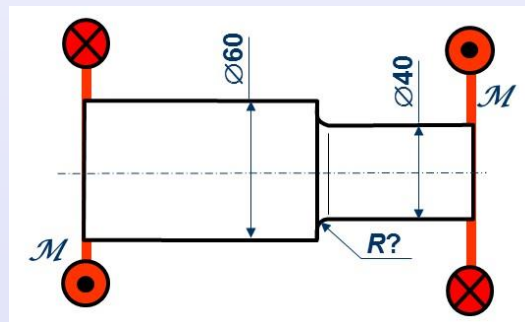


TUGEVUSÕPETUS

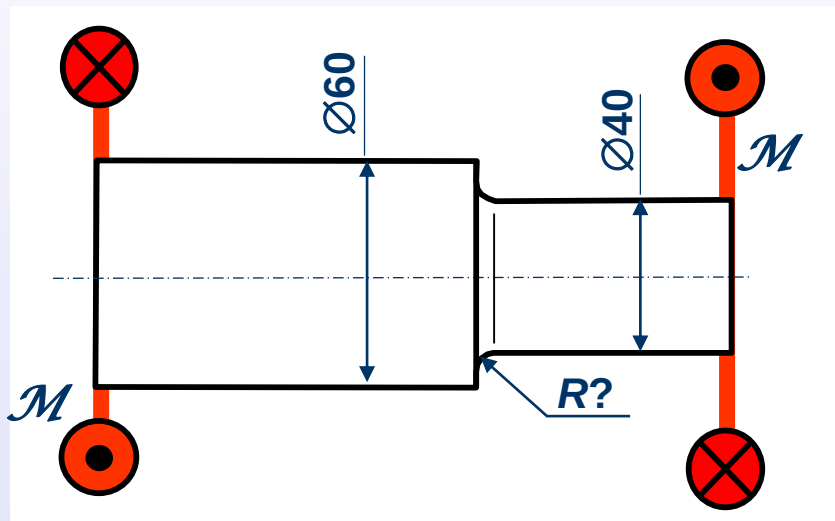
PINGEKONTSENTRATSIOON: Vääne



1. Ülesande püstitus ja algandmed

Astmega ümarvõll

Arvutada väänatud varda vähim võimalik üleminekuraadius R !



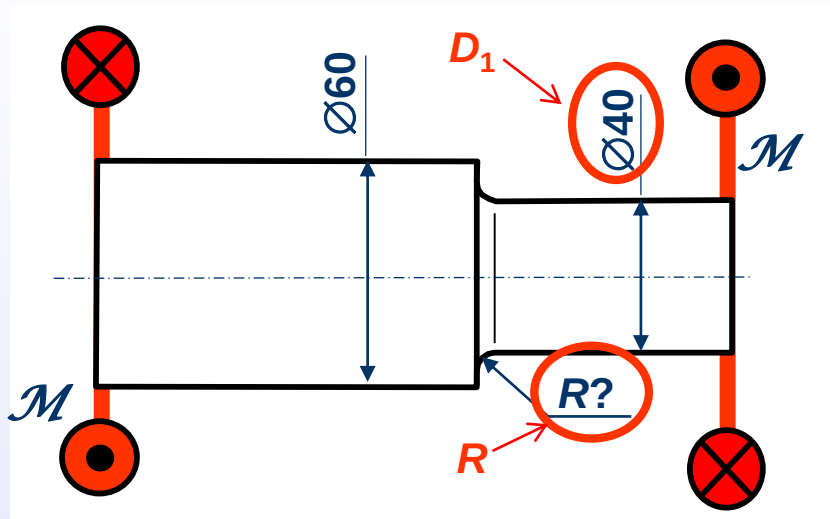
Arvestama peab detaili geomeetria muutustest tulenevat pingekontsentratsiooni

Väänav koormus: $\mathcal{M} = 1000 \text{ Nm}$
Materjali voolepiir tõmbel: $\sigma_y = 800 \text{ MPa}$
Nõutav varutegur: $[S] = 4$

2. Võlli astme pingekontsentratsioon

2.1. Lubatav pingekontsentratsioonitegur (1)

Ühtlaselt väänatud völli



Detail on ühtlaselt väänatud



Kõikide ristlõigete sisejõud

$$T = \mathcal{M} = 1000 \text{ Nm}$$

Astme tugevustingimus

$$\tau_{\max}^{(R)} = K \tau_{\max}^{(D1)} = K \frac{16T}{\pi D_1^3} \leq \frac{\tau_y}{[S]}$$

Materjali voolepiir
väändel

Nõutav varutegur

Astme vähim läbimõõt

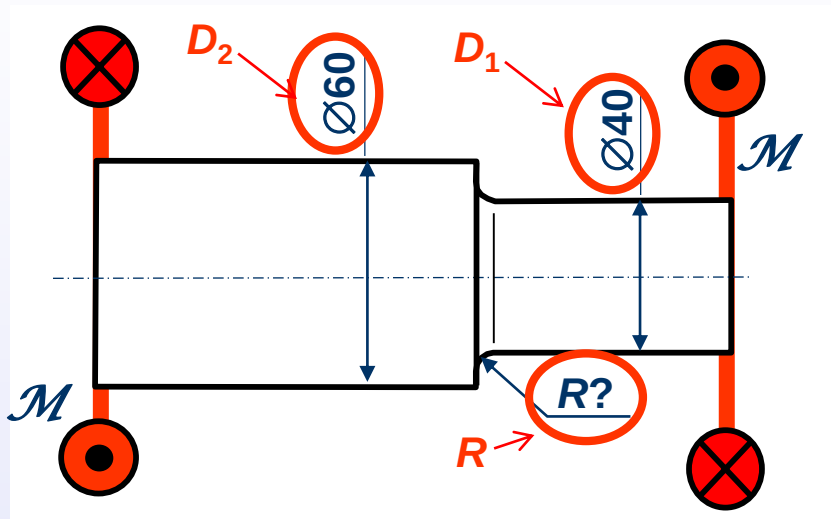
Astme kohalik pinge

Astme pingekontsentratsioonitegur väändel

Astme nimipinge

2.1. Lubatav pingekontsentratsioonitegur (2)

Ühtlaselt väänatud võll



Materjali voolepiir väändel

$$\tau_y = 0,56\sigma_y = 0,56 \cdot 800 = \underline{448 \text{ MPa}}$$

Empiiriline seos tõmbeja väände voolepiiride vahel

Astme tugevustingimus

$$K \frac{16T}{\pi D_1^3} \leq \frac{\tau_y}{[S]}$$



$$K \leq \frac{\tau_y \pi D_1^3}{16[S]T} = \frac{448 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,04^3}{16 \cdot 4 \cdot 1000} = 1,407 \approx \underline{1,41}$$

Üleminekuraadiuse R väärtuse valikul tuleb tagada, et pingekontsentratsiooniteguri väärtus ei ole suurem, kui $K = 1,41$

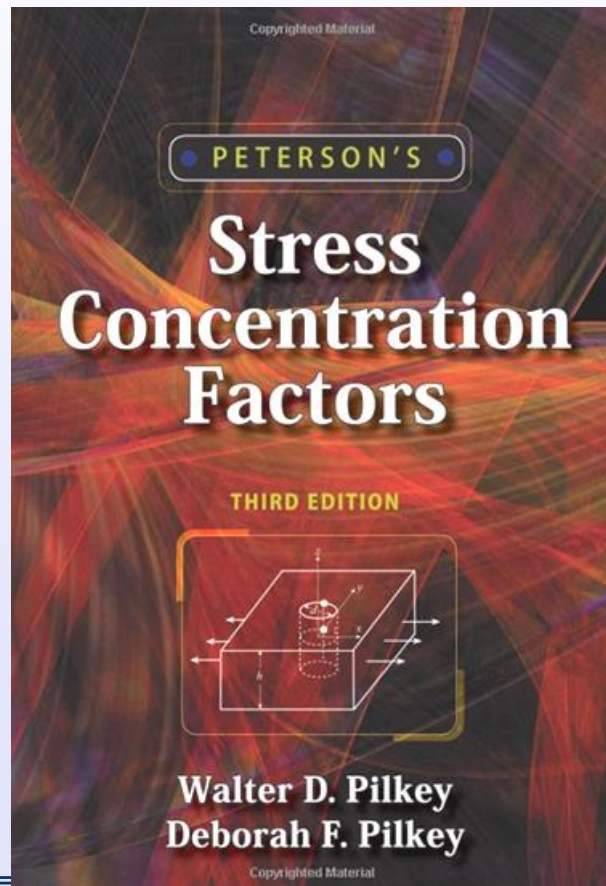
2.2. Astme pingekontsentratsioonitegur (1)

Pingekontsentratsioonitegurite
väärtused saadakse käsiraamatutest

Antud detaili kuju jaoks

Antud pingekontsetraatori kuju jaoks

Antud tööseisundi jaoks



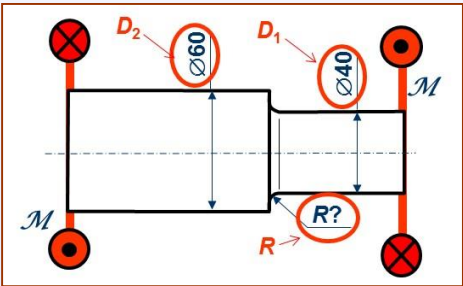
Title:	Peterson's Stress Concentration Factors (3rd Edition)
Publisher:	John Wiley & Sons
Copyright / Pub. Date:	© 2008
ISBN:	978-0-470-04824-5
Electronic ISBN:	978-1-60119-834-1
No. Pages:	541
Author/Editor:	By: Pilkey, Walter D.; Pilkey, Deborah F.
Knovel Release Date:	Jun 17, 2009
Knovel Subject Area(s):	Mechanics & Mechanical Engineering
Description:	Peterson's Stress Concentration Factors establishes and maintains a system of data classification for all of the applications of stress and strain analysis and expedites their synthesis into CAD applications. Substantially revised and completely updated, this book presents stress concentration factors both graphically and with formulas. 251 stress concentration and other important graphs in this title have been made interactive using Graph Digitizer.

2.2. Astme pingekontsentratsioonitegur (2)

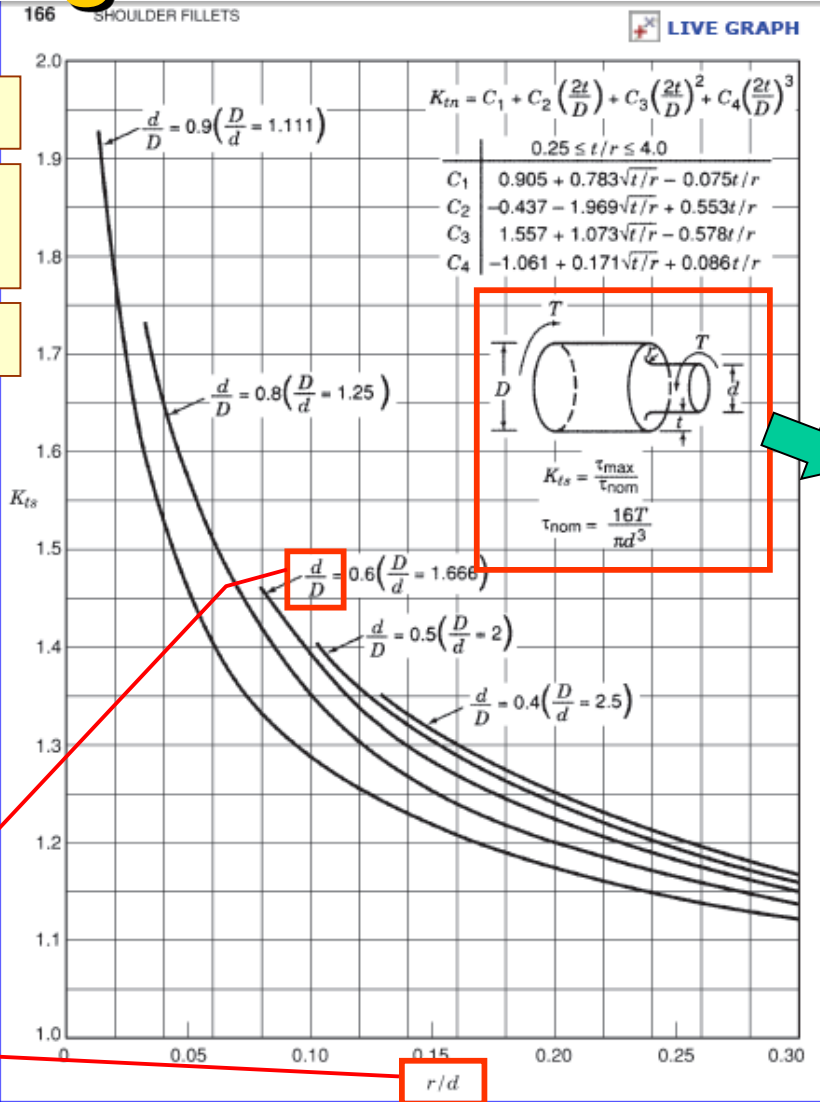
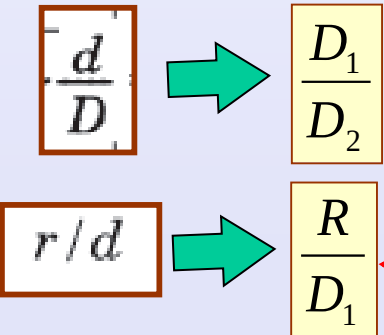
Detaili kuju = SILINDER

Pingekontsentratori kuju = ASTE

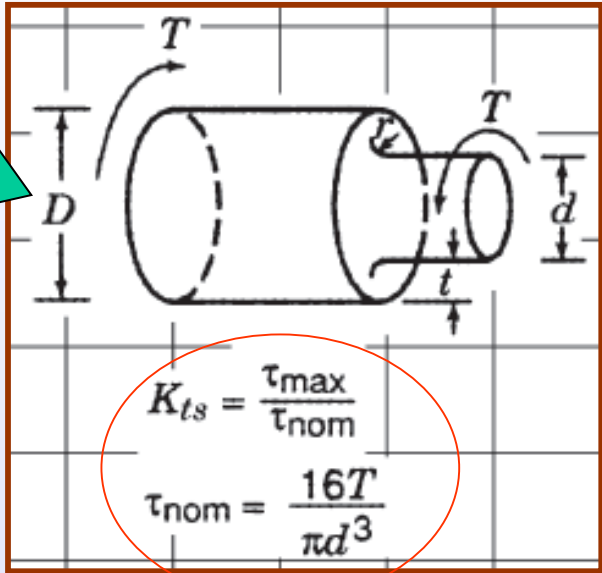
Tööseisund = VÄÄNE



Olulised muutujad



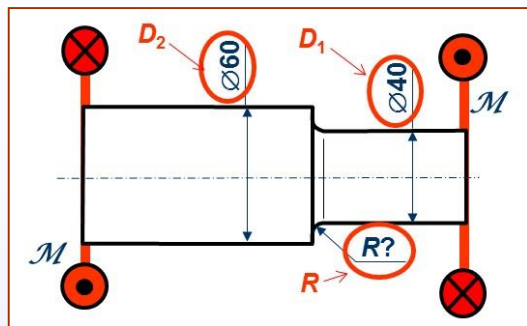
Astmega silindri vääne



Kontsentratsiooniteguri kasutamise viis

3. Tugevusarvutus

3.1. Vähim lubatav üleminekuraadius (1)



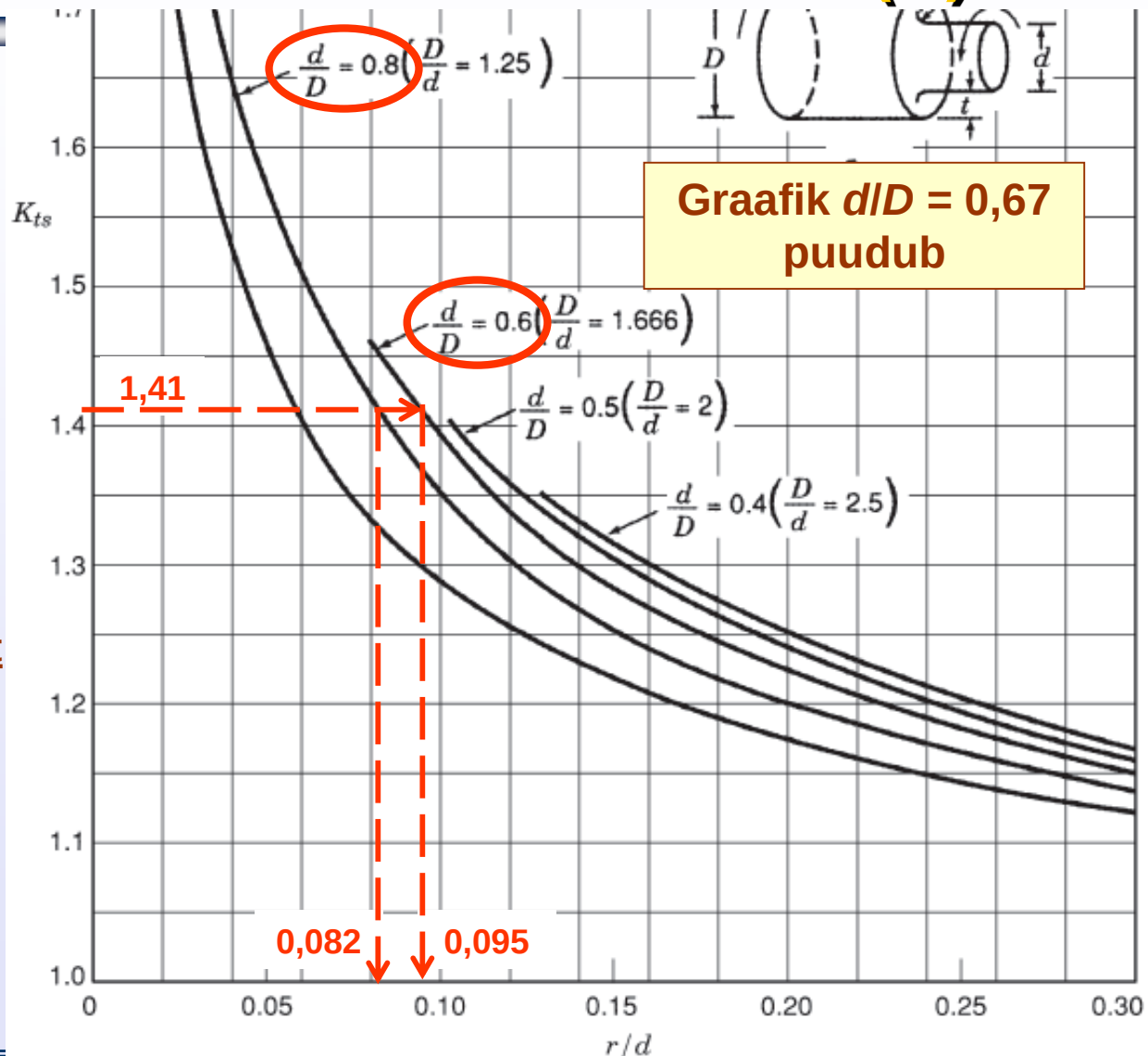
Oluline muutuja

$$\frac{d}{D} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{40}{60} = 0,666 \approx \underline{0,67}$$

Siin tuleb kasutada interpoleerimist

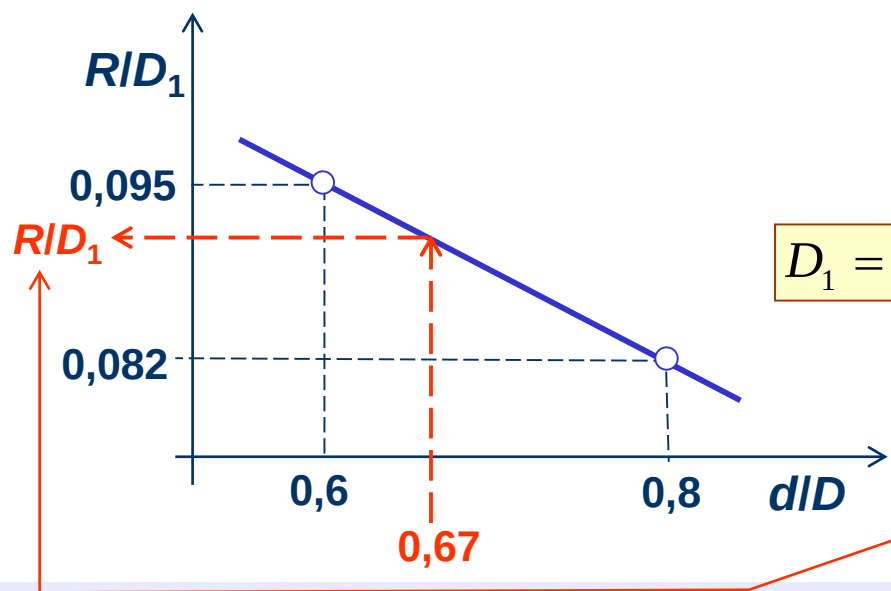
Kui $\frac{d}{D} = 0,8$, siis $\frac{R}{D_1} = 0,082$

Kui $\frac{d}{D} = 0,6$, siis $\frac{R}{D_1} = 0,095$

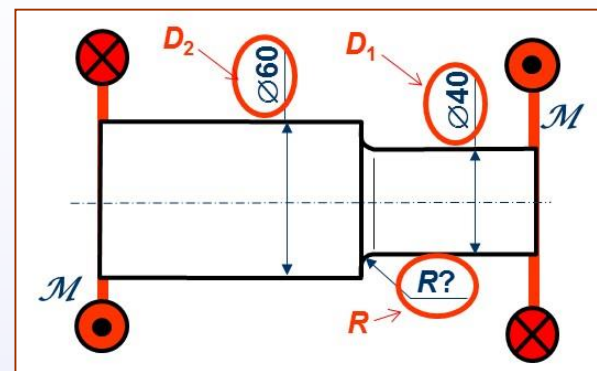


3.1. Vähim lubatav üleminekuraadius (2)

Lineaarse interpoleerimise skeem



$$D_1 = 40 \text{ mm}$$



Suhteline raadius

$$\begin{aligned} \frac{R}{D_1} &= 0,082 + \frac{0,8 - 0,67}{0,8 - 0,6} \cdot (0,095 - 0,082) = \\ &= 0,09045 \approx \underline{0,090} \end{aligned}$$

Üleminekuraadiuse vähim lubatav väärtus

$$R = 0,09D_1 = 0,09 \cdot 40 = \underline{3,6 \text{ mm}}$$

Mida järsem on geomeetria muutus, seda suurem on pingekontsentratsioon

3.2. Tugevuskontroll -- ühtlased lõigud

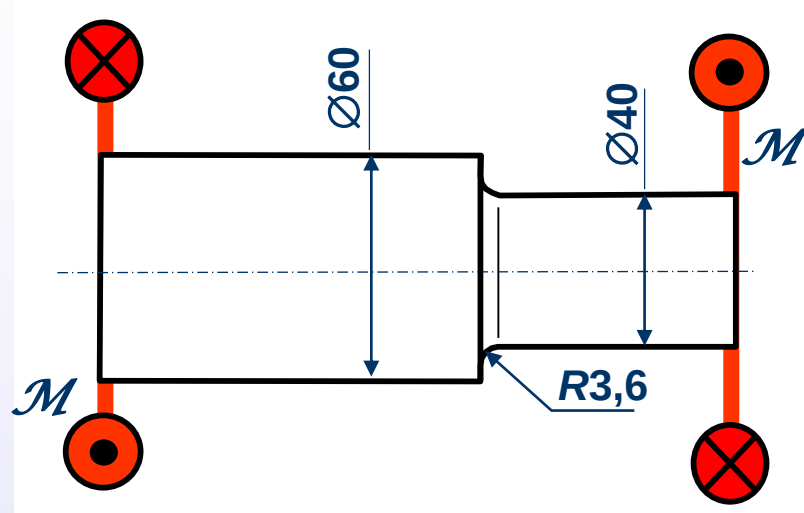
Peenema osa ristlõigete suurim väändepinge

$$\tau_{\max}^{(D1)} = \frac{16T}{\pi D_1^3} = \frac{16 \cdot 1000}{\pi \cdot 0,04^3} = 79,57 \cdot 10^6 \text{ Pa} \approx 80 \text{ MPa}$$



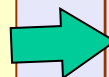
Tugevusvarutegur

$$S = \frac{\tau_y}{\tau_{\max}^{(D1)}} = \frac{448}{80} = \underline{5,6} > [S] = 4$$



Jämedama osa ristlõigete suurim väändepinge

$$\begin{aligned} \tau_{\max}^{(D2)} &= \frac{16T}{\pi D_2^3} = \frac{16 \cdot 1000}{\pi \cdot 0,06^3} = \\ &= 23,57 \cdot 10^6 \text{ Pa} \approx 24 \text{ MPa} \end{aligned}$$



$$S = \frac{\tau_y}{\tau_{\max}^{(D2)}} = \frac{448}{24} = 18,6 \approx \underline{18} > [S] = 4$$

Tugevusvarutegur

Ühtlase ristlõikega osade tugevus on tagatud

3.3. Tugevuskontroll -- aste (1)

Olulised muutujad

$$\frac{d}{D} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{40}{60} = 0,666 \approx \underline{0,67}$$

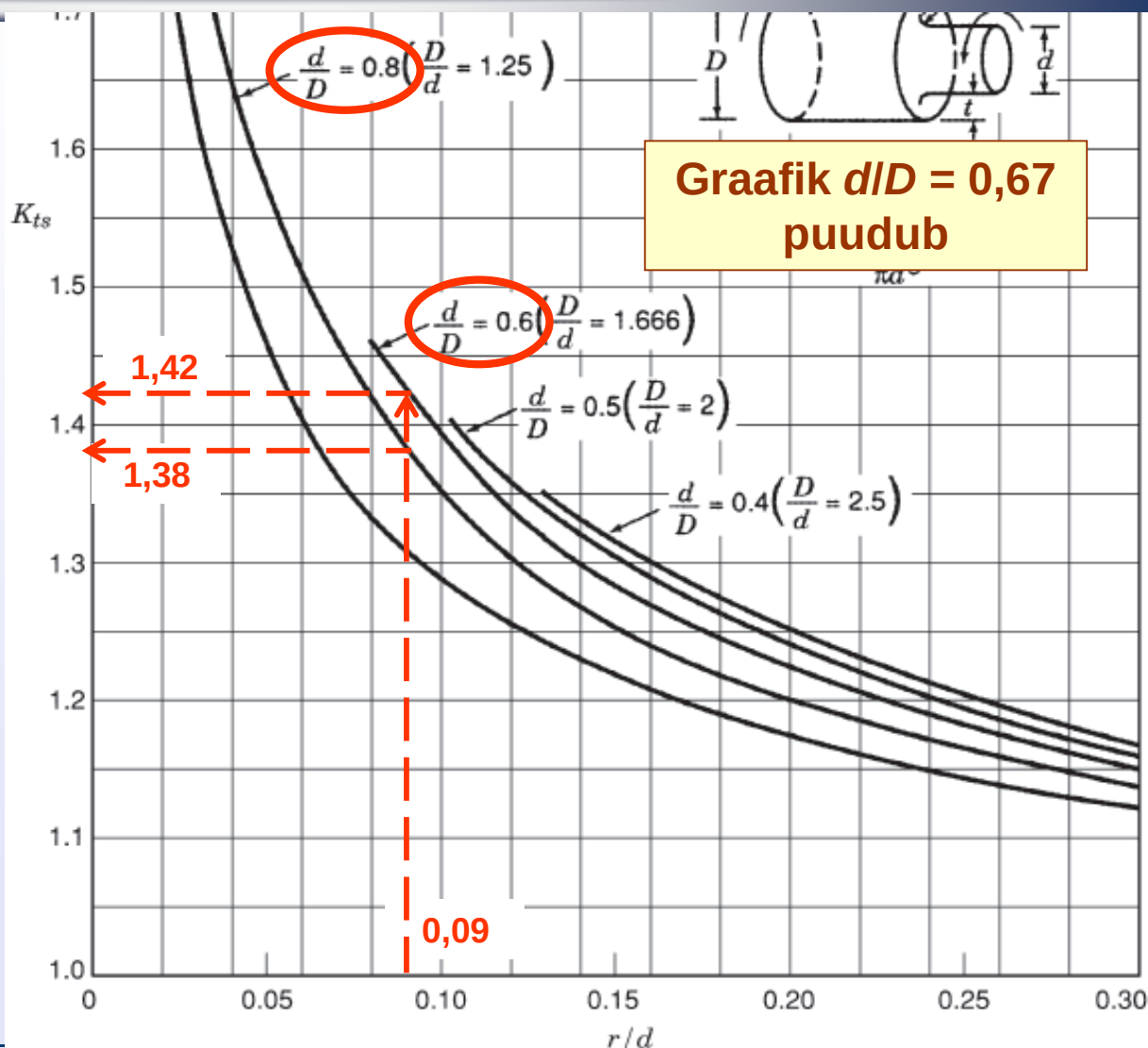
$$\frac{r}{d} = \frac{R}{D_1} = \frac{3,6}{40} = \underline{0,09}$$

Siin tuleb kasutada interpoleerimist

Pingekontsentratsioonitegurid

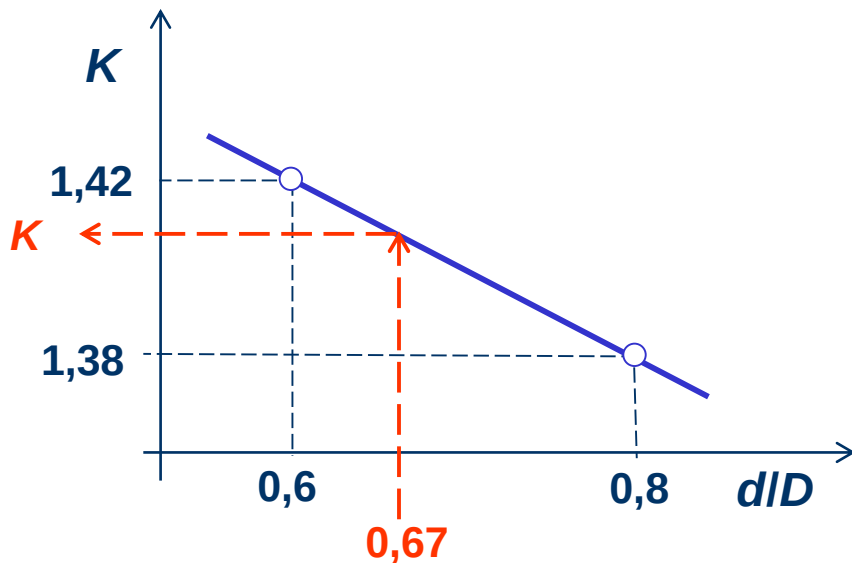
Kui $\frac{d}{D} = 0,8$, siis $K = 1,38$

Kui $\frac{d}{D} = 0,6$, siis $K = 1,42$



3.3. Tugevuskontroll -- aste (2)

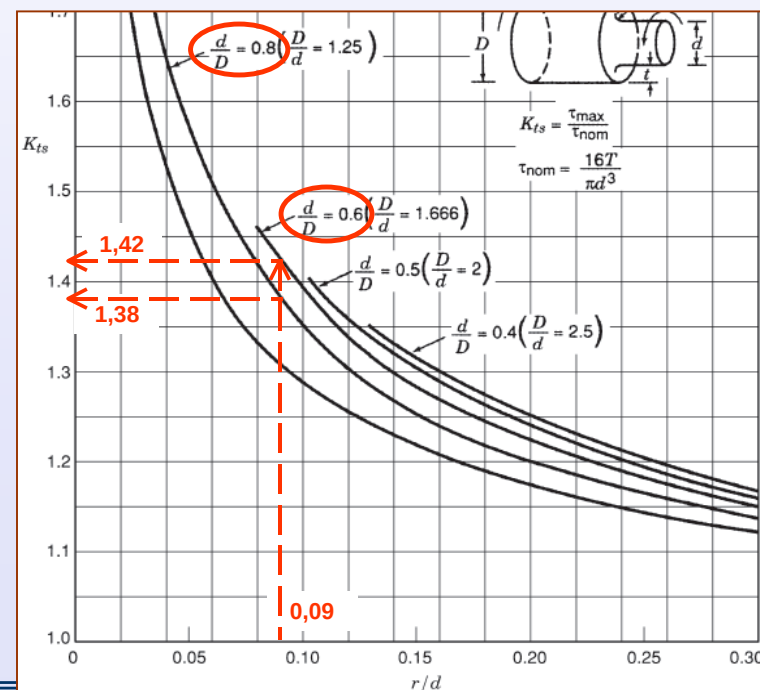
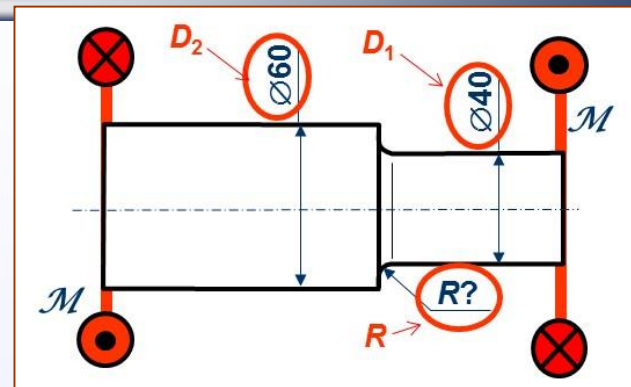
Lineaarse interpoleerimise skeem



Pingekontsentratsioonitegur

$$K = 1,38 + \frac{0,8 - 0,67}{0,8 - 0,6} \cdot (1,42 - 1,38) = 1,406 \approx \underline{1,41}$$

Silindrilisele astmele väändel



3.3. Tugevuskontroll -- aste (3)

Astme suurim kohalik väändepinge

$$\tau_{\max}^{(R)} = K \tau_{\max}^{(D1)} = 1,41 \cdot 80 = 112,8 \approx 113 \text{ MPa}$$



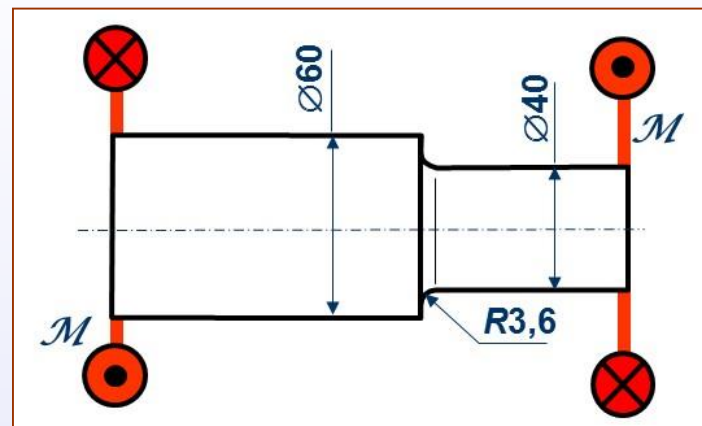
Tugevusvarutegur

$$S = \frac{\tau_y}{\tau_{\max}^{(R)}} = \frac{448}{113} = \underline{3,96 \approx 4} \leq [S] = 4$$

Astme tugevus on tagatud

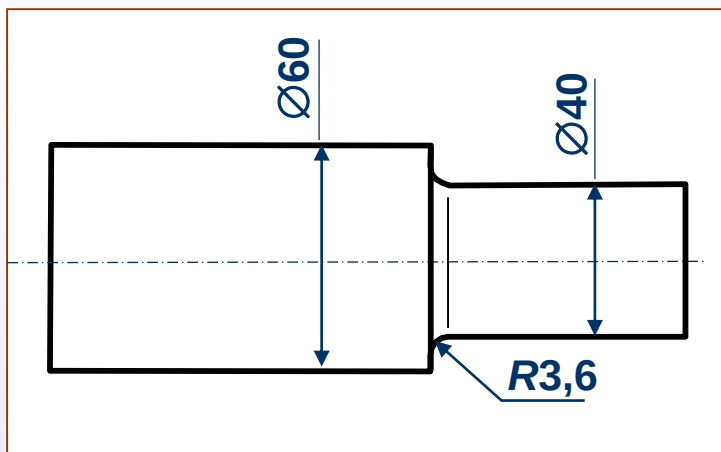


Tugevusvaru suurendamiseks tuleks raadiuse R väärtust suurendada

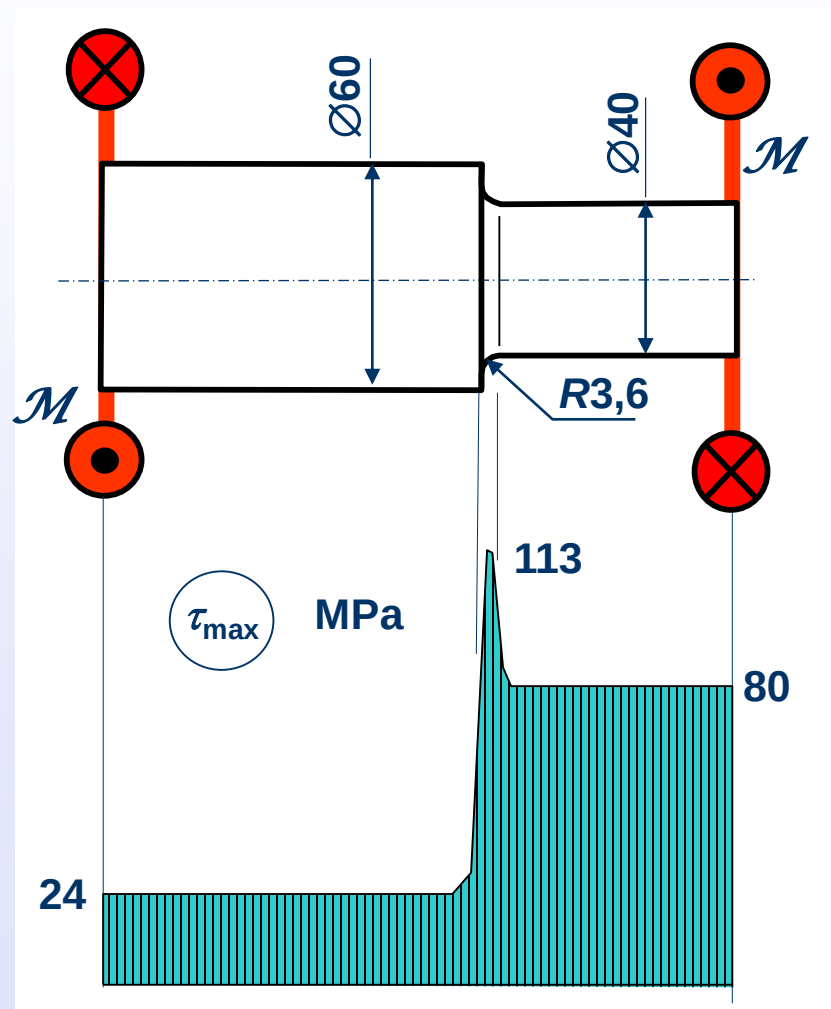


4. Tulemus

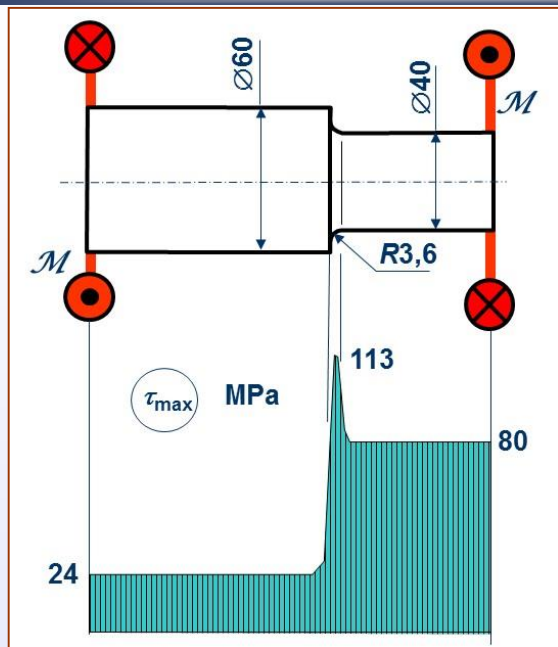
Astmega võll



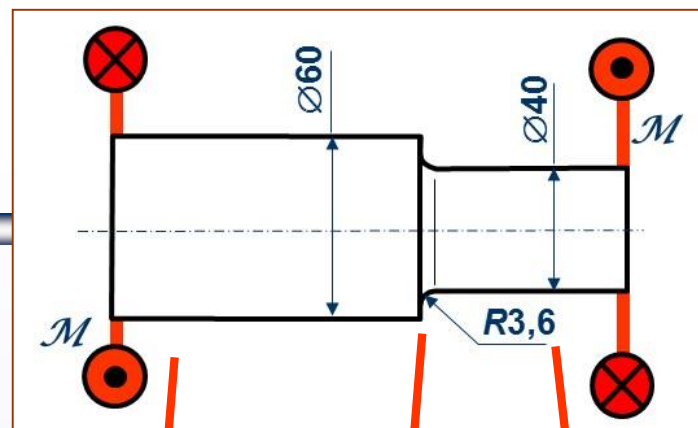
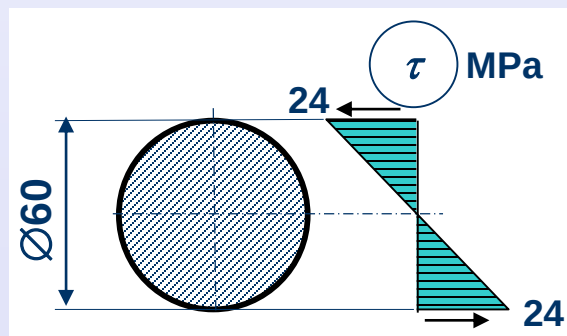
Astme vähim lubatud
üleminekuraadius on 3,6 mm



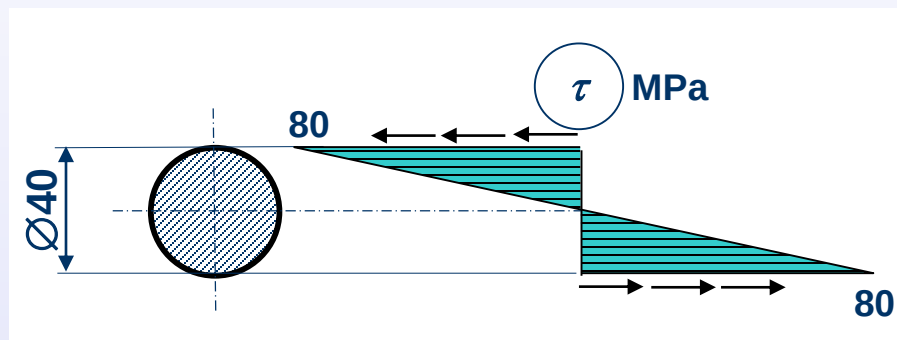
Ristlõigete pinged



Jämedama osa ristlõiked



Peenema osa ristlõiked



Astmega ristlõige

