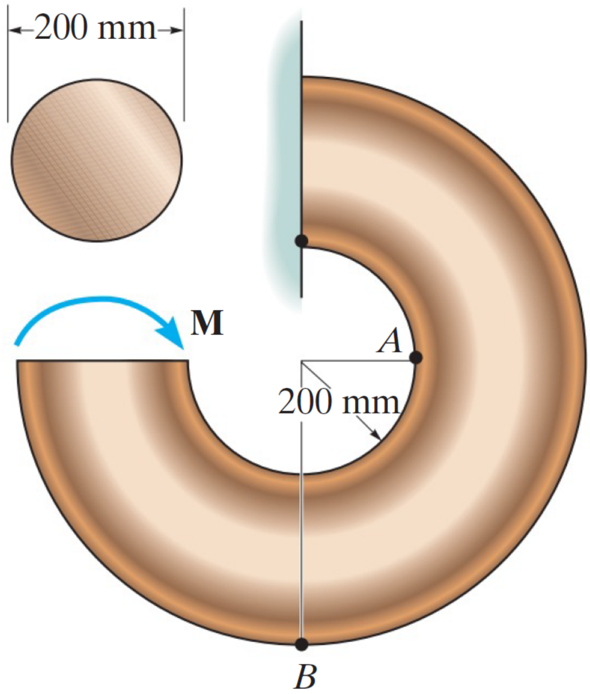
1 Példa 1.18

Az ábrán látható síkgörbe rudat nyomaték terheli a végkeresztmetszeten.

- Határozza meg a normálfeszültség értékét az A és B helyeken!
- Határozza meg a semleges tengely t sugár irányú távolságát a B ponttól!



1.1 Megoldás

Első lépésként importáljuk a szimbolikus számításhoz szükséges modult, és felvesszük a megadott adatokat.

In [2]:

```python
import sympy as sp

y = sp.symbols("y")

# Adatok
R = 300 #mm
h = 200 #mm
M = 5e6 #Nmm
d = h

R/h
```

executed in 582ms, finished 09:51:21 2020-02-25

Out[2]:

```
1.5
```

A megfelelő feszültségi elmélet kiválasztásához vizsgálnunk kell az R/h hányados értékét. Jelen esetben $R/h < 2$, így a Grashof-képletet használhatjuk, ahol az I_0 redukált másodrendű nyomatékot nem egyszerüsíthetjük a hajlítás tengelyére vett másodrendű nyomatékkal.

A redukált másodrendű nyomaték és a keresztmetszet területe a vizsgált helyen:

$$A = \frac{d^2\pi}{4}.$$

Táblázatból a kör km. redukált másodrendű nyomatéka:

$$I_0 = R^2 A x,$$

ahol

$$x \approx \frac{1}{4}\left(\frac{d}{2R}\right)^2 + \frac{1}{8}\left(\frac{d}{2R}\right)^4 + \frac{5}{64}\left(\frac{d}{2R}\right)^6 + \frac{7}{128}\left(\frac{d}{2R}\right)^8.$$

In [3]:

```
A = d**2*sp.pi/4
x = (d/(2*R))**2/4 + (d/(2*R))**4/8 + 5*(d/(2*R))**6/64 + 7*(d/(2*R))**8/128
I_0 = R**2*A*x

display(A.evalf(6)) #mm^2
display(I_0.evalf(8)) #mm^4
```

executed in 17ms, finished 09:51:21 2020-02-25

31415.9

83229715.0

A Grashof-képlettel meghatározhatóak a keresztmetszet pontjaiban a hajlítás hatására ébredő feszültségek:

$$\sigma_{\mathrm{h}}(y) = \frac{M_{\mathrm{h}}}{RA} + \frac{M_{\mathrm{h}}}{I_0} y \frac{R}{R+y}.$$

In [4]:

```
M_h = M # A hajlító nyomaték egyenelő a külső M nyomatékkal.

σ_h = M_h/(R*A) + M_h/I_0*y*R/(R+y)

σ_h.evalf(5)
```

executed in 484ms, finished 09:51:21 2020-02-25

Out[4]:

$$\frac{18.022y}{y + 300.0} + 0.53052$$

Az A és B pontokban normálfeszültség a hajlításból származik, aminek értéke:

In [5]:

```
σ_A = σ_h.subs(y, -d/2)
σ_B = σ_h.subs(y, d/2)

display(σ_A.evalf(5)) #MPa
display(σ_B.evalf(5)) #MPa
```

executed in 13ms, finished 09:51:21 2020-02-25

-8.4807

5.0361

A semleges tengelyben a hajlításból származó feszültség nulla, ami felírható a következő egyenlet formájában:

$$\sigma_{\mathrm{h}}(y^*) = \frac{M_{\mathrm{h}}}{RA} + \frac{M_{\mathrm{h}}}{I_0} y^* \frac{R}{R + y^*} = 0.$$

In [6]:

```
# Definiáljuk a nullára rendezett egyenletet, amit meg szeretnénk oldani.

# A 'σ_h' kifejezésünk -amit korábban definiáltunk- már tartalmazza az
# 'y' szimbolikus változót, amire megoldhatjuk az egyenletet!

egyenlet = σ_h

# Megoldjuk az egyenletet 'y*'-ra, és tároljuk a 'sol' változóban:
sol = sp.solve(egyenlet, y)
# Az eredményt egy 'list' objektumban kapjuk, aminek több eleme lenne, ha az eg

# 'y*' legyen egyenlő a 'sol' nevű list első elemével:
y_star = sol[0]

t = d/2 + abs(y_star)

t.evalf(5) #mm
```

executed in 79ms, finished 09:51:21 2020-02-25

Out[6]:

108.58

A semleges tengely távolsága a görbületi középponttól: $t = 108{,}58\,\mathrm{mm}$.

1.2 + Extra a kíváncsiaknak

A `list` osztály a Pythonban egy adatstruktúra amiben az elemek indexük szerint vannak sorba rendezbe. Néhány fontosabb tulajdonsága a `list` -eknek:

- Méretük dinamikusan növelhető, csökkenthető és a `list` elemei változtathatóak (mutable tulajdonság)
- A `list` elemei lehetnek bármilyen egyéb objektumok (`int` , `float` , `str` , `dict` stb...), akár egy `list` is lehet egy `list` eleme (nested lists).
- A `list` elemeire indexükkel hivatkozhatunk. Pythonban (és minden rendes nyelvben) az indexelés 0-tól indul.