

Vpliv termobariernih prevlek na toplotne napetosti v lopaticah in šobah plinskih mikroturbin

Oscar Tenango-Pirin¹ – Elva Reynoso-Jardón¹ – J.C. García^{2*} - Yahir Mariaca¹ –
Yuri Sara Hernández³ – Raúl Neco¹ – Omar Dávalos¹

¹ Avtonomna univerza Ciudad Juárez, Oddelek za strojništvo, Mehika

² Avtonomna univerza Estado de Morelos, Raziskovalni center za strojništvo, Mehika

³ Pachuca tehnološki inštitut, Mehika

Termobarierne prevleke (TBC) pomembno vplivajo na življenjsko dobo mikroturbin, saj omejujejo prenos toplote v komponente. Visokotemperaturne obremenitve lahko skrajšajo življenjsko dobo komponent s tem, da povzročijo nastanek območij visokih napetosti v lopaticah in šobah.

V pričujočem članku so predstavljene numerične analize za vrednotenje novih materialov, ki so bili razviti za termobarierne prevleke lopatic plinskih turbin. Ocenjena je njihova zmogljivost za zaščito komponent mikroturbin. Preučeni so bili novi materiali 8YSZ, Mg₂SiO₄, Y₃Ce₇Ta₂O_{23.5} in Yb₃Ce₇Ta₂O_{23.5}. Ti materiali iz literature so bili do zdaj preizkušeni samo v nadzorovanih pogojih in zato so bila v pričujoči raziskavi simulirana okolja, ki so podobna pogojem obratovanja plinskih mikroturbin. Za substrat šobe in lopatic so bile uporabljene lastnosti zlitine Nimonic 105.

Razvit je bil 3D-model plinske mikroturbine, model interakcij med fluidom in konstrukcijo pa je bil razrešen s CFD in MKE. V izračunih CFD so bile za TBC na šobi in lopatici uporabljene lastnosti zgornjih materialov. Pri računanju prenosa toplote iz visokotemperaturnega plina na substrat sta bili upoštevani domeni kapljevinate in trdne snovi. Izračunana so bila temperaturna polja in amplitude napetosti na šobi in lopatici, rezultati pa so bili nato primerjani z rezultati modela brez toplotnih barier. Neenakomerne temperaturne porazdelitve v šobah in lopaticah so bile v naslednjem koraku uporabljene za izračun napetosti v substratu. Za oceno učinkovitosti toplotne izolacije TBC so bile analizirane temperaturne vrednosti in gradienti v substratu.

Maksimalne temperature so bile ugotovljene na sprednjem in na zadnjem robu šobe in lopatic, tako s prevlekami TBC kot brez njih. Višji temperaturni gradienti so bili ugotovljeni na šobi, maksimalne amplitude temperatur pa na lopaticah. Absolutna vrednost temperatur se je zmanjšala pri uporabi TBC. Ugotovljeno je bilo, da materiali Mg₂SiO₄ in Y₃Ce₇Ta₂O_{23.5} zagotavljajo boljšo toplotno izolacijo komponent turbine v primerjavi z drugimi materiali. Analiza napetosti je pokazala, da so se toplotne napetosti pri uporabi TBC zmanjšale v obeh komponentah, ne glede na uporabljen material. Razvoj napetosti v komponentah je bil v vseh primerih zelo podoben, ugotovljena pa je bila variabilnost njihove amplitude. Največje napetosti pri šobi in pri lopatici so se razvile v predelu korena, kar je mogoče pripisati temperaturnim gradientom in omejitvam. Materiala Mg₂SiO₄ in Y₃Ce₇Ta₂O_{23.5} izkazujeta najboljše termoizolacijske lastnosti za komponente mikroturbin.

V študiji je bila ovrednotena samo sposobnost materialov za zaščito lopatic in šob plinskih mikroturbin pred toplotnimi obremenitvami. Raziskava tako prinaša nova spoznanja na področju optimizacije plinskih mikroturbin in metod za zaščito teh izdelkov pred visokimi temperaturami in napetostmi.

Znano je, da lahko povečanje amplitude napetosti nastopi tudi zaradi vpliva drugih obremenitev, kot so centrifugalne sile ali poškodbe zaradi tujkov. Te obremenitve v tukajšnji raziskavi niso bile zajete.

Ključne besede: termobarierna prevleka, plinske mikroturbine, lopatica turbine, toplotne napetosti, računalniška dinamika fluidov, končni elementi