

Optimizacija hidrostatičnih ležajev vrtilne mize po metodi optimizacije roja delcev za zmanjšanje porabe energije

Yumo Wang¹ – Zhifeng Liu^{1,*} – Ligang Cai¹ – Qiang Cheng¹ – Xiangmin Dong²

¹ Državni laboratorij za napredne proizvodne tehnologije, Tehniška univerza v Pekingu, Peking, Kitajska

² Oddelek za strojništvo, Kolidž za naftno industrijo Chengde, Chengde, Kitajska

Hidrostatična vrtilna miza je pomemben del računalniško numerično krmiljenih (CNC) obdelovalnih strojev, saj nosi obdelovanec in izvaja zelo natančno vrtilno gibanje. Delovanje hidrostatične vrtilne mize je močno odvisno od geometrije oljnih blazinic in s pravilno konstrukcijo je mogoče doseči zmanjšanje porabe energije ter izboljšanje zmogljivosti vrtilne mize.

Olje pod tlakom v oljne blazinice nenehno dovaja zunanji sistem in obratovalne stroške hidrostatične vrtilne mize je tako mogoče zmanjšati z zmanjšanjem moči za pogon opreme, potrebne za oskrbo z oljem. Analiza in optimizacija hidrostatičnih ležajev je zahtevna naloga, ki zahteva obsežne numerične analize, geometrijska točnost izdelave oljne blazinice pa je odvisna od sposobnosti obdelovalnega procesa. Za optimizacijo hidrostatičnega ležaja je zato potreben učinkovit in dovolj točen optimizacijski algoritem, kot je optimizacija z rojem delcev (PSO). To je učinkovita numerična metoda, ki zahteva manjše računske kapacitete. V članku je predstavljena optimizacija konstrukcije oljnih blazinic hidrostatične vrtilne mize po metodi optimizacije roja delcev, ki izboljša nosilnost in zmanjša stroške rabljene energije. Reynoldsova enačba za izračun porazdelitve tlaka in pretoka olja do ležajev je bila razrešena po metodi končnih diferenc. Strošek energije, rabljene za dovajanje olja, je odvisen od delovnega režima vrtilne mize, optimalna rešitev pa pomeni minimalno porabo energije. Geometrijski parametri oljne blazinice v metodi PSO konvergirajo v optimalen rezultat.

Predlagana je praktična metoda za optimizacijo hidrostatične vrtilne mize na podlagi PSO, ki izboljšuje njeno delovno zmogljivost. Reynoldsova enačba hidrostatične vrtilne mize je prilagojena delovnemu stanju, obratovalne značilnosti, kot sta porazdelitev tlaka in pretok olja, pa so bile določene po metodi končnih razlik (FDM). Nosilnost oljne blazinice je mogoče opisati z brezdimenzijsko nosilnostjo in z brezdimenzijskim pretokom. Brezdimenzijska nosilnost ustreza sili oljnih blazinic, brezdimenzijski pretok pa pretoku olja, ki je potreben za vzdrževanje debeline oljnega filma. Sprememba velikosti žepa za olje vpliva tako na brezdimenzijsko nosilnost kakor tudi na brezdimenzijski pretok. Za optimizacijski parameter je bila izbrana geometrija oljnih blazinic. Minimalna debelina oljnega filma je bila nastavljena na konstantno varnostno raven, kot kriterij za vse parametre pa je bila izbrana poraba moči. Optimalna rešitev je bila določena z algoritmom PSO.

Razsežnost žepa za olje močno vpliva na rabo energije. Pravilno oblikovan žep zmanjša potrebno moč za nošenje ter izboljša delovanje hidrostatične vrtilne mize.

Pri konstantni (varnostni) debelini filma je bila izračunana optimalna velikost žepa je 0,5431. Z večanjem debeline filma se povečuje potrebna moč za nošenje, optimalna velikost žepa pa ostaja praktično nespremenjena. Ta se pri različnih debelinah filma ne spreminja za več kot 7 %.

Obratovalne značilnosti, kot sta porazdelitev tlaka in pretok olja, so bile določene z Reynoldsovo enačbo in FDM. Odvisnost med razsežnostjo žepa za olje in potrebno močjo za nošenje je bila določena numerično, zanesljivost algoritma pa je bila določena eksperimentalno na miniaturnem preizkuševališču. Optimalna velikost žepa za minimalno moč črpalke je bila določena po metodi PSO. V članku je predstavljena učinkovita in praktična optimizacijska metoda za konstruiranje hidrostatičnih vrtilnih miz.

Ključne besede: hidrostatična vrtilna miza, Reynoldsova enačba, PSO, zmogljivost ležaja, varčevanje z energijo, eksperiment