

한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

온간 프레스 금형에 의한 마그네슘 합금 케이스 성형

2005. 9. 9.

한국생산기술연구원
김흥규, 김종덕, 이위로, 허영무

Mg 합금의 주요 특성

- 초경량

	비중	용융점 (C)	결정 구조
Mg	1.7	650	hcp
Al	2.7	660	fcc
Ti	4.5	1727	hcp
Fe	7.8	1535	bcc

- 비강도(강도/비중) 우수

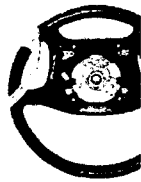
- 진동 감쇠능 우수

Specific Damping Capacity	Mg	Al
At 5000 psi	25%	1%
At 15000 psi	53%	4%

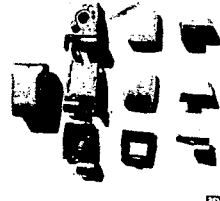
한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

Mg 합금의 주요 특성

- 치수 안정성 우수
- 전자파 차폐성 우수
- 열전도도 우수



Mg 합금 자동차 스티어링휠



Mg 합금 디지털카메라 하우징

한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

Mg 합금 제품 생산의 문제점

- 소재의 높은 가격
 - 소재 코스트 다운 및 양산화 시급
- 주조, 다이캐스팅 생산에서의 문제점
 - 높은 후처리 비용
 - 구조 부품에서의 기계적 강도 저하
 - 박판 부품 개발의 어려움
- 프레스 성형에서의 난성형성
 - 미래 지향적 관점에서 프레스 금형 기술 개발 필요
 - HCP 결정구조로 인한 난성형성
 - 온간(or 열간) 프레스 금형 성형 기술 필요

한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

연구 배경

- 에너지 절약 & 공해 저감을 위한 경량소재 수요 급증
- 마그네슘의 우수한 전자파 차폐성으로 전자제품용 마그네슘 케이스 수요 증가
- 마그네슘 제품의 양산화를 위한 온간 프레스 성형 기술의 개발이 필요

한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

연구 동향 (국내)

- 냉간 성형품의 탄성회복률 예측 (기계연구원)
 - Mg 합금의 낮은 탄성계수로 기존 소재의 최대 3배 이상의 큰 탄성회복 관측
- AZ31 슬립기구 천이 현상 해석 (포항공대)
 - 상온/저온에선 제한된 슬립 기구로 Twinning 활발히 발생. 고온에선 증가한 슬립 기구로 변형하고 Twinning은 억제됨
- AZ31 판재의 고온 성형성, 기계적 특성 연구 (포항공대, 서울대, 경북대)
 - 250°C, 1/s에서 최적 동적재결정 (결정립 크기 2.5 μ m로 최소). 450°C, 10⁻⁴/s에서 최적 초소성 (연신율 1040%로 최대). Two-stage deformation method 적용하여 최적 DRX 가공 후 최적 초소성 가공하면 1200% 연신율 획득
 - 200°C 부근에서 재결정. 상온에서 높은 이방성 계수. 200°C 부근 되면 거의 등방성($r=1$)

한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

연구 동향 (국외)

- Mg 합금 판재 성형에서의 성형성 및 공정 기술 (Germany, Univ. of Hannover, Doege and Dröder)
 - 200-250°C에서 deep drawing 성형성 우수. Drawing 속도가 중요. 외부 및 내부 가열 방식 제시. 내부 가열 방식의 온간 deep drawing 금형 설계
- 국부 가열 및 냉각 기술을 이용한 마그네슘 판재의 성형성 향상 (Yoshihara et al.)
 - BHP, Local heating & cooling에 의해 Mg 판재의 LDR이 2.1에서 5.0으로 향상
- AZ31 판재 성형의 성형성 고찰 (Taiwan, Nat. Taiwan Univ., Chen and Huang)
 - 200°C 이상에서 항복응력, n-value 감소. CCV 시험 결과 300°C에서 Max. drawing 길이. V-bend 시험 결과 온도가 올라가면 springback 감소
- 온간 Mg 합금 판재 성형의 FE 시뮬레이션 (USA, OSU, Palaniswamy et al.)
 - 시뮬레이션의 load가 실험보다 큰 경향. Mg 합금 거동의 이해 필요.

한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

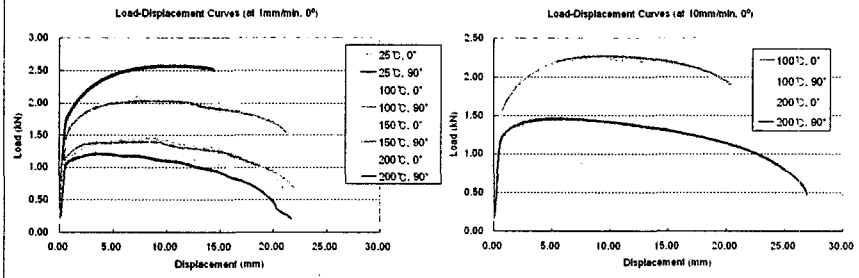
연구 목적 및 내용

- 마그네슘 합금 판재의 프레스 성형성 고찰
 - 온도/방위/속도별 인장 시험
 - 온간 사각컵 드로잉 시험
 - 온도/윤활제/BHF에 따른 성형성 평가
- 실제 제품에서의 마그네슘 온간 프레스 기술 적용
 - 디지털카메라 케이스 형상의 온간 프레스 성형
 - 온도별 성형성 평가

한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

Mg 합금 판재의 온간 인장 시험

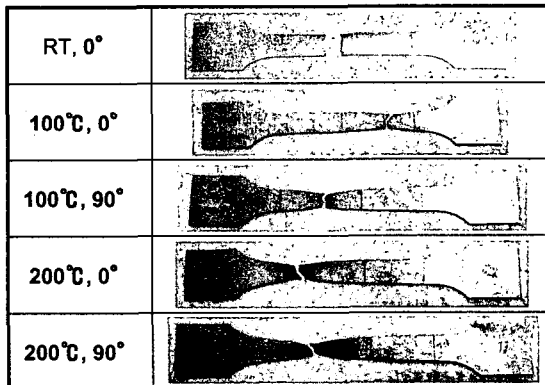
- 시험 재료: AZ31, 0.8t
- 시험 규격: KS B 0801 13B
- 시험 조건
 - 온도 : RT, 100, 150, 200 °C
 - 방위: 0 °, 45 °, 90 °
 - 속도: 1, 10 mm/min



한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

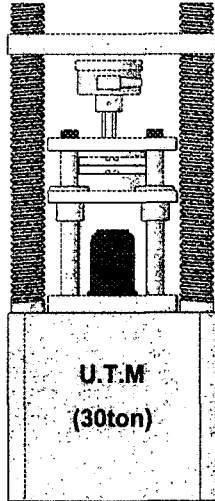
온간 인장 시험 결과

- 인장 시험편 파단 후의 형상

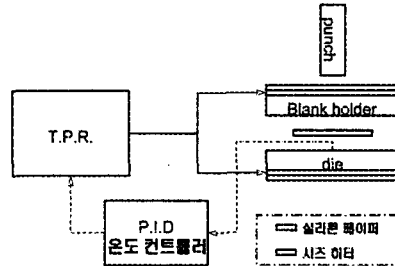


한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

Mg 온간 딥드로잉 성형 시험



펀치 형상반경(R_p)	6.25mm
펀치 모서리반경(R_c)	10mm
다이 형상반경(R_d)	6.25mm
clearance	0.96mm



한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

성형 시험 (무윤활)

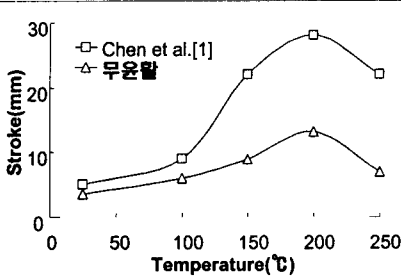
• 실험 조건

온도	블랭크 압력	펀치 속도	윤활
Room Temperature	2.5MPa	10mm/min	無
100℃			
150℃			
200℃			
250℃			

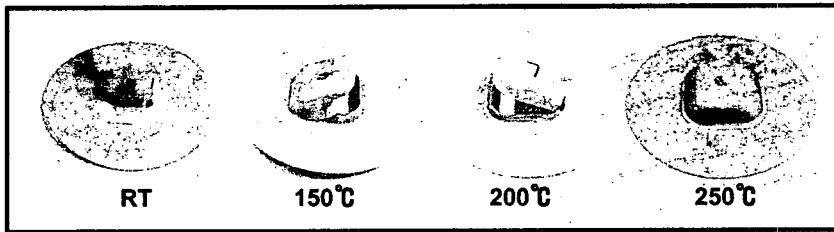
- Blank Thickness : 0.8 mm
- Blank diameter : Ø120 mm 원형 블랭크
- Punch : 40 x 40 mm 사각펀치

한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

성형 시험 결과 (무윤활)



- 무윤활의 경우 일반적 경향은 유사하나 한계 stroke 감소
- 소재와 다이 사이의 심한 마찰
 - 드로잉 중 소음이 발생
 - 소재의 유입을 방해
 - 소재의 표면 손상이 예상됨
 - 한계 드로잉비 감소의 원인



한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

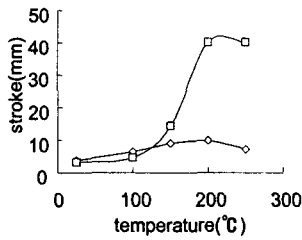
성형 시험 (Teflon 윤활)

- Teflon 특성
 - 상용고체윤활제 중 최소의 마찰계수: 0.005~0.02
 - 사용 가능 온도 : -100°C~250 °C
- 실험 조건

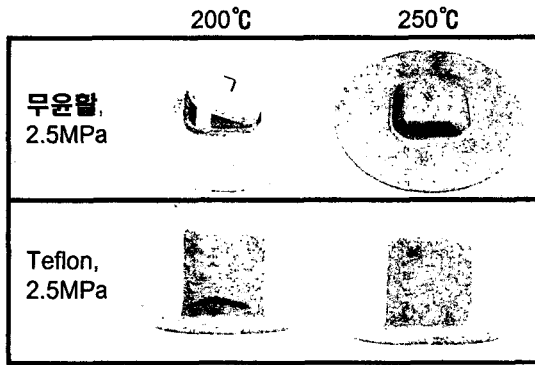
온도	블랭크 압력	펀치 속도	윤활
Room Temperature	2.5MPa	10mm/min	Teflon
100°C			
150°C			
200°C			
250°C			

한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

성형 시험 결과 : 무윤활 vs. Teflon



- Teflon 윤활의 영향으로 한계 stroke 증가
- 200, 250°C에서 크게 증가



한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

성형 시험 : BHF 영향

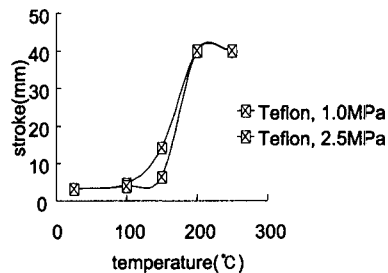
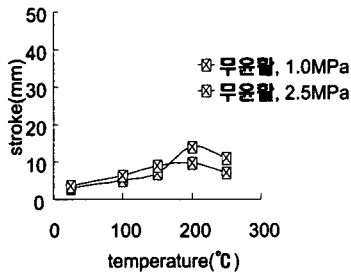
• 실험 조건

온도	블랭크 압력	펀치 속도	윤활
Room Temperature	1.0MPa 2.5MPa	10mm/min	무윤활 Teflon
100°C			
150°C			
200°C			
250°C			

한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

성형 시험 결과 : BHF 영향

- 무운활에서 BHF를 변화시킬 경우
 - 1.0MPa일 때에 한계 드로잉이 조금 증가
- Teflon에서 BHF를 변화시킬 경우
 - 한계 드로잉의 큰 변화 없음
- BHF의 한계 stroke에 대한 영향은 성형 조건에 따라 다름



한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

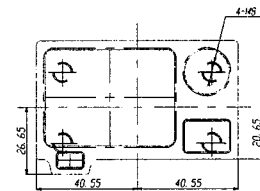
Mg 합금 케이스 온간 성형

- 온간 금형 & 디지털카메라 케이스 형상

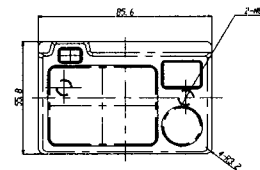


온간 금형 시스템

온도 Controller



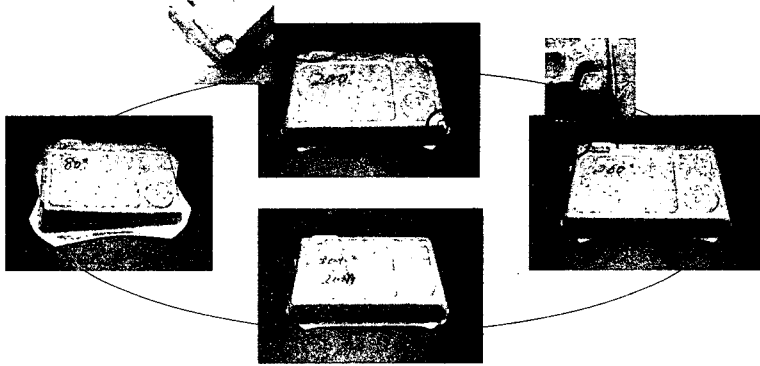
카메라 케이스 상하 금형 패턴



한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

케이스 성형 결과

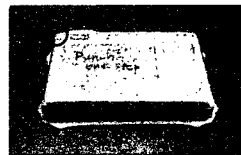
- 소재: AZ31, 0.8t
- 설정 온도로 금형 가열 → 금형 내에서 약 30초간 소재 가열 → 점진적 성형 → 성형품 분리



한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

케이스 성형 결과

- 불량 원인
 - 상하 금형에서의 스프링력 불량
 - 너무 빠른 성형 속도
 - 너무 긴 소재 가열 시간 → 윤활 작용 불량



한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회

결론

- 온간 인장 시험을 통한 AZ31의 물성 파악
 - 상온에서 낮은 연신율
 - 온도가 증가할 수록 연성 증가하고 변형 하중은 감소
- 온간 사각컵 드로잉 시험을 통한 AZ31의 프레스 성형성 파악
 - 온도에 따른 성형성: 200~250°C에서 성형성 향상
 - 윤활에 따른 성형성
 - 무윤활 : 온도별 경향 유사, 낮은 한계 stroke
 - 윤활(teflon): 한계 stroke 크게 증가
 - BHF에 따른 성형성: 성형 조건에 따라 다름
- 카메라 케이스 성형 시험을 통한 실제 제품 적용 가능성 파악
 - 300 °C 근방에서 가장 좋은 성형성
 - 성형 속도, 소재 가열 시간 등에 따라 성형 불량 발생 가능성
 - 코너 부위 등 소재 파단 위험 지역을 고려한 성형 공정 설계 필요
 - 금형 가열, 소재 가열, 성형 및 취출의 온간 성형 공정 구현 위한 프레스 기술 필요

한국소성가공학회 2005년 금형가공, 미세가공, 플라스틱가공 공동 심포지엄 학술대회