

## Modelování ložisek s naklápěcími segmenty

Václav Houdek<sup>1</sup>

### 1 Úvod

Ložiska s naklápěcími segmenty mají oproti kluzným ložiskům s pevnou geometrií několik výhod. Hlavní výhodou je bezpochyby vyšší obvodová rychlost čepu hřídele. Ložiska s naklápěcími segmenty mohou pracovat při obvodových rychlostech přes 100 *m/s*. Zároveň mají vysokou tuhost i tlumení. Nevýhodou je jejich konstrukční složitost.

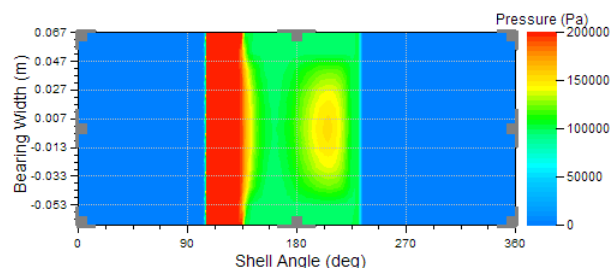
Mezi základní charakteristiky kluzných ložisek patří koeficienty vyjadřující tuhost a tlumení ložiska. Pro jejich výpočet bylo potřeba sestavit komplikované výpočetní modely. Většina dodnes užívaných výpočetních modelů je založena na rovnici sestavené v r. 1886 profesorem Osbournem Reynoldsem.

Tento příspěvek je proto soustředěn na vytvoření metodiky modelování těchto ložisek v multi-body softwaru.

### 2 Multi-body přístup

Matematický model ložiska byl vytvořen v multi-body softwaru AVL Excite. Tento program umožňuje propojit jednotlivá tělesa systému (čep hřídele, segment, ložiskové těleso) nelineárními vazbami (ložisková vazba, pružina, šroub atd.). Při zadání ložiskové vazby lze však uvažovat pouze ložiska s  $2\pi$  olejovým filmem, které nahradí klasické kluzné ložisko s pevnou geometrií. Jednotlivé segmenty mají kratší obvodový úhel (než  $2\pi$ ), a protože se mohou naklápět, je nutné olejový film na každém segmentu uvažovat jako samostatnou vazbu.

Tohoto lze dosáhnout pomocí tlakových okrajových podmínek maziva. Segment je vytvořen jako klasické kluzné ložisko s mazací drážkou, do které neproudí mazivo a která může zaujímat libovolnou výšeč v rámci ložiskové pánve. Obr. 1 znázorňuje tlakové okrajové podmínky na jedné  $2\pi$  vazbě, která nahrazuje vazbu mezi segmentem a čepem hřídele. Modře je vyznačena mazací drážka s nulovým tlakem maziva, červeně s tlakem 2 *bar* (skutečná mazací drážka), zelená část vyznačuje samotný segment.



### 3 Výsledky a porovnání

Nejdůležitějšími charakteristikami ložisek jsou tuhost a tlumení v jednotlivých směrech. Tento příspěvek je zaměřen na identifikaci tuhosti ložiska.

Obrázek 1: Tlakové pole

<sup>1</sup> student bakalářského studijního programu Počítačové modelování v technice, obor Počítačové modelování, e-mail: vaclavh@rek.zcu.cz

Pro zjištění všech čtyř koeficientů tuhosti ( $k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$ ) byly vytvořeny tři typy zátěžných stavů. V prvním byla simulována odezva ložiska na nominální zatížení  $42\,570\text{ N}$ . Ve druhém stavu byla připojena síla  $\Delta F_y = 1\text{ N}$ , která způsobila vychýlení čepu z rovnovážné polohy o  $\Delta_{yy}$  v směru osy  $y$  a o  $\Delta_{yz}$  ve směru osy  $z$ , a ve třetím stavu byla připojena síla  $\Delta F_z = 1\text{ N}$ , která způsobila vychýlení čepu z rovnovážné polohy o  $\Delta_{zz}$  ve směru osy  $z$  a o  $\Delta_{zy}$  ve směru osy  $y$ . Z tohoto byly zjištěny čtyři výchylky čepu hřídele od nominálního stavu  $d_{yy}$ ,  $d_{yz}$ ,  $d_{zy}$  a  $d_{zz}$ , první index značí směr síly druhý směr výchylky.

Koeficienty tuhosti byly zjištěny z této soustavy rovnic

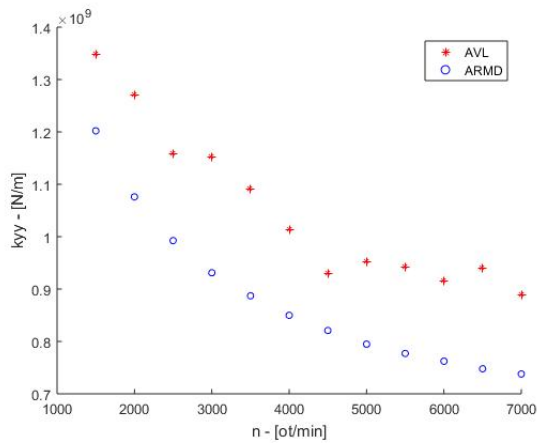
$$\Delta F_y = 1 = k_{yy} \cdot d_{yy} + k_{yz} \cdot d_{yz}, \quad (1)$$

$$0 = k_{zy} \cdot d_{yy} + k_{zz} \cdot d_{yz}, \quad (2)$$

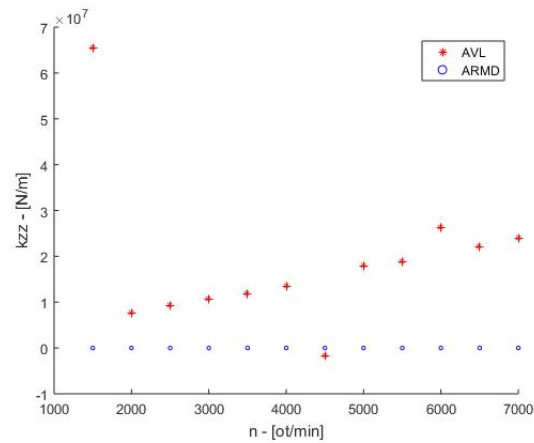
$$0 = k_{yy} \cdot d_{zy} + k_{yz} \cdot d_{zz}, \quad (3)$$

$$\Delta F_y = 1 = k_{zy} \cdot d_{zy} + k_{zz} \cdot d_{zz}. \quad (4)$$

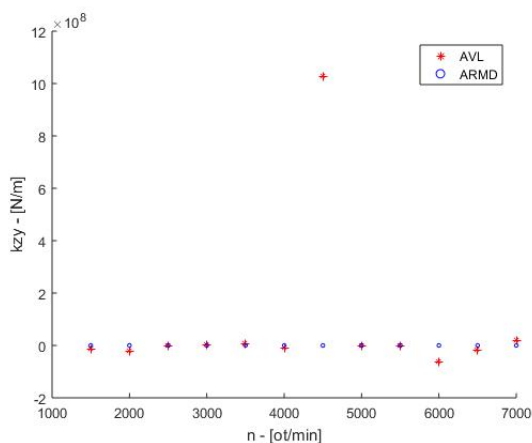
Odezva modelu byla simulována při rychlostech od  $1500\text{ ot/min}$  do  $7000\text{ ot/min}$  s krokem  $500\text{ ot/min}$  a porovnána s modelem vytvořeným v programu ARMD (obr. 2, 3, 4 a 5).



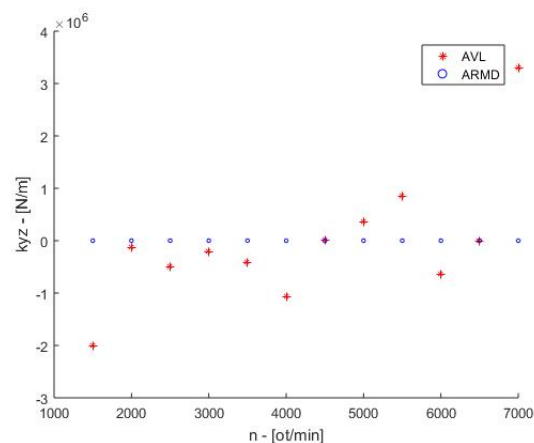
Obrázek 2: Tuhostní koeficient  $k_{yy}$



Obrázek 3: Tuhostní koeficient  $k_{zz}$



Obrázek 4: Tuhostní koeficient  $k_{zy}$



Obrázek 5: Tuhostní koeficient  $k_{yz}$

## Literatura

Stachowiak, G.W., a Batchelor, A.W. (2014) *Engineering tribology*. Oxford, Elsevier/Butterworth-Heinemann.