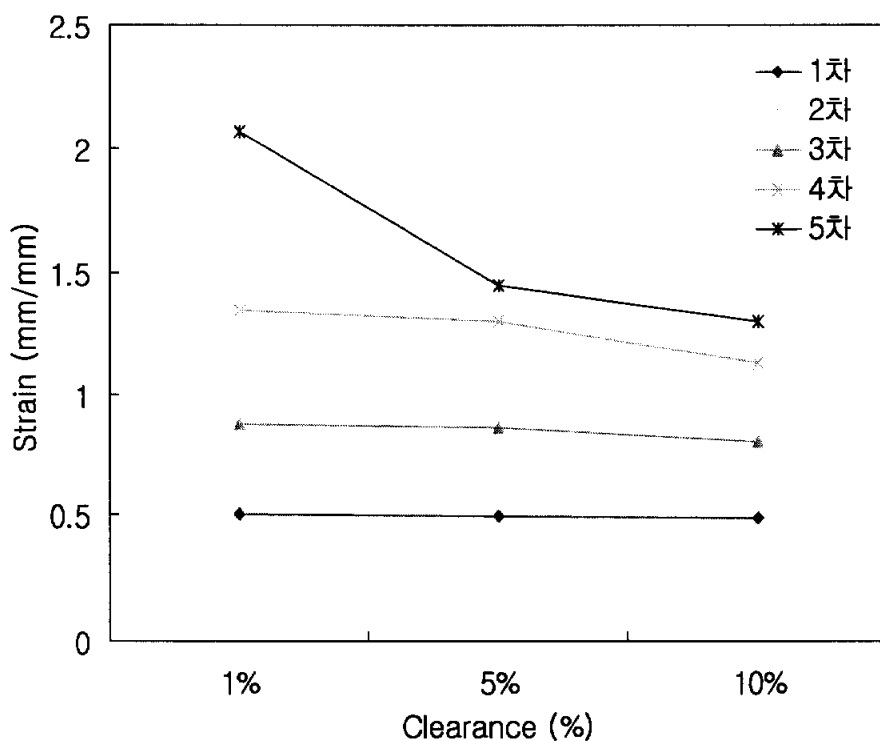


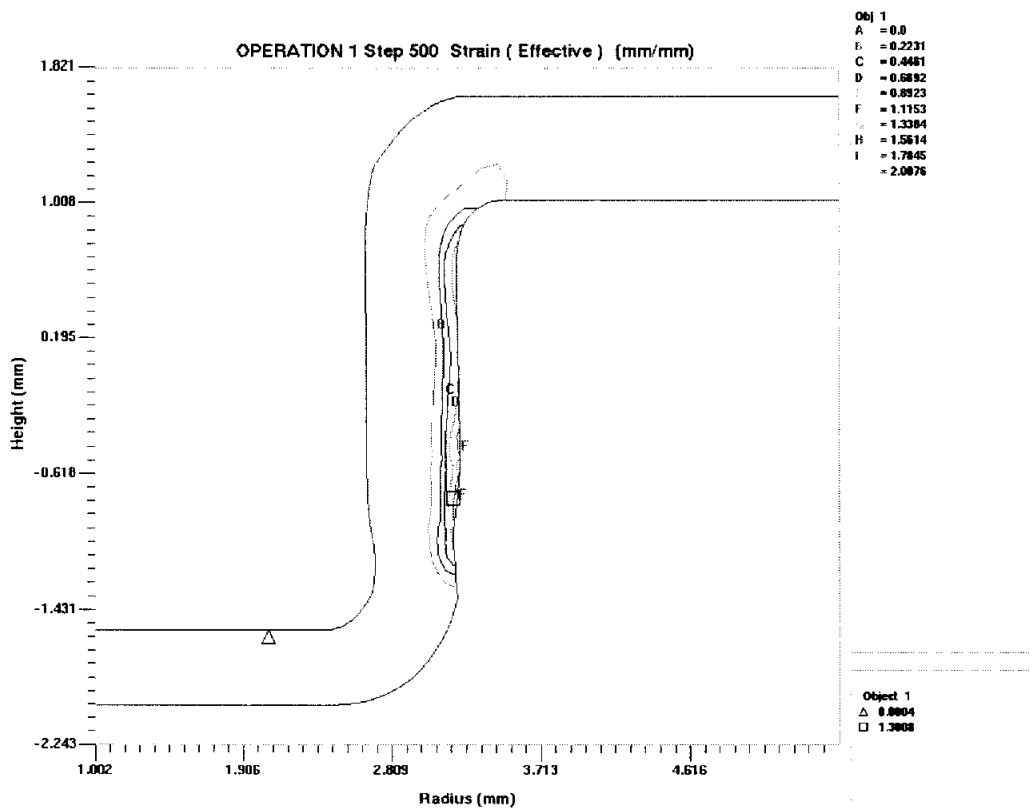
Fig. 12 Clearance variation by the maximum strain value ineach process

4-2-7 클리어런스 변화에 의한 Strain 형상

Fig. 13 는 5차 드로잉 공정에서 1%, 5%, 10% 일때의 strain 분포를 나타내고 있다. 1%와 5%의 공정에서 측벽 부분에 strain 분포가 집중적으로 나타나는 것을 볼 수 있다. 이것은 5차 공정에서 사이징 공정이 포함되어 제품의 형상을 정확하게 나타내기 위해서 무리하게 클리어런스를 작게 주게 될 경우 발생될 수 있다. 따라서 strip 에 무리한 변형이 발생하지 않을 수 있는 정확한 클리어런스 값으로 설계하여야 한다.

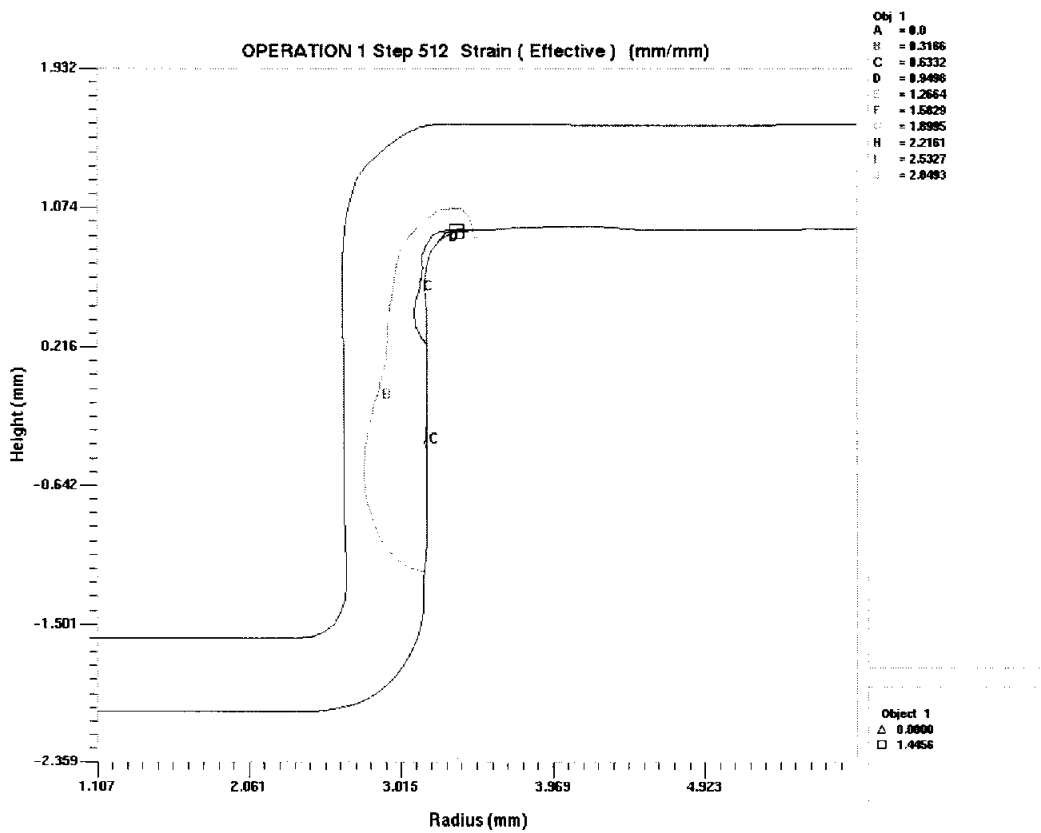


40



(b) Strain distribution of 5th-drawing(5%)

Fig. 13 Strain line contour of the variation of Clearance



(c) Strain distribution of 5th-drawing(10%)

Fig. 13 Strain line contour of the variation of Clearance

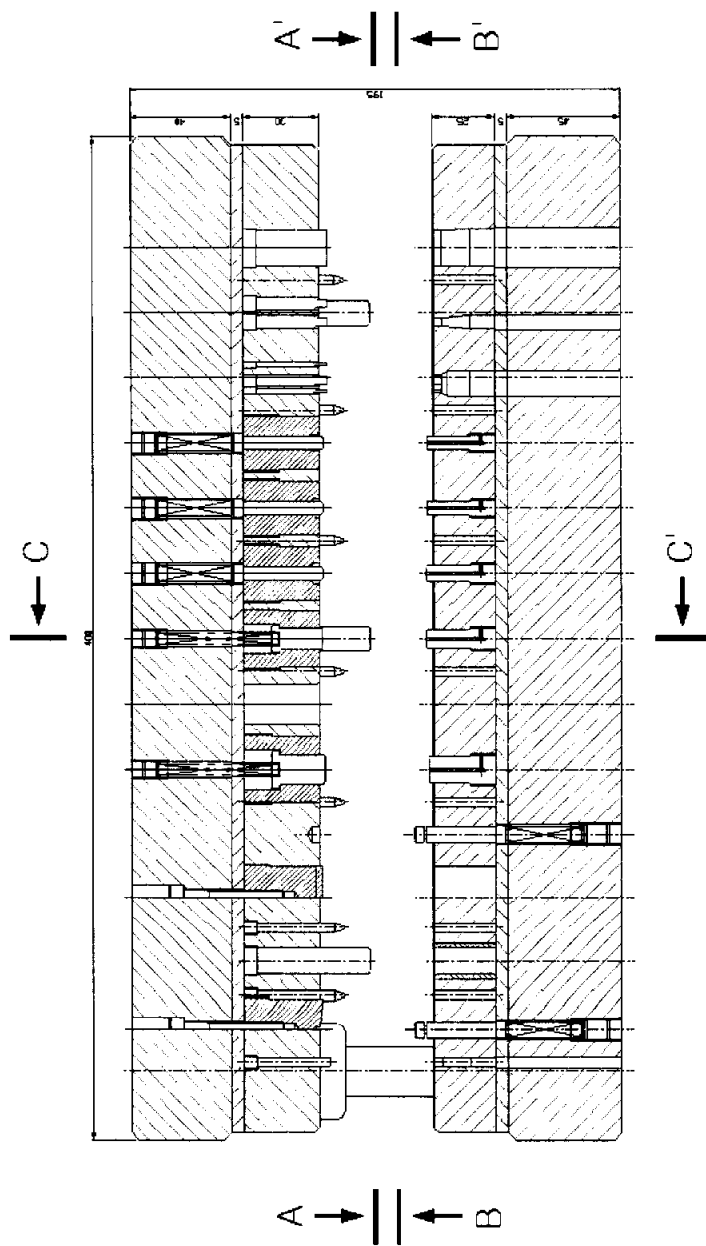
4.3 조립도

Fig. 14는 이 금형의 조립도를 나타내고 있다.

일반적으로 드로잉 공정에서 상형에 드로잉 펀치를 두고 가공할 경우에 스트리퍼가 필요하게 되고, 이 형상에서는 펀치보다 스트리퍼가 먼저 내려오게 됨으로서 가공중에 찌그러지거나 주름이 발생하게 된다.¹¹⁾¹³⁾

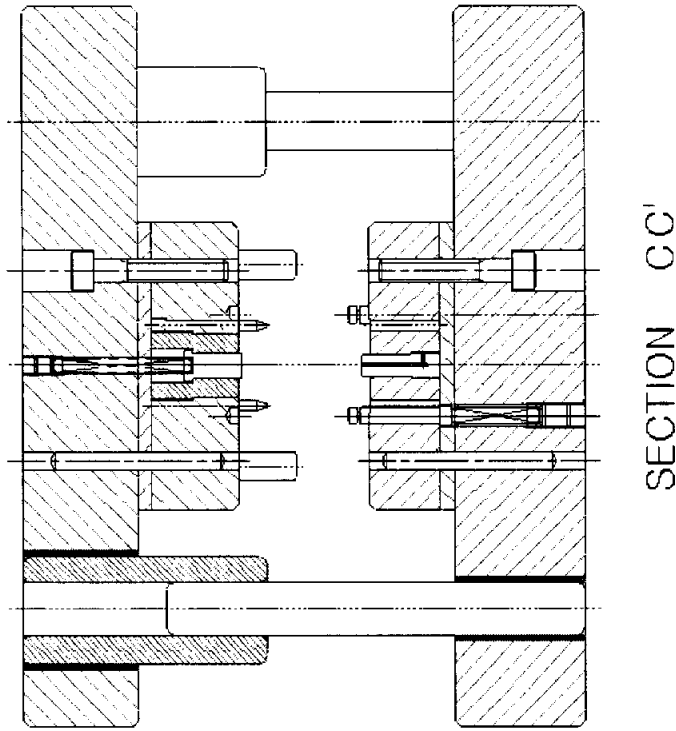
따라서 이 형상을 역드로잉 형상으로 설계하여 각 드로잉 공정이 진행되면서 하형에 드로잉 펀치를 두어서 상형의 패드와 하형의 펀치를 이용하여 드로잉 하도록 설계하였다.

또한 정밀도를 높이기 위하여 아웃터 가이드 포스트와 이너 가이드 포스트를 동시에 사용하였다.



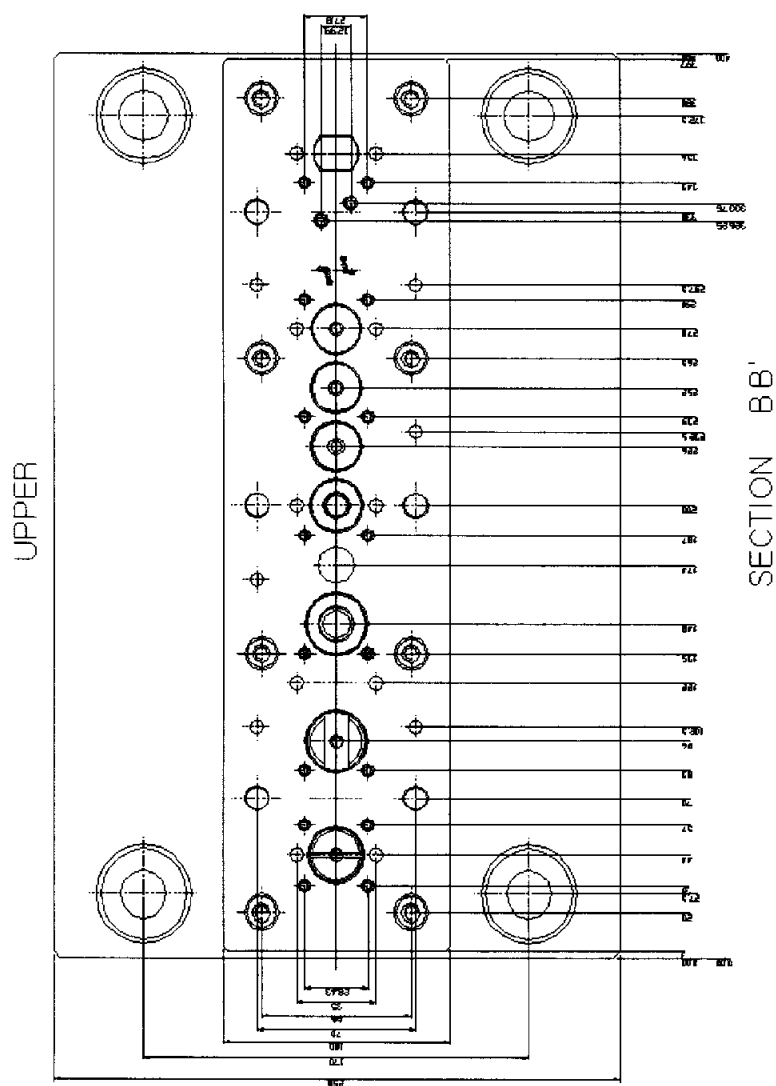
(a) Assembly drawing of the die design on front view

Fig. 14 Die assembly design



(b) Assembly drawing of the die design on side view

Fig. 14 Die assembly design

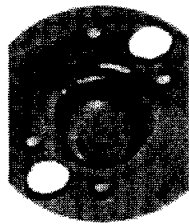


(d) Assembly drawing of the die design on Top view "B-B"

Fig. 14 Die assembly design

4.4 Tryout

Fig. 15는 제작된 금형을 사용하여 tryout한 결과로 얻어진 제품과 strip process layout을 보여주고 있다. 따라서 본 연구는 무리없이 양질의 제품을 얻을 수 있어서 제반 process 연구가 원만히 이루어 졌다고 사료된다.



(a) Actual production part



(b) Actual strip by tryout

Fig. 15 Actual part and strip by tryout

5. 결 론

본 연구에서는 5차의 드로잉 공정이 있는 프로그레시브 금형에 대하여 AUTO-CAD를 이용하여 제품도와 strip process layout, 조립도 설계를 하였고 I-DEAS를 이용하여 제품과 strip process layout을 모델링 하였다. 그리고 FEM 상용프로그램인 DEFORM을 이용하여 5차의 드로잉 공정에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 이러한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 금형 개발 시스템의 흐름도에 맞추어 금형을 설계하는 것이 최적 설계를 하는데 중요하다는 것을 알 수 있었다.
2. 다단계 드로잉 공정이 진행되는 동안 strip 에는 점차적으로 stress 와 strain이 커진다는 것을 알 수 있었다.
3. 드로잉 공정에 있어서 펀치와 다이 사이의 클리어런스를 너무 작게 주었을 때 측벽부분에 strain 이 크게 발생하고 분포도 집중된다. 또한, 클리어런스가 작을수록 최대 strain 값은 커진다는 사실을 알 수 있었다.
4. 금형 설계시 가공중에 발생할 수 있는 문제점들을 파악하여 설계를 하여야 비용의 절감과 공정의 손실을 줄일 수 있고 최적의 설계를 할 수 있었다.
5. 기존 database 와 경험을 살려 FEM simulation에 반영함이 최적설계에 큰 영향을 줄 수 있다고 사료되었다.

참고문헌

- (1) Sim, Sung-Bo, Park, Sun-Kyu, Development of the Practical and Adaptive Die for Sheet Metals(1), Proceedings of KCORE Conference, pp. 141 ~ 148. May(1999)
- (2) Sim, Sung-Bo, Song, Young-Seok, Development of the Practical and Adaptive Die for Sheet Metals(2), Proceeding of KCORE Conference, pp. 149 ~ 155. May,(1999)
- (3) Sim, Sung-Bo, Song, Young-Seok, Development for Practical and Adaptive Progressive Die for Design and Making of Marine Part Sheet Metals(1), Inter. Jour. of Ocean Eng. and Tech., KCORE, Vol. 2 No. 2, pp. 19 ~ 25. (1999)
- (4) Sung, Yul-Min, A Study on the Development of Multi Forming Type Progressive Die for STS 304 Sheet Metal, Pukyung National University, Thesis for the degree of Master of Engeneering (2002)
- (5) Sim, Sung-Bo , Jang, Chan-Ho, Sung, Yul-Min , Development of the Pilotless Type Progressive Die for Thin Sheet Metal, Inter. Proceeding of KCORE Conference, pp. 289 ~ 294. (2001)
- (6) Sim, Sung-Bo , Jang, Chan-Ho, Sung, Yul-Min , Lee, Sung-Taeg,

A Study on the Development of Progressive Die for Multi-Stage Forming, Inter. Proceeding of KCORE Conference, pp. 86~91.(2002)

(7) Sim, Sung-Bo , Jang, Chan-Ho, Lee, Sung-Taeg, A Study on the Development of Two side carrier Type Progressive Die for Multi-Stage Drawing Process. The Proceeding of the 2002 Autumn Conference of Korea Society Machine Tool Engineers, pp341~346,(2002)

(8) Karl, a.Keys, Innovation in Die Design, SME, pp. 71~99. (1982)

(9) Hutota, M., Preworking and Die Making, Higan Tech. Paper Co., pp. 121~180. (1975)

(10) Donald, F. Eary, Edward, A. Reed, Techniques of Pressworking sheet Metal, Prentice Hall, Inc, Tool and Die Failures, ASM, pp. 18~31. (1982)

(11) M. I. Moto, Press-Progressive Die Higan Industrial Paper Co. (1969)

(12) M. H. Moto, Press working and Die Making, Higa, Industrial Paper Co. (1970)

(13) 전기찬, “박판 금속의 성형”, 반도 출판사.

- (14) 이명섭, 황종관, 강대민, PAM-STAMP 에 의한 정사각형 디프드로잉의 성형성 및 마찰의 영향에 관한 연구, 부경대학교 논문집 제4권, pp301~311
- (15) 한규택, 디프드로잉 성형공정에 미치는 마찰의 영향에 대한 유한요소 해석 및 실험적 연구, 부산공업대학 논문집 제 31권 pp247~262 (1989)
- (16) 김홍주, 구태완, 강범수, 세장비가 큰 다단계 사각형 디프드로잉 성형 공정해석 및 금형설계, 한국소성가공학회 제10권 제6호 pp459~464, (2001)
- (17) 박수열, “프레스 금형 설계” 선학출판사
- (18) ATEs, “DEORM”
- (19) 김세환, “프레스 금형 설계학”, 대광서림.(1997)
- (20) 서종근, S.K.B 용 박판의 슬리팅 가공을 위한 정밀진단기구에 관한 연구, 부경대학교 석사학위 논문 (2001)

A Study on the Development of Two side carrier Type Progressive Die for Multi-Stage Drawing Process

Chan-Ho Jang

Department Mechanical Engineering, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

The production part requiring multiple processes such as piercing, circular lancing, and drawing are performed with a high production rates in progressive die. In order to prevent the defects of process result, the optimum of strip process layout design, die design, die making, and tryout with inspection etc. are needed. According to these factors of die development process, they required theory and practice of metal working process and its background, die structure, machining conditions for die making, die materials, heat treatment of die components, know-how and so on.

In this study, we designed and analyzed die components also simulated the strip process layout of multiple stage drawing by DEFORM.

Especially the result of tryout and its analysis become to the feature of this study.

감사의 글

먼저 2년의 대학원 생활동안 꾸준히 지도해 주시고 살피주신 심정보 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

또한 본 논문을 바쁘신 중에도 조언과 가르침을 주신 오세규 교수님과 강대민 교수님께도 머리 숙여 감사드립니다.

학부시절부터 지도해주신 기계공학부 교수님들께도 감사 드립니다.

그리고 2년여 동안 연구실에서 함께 먹고 자며 고생하며 많은 도움을 준 이성택, 송영석 형과 새신랑 박선규 형, 늦각이 군인이 된 성열민, 그리고 Lab 실에서 모자란 저와 함께 해준 동학, 상훈, 정태, 진우, 사범, 지석, 명호, 영우, 상용이와 학부 조교님들과 석·박사분들까지도 이 기쁨을 함께 하고 싶습니다.

10년이 넘는 시간동안 항상 옆에서 힘이 되어준 김원대, 우종현과 이번에 결혼하는 종상(축하해!!)이와 죽마고우 종국이와 모든 소중한 친구들에게 감사하다는 말 전하고 싶습니다.

또, 캐나다에서 공부하는 친형같은 치오형과 미국에서 공부하는 원진 이형을 비롯한 우리 양로원봉사모임 여러분들과도 이 기쁨 같이 나누고 싶습니다. 대학원에 들어온 것이 엇그제 같은데 벌써 졸업이라니 시간이 참 빠르다는 것을 느낍니다. 저를 알고 있는 많은 분들에게 항상 좋은일만 있으시기를 바랍니다.

마지막으로, 항상 부족한 아들이자 동생인 저를 항상 사랑으로 따뜻하게 감싸주시고 묵묵히 든든한 후원자가 되어 주신 부모님과 옥희, 미숙, 영희, 설희누나, 그리고 이한희, 박원철, 권순우 이 세매형들께 진심으로 깊이 감사 드립니다. 그리고 우리 귀여운 조카들인 동건, 재범, 소정, 준형이에게도 삼촌이 사랑한다고 꼭 전하고 싶습니다.

2003 年 2 月

장 찬 호 拜上