

기계요소부품의 파괴해석 및 내구성향상 사례

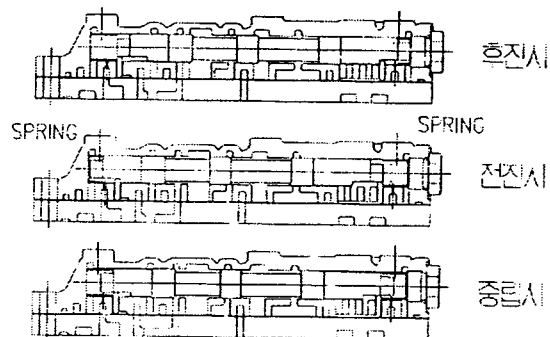
2001년 6월 22일

대우종합기계 신뢰성평가센터

Failure Analysis of Comp. Coil Spring

■ 스프링 하자이력

- 품명 : T/M Control Valve용 Spool Spring
- 종류 : Helical Coil Compression Spring
- 사용시간 : 405 ~ 1,999 시간

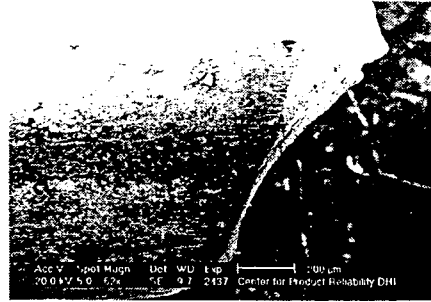
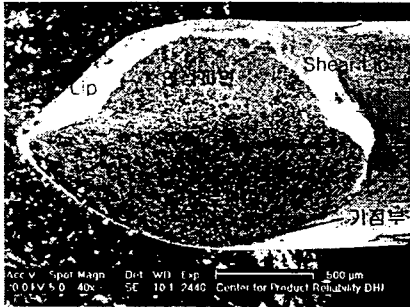
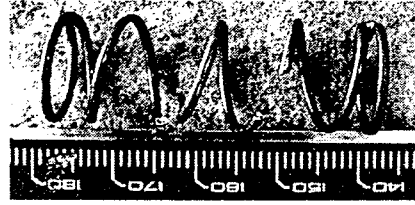


Failure Analysis of Comp. Coil Spring



■ 스프링 파괴양상

- 전단형 비틀림 피로파괴/소성변형
- 특별히 파손을 유발할만한 결함없음 ; 부식 Pits, Seam, Dents 등



www.cpr.co.kr



Failure Analysis of Comp. Coil Spring



■ 재질분석 결과

- KS D3582 SWOSC-V 선재 적용(인장강도 1960~2110MPa)
- 특별히 파손을 유발할만한 재질적인 문제 없음

사용품		미사용품		Spec.
하자품A	하자품B	미파손품	미사용품	

www.cpr.co.kr



Failure Analysis of Comp. Coil Spring



■ 미파손품의 변형양상 및 스프링정수 측정결과

-시험조건: 1단계 17.0mm에서 2단계 12.0mm로 압축하중 인가

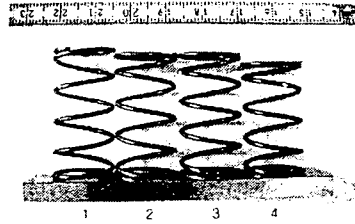
-소성변형 원인:

스프링정수 과다(23~61%)



과대응력 발생

(허용 비틀림응력 < 최대 비틀림응력)



Spec	미파손품				미사용품			
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	
자유장길이(mm)					36.37			
스프링정수(kgf/mm)					0.177			
자유장길이(mm)	33.4	31.9	31.3	29.4	33.6	33.2	33.5	
스프링정수(kgf/mm)	0.22	0.27	0.24	0.28	0.24	0.24	0.25	
시험결과	허용비틀림(%)	1.12	3.11	2.89	2.78	3.56	3.49	3.56
		2.8	4.21	4.46	4.1	4.22	4.75	4.68

www.cpr.co.kr

대우중공업기계

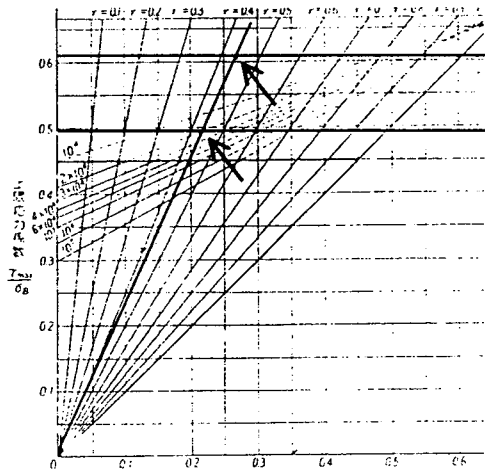
Failure Analysis of Comp. Coil Spring



■ 스프링강도 검토결과(JIS B2704)

-설계사양 : 피로강도 부족 ⇒ 설계적으로 안전하지 못함

-현품사양 : 정적강도 부족(허용 비틀림응력 1080MPa) ⇒ 소성변형



www.cpr.co.kr

대우중공업기계

Failure Analysis of Comp. Coil Spring



■ 결론

- 설계강도 부족
- 현품 스프링정수 과다

■ 개선안

- 1차 개선 : 현품개선(KS D3556 PW-2 선재 적용, 스프링정수 개선)
- 2차 개선 : 설계변경(1차 개선 + 자유높이 및 작동거리 감소)

1st Durability Test



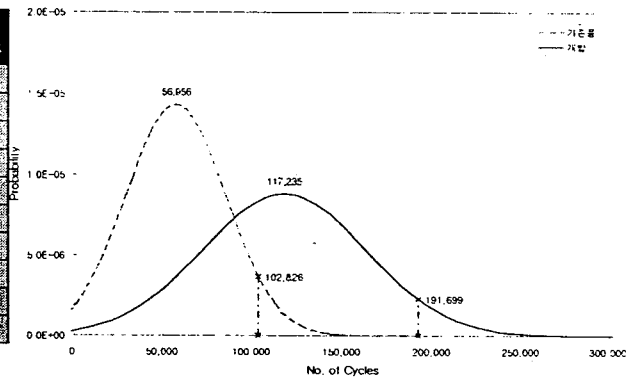
■ 시험조건

- 시험방법 : Stroke 제어 모드
스프링길이 8 ⇔ 32mm
- 목표사이클 : 2,000,000 사이클
- 시험 : 기존품 8개, 1차 개선품 8개

■ 시험결과

- 1차 개선품의 평균수명 106% 증대
- 목표수명에 크게 미달
- 시험별 수명 편차가 큼
- 파괴양상이 기존품과 상이함

시험번호	기존품 파단 사이클	1차 개선품 파단 사이클
1	74,403	73,105
2	46,707	121,957
3	33,538	212,557
4	74,403	88,250
5	103,392	145,315
6		87,000
7	40,580	102,198
8	25,662	102,198
평균수명	56,956	117,235
표준편차	27,887	45,271



www.cpr.co.kr

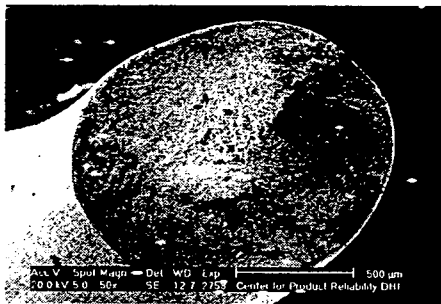
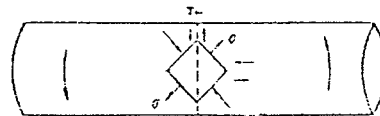


1st Durability Test

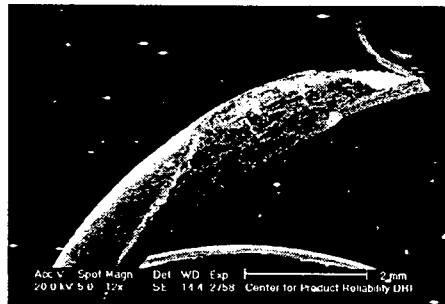


■ 1차 내구시험품 파면분석 결과

- 기존품 : 전단형 비틀림 피로파괴
- 1차 개선품 : 인장형 비틀림 피로파괴
- 특히 파손을 유발할만한 결함없음



[기존품]



[1차 개선품]

www.cpr.co.kr



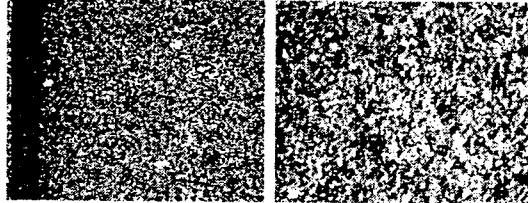
1st Durability Test



■ 1차 내구시험품 재질분석 결과

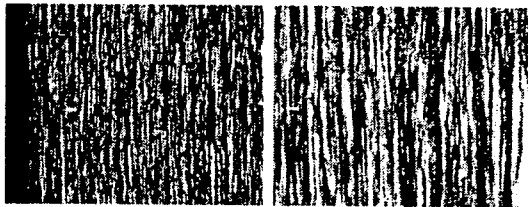
- 기존품 및 1차 개선품의 소재, 열처리품질 문제 없음
- 개선품 조직이방성 발달 : Transverse 방향으로 취약

기존품	
소재	SWD3C-V
경도(HV)	1900~2110
탄성계수(EV)	503
조직	과립
조직특성	Equiaxed Grain



Longitudinal Direction

개선품	
소재	PW-2
경도(HV)	2160~2350
탄성계수(EV)	588
조직	섬유
조직특성	Fibrous Grain



www.cpr.co.kr



2nd Durability Test



■ 시험조건

- 시험방법 : Stroke 제어 모드
스프링길이 8 ⇔ 24mm
- 목표사이클 : 2,000,000 사이클
- 시편 : 기존품 5개, 2차 개선품 5개

■ 시험결과

- 기존품 평균수명 1219% 증대
- 2차 개선품 목표수명까지 파괴되지 않음

시편번호	기존품 - 파단 사이클	-2차 개선품 파단 사이클
1	504,100	미파단
2	256,919	미파단
3	947,975	미파단
4	256,919	미파단
5	1,820,050	미파단
6	256,919	2,000,000(목표수명)

www.cpr.co.kr

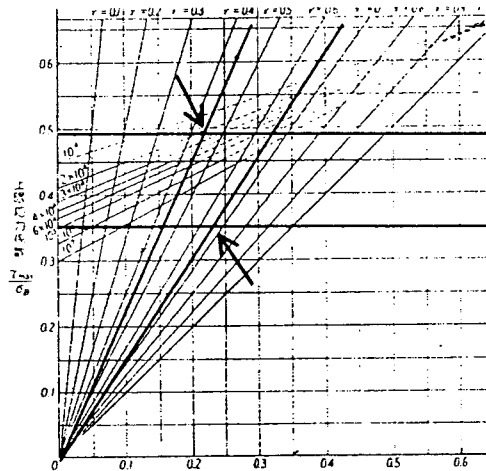


2nd Durability Test



■ 2차 개선품 스프링강도 검토결과(JIS B2704)

- 10^7 사이클 이상의 영구 수명을 확보하여 충분히 안전함



www.cpr.co.kr

대우중합기계

Conclusion



■ 기존품

- 설계강도 부족
- 현품 스프링정수 과다

■ 1차 개선품(KS D3556 PW-2 선재 적용, 스프링정수 개선)

- 기존품 대비 평균수명이 106% 증대했으나 목표수명에는 크게 미달
- 시편별 수명 편차가 큼

■ 2차 개선품(1차 개선 + 자유높이 및 작동거리 감소) **적용**

- 목표로한 2,000,000 사이클까지 파괴되지 않음
- 10^7 사이클 이상의 영구 수명을 확보하여 충분히 안전함

www.cpr.co.kr

대우중합기계