

Analiza utrujenostne trajnostne dobe K-zvarov pri žerjavih s pomočjo nelinearne teorije kumulativnih poškodb

Cai Fuhai^{1,*} – Wang Xin¹ - Liu Jiquan² - Zhao Fuling¹

¹ Tehniška univerza v Dalianu, Oddelek za strojništvo, Kitajska

² Jiangsu Bada, Kitajska

Na paličnih ročicah žerjavov je veliko zvarov. Analiza utrujenostne trajnostne dobe palične ročice je težavna naloga predvsem zaradi zahtevnih obremenitvenih razmer. Režim obremenitev palične ročice žerjava je v območju prekrivanja nizkocikličnega in visokocikličnega utrujanja. Pomanjkljiva natančnost meritev utrujenostne trajnostne dobe je posledica velikega raztrosa pri izračunih po linearnem Minerjevem pravilu.

V zadnjih letih je bilo razvitih več modelov na osnovi pristopa združevanja teorij lomne mehanike in empiričnih ugotovitev. Čeprav so ti postopki modeliranja natančnejši od Palmgren-Minerjevega pravila, pa za določanje potrebnih parametrov zahtevajo bistveno več eksperimentalnih podatkov.

V članku je za razrešitev teh težav predlagana nova metoda za pridobivanje napetostno-časovnih spektrov s pomočjo simulacijske programske opreme, ki zmanjšuje stroške in poenostavlja delo. Uvedena je poenostavljena nelinearna teorija kumulativnih poškodb na osnovi parametra deformacij, ki je primerna za inženirske aplikacije konstrukcij z elastoplastičnimi značilnostmi kot je palična ročica žerjava. Metoda zahteva le manjšo količino podatkov o materialnih lastnostih, kot sta ciklična napetostno-deformacijska krivulja in krivulja utrujenostne dobe pri konstantni amplitudi deformacij.

Predlagana je integrirana strategija za ekonomično in prikladno ugotavljanje realnega spektra obremenitev žerjava s K-zvari, ki združuje meritve, simulacijo, primerjave in statistiko. Najprej je bila opravljena statična mehanska analiza s programsko opremo Ansys z elementi tipa beam188 in shell63. Temu je sledila dinamična analiza s programsko opremo MSC.ADAMS s povezovalnimi elementi. Po dinamični simulaciji je bilo mogoče iz vozlišč modela s končnimi elementi pridobiti simulirane napetostno-časovne spektre.

Primerjalna analiza izmerjenih in simuliranih napetostno-časovnih spektrov je pokazala, da je napaka maksimalne amplitude napetosti manjša od 10 %, v večini primerov pa je znotraj dovoljenega območja napake 5%. Za izračun utrujenostne trajnostne dobe K-zvarnih spojev žerjava je predlagana Huffmanova nelinearna teorija kumulativnih poškodb na podlagi napetosti in deformacij ob zarezi. V članku je uporabljena Basquin-Manson-Coffinova (BMC) enačba. Rast razpoke na obrat je za deformacije konstantne amplitude dobro popisana s hiperboličnim sinusom. Normalizirana poškodba D_i , ki jo povzroči i -ti obrat, je izražena kot aproksimirana integralska funkcija. Vsota D_i predstavlja nelinearno kumulativno poškodbo oz. D_t . Opravljena je bila vrsta preskusov utrujanja K-zvarov na ročici žerjava z izmerjenim in simuliranim spektrom napetosti.

Rezultati utrujenostnih preskusov kažejo, da je napaka utrujenostne dobe pri simuliranih in izmerjenih napetostnih spektrih manjša od 10%. Natančnost nelinearne akumulacije poškodb je večja kot pri Minerjevem pravilu, čeprav je rezultat izračunov po metodi nelinearne akumulacije poškodb nekoliko nekonzervativen, če v izračunu ni upoštevana začetna poškodba. Z izbiro različnih pogojev začetne poškodbe so bili pridobljeni različni rezultati, ki razkrivajo, da je napaka izračuna utrujenostne trajnostne dobe na osnovi nelinearne teorije pri začetni poškodbi od 0,02 do 0,04 manjša od 10 %. Če so potrebni konzervativnejši izračuni utrujenostne trajnostne dobe, je začetno poškodbo mogoče nastaviti v območju od 0,04 do 0,07 in napaka izračuna je tedaj manjša od 25 %. Huffmanova nelinearna teorija akumulacije poškodb zahteva le malo podatkov o materialnih lastnostih, kot sta ciklična napetostno-deformacijska krivulja in krivulja utrujenostne dobe pri konstantni amplitudi deformacij, zato je s svojimi natančnejšimi izračuni in manjšimi stroški primernejša za inženirske aplikacije.

Pristop je bil prvič uporabljen pri K-zvarih palične ročice žerjava. Spekter obremenitev žerjava je kompleksen, zato bi bilo treba računski model v prihodnjih raziskavah preveriti z več spektri iz realnih delovnih pogojev žerjava. Metoda je uporabna tudi pri drugih zvarnih spojih, ki se pogosto uporabljajo pri gradbenih strojih kot so žerjavi, bagri itn.

Ključne besede: žerjav, palična ročica, K-zvari, analiza utrujenostne trajnostne dobe, parameter deformacij, nelinearna teorija kumulativnih poškodb, utrujenostni preskus