

# 드럼클러치 냉간단조 공정 해석

( Analysis of cold forging process for Drum clutch )

2003. 10. 15

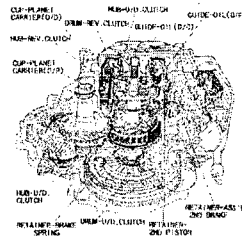
김병민\* (부산대학교)

박상수 (부산대학교 대학원)

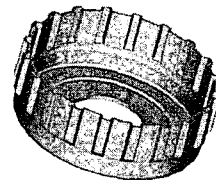
신동초 (나라 M&D 책임연구원)

이현석 (나라 M&D 주임연구원)

## 연구 대상



Schematic of automatic transmission



Model of Drum Clutch

## 연구 배경 및 목적

- ▶ 호빙 및 절삭에 의한 치형 성형의 문제점
  - 프레스 가공에 비해 생산성이 크게 떨어짐
  - 그로빙 또는 호빙 등의 전용장비사용으로 많은 초기투자 비용
  - 내치형부의 치수정밀도가 낮아 불량 발생이 많음
- ▶ 프레스 성형공법 연구의 목적
  - 프레스 성형공법 확립으로 생산성 향상
  - 내치의 Drum Clutch에서는 내측 코너 R의 정밀도 향상
  - 제품의 고정도화 실현으로 경쟁력을 높임



ERC/NSDM

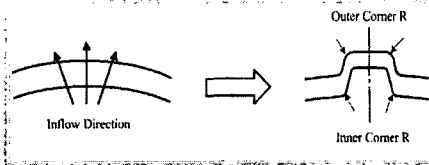
Net Shape Forming Laboratory

### 치형부 성형공법비교

	기존공법 (I)	기존공법 (II)	개발공법
성형공정	블랭크→드로잉→호빙→최종제품	블랭크→드로잉→그로빙→최종제품	블랭크→드로잉→치형부프레스성형→최종제품
생산성 (치형부 성형)	제품당 120초 소요	제품당 120초 소요	제품당 10초 소요
전용장비	전용 호빙 M/C	전용 그로빙 M/C	기존 유압 프레스 사용
치수정밀도	치형부 치수 불량을 높음	치형부 치수 불량을 높음	치형부 치수 불량을 낮음
기타	<input type="checkbox"/> 호빙 후 버 발생으로 인한 후가공 필요	<input type="checkbox"/> 그로빙 후 버 발생으로 인한 후가공 필요	<input type="checkbox"/> 프레스 성형으로 인한 치형부 기계적성질 우수
	<input type="checkbox"/> 치형부 길이가 일정하지 않음	<input type="checkbox"/> 치형부 길이가 일정하지 않음	<input type="checkbox"/> 경량화 가능
	<input type="checkbox"/> 제조단가 높음	<input type="checkbox"/> 제조단가 높음	<input type="checkbox"/> 트랜스퍼공정으로 대량생산 가능
			<input type="checkbox"/> 치형부 표면 정도 우수

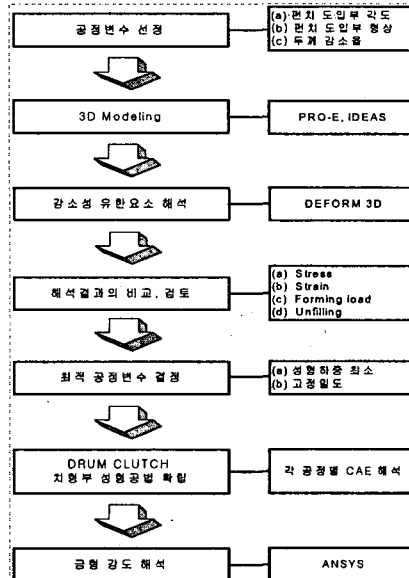
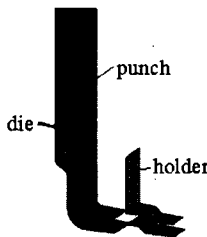
### Drum Clutch 성형 방법

- > 내측에서 외측으로 치형 성형 해석
- > 펀치도입부 각도 및 형상에 따른 성형성 판별
- > 두께 감소율에 따른 성형성 판별
- > 성형성, 성형하중 및 내경코너 R부의 안전성을 고려



### 성형 해석 조건

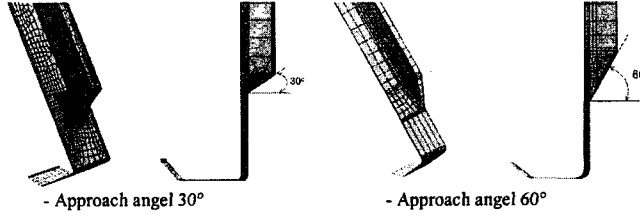
- 강소성 유한요소해석
- 1/40 단면해석수행
- 소재 : SAPH 3.2t
- 마찰계수 (m) : 0.1
- 중심부 홀더로 고정



Flow Chart of Forming Method

**공정 변수 선정**

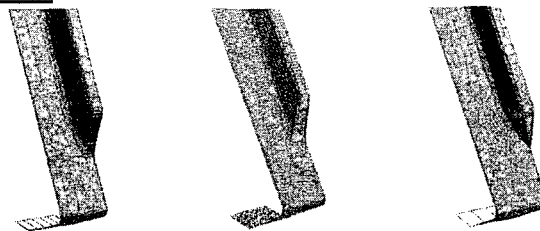
▶ 펀치 도입부 각도



- Approach angel 30°

- Approach angel 60°

▶ 펀치 도입부 형상



Declined cylinder type

Cylinder type

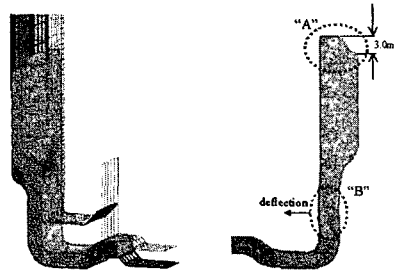
Spear type

**펀치각도에 대한 성형 해석 결과**

▶ 펀치 도입부 각도

- Case Approach angel 30°

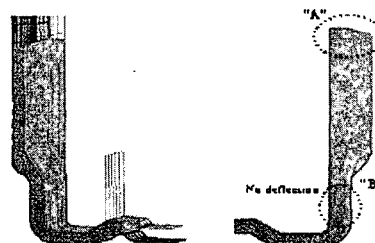
Stroke 28mm 일 때  
 외측으로의 소재유입이 어려움  
 A 부에서 높이차 3mm 차이(  
 B에서 folding 에 의한 주름 발생  
 Drum clutch 성형성이 나쁨



- Approach angel 30°

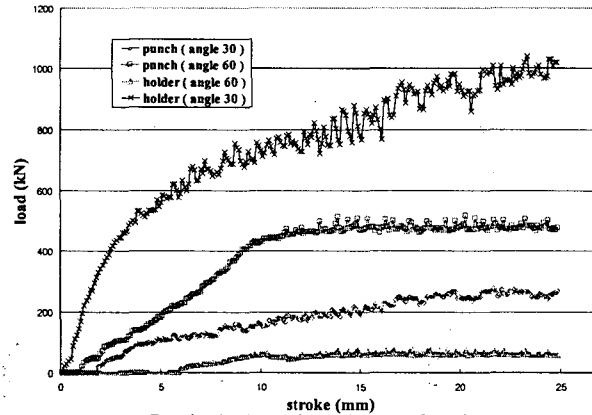
- Case Approach angel 60°

Stroke 28mm 일 때  
 A 부에서 치형 끝단의 높이차 일정  
 B에서도 성형이 원활하게 이루어짐  
 Drum clutch 성형가능



- Approach angel 60°

### 성형 하중 비교



Forming load at each punch approach angle

- 펀치 도입부 각도가 30°의 경우 홀더의 하중은 60°의 홀더 하중의 약 2배로 나타남
- 펀치 도입부 각도가 30°인 경우 큰 하중으로 공구 수명 짧을 것으로 판단됨
- 펀치 도입부 각도가 60°일 경우 성형성이 30°에 비해 우수함

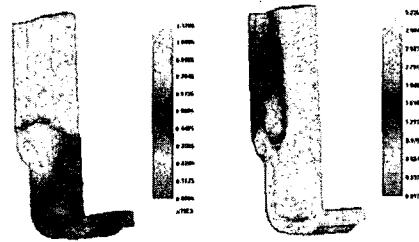
ERC/NSDM

Net Shape Forming Laboratory

### 펀치 형상에 대한 성형 해석 결과

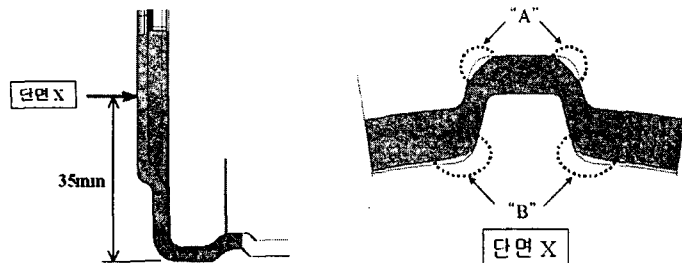
#### > Declined cylinder type

- Effective stress Max : 1121MPa  
치형부 깎이는 부분에서 발생
- Effective strain Max : 3.225
- Out corner R : 0.374mm
- Inner corner R : 0.155mm



- Effective stress (Mpa)

- Effective strain



- CAE analysis section of declined cylinder type

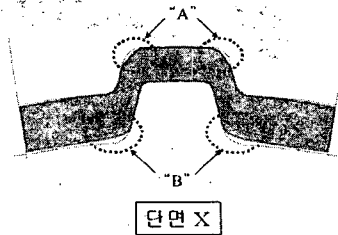
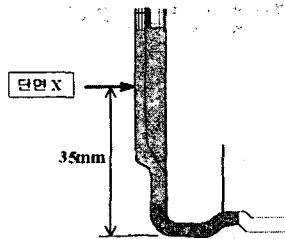
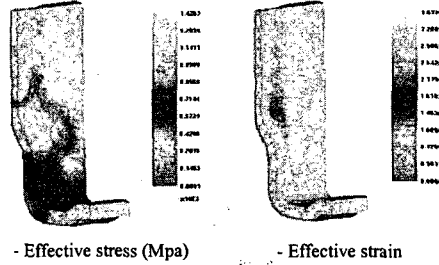
ERC/NSDM

Net Shape Forming Laboratory

**펀치 형상에 대한 성형 해석 결과**

➤ Cylinder type

- Effective stress Max : 1427MPa  
치형부 꺾이는 부분에서 발생
- Effective strain Max : 3.6326
- Out corner R : 0.214mm
- Inner corner R : 0.273mm



- CAE analysis section of declined cylinder type

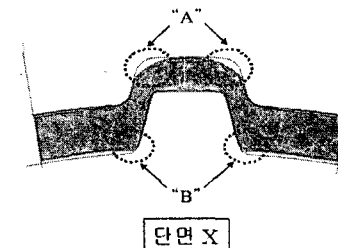
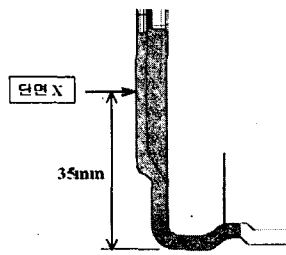
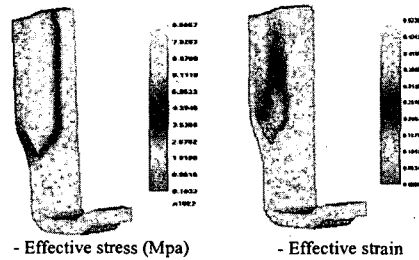
ERC/NSDM

Net Shape Forming Laboratory

**펀치 형상에 대한 성형 해석 결과**

➤ Spear type

- Effective stress Max : 868MPa  
치형부 전체에서 발생
- Effective strain Max : 2.9405
- Out corner R : 1.172mm
- Inner corner R : 0.09mm  
재료의 유입이 가장 쉽기 때문

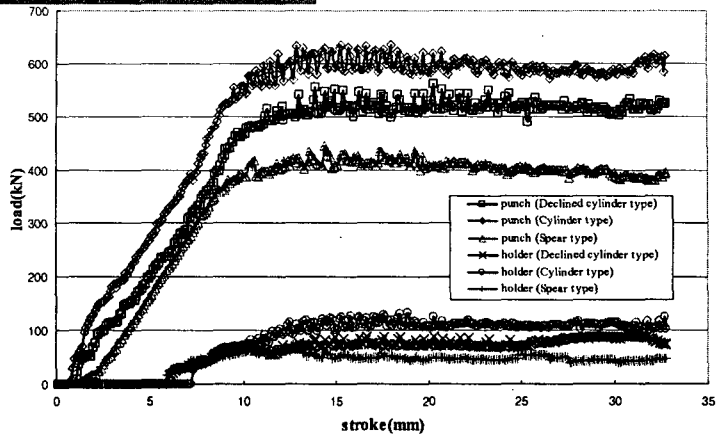


- CAE analysis section of declined cylinder type

ERC/NSDM

Net Shape Forming Laboratory

**펀치 형상에 대한 하중 비교**




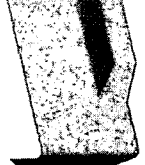
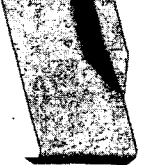
Forming load at each punch approach shape

- 재료의 유입이 잘되는 Spear type의 경우 440kN으로 가장 작고,
- 내측에서 외측으로 재료 유입이 어려운 Cylinder type은 640kN으로 가장 높다.
- 내 외부 충만도를 고려할 경우 Declined cylinder type에 공정 추가시 정밀도 충족 가능성 높음



ERC/NSDM

Net Shape Forming Laboratory

Shape	 Declined cylinder type	 Cylinder type	 Spear type
Forming Load (kN)	510	640	440
Effective stress(Mpa)	1121	1427	868
Outer R	0.374	0.214	1.172
Inner R	0.155	0.273	0.09
공정 특징	도입부가 방전가공 되어 고가이나 내측부 성형 양상이 좋고 외측부는 2공정 추가로 filling 가능	성형가중이 높고 filling 양상이 나쁘므로 공정을 늘리더라도 내측 코너의 정밀도를 얻기 힘들다.	도입부에서 펀치의 강도저하 및 마모가 발생하기 쉽다
고찰	내측 치형의 코너부의 정밀도를 요하는 Drum clutch를 성형하기 위한 펀치 형상은 Declined cylinder type의 경우가 다른 두 가지 보다 적합한 것으로 판단		



ERC/NSDM

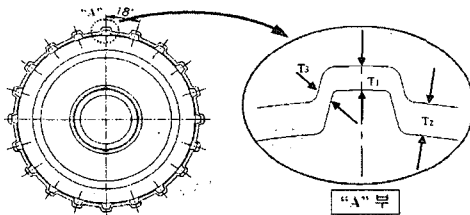
Net Shape Forming Laboratory

### 두께 감소율

- > T<sub>2</sub>부 두께 감소율을 부여하지 않은 경우와 내측코너 R부 충만성을 향상시키기 위하여 두께 감소율을 부여한 경우에 대해 각각 Case I 과 Case II로 나누어 성형하중 및 내측 코너 R부 충만성 검토
- > 펀치 형상은 Declined cylinder type 선정

$$TRR(W_i) = \frac{(T - T_i)}{T} \times 100$$

( T : 초기소재두께, T<sub>i</sub> : 성형후 각 부위별 소재두께 )

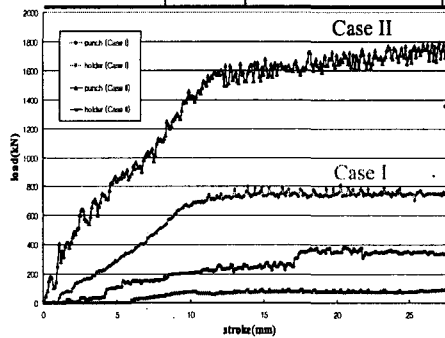


TRR	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>
Case I	28.1%	0.0%	53.1%
Case II	28.1%	12.5%	53.1%

### 두께 감소율에 대한 해석 결과

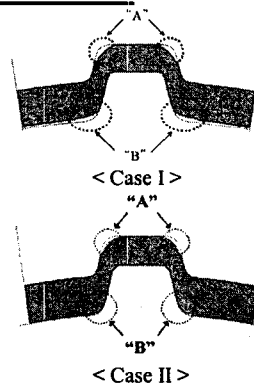
#### > Forming Load & Unfilling

	Case I	Case II
Forming Load (kN)	800	1800
Unfilling	"A"	0.374
	"B"	0.155
		Filling



Forming load at each case

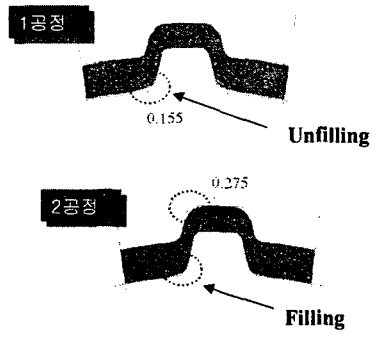
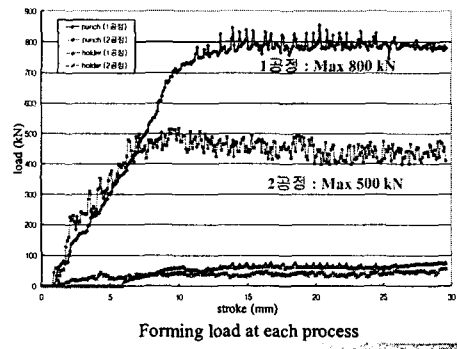
Case I 에서 Sizing 공정 추가 필요



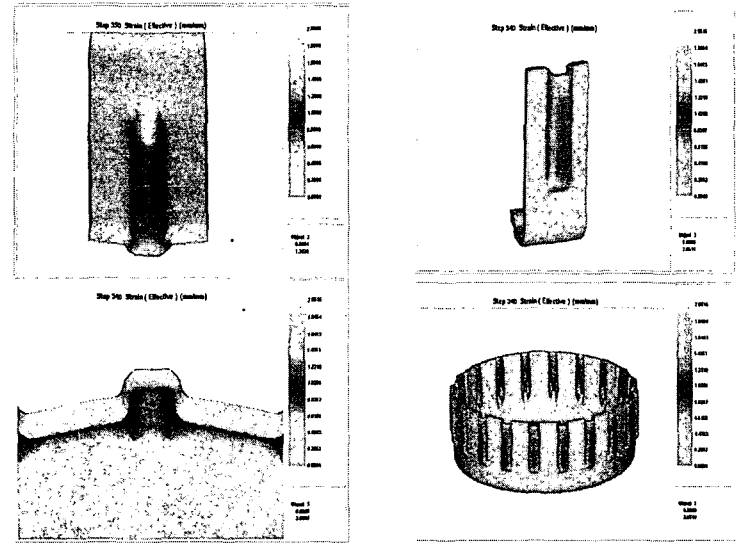
**두께 감소율에 대한 해석 결과**

- Process I : 치형성형
  - 펀치 도입부 각도 : 60°
  - 형상 : Declined cylinder type
- Process II : Sizing, 충만성 향상
  - 펀치 도입부 각도 : 30°
  - 형상 : Declined cylinder type

TRR	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>
Case			
Process I	28.1%	0.0%	53.1%
Process II	8.7%	12.5%	13.3%



**성형 완료 후 변형을 분포**





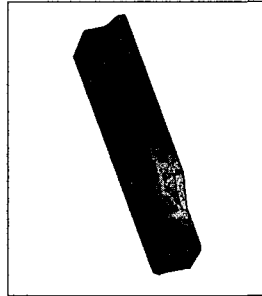
### 금형의 강도 해석

Process I의 경우 펀치와 다이의 강도 해석 실시

#### ■ Mechanical Properties of SKH51

Material	HRC	Young's Modulus (N/mm <sup>2</sup> )	Yield Stress (N/mm <sup>2</sup> )	Poisson's ratio
SKH51	63-65	230000	2250-2450	0.3

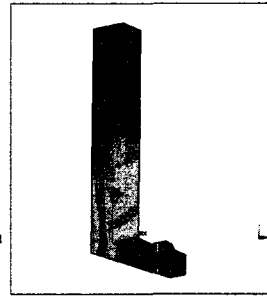
#### ■ Punch



UNIT: S.S.1  
 LNO: 6.1002  
 11:10:15  
 MODAL SOLUTION  
 STEP=1  
 STEP=1  
 TIME=1  
 STEP=1 (AVG)  
 Power Spectral  
 STRESS=1  
 STRESS=Max  
 SIZE = 0.01414  
 SIZE = 1510  
 0  
 132.261  
 244.822  
 356.763  
 468.204  
 579.205  
 690.266  
 801.827  
 912.827  
 1024  
 1130

Max 1190 MPa

#### ■ Die



UNIT: S.S.1  
 LNO: 6.1002  
 11:10:15  
 MODAL SOLUTION  
 STEP=1  
 STEP=1  
 TIME=1  
 STEP=1 (AVG)  
 Power Spectral  
 STRESS=1  
 STRESS=Max  
 SIZE = 0.01414  
 SIZE = 1510  
 0  
 167.803  
 318.401  
 505.402  
 671.203  
 818.007  
 950  
 1175  
 1342  
 1510

Max 1510 MPa

❖ 금형의 Yield Strength( Min 2250MPa )를 넘지 않음 --- 강도상 안전



ERC/NSDM

Net Shape Forming Laboratory

### 연구 결과

- ❖ 펀치 도입부 형상은 Declined cylinder type로 선정
- ❖ 펀치 도입부 각도는 1공정에서 60°, 2공정에서 30°로 선정
- ❖ 두께 감소를 적용  
 Process I :  $W_1 = 28.1\%$ ,  $W_2 = 0.0\%$ ,  $W_3 = 53.1\%$ ,  
 Process II :  $W_1 = 8.7\%$ ,  $W_2 = 12.5\%$ ,  $W_3 = 13.3\%$
- ❖ Drum clutch 치형부 성형공법은 다음과 같다.
  - 1공정 : 스플라인부의 외경방향 치형성형
  - 2공정 : Sizing에 따른 내경부 충만성 향상
- ❖ 강도해석 결과  
 금형에 작용하는 압력이 항복강도 이하이므로 안전함
- ❖ 본 연구를 통해 유사 치형 제품의 성형 공정 개발 기대

#### ❖ 후 기

본 연구는 부산대학교 정밀공형 및 금형가공 연구소와 ㈜나라엠엔디의 지원에 의하여 수행 되었으며, 이에 감사드립니다.



ERC/NSDM

Net Shape Forming Laboratory