

Pridobitev parametrov utrujanja iz vibracijskih preizkusov z naključnim signalom: Aplikacija na kovičenem spoju

Martin Česnik – Janko Slavič – Miha Boltežar*
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Vibracijsko utrujanje dinamske strukture je, poleg neželenega pojava prekomernih vibracij in hrupa, poglavitni razlog za izvajanje numeričnih in eksperimentalnih dinamskih analiz izdelka. Dinamski odziv sistema vnese v izdelek določeno napetostno stanje; v primeru neugodnih dinamskih lastnosti izdelka lahko že nizke vibracijske obremenitve hitro privedejo do odpovedi izdelka zaradi utrujanja materiala. Eksperimentalno preverjanje ustreznosti izdelka je ustaljen postopek vibracijskega testiranja prototipov, v zadnjem času pa se veliko raziskovalnega dela usmerja v numerično analizo vibracijskega utrujanja. Namen predstavljene raziskave je vzpostavitev metodologije, ki bo na podlagi eksperimentalnih rezultatov vibracijskih preizkusov omogočila pridobitev parametrov utrujanja za obravnavano strukturo oziroma material.

Za izračun pričakovane življenjske dobe izdelka pri vibracijskem utrujanju je potrebno poznati tip in velikost vibracijske obremenitve ter materialne parametre utrujanja. Slednje materialne karakteristike so redko na razpolago, saj se jih pridobi le z obširnimi namenskim preizkušanjem. Z novo metodologijo, predstavljeno v članku, se je pridobilo materialne parametre zgolj iz rezultatov vibracijskega testiranja s kinematskim vzburjanjem z naključnim signalom. Zaradi takšnega vzburjanja je razvita metodologija primerna tudi za dinamske strukture z nelinearnimi spoji, saj je v tem primeru odziv strukture bolj stabilen v primerjavi z do sedaj uporabljanim harmonskim vzburjanjem. V sklopu raziskave se je metodologijo uporabilo na kovičenem spoju, s katerim je pločevina pritrjena na osnovni material.

V primerjavi z obstoječimi pospešenimi preizkusi utrujanja je pri razviti metodologiji eksperimentalna izvedba bistveno enostavnejša, po drugi strani pa je potrebna obsežnejša numerična analiza za končno pridobitev parametrov utrujanja. V članku je najprej predstavljen pristop k analizi dinamskega odziva strukture pri kinematskem vzburjanju. Le-ta temelji na metodi SMURF, s katero se preko procesa strukturne modifikacije in principa superpozicije lastnih oblik izračuna odziv na predpisan pomik vpetja. V nadaljevanju se je izračunan odziv napetosti v frekvenčnem prostoru povežalo z akumulacijo poškodbe preko metode Tovo-Benasciutti, ki posledično poda tudi oceno o pričakovani življenjski dobi strukture.

V naslednjem koraku se je izvedlo vibracijske preizkuse na pripravljenih vzorcih s kovičnim spojem. Iz eksperimentalnih rezultatov se je izkazalo, da dinamski odziv posameznega vzorca močno zavisi od končne geometrije kovičenega spoja, ki se, zaradi naključne narave procesa kovičenja, med posameznimi vzorci precej razlikuje. Posledično se je numerični model parametriziralo do te mere, da se je za vsak eksperimentalni vzorec izdelalo individualni numerični model, pri katerem je bilo ujemanje med izmerjenim in izračunanim odzivom zadovoljivo. Med samimi vibracijskim preizkusom je prišlo tudi do pričakovanega padca lastne frekvence in porasta dušenja, kar pa zaradi načina vzburjanja z naključnim signalom, ni predstavljalo bistvenega vpliva na stabilnost odziva vzorca. Parametri vzburjanja za kovični spoj so bili pridobljeni z numerično minimizacijo razlike med dejanskimi in pričakovanimi življenjskimi dobami vzorcev.

Razvita metoda predstavlja način, kako z uporabo naprednih števnih metod v frekvenčni domeni ustrezno ovrednotiti porušitve izdelkov pri vibracijskih preizkusih. Tak pristop omogoča razvojnim raziskovalcem vzpostavitev baze materialnih parametrov utrujanja za uporabljene materiale ter neposredno vrednotenje alternativnih konstrukcijskih rešitev in materialov iz vidika vibracijskega utrujanja.

Ključne besede: preizkus vibracijskega utrujanja, parametri utrujanja, naključno kinematsko vzburjanje, frekvenčne števne metode