

Analiza poškodb kotalnih ležajev pri majnih kotih zasuka

Ivan Okorn* – Marko Nagode – Jernej Klemenc
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Namen raziskave je bil analizirati mehanizme nastanka poškodb kotalnih ležajev, ki so bili uporabljeni na preizkuševališču za zračne vzmeti. Preizkuševališče je bilo izdelano in obratuje v laboratoriju znanega proizvajalca zračnih vzmeti. Obremenjevanje vzmeti poteka s pomočjo vzvoda, ki niha okoli vrtilišča za majhen kot. Med obratovanjem se je izkazalo, da so ležaji v vrtilišču kritični elementi preizkuševališča. Tribološke razmere med kotalnimi elementi in tečinami obročev so pri majnih zasukih obročev drugačne, kot pri vrtečih se ležajih. Za standardne ležaje je definirana dinamična nosilnost ležaja, na podlagi katere določimo dobo trajanja po ISO 281. Pri majnih kotih zasuka ležaja mazanje kontaktnih površin ni zadovoljivo, zato pride do kritičnih poškodb prej kot pri vrtečih ležajih. Algoritmi, ki se uporabljajo za vrednotenje vrtečih ležajev, pri majnih kotih zasuka niso uporabni. Poškodbe tečin imajo obliko vtiskov, ki so podobni vtiskom zaradi plastične deformacije pri sunkovitih obremenitvah. Za konkretno aplikacijo je ugotovljeno število obremenitvenih ciklov do kritične poškodbe.

Obremenitev ležajev vrtilišča vzvoda je odvisna od velikosti vzmeti, geometrijskih nastavitvev preizkuševališča in frekvence obremenjevanja. Izdelalan je računalniški program, ki omogoča izračun sil na ležaje pri preizkušanju poljubne vzmeti. Največji kot zasuka vzvoda je odvisen od geometrijskih nastavitvev preizkuševališča in znaša od $\pm 2,5^\circ$ do $\pm 4^\circ$. Večina preizkusov poteka pri frekvenci 3,3 Hz

V prvem delu prispevka so prikazani rezultati analize napetosti in tlakov z metodo končnih elementov (MKE) v dveh značilnih legah vzvoda. S primerjavo dejanskih napetosti in meje plastičnosti ležajnega jekla 100Cr6 je ugotovljena verjetnost plastične deformacije na makro nivoju. Dejanske največje napetosti v obročih so približno 15 krat manjše od meje plastičnosti ležajnega jekla. Na osnovi MKE analize je ugotovljeno, da plastična deformacija tečin na makro nivoju ni možna.

Poškodbe so nastale pod trinajstimi kotalnimi elementi, tako na zunanem kot na notranjem obroču ležaja (ležaj ima enainvajset kotalnih elementov). Pod prvim in zadnjim kotalnim elementom je vidna le sled dotika kotalnega elementa, pod preostalimi kotalnimi elementi pa so vidni vtiski različne globine. Za potrditev mehanizmov nastanka poškodb je bila uporabljena optična in elektronska mikroskopija. Analizirana je mikrostruktura materiala pod poškodbami in izmerjena mikrotreda $HV_{0,1}$ do globine 1 mm.

Analiza poškodb kaže, da je glavni obrabni mehanizem utrujanje materiala. Na površinah vtiskov so vidne razpoke in jamice. Dokazano je širjenje razpok v globino. Pod najbolj obremenjenimi kotalnimi elementi je površina rdeče-rjavo obarvana, kar kaže na torno korozijo. Prisotnost oksidov je dokazana z elektronsko mikroskopijo. Pod kritično obremenjenimi kotalnimi elementi je bilo napredovanje poškobe še bolj intenzivno prav zaradi torne korozije. Mikrostruktra pod površino poškodbe je identična mikrostrukturi v jedru, mikrotreda pa se z globino bistveno ne spreminja. To kaže, da ni prišlo do vtiskov zaradi plastične deformacije materiala, ampak zaradi odvzemanja materiala, ki je posledica delovanja večjih obrabnih mehanizmov.

Uporaba kotalnega ležaja v praktični aplikaciji potrjuje, da kotalni ležaji za majhne zasuke niso primerni. Vtiski pod kotalnimi elementi nastopijo že pri zelo nizkih obremenitvah. Razvita je tudi rešitev vrtilišča z drsnimi ležaji. Izkazalo se je, da je drsna rešitev z vidika vzdrževanja ugodnejša. Kotalni ležaji so bili kljub znanim problemom uporabljeni zaradi manjše toplotne obremenitve. Zaradi ugodne smeri obremenitve ležaja razmeroma globoke poškodbe še dopuščajo funkcionalno obratovanje preizkuševališča.

Ključne besede: poškodba kotalnega ležaja, majhen kot zasuka ležaja, obraba, torna korozija, nepravilni vtiski