
Contribution à l'Étude du Phénomène de l'Ecrasement de Lubrifiants non Newtoniens en Présence de Milieux Poroélastiques

Résumé

L'étude entreprise dans cette thèse vise à mettre en place un nouveau modèle de couplage film fluide – milieu poreux pouvant prendre en compte l'inertie du fluide dans le film lubrifiant et dans la matrice poreuse, le comportement non newtonien du fluide, les effets visqueux dans la matrice poreuse ainsi que sa poroélasticité. Elle concerne une modélisation et simulation numérique de la lubrification par effet d'écrasement entre deux géométries simples composées de deux disques dont l'un est à face poreuse.

Nous examinons d'abord les effets visqueux à l'aide du modèle de Darcy-Brinkman sur les caractéristiques du contact lubrifié. Ce modèle permet la prise en compte de la couche limite développée à l'interface film fluide – matrice poreuse.

Nous abordons ensuite les effets combinés d'inertie et visqueux du fluide considéré newtonien. L'écoulement est décrit alors à l'aide des équations de Navier-Stokes Réduites dans le film fluide et modélisé par le modèle généralisé de Darcy-Brinkman-Forchheimer dans la matrice poreuse.

Enfin, cette étude s'intéresse d'une part aux effets non newtoniens du fluide lubrifiant et d'autre part à l'influence de la déformation de la matrice poreuse. Les films lubrifiants sont considérés comme des fluides non newtoniens à couple de contraintes. La déformée de l'interface poreuse est obtenue à l'aide du modèle de couche mince élastique.

Les équations aux dérivées partielles établies dans cette étude ont été discrétisées par la méthode des différences finies. Les équations algébriques obtenues ont été résolues à l'aide de la méthode de Gauss-Seidel relaxée.

Les résultats numériques issus de nos simulations ont montré que ces effets ont une influence significative et non négligeable sur les performances de l'écrasement de films fluides.

Mots-clés : Interaction fluide structure, Poroélasticité, Lubrification, Ecrasement de film, Fluides non newtoniens, Couple de contraintes, Couche mince, Darcy-Brinkman-Forchheimer, Equations de Navier-Stokes Réduites

Contribution to the Study of the Squeeze Film Phenomenon in the Presence of Non Newtonian Lubricants and Poroelastic Media

Abstract

The aim of this thesis is to develop a new model of fluid film - porous medium interaction taking into account the fluid inertia in the lubricant as well as in the porous matrix. The non-Newtonian behaviour of the fluid, the viscous effects in porous matrix and its poroelasticity are also considered. The main concerns are the modelling and the simulation of the squeeze film lubrication between two discs when one has a porous facing.

We first investigate the viscous effects on the characteristics of the lubricated contact using the Darcy-Brinkman model. This model allows the consideration of the boundary layer developed at the fluid film - porous matrix interface.

Then we address the combined inertia and viscous shear effects of a Newtonian fluid. The fluid flow is then described using the Reduced Navier-Stokes equations in the fluid film and is modelled using the Darcy-Brinkman-Forchheimer generalized model in the porous matrix.

Finally, this study focuses on the combined effects of non-Newtonian fluid lubricant and porous matrix deformation. The lubricant is considered non-Newtonian thanks to the couple stress model. The deformed porous interface is obtained using the thin elastic layer approach.

The partial differential equations established in this study are discretized by the means of the finite differences. The obtained algebraic equations are solved using the Gauss-Seidel relaxation method.

The numerical results of our simulations showed that all these effects have a significant and non negligible influence on the porous squeeze film performances.

Key-words: Fluid structure interaction, Poroelasticity, Lubrication, Squeeze film, Non-Newtonian fluid, Couple stress, Thin layer, Darcy-Brinkman-Forchheimer model, Reduced Navier-Stokes Equations