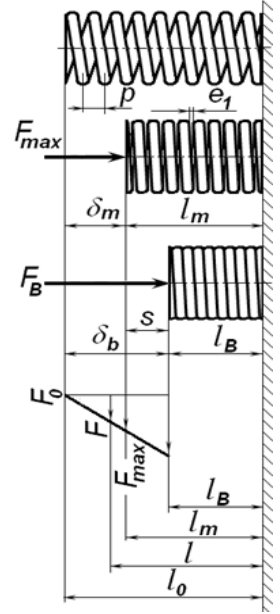


**Soru 1:** Şekilde gösterilen helisel silindirik basma yayı  $F = F_{maks} = 800 \text{ N}$ 'luk bir kuvvet ile çalışmaktadır. Yay  $F_1 = 0.25F$  ön gerilme kuvveti ile monte edilmektedir. Yayın stroku  $s = \delta_2 - \delta_1 = 11 \text{ mm}$ ; ortalama sargı çapı  $D = 40 \text{ mm}$ ; yayın malzemesi soğuk çekilmiş tel A tipi; zorlanma tipi statik verildiği durumda yayın tam ( boyutlandırma, titreşim ve kontrol ) hesabını yapınız.



**Cetvel 21.9'dan soğuk çekilmiş tel A tipi için;**

Çap değerleri  $d = 0.70 \dots 12 \text{ mm}$ ;  $m = 0.192 \text{ mm}$ ;

$\sigma_r = 1750 \text{ MPa}$ ;  $\tau_{AK}/\sigma_K = 0.42$ ;  $\tau_D/\sigma_K = 0.22$

olarak alınır.

$c = D/d = 6 \dots 10$  değerleri arasından 8 alınabilir. Bu durumda;

**Yayın yaklaşık çapı:**

$d = D/c = 40/8 = 5 \text{ mm}$  bulunur.

Bu değer için Cetvel 21.10'dan standart olduğu görülür.

Bu değer için Cetvel 21.10'dan A tipi tel için kopma mukavemeti  $1210 \text{ MPa}$  olarak okunur.

$$\frac{\tau_{AK}}{\sigma_K} = 0.42 \rightarrow \tau_{AK} = 0.42 * \sigma_K = 0.42 * 1210 = 508.2 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_D}{\sigma_K} = 0.22 \rightarrow \tau_D = 0.22 * \sigma_K = 0.22 * 1210 = 266.2 \text{ MPa}$$

**Kayma emniyet gerilmesi  $S=2$  alınarak( statik zorlanmada ):**

$$\tau_{em} = \frac{\tau_{AK}}{S} = \frac{508.2}{2} = 254.1 \text{ MPa}$$

**Vahl Faktörü:**

$$k_V = \frac{4c - 1}{4c - 4} + \frac{0.615}{c} = \frac{31}{28} + \frac{0.615}{8} = 1.1840$$

**Yayın tel çapı:**

$$d = \sqrt{\frac{8k_V c F}{\pi \tau_{em}}} = \sqrt{\frac{8 * 1.1840 * 8 * 800}{3.14 * 254.1}} \cong 8.72 \text{ mm}$$

Standart değeri Cetvel 21.10'dan  $9 \text{ mm}$  alınır ve  $D = 8d = 8 * 9 = 72 \text{ mm}$  bulunur.

**Dış ve iç sargı sarım çapları:**

$$D_d = D + d = 72 + 9 = 81 \text{ mm} \quad ; \quad D_i = D - d = 72 - 9 = 63 \text{ mm}$$

Soğuk haddelenmiş çelikler için Cetvel 21.6'dan  $E = 20.6 * 10^4 \text{ MPa}$ ;  $G = 7.85 * 10^4 \text{ MPa}$  okunur.

**Etkili sargı sayısı:**

$$i = \frac{Gd\delta}{8(F - F_1)c^3} = \frac{7.85 * 10^4 * 9 * 11}{8(800 - 0.25 * 800)8^3} = 3.1622$$

bulunur ve  $i_s = 4$  seçilir.

**Yayın gerçek stroku:**

$$\delta_g = \frac{\delta i_s}{i} = \frac{11 * 4}{3.1622} \cong 13.91 \text{ mm}$$

**Yayların imalat şekli soğuk şekil verilmiş ve düzeltilmiş kabul edilirse;**

**Yayların toplam sarım sayısı:**

$$\text{Cetvel 21.12'den } i_{top} = i + 0.5 = 4 + 0.5 = 4.5$$

**Blokaj uzunlukları:**

$$\text{Cetvel 21.12'den } l_B = (i_{top} + 1)d = (4.5 + 1) * 9 = 49.5 \text{ mm}$$

**Çalışma uzunluğu:**

$$l = l_B + 0.2di = 49.5 + 0.2 * 9 * 4 = 56.7 \text{ mm}$$

**Serbest uzunluğu:**

$$l_0 = l + \delta_g = 56.7 + 13.91 = 70.61 \text{ mm}$$

olarak bulunur.

**Çalışma esnasında sargıların birbirine temas etmemesi için,  $\frac{\delta_b}{\delta} > 1.1$  olması tavsiye edilir. Buradan yayın blokaj halindeki kısalması ( Şekil 21.14 ):**

$$\delta_b > 1.1\delta_g = 1.1 * 13.91 \cong 15.3 \text{ mm}$$

bulunur ve 16 mm alınır.

**Yayın serbest haldeki adımı:**

$$p = \frac{l_0 - d}{i} = \frac{70.61 - 9}{4} \cong 15.4 \text{ mm}$$

**Yayın rijitliği:**

$$k = \frac{F}{\delta} = \frac{Gd^4}{8D^3i} = \frac{7.85 * 10^4 * 9^4}{8 * 72^3 * 4} \cong 43.12 \text{ N/mm}$$

**Müsaade edilen yay kısalması:**

$$\delta_{maks} = \frac{\pi D^2 i}{k_V G d} \tau_{em} = \frac{3.14 * 72^2 * 4}{1.184 * 7.85 * 10^4 * 9} * 254.1 \cong 19.78 \text{ mm}$$

**Doğrusal yaylar için yay hacmi ve enerjisi:**

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \pi D i = \frac{3.14 * 9^2}{4} * 3.14 * 72 * 4 \cong 57501 \text{ mm}^3$$

$$W = \frac{1}{4} \frac{\tau_{em}^2}{G} V = \frac{1}{4} * \frac{254.1^2}{7.85 * 10^4} * 45458 \cong 11824 \text{ Nmm}$$

**Yayların frekansı  $f$  ve özgül frekansı  $\omega_0$ :**

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\delta_g}} = \frac{1}{2 * 3.14} * \sqrt{\frac{9.81}{13.91}} \cong 0.134 \text{ s}^{-1}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\delta}} = \sqrt{\frac{9.81}{16}} \cong 0.783 \text{ s}^{-1}$$

olarak elde edilir.

Telin gerçek çapı  $d = 9 \text{ mm}$  bağlı olarak Cetvel 21.10'dan A tipi tel için  $\sigma_K = 1020 \text{ MPa}$  olarak alınır;

**Mukavemet değerleri:**

$$\tau_{AK} = 0.42 * \sigma_K = 0.42 * 1020 = 428.4 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = 0.22 * \sigma_K = 0.22 * 1020 = 224.4 \text{ MPa}$$

**Kayma emniyet gerilmesinin gerçek değeri:**

$$\tau_{em} = \frac{\tau_{AK}}{S} = \frac{428.4}{2} = 214.2 \text{ MPa}$$

**Kesme etkisini göz önüne alan faktör:**

$$k_s = 1 + \frac{0.615}{c} = 1 + \frac{0.615}{8} \cong 1.077$$

**Yaylar kesme ve burulma gerilmelerine maruz kalır, buna bağlı olarak toplam gerilme:**

$$\tau = \tau_k + \tau_b = k_s \frac{8FD}{\pi d^3} = 1.077 * \frac{8 * 800 * 72}{3.14 * 9^3} \cong 216.6 \text{ MPa} \cong \tau_{em} = 214.2 \text{ MPa}$$

olduğundan emniyetli olduğu kabul edilebilir, **ancak risklidir.**

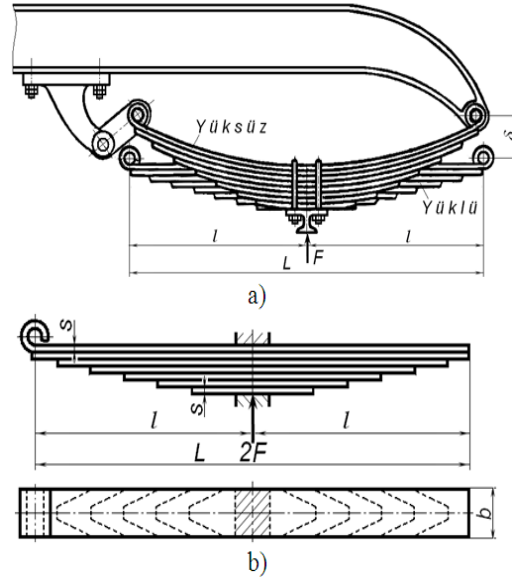
**Emniyet katsayısı:**

$$\frac{\tau_{AK}}{\tau} = \frac{428.4}{216.6} \cong 1.97 < S_s = 2$$

olduğundan yine emniyetli olduğu kabul edilebilir, **ancak risklidir.**

**Soru 2:** Şekilde bir taşıtın arka aksına ait çok tabakalı yaprak yayı verilmiştir. Yaya gelen toplam kuvvet ( taşıtın ağırlığı + taşınan yük )  $2F = 22 * 10^3 N$ , yay malzemesi soğuk haddelenmiş, sertleştirilmiş ve tavllanmış 50 Cr V 4, yayın uzunluğu  $L = 2l = 1800 mm$ , ana tabaka sayısı  $n' = 1$ , tabakaların genişliği ve kalınlığı  $bxs = 84x12 mm$ , yayların çökmesi  $\delta = 72.8 mm$  ve zorlanma darbeleri değişken olduğuna göre;

- Bir tabakanın kalınlığını,
- Tabakaların kalınlığını,
- Müsaade edilen maksimum çökmeyi,
- Yay rijitliğini,
- Yayın emniyetle taşıyabilecek kuvveti hesaplayınız.



Yayın malzemesi soğuk haddelenmiş, sertleştirilmiş ve tavllanmış 50 Cr V 4 için Cetvel 21.2'den  $\sigma_{AK} = 1600 MPa$  ,  $\sigma_K = 1700 MPa$  ve Cetvel 21.4'ten Elastiklik modülü  $E = 206000 MPa$  alınır. Eğilmede sürekli mukavemet sınırı  $\sigma_D = 0.5\sigma_K = 0.5 * 1700 = 850 MPa$  olarak alınır. Eğilmede tam değişken zorlanmaya maruz kalan yaprak yayların emniyet gerilmesi  $k_e = k_b k_y / k_c = 0.56$  ve emniyet katsayısı  $S = 1.5 \dots 3$  değerleri arasında  $S = 2$  alınabilir.

$$\sigma_{eem} = \frac{\sigma_D^*}{S} = k_e \frac{\sigma_D}{S} = 0.56 * \frac{850}{2} = 238 MPa$$

bulunur.

**Tabakaların yaprak sayısı:**

$$\sigma_e = \frac{6Fl}{nbs^2} \leq \sigma_{eem} \rightarrow n = \frac{6Fl}{bs^2 \sigma_{eem}}$$

$$F = \frac{22 * 10^3}{2} = 11 * 10^3 N$$

$$l = \frac{1800}{2} = 900 mm$$

$$n = \frac{6Fl}{bs^2 \sigma_{eem}} = \frac{6 * 11 * 10^3 * 900}{84 * 12^2 * 238} \cong 20.63$$

bulunur ve  $n = 21$  seçilir.

**Tabakaların kalınlığı hesabı:**

**Eğilme gerilmesi ve yayın ucundaki çökme:**

$$\sigma_e = \frac{6Fl}{nbs^2} \leq \sigma_{eem} \quad (1) \quad \text{ve} \quad \delta = \beta_1 \frac{FL^3}{Enbs^3} \quad (2) \quad \beta_1 \cong 12 / (2 + n' / n) = 12 / (2 + 1 / 21) \cong 5.86$$

**Yay tabakasının gerçek kalınlığı (1) ve (2) denklemlerinden s çekilerek;**

$$s = \beta_1 \frac{l^2 \sigma_{em}}{6E\delta} = 5.86 * \frac{900^2 * 238}{6 * 206000 * 72.8} \cong 12.55 \text{ mm}$$

bulunur ve 13 mm seçilir.

$$\beta_2 \cong 2/(2 + n'/n) = 2/(2 + 1/21) \cong 0.977$$

**Müsaade edilen maksimum çökme:**

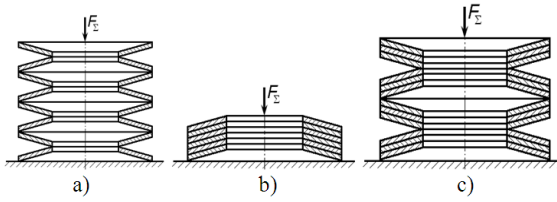
$$\delta_{maks} = \beta_2 \frac{l^2 \sigma_{em}}{s E} = 0.977 * \frac{900^2}{13} * \frac{238}{206000} \cong 70.33 \text{ mm}$$

**Yay rijitliği:**

$$k = \frac{1 E n b s^3}{\beta_1 l^3} = \frac{1}{5.86} * \frac{206000 * 21 * 84 * 13^3}{900^3} \cong 186.88 \text{ N/mm}$$

**Yayın emniyetle taşıyabileceği kuvvet:**

$$F_{maks} = \frac{n b s^2}{6l} \sigma_{em} = \frac{21 * 84 * 13^2}{6 * 900} * 238 \cong 14188.35 \text{ N}$$



**Soru 3:** Dış çapı  $D_d = 80 \text{ mm}$ , iç çapı  $D_i = 32 \text{ mm}$ , kalınlığı  $s = 4.5 \text{ mm}$ , yüksekliği  $h = 2 \text{ mm}$  olan bir diskli yay;  $\delta = 0.24h$ 'da  $F_n = 26 * 10^3 \text{ N}$ ,  $\delta_n = 1.22 \text{ mm}$ ,  $\sigma_n = 2200 \text{ MPa}$  gibi özelliklere sahiptir.  $F = 92 * 10^3 \text{ N}$ 'luk kuvveti karşılamak için:

- Disk sayısı ve bunların tertiplenme şeklini,
- Aynı diskler paralel, seri ve seri-paralel şeklinde tertiplenirse, bunların taşıyabileceği maksimum kuvveti ve maksimum şekil değiştirmesini,
- Paralel tertiplemede  $F = 92 * 10^3 \text{ N}$ 'luk bir kuvvete karşılık gelen şekil değiştirmesini hesaplayınız.

**Paralel tertiplemede sistemin taşıdığı kuvvet  $i * F_n$  olduğundan seri tertipleme sayısı:**

$$i = \frac{F}{F_n} = \frac{92 * 10^3}{26 * 10^3} \cong 3.54$$

bulunur ve  $i = 4$  seçilir.

**Paralel tertipleme sayısı  $i = 4$  olan disk yayın paralel tertiplenmesinde sistemin taşıyabileceği maksimum kuvvet ve çökme:**

$$F_{\Sigma} = i F_n = 4 * 26 * 10^3 = 104 * 10^3 \text{ N} \quad \text{ve} \quad \delta_{\Sigma} = \delta_n = 1.22 \text{ mm}$$

**Seri tertiplemede;**

$$F_{\Sigma} = F_n = 26 * 10^3 \text{ N} \quad \text{ve} \quad \delta_{\Sigma} = i \delta_n = 4 * 1.22 = 4.88 \text{ mm}$$

**Seri – paralel tertiplemede;**

$$F_{\Sigma} = i F_n = 4 * 26 * 10^3 = 104 * 10^3 \text{ N} \quad \text{ve} \quad \delta_{\Sigma} = i \delta_n = 4 * 1.22 = 4.88 \text{ mm}$$

**Paralel tertiplemede  $F = 92 * 10^3 \text{ N}$ 'luk bir kuvvete karşılık gelen şekil değiştirme veya çökme:**

$$\delta = \delta_{\Sigma} * \frac{F}{F_{\Sigma}} = 1.22 * \frac{92*10^3}{104*10^3} \cong 1.08 \text{ mm bulunur.}$$