

# 냉간단조용 비조질강의 성형공정에 따른 성형하중, 금형응력 및 재질편차 예측

(주)선일다이파스 부설연구소    한국기계연구원 공정연구부  
김지훈, 이승현, 박남기, 서보혁    이영선, 서동우, 권용남

2004.06.18



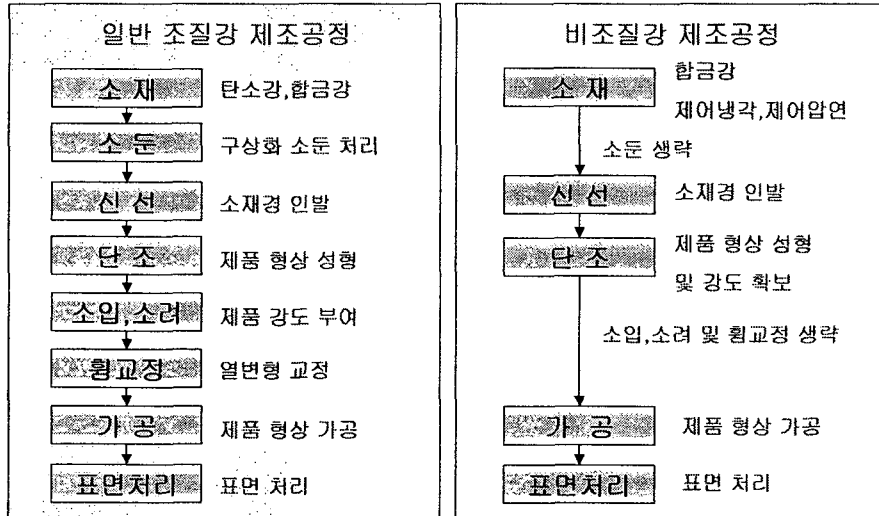
## 연구 개요

### 1. 연구 목적

- 냉간단조용 비조질강 제품 생산시 저해요인인 금형수명저하 문제점을 개선하기 위하여 성형공정의 차이가 성형하중 및 금형응력에 미치는 영향을 분석 활용하여 금형 장수명화를 얻기위함.
- 냉간비조질강으로 성형된 최종 제품에서 발생하는 재질편차가 냉간 성형시 소재에 추가되는 부위별 성형량 차이와의 관계를 해석하여 냉간 비조질강 제품의 품질특성을 확보하기위함.



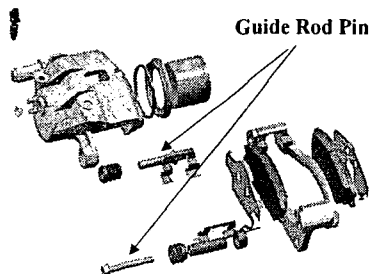
## 공정비교



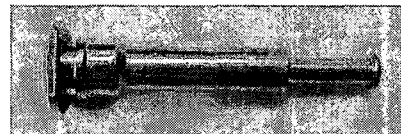
Sunildufas  
The Korean National Company

## 연구 대상

- 해석제품 : Guide Rod Pin (Brake Caliper용)
- 비조질강 소재 : NHF540S (냉간단조용 비조질강)
- 해석공정 : 현재 Guide Rod Pin의 제조에 사용되고 있는 2가지 단조 공정별 성형하중, 금형응력 해석 및 최종 제품내의 유효변형을 해석

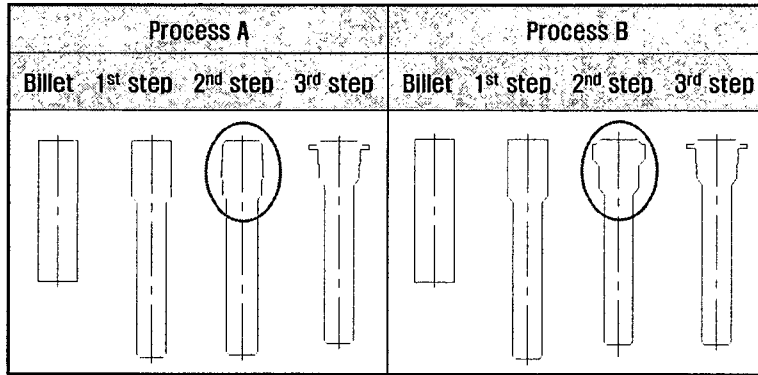


제품 특성상 소재 동심도 0.05이하가  
요구되나 열처리시 열변형에 의하여  
품질확보 애로 (불량다발)



Sunildufas  
The Korean National Company

## 단조 공정도



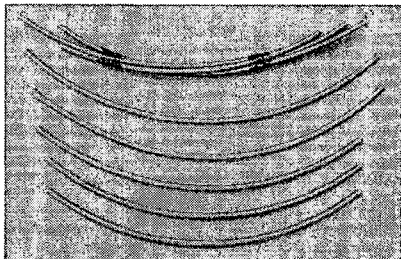
Process B는 #2Step에서 Head부 예비성형을 실시하여 #3Step 성형시 Head부 성형 및 단부를 Under Cutting 방식으로 성형 실시



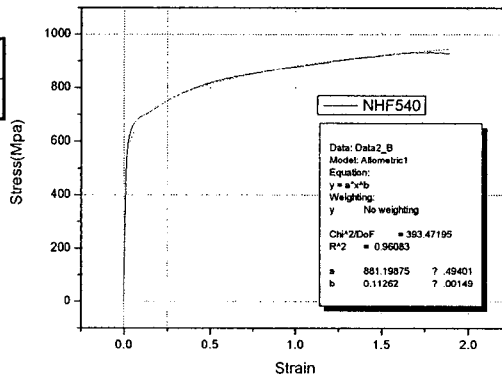
## 적용 소재 사양

### □ NHF540S 소재의 화학조성

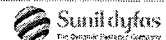
C	Si	Mn	P	S	Al
0.22	0.24	0.89	0.015	0.06	0.027



### □ NHF540S 소재의 유동곡선



$\sigma = k\epsilon^n$	K	n(가공경화지수)
NHF540 (비조질강)	881.19875	0.11262

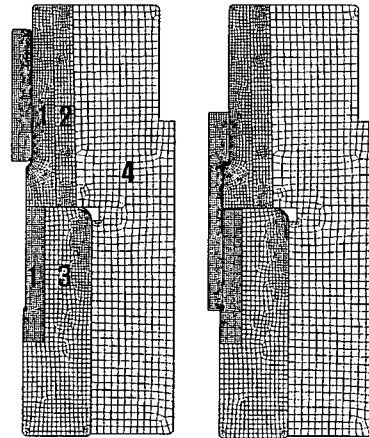


### 해석조건 및 방법

- 성형해석 프로그램 : DEFORM-2D V8.0
- workpiece : rigid plastic, die : elastic 으로 가정
- number of element : 1050(workpiece), 3420(die)

### □ Material properties of die

	Materials	Elastic Modulus (GPa)	Yield strength (MPa)	Poisson's ratio
1	Tungsten carbide	500	3100	0.23
2	AISI H-13	218	1200	0.3
3	SKS3	215	1000	0.3
4	SNCM-8	212	750	0.3

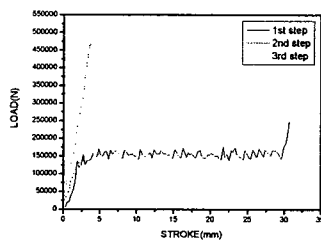


FE model for the 1<sup>st</sup> forming step

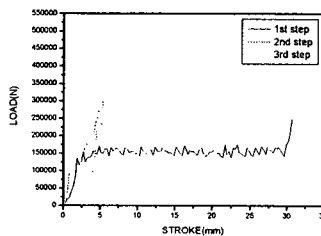


### 해석 결과-성형 하중

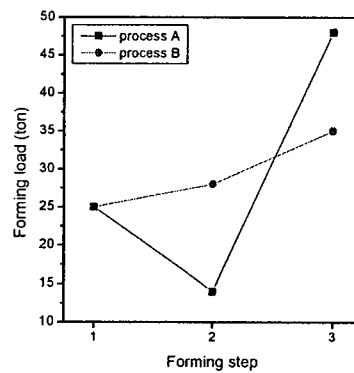
#### □ Process A



#### □ Process B



#### □ 성형공정에 따른 성형하중 변화

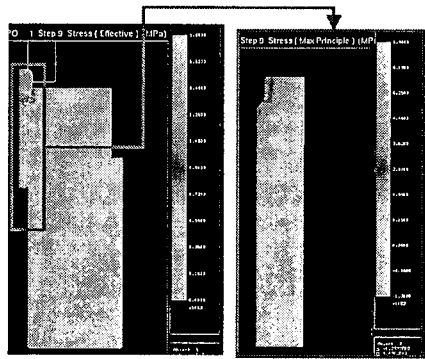


- 공정 B가 공정 A에 비하여 2단계 성형 하중이 높고 3단계 성형 하중이 감소
- 공정 B가 공정 A에 비하여 공정단계별 성형하중의 분포가 비교적 균일

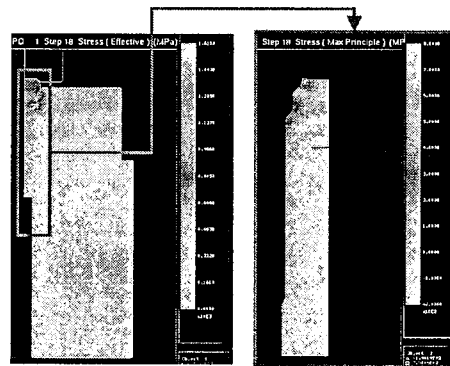


해석 결과-금형 응력

□ 금형응력 분포 - 2<sup>nd</sup> step



□ Process A  
Max. Principal Stress : 683 MPa

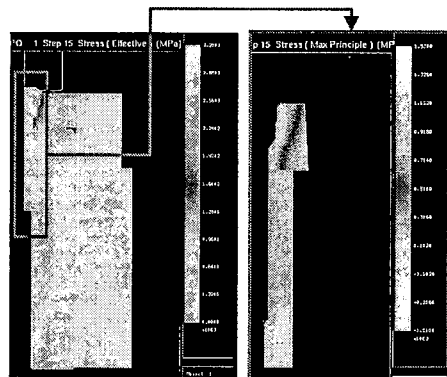


□ Process B  
Max. Principal Stress : 800 MPa

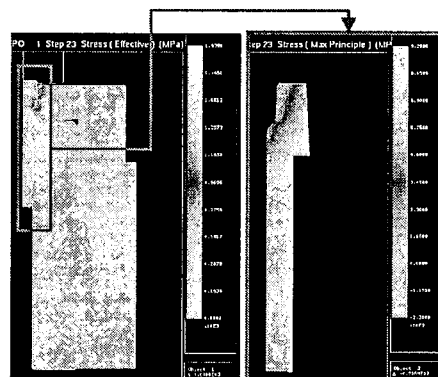


해석 결과-금형 응력

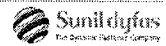
□ 금형응력 분포 - 3<sup>rd</sup> step



□ Process A  
Max. Principal Stress : 1521 MPa

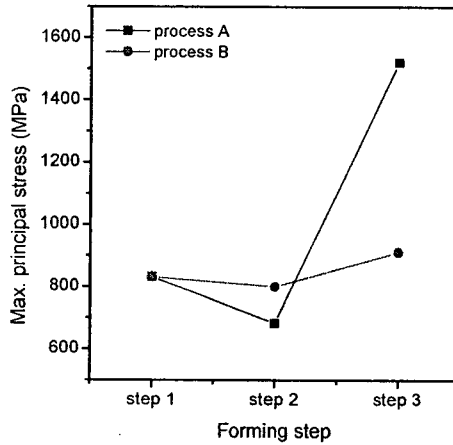


□ Process B  
Max. Principal Stress : 912 MPa



## 해석결과-금형응력

### □ 성형 공정 및 단계별 금형 최대 인장응력 변화

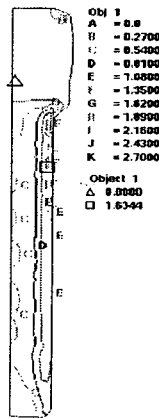


- 공정 B가 공정 A에 비하여 2단계 금형응력이 약간 상승하지만 3단계 금형응력이 대폭 감소
- 공정 B가 공정 A에 비하여 성형단계별 금형 응력분포가 비교적 균일
- 공정 B의 경우에 공정 A와 비교하여 3단계 금형의 수명 향상 및 각 성형단계별 금형의 수명 균일화 기대

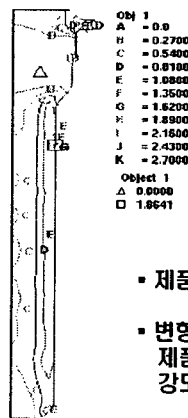


## 해석결과-유효 변형율

### □ Process A



step 2



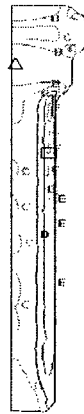
step 3

- 제품 전체적으로 불균일한 변형률 분포
- 변형이 거의 가해지지 않은 부분이 제품 상부에 존재하여 가공경화에 의한 강도향상 기대가 어려움
- 제품 상하부간의 재질편차가 발생할 것으로 예측



## 해석결과-유효 변형율

### □ Process B



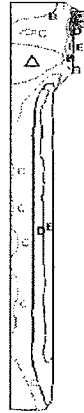
Obj 1

A	= 0.0
B	= 0.2700
C	= 0.5400
D	= 0.8100
E	= 1.0800
F	= 1.3500
G	= 1.6200
H	= 1.8900
I	= 2.1600
J	= 2.4300
K	= 2.7000

Object 1

△	0.0000
□	1.6344

step 2



Obj 1

A	= 0.0
B	= 0.2700
C	= 0.5400
D	= 0.8100
E	= 1.0800
F	= 1.3500
G	= 1.6200
H	= 1.8900
I	= 2.1600
J	= 2.4300
K	= 2.7000

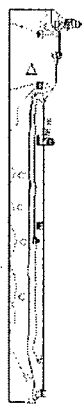
Object 1

△	0.0000
□	2.2648

step 3

- 제품 전체적으로 불균일한 변형률 분포
- 공정 A와 비교하여 제품 상부의 변형률이 상대적으로 상승하여 제품 전체적인 변형률 균일화에 기여
- 공정 A와 비교하여 제품 상하부간의 재질편차가 완화될 것으로 기대

## 해석결과-재질 편차



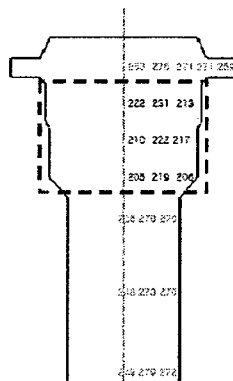
Obj 1

A	= 0.0
B	= 0.2700
C	= 0.5400
D	= 0.8100
E	= 1.0800
F	= 1.3500
G	= 1.6200
H	= 1.8900
I	= 2.1600
J	= 2.4300
K	= 2.7000

Object 1

△	0.0000
□	1.6941

유한요소해석에 의한  
유효변형률 분포



(HV)

실 성형품 내의  
비커스 경도값 분포

- Guide rod pin 상부 쪽 (점선안쪽)은 강도증가를 거의 관찰할 수 없음 (냉간 가공량 마비에 기인한 것으로 판단)
- Guide rod pin 하부 쪽은 반경방향으로 Hv 25 (TS~75MPa) 정도의 재질편차 존재
- 해석된 유효변형률 분포와 실제품의 비커스 경도값 분포의 경향이 동일
- 유한요소해석에 의한 유효변형률 분포에 의해 최종 제품내의 재질편차의 경향을 정상적으로 예측 가능

## 연구 결과

### □ 2가지 종류의 냉간 성형공정에 따른 비조질강 제품의 성형하중,금형응력 및 재질편차 해석

- 냉간 성형 공정의 차이에 의해 각 성형 단계별 성형하중과 금형응력, 제품 내의 재질편차는 크게 변화하였다
- 적절한 공정설계에 의해서 각 성형 단계별 성형하중의 균일화와 금형응력의 균일화를 얻을 수 있으며 따라서 적절한 공정설계가 금형의 장수명화와 수명 균일화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다
- 성형공정의 변화는 성형하중, 금형응력 뿐만 아니라 최종 제품내의 유효 변형률 분포에도 영향을 미치고 이는 최종 제품의 재질편차로 나타나므로 성형공정 설계시 이러한 영향을 고려하여야 한다