

Eksperimentalna in numerična preiskava kompozitne cilindrične lupine z ojačitvenimi rebri pod transverzalno obremenitvijo

Jafar Arashmehr – Gholam Hossein Rahimi – Seyed Fazel Rasouli

Univerza Tarbiat Modares, Oddelek za strojništvo, Iran

Glavni namen tega članka je eksperimentalna in numerična preiskava ojačene kompozitne cilindrične lupine z robnim pogojem nevpetega konca pod transverzalno končno obremenitvijo. Študija je obsegala izdelavo preskušancev, preskušanje in analizo po metodi končnih elementov.

Preskušanci za raziskavo so bili izdelani s posebnim strojem za navijanje filamentov. Konstrukcija iz fiberglasa ima vijačna rebra in cilindrično lupino. Preskušanec je bil vpet v stroj za preskušanje s posebnim jeklenim vpenjalom v obliki črke L. Za merjenje deformacij so bili uporabljeni merilni lističi, pritrjeni na več mestih na zgornji površini konstrukcije. Obremenjevanje je bilo izvedeno s strojem INSTRON po postopku nadzorovanega premika.

3D-model konstrukcije je bil pripravljen v programski opremi ANSYS 11.0. Ojačitve so bile mrežene z 20-vozljišnimi polnimi plastnimi elementi, za mreženje lupine pa je bil uporabljen element SHELL99. Robni pogoj je bil nevpet konec pod transverzalno obremenitvijo. Napetosti in deformacije zgornje površine ojačene kompozitne lupine so bile ugotovljene s statično analizo.

Eksperimentalno ugotovljene deformacije se razmeroma dobro ujemajo z rezultati numerične študije. Merilni lističi merijo deformacije v zunanji plasti lupine, ki je navita pod kotom 75° , zato je bila pred uporabo odvisnosti med napetostmi in deformacijami opravljena transformacija koordinatnega sistema. Nato so bile izračunane napetosti s transformirano reducirano togostjo. Ugotovljeno je bilo, da se napetosti v cilindrični lupini občutno zmanjšajo v točki sečišča dveh ojačitev. Za določitev učinka ojačitev cilindrične kompozitne lupine je bila ojačena kompozitna lupina primerjana z neojačeno kompozitno lupino z enakimi robnimi in obremenitvenimi pogoji. Med obema vrstama cilindrične lupine je bila ugotovljena občutna razlika von Misesovih napetosti v točki sečišča dveh ojačitev. Rezultati kažejo tudi manjše vrednosti von Misesovih napetosti v ojačeni lupini v primerjavi z neojačeno lupino. Ti rezultati so lahko v pomoč pri snovanju podobnih konstrukcij.

Nato je bila opravljena analiza odpovedi na osnovi teorije odpovedi po Tsai-Wu-ju. Eksperimenti so pokazali, da ojačena kompozitna cilindrična lupina odpove na vpetem koncu in do odpovedi pride v lupini. Ugotovljen ni bil noben drug način odpovedi drugih delov konstrukcije, npr. zlom ojačitev ali ločitev reber od lupine. Pri analizi napak sta bili uporabljeni dve metodi: pri prvem pristopu so bili uporabljeni rezultati eksperimentov blizu vpetega konca in teorija odpovedi po Tsai-Wu-ju. Izračunane so bile napetosti v koordinatnem sistemu materiala z globalnimi in lokalnimi napetostmi v navitem laminatu. Rezultati eksperimentov v točki blizu vpetega konca so bili uporabljeni za izračun potrebnih napetosti v koordinatnem sistemu materiala. Za teorijo odpovedi po Tsai-Wu-ju je bila uporabljena natezna trdnost steklenih vlaken. Po isti teoriji odpovedi je bila izvedena tudi analiza odpovedi s končnimi elementi. Rezultati obeh metod se dobro ujemajo. Nato je bila opravljena analiza odpovedi po MKE za neojačeno lupino z enakim robnim pogojem. Neojačena lupina podobno kot ojačena lupina odpove na vpetem koncu, nosilnost neojačene kompozitne lupine pa je za 17 % nižja od nosilnosti ojačene kompozitne lupine.

Omeniti je treba, da so bile nedavne raziskave kompozitnih konstrukcij z ojačitvenimi rebri usmerjene predvsem v aksialne obremenitve, medtem ko so takšne konstrukcije v industrijskih pogojih uporabe izpostavljene tako transverzalnim kot aksialnim obremenitvam. Gre za razmeroma novo raziskavo, ki vključuje eksperimentalni del in analizo po metodi končnih elementov. V obstoječi literaturi ni bilo mogoče najti podobnih raziskav konstrukcij z ojačitvenimi rebri.

Ključne besede: kompozitna konstrukcija z ojačitvenimi rebri, transverzalne obremenitve, analiza napetosti, analiza po metodi končnih elementov, analiza odpovedi, merjenje deformacij