

3. 프레스 금형설계

재결정이 일어나는 온도 이하에서 금속을 소성가공하게 되면 소성가공시 형태변화 뿐만 아니라 강도와 경도도 증가하는데 이것은 냉간가공에 따른 강화가 일어나며 이러한 것을 가공경화 또는 변형경화라고 부른다. 또한 가공경화와 더불어 연성의 감소도 수반되어 2차 가공을 어렵게 만들기도 한다.

이 원 표

(주)거양 기술이사

content

1. 소성가공용 금속재료
2. 프레스가공의 기초지식
3. 프레스금형설계
4. 프레스설비
5. 프레스가공에 사용되는 오일
6. 프레스가공에서 생기는 문제점
7. 금형설계를 위한 기초자료

3. 전단 금형설계 (지난 호에 이어서)

(5) 스프링

스트리퍼 플레이트, 녹 아웃(Knockout), 패드(Pad), 블랭크 호울더(Blank Holder) 등과 같이, 금형부품 중에는 프레스 작업 중에 금형내에서 스프링의 힘으로 상하로 작동하는 것 등이 있다.

이들은 그 내부 또는 상, 하단에 스프링이 장착되는데 이들 스프링은 작업조건에 맞는 압축 길이와 적당한 힘을 보유하고 있어야 한다. 통상적으로 금형에 사용되는 스프링의 역할은 다음과 같다.

- ① 스트리퍼에 장착되어 스트리퍼 플레이트로 하여금 스트립을 눌러 작업시 스트립의 움직임을 방지하고 작업이 종료된 뒤에는 스트립이 펀치에 끼어 상승하는 것을 막아준다.

<표 24> 종류 및 기호

재질	스프링의 명칭	규격기호	기호	용도
피아노선	와이어 스프링	JIS G 3522	SWP	일반용
실리콘 크롬강	코일 스프링	JIS G3566	SWOSC-V	내열, 내 피로용

- ② 녹아웃이나 패드에 장착되는 경우는 작업 종료 후 제품을 금형으로부터 이탈시키는 역할을 해 준다.
- ③ 블랭크 홀더에 부착되는 경우는 드로잉 작업시 발생하는 플렌지 주름을 방지하기 위하여 적당한 힘으로 피가공 재료를 눌러주는 역할을 한다.

■ 금형에 사용 되는 스프링의 종류

금형에 사용되는 스프링의 종류는 다음과 같이 3가지 종류가 있다.

- ① 코일 스프링
- ② 가스 스프링
- ③ 우레탄 스프링

통상 가장 많이 사용되는 스프링은 코일 스프링이며, 단순구조의 금형에서는 우레탄 스프링이 사용되기도 한다.

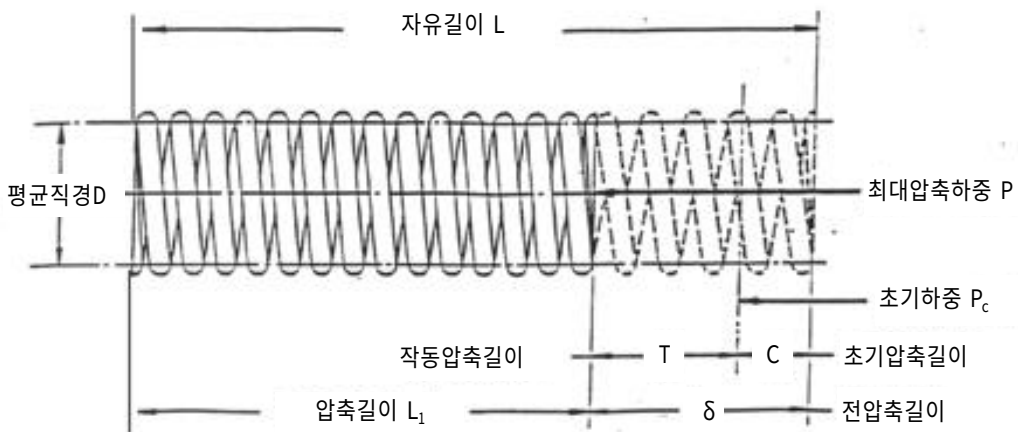
■ 와이어 및 코일 스프링

● 스프링의 재료

금형에 주로 사용되는 와이어 스프링과 코일 스프링의 강재 종류 및 기호는 <표 24>과 같다.

● 스프링의 선정순서

스프링은 용도에 맞지 않으면 제 역할을 할 수 없기 때문에 다음과 같은 순서에 의하여 적합한 것을 선택한다.



<그림 25> 스프링의 각 부 명칭

<표 25> 허용압축 비 α

구 분	輕 하중 용	中 하중 용	重 하중 용	極重 하중 용
長 壽命	0.25	0.25	0.20	0.13
보통壽命	0.30	0.30	0.25	0.17
사용한계	0.375	0.35	0.30	0.20

첫째, 금형 설계도면에 의거하여

압축 되었을 때의 전장 L_1

작동 압축 길이 T 의 치수를 찾아낸다

둘째, 압축되지 않은 상태의 자유 장 L 을 결정한다.

L 의 결정을 위하여 다음과 같은 4가지 사항을 검토한다.

① 사용할 스프링의 하중 그래프를 정한다.
여기에는 경 하중 용, 중(中) 하중 용, 중(重) 하중 용, 극중(重) 하중용의 3가지 종류가 있다.

② 사용 회수를 고려하여 장 수명용과 보통 수명 용을 구별한다.

장 수명용은 대량생산에 적합하다.

$L_t = L_1 / (1 - q)$ 의 식으로부터 L_t 를 구한다.

③ 스프링의 카탈로그에서 L_t 에 가장 가까운 표준길이의 L 을 찾아 낸다.

④ 압축량 $\delta = L - L_1$ 을 구하고, $\delta - T = C$ 를 계산하여 초기

압축 장으로서 적당한가를 확인한다. 한편으로는 이때 실제의 압축 장비 q 를 $q = \delta / L$ 의 식에서 구하고, 허용압축 장비를 <표 25>와 비교하여 하중 그래프를 변경한다.

셋째, 금형에 필요한 스프링의 총압력 W 에 따라서 스프링의 직경 D 와 필요한 스프링의 개수 n 을 결정한다.

① 금형의 도면에서 스프링을 수용 가능한 곳을 찾아서 일시적 스프링의 개수 n' 를 결정하는 경우에는 $W / n' = P$ 로서 스프링

1개에 걸리는 최대압축 하중을 계산하고, $P / \delta = R$ 의 계산으로 스프링 정수 R 을 구한다.

스프링 제조업체의 카탈로그에는 스프링 정수 R 값이 기재되어 있으므로 이미 알고 있는 L 과 R 로 부터 스프링의 외경 D_1 과 내경 D_2 를 찾아 낼 수가 있다. 이렇게 하여 구한 스프링을 금형도면에 배치하여 적합한지를 조사한다. 부적합한 경우에는 처음으로 되돌아가서 다시 n 의 수를 재 가정하여 상기의 수순을 거쳐 적합할 때까지 반복한다.

② 금형도면의 공간으로부터 스프링의 외경 D_1 을 결정하는 경우에는 일반적으로 L / D 의 값이 1.2 ~ 5 정도의 스프링이 실용적이기 때문에 금형도면의 스프링을 설치할 공간을 보아 L / D 의 비율을 참고로 하여 카탈로그로부터 2개 또는 3개의 스프링 외경 D_1 을 선정하여 놓는다.

카탈로그에는 최대압축 장 δ 가 기재되어 있고 이때의 최대하중 P 가 표시되어 있다. D_1 과 L 과 δ 에 따라서 표상에서 P 를 찾을 수가 있다.

$W / P' = n$ 을 계산하고 가장 큰 정수 값에 가까운 때의 D_1 을 결정한다. n 개의 스프링을 금형도면 상에 배치가 가능한지 조사하고 불가능할시 재계산을 반복한다.

● 압축된 전장

이것은 닫혀진 상태의 금형조립도 내에서 이루어지는 스프링의 길이로 차로 실측하는 것이 좋다. 작동압축 장은 금형이 열린 상태의 위치에 있을 때의 스프링의 길이에서 L_1 을 뺀 값이다.

● 스프링의 하중 그래프의 결정

통상 스프링의 길이가 한정 되어 있으므로 전단형의 금형에서와 같이 작은 압축량으로 큰 하중이 필요한 경우 重하중 또는 極重 하중용의 스프링이 사용된다. 벤딩이나 드로잉에 사용되는 스프링은 비교적 큰 압축 장이 필요하기 때문에 스프링의 길이가 제한을 받는 경우에는 輕하중 또는 中하중용의 스프링을 여러개 사용한다.

D 는 스프링의 평균 직경으로 카탈로그에는 스프링의 외경 D_1 과 내경 D_2 로서 표시되어 있으며 $D = (D_1 + D_2) / 2$ 이다.

L/D 의 값이 1.2 ~ 5의 범위를 선택하지만 숫자가 적은 경우에는 極重과 重하중을 숫자가 큰 경우에는 輕하중용을 선택한다.

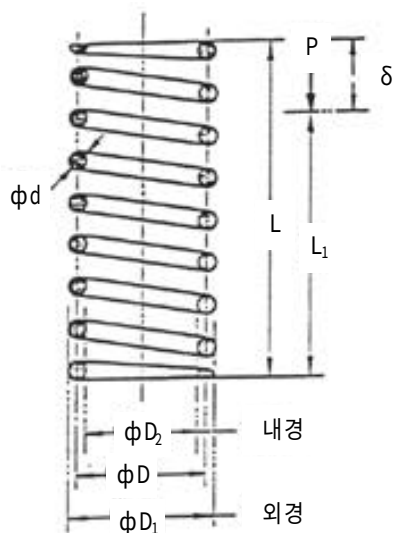
● 와이어 및 코일 스프링의 계산식

스프링의 하중, 압축량 등은 수식에 의하여 계산되어지며 스프링을 제대로 이해하고 사용하기 위해서는 어떻게 해서 이러한 값들이 구해지는지를 제대로 알고 있어야 한다. 스프링의 특성을 제대로 이해하지 못하면 금형 설계시 선정한 스프링이 제 역할을 하지 못하거나 오래지 않아 그 기능이 저하되어 처음과 다른 부적합품을 생산하게 되는 요인이 되기도 한다.

· 와이어 스프링의 계산식

와이어 스프링은 외경이 $\phi 3 \sim \phi 27$ 의 범위이며 최대길이(자유전장)는 100mm 정도 까지이다.

와이어 스프링의 압축량, 최대 안전 하중, 스프링 정수 등은 다음식에 의하여 계산되어진다.



D : 코일의 평균직경 $= (D_1 + D_2) / 2$

d : 스프링 재료의 선경 (mm)

N_a : 유효 권수

G : 스프링 재료의 횡 탄성계수
(전단 탄성계수)

τ : 외 압축을 받았을 때의 스프링 재료의 허용 전단응력

P : 압축하중

(1) 압축되어지는 양의 계산식

$$\delta = 8 P N_a D^3 / G d^4 \text{ (mm)}$$

(2) 최대 안전하중

$$P_a = \pi^3 / 8 D \text{ (kg)}$$

(3) 스프링 정수

스프링 정수는 압축비가 30 ~ 70%에서 두 곳의 하중 점에 걸리는 하중의 차 및 압축량의 차로 결정된다.

$$R = P / \delta$$

<표 26> G의 근사 값(kg/mm³)

선경d의 범위(mm)	스프링 용 재료		
	스프링 강선	피아노 선	인 청동 선
3.5 까지	8,500	10,200	4,200
3.5~6	8,300	9,960	4,100
6~8	8,000	9,600	4,000
8 이상	7,700	9,000	3,800

<표 27> 압축 코일 스프링의 허용 전단응력 τ (kg/mm²)

스프링재료	스프링강선	피아노선	강선	인청동선	특수강선
τ (kg/mm ²)	50이하	80이하	75이하	18이하	70이하

※ 인장 코일 스프링의 경우는 위 값의 2/3를 적용한다

(예제 8) 선경이 3mm인 스프링 강선 D = 16mm, Na = 7, L = 60mm인 와이어 스프링을 52mm로 압축하였을 때 압축 하중과 이때의 전단응력은 얼마인가?

<풀이> 선경이 3mm이므로 <표 26>로부터 G = 8,500kg/mm² 이다. 따라서, 압축하중 P는 다음과 같이 구해진다.

$$P = Gd^4 \delta / 8N_a D^3 = 8,500 \times 34 \times (60-52) / 8 \times 7 \times 16^3$$

$$= 5,508,000 / 229,376 = 24.01 \text{ kg}$$

8mm의 압축을 받았을 때 스프링의 허용 전단응력 τ 는 다음과 같은 식에 의하여 구해진다

$$\tau = 8 D P / \pi d^3 = 8 \times 16 \times 24.01 / 3.14 \times 3^3 = 3,073.28 / 84.78$$

$$= 36.25 \text{ kg/mm}^2$$

이 값은 <표 27>의 값과 비교하여 72.5% 정도의 값에 해당하므로 안전하다.

(예제 9) 위의 문제에서 와이어 스프링의 최대 압축장을 구하여라.

<풀이> 압축 가능한 최대량 δ 는 다음과 같은 식에 의하여 구해진다.

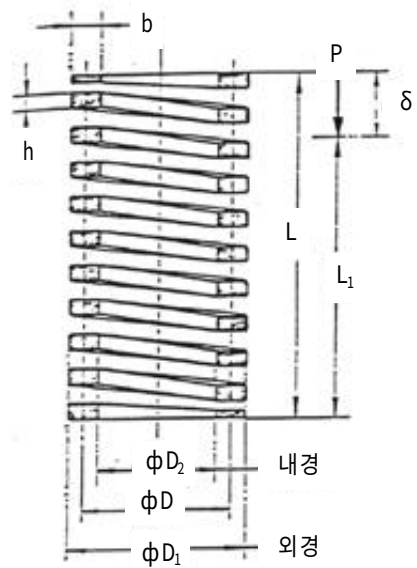
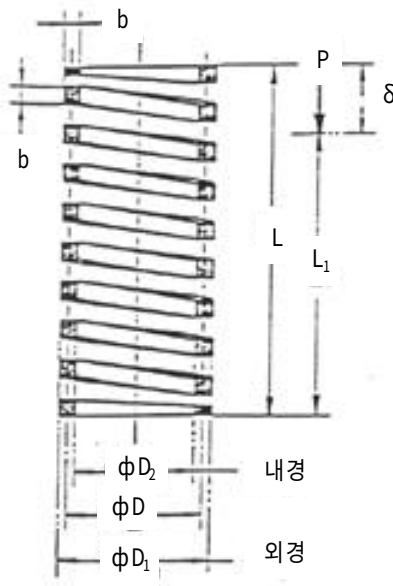
스프링의 허용 전단응력 $\tau = 50 \text{ kg/mm}^2$ 이므로

최대 안전하중 $P_a = \pi d^3 \tau / 8D = 3.14 \times 3^3 \times 50 / 8 \times 16 = 4,239 / 128 = 33.12 \text{ kg}$

$$\delta = 8 P_a N D^3 / G d^4 = 8 \times 33.12 \times 7 \times 16^3 / 8,500 \times 3^4$$

$$= 7,596,933.12 / 688,500 = 11.03 \text{ mm} \quad 11 \text{ mm}$$

· 각형 코일 스프링의 계산식
스프링 재료의 절단면이 각형인 코일 스프링의 계산식은 다음과 같다.



b : 각형 스프링의 폭
 D : 코일의 평균직경 $= (D_1 + D_2) / 2$
 N_a : 유효 권수
 G : 스프링 재료의 횡 탄성계수
 (전단 탄성계수)
 τ : 외 압축을 받았을 때의 스프링
 재료의 허용 전단응력
 P : 압축하중

- (1) 압축되어지는 양의 계산식
 $\delta = 5.58 \frac{P N_a D^3}{G b^4} (\text{mm})$
 (2) 최대 안전하중
 $P_a = 0.416 b^3 \sqrt{D} (\text{kg})$

· 장방형 코일 스프링의 계산식
 금형의 블랭크 호울더, 패드, 스트리퍼
 등에 주로 사용되는 대부분의 스프링은
 장방형 모양을 가진 스프링이 대부분 이
 며, 輕 하중용으로 부터 極重 하중용 까
 지 다양하다.
 장방형 스프링의 단면의 폭 b 는 $h < b$
 $\leq 3.3 \times h$ 의 범위에 있다.

b : 장방형 스프링의 폭
 h : 장방형 스프링의 두께
 D : 코일의 평균직경 $= (D_1 + D_2) / 2$
 N_a : 유효 권수
 G : 스프링 재료의 횡 탄성계수
 (전단 탄성계수)
 τ : 외 압축을 받았을 때의 스프링
 재료의 허용 전단응력
 P : 압축 하중

- k_1 : b/h 로 결정되는 스프링 계수
 k_2 : b/h 로 결정되는 스프링 계수

- (1) 압축되어지는 양의 계산식
 $\delta = 2 \pi N_a \left(\frac{D}{2} \right)^3 \frac{P}{k_2 b h^3 G}$
 $2.75 N_a P D^3 (h^2 + b^2) / h^3 b^3 G$
 (2) 최대 안전하중
 $P_a = 2 k_1 b h^2 \sqrt{D} \quad 5.11 h^2 \sqrt{D}$
 (3) 스프링 정수
 $R = P / \delta$

<표 28> 스프링 계수 k_1

b/h	k_1	B/h	k_1
1.0	0.2082	2.5	0.2576
1.1	0.2140	3.0	0.2672
1.2	0.2189	3.5	0.2752
1.3	0.2234	4.0	0.2817
1.4	0.2273	5.0	0.2915
1.5	0.2310	6.0	0.2984
1.6	0.2343	7.0	0.3033
1.7	0.2375	8.0	0.3071
1.8	0.2403	9.0	0.3100
1.9	0.2427	10.0	0.3123
2.0	0.2459	∞	0.3333

(예제 10) 단면 $b \times h = 10 \times 5$ 로 평균 직경 $D = 50\text{mm}$ 의 스프링강 제의 장방형 코일 스프링을 압축하여 사용할 때 최대 안전하중과 허용 최대 압축량을 구하라.

단, 유효권수는 10이다.

(풀이) $b/h = 10/5 = 2$ 이므로 스프링 계수 k_1 은 <표 28>로부터

$k_1 = 0.2459$ 이고 스프링 강의 $\tau = 45\text{kg}/\text{mm}^2$ 이다.

따라서

최대 안전하중

$$\begin{aligned} P_a &= 2k_1bh^2 \tau / D \\ &= 2 \times 0.2459 \times 10 \times 5^2 \times 45 / 50 \\ &= 110.655\text{kg} \end{aligned}$$

허용 최대 압축량

$$\begin{aligned} \delta &= 2\pi N_A (D/2)^3 P / k_2bh^3G \\ &= 2.75N_aPD^3(h^2+b^2)/h^3b^3G \\ &= 2.75 \times 10 \times 110.655 \times 50^3 \times \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &(5^2+10^2)/5^3 \times 10^3 \times 8,000 \\ &= 47.7\text{mm} \end{aligned}$$

· 코일 스프링의 올바른 사용법

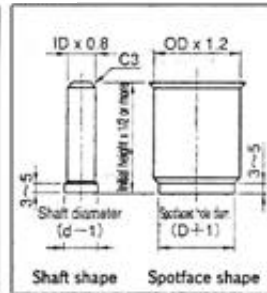
코일 스프링은 다음과 같은 11가지 사항에 유의하여 사용해야 한다.

- ① 항상 스프링 가이드를 사용한다.
스프링 가이드가 없이 코일 스프링을 사용하면 휨 또는 굽힘이 발생한다.
- ② 스프링의 내경과 샤프트(Shaft) 사이의 틈새(Fig.1)
샤프트의 직경은 코일 스프링의 내경보다 약 1.0mm 작게 한다.
- ③ 스프링의 외경과 스프링 안내 구멍의 틈새(Fig.1)
스프링 안내 구멍은 스프링 외경보다 약 1.5mm 크게 한다.
- ④ 짧은 샤프트나 얇은 스프링 안내 구멍은 피한다.
- ⑤ 최대 압축량을 초과하여 사용하지 않는다.

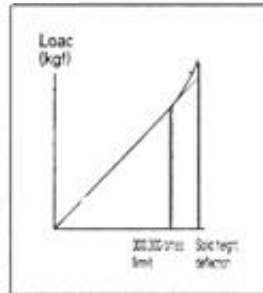
MISUMI endurance test conditions

- ① Spring guide formula
Shaft penetration
1.0 mm less than shaft diameter d
- ② Initial deflection
1.0mm
- ③ Amplitude
Deflection with 300,000-times limit value
- ④ Speed
180spm
※ The maximum number of durable operating times may vary depending on the service conditions.

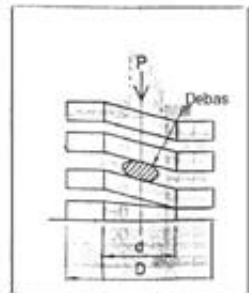
<Fig. 1>



<Fig. 2>



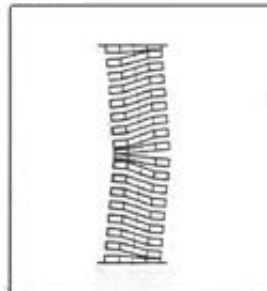
<Fig. 3>



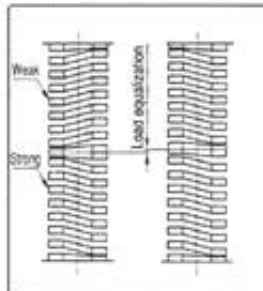
<Fig. 4>



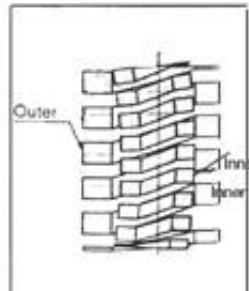
<Fig. 5>



<Fig. 6>



<Fig. 7>



- ⑥ 초기 압축을 주어 사용한다.
- ⑦ 스프링의 틈새에 파편이나 이 물질이 끼이지 않게 한다.
- ⑧ 스프링의 양단은 항상 평형을 유지하도록 한다.
- ⑨ 길이를 맞추기 위해 2 ~ 3개의 코일 스

프링을 연결하여 사용하지 않는다.

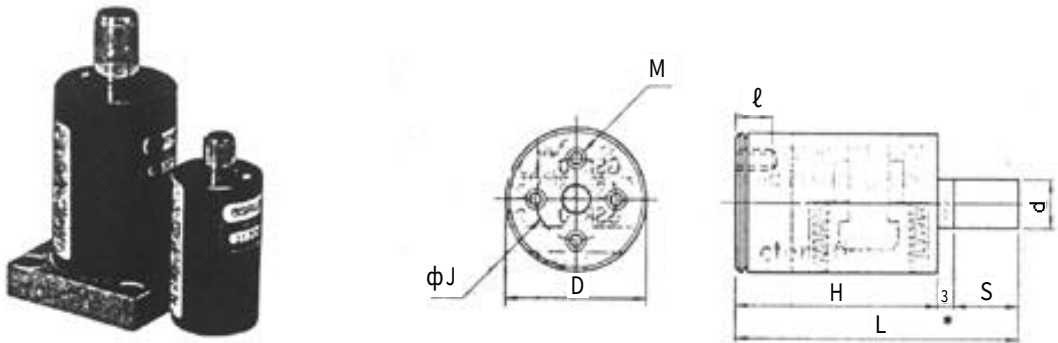
<Fig.5>

- ⑩ 동시에 2개의 스프링을 사용하지 않는다.<Fig.4>
- ⑪ 코일 스프링의 안쪽에 스프링을 넣어 사용하지 않는다.<Fig.7>

<표 29> 장방향 강력 스프링의 사용회수와 압축비

종 류	사용회수			최대 압축 비
	100만회	50만회	30만회	
극소하중	40.0%	45.0%	50.0%	58.0%
경하중용	32.0%	36.0%	40.0%	48.0%
中하중	25.6%	28.8%	32.0%	38.0%
重하중	19.2%	21.6%	24.0%	28.0%
極重하중	16.0%	18.0%	20.0%	24.0%

※ 데이터 값은 스프링의 자유장의 %임 , FUTABA 카탈로그 Page 391인용



<그림 26> 가스 스프링의 모양과 단면도

<표 29>에서 보는 바와 같이 스프링은 압축비가 커지면 스프링의 수명이 급격히 감소하고 그 기능이 저하되기 때문에 금형설계 시 압축비를 충분히 고려하여야 한다.

■ 가스 스프링 (Gas Spring)

가스 스프링의 특징은 다음과 같다.

- ① 가스 스프링은 140kgf/cm²의 질소 가스가 충전 되어 있으며 코일 스프링과

같이 초기 압축량을 주지 않고도 초기 압력이 가해져 있다.

- ② 가스 스프링은 우레탄 스프링이나 코일 스프링보다 일정한 하중을 갖고 있다.
- ③ 우수한 내구성을 갖고 있다.(약 50만회 이상 사용 가능)
- ④ 로드와 편심율이 0.3/100 이내이다 **P·E**

문의 : (031)499-2191

용어해설

감도 (sensitivity)

측정하려고 하는 양의 변화와 측정기의 지침이 가리키는 지시량 변화와의 관계.
다이얼 게이지의 감도는 1눈금에 대해 0.01mm 1눈금 0.01mm 1눈금의 지시값이 작을수록 감도가 좋다. 눈금판을 크게, 지침도 길게 하면 감도는 좋게 된다.