

Mikromehansko modeliranje zlitin z oblikovnim spominom

Andrej Pukšič^{1,2}, Franc Kosel¹

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija

² Podiplomski študij na Fakulteti za strojništvo (Konstruiranje in mehanika, 4. letnik)

andrej.puksic@fs.uni-lj.si

Zlitine z oblikovnim spominom zaradi njihove sposobnosti, da se povrnejo v svojo prvotno obliko po določenem termomehanskem obremenjevanju, prištevamo med t.i. inteligentne materiale. Poleg lastnosti oblikovnega spomina izkazujejo te zlitine tudi lastnost superelastičnosti [1]. Oblikovni spomin je lastnost, da se material, ki je navidezno trajno deformiran pri nizki temperaturi, povrne v nedeformirano obliko po segrevanju nad neko kritično temperaturo. Če pa je material pod obremenitvijo deformiran že nad to kritično temperaturo, se bo že po razbremenitvi pri nespremenjeni temperaturi vrnil v prvotno obliko, tudi če je bila deformacija relativno velika (reda nekaj %). V tem primeru govorimo o superelastičnosti. Material lahko pri vračanju v prvotno obliko premaguje tudi neko silo, ki ga ovira pri vračanju, torej opravlja neko delo. Sile, ki jih lahko zlitine z oblikovnim spominom premagujejo, so relativno visoke [2], kar lahko izkoristimo pri izdelavi aktuatorjev. Danes najpogosteje uporabljane zlitine z oblikovnim spominom so zlitine NiTi (nitinol) s približno enakim atomskim deležem obeh elementov. Poleg dobre stabilnosti oblikovnega spomina in doseganja velikih povračljivih deformacij so NiTi zlitine tudi biokompatibilne in tako primerne za uporabo v medicinske namene [2]. Prvotno se je nitinol rabil v ortodontskih aparatih, danes pa se uporablja tudi v kirurških instrumentih in v delih za vgradnjo v človeško telo (žilni vstavki, rekonstrukcija kosti po zlomih ipd.).

Kljub danes že precej razširjeni uporabi v inženirski praksi pa pri obnašanju zlitin z oblikovnim spominom obstaja še več neraziskanih področij, kar onemogoča bolj učinkovito rabo teh zlitin. Ena od težav je tudi, da ne obstaja nek splošno uporaben in učinkovit konstitutivni model. Dandanes je namreč težnja v načrtovanju novih izdelkov, da se že pred izdelavo prototipov lastnosti le-teh vsaj okvirno določijo z modeli v virtualnem okolju. Za uspešno modeliranje je potrebno znati določiti obnašanje uporabljenih materialov, za kar pa moramo poznati njihove konstitutivne modele. Zaradi kompleksnosti mehanizmov, ki potekajo na nivoju mikrostrukture, je zgolj z opazovanjem na makroskopskem nivoju možno določiti obnašanje zlitin z oblikovnim spominom le v omejenem obsegu. Zato so se raziskovalci v zadnjem času usmerili predvsem na določanje konstitutivnega modela na nivoju mikrostrukture v kristalnem zrnu [3]. V inženirski praksi se običajno srečujemo s konstrukcijskimi elementi, ki so za nekaj velikostnih redov večji od kristalnega zrna, torej direktna aplikacija mikro-modelov ni mogoča. To neskladje lahko premostimo z metodami modeliranja na več skalah. V našem primeru smo se modeliranja makroskopskih struktur lotili z metodo končnih elementov, pri čemer nam je en končni element predstavljal eno kristalno zrno. Prednost takega pristopa je, da lahko želeno makrostrukturo natančno modeliramo brez dodatnih poenostavitvev, glavna slabost pa je izjemna računska zahtevnost, ki se nelinearno povečuje z velikostjo strukture. Uporaba takega pristopa za realne makroskopske strukture je torej ob obstoječi mikroprocesorski moči omejena. V luči nadaljnjega razvoja miniaturizacije je pričakovati, da se bo pojavljala potreba po vedno manjših konstrukcijskih elementih (predvsem aktuatorjih) iz zlitin z oblikovnim spominom, za analizo katerih pa je prikazan postopek smiseln.

Reference:

- [1] K. Bhattacharya. *Microstructure of martensite*, Oxford University Press, 2003.
- [2] K. Otsuka, C.M. Wayman. *Shape memory materials*, Cambridge University Press, 1998.
- [3] E. Patoor, D.C. Lagoudas, P.B. Entchev, L.C. Brinson, X. Gao. Shape memory alloys, Part I: General properties and modeling of single crystals. *Mechanics of materials*, 38(5-6):391-429, 2006