

Nove priložnosti za neporušne preiskave z uporabo nelinearnih interakcij med elastičnimi valovi in napakami

Igor Solodov - Daniel Döring - Gerd Busse*

Institut za tehnologijo polimerov, Oddelek za neporušne preiskave, Univerza v Stuttgartu, Nemčija

Hitra rast uporabe novih visokotehnoških materialov pri aplikacijah, ki so kritične glede varnosti, prinaša tudi stroge zahteve glede zanesljivosti proizvodnje, zagotavljanja kakovosti industrijskih izdelkov in nadzora stanja obstoječih komponent. To je tudi povod za razvoj nove generacije metod neporušnih preiskav, ki so znatno bolj občutljive na strukturo materiala, začetne mikronapake in napredujoče poškodbe.

Konvencionalni instrumenti za ultrazvočne neporušne preiskave običajno delujejo na eni sami frekvenci in delujejo po principu zaznavanja sprememb amplitude in faze vhodnega signala zaradi odbojev na napakah. Takšna pomanjkljiva količina informacij je lahko sprejemljiva, dokler so interakcije med valovi in napakami linearne. Nelinearni pristop k neporušnim preiskavam (NNDT) obravnava nelinearne odzive na napake, ki so povezani s spremembami frekvence vhodnega signala. Te spektralne spremembe povzročajo visoka stopnja nelinearnosti napak na mikro- in makroravni. Nepoškodovani deli materiala vibrirajo linearno, v izhodnem spektru torej ni frekvenčnih sprememb. Pri metodi NNDT se majhna razpoka (ki je za linearno ultrazvočno defektoskopijo nevidna) torej obnaša kot aktiven vir oddajanja novih frekvenčnih komponent in ne kot pasivni povzročitelj odboja valov pri konvencionalnih ultrazvočnih preiskavah. NNDT je zato edinstven instrument za selektivno lokalizacijo in slikanje nelinearnih napak. Med njimi so številni razredi kontaktnih napak, ki obsegajo vse od dislokacij (na nanoskali) do utrujenostnih (mikro) razpok in makroskopskih prekinitev v spojih. Mikrokontaktne (nelinearne) razpoke so običajno samo predhodnice večjih poškodb, zato je metoda NNDT primerna za zgodnje prepoznavanje degradacije materiala in "napovedovanje" verjetnega loma.

V pričujočem članku so analizirani nelinearni spektri ravninskih napak (delaminacija, razpoke, udarci itd.) in predstavljeni rezultati NNDT, pridobljeni z metodami nelinearne laserske vibrometrije (NLV) in nelinearne emisije z zrakom kot prenosnim medijem (NACE). Metoda NLV zaznava nelinearne vibracije napak z občutljivim laserskim interferometrom. Vzbujačni sistem vsebuje piezoelektrične pretvornike, ki delujejo pri 20 in 40 kHz. Po dvodimenzionalnem skenu in hitri Fourierjevi transformaciji prejetega signala se pridobijo C-skeni pregledovanega območja za vsako spektralno črto znotraj frekvenčnega pasu 1 MHz.

V nasprotju s primerljivo optično metodo, kjer se analizira svetloba, odbita od preizkušanca, se metoda NACE-NDT zanaša na nelinearno akustično oddajanje iz napak, ki se prenaša po zraku. Neposredne optične meritve so pokazale, da takšno nelinearno emisijo oddajajo samo napake in da emisija kaže značilne vzorce usmerjenosti. Visokofrekvenčni (300 – 400 kHz) ultrazvočni pretvorniki z zrakom kot prenosnim medijem se uporabljajo za skeniranje preizkušanca, ki ga vzbujajo nizkofrekvenčni (od 20 do 40 kHz) upogibni valovi. V pasovni širini pretvornika se sprejme nekaj višjih harmonikov (od 10 do 20), ki se uporabijo za odkrivanje nelinearnih napak. Eksperimenti so pokazali, da se metoda NACE dobro obnese pri različnih gradbenih materialih s hrapavimi površinami in grobimi napakami v komponentah.

Predstavljenih bo več študij primerov, ki demonstrirajo uporabnost metod NACE in NLV za NNDE in selektivno snemanje napak v različnih materialih. Med posebno uspešnimi primeri so tudi visokotehnoški in gradbeni materiali: nedotaknjen in poškodovan les, udarne poškodbe in delaminacija v plastiki, ojačeni z vlakni, utrujenostne mikrorazpoke v kovinah in delaminacija v kovinskih laminatih, ojačenih z vlakni. Rezultati kažejo, da ima metoda NNDT velik potencial za vrednotenje kakovosti materialov in komponent v avtomobilski industriji, letalski industriji in gradbeništvu.

© 2011 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

Ključne besede: nelinearne neporušne preiskave, selektivno snemanje napak, nelinearna emisija z zrakom kot prenosnim medijem, nelinearna laserska vibrometrija

*Naslov avtorja za dopisovanje: Institut za tehnologijo polimerov, Oddelek za neporušne preiskave (IKT-ZFP), Univerza v Stuttgartu, Pfaffenwaldring 32, 70569 Stuttgart, Nemčija