

Smith diagram kidolgozott mintapélda magyarázattal, eredményekkel:

Egy villanymotorral tengelykapcsolón keresztül egy fogaskerekes hajtóművet hajtunk meg. A hajtómű bemenő tengelyének tengelyvégét ellenőrizzük kifáradásra. A fogaskerekes hajtás során a tengelyt dinamikus hatások érik. A tengelyvégen a statikus feszültséghez, mint közép-feszültséghez (τ_m) képest feszültség ingadozás tapasztalható. (szinuszosan változó igénybevétel)

A Smith-diagramon bemutatva végig követjük a számítás menetét és a diagramból leolvasott értékek alapján meghatározzuk a biztonsági tényező értékét (n) és a kifáradási feszültség amplitúdóját (τ_{Da}).

Az adatok:

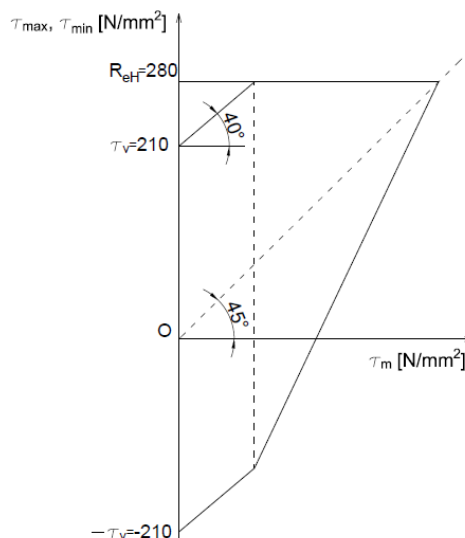
- a motor teljesítménye $P = 3 \text{ kW}$,
- a motor fordulatszáma $n = 1500 \text{ 1/min}$
- a tengely anyaga E360, a tengelyvéget előzetesen csavaró igénybevételre méretezve $d_{tl} = 16 \text{ mm}$ -t kapunk,
- a mérettényező $K_d = 0,9$,
- a felületi érdesség tényező $K_{Ra} = 0,9$,
- a dinamikai tényező $c_v = 1,78$,
- az alaktényező $K_{t\tau} = 2,7$,
- az érzékenységi tényező $q = 0,5$

A bemenő tengelyen számított csavarónyomaték:

$$T_{lt} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n_1} = \frac{3000 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 1500} = 19,1 \text{ Nm}.$$

A tengelyvéget előzetesen csavaró igénybevételre méretezve $d_{tl} = 16 \text{ mm}$ -t kapunk.

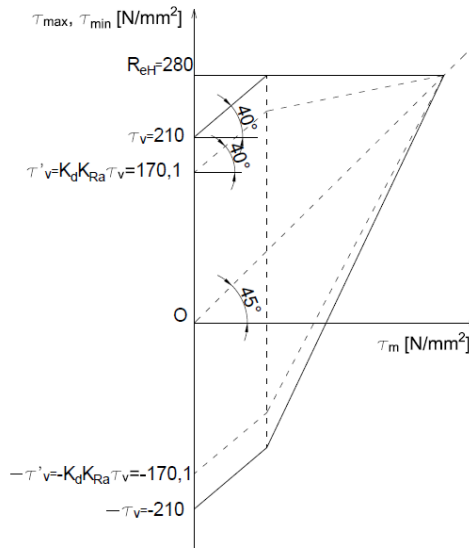
A kifáradásra történő ellenőrzéshez szükség van a tengely anyagának (E360) Smith-diagramjára. Amelyen látható a tiszta lengőfeszültség felső határa (τ_v). A határoló vonalak által meghatározott terület lényegében egy biztonsági területet, amely még nem veszi figyelembe a kifáradási határt befolyásoló tényezőket. (Lásd lenti ábra!)



Az E60 anyag Smith-diagramja

A fenti diagram szabványos próbatestre vonatkozik, de a kifáradási határt befolyásoló tényezők közül a mérettényezővel ($K_d=0,9$) és a felületi érdesség tényezővel ($K_{Ra}=0,9$) egy csökkentett biztonsági területet lehet meghatározni. (Lásd a lenti ábrán a szaggatott vonalakkal határolt részt!) $\tau'_v = K_d \cdot K_{Ra} \cdot \tau_v = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 170,1 \text{ N/mm}^2$

Ha meghatározzuk az alkatrészre ható terhelést és a lenti diagramban ábrázoljuk a terhelési pontokat, akkor azt mondhatjuk, hogyha ezek a pontok a szaggatott vonalon belülre esnek, akkor a biztonsági tényező legalább 1 lesz!



A Smith-diagram csökkentett biztonsági területtel

A terhelési pontok felvételéhez ki kell számítanunk a közép feszültséget, a maximális feszültséget és a feszültség amplitúdót. A csúsztató közép feszültség meghatározható:

$$\tau_m = \frac{T_{lt}}{K_p} = \frac{T_{lt} \cdot 16}{d_{t1}^3 \cdot \pi} = \frac{19,1 \cdot 16}{0,016^3 \cdot \pi} = 23,75 \text{ N/mm}^2$$

A maximális feszültség (τ_{max}) értékét a dinamikai tényező (c_v) segítségével határozhatjuk meg, ami a fogaskerék kerületi sebességével (v) van összefüggésben:

$$c_v = \sqrt[3]{v} = \sqrt[3]{5,61} = 1,78$$

$$\text{ahol: } v = d_1 \cdot \pi \cdot n_1 = 0,07143 \cdot \pi \cdot \frac{1500}{60} = 5,61 \text{ m/s} \quad (d_1=71,43 \text{ mm, a fogaskerék osztó körátmérője}).$$

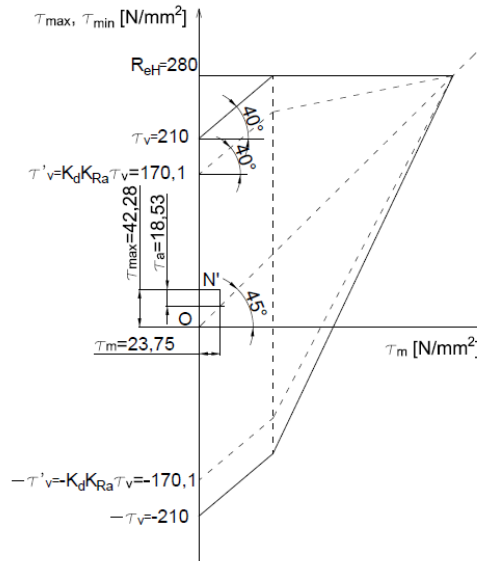
Így a maximális feszültség:

$$\tau_{max} = c_v \cdot \tau_m = 1,78 \cdot 23,75 = 42,28 \text{ N/mm}^2$$

A feszültség ingadozás amplitúdója (τ_a) a maximális- és a közép feszültség különbsége:

$$\tau_a = \tau_{max} - \tau_m = 42,28 - 23,75 = 18,53 \text{ N/mm}^2$$

A terhelési pontot a diagramon N' -vel jelöltük.



A Smith-diagram a terhelési ponttal

A kifáradási határt csökkentő tényezőt ($K_{f\tau}$) kísérlettel lehet meghatározni, ami függ az alaktényezőtől ($K_{t\tau}$) és az érzékenységi tényezőtől (q). Jelen példában a segédlet alapján $K_{t\tau}=2,7$ és $q=0,5$.

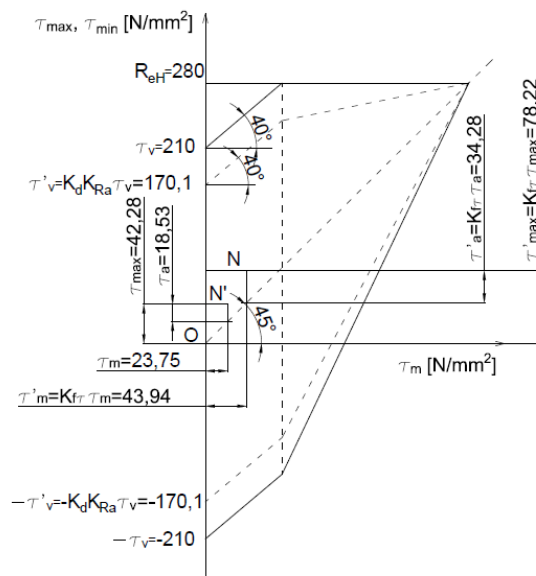
Így $K_{f\tau} = q \cdot (K_{t\tau} - 1) + 1 = 0,5 \cdot (2,7 - 1) + 1 = 1,85$

A módosított terhelési pont felvételéhez (N) a közép feszültséget, a maximális feszültséget és a feszültség amplitúdó értékét is meg kell szorozni a kifáradási határt csökkentő tényezővel (gátlástényezővel), ahogy a lenti ábrán is látható.

$$\tau'_m = K_{f\tau} \cdot \tau_m = 1,85 \cdot 23,75 = 43,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau'_{\max} = K_{f\tau} \cdot \tau_{\max} = 1,85 \cdot 42,28 = 78,22 \text{ N/mm}^2$$

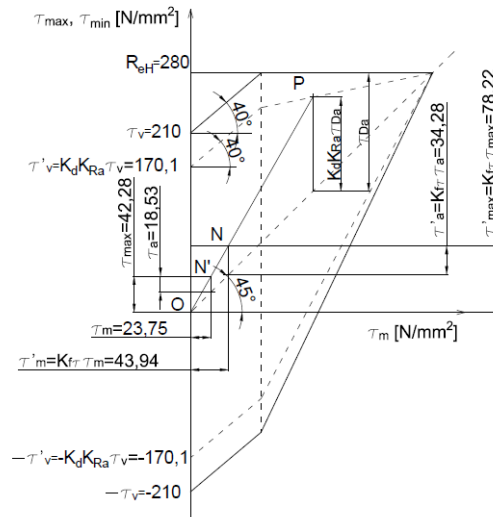
$$\tau'_a = K_{f\tau} \cdot \tau_a = 1,85 \cdot 18,53 = 34,28 \text{ N/mm}^2$$



A Smith-diagram a gátlástényezővel megnövelt terhelési ponttal

$$n = \frac{\overline{OP}}{\overline{ON}} = \frac{K_d \cdot K_{Ra} \cdot \tau_{Da}}{K_{f\tau} \cdot \tau_a}$$

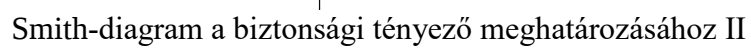
Megjegyzés: a τ_{Da} értékét nem ismerjük.



Mivel τ_{Da} -t konkrét értékét nem ismerjük, ezért jelen példában először az n biztonsági tényezőt határozzuk meg szerkesztéssel (a diagramból leolvasott értékek alapján). Majd a τ_{Da} -t kiszámítjuk.

$$K_d \cdot K_{Ra} \cdot \tau_{Da} = 110,36 \text{ N/mm}^2 \text{ és } \tau'_a = K_{fr} \cdot \tau_a = 1,85 \cdot 18,53 = 34,28 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Így: } n = \frac{110,36}{34,28} = 3,219 \Rightarrow \tau_{Da} = \frac{n \cdot K_{f\tau} \cdot \tau_a}{K_d \cdot K_{Ra}} = \frac{3,219 \cdot 1,85 \cdot 18,53}{0,9 \cdot 0,9} = 136,23 \text{ N/mm}^2 \text{ (Lásd lent!)}$$



Smith-diagram a biztonsági tényező meghatározásához II