

Opis duktilnega vedenja maloogljirnega jekla po pristopu CDM

K Priya Ajit^{1,*} – Abhinav Gautam² – Prabir Kumar Sarkar²

¹ Indijska rudarska šola, Oddelek za tehnično rudarstvo, Indija

² Indijska rudarska šola, Oddelek za strojništvo, Indija

Duktilne poškodbe v materialu so posledica zmanjševanja togosti ob povečevanju plastičnih deformacij, vse dokler ne pride do zloma nosilnega elementa. Velja razlaga, da je mikroločevanje v kovinskih polikristaliničnih agregatih ob močnem lokalnem plastičnem tečenju posledica procesa razvoja praznin oz. votlin. Opredelitev primernih meril za poškodbe pomaga pri oblikovanju zakonov razvoja, ki so potrebni za popis duktilnega odziva do zloma za določen razred tehničnih materialov. Pristop mehanike poškodb v kontinuumu (CDM) obravnava poškodbe na podlagi učinkovite površinske gostote razpok. Z uporabo konstitutivne enačbe CDM je mogoče analizirati raven poškodb pri različnih materialih in s podobnim vrednotenjem je mogoče pripraviti potrebne smernice za nadzor in zagotavljanje boljše izkoriščenosti materialov. Pristop lahko pomaga tudi pri analizi komponent po zlomu za identifikacijo vzroka odpovedi. Vrednotenje poškodb je priročno orodje pri izdelavi konstrukcijskih delov avtomobilov in letal, pri katerih je kritična oblika.

Predstavljena študija obravnava oceno duktilnih poškodb pri dveh vrstah maloogljirnega jekla po pristopu CDM – IFHS (jeklo brez intersticijsko raztopljenih elementov) in C-Mn-440. Za obe jekli je značilna kombinacija trdnosti in preoblikovalnosti. Enoosni model duktilnih poškodb, ki sta ga razvila Bhattacharya in Ellingwood, opisuje poškodbe kot funkcijo plastičnih deformacij in deformacijskega utrjanja. V študiji je bil opravljen preizkus s ciklično obremenitve/razbremenitve za neposredno oceno poškodbene spremenljivke in drugih parametrov z namenom opredelitve vpliva eksponenta deformacijskega utrjanja na poškodbeno spremenljivko D. Preizkus je bil opravljen na stroju Instron 8801 s hitrostjo obremenjevanja $10^{-3}/s$ za vrednotenje osnovnih mehanskih lastnosti. Iz rezultatov eksperimenta so izpeljani vsi obravnavani parametri, ovrednotena pa je tudi odvisnost duktilnih poškodb od eksponenta utrjanja. Duktilno tečenje tako postane napovedljivo po modelu tečenja, rezultat pa je poškodbeno spremenljivko D v odvisnosti od učinkovite napetosti. Napovedani rezultati se dobro ujemajo z eksperimenti do stabilnega plastičnega območja.

Novost predstavljenega dela je v identifikaciji neposrednega vpliva eksponenta deformacijskega utrjanja na poškodbeno spremenljivko. Vpliv eksponenta deformacijskega utrjanja n na poškodbeni parameter za namene določitve duktilnega vedenja materiala po pristopu CDM do danes še ni bil eksplicitno upoštevan, čeprav je že vdolan v več poškodbenih modelov. Eksponent predstavlja merilo za preoblikovalnost, ki je neposredno povezana z duktilnostjo in gostoto praznin, in deformacijsko utrjanje je tako primerno merilo za duktilne poškodbe. Podatki so ocenjeni iz krivulj odvisnosti pravih deformacij od pravih napetosti za vsak korak v cikličnem preizkusu z obremenitvijo/razbremenitvijo. Variabilnost eksponenta utrjevanja je bila uporabljena za napoved poškodbene spremenljivke po poškodbenem zakonu Bhattacharyje in Ellingwooda. Z rastjo poškodb se zmanjšuje velikost eksponenta utrjanja, funkcija pa je nelinearna. Napovedi poškodb na podlagi modela razvoja se dobro ujemajo z eksperimentalnimi rezultati.

Pristop CDM je uporaben za karakterizacijo duktilnih poškodb pri maloogljirnih jeklih. V predstavljenem delu se je izkazalo, da lahko z vrednostjo eksponenta deformacijskega utrjanja v pravem zakonu razvoja zelo dobro napovemo eksperimentalno krivuljo tečenja. Študija ne upošteva vpliva vibracij ali cikličnih obremenitev na rast poškodb in ekipa avtorjev načrtuje to za prihodnje raziskave. Pristop daje konstruktorjem potrebne informacije za odločanje pri izbiri materialov. Maloogljirna jekla se pogosto uporabljajo v avtomobilskih karoserijah, kjer so podvržena različnim dinamičnim obremenitvam, poznavanje utrujenostnega poškodbenega vedenja pa je zato nujno za boljši izkoristek teh materialov.

Ključne besede: poškodbe, mehanika poškodb v kontinuum, degradacija modula, maloogljirno jeklo

*Naslov avtorja za dopisovanje: Indijska rudarska šola, Oddelek za tehnično rudarstvo, Dhanbad, Indija, ajit160984@gmail.com