

## 열간 형단조에 의한 아이들러 및 스플라켓 개발에 대한 연구

A Study on the Development of Idler and Sprocket  
by Hot Closed-die Forging

발표자: 박희천\*· 조종래\*\*· 정호승\*\*\*

- \* ㈜ 케이에스피
- \*\* 한국해양대학교 기계정보공학부
- \*\*\* 한국해양대학교 대학원 기계공학과

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

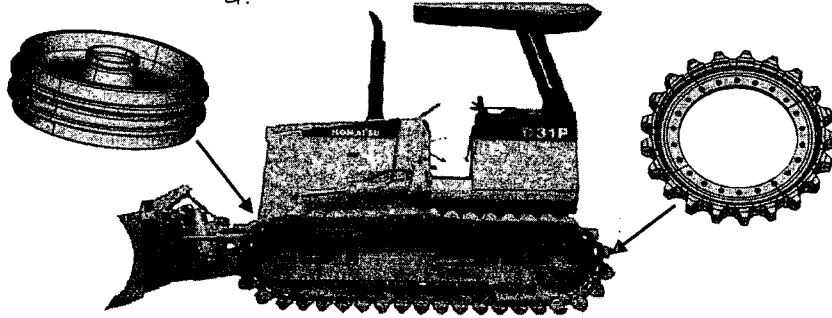
## 목차

1. 서론
  - 1.1 아이들러 및 스플라켓 기능
  - 1.2 연구 배경
  - 1.3 연구 내용 및 목표
2. 소재 특성 시험
  - 2.1 고온 인장, 압축시험
  - 2.2 열처리 시험
  - 2.3 표면경화 시험
  - 2.4 단조품과 주조품의 비교
3. 아이들러 및 스플라켓 공정설계
4. 아이들러 및 스플라켓 시제품 제작
5. 결론

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 1.1 아이들러 및 스플라켓 기능

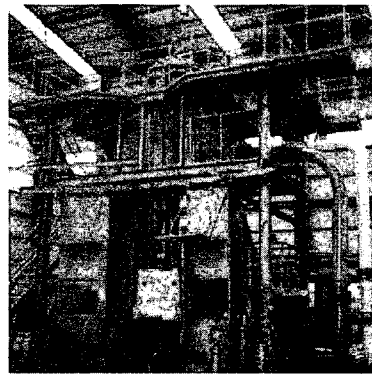
- ◆ 아이들러 기능: TRACK LINE의 선형을 유지시키고, 장력을 조절하는 역할을 하며, 운전 중 높은 하중과 충격을 받으며 심한 마찰이 일어난다.
- ◆ 스플라켓 기능: 중장비 구동축에 조립되어 하부 주행체에 동력을 전달하는 역할을 하며, 운전 중 높은 하중과 충격을 받으며 심한 마찰이 일어난다.



㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 1.2 연구 배경

- ◆ 굴삭기용 주행체 부품은 운전 중 높은 하중과 충격, 심한 마찰이 일어난다.
- ◆ 이러한 부품 특성에 맞는 기능을 갖추기 위해선 우수한 강도, 내 마모성, 내 충격성이 요구된다.
- ◆ 국내에서는 직경이 500-600mm가 되는 대형부품을 주조공정에 의해 생산하고 있지만, 외국(일본, 미국 등)에서는 기계적 특성을 향상시키기 위해서 단조공정으로 생산하고 있다.
- ◆ 대형 형단조를 하기 위해선 충분한 용량의 성형기가 필요하다.



16 Ton air drop hammer

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 1.3 연구 내용 및 목표

#### 연구내용

- ◆ 소재의 기계적 특성 시험
  - 고온인장, 압축시험, 미세조직 관찰, 열처리 조건 확립
- ◆ 단조품 모델링
  - 소재 중량, 금형 모델링
- ◆ 2, 3차원 유한요소해석(DEFORM 사용)
  - 성형성 평가와 공정설계
- ◆ 시제품 제작

#### 연구목표

국내 최대용량인 16 Ton Air Drop Hammer (Press 16,000 ton 용량 이상)를 이용하여 기계적 특성이 우수한 아이들러 및 스플라켓의 형단조품을 개발할 것이다.

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

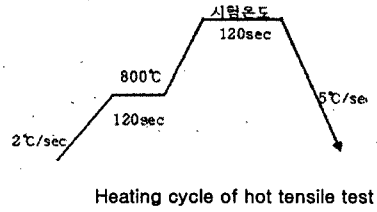
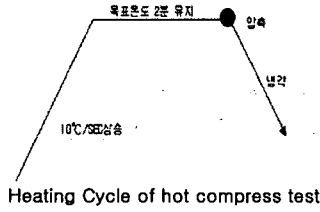
### 2. 소재의 특성 시험

- ◆ 고온인장, 압축 시험
  - 최적 단조온도 확립
  - 온도별 변형과 응력의 관계 고찰
  - 고온 압축 후 미세조직 관찰
  - 고온 기계적 성질 고찰
- ◆ 단조 후 온도별 열처리 시험
  - 미세조직 관찰 및 기계적 특성 시험
  - 열처리 온도 확립
- ◆ 유도가열에 의한 표면 경화 시험
  - 경화 깊이 및 목표경도 확립
  - 공정 변수 확립
- ◆ 단조품과 주조품의 기계적 특성 비교

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 2.1 고온 인장, 압축 시험

- ◆ 고온 압축 시험은 900~1250℃ 온도 범위에서 하였으며 모든 시험은 산화 방지를 위해 10<sup>-1</sup> (torr) 정도의 진공상태에서 실험
- ◆ 고온 인장은 700~1350℃ 온도 범위에서 실험

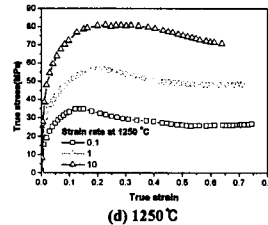
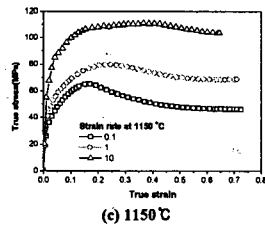
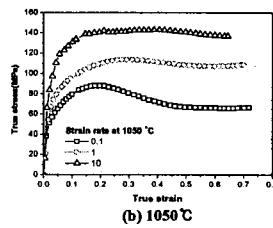
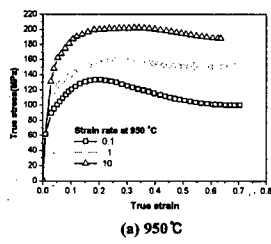


Chemical composition of SAE15B36C (w.t(%))

C	Si	Mn	P	S	Cr
0.32	0.26	1.28	0.009	0.021	0.5

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

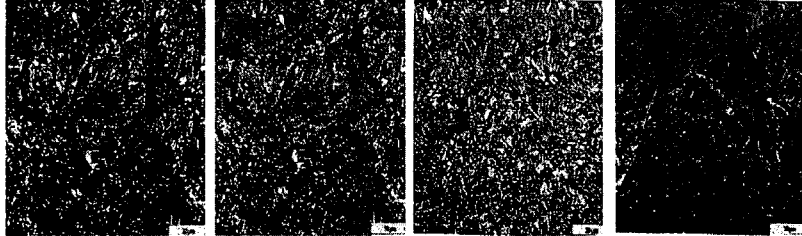
### 2.1 고온 압축시험 (Stress-Strain curve)



True stress-strain curves at various temperatures and strain rate

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 2.1 압축 시험 온도에 따른 미세조직



(a) 950 °C      (b) 1050 °C      (c) 1150 °C      (d) 1250 °C

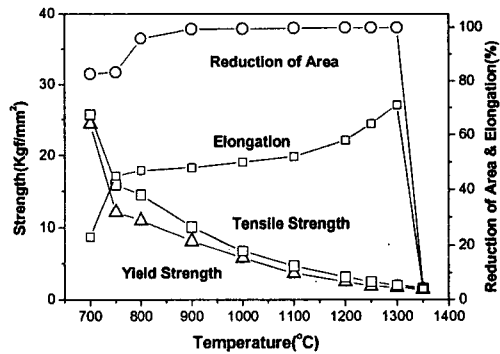
Microstructures of specimen after 50% compressed specimen.

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 2.1 고온인장시험 (Mechanical property test)

◆ 기계적 특성 항목

1. 인장 강도
2. 항복 강도
3. 연신율
4. 단면수축률

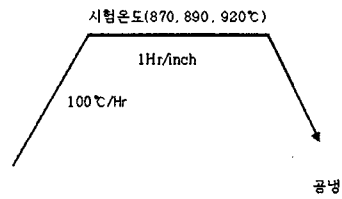


The representative mechanical properties obtained by high tension test

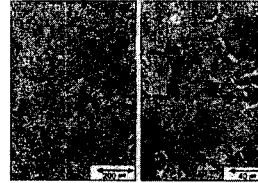
㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 2.2 열처리 시험

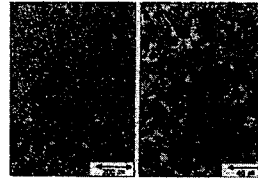
- ◆ 단조 후 Ac점 보다 높은 온도 870, 890, 920℃까지 100℃/hr 으로 가열한 후 1hr/inch로 유지 후 냉각
- ◆ 기계적 특성과 미세 조직 비교 결과 불림 열처리 온도 890℃ 조건이 적정



Normalizing heat treatment



(870 ℃)



(890 ℃)

Microstructures of specimen after heat treatment

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 2.3 표면경화 시험

- ◆ 기계부품 표면을 경화하여 내마모성의 향상과 기계적 성질 (특히 내피로성)을 향상시킴
- ◆ 저주파유도가열 장치를 이용하여 5mm 정도의 표면경화 열처리 (출력 300KW, 주파수 5-8 KHz, 목표 표면경도: 45~55(HRC) )

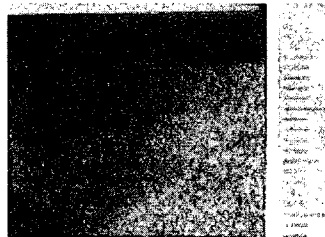
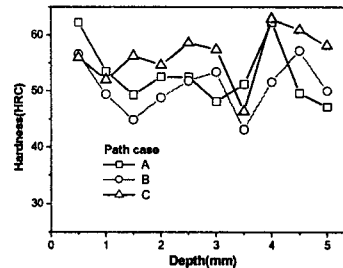


Photo of macro etching surface



Distribution of hardness(HRC) at surface hardness region

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 2.4 단조품과 주조품의 기계적 특성 비교

Temperature Item	870 °C	890 °C	920 °C
TS (MPa)	760	820	830
YS (MPa)	460	480	520
EI (%)	25	19	15
RA (%)	57	44	34
Hardness (HB)	217	229	241

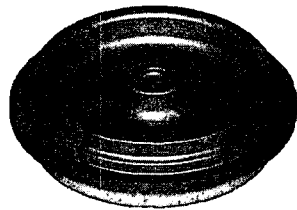
Comparison of mechanical properties  
at various heat treatment conditions

Item	Forging product	Casting product
TS (MPa)	816	614
YS (MPa)	483	342
EI (%)	21	18
RA (%)	47	39
Hardness (HB)	226	180

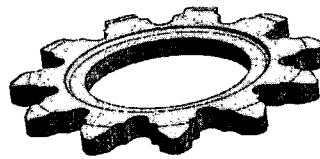
Comparison of mechanical properties  
of forging and casting products

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 3. 아이들러 및 스플라켓 공정설계



Volume : 0.0217 m<sup>3</sup>  
Mass : 170 kg



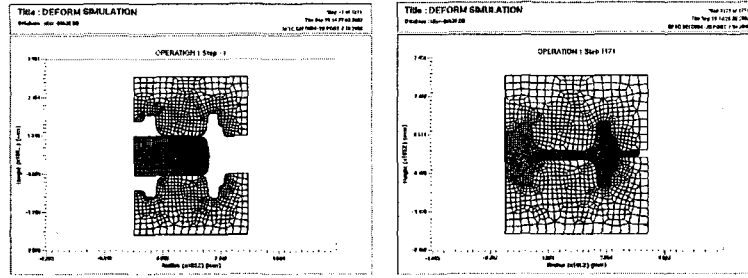
Volume : 0.0123 m<sup>3</sup>  
Mass : 115 kg

The appearance of idler and sprocket modeling shape

- ◆ 소재(billet)의 체적 및 질량을 계산하고 금형설계를 하기 위한 예비단계
- ◆ 열점소성 유한요소해석 프로그램인 DEFORM 2D & 3D을 이용하여 하중 및 예비 성형체 결정

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 3. 아이들러 단조 시뮬레이션



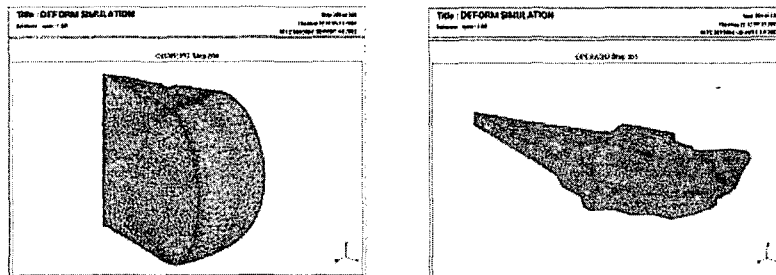
(a) Initial shape

(a) Final shape

Deformed shape of finite element model (Idler)

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

### 3. 스플라켓 단조 시뮬레이션



(a) Initial shape

(b) Final shape

Deformed shape of finite element model (Sprocket)

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교



#### 4. 제작 공정

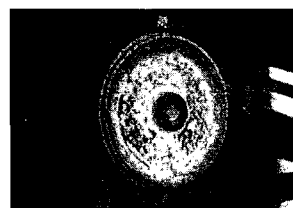
1. 절단 - 모델링에 의해 사이즈 결정
2. 가열 - 실험에 의해 단조 온도 확립
3. 자유단조 - 소재의 예비형상 확립
4. 형단조 - 금형을 이용하여 단조
5. 트리밍 - 트리밍 금형에 의해 플래쉬 제거
6. 열처리 - 실험에 의해 볼링(normalizing) 열처리 온도 확립
7. 형상가공 - 가공
8. 표면열처리 - 저주파 유도가열 표면 열처리에 의해 목표 경도 확립

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

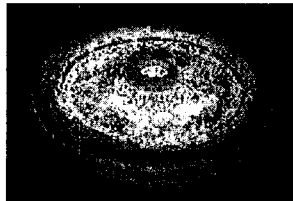
#### 4. 아이들러 단조공정



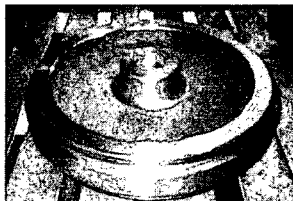
Idler forging



Idler shape after forging



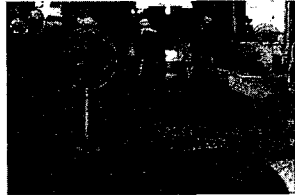
Idler shape after trimming



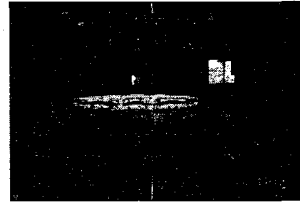
Idler final product

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

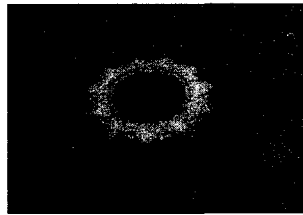
#### 4. 스플라켓 단조공정



Sprocket forging



Trimming



Sprocket shape after forging



Sprocket shape after machining

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교

#### 5. 결론

- ◆ 소재의 특성시험에 의해 응력-변형을 곡선을 얻었고, 최적의 단조조건을 설정
- ◆ 제품의 3차원 모델링을 하여 초기 소재 크기와 금형제작의 자료를 얻었다.
- ◆ 유한요소법(FEM)을 이용한 공정 설계 및 성형성을 평가하였다.
- ◆ 16 Ton air drop hammer를 이용하여 아이들러 및 스플라켓의 시제품을 생산하고, 성형성을 평가하였다.
- ◆ 아이들러 및 스플라켓 단조품의 기계적 특성이 우수하였다.

㈜ 케이에스피, 한국해양대학교