

## **Analiza dinamične zanesljivosti mehanskih komponent na osnovi enakovrednih poti degradacije trdnosti**

Peng Gao<sup>1</sup> – Shaoze Yan<sup>1,\*</sup> – Liyang Xie<sup>2</sup> – Jianing Wu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerza Tsinghua, Oddelek za strojništvo, Državni laboratorij za tribologijo, Kitajska

<sup>2</sup> Severovzhodna univerza, Šola za strojništvo, Kitajska

Članek podaja predloge modelov dinamične zanesljivosti, ki vključujejo naključno naravo poti degradacije trdnosti pri ocenjevanju dinamične zanesljivosti, kakor tudi analizo vpliva variabilnosti statističnih parametrov lastnosti materiala na zanesljivost in stopnjo odpovedi. Pot degradacije trdnosti je težko natančno določiti zaradi naključnosti obremenitev mehanskih komponent. Negotovost trdnosti v procesu degradacije je zato upoštevana s porazdelitvijo trdnosti pri vsaki aplikaciji obremenitve, zaradi česar lahko pride do napak pri izračunavanju zanesljivosti, ker ni upoštevana korelacija preostale trdnosti pri vsaki aplikaciji obremenitve v poti degradacije trdnosti. V članku so kot odgovor na ta problem predstavljeni dinamični modeli zanesljivosti mehanskih komponent z utrujenostno odpovedjo na osnovi enakovrednih poti degradacije trdnosti. V predlaganih modelih sta uporabljena mehanizem degradacije mehanskih komponent z načinom odpovedi ter teorija stohastičnih procesov za obvladovanje negotovosti procesa degradacije trdnosti, ki ga določata tako porazdelitev lastnosti materiala kot statistične lastnosti obremenitev v procesu obremenjevanja.

Za vzorčni primer pri validaciji učinkovitosti in natančnosti predlaganih modelov so bili izbrani eksplozivni elementi, ki se uporabljajo pri lansiranju satelitov. V numeričnih primerih je bila uporabljena simulacija Monte Carlo za validacijo učinkovitosti in natančnosti predlaganih modelov dinamične zanesljivosti. V simulaciji Monte Carlo se degradacija trdnosti simulira na osnovi mehanizma degradacije mehanskih komponent, naključne obremenitve pa so generirane na podlagi porazdelitve verjetnosti.

Rezultati kažejo, da se zanesljivost, izračunana po predlagani metodi, dobro ujema z rezultati simulacije Monte Carlo. Pri izračunavanju zanesljivosti na podlagi porazdelitve trdnosti pri vsaki obremenitveni aplikaciji lahko nastopi večja napaka tudi zato, ker je zanemarjena korelacija preostale trdnosti pri vsaki obremenitveni aplikaciji v poti degradacije trdnosti. Različni parametri materiala, uporabljeni v predlaganih modelih zanesljivosti, imajo tudi različen vpliv na dinamične lastnosti zanesljivosti in stopnjo odpovedi mehanskih komponent. Tradicionalno velja, da velik raztros začetne trdnosti povzroči manjšo zanesljivost. Pri obravnavi degradacije trdnosti pa ima raztros začetne trdnosti različen vpliv na zanesljivost mehanskih komponent v različnih fazah življenjskega cikla. Omeniti je treba tudi to, da statistične značilnosti začetne trdnosti pomembno vplivajo na dinamiko stopnje odpovedi mehanskih komponent. Naklon krivulje stopnje odpovedi za mehanske komponente v naključnem obdobju odpovedi se zmanjšuje s povečevanjem srednje vrednosti in raztrosa začetne trdnosti.

Predlagani modeli omogočajo analizo dinamične zanesljivosti mehanskih komponent in so uporabni za kvantitativno analizo vpliva variabilnosti statističnih parametrov značilnosti materiala na zanesljivost in stopnjo odpovedi komponent. V prihodnjih raziskavah bodo v modele zanesljivosti vključene dodatne spremenljivke za natančnejše napovedi. Avtorji se ukvarjajo tudi s širitvijo predlagane metode na področje optimizacije konstrukcij na osnovi zanesljivosti.

**Ključne besede:** dinamična zanesljivost, korelacija, preostala trdnost, mehanske komponente, pot degradacije trdnosti, stopnja odpovedi