

Analiza osi železniških vozil: utrujenostne poškodbe ter analiza življenjske dobe

Ferhat Dikmen – Meral Bayraktar* – Rahmi Guclu

Fakulteta za strojništvo, Univerza Yildiz, Turčija

Problem utrujenostnega zloma mehanskih komponent je pomemben za raziskovalce na področju konstrukcije v strojništvu. Pomen te problematike je še posebej velik pri železniških vozilih, zlasti pri komponentah, kjer lahko v primeru odpovedi pride do smrtonosnih posledic. Ta problem je bil zaradi nedavnih zlomov osi tirnih vozil pri turških železnicah (TCDD) postavljen v središče pozornosti in je tudi motivacija za to študijo.

Študija obravnava odpoved osi vagona mestnega vlaka TCDD ALS-THOM 8000, ki vozi na relaciji Sirkeci – Halkali. Zlom osi je klasičen problem utrujanja zaradi velikih upogibnih napetosti, ki se spreminjajo med nategom in tlakom. Cilj tega članka je obravnava zanesljivosti osi ter primerjava z dejansko življenjsko dobo osi do zloma. Obravnava se začne z določitvijo kritičnega prereza osi.

Za določitev pričakovanega mesta zloma osi so bile izračunane napetosti v vseh kritičnih prerezih z običajnimi trdnostnimi izračuni. Ugotovljeno je bilo, da je mesto zloma med kolesom in zobnikom. Mesto zloma kaže tudi slika polomljene osi. Nato je za najbolj kritično mesto določena varna življenjska doba pri različnih obratovalnih pogojih.

Raziskava se je nadaljevala z določitvijo obremenitvenih primerov za vagon na osnovi statističnih podatkov o številu potnikov. Najprej je bila ugotovljena najkrajša življenjska doba osi pri polni obremenitvi, nato pa so bile izračunane efektivne življenjske dobe po Palmgren-Minerjevem teoremu, ki upošteva kumulativno odpoved za realna obremenitvena stanja v primeru različnih porazdelitev.

Analiza kumulativnih utrujenostnih poškodb ima ključno vlogo pri napovedovanju življenjske dobe komponent in konstrukcij, ki so izpostavljene zgodovinom obremenitev. Teorijo kumulativnih poškodb je leta 1920 prvič uporabil Šved A. Palmgren za napovedovanje življenjske dobe valjčnih ležajev. Sledil mu je B. F. Langer s splošnim pristopom. Uporaba teorije pa se ni razširila, dokler se ni pojavila v študiji M. A. Minerja iz leta 1945. Obravnava kumulativnih utrujenostnih poškodb je bila od tedaj deležna vse več pozornosti. Ta linearna teorija je znana kot Palmgren-Minerjeva hipoteza oz. linearno pravilo poškodb.

Cilj članka je predstavitev približnih izračunov časa loma osi ter pogojev, ki vplivajo na lom. Do odpovedi lahko pride pri istem materialu ob različnih časih, kot je razvidno iz Wöhlerjevih diagramov. Ti diagrami so izdelani za raznovrstne materiale in različne vrednosti zanesljivosti pri različnih laboratorijskih pogojih. V okviru te študije je bil pridobljen Wöhlerjev diagram za material osi 25CrMo4, ki vključuje različne vrednosti zanesljivosti ob upoštevanju standardne deviacije.

Najkrajša življenjska doba je 1,4 leta, ob predpostavki, da vagon vozi pod polno obremenitvijo. Ob upoštevanju statističnih podatkov in različnih porazdelitev je bila opravljena analiza z realnimi pogoji obremenitve. Palmgren-Minerjeva teorija kumulativnih poškodb daje za različne porazdelitve efektivno življenjsko dobo 12,1, 15,8 in 9,5 let. Očitno je, da je življenjska doba pri zahtevnih obremenitvah krajša od življenjske dobe pri lažjih obremenitvah. Ugotovljena je bila povprečna vrednost 12 let.

Dejstvo je, da obratovalni pogoji vplivajo na dejansko življenjsko dobo. Če je hitrost vagona manjša do 13 m/s, je življenjska doba neskončna celo pri polni obremenitvi. Pri hitrosti 40 m/s pa življenjska doba ni daljša od dveh let, tudi če v vagonu ni potnikov. Očitno je tudi, da je efektivna življenjska doba različna za različne vozne hitrosti. Pri hitrosti, manjši od 15 m/s, je življenjska doba neskončna, pri hitrosti 32 m/s pa znaša približno eno leto. Pri hitrosti 22 m/s, ki v praksi ni nikoli presežena, je življenjska doba 6,5 leta, pri hitrosti 17 m/s pa več kot 50 let. Izračunane življenjske dobe so bile primerjane z življenjsko dobo realnih poškodovanih osi, pri čemer je bilo ugotovljeno dobro ujemanje.

Izsledki raziskave med drugim kažejo, da so potrebne nove konstrukcijske spremembe. Neskončna življenjska doba bi bila dosegljiva s povečanjem premera osi iz 171 na 173 mm ter s spremembo površinske hrapavosti osi. Raziskava je pokazala, da bi bilo za izdelavo osi mogoče uporabiti tudi druge materiale z večjo trdnostjo, npr. 42CrMo4 ali C60.

Ključne besede: os tirnega vozila, utrujanje, kumulativna odpoved, življenjska doba, zanesljivost