

# Določitev tlačnega odziva zaprtocelične aluminijaste pene in linearno-elastična simulacija geometrijskih modelov, neposredno rekonstruiranih iz posnetkov $\mu$ CT, po metodi končnih elementov

Tamás Mankovits<sup>1,\*</sup> – Tamás Antal Varga<sup>1</sup> – Sándor Manó<sup>2</sup> – Imre Kocsis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tehniška fakulteta, Univerza v Debrecenu, Madžarska

<sup>2</sup>Medicinska fakulteta, Univerza v Debrecenu, Madžarska

Kovinske pene imajo lahko celično strukturo z odličnimi mehanskimi in fizikalnimi lastnostmi. Znano je, da imajo te pene veliko tlačno trdnost in da dobro absorbirajo energijo, zato se povečuje zanimanje za njihovo uporabo pri nalogah dušenja vibracij in absorbiranja zvoka, kakor tudi na področju nosilnih konstrukcijskih elementov. Mnoge aplikacije se zanašajo na tlačne lastnosti kovinskih pen, ki so neposredno odvisne od njihove strukture. Kovinska pena, kot nosilni konstrukcijski element (npr. del vozila, biomedicinski vsadek), mora biti v delovnih pogojih elastična, zato je treba natančno napovedati odziv materiala v elastičnem območju.

Razvoj učinkovitega postopka za tridimenzionalno modeliranje in simulacijo kovinskih pen po metodi končnih elementov je še vedno eden večjih izzivov za inženirje. Numerično določanje tlačnih lastnosti penaste strukture je zahtevna tehnična naloga, ki pa je pri konstruiranju nepogrešljiva. Pri projektiranju nosilnih konstrukcij iz kovinskih pen je treba upoštevati elastično vedenje v delovnih pogojih, za tehnične preračune dejanske penaste strukture pa so potrebni tudi natančni geometrijski modeli.

Obravnavana zaprtocelična kovinska pena je bila izdelana iz kompozitnega materiala s kovinsko osnovo Duralcan F3S.20S po postopku neposrednega penjenja z dodajanjem penila. Preskušanci so bili zaradi primerljivosti okarakterizirani po vodilnem standardu za tlačne preskuse poroznih materialov. Tlačni preskusi so bili opravljeni pri sobni temperaturi na univerzalnem preskuševalnem stroju INSTRON 8874, in sicer brez lubrikanta. Za kakovostne napovedi odziva poroznih materialov je treba postaviti modele po metodi končnih elementov, ki ustrezno opisujejo dejansko geometrijo.

Nedavne študije so pokazale, da je rentgenska računalniška tomografija učinkovito in zmogljivo orodje za neinvazivno in neporušno snemanje celotne strukture materialov. Programska oprema omogoča nastavitve uporabniških parametrov za vsak korak transformacije, določiti pa je mogoče tudi vrstni red transformacij in tako doseči različne lastnosti modela. Pomemben del postopka je tudi ročna rekonstrukcija predmetov s kompleksno geometrijo. Prvi korak je priprava prerezov (posnetkov CT) z vzporednimi ravninami dane gostote. Drugi korak je izvedba zaporedja transformacij, ki dajo geometrijsko točen tridimenzionalni objekt, primeren za analizo po metodi končnih elementov.

Raziskava preskušancev je dokazala, da točnost predlagane rekonstrukcijske metode izpolnjuje zahteve ter da je postopek ponovljiv in ga je mogoče validirati. Pripravljeni so bili računski modeli eksperimenta, sestavljenega iz preskušanca iz aluminijaste pene in dveh togih plošč. V modelu je bil privzet stik brez trenja, toga zgornja plošča je imela vnaprej določen odmik, spodnja fiksna plošča pa je bila uporabljena za meritev odzivne sile.

Predlagani postopek omogoča raziskave dejanske strukture kot tridimenzionalnega modela iz kateregakoli materiala, ki ga je mogoče analizirati na podlagi posnetkov CT. Geometrijska rekonstrukcija in rezultati izračunov po metodi končnih elementov izkazujejo dobro korelacijo z izmerjenimi vrednostmi v elastičnem območju, s čimer je dokazana uporabnost predstavljene metode.

**Ključne besede:** zaprtocelična pena, geometrijska rekonstrukcija, tlačni preskus, metoda končnih elementov