

Uporaba lupin iz sendvič kompozitov pri tlačnih posodah za tankerje za ukapljen naftni plin

Veysel Alankaya^{1,*} – Fuat Alarçin²

¹Turška pomorska akademija, Oddelek za ladjedelništvo, Turčija

²Tehniška univerza Yıldız, Oddelek za ladijsko strojništvo, Turčija

Naftni plin kot alternativa za kurilno olje je na voljo po nižjih tržnih cenah in je primeren za mnoge namene, med drugim: (i) za osnovne gospodinjne potrebe, kot sta kuhanje in ogrevanje, (ii) za industrijske potrebe v elektrarnah, industriji plastike in kemični industriji, (iii) kot pogonsko gorivo za transport. Izkoriščanje tega potenciala zahteva izgradnjo distribucijskih omrežij s plinovodi za infrastrukturna območja, skladiščne zmožnosti za terensko uporabo in rešitve za transport po morju. Rast trgovskih ladjevij zahteva tankerje z večjimi kapacitetami za transport plina, vendar z minimalno težo. Prednostna rešitev za izpolnitev te zahteve so kompozitni materiali, ki imajo veliko razmerje med togostjo in težo. Namen te študije je preučitev primernosti lupin iz sendvič kompozitov v vlogi konstrukcijskih delov cilindričnih ali sferičnih rezervoarjev, in sicer z analizo porazdelitve napetosti po debelini lupine in deformacij lupin pod tlačno obremenitvijo.

Uporaba kompozitnih materialov je povezana z določenimi težavami pri analizi, kot so medoslojne ali transverzalne strižne napetosti zaradi neujemanja materialnih lastnosti med sloji, sklapljanje upogibanja in natezanja zaradi asimetrične laminacije, in ravninska ortotropija. Transverzalne komponente napetosti in deformacij se v teoriji klasičnih ali tankih lupin zanemarijo, zato te teorije niso primerne za analizo debelejših lupin. Zanesljivo napovedovanje deformacij in napetosti v debelejših konstrukcijah tako zahteva uporabo strižno-deformacijskih teorij višjega reda na osnovi ekspanzije ravninskih odmikov tretjega ali višjega reda. Teorije višjega reda uvajajo dodatne neznanke, za katere je težje poiskati fizikalno interpretacijo, iskanje rešitev pa zahteva tudi več matematičnih izračunov.

Za učinkovito in točno analizo podrobnosti zasnove so nujne ustrezne tehnike v povezavi z dobrimi strukturnimi modeli, zato obstaja potreba po razvoju metodologije reševanja, ki bi upoštevala dodatne kompleksnosti zaradi robnih pogojev, ki izključujejo tradicionalne analitične pristope po Navierju ali Levyju. Ta študija preučuje statični odklon cilindričnih in sferičnih tlačnih posod iz sendvič kompozitov z uporabo teorije strižnih deformacij višjega reda. Vplivi predpisanih robnih pogojev na funkcije za reševanje so dostopni v literaturi, v tej študiji pa so bili razviti posebej za sendvič kompozite. Metodologija za analizo napetosti in deformacij bazira na teoriji strižnih deformacij višjega reda (HSDT). Za reševanje visoko sklopljenih linearnih parcialnih diferencialnih enačb je bil uporabljen pristop mejno nezvezne posplošene dvojne Fourierjeve vrste. Dodatne robne omejitve so bile uvedene z mejnimi nezveznostmi, ustvarjenimi z izbranimi robnimi pogoji za izpeljavo komplementarne rešitve. Predstavljene so numerične rešitve za laminirane sendvič lupine cilindrične in sferične geometrije, ki prevladujejo pri tlačnih posodah.

Nadaljnji rezultati so zbrani v nadaljevanju:

- Prediktivna ocena razvite metodologije reševanja je predstavljena s primerjavo numeričnih rezultatov rešitev FSDT in MKE.
- Čeprav je metoda končnih elementov v raziskovalnih sferah močno razširjena, je prednost predstavljene metodologije za cilindrične in sferične sendvič lupine v tem, da zahteva manjše računske zmogljivosti.
- Vpliv debeline jedrne plasti na normalizirani centralni odklon lupine je signifikanten. Debelina jedrnega sloja, kot eden glavnih parametrov, je zato uporabna za spreminjanje geometrije rezervoarjev za ukapljen naftni plin.
- Geometrija kot naslednji glavni parameter zasnove rezervoarjev ima velik vpliv na vrednosti odklona. Ukrivljenost lupine zmerno vpliva na centralni odklon.
- Pomemben je tudi vpliv debeline jedrnega sloja na porazdelitev medoslojnih napetosti. Povečanje debeline prinese občutno zmanjšanje porazdelitve medoslojnih napetosti.

Ključne besede: sendvič kompoziti, analiza po metodi končnih elementov, teorija strižnih deformacij višjega reda, mejna nezveznost, tlačne posode, dvakrat ukrivljena lupina, tankerji za ukapljen naftni plin