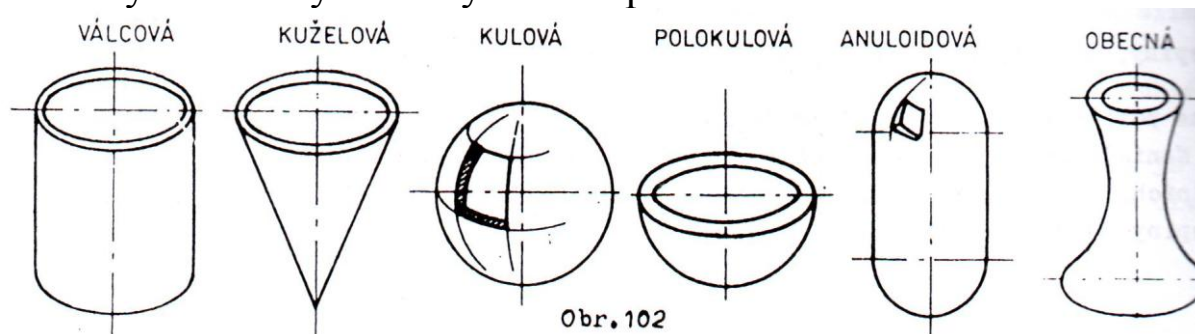


## Rotačně symetrická membránová skořepina

je tenkostěnné těleso, definované střednicovou plochou a tloušťkou podstatně menší než ostatní rozměry. Střednicová plocha vznikne rotací tvořící křivky (meridiánu) kolem osy, která se tím stane osou rotační symetrie skořepiny. Velmi často u nich nastává nelineární chování - borcení!

Příklady rotačně symetrických skořepin:



## **Membránová teorie skořepin**

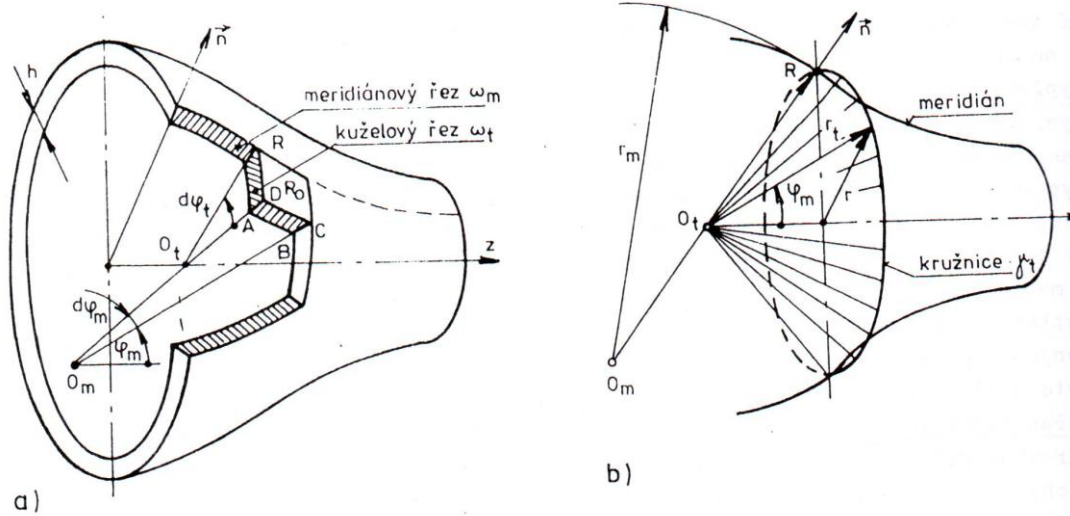
je založena na předpokladu, že skořepina přenáší jen membránové síly (v rovině, resp. tečné rovině skořepiny), které vyvolávají napětí rovnoměrně rozložená po tloušťce skořepiny (**napjatost** je dvouosá **membránová**).

Výhody: tuhost skořepiny v tahu je řádově vyšší než v ohybu.

Aby bylo tohoto stavu dosaženo, je nutný cílený konstrukční návrh, který musí splňovat tyto podmínky:

- 1) Zatížení kolmé k povrchu musí být spojitě nebo málo proměnné.
- 2) Vnější síly (včetně vazebných) musí mít směr tečny k povrchu.
- 3) Radiální deformace skořepiny nesmí být omezována.
- 4) Tloušťka stěny skořepiny se nesmí skokově měnit.
- 5) Střednicová plocha musí být hladká, bez skokových změn křivosti.

Typický prvek je dvojnásobně elementární, tvořený dvěma meridiánovými a dvěma kuželovými řezy.



$r_t$  - kuželový poloměr křivosti (křivost kuželového řezu, délka normály střednicové plochy po průsečík  $O_t$  s osou rotační symetrie)  
 $O_t$  - střed křivosti kuželového řezu (na ose rotační symetrie)

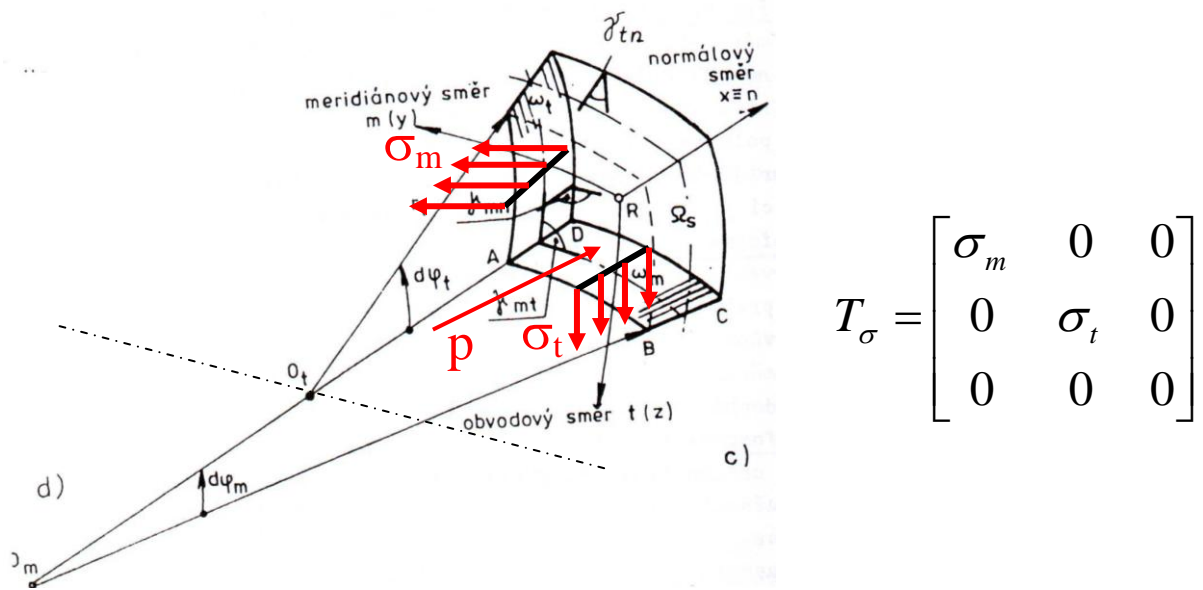
$$\frac{r}{r_t} = \sin \varphi_m$$

$\varphi_m$  - vrcholový úhel kuželového řezu

$r_m$  - meridiánový poloměr křivosti (křivost meridiánového řezu)  
 $O_m$  - střed křivosti meridiánového řezu (obvykle neleží na ose rotační symetrie)

Obvodový směr (tečna ke kružnici) a meridiánový směr (tečna k meridiánu) jsou dva **hlavní směry křivosti**.

## Uvolnění a rovnováha elementárního prvku skořepiny



Rovnice statické rovnováhy (silová) v normálovém směru dá po úpravě **Laplaceovu rovnici**

$$\frac{\sigma_t}{r_t} + \frac{\sigma_m}{r_m} = \frac{p}{h}$$

Druhou potřebnou rovnicí pro řešení neznámých složek napětí je **rovnice statické rovnováhy** konečného prvku skořepiny (odděleného jedním kuželovým řezem) v **axiálním směru**. Její obecný tvar lze zapsat následovně:

$$2\pi rh\sigma_m \sin \varphi_m - F_z + F_{rz} = 0$$

Konkrétní tvar této rovnice závisí na zatížení a uložení dané skořepiny. Výslednice vnějších sil v axiálním směru  $F_z$  zahrnuje:

- 1) tlakovou sílu na rovinu řezu
- 2) tíhu náplně skořepiny
- 3) vlastní tíhu prvku skořepiny (často oproti náplni zanedbatelná).

$F_{rz}$  je axiální složka reakcí ve vazbách prvku skořepiny.

Pozn.: Pokud nejsou všechny tíhové síly zanedbatelné, pak musí být osa skořepiny orientována svisle, aby nedošlo k porušení rotační symetrie zatížení skořepiny.

### Typická řešení:

1. Konstantní tlak  $p$  - hydraulický, podstatně větší než hydrostatický tlak i tíhové síly.
2. Hydrostatický tlak - lineárně proměnný ve svislém směru.

Typické tvary meridiánu:

- a) přímka → válec nebo kužel
- b) kružnice → koule

Radiální posuvy válce a koule (počítané z obvodového přetvoření) jsou vzájemně různé → omezení radiálních posuvů znamená porušení membránového stavu napjatosti při napojení obou skořepin.