

Szilárd illesztés kidolgozott mintapélda magyarázattal, eredményekkel:

Egy $d = 50 \text{ mm } +0,086 /+0,070$ méretű és tűrésű acéltengelyre $D = 100 \text{ mm}$ külső átmérőjű és $50 \text{ mm } +0,025/0$ furatú acélagyat szilárd illesztéssel szerelünk két féle kivitelben zsugorkötéssel és hidegsajtolással. A kötés viszonyyszáma:

$$l/d = 0,8$$

a/ Határozza meg a szereléshez szükséges hőmérséklet különbséget zsugorkötésnél! Az agy hőtágulási együtthatója:

$$\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \text{ mm/mm } ^\circ\text{C}$$

b/ Határozza meg az agyban keletkező maximális feszültséget hidegsajtolásnál és zsugorkötésnél is!

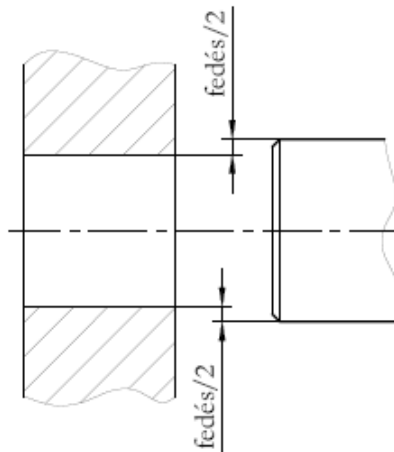
A tengely összenyomódási tényezője: $k_1 = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$,

az agy megnyúlási tényezője: $k_2 = 9,8 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$.

c/ Számítsa ki a felsajtoláshoz szükséges erőt abban az esetben, ha a kötést hidegen sajtolva hoznák létre! ($\mu=0,15$, $R_{1\max}=4 \text{ }\mu\text{m}$ és $R_{2\max}=3 \text{ }\mu\text{m}$)

d/ Megfelelő lenne-e a választott illesztés abban az esetben, ha a kötést hidegen sajtolva hoznák létre és $P= 22 \text{ kW}$, $n= 715 \text{ 1/perc}$, $\mu= 0,15$ valamint a nyomaték biztonságos átviteléhez szükséges dinamikus tényező $x=4$!

A szilárd illesztésű kötés létrehozásához megfelelő méretű fedést kell alkalmaznunk. Lásd lenti ábra! A kötést hidegsajtolással vagy hőfokkülönbséggel (zsugorkötéssel) szerelhetjük. Példánkban megvizsgáljuk a kétféle kialakításnál, hogy hogyan történik a számítás.



Szilárd illesztésű kötés szerelés előtti állapotban

- a. Hőfokkülönbséggel (zsugorkötéssel) történő szereléskor (helyesen megválasztott fedésnél) az agyat felmelegítjük, vagy a csapot hűtjük a megfelelő szilárdság eléréséhez. Az agyat olyan hőmérsékletre kell hevíteni, illetve a tengelyt annyira lehűteni, hogy az alkatrészek között „eltűnjön” a fedés, sőt $0,0004d$ játék alakuljon ki közöttük. Ebben az esetben a szükséges hőmérsékletet a következő összefüggésből kapjuk:

$$t = \frac{\varepsilon + 0,0004}{\alpha} + t_0$$

Ahol: ε - az átmérőviszony $\varepsilon = \frac{f_{\max}}{d} = \frac{NF}{d} = \frac{0,086}{50} = 1,72 \cdot 10^{-3}$,

(NF a nagyfedés az adott illesztésnél 0,086 mm)

α - a hőtágulási tényező, mm/C°mm.

A konkrét példánknál: $t = \frac{\varepsilon + 0,0004}{\alpha} + t_0 = \frac{1,72 \cdot 10^{-3} + 0,0004}{10 \cdot 10^{-6}} + 30 = 212 + 30 = 242 \text{ C}^\circ$

- b. A fedésre érvényes általános összefüggés $f = p \cdot d(k_1 + k_2)$. (Ahol p a palástnyomást jelenti.) A hidegen sajtolt kötés és a zsugorkötés abban különbözik egymástól, hogy hidegsajtolásnál az elkenődést is figyelembe kell venni a számításnál! Ezért a minimális fedést ott meg kell növelnünk egy tapasztalati értékkel, hogy a szükséges gyártási fedést kapjuk. Míg zsugorkötésnél elég a minimális fedést létrehozni a $p_{szüks}$ palástnyomással. Ha a maximális feszültség szempontjából vizsgáljuk a két esetet, akkor a hidegsajtolásnál számításánál az elkenődés mértékével csökkenteni kell a nagyfedés értékét, a zsugorkötésnél pedig nem.

Táblázatosan összefoglalva a szükséges összefüggéseket:

	Hidegen sajtolt kötés	Hőfokkülönbséggel szerelt kötés
A minimálisan szükséges fedés	$f_{\min} = p_{szüks} \cdot d(k_1 + k_2)$	$f_{\min} = p_{szüks} \cdot d(k_1 + k_2)$
A gyártási fedés	$f_{gyártási} = f_{\min} + 2 \cdot 0,6(R_{1\max} + R_{2\max})$	-
A maximális fedés	$f_{\max} = NF - 2 \cdot 0,6(R_{1\max} + R_{2\max})$	$f_{\max} = NF$
A maximális palástnyomás	$p_{\max} = \frac{f_{\max}}{d(k_1 + k_2)}$	$p_{\max} = \frac{NF}{d(k_1 + k_2)}$
A maximális redukált feszültség	$\sigma_{red\max} = K_2 \cdot p_{\max}$	$\sigma_{red\max} = K_2 \cdot p_{\max}$

Ahol: $K_2 = \frac{a_2^2 + 1}{a_2^2 - 1} + 1$ és $a_2 = \frac{D}{d}$.

Az agyban keletkező maximális feszültség meghatározása hidegen sajtolt kötés esetén:

A maximális fedés (figyelembe véve az elkenődést):

$$f_{\max} = NF - 2 \cdot 0,6(R_{1\max} + R_{2\max}) = 86 - 2 \cdot 0,6(4 + 3) = 77,6 \mu\text{m} = 0,0776 \text{ mm}$$

A maximális palástnyomás:

$$p_{\max} = \frac{f_{\max}}{d(k_1 + k_2)} = \frac{0,0776}{50(3,5 \cdot 10^{-6} + 9,8 \cdot 10^{-6})} = 116,691 \text{ N/mm}^2$$

A maximális redukált feszültség:

$$a_2 = \frac{D}{d} = \frac{100}{50} = 2 \text{ és } K_2 = \frac{a_2^2 + 1}{a_2^2 - 1} + 1 = \frac{2^2 + 1}{2^2 - 1} + 1 = 2,666$$

$$\sigma_{red\max} = K_2 \cdot p_{\max} = 2,666 \cdot 116,691 = 311,17 \text{ N/mm}^2$$

Az agyban keletkező maximális feszültség meghatározása hőfokkülönbséggel szerelt kötés esetén:

A maximális fedés (figyelembe véve az elkenődést):

$$f_{\max} = NF = 86 \mu\text{m} = 0,086 \text{ mm}$$

A maximális palástnyomás:

$$p_{\max} = \frac{NF}{d(k_1 + k_2)} = \frac{0,086}{50(3,5 \cdot 10^{-6} + 9,8 \cdot 10^{-6})} = 129,322 \text{ N/mm}^2$$

A maximális redukált feszültség:

$$a_2 = \frac{D}{d} = \frac{100}{50} = 2 \text{ és } K_2 = \frac{a_2^2 + 1}{a_2^2 - 1} + 1 = \frac{2^2 + 1}{2^2 - 1} + 1 = 2,666$$

$$\sigma_{\text{red max}} = K_2 \cdot p_{\max} = 2,666 \cdot 129,322 = 344,859 \text{ N/mm}^2$$

c. A felsajtoláshoz szükséges erő meghatározása hidegsajtolás esetén:

$$F = \mu \cdot d \cdot \pi \cdot l \cdot p_{\max} = 0,15 \cdot 50 \cdot \pi \cdot 40 \cdot 116,691 = 109978,67 \text{ N}$$

$$p_{\max} \text{ számítását lásd } b \text{ pont szerint, } l = 0,8 \cdot d = 0,8 \cdot 50 = 40 \text{ mm}$$

d. Az illesztés ellenőrzése hidegen sajtolás és zsugorkötés esetén. A *b* pont szerint ki kell számolnunk a minimális fedés és a gyártási fedés értékét és ezt kell összehasonlítani a jelen példában adott illesztés kisfedés értékével. ($KF=0,045 \text{ mm}$) A minimális fedés meghatározásához szükségünk van a $p_{\text{szüks}}$ számítására is.

A kötés szükséges palástnyomása:

$$p_{\text{szüks}} = \frac{P \cdot \chi}{\pi^2 \cdot n \cdot \mu \cdot \frac{l}{d} \cdot d^3} = \frac{22000 \cdot 4}{\pi^2 \cdot \frac{715}{60} \cdot 0,15 \cdot 0,8 \cdot 0,05^3} = 49881198,11 \text{ N/m}^2 = 49,88 \text{ N/mm}^2$$

A minimális fedés:

$$f_{\min} = p_{\text{szüks}} \cdot d(k_1 + k_2) = 49,88 \cdot 50(3,5 \cdot 10^{-6} + 9,8 \cdot 10^{-6}) = 0,0331 \text{ mm} = 33,1 \mu\text{m}$$

A minimális gyártási fedés:

$$f_{\text{gyártási}} = f_{\min} + 2 \cdot 0,6(R_{1\max} + R_{2\max}) = 33,1 + 2 \cdot 0,6(4 + 3) = 41,5 \mu\text{m}$$

Mivel $KF=0,045 \text{ mm} = 45 \mu\text{m} > 33,1 \mu\text{m}$ (zsugorkötés) és $41,5 \mu\text{m}$ (hidegsajtolás) esetén számított minimális fedésnél, illetve minimális gyártási fedésnél is, ezért a kötés mindkét szerelési mód esetén megfelelő!