

# Analiza nelinearnih prostih vibracij funkcionalno gradientnih poroznih koničnih lupin, ojačenih z grafenskimi nanoploščicami

Xiaolin Huang – Nengguo Wei – Chengzhe Wang – Xuejing Zhang\*  
Univerza za elektroniko v Guilinu, Šola za arhitekturo in transport, Kitajska

V članku je predstavljena analiza nelinearnih vibracij funkcionalno gradientnih poroznih koničnih lupin, ojačenih z grafenskimi nanoploščicami. Podan je predlog modela za ocenjevanje materialnih lastnosti poroznih nanokompozitov in metode za izračun nelinearnih frekvenc lupin.

Obravnavane so tri vrste porazdelitve poroznosti in trije vzorci disperzije GPL. Predstavljen je izboljšani model za ocenjevanje materialnih lastnosti nanokompozitov z različnimi porazdelitvami GPL in por na podlagi modela Halpin-Tsai. Po klasični teoriji tankih lupin z geometrijskimi nelinearnostmi so bile izpeljane enačbe nelinearnih vibracij poroznih prirezanih koničnih lupin, ki upoštevajo učinek Winkler-Pasternakovega elastičnega medija. Enačbe so bile razrešene po Galerkinovi metodi in Volmirjevi domnevi in nato so bile izračunane linearne in nelinearne frekvence.

Predstavljeni model in metoda sta bila v nadaljevanju numerično validirana. Podrobno so bili preučeni vplivi por, grafenskih ploščic, elastične osnove in geometrijskih parametrov na linearne in nelinearne frekvence poroznih koničnih lupin. Rezultati so pokazali osnovno frekvenco pri polovičnem valu vzdolž paralelnega kroga  $n = 13$ . Z rastjo masnega deleža GPL se povečuje lastna frekvenca in zmanjšuje frekvenčno razmerje. Najnižje frekvenčno razmerje med tremi vzorci disperzije GPL ima G-1, najvišje pa G-2. Frekvenčno razmerje je mogoče zmanjšati s povečanjem količnika poroznosti. Vpliv porazdelitve poroznosti na frekvenčno razmerje je zanemarljiv. Rezultati kažejo, da je minimalno frekvenčno razmerje doseženo pri polkotu približno  $55^\circ$ .

Rešitev enačb nelinearnih vibracij za porozne konične lupine bi bilo zelo težko izpeljati analitično in zato so bile prezrte vztrajnostne sile v ravnini. V prihodnjih raziskavah bomo upoštevali tudi njihov vpliv.

Predstavljen je model za vrednotenje materialnih lastnosti funkcionalno gradientnih poroznih kompozitov, ojačenih z grafenom. Podanih je več zanimivih ugotovitev v zvezi z vplivi por, GPL in Winkler-Pasternakove elastične podlage. Rezultati bodo lahko uporabni pri projektiranju podobnih konstrukcij v praksi.

**Ključne besede:** nelinearne vibracije, prirezana konična lupina, kompozit, grafenska nanoploščica, pore, elastična podlaga