

Uporaba genetskih algoritmov za optimalno zasnovano sendvič panelov, izpostavljenih udarnim podvodnim obremenitvam

Hamidreza Salimi^{1,*} – Bahador Saranjam² – Ahmad Hoseini Fard¹ – Mohsen Ahmadzadeh¹

¹ Shiraz Branch, Islamic Azad University, Iran

² Oddelek za pomorske konstrukcije, Zračno pomorski raziskovalni center, Iran

Kompozitni sendvič paneli se zaradi svoje izjemne trdnosti, togosti in majhne mase vse pogosteje uporabljajo pri gradnji plovil. Uporaba kompozitnih panelov pa prinaša tudi težave v procesu snovanja zaradi velikega števila konstrukcijskih spremenljivk, vključno z zgradbo kompozitnega materiala, topologijami in izvedbami laminatov, ki so izpostavljeni kompleksnim obremenitvam, zlasti kavitaciji pri podvodnih eksplozijah. Delo zato obravnava optimalno zasnovano laminiranih kompozitnih sendvič struktur za uporabo na morju, ki so izpostavljene podvodnim eksplozijam. Postopek optimizacije je bil izveden z genetskim algoritmom (GA) v povezavi z metodo končnih elementov (MKE) za analizo konstrukcij.

Dosedanje raziskave na področju optimizacije kompozitnih konstrukcij so bile zasnovane na uveljavljenih metodah za optimizacijo konvencionalnih materialov. Te metode so zasnovane na gradientih ciljnih in omejitvenih funkcij z ozirom na konstrukcijske spremenljivke, ki so zvezne v konstrukcijskem prostoru. Takšen pristop daje omejene rezultate, ker je snovanje kompozitnih laminatov diskreten optimizacijski problem – spremenljivke so v praksi omejene le na nekaj vrednosti, ki jih določa proizvodni proces. Problemi optimizacije kompozitov poleg tega vključujejo tudi multimodalne prostore iskanj, kjer metode na osnovi gradientov konvergirajo v območja lokalnih optimumov v konstrukcijskem prostoru. Pri iskanju alternative za metode na osnovi gradientov je bila prav zato preizkušena cela vrsta drugih optimizacijskih tehnik, med katerimi se izpostavljajo genetski algoritmi (GA) kot popolna rešitev za značilnosti problema optimizacije kompozitov.

Študija obravnava optimalno zasnovano sendvič panelov, ki so izpostavljeni udarnim podvodnim obremenitvam. Upoštevan je tudi vpliv kavitacije na konstrukcijo. Kavitacija je pojav v vodi, do katerega pride zaradi odboja udarnega vala na prosti površini. Sendvič paneli so sestavljeni iz laminata različnih usmeritev in jedra različnih debelin. Problem optimizacije je mogoče formulirati kot iskanje parametrov pločevine za oblogo in debeline jedra, ki izpolnjuje pogoje glede trdnosti in deformacij ob minimalni teži panela. Omejitve vključujejo trdnost pločevine za oblogo, prečno strižno trdnost jedra, deformacije panela in simetrično polaganje. Zadnji pogoj je izpolnjen že s tem, da je v kromosomu po pravilu kodiranja zastopana samo polovica laminata.

Osnovni model za optimizacijo je bil postavljen v paketu ABAQUS različice 6.10. Nato je bila ustvarjena vhodna datoteka ABAQUS (.inp). Datoteka .inp je bila prilagojena s konstrukcijskimi spremenljivkami vsakega kromosoma. ABAQUS obdela vhodno datoteko za izračun primernosti vsakega pripadnika populacije. Sl. 13 prikazuje konvergenco primernosti s številom generacij za štiri različne začetne populacije. Za konvergenco je potrebnih približno 50 generacij. Vsi štiri diagrami konvergirajo v edinstveno vrednost. Pogoj za končanje GA je bodisi omejitev skupnega števila ovrednotenih funkcij ali pa da se funkcija primernosti med generacijami ne spreminja več, kar pride prej.

Rezultati kažejo, da je z genetskim algoritmom mogoče uspešno poiskati optimalno zasnovano sendvič panelov. Primerjava konstrukcijskih omejitev začetne in optimizirane zasnove kaže, da je s postopkom optimizacije mogoče občutno izboljšati število slojev, zaporedje zlaganja pločevin, orientacijo vlaken in debelino jedra. Analiza zmogljivosti GA pri iskanju optimalne zasnove sendvič panelov kaže, da je metoda zelo učinkovita pri iskanju skoraj optimalnih rešitev, z uporabo primernih vrednosti parametrov GA in shranjevanjem rezultatov različnih analiz pa je mogoče prihraniti tudi precej računskega časa. Končna zasnova z vrednostmi konstrukcijskih spremenljivk dokazuje, da bi optimalne vrednosti konstrukcijskih spremenljivk težko dognal tudi dober in zelo izkušen inženir. Rezultati kažejo, da daje GA boljše rezultate z razmeroma majhnimi populacijami in večjim številom generacij.

Ključne besede: optimizacija, genetski algoritem, metoda končnih elementov, sendvič panel, podvodna eksplozija, kavitacija