

Deformační, napjatostní a pevnostní analýza kuličkového ložiska s uvažováním kontaktních podmínek

Inženýrská analýza a simulace

Autor: Bc. Jiří Prášil (jiri.prasil.ml@zkl.cz)

Školitel: prof. RNDr. Ing. Janu Vrbkovi, DrSc., dr. h. c.



Formulace řešeného problému

Motivací pro tuto diplomovou práci je řešení praktického problému nové vývojové konstrukce ložiskové otoče pro nově vyvíjenou tramvaj Škoda, typ: 15T. Dalším předpokladem ke vzniku této práce je projekt vývoje, konstrukce a výroby přesných ložisek v koncernu ZKL, jehož nedílnou součástí jsou ložiskové otoče. Otoče jsou rotační valivá ložiska, která jsou převážně určena pro vysoce silově namáhaná uložení s nízkými otáčkami. Často se jedná o kyvná uložení. V porovnání s jinými valivými ložisky jsou otoče tenkostěnné konstrukce vyráběné v průměru jednoho metru a více. Tato ložiska umožňují přenášet kombinované zatížení tj. axiální i radiální síly a klopný moment. Často umožňují eliminaci řady součástek, které se používají při řešení uložení s klasickými ložisky, které nejsou schopny přenášet klopný moment. Vlastní konstrukce ložiska se bude hodnotit na základě deformačně napěťové analýzy, která se provede pro různé geometrické konfigurace. Výsledným návrhem se stane ta vnitřní konstrukce, která nejlépe vyhovuje z hlediska napjatosti okrajovým podmínkám.

Cíl práce

Provést deformačně napjatostní analýzu optimální konstrukce kuličkové otoče pomocí metody konečných prvků. Srovnat výsledky s analytickým řešením.

Provést kontrolu správnosti analytického vztahu pro maximální zatížení valivého elementu (kuličky) radiálně zatíženého ložiska pomocí metody globálního a lokálního modelu.

Závěr

V této práci byla provedena deformačně napjatostní analýza optimální konstrukce kuličkové otoče pomocí metody konečných prvků. Tomuto problému předcházela kontrola správnosti analytického vztahu pro maximální zatížení valivého elementu radiálně zatíženého ložiska (dále vztah) pomocí metody globálního a lokálního modelu a samotná optimalizační úloha vnitřní konstrukce ložiska.

Po vyřešení výše uvedeného analytického vztahu se ukázalo, že je nepřesný a to cca o 50% od numerického řešení (MKP). Výstupem z analytického řešení byla znalost kontaktních napětí nejméně zatíženého valivého elementu. Tento vztah, jehož správnost byla zpochybněna, vystupoval v analytickém řešení a tím toto řešení se stalo nepřesným. Pomocí MKP byl tento vztah upraven a dále vystupoval v optimalizační úloze, jelikož za výpočtový model byla v optimalizační úloze zvolena symetrická polovina valivého segmentu. Parametry úlohy byly zvoleny: průměr valivého elementu, jejich počet a přimknutí. Ze vzniklých závislostí byl vybrán optimální model.

Za účelem zjištění vlivu velikosti globálního výpočtového modelu na deformaci a napjatost zde byly řešeny 3 globální výpočtové modely s optimální vnitřní konstrukcí. Bylo zjištěno, že velikost výpočtového modelu nemá výrazný vliv na globální deformaci.

Zatížení ložiska je extrémní a tomu odpovídají i maximální redukovaná napětí, které se pohybují kolem 1650 MPa. Zlepšení pevnostních vlastností umožňují různé materiály včetně chemicko tepelného zpracování. U ložisek se nejčastěji používá cementace. Hloubka cementační vrstvy byla stanovena na 0,8 mm.

Po vyřešení formulovaných problémů v této práci se vyskytly i další možnosti studia valivých ložisek. Výrazným posunem byla implementace MKP do procesu návrhu vnitřní konstrukce valivých ložisek. Perspektivním rozvojem této práce by bylo studium vlivu vnějšího zatížení na posuv stykových bodů v ložisku. Bylo zjištěno, že při vyšším radiálním nebo axiálním zatížení dochází k již zmíněným posuvům bodů, mění se i úhel a zkracuje se efektivní délka styku. V závislosti na znalosti vnějšího zatížení tedy „Provozních podmínek“, mohl by se optimalizovat i tento úhel s cílem zvýšit únosnost ložisek.

Fotografická dokumentace

