

# 30. Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky



22.-24.6. 2011

Špindlerův Mlýn

*Jednotlivý příspěvek ze sborníku*



**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

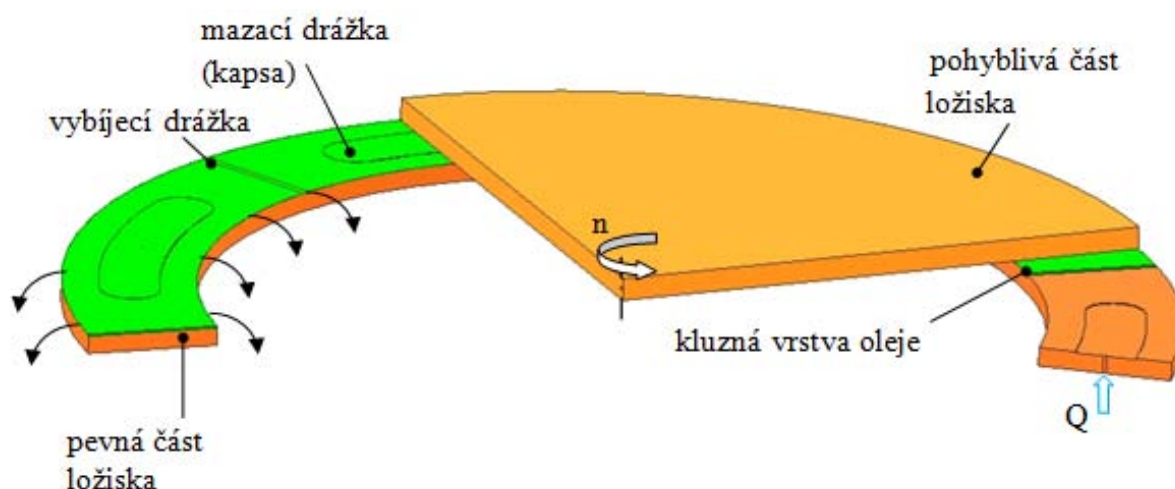
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Vyšetřování proudění v axiálním hydrostatickém ložisku

Michal KOZDERA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ing. Michal Kozdera, VŠB - TU Ostrava, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava, michal.kozdera@vsb.cz

**Abstrakt:** V příspěvku se budu zabývat prouděním minerálního oleje v úzké mezeře axiálního hydrostatického ložiska. Tyto ložiska vytvářejí nosnou vrstvu oleje mezi dvěma klznými plochami, kde vznikne kapalně tření. Velikost mazacího filmu se pohybuje v rozmezí od 0,05 do 0,15 mm. Pro numerickou simulaci proudění metodou konečných objemů jsem použil CFD program Ansys Fluent.



Obrázek 1: Schéma axiálního hydrostatického ložiska

## 1. Úvod

Axiální hydrostatická ložiska patří mezi klzná ložiska. Jejich výhodou je vysoká únosnost, jsou vhodné pro všechny obvodové rychlosti. Změna otáček nemá podstatný vliv na únosnost ložiska. Na rozdíl od ložisek mazaných hydrodynamicky se můžou otáčky blížit nulové hodnotě při zachování stejných vlastností. Provozní teplota ložiska závisí na zvoleném typu maziva, a může přesahovat až 200°C. Mají velmi malý třecí odpor, neboť je mezi třecí dvojicí kapalně tření. Axiální hydrostatická ložiska mají nekonečnou trvanlivost, která se odvíjí od spolehlivosti externího zdroje tlaku.

Jejich nevýhodou je velmi malá schopnost tlumit vibrace. Jejich výroba a provoz je náročnější než v případě hydrodynamických ložisek.

## 2. Axiální hydrostatické ložisko

Axiální hydrostatické ložisko (Obrázek 1) je tvořeno dvěma klznými plochami. Ve spodní pevné části ložiska jsou vytvořeny mazací drážky (kapsy) a vybíjecí drážky. Vybíjecí drážky oddělují mazací drážky, aby se navzájem neovlivňovaly.

Kapalina je přiváděna pomocí hydraulického agregátu. Pro experiment byly zvoleny základní technické parametry:

- ❖ objemový průtok  $Q_v = 50 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ ,
- ❖ pracovní tlak  $p = 4,5 \text{ MPa}$ .

Součástí hydraulického agregátu je ohřívací a chladicí jednotka. Při rozběhu axiálního hydrostatického ložiska se používá ohřívací jednotka, která zahřeje minerální olej na pracovní teplotu. Při chodu axiálního hydrostatického ložiska se používá chladicí

zařízení, které udržuje kapalinu na konstantní pracovní teplotě 24°C až 28°C.

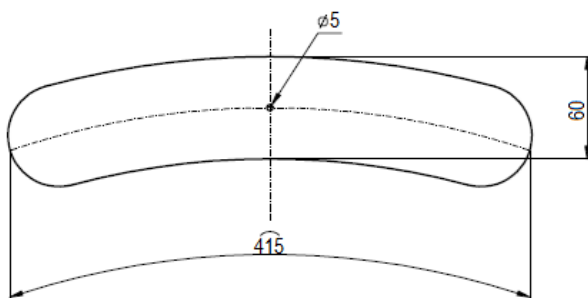
Používá se minerální olej pro vysoce namáhané hydrostatické mechanismy. Obsahuje přísady proti oxidaci, opotřebení, pění a zvýšení viskózního indexu. Klasifikace podle ISO 6743: HV 46

- ❖ hustota  $\rho = 874 \text{ kg.m}^{-3}$
- ❖ viskózní index 170
- ❖ bod vzplanutí 220°C
- ❖ bod tuhnutí -36°C

Z hydraulického agregátu je olej veden přes rozvodný blok, kde je kapalina pomocí škrťacích ventilů se stabilizací tlakového spádu rovnoměrně rozdělena do jednotlivých kapes v axiálním hydrostatickém ložisku.

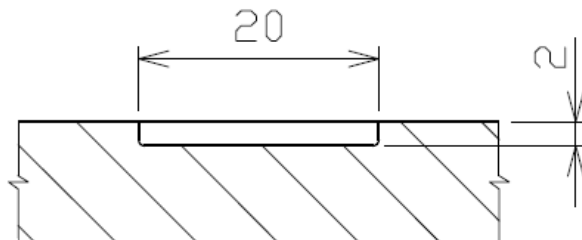
V pevné části ložiska jsou otvory, kterými je tlaková kapalina přiváděna do mazacích drážek. Zde se minerální olej rovnoměrně rozlije a začíná působit hydrostatický tlak na horní pohyblivou desku. Po nadzvednutí desky do předepsané výšky se může axiální hydrostatické ložisko začít otáčet.

Mezi dvěma kluznými plochami se vytvoří kapalně tření. Tloušťka mazacího filmu se pohybuje v rozmezí od 0,05 mm do 0,15 mm. Základní podmínkou funkčnosti axiálního hydrostatického ložiska je vytvoření mazacího filmu, který překryje všechny mikronerovnosti a makronerovnosti. Tyto odchylky tvaru vznikají během výrobního procesu.



Obrázek 2: Detail mazací drážky (kapsy)

Pevná část ložiska má vnitřní průměr 1100 mm a vnější průměr 1450 mm. Axiální hydrostatické ložisko má 6 mazacích drážek (Obrázek 2), které jsou odděleny vybíjecími drážkami (Obrázek 3).



Obrázek 3: Detail vybíjecí drážky

### 3. Matematický model axiálního hydrostatického ložiska

Při řešení proudění v úzké mezeře axiálního hydrostatického ložiska vycházím z předpokladu spojitého, izotropního prostředí. Proudění kapaliny je spojeno s řešením problému, který je definován jako:

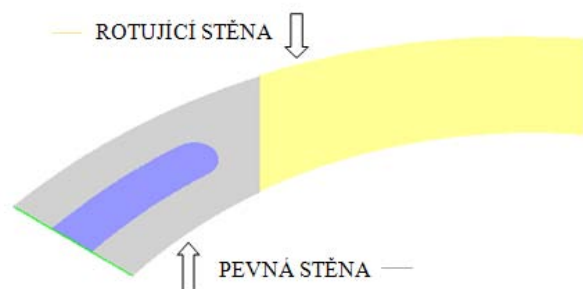
- ❖ trojrozměrné proudění,
- ❖ laminární proudění (kapalina se pohybuje ve velmi tenkých vrstvách),
- ❖ nestlačitelné proudění ( $\rho = \text{konst.}$ ),
- ❖ izotermní proudění ( $T = \text{konst.}$ ),
- ❖ stacionární proudění ( $\frac{\partial}{\partial t} = 0$ ),
- ❖ proudění bez uvažování přenosu příměsí.



Obrázek 4: Okrajové podmínky

Pro numerickou simulaci proudění metodou konečných objemů použiji CFD program Ansys Fluent.

Jelikož je geometrie periodická mohu použít pro zjednodušení  $\frac{1}{6}$  objemu. Okrajové podmínky volím tak, jak je znázorněno na obrázku 4 a 5. Na vstupu do ložiska volím podmínku rychlosti (průtoku) a obecný výstup při nulovém gradientu. Pro opakující se geometrii je použita rotační periodická okrajová podmínka. Dolní stěna je nastavená jako pevná a horní stěna jako rotující, na které mohu definovat velikost otáček.



Obrázek 5: Okrajové podmínky

#### 4. Aplikace matematického modelu na axiální hydrostatické ložisko

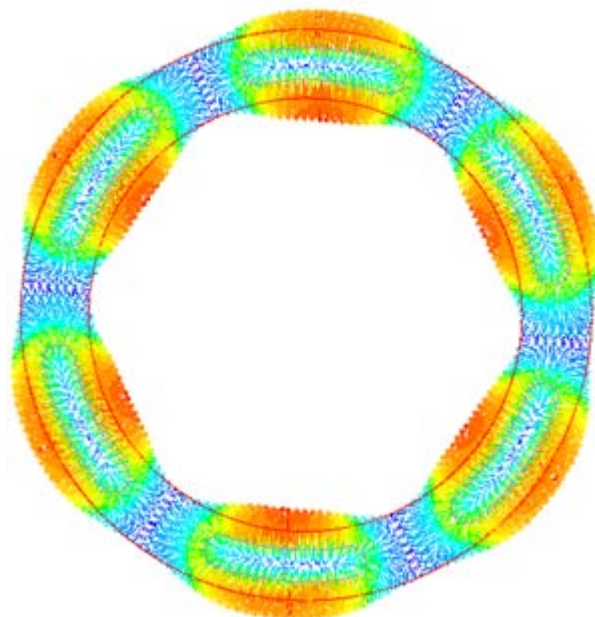
Vyhodnocení bylo provedeno pro tloušťku fluidní vrstvy 0,13 mm. Byla určena únosnost ložiska a velikost statického tlaku:

- ❖ únosnost ložiska 219 230 N,
- ❖ střední statický tlak 4,47 MPa,
- ❖ maximální statický tlak 5,41 MPa.

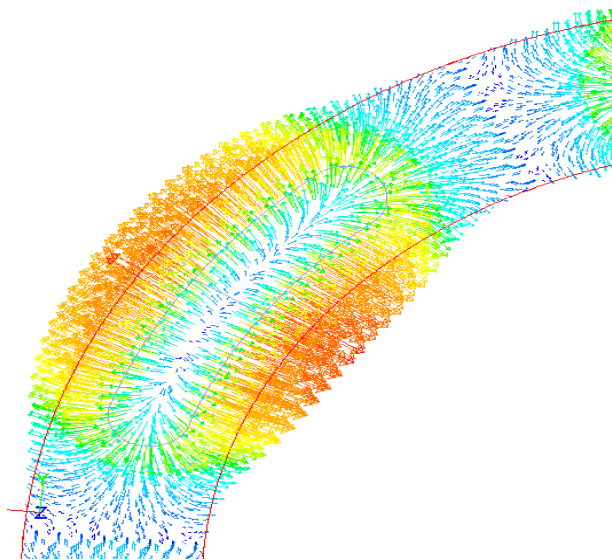
S klesající tloušťkou fluidní vrstvy výrazně roste únosnost ložiska i statický tlak. A naopak s rostoucí tloušťkou klesá únosnost ložiska.

Pro vyhodnocení grafických výstupů byla vytvořena vyhodnocovací rovina, která se nachází v polovině tloušťky mezery. Na obrázku 6 a 7 je zobrazena velikost vektorů rychlosti v axiálním hydrostatickém ložisku. Minerální olej je přiveden ke vstupu do ložiska, kde se rovnoměrně rozleje v mazací drážce a

posléze po celém ložisku. Kapalina může proudit všemi směry, přičemž si vybírá cestu nejmenšího odporu.



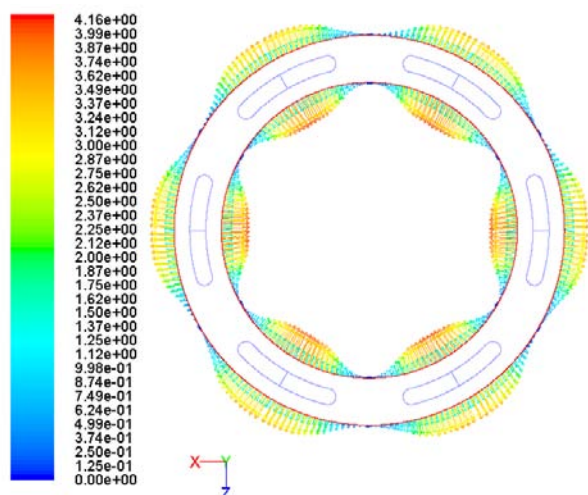
Obrázek 6: Zobrazení velikosti vektorů rychlosti v axiálním hydrostatickém ložisku, maximální velikost rychlosti 4,16 m.s<sup>-1</sup>



Obrázek 7: Detail zobrazení velikosti vektorů rychlosti v axiálním hydrostatickém ložisku, maximální velikost rychlosti 4,16 m.s<sup>-1</sup>

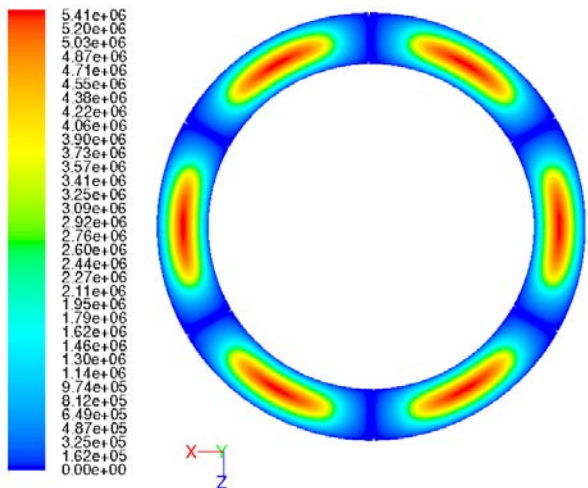
Zobrazení rychlostního pole ve vyhodnocovací rovině na výstupu z axiálního hydrostatického ložiska je znázorněno na obrázku 8. Maximální velikost rychlosti se nachází v oblasti mazací drážky na výstupu z ložiska (znázorněno červeně), rovnoměrně klesá směrem k vybíjecí drážce. Zde se velikost rychlosti přibližuje nulové hodnotě (znázorněno modře).





Obrázek 8: Zobrazení rychlostního pole na výstupu v axiálním hydrostatickém ložisku

Na obrázku 9 je zobrazeno tlakové pole ve vyhodnocovací rovině v axiálním hydrostatickém ložisku pro tloušťku mezery 0,13 mm. Maximální velikost statického tlaku se nachází na vstupu do ložiska (znázorněno červeně). Statický tlak postupně klesá až k vybíjecí drážce, kde se blíží nulové hodnotě (znázorněno modře).



Obrázek 9: Tlakové pole ve vyhodnocovací rovině v axiálním hydrostatickém ložisku

Všechny mazací drážky mají stejné rozložení tlakového i rychlostního pole, neboť jsou odděleny vybíjecími drážkami.

U této konstrukční varianty axiálního hydrostatického ložiska byly na rotující desce definovány konstantní otáčky  $40 \text{ min}^{-1}$ . Otáčky se však mohou libovolně měnit. Při snížení otáček na  $20 \text{ min}^{-1}$  nedojde ke změně únosnosti ložiska ani tlakových poměrů. Z toho vyplývá, že změna otáček nemá podstatný vliv na funkci ložiska.

Na projekční úpravy axiálního hydrostatického ložiska by mohly navázat např. výzkumy počtu mazacích kapes a jejich tvarů, nebo změn rozměrů průřezu vybíjecí drážky.

## 5. Literatura

- [1] BEČKA J.: TRIBOLOGIE, PRAHA, 1997
- [2] BLÁHA J., BRADA K.: HYDRAULICKÉ STROJE, PRAHA, 1992
- [3] BLÁŠKOVIC P., BALLA J., DZIMKO M.: TRIBOLÓGIA, BRATISLAVA, 1990
- [4] BOJKO M.: NÁVODY DO CVIČENÍ „MODELOVÁNÍ PROUDĚNÍ“ – FLUENT, OSTRAVA, VŠB – TU OSTRAVA, 2008
- [5] DRÁBKOVÁ S.: MECHANIKA TEKUTIN, OSTRAVA, VŠB – TU OSTRAVA, 2007
- [6] KOZDERA M.: PROJEKČNÍ NÁVRHY AXIÁLNÍCH HYDROSTATICÝCH LOŽISEK, DIPLOMOVÁ PRÁCE, OSTRAVA, VŠB – TU OSTRAVA, 2010
- [7] KOZUBKOVÁ M.: MODELOVÁNÍ PROUDĚNÍ – FLUENT, OSTRAVA, VŠB – TU OSTRAVA, 2008
- [8] VINŠ J.: KLUZNÁ LOŽISKA, PRAHA, 1971