

Izbira optimalne valčne transformacije za ocenjevanje velikosti napak v izdelavi koničnih kotalnih ležajev z merjenjem vibracij in po kriteriju shannonove entropije

Krisztián Deák* – Tamás Mankovits – Imre Kocsis

Univerza v Debrecenu, Tehniška fakulteta, Madžarska

Odkrivanje napak v izdelavi je ključnega pomena za izboljšanje kakovosti proizvodnje ležajev. Namen članka je analiza možnosti odkrivanja napak v izdelavi koničnih kotalnih ležajev iz signala vibracij ter ugotavljanje geometrijske velikosti napak na zunanjem obroču.

Tradicionalne metode, kot je Fourierjeva transformacija, zaradi posebne narave signalov niso dovolj uspešne pri zaznavanju prehodnih impulzov. Končni kotalni ležaji so le redko predmet znanstvenih člankov, čeprav predstavljajo pomemben del avtomobilskih menjalnikov in sistemov prenosa moči. Večina znanstvenih člankov, ki se ukvarjajo z obrabo, se kljub pomenu te problematike ne posveča težavam pri izdelavi. V članku je zato predstavljena nova rešitev, ki bi jo bilo mogoče učinkovito uporabiti v industriji.

Postopek uporablja valčno transformacijo kot prikladno orodje za analizo signala vibracij ležajev. Transformacija lahko zazna nenadne spremembe in prehodne impulze v signalu, ki se pojavijo zaradi drobnih napak v ležajnih elementih. Analizirani so bili štirje zunanji obroči z napakami pri brušenju različnih velikosti. Primerjanih je devet različnih valčnih transformacij: Symlet-2, Symlet-5, Symlet-8, db02, db06, db10, db14, Meyer in Morlet. Postopki odkrivanja napak na podlagi časovno-frekvenčnih metod se običajno zanašajo na vizualno analizo konturnih grafikonov. Da bi se izognili napakam pri vizualni analizi, je bil v pričujoči raziskavi preučen natančnejši način za določanje najprimernejše valčne transformacije na podlagi razmerja med energijo in Shannonovo entropijo. S Fourierjevo transformacijo se določi glavna frekvenčna vsebina prehodnih impulzov, ki je pomembna za opredelitev srednje frekvence za pravilno primerjavo različnih valčnih transformacij.

Za potrebe študije je bilo zasnovano in postavljeno preizkuševališče z regulacijo hitrosti in visokoločljivostnim sistemom DAQ, namenjeno pravilnemu merjenju značilnih vibracij koničnih kotalnih ležajev. Edinstvena konstrukcija s sistemom za izolacijo vibracij zagotavlja minimalno količino škodljivih vibracij, ki bi lahko motile natančne meritve. Velikost napake je mogoče izračunati iz signala vibracij in glavnih parametrov ležaja. Po večločljivostni analizi (MRA) je bil podrobno analiziran frekvenčni pas prehodnega impulza. Razkrita je bila točka prihoda kotalnega elementa na napako na zunanjem obroču, točka maksimalne razbremenitve napetosti in točka, kjer kotalni element zapusti napako. Eksperimentalno je bilo izmerjenih 20 impulzov in nato so bile za vse štiri zunanje obroče določene povprečne vrednosti časa prihoda, razbremenitve napetosti in odhoda. Tako je bilo pridobljenih 240 podatkovnih točk.

Zaradi preverjanja natančnosti predhodnih meritev je bila uporabljena metoda obdelave slikovnih podatkov za določitev točne geometrične velikosti napake na zunanjem obroču. Sledi brušenja na obročih so bile izmerjene z videomikroskopom Garant MM1-200, za merjenje okroglosti zunanjih obročev in določitev sledi brušenja na obročih pa je bil uporabljen kontaktni instrument za merjenje oblike Mahr MMQ 200. Za učinkovitejšo določitev robov sledi od brušenja sta bila uporabljena algoritma za zaznavanje robov po Prewittu in Soblu, pri čemer se je izkazalo, da je učinkovitejši Prewittov algoritem.

Največje odstopanje v višini 4,12 % za napako širine 0,6311 mm je bilo ugotovljeno pri valčni transformaciji db02. Srednje odstopanje pri transformaciji Symlet-5 je bilo 1,68 %, najboljše srednje odstopanje pa je bilo 1,49 % pri transformaciji Morlet. Transformacija Morlet je tako dala najbolj točno meritev širine iz signala vibracij. Nizek odstotek odstopanja dokazuje uspešnost predstavljene metode in njeno primernost za odkrivanje napak v ležajih med proizvodnjo.

Potrebne bi bile še nadaljnje raziskave na področju analize napak v izdelavi za ostale dele koničnih kotalnih ležajev, kot so notranji obroč in kotalni elementi.

Ključne besede: nadzor stanja, težave v izdelavi, analiza vibracij ležajev, valčna transformacija, entropija, dinamični model, preizkuševališče

*Naslov avtorja za dopisovanje: Univerza v Debrecenu, Tehniška fakulteta, 2-4 Óttemető, 4028 Debrecen, Madžarska, deak.krisztian@eng.unideb.hu