

## Istorija i oblasti primene mernih traka

Osnovne oblasti primene mernih traka su izrada davača i senzora (mase, sile, pritiska, obrtnog momenta, vibracija, dilatometra...) kao i eksperimentalna analiza mehaničkih napona.

Prva primena mernih traka (a kada kažemo merna traka, mislimo na otporničke tenzometrijske merne trake) datira iz 1938 godine, gde ih je među prvima koristio Artur Klod Ruž sa fakulteta za seizmologiju na MIT-u. On je naime želeo da meri naprezanje koje nastaje usled simuliranog zemljotresa na modelu rezervoara za vodu koji bi trebalo da je otporan na zemljotres. Oprema za merenje dilatacija koja je bila dostupna u to vreme nije bila primenljiva na tankozidni model. U svom poslednjem pokušaju, Ruž je uzeo veoma tanku otporničku žicu, formirao je u obliku meandra i fiksirao je za noseći sloj papira, a krajeve žice je zadebljao sa terminalima za konektore. Kako bi proverio karakteristike svog prototipa merne trake, zalepio je istu za konzolu i uporedio je dobijena merenja sa tradicionalnim uređajima za merenje dilatacije. Dobio je linearnu zavisnost promene otpora žice za kompletan merni opseg i kod istezanja i kod sabijanja. Takođe je dobio dobru stabilnost „nule“, odn. stabilnost početne vrednosti otpora prilikom lepljenja trake za konzolu. Tako je rođena elektrootporna merna traka sa nosećim slojem, čiji se princip i danas koristi.



### **Merne trake u izradi pretvarača**

Merne trake se koriste kod davača da bi detektovale deformaciju specijalnog opružnog tela koja nastaje usled opterećenja. To opterećenje može biti masa, sila, momenta ili pritisak. Tako na primer merni opseg davača mase (merne ćelije) može biti od nekoliko grama do nekoliko stotina tona. Merni opseg nije uslovljen samom mernom trakom, već dizajnom i krutošću tela davača (opružnog tela). Opružno telo je tako napravljeno da kada

se izloži nominalnom opterećenju, (koje na primer može biti između 50g i 200t), dolazi do izduženja na mestu merne trake od oko 1000 $\mu$ m/m. Dilatacije ovog reda ne obezbeđuju samo odličan odnos signala i smetnji, nego i određeni faktor sigurnosti, tako da može doći i do prekoračenja nominalnog opsega bez oštećenja davača. Pri nominalnoj dilataciji od 1000 $\mu$ m/m, takođe je moguće postići broj ciklusa nominalnog opterećenja preko 10<sup>7</sup>, što znači da je zadovoljena i trajna dinamička čvrstoća davača.



### **Merne trake za eksperimentalna ispitivanja**

Primena mernih traka kod eksperimenata je sasvim drugačije prirode.



U principu oblast eksperimentalnih ispitivanja možemo podeliti na analizu mehaničkih napona, analizu unutrašnjih (zaostalih) napona, i određivanje termičkih napona. Sada je sasvim jasno zbog čega su merne trake toliko rasprostranjene u avio i automobilske industriji kao i želenici. Možda je manje očigledna primena kod kopita konja, hirurgije, kod optimizovanja sportske opreme, kućnih aparata i monitoringa građevinskih struktura, merne trake su čak i tu pronašle svoj put.

## Eksperimentalna analiza mehaničkih napona

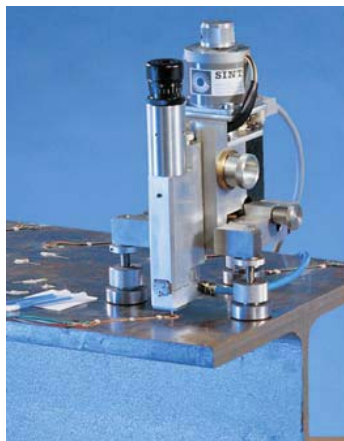
Cilj kod eksperimentalne analize mehaničkih napona je doći do zaključka o mehaničkom opterećenju iz podataka izmerenih dilatacija na površini struktura i komponenata uz podatke o karakteristikama materijala (Jungov modul elastičnosti, Poasonov koeficijent). U mnogim slučajevima, u interesu je odrediti glavne napone  $\sigma_1$  i  $\sigma_2$ . Glavni naponi  $\sigma_1$  i  $\sigma_2$  su ekstremne vrednosti normalnog napona u ravanskom naponskom stanju. Oni se javljaju u pravcima 1 i 2, koji su međusobno upravni. Ovi pravci 1 i 2 se zovu pravci glavnih napona u ravanskom naponskom stanju i označavaju se sa  $\sigma_1$  i  $\sigma_2$ . Često se i koriste oznake  $\sigma_{max}$  i  $\sigma_{min}$ .

Pojam mehanički napon, se odnosi na sile koje deluju na određenoj površini.

Svrha ovih merenja je često vezana za proveru ispravnosti matematičkih proračuna modela (na primer statički proračuni ili metoda konačnih elemenata)

### Analiza zaostalih napona.

Zaostali naponi su mehanički naponi unutar strukture ili komponente i javljaju se bez da postoji dejstvo spoljašnjih sila ili momenata. Razlog zbog koga se javljaju ovi napuni



može biti proces hlađenja nakon livenja, zavarivanja ili otkivanja ili zbog nekog drugog tehnološkog procesa. Kako bi odredili zaostale napone sa mernom trakom, potrebno je promeniti postojeće naponsko stanje. To je moguće izvesti bušenjem rupe ili ukopavanjem prstena oko merne trake, kada dolazi do lokalne relaksacije koja se meri.

## Testovi izdržljivosti, analiza kritične tačke i analiza opterećenja.

Pojmovi „test izdržljivosti“, „analiza slabe tačke“ i „analiza opterećenja“ jasno objašnjavaju zbog čega se još koriste merne trake. Raznorazni delovi i strukture se proveravaju i ispituju, od delova automobila preko kompletne noseće konstrukcije aviona do presa za oblikovanje materijala. Teško bi bilo izdvojiti „tipičnu“ aplikaciju iz ovog konteksta, ali je potrebno razdvojiti oblasti primene.

### Određivanje termičkih opterećenja

Ukoliko je slobodno temperaturno širenje ograničeno, bilo delimično ili potpuno, dolazi do pojave termičkog naprezanja u materijalu usled promene temperature. Termička naprezanja takođe nastaju zbog temperaturnih gradijenata, na primer tokom procesa grejanja ili hlađenja. Kao kod zaostalih napona, ovakvi procesi mogu dovesti do oštećenja komponente i smanjenja nosivosti prema spoljašnjim opterećenjima. Termalna opterećenja je takođe moguće odrediti uz pomoć mernih traka.

Ključne reči: merna traka, mehanički napon, davač, masa, sila, pritisak, obrtni moment.

Autor: Hotimir ml. Ličen, TRCpro, Petrovaradin

Literatura: Karl Hoffman, An Introduction to Measurements using Strain Gages, Hottinger Baldwin Messtechnik, GmbH, Darmsdat 1987.

