

Ocenjevanje parametrov Cowper-Symonds-ovega in Johnson-Cook-ovega materialnega modela z uporabo Taguchi-jevih ortogonalnih polj

Andrej Škrlec* – Jernej Klemenc

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Za zmanjšanje stroškov raziskav in razvoja izdelkov (R&R), se v začetnih fazah razvojnega procesa uporabljajo kompleksna numerična vrednotenja in simulacije. Z njimi lahko napovemo, kako se bo izdelek obnašal v določenih obratovalnih pogojih. Za čim bolj točno napovedovanje obnašanja izdelka je potrebno izdelati 3D numerični model izdelka, poznati obratovalne pogoje in materialne lastnosti izdelka. Te lastnosti upoštevamo v konstitutivnih materialnih modelih, ki jih uporabljamo v numeričnih simulacijah. Zelo pogosto se v numeričnih simulacijah uporabljajo konstitutivni materialni modeli, pri katerih vrednosti njihovih parametrov ne moremo enostavno določiti. Zato je potrebno z izvajanjem eksperimenta in optimizacijskim postopkom poiskati ustrezne vrednosti parametrov konstitutivnih materialnih modelov. Optimalne vrednosti teh parametrov so tiste, pri katerih dobimo enak odziv izdelka kot v eksperimentu.

V članku je predstavljena metodologija za ocenjevanje parametrov materialnih modelov, ki opisujejo obnašanje materiala pri povišanih hitrostih specifičnih deformacij. Postopek ocene parametrov materialnih modelov, ki opisujejo vpliv hitrosti specifičnih deformacij, je osnovan na preizkusu vtiska kroglice v pločevinast preizkušanelec. V ta namen smo izdelali napravo, ki jo lahko namestimo na obstoječe preizkuševališče. Na osnovi eksperimentalnih rezultatov smo ocenjevali parametre Cowper-Symonds-ovega in Johnson-Cook-ovega materialnega modela, ki se ju največkrat uporablja za numerične simulacije izdelkov, ki so podvrženi obremenitvam pri povišanih hitrostih specifičnih deformacij. Za oceno optimalnih vrednosti parametrov materialnih modelov smo med seboj povezali numerične simulacije in Taguchi-jeva ortogonalna polja.

Taguchi-jeva ortogonalna polja smo uporabili za določitev posameznih kombinacij vrednosti parametrov omenjenih materialnih modelov. S kombinacijami vrednosti parametrov smo izvedli numerične simulacije in njihove rezultate primerjali z rezultati eksperimenta. Za primerjavo rezultatov in posledično izbor najboljše kombinacije parametrov smo določili cenilno funkcijo. Ker so območja možnih vrednosti parametrov materialnega modela lahko velika in ker smo želeli raziskati večji prostor možnih rešitev, je bilo potrebno izbrati več vrednosti posameznega parametra. Tako bi dobili zelo veliko število kombinacij, kar je časovno neustrezno, saj je potrebno izvesti simulacijo za vsako kombinacijo rešitev.

S Taguchi-jevim ortogonalnim poljem lahko število možnih kombinacij zmanjšamo tako, da ne zmanjšamo števila možnih vrednosti posameznega parametra. Taguchi-jevo ortogonalno polje smo najprej uporabili na širšem območju raziskovalnega prostora. Ker je bilo na širšem območju večje število optimalnih kombinacij, smo nato Taguchi-jevo ortogonalno polje uporabili še na zmanjšanem območju. Tako dobljene vrednosti parametrov Cowper-Symonds-ovega in Johnson-Cook-ovega materialnega modela smo primerjali z vrednostmi iz literature. Izkaže se, da so vrednosti iz predstavljene metode primerljive vrednostim iz literature, kljub temu da so bile dobljene z drugačnimi preizkusi in ob dejstvu, da so bile hitrosti specifičnih deformacij pri našem eksperimentu višje za faktor 10 ali več od referenčnih podatkov. Predstavljena metoda ocenjevanja parametrov s Taguchi-jevim planom preizkusov je časovno učinkovita še posebej, če imamo večje število parametrov materialnih modelov z relativno širokimi območji možnih vrednosti posameznega parametra.

Ključne besede: obnašanje materiala, hitrost specifične deformacije, metoda končnih elementov, eksplicitna dinamika, Taguchi-jeve ortogonalne matrike