

베어링의 열간 단조공정 중 내외부 크랙 발생 원인 분석

FAG한화베어링(주)*
포항제철**
경상대학교***

문호근*, 정재헌*,
유선준**, 전만수***

베어링강의 열간 단조공정중 내외부 크랙 발생 원인 분석

문호근*, 정재현*, 전만수**

* FAG한화베어링(주) 연구소

** 경상대학교 수송기계공학부

FAGKBC
BEARINGS

연구배경

★ 연구목적

- ▶ 단조공정상의 문제 해결
- ▶ 베어링강의 고온 소성변형 특성 연구
- ▶ 단조공정중 내부의 크랙 발생원인 분석

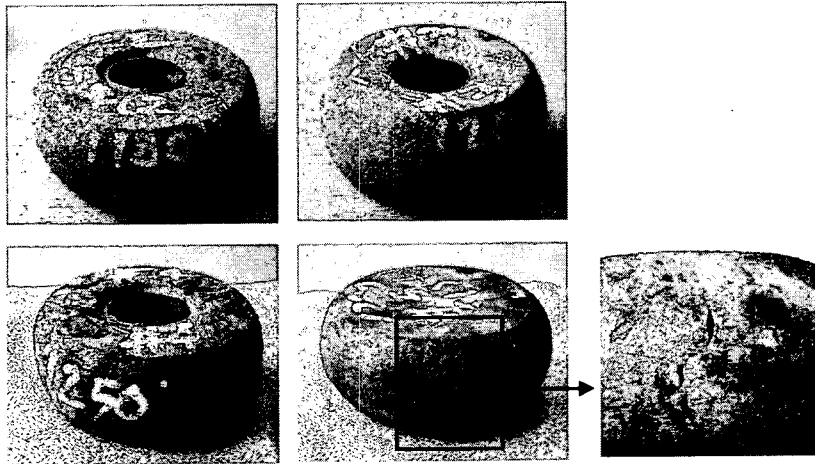
★ 고객 품질검사시스템 변화에 대응

★ 고온변형특성과 열간 단조조건 설정

★ 단조 시뮬레이션 기술의 활용

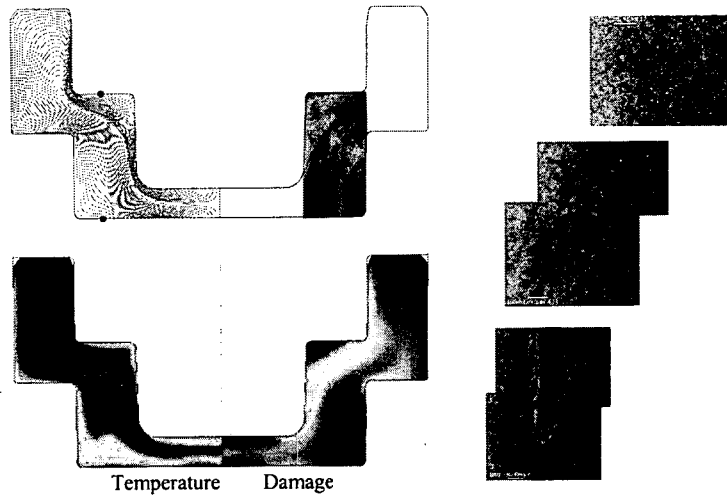
FAGKBC
BEARINGS

단조 공정중 불량 사례(외관)



FAG KBC
BEARINGS

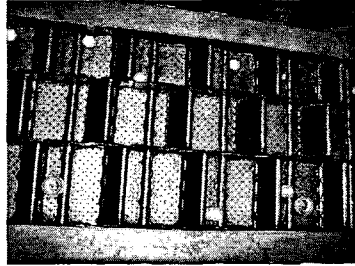
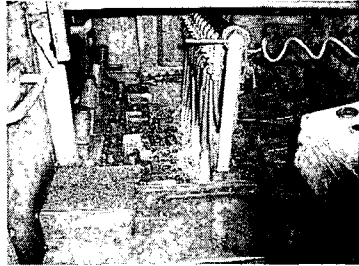
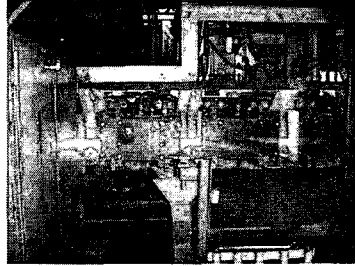
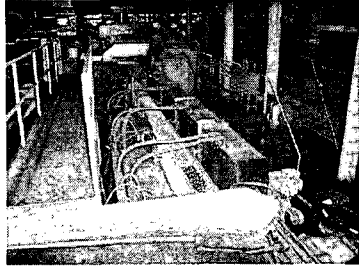
단조 공정중 불량 사례(내부크랙)



Temperature Damage

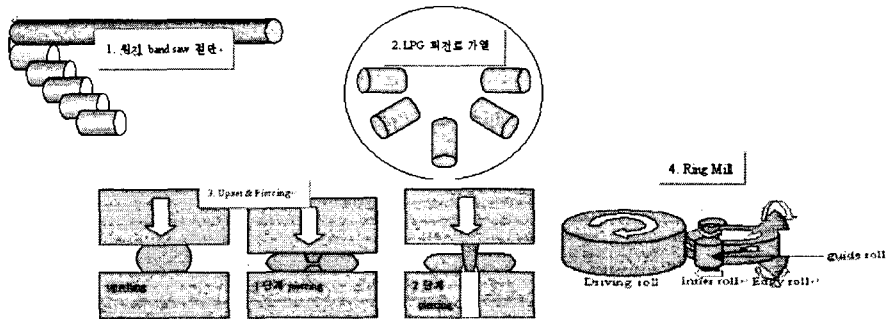
FAG KBC
BEARINGS

열간 포머 단조기



FAG KBC
BEARINGS

RING ROLLING 공정도



FAG KBC
BEARINGS

고온 변형 시험(인장, 압축)

★ 베어링강(STB2, SCr420H)

★ 인장시험

▶ 시험기 : Gleeble 1500

▶ 단면감소율 : $(A_0 - A_f) / A_0 \times 100$

★ 압축시험

▶ 시험기 : Gleeble 3800

▶ 응력-변형률속도 그래프

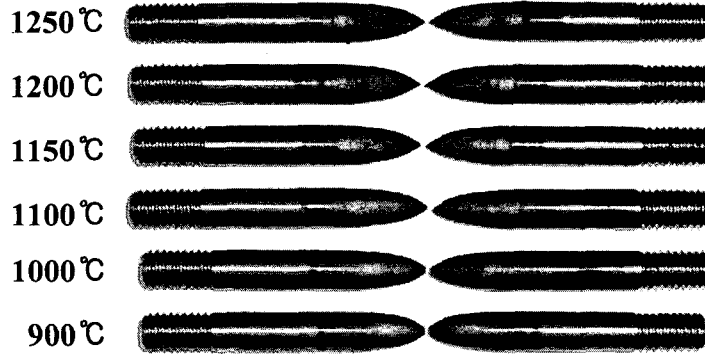
FAGKBC
BEARINGS

고온 인장 시험

Classification		Heating Temperature(°C)						
		900	1000	1100	1150	1200	1250	1300
SCr420H	1	○	○	○	○	○	○	×
	5	○	○	○	○	○	○	×
STB2	10	○	○	○	○	○	○	×
	50	○	○	○	○	○	○	×

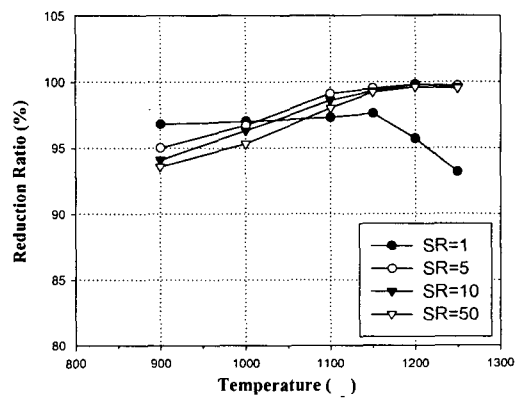
FAGKBC
BEARINGS

고온 인장 시험 : SCr420H



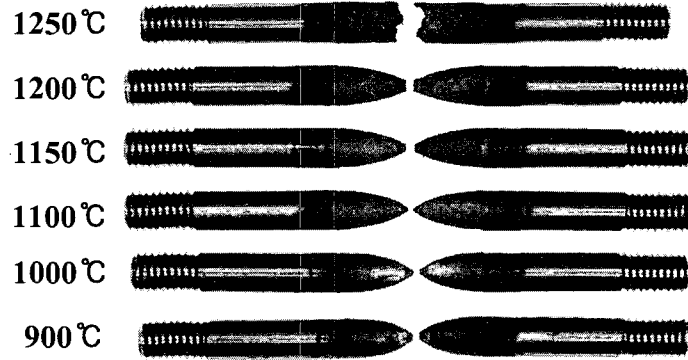
FAG KBC
BEARINGS

단면 감소율 : SCr420H



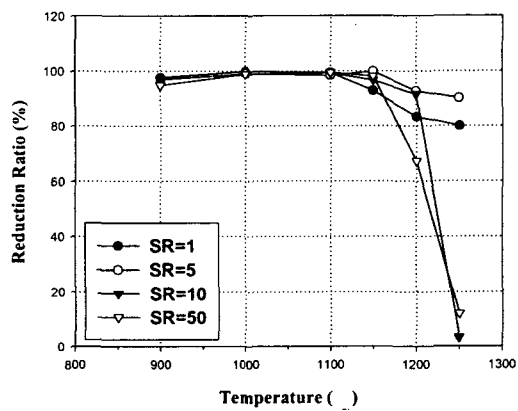
FAG KBC
BEARINGS

고온 인장 시험 : STB2



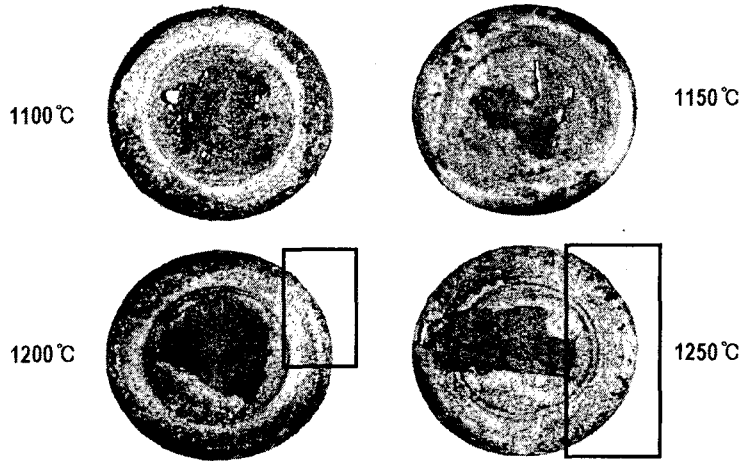
FAGKBC
BEARINGS

단면 감소율 : STB2



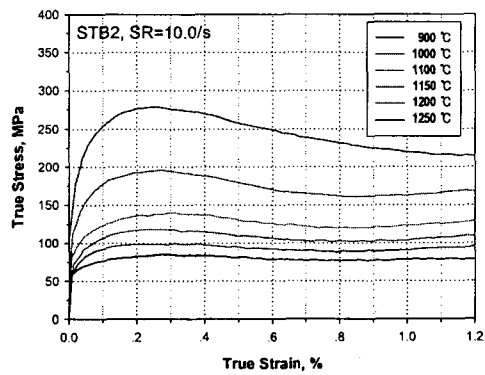
FAGKBC
BEARINGS

고온 압축 시험 : STB2



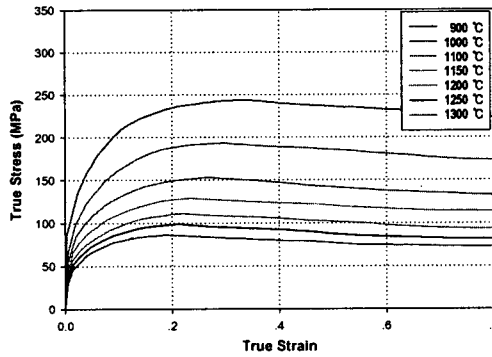
FAG KBC
BEARINGS

응력-변형을 곡선 : STB2



FAG KBC
BEARINGS

응력-변형률 곡선 : SCr420H



FAGKBC
BEARINGS

SCr420H의 상수 C 및 m

온도	900(°C)		1000(°C)		1100(°C)		1150(°C)		1200(°C)		1250(°C)		1300(°C)	
	C(MPa)	m	C(MPa)	m	C(MPa)	m	C(MPa)	m	C(MPa)	m	C(MPa)	m	C(MPa)	m
0.1	169.450	0.036	130.950	0.039	101.710	0.120	89.185	0.111	76.791	0.114	65.835	0.125	58.851	0.130
0.2	189.290	0.038	148.640	0.106	113.460	0.121	100.360	0.112	84.673	0.121	71.998	0.130	64.698	0.125
0.3	194.180	0.039	150.700	0.110	113.670	0.124	99.204	0.118	82.325	0.127	68.870	0.142	61.819	0.138
0.4	190.240	0.106	144.280	0.118	108.070	0.132	94.111	0.129	77.670	0.139	64.225	0.157	57.500	0.154
0.5	183.960	0.110	138.250	0.126	101.330	0.142	87.861	0.145	73.227	0.149	60.024	0.167	53.675	0.168
0.6	179.350	0.112	132.420	0.133	95.899	0.152	83.530	0.155	70.078	0.156	57.717	0.171	51.548	0.174
0.7	176.930	0.110	129.440	0.132	92.787	0.158	80.677	0.161	68.826	0.157	56.825	0.170	50.686	0.176
최대응 (MPa)	194.150	0.101	150.910	0.110	115.290	0.121	101.340	0.114	85.333	0.121	72.689	0.129	64.861	0.126

FAGKBC
BEARINGS

비등온 유한요소해석

★ 열간 단조기 : AMP-50

★ 초기조건

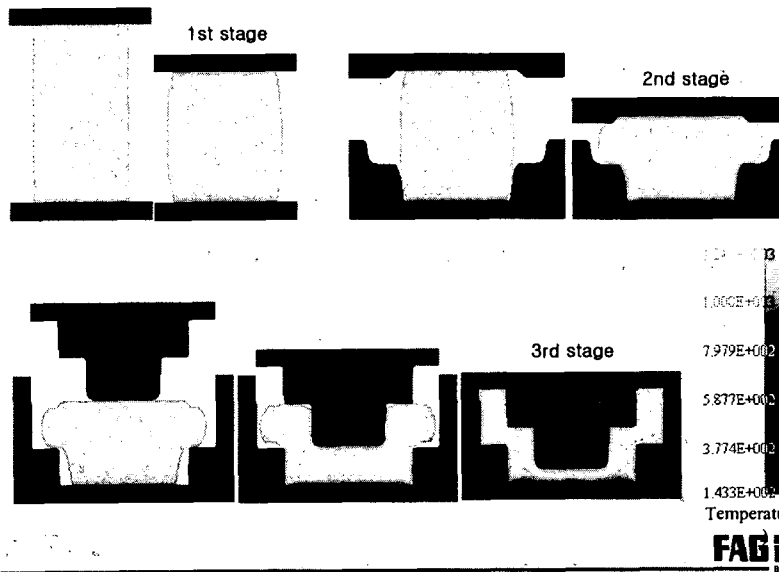
- ▶ 강종 : STB2/ SCr420H
- ▶ 초기온도 : 1180℃/ 1250℃
- ▶ 성형시작속도 : 800mm/sec
- ▶ 금형의 초기온도 : 150℃

★ 변형저항식 : 실험결과적용

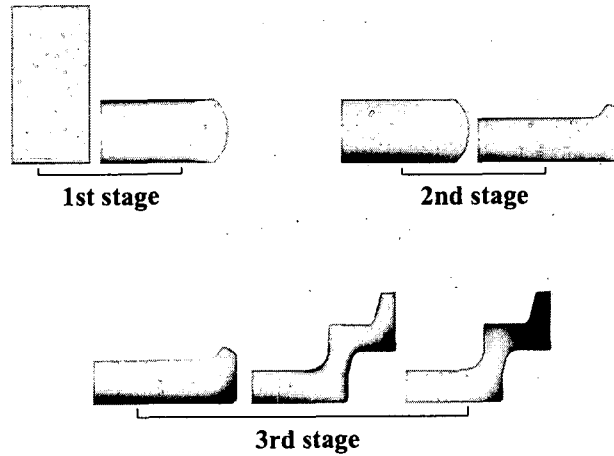
$$C = C(\bar{\epsilon}, T), \quad m = m(\bar{\epsilon}, T)$$

FAG KBC
BEARINGS

해석결과 : 온도분포(볼베어링)



해석결과 : 온도분포(테이퍼베어링)



FAG KBC
BEARINGS

결론

- ★ 베어링강의 고온 소성변형 특성 제시 (STB2, SCr420H)
- ★ 고온변형특성조건외 비등온해석 적용
- ★ 고객 품질검사시스템 변화에 대응
- ★ 단조공정중 내부크랙 발생원인 : 온도
- ★ 향후계획
 - ▶ 열적조건에 대한 지속적 연구 요구

FAG KBC
BEARINGS