

## Vpliv parametrov mehanske obdelave na površinsko poroznost zaprto-celične aluminijaste pene

Boštjan Razboršek\* – Janez Gotlih – Timi Karner – Mirko Ficko

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Aluminijaste pene so eden izmed materialov, ki se šele uveljavlja na področju modernega inženirstva. Njihova uporaba je prisotna na področjih, kjer se zahtevajo lahke konstrukcije, ki morajo prenašati mehanske in termične obremenitve ali morajo imeti sposobnost absorpcije udarne energije. Elementi iz aluminijastih pen, izdelani s penjenjem v kokile, imajo običajno porozno jedro, ki ga obdaja tanka plast neporozne zunanje površine. Ta plast bistveno vpliva na homogenost in mehanske lastnosti elementa, ima pa tudi funkcijo zaščite pred notranjo korozijo. Mehanska obdelava takšnih elementov z odrezovanjem deformira strukturo ter povzroča zarezni učinek, kar ima za posledico zmanjšanje trdnostnih lastnosti. Da bi ohranili trdnostne lastnosti, je potrebno po obdelavi z odrezovanjem izvesti postopek preoblikovanja površine do te mere, da postane obdelana površina neporozna.

Prispevek opisuje eksperimentalni pristop za določanje vpliva parametrov mehanske obdelave aluminijaste pene na površinsko poroznost. Čeprav so bili postopki inkrementalnega preoblikovanja in tornega valjanja poroznih materialov v preteklosti že preučevani, je to prva študija, kjer je podrobneje raziskan vpliv različnih obdelovalnih parametrov na zmanjšanje poroznosti površine. Za preizkušanje smo uporabili vzorce zaprto-celične aluminijaste pene znanih karakteristik s komercialnim imenom Foamtech®. Vzorce smo pripravili s pomočjo tračne žage z minimalno deformacijo žagane površine. Na CNC obdelovalnem centru smo izvedli obdelavo z inkrementalnim preoblikovanjem ter tornim valjanjem, s čelnim in bočnim delom preoblikovalnega pestiča iz karbidne trdine. Eksperiment je bil zasnovan s polno 3<sup>3</sup> faktorsko analizo tako, da je bil vsak vzorec obdelan z natančno določenimi vhodnimi parametri obdelave (globina preoblikovanja, podajalna hitrost, število vrtljajev). Izdelali smo digitalne fotografije obdelane površine z visoko resolucijo ter jih s pomočjo programske opreme in pragovnega algoritma analizirali. Analizirali smo tudi površino desetih neobdelanih referenčnih vzorcev, katerih srednja vrednost je predstavljala referenčno vrednost poroznosti. Za vsak obdelan vzorec smo, glede na referenčno vrednost, izračunali spremembo površinske poroznosti ter s pomočjo metode odzivnih površin, določili vpliv parametrov obdelave na poroznost obdelane površine.

Iz dobljenih rezultatov preizkušanja smo lahko določili, da spreminjanje parametrov obdelave bistveno vpliva na zmanjšanje površinske poroznosti. Preko 90 % zmanjšanje površinske poroznosti je bilo doseženo z inkrementalnim preoblikovanjem, kot tudi s tornim valjanjem. Maksimalno zmanjšanje je bilo doseženo pri številu vrtljajev 4000 min<sup>-1</sup>, podajalni hitrosti 200 mm/min ter globini obdelave 6 mm. Iz analiz grafov je bilo mogoče razbrati, da ima globina obdelave največji vpliv na zmanjšanje površinske poroznosti. Sledi ji število vrtljajev, medtem ko ima zmanjšanje podajalne hitrosti manjši vpliv. Zmanjševanje podajalne hitrosti podaljša tudi čas obdelave, kar ni smotno. Za zmanjšanje površinske poroznosti je tako smiselno povečati število vrtljajev, saj smo pri povečevanju globine obdelave omejeni z obliko elementa.

Zaključimo lahko, da obdelava aluminijastih pen s postopkom inkrementalnega preoblikovanja in tornega valjanja omogoča zmanjšanje površinske poroznosti elementov predhodno obdelanih z odrezovalnimi postopki. Po obdelavi je formirana tanka neporozna površina (ang. *integral skin*), ki pripomore k izboljšanju mehanskih lastnosti končnih elementov. S preoblikovanjem površine se napetostne silnice prerazporedijo, kar zmanjša zarezni učinek. Kljub veliki globini deformacije, le ta zaradi celične zgradbe in dobrih preoblikovalnih lastnosti materiala ostane na lokalni ravni. Kompaktne elemente se tako lahko izdelata s kombinacijo odrezovalnih in preoblikovalnih postopkov, ki se izvedejo na istem stroju, kar zmanjša stroške. V primerjavi z maloserijsko proizvodnjo elementov penjenih v kokile, je takšna proizvodnja cenejša, saj odpade izdelava kokil, kot polizdelki pa se lahko uporabijo palice, pločevine ali bloki iz penjenega aluminija. Prihodnje raziskave bodo osredotočene v izdelavo modela za napovedovanje površinske poroznosti ob znanih vhodnih vplivnih veličinah. Poleg globine obdelave, vrtilne hitrosti ter podajalne hitrosti, bomo v model poskusili vključiti tudi karakteristike aluminijaste pene, in sicer gostoto ter velikost celic. S takšnim modelom bo mogoče določiti velikost dodatka po obdelavi z odrezovanjem, da bo z inkrementalnim preoblikovanjem in tornim valjanjem mogoče doseči predvideno površinsko poroznost.

**Ključne besede:** porozni materiali, aluminijasta pena, mehanska obdelava, inkrementalno preoblikovanje, torni valjanje, površinska poroznost