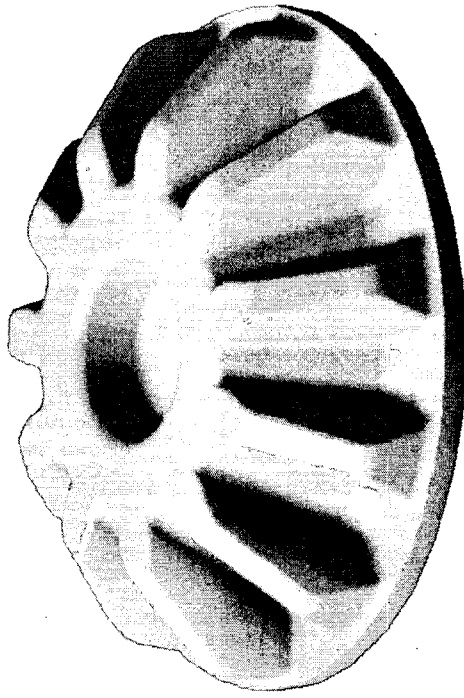


정밀 베벨 기어의 온간 단조

(주)풍산기술연구소*,
부산대학교**

정덕진*, 김동진**, 김병민**

정밀 베벨 기어의 온간 단조



정덕진*, 김동진**, 김병민**

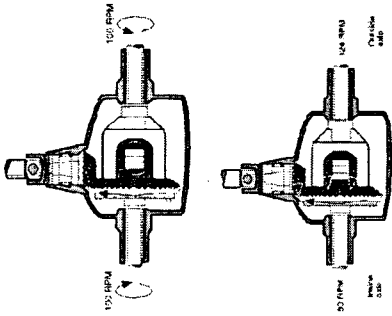
* : 부산대학교 기계설계공학과 대학원

** : 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구소

정밀 베벨 기어의 공간 단조

차동 기어 장치

- ▷ 직진시 Differential action
 - 모든 기어가 single unit 로써 회전
 - 각 side gear 는 동일 속도로 회전
 - 각 axle로부터 동일한 회전수를 받아 각 wheel은 동일 속도로 회전
- ▷ Corner 회전시 Differential action
 - Inside wheel은 outside wheel 보다 높은 회전수를 유지하여 함.
 - Pinion gear가 늦게 회전하는 쪽으로 향해서, 회전수가 늦은 side gear를 회전시킴.
 - Outside 기어는 pinion의 공전에 2배 회전수로 구동
 - 단, torque는 양쪽 wheel에 동일.



정밀정형기공 실험실 I

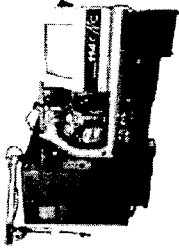
현재의 자동차 산업

- ▷ 자동차 수요의 감소 ⇒ 자동차 업계 경쟁 치열
- ▷ 소비자의 욕구 증가 : 저소음, 저가격 및 내구성 향상
- ▷ 자동차 업계
 - 부품의 원가 절감 ⇒ 공정 개선
 - 내구성 향상 ⇒ 부품 생산 방법 개선
- ▷ Machined Bevel Gear 문제점
 - ▷ 대량 생산 : 사이드 기어 2개, 피니언 기어 : 2개 생산 방법
 - 예비 성형체 열간 단조 ⇒ 클리이슨 장비로 가공
 - ▶ 대량 생산용 가공 설비 및 단조 설비 소요
 - ▶ 생산 비용 증가, 가공 시간 증가
 - ▷ 내구성
 - Flow Line 단속 ⇒ 강도 저하, 내구성 감소
 - 가공 Cutter 흔적 ⇒ 구동시 소음 발생

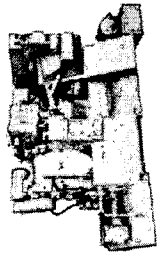
정밀정형기공 실험실 I

차동 기어 장치용 기어

- ▷ 사이드 기어와 사이드 피니언 : 베벨 기어
- ▷ 베벨 기어
- ▷ 스파이럴 베벨, 직선형 베벨
- ▷ 직선형 베벨 기어 : 치선이 직선이고 원뿔 꼭지점으로 향해 있는 기어
- ▷ 베벨 기어 생산 장비



(a) Coniflex 104, Gleason



(b) Revaocycle 724, Gleason

정밀정형기공 실험실 I

나 이진 연구

- ▷ 최근 정밀 단조 기술, 정밀 금형 제작 기술, 공정 설계 및 단조 설비 발전
- ▷ 베벨 기어의 생산 원가 감소, 소음 감소 및 강도 향상을 위한 정밀 단조 많은 연구 수행.
- ▷ Meldert 등
 - 복합 구동 장치 사용, 베벨 기어 냉간 단조 가능성 조사
- ▷ Westphal 등
 - Meldert 등이 개발한 수치적인 모델링 접근 방법을 냉간 단조된 사이드 베벨 기어의 형상으로 검증
- ▷ Doege 등
 - 베벨 기어 단조 금형 제작, 단조 베벨 기어의 품질을 평가
- ▷ Meldert 등
 - 2차원 유한요소 수치 해석 기법과 plasticine을 사용
 - 베벨 기어의 냉간 단조 공정 설계를 실시
- ▷ Doege와 Nagele
 - 베벨 기어 생산 공정의 FE 분석 결과와 실험 결과를 비교

정밀정형기공 실험실 I

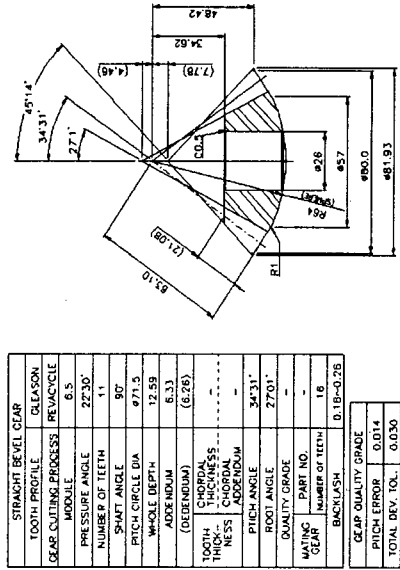
연구 목적

- ▷ 이전 베벨 기어 단조에 관한 연구
 - 2차원 또는 3차원 유한 요소 해석 기법을 통해서 냉간 또는 온간 단조 가능성을 연구
 - 냉간 또는 온간 단조 공법으로 정밀 베벨 기어를 생산하기 위한 운할 조건 및 마찰이 미치는 영향에 관한 연구 거의 없음.
- ▷ 연구 목적
 - 기계 가공된 베벨 기어를 3차원 형상으로 모델링
 - 온간 단조를 위한 3차원 단조용 베벨 기어 모델링
 - 정밀 온간 단조를 위한 공정 설계
 - 정밀 온간 단조용 베벨 기어 금형 설계, 방전 가공용 전극 제작, 온간 단조용 금형 제작
 - 온간 단조 베벨 기어 품질 평가

정밀정형가공 실험실 I

온간 단조용 베벨 기어의 모델링 및 공정 설계

▷ 절삭 가공 기어



정밀정형가공 실험실 I

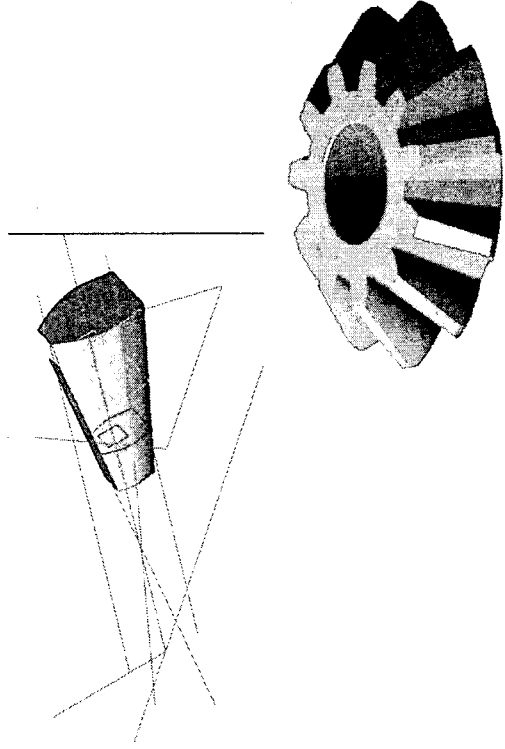
베벨 기어의 품질 평가

▷ 기어 정도 평가

- KS B 1405, 일본 JIS B 1702, 독일 DIN 3962, 미국 AGMA 390.03, 프랑스 SEIS, 영국 BS 436-1940.
- 판정 기준
 - ① 단원 피치 오차 (pitch tolerance)
인접해 있는 치의 평균 원추 거리의 점에서의 피치원상의 실제 피치와 그 바른 피치와의 차
 - ② 인접 피치 오차 (tooth to tooth composite tolerance)
평균 원추거리의 점에 있어서 피치원상의 이웃하는 두 개의 피치의 차
 - ③ 누적 피치 오차 (total composite tolerance)
평균 원추 거리의 점에서 임의의 두 개의 치 사이의 실제의 치차의 합과 그 바른 값과의 차
 - ④ 치홈의 흔들림 (run-out tolerance)
Ball 등의 접촉편을 평균 원추 거리의 점에서 치홈의 양측 돌니면을 피치원 부근에서 접촉시켰을 때의 피치원추에 수직 방향에 있어서의 위치의 최대치

정밀정형가공 실험실 I

▷ 절삭 가공 기어 설계 3차원 측정기 및 치형 캘리퍼 이용.



정밀정형가공 실험실 I

- ▷ 온간 단조용 소재
- 니켈 크롬 몰리브데늄강, SCM420H, $\Phi 45 \times 66$ (mm)
- 표면 조도
 - Shot Blasted : Ra 8 μ m, - Turned : Ra 3.8 μ m
 - Polished : Ra 0.8 μ m
- ▷ 온간 단조 시험 윤활제

Classification		Die	Billet
Lubricant Test	Water Based	Deltaforge #31	None
		Renite S-26-X	
	Oil Based	Deltaforge #151	
	Soy+Graphite		
		Oildag	



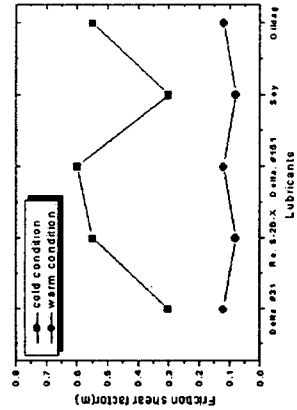
○ Preforming

- Bevel gear forging
 - ▷ Lubricants test

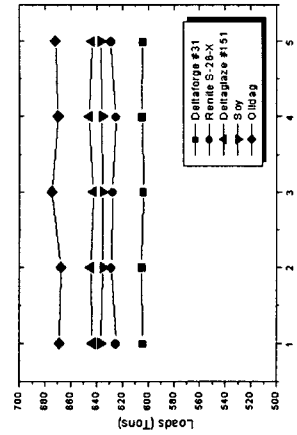


From left, Deltaforge #31, Renite, Deltagaze, Soy, Oildag

- 시험 결과 및 고찰
- ▷ 윤활제 평가 시험
- 윤활제별 마찰상수 및 성형 하중



(a) 냉간 및 온간 마찰 상수



(b) 베벨기어 성형 하중

- 유용성 윤활제 성형 하중 증가 원인

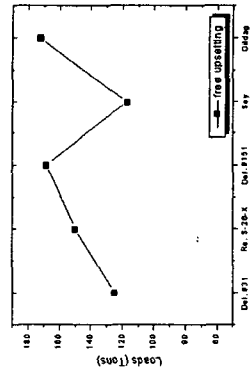
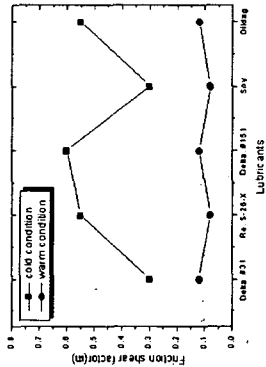


(a) 수용성 윤활제의 온간 단조후 금형과 베벨 기어 형상



(b) 유용성 윤활제의 온간 단조후 금형과 베벨 기어 형상

○ 윤활제별 마찰상수 및 Upsetting 성형 하중 비교



(a) 윤활제별 냉간 및 온간 마찰상수 (b) 윤활제별 온간 upsetting 성형 하중

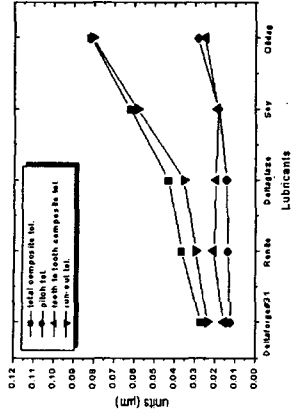
결론

절삭 가공한 베벨 기어를 온간 단조가 가능한 형상으로 변경
금형 설계 및 제작, 다선 가지 윤활제를 금형에 윤활하여 베벨
기어 온간 단조 시험을 실시

- (1) 절삭 가공한 베벨 기어를 3차원 치형을 갖는 형상으로 역 설계
온간 단조가 가능한 형상으로 3차원 형상으로 수정하고, 수정된
3차원 치형으로 온간 단조용 금형 설계 및 제작 방법 제시.
- (2) 링 압축 시험에서 마찰상수가 낮은 윤활제를 금형에 윤활하여
베벨 기어 온간 단조 성형 시험 결과
 - 밀폐형 성형 공정, 마찰상수와 성형 하중과는 밀접한 관계가
없음.
 - 개방형 성형 공정, 마찰상수와 성형 하중과 밀접한 관계.

○ 윤활제별 베벨 기어 품질 비교
▷ 윤활제별 기어 등급 (Run-Out 기준)
: 진동과 소음 원인

구분	윤활제	KS등급
수용성	Deltaforge	1급
	Renite	1급
	Deltafaze	2급
유용성	Soy	3급
	Oildag	4급



- (3) 온간 단조로 금형에 윤활하여 성형 하중을 낮추고 품질이 우수
한 베벨 기어를 성형하는데 적합한 윤활제 수용성 윤활제,
성형 가능한 품질 수준은 KS B 1405의 2급 수준