

# Visokociklične utrujenostne lastnosti avstenitnega jekla in čistega bakra pri enoosnih, proporcionalnih in neproporcionalnih obremenitvah

Lukasz Pejkowski\* – Dariusz Skibicki – Janusz Sempruch  
Naravoslovnotehniška univerza v Bidgošću, Fakulteta za strojništvo, Poljska

Članek analizira vpliv razmerja med strižnimi in normalnimi napetostmi  $\lambda$  v pogojih večosnih utrujenostnih obremenitev na utrujenostno trajnostno dobo, morfologijo površine utrujenostnega loma in orientacijo ravnine razpoke.

Cilji so bili doseženi z dvoosnimi utrujenostnimi preskusi z bakrom Cu-ETP in avstenitnim jeklom X2CrNiMo17-12-2. Preskušanci so bili obremenjeni z aksialno silo in momentom na standardnem dvoosnem sistemu za preskušanje Instron, pri čemer so bile nadzorovane napetosti. Materiala sta bila izbrana zaradi razmeroma velike občutljivosti na neproporcionalne obremenitve, ki izhaja iz njune majhne vrednosti energije napake zloga.

Preskušanci so bili izpostavljeni enoosnim natezno-tlačnim, vzvojnim, dvoosnim proporcionalnim in neproporcionalnim obremenitvam. Neproporcionalnost obremenitev je bila dosežena s faznim zamikom med komponentami obremenitve. Amplitude so bile izbrane tako, da je bila dosežena natančna amplituda kvadratične srednje vrednosti druge invariante deviatorja napetosti, pomnožena z mejnim razmerjem enoosnega utrujanja pri dani stopnji napetosti. Takšen pristop je bil izbran zaradi ponazoritve vpliva različnih stopenj neproporcionalnosti v odvisnosti od razmerja  $\lambda$  na utrujenostno trajnostno dobo in videz loma. Analiza utrujenostne trajnostne dobe je bila opravljena na podlagi krivulj  $S-N$  ter grafikonov primerjave izračunane in eksperimentalno določene trajnostne dobe. Analiza površinske morfologije in orientacije razpok je bila opravljena na podlagi slik preskušancev, narejenih po utrujenostni odpovedi. Slike so naložene na krivulje  $S-N$  za prikaz vpliva vrste obremenitve in stopnje napetosti na lomne površine in videz razpok. Pripravljene so bile za vse vrste obremenitev in za oba izbrana materiala.

Oba preskušena materiala sta zelo občutljiva na neproporcionalne obremenitve. Razmerje med strižnimi in normalnimi napetostmi  $\lambda$  pri obeh materialih značilno vpliva na utrujenostno trajnostno dobo. Tako za baker kot za avstenitno jeklo so najbolj škodljive vrednosti količnika  $\lambda$  blizu mejne vrednosti za enoosno utrujanje. Podobna odvisnost od vrednosti razmerja  $\lambda$  je bila ugotovljena tudi pri lomnih površinah. Razmerje vpliva na morfologijo in na usmeritev makro lomne ravnine. Omeniti je treba, da je kritična vrednost razmerja  $\lambda$  za oba materiala različna. Mogoče je postaviti hipotezo, da so za material najbolj škodljive zunajfazne obremenitve s faznim zamikom komponent  $90^\circ$  ter z razmerjem med strižnimi in normalnimi napetostmi, ki je enako mejnemu razmerju za enoosno utrujanje. Sledi, da je mejno razmerje enoosnih utrujenostnih obremenitev zelo pomembno za ocenjevanje trajne dinamične trdnosti in utrujenostne trajnostne dobe v pogojih neproporcionalnih obremenitev.

Glavna novost predstavljene raziskave je podrobna študija vpliva razmerja amplitud strižnih in normalnih napetosti na utrujenostno trajnostno dobo in morfologijo lomne površine materialov, občutljivih na neproporcionalne obremenitve.

**Ključne besede:** večosno utrujanje, visokociklično utrujanje, neproporcionalna obremenitev, fraktografija, zunaj faze