

# Analiza dinamičnih lastnosti sistema zobnik–rotor–ležaj z zunanjim vzbujanjem

Risu Na – Kaifa Jia\* – Shujing Miao – Weiguo Zhang – Quan Zhang

<sup>1</sup> Kolidž za strojništvo, Tehniška univerza Notranje Mongolije, Kitajska

Določitev dinamičnega odgovora rotorja v granulatorju z matričnim prstanom pod vplivom zunanjih sil, podpornih sil ter sil pri ubiranju zobnikov je kompleksen in težaven problem. V pričujoči študiji sta bili za razrešitev omenjenega problema uporabljeni metoda končnih elementov in teorija ekstrudiranja za razvoj dinamičnega modela votlega obešenega rotorja z vzbujanjem zunanjih sil. Od zunanjih obremenitvenih dejavnikov so bili upoštevani sila ubiranja vijačnega zobnika s časovno spremenljivo togostjo in blaženjem, vpliv nelinearne sile krogličnega ležaja z globokim kanalom ter vpliv zunanjega vzbujanja na podlagi predlaganega eksponentnega modela.

Rezultati vključujejo diagrame odgovora v časovni in frekvenčni domeni ter fazne, Poincaréjeve in bifurkacijske diagrame. V članku je opisana eksperimentalna verifikacija modela na realnem granulatorju z matričnim prstanom, rezultati eksperimentov pa so bili primerjani s teoretičnimi rezultati za potrditev veljavnosti in točnosti teoretičnega modela. Hkrati je bila preverjena tudi točnost in uporabnost modela mehanike ekstrudiranja, modela ubiranja zobnikov, modela ležajne podpore in modela večkratne sklopitve vzbujanja rotorskega sistema. Rezultati so v pomoč pri reševanju dinamike kompleksne konstrukcije in vzbujanega rotorja. Končno je bila v skladu s teoretičnim modelom opravljena še analiza dinamičnega odgovora z bifurkacijskimi diagrami za močno nelinearne dejavnike, kot so dolžina ležajne podpore, ekscentričnost valjev in variabilnost zračnosti ležajev. Opredeljeni so bili tudi vplivi njihovih parametrov na zmogljivost rotorja.

Rezultate študije je mogoče strniti v tri glavne točke:

1. Povečanje dolžine ležajne podpore koristi pri optimizaciji dinamičnega odgovora sistema. Če je dolžina ležajne podpore premajhna, postane odgovor kompliciran in lahko se pojavi kaotično gibanje. Če se ležajna dolžina poveča za 120 mm, se amplituda odmika v smereh x in y zmanjša za 0,35 mm oz. 0,37 mm, kazalniki dinamične zmogljivosti sistema pa se izboljšajo. Premišljena konstrukcija rotorja in izbira dolžine ležajne podpore sta zato zelo pomembni za optimizacijo odgovora in izboljšanje stabilnosti sistema.
2. Zmanjšanje ekscentričnosti matričnega prstana pozitivno vpliva na optimizacijo odgovora sistema. Primerjava krivulj v frekvenčni domeni, faznih diagramov in Poincaréjevih diagramov je pokazala, da se z zmanjšanjem ekscentričnosti potisnega valja zmanjša tudi amplituda odgovora sistema, pojav kaotičnosti se zmanjša in kazalniki dinamične zmogljivosti se izboljšajo. Ekscentričnost je glavni dejavnik, ki vpliva na učinkovitost in kakovost granulacije. Izbira prave ekscentričnosti valjev je zato pomembna za optimizacijo odgovora in izboljšanje produktivnosti sistema.
3. Zmanjšanje zračnosti ležaja koristi pri optimizaciji dinamičnega odgovora sistema. Primerjava krivulj v frekvenčni domeni, faznih diagramov in Poincaréjevih diagramov je pokazala, da se z zmanjšanjem zračnosti ležaja zmanjša amplituda odgovora sistema, pojav kaotičnosti se zmanjša in izboljšajo se kazalniki dinamične zmogljivosti. Zračnost ležaja je glavni dejavnik, ki vpliva na stabilnost rotorskega sistema.

Redno vzdrževanje in menjava ležajev sta zato pomembna za optimizacijo odgovora in izboljšanje zanesljivosti sistema. Metoda tako ne razrešuje le problema težavnega izračuna odgovora rotorskega sistema granulatorja z matričnim prstanom, ampak tudi podaja smernice za analizo dinamike rotorjev neenakomerne oblike in rotorjev z večkratno sklopitvijo vzbujanj. Računski model obremenitev pri ekstrudiranju je osnova teoretičnih optimizacij pri projektiranju strojev za izdelavo peletov ter je primeren za usmerjanje optimizacije dinamičnega odgovora.

**Ključne besede:** dinamika rotorja, zunanje vzbujanje, metoda končnih elementov, ležaj, zobnik, sila pri ekstrudiranju