

Eksperimentalna študija in analiza dinamičnih mehanskih lastnosti aluminijevega bron

Jinquan Li* – Hailin Guo – Peipei Zhou
Univerza Shenyang Ligong, Šola za strojništvo, Kitajska

Aluminijev bron (QAL9-4) se uporablja na številnih področjih zaradi svoje visoke trdnosti, trdote, protiobrabne obstojnosti in dobre toplotne prevodnosti. Material je tudi primerna zamenjava za nerjavno jeklo, nikljeve zlitine itd. Obširne raziskave aluminijevega bron so bile do sedaj osredotočene predvsem na pripravo zlitine, preizkušanje zmogljivosti ter na vplive legirnih dodatkov in toplotne obdelave na mikrostrukturo in lastnosti. Konstitutivne relacije bron QAL9-4 pa so manj raziskane. V članku so zato preučene dinamične mehanske lastnosti in določena je Johnson-Cookova (J-C) konstitutivna enačba za QAL9-4 kot osnova za praktično uporabo tega materiala.

Preučene so bile dinamične mehanske lastnosti in poškodbene lastnosti materiala QAL9-4. Prave krivulje odvisnosti deformacij od napetosti za aluminijev bron (QAL9-4) pri različnih temperaturah (v območju od 20 °C do 700 °C) in pri različnih hitrostih obremenjevanja (v območju od 2500 s⁻¹ do 10000 s⁻¹) so bile pridobljene v dinamičnem kompresijskem preizkusu z deljenim Hopkinsonovim tlačnim drogrom (SHPB). Rezultati kažejo jasen pojav deformacijskega utrjevanja in toplotnega mehčanja pri QAL9-4, napetost tečenja ni odvisna od hitrosti obremenjevanja, hitrost obremenjevanja praktično nima vpliva na napetost tečenja pri sobni temperaturi, v temperaturnem območju od 300 °C do 700 °C pa ima majhen vpliv.

Zaradi učinka visokohitrostne kompresije se pri 500 °C in 10000 s⁻¹ oblikuje deformiran adiabatni strižni pas (ASB). Njegova oblika je podobna formacijam, ki nastanejo pri kovanju, usmerjen je v smeri maksimalne strižne napetosti in pod kotom približno 45° glede na smer glavne napetosti. Deformacije na obeh straneh ASB so resne. Zrna so se zaradi velikih deformacij pod udarno obremenitvijo podaljšala, podaljšana zrna so se postopoma razbila v drobna rekristalizacijska jedra, le-ta pa so končno oblikovala gosta in fina rekristalizirana zrna v ASB.

Proces visokohitrostnih deformacij QAL9-4 pogosto spremlja razvoj notranjih mikropoškodb, ki v končni fazi privedejo do odpovedi. Mikroluknje in mikrorazpoke v ASB kažejo, da so poškodbe QAL9-4 zelo resne ter neizogibno privedejo do pešanja materiala in zmanjšanja dinamičnih mehanskih lastnosti. To je posledica visokohitrostnih in velikih obremenitev ter velikih plastičnih dinamičnih deformacij.

Zapisana je konstitutivna enačba J-C. Termoplastični konstitutivni model J-C se danes pogosto uporablja za opis dinamičnega mehanskega vedenja (enačba (8)).

Na podlagi eksperimentalne ugotovitve, da pri materialu QAL9-4 s povečevanjem obremenitev in hitrosti obremenjevanja prihaja do učinka utrjevanja, s porastom temperature pa do pojava mehčanja, so bili izračunani parametri konstitutivnega modela J-C z matematičnim iskanjem priloga, konstitutivna enačba pa je bila določena s prilegom eksperimentalnih podatkov, pridobljenih z napravo SHPB (enačba (13)).

Krivulje priloga konstitutivnega modela J-C se dobro ujemajo s pravimi krivuljami odvisnosti deformacij od napetosti, ki so bile določene v preizkusih. Po konstitutivnem modelu J-C z večanjem meje plastičnosti materiala prihaja do zgodnejšega pojava toplotnega mehčanja. Večji kot je modul utrjevanja materiala, bolj je ta nagnjen k toplotnemu mehčanju; večji kot je vpliv deformacijskega utrjevanja, bolj intenzivno je utrjevanje; večji kot je vpliv toplotnega mehčanja, bolj očiten je pojav toplotnega mehčanja. C je količnik občutljivosti na hitrost obremenjevanja: večji kot je, bolj občutljiva je napetost tečenja na hitrost obremenjevanja.

Ključne besede: dinamične mehanske lastnosti, aluminijev bron, konstitutivna relacija, adiabatni strižni pas, deformacije, hitrost obremenjevanja