

Utrujanje celičnih struktur - pregled

Branko Nečemer* – Matej Vesenjāk – Srečko Glodež
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Celične strukture se zaradi ugodne kombinacije mehanskih in fizikalnih lastnosti vse pogostejše uporabljajo v sodobni inženirski praksi. V zgodnji fazi raziskav so bili najprej preučevani naravni celični materiali, kot so les, kosti, satovje čebeljih panjev ipd., ki so po svoji zasnovi porozni, kar je vzbudilo zanimanje številnih raziskovalcev po celotnem svetu. V samem začetku raziskovanja celičnih materialov je bilo razvitih veliko različnih vrst celičnih struktur, ki jih lahko v grobem delimo na odprte in zaprte celične strukture, ter glede na razporeditev por/celic na urejene in neurejene celične strukture. Med celične strukture spadajo tudi avksetične celične strukture, katerih glavna posebnost je negativno Poissonovo razmerje. Slednje je posledica rotiranja medceličnih povezav, ko se zaradi delovanja zunanje obremenitve spremeni volumen obravnavane strukture. Do sedaj so bile izvedene številne študije mehanske karakterizacije ter nekaj študij z vidika utrujanja celičnih struktur. Zaradi lažjega pregleda področja z vidika utrujanja celičnih struktur je bil izdelan pregledni članek, v katerem so zbrane številne študije na temo utrujanja celičnih struktur. Pregled je osredotočen na nekatere tipične in pogosto uporabljene celične strukture, ki so razdeljene v tri glavne skupine: (1) predhodno načrtovane celične strukture, (2) nepravilne celične strukture in (3) kompoziti s celičnimi jedri. Za vsako skupino je predstavljena trenutna proizvodna tehnika za izdelavo določene celične strukture, ki pripada tej skupini. Poleg tega je za analizirane celične strukture razloženo stanje tehnike utrujanja. Za prvo skupino (predhodno načrtovane celične strukture) so eksperimentalne raziskave pokazale, da oblika osnovne celice kot tudi proizvodna tehnologija le-te pomembno vplivata na mehanske lastnosti in utrujanje obravnavanih celičnih struktur. V okviru druge skupine so analizirane zaprte in odprte celične pene, lotus celične strukture, celične strukture satovja in avksetične celične strukture. Na podlagi številnih raziskav so bili sprejeti naslednji sklepi:

- razpoložljive informacije z vidika utrujanja zaprtih in odprtih celičnih pen so zelo omejene. Hitrost rasti utrujenostne razpoke je zelo odvisna od oblike celice in mikrostrukture osnovnega materiala, iz katerega so izdelane pene.
- Eksperimentalne in numerične raziskave utrujanja lotus poroznih materialov so pokazale, da je trajna dinamična trdnost v smeri vzporedno z vzdolžno osjo por višja od trajne dinamične trdnosti v pravokotni smeri. Poleg tega porazdelitev por pomembno vpliva na mehansko obnašanje z vidika utrujanja. Utrujenostne razpoke se najprej pojavijo v okolici velikih por in se nato širijo med porami v smeri največjih napetosti.
- Eksperimentalni in numerični rezultati celičnih struktur satovja kažejo, da je naključno usmerjeno satovje bolj občutljivo na ciklično obremenitev v primerjavi z urejeno strukturo satovja. Povečana občutljivost izhaja iz porazdelitve napetosti v celičnih stenah satovja.
- Na področju utrujanja avksetičnih celičnih struktur so bile izvedene zelo omejene preiskave. Začetne raziskave na tem področju so pokazale, da imajo avksetične pene višjo absorpcijo energije pri tlačni ciklični obremenitvi v primerjavi s konvencionalnimi penami.

V okviru tretje skupine (kompoziti s celičnimi jedri) so razpoložljivi eksperimentalni rezultati povezani s sendvič strukturami, katerih jedro predstavlja celično satovje. Rezultati so pokazali, da morfologija in topologija pomembno vplivata na življenjsko dobo sendvič strukture pri konstantni obremenitvi.

Na podlagi ugotovitev v tem pregledu lahko sklepamo, da celične strukture kažejo velik potencial, da postanejo pomembni konstrukcijski materiali prihodnosti z nadaljnjim razvojem aditivnih proizvodnih tehnologij ali z uvedbo nekaterih novih, stroškovno ugodnejših proizvodnih tehnologij. Poznavanje obnašanja takih struktur z vidika utrujanja je relativno slabo in bi moralo biti predmet nadaljnjih raziskav. Slednje je še posebej povezano z avksetičnimi celičnimi strukturami, ki zaradi svojih naprednih fizikalnih lastnosti zagotavljajo veliko možnosti za njihovo široko uporabo. Avksetične celične strukture imajo tudi velik potencial v medicinskih aplikacijah, kot so srčno-žilne opornice. S tega vidika bi lahko bila priložnost za nadaljnje raziskovalno delo zasnova nove geometrije kardiovaskularnih razširitvenih opornic, izdelanih iz avksetičnih celičnih struktur in nadaljnje preiskave utrujenosti teh struktur.

Ključne besede: celične strukture, avksetične celične strukture, odprte in zaprte celične pene, utrujanje, dinamična trdnost, rast razpoke