

Optičke metode ispitivanja



v.as.mr. Samir Lemeš
slemes@mf.unze.ba



Tempus

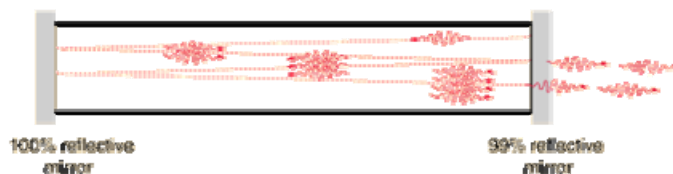
PoMaCoM
Postgraduate
Master Course
on Metrology

Laserska mjerenja

- Osnovno o laserima
- Mjerenje dimenzija
- Mjerenje brzine
- Ispitivanje površine
- Mjerenje deformacija

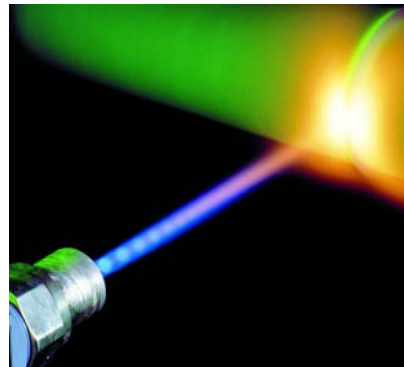


Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

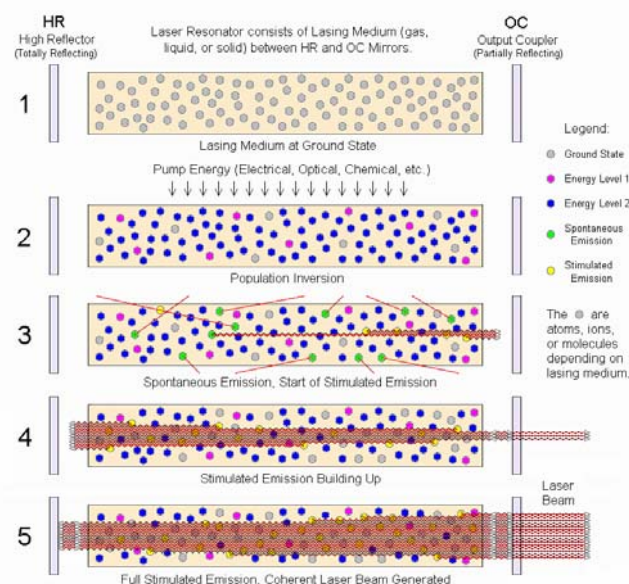


Laser

- Light Amplification of Stimulated Emission Radiation
- Pojačanje svjetlosti stimuliranim zračenjem
- Takva svjetlost je intenzivna, monohromatska (ima samo jednu talasnu dužinu), ravninski polarizovana i veoma stabilna



Laser



Podjela lasera

- Klasa 1: ne proizvode štetno zračenje (laserski printeri)
- Klasa 2: emituju zračenje u vidljivom spektru
- Klasa 3a: mogu biti opasni ako se usmjere kroz optičke leće
- Klasa 3b: mogu izazvati oštećenje vida i kao reflektovani
- Klasa 4: mogu oštetiti kožu i uzrokovati paljenje

Mjerenja dimenzija

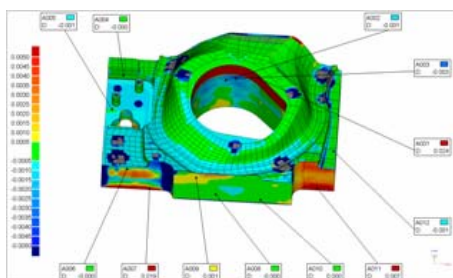
- Mjerenje stacionarnih i pokretnih proizvoda laserskim skenerima
- Mjerenje stacionarnih i pokretnih proizvoda projekcijom konture na setove fotodioda
- Mjerenje malih zazora i čestica difrakcijom
- Mjerenje optički zaklonjenih površina (konkavne površine, zubi zupčanika, unutrašnji prečnik otvora)

Mjerenja dimenzija

- Mjerenje dužine, saosnosti i pomjeranja interferometrima
- Sortiranje proizvoda
- Trodimenzionalno mjerenje površina pomoću holograma
- Mjerenje dužine preko mjerenja brzine pokretnih, kontinuiranih proizvoda

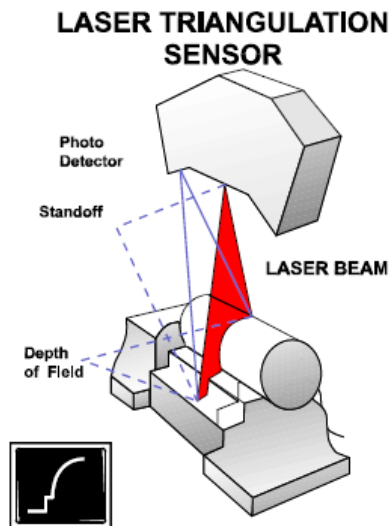
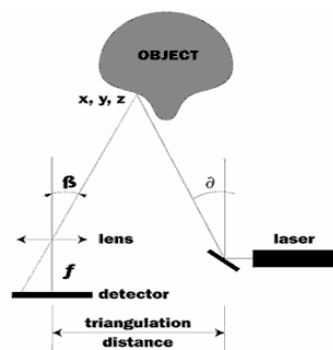
Laserski skeneri

- Laserski skener projektuje lasersku svjetlost na površinu, dok kamera kontinuirano vrši triangulaciju



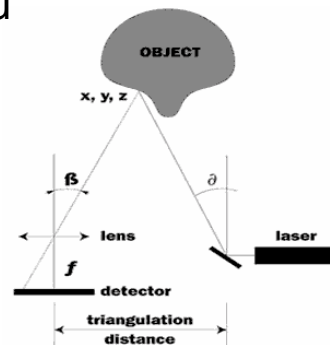
Laserski skeneri

- Koriste se laseri klase 2
- Triangulacija:



Triangulacija

- Laserska zraka se preko ogledala emituje na objekat koji se skenira
- Senzor na poznatoj udaljenosti od lasera registruje reflektovanu zraku
- Ugao pod kojim svjetlost pada na senzor je poznat
- Na osnovu sličnosti trouglova računa se položaj tačke



Laserski skeneri

- Pored 3D digitalizacije, koriste se za mjerenje debljine, hrapavosti, teksture, istrošenosti, radijusa zakrivljenosti, uglova, zapremine,...



Laserski skeneri

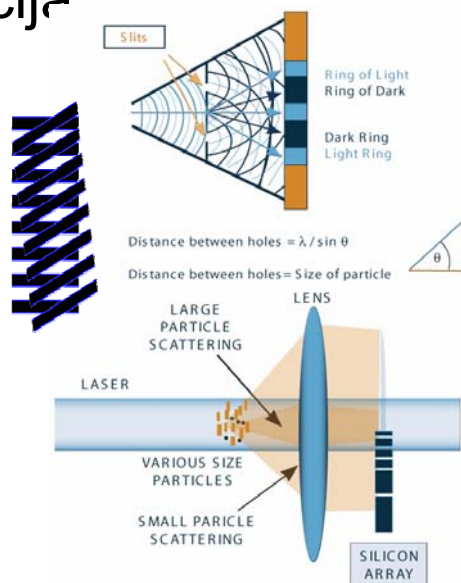


Laserski skeneri



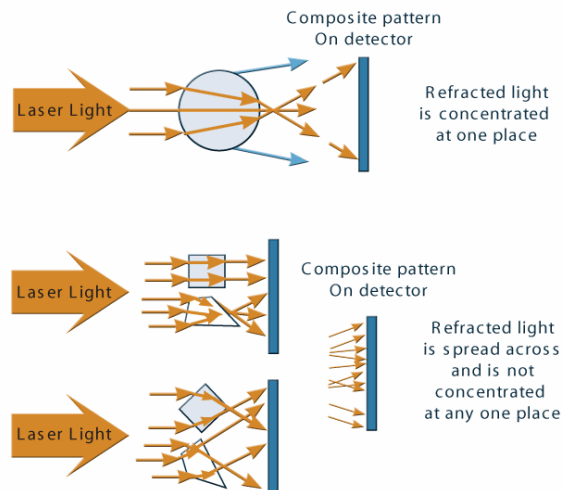
Laserska difrakcija

- Prolaskom svjetla kroz male otvore dolazi do interferencije
- Odbijena svjetlost se skuplja na detektoru



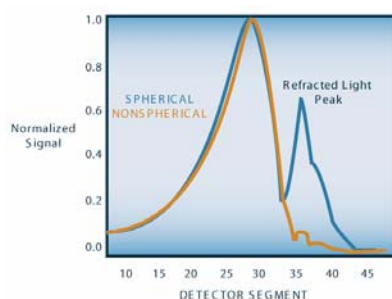
Laserska difrakcija

- Prolaskom svjetla kroz čestice različitog oblika dobije se različita slika na detektoru

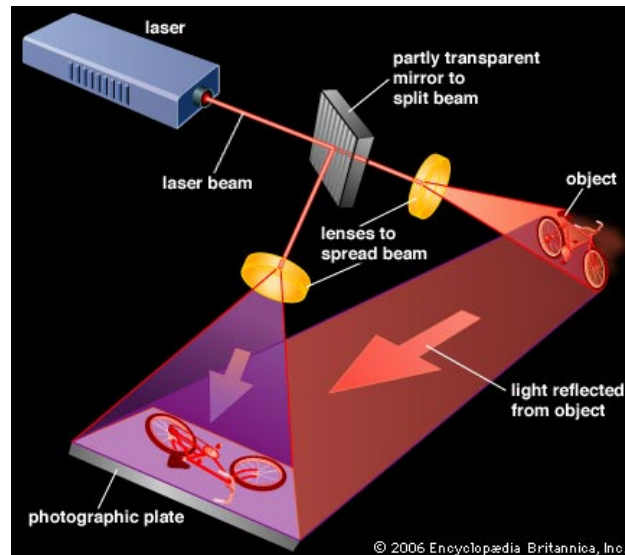


Laserska difrakcija

- Taj fenomen se koristi za mjerenje veličine čestica

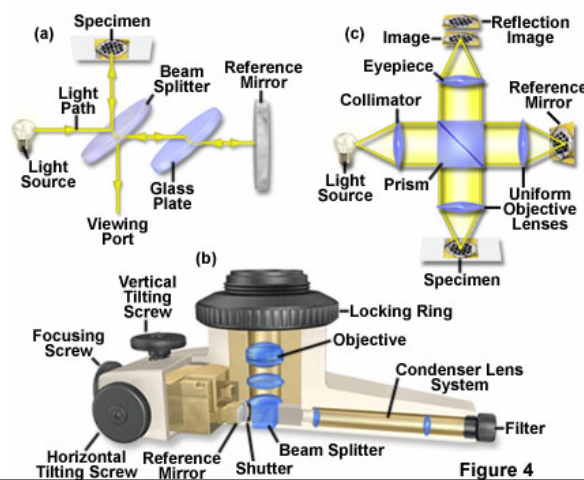
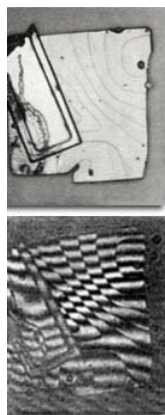


Interferometri



Interferometri

- Najčešće se koristi Michelsonov interferometer

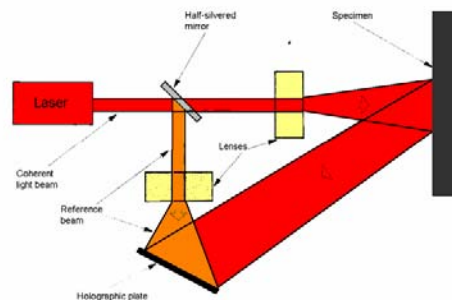


Holografija

- Holografija koristi koherentno svjetlo lasera (dijelovi zrake su fazno pomjereni) da bi se dobila slika interferencijom
- Slike su trodimenzionalne i mogu se podijeliti na segmente jer svaki segment sadrži cijelu sliku
- Korištenjem različitih talasnih dužina mogu se skalirati

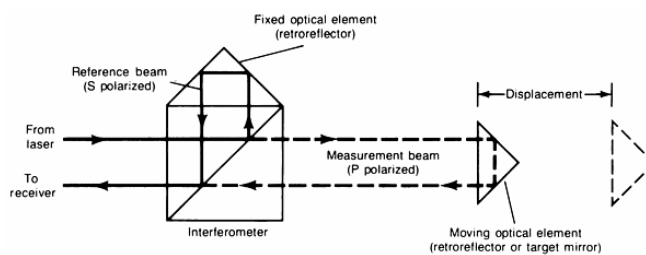
Holografija

- Holografija se koristi za mjerenje deformacija površina
- Posmatra se interferencija između normalne površine i iste površine kad je napregnuta

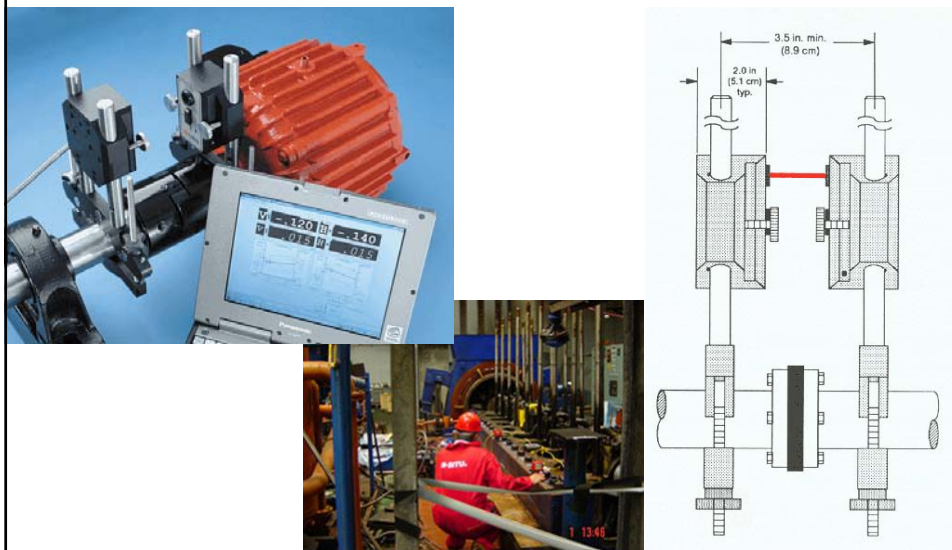


Pozicioniranje i centriranje

- Sistem za podešavanje saosnosti se sastoji od lasera, optike za prelamanje i usmjeravanje svjetlosne zrake, uređaja za mjerenje, prijemnika i elektronike

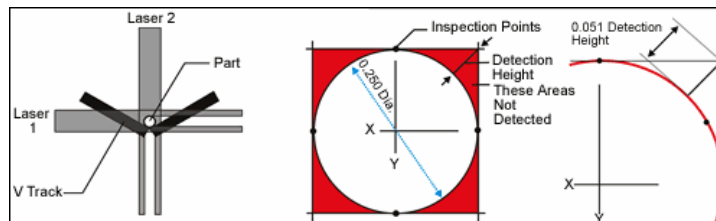


Pozicioniranje i centriranje



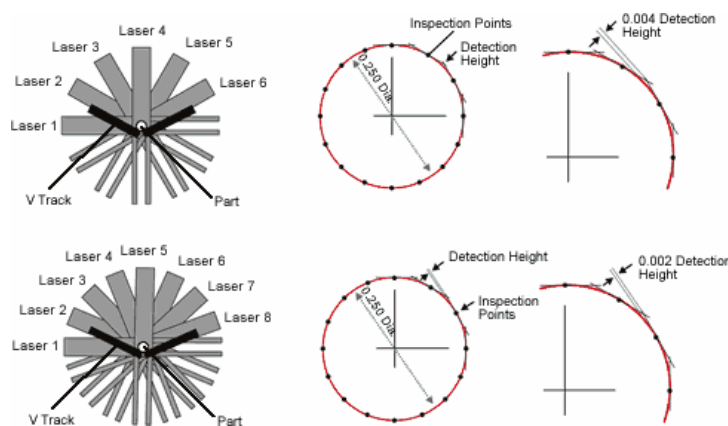
Sortiranje proizvoda

- Lasersko ispitivanje je beskontaktno, tako da nema uticaja na proizvode
- Pored mjerenja dimenzija, laseri se koriste za otkrivanje proizvoda koji ne zadovoljavaju dimenzionalno, položajem ili kvalitetom površine



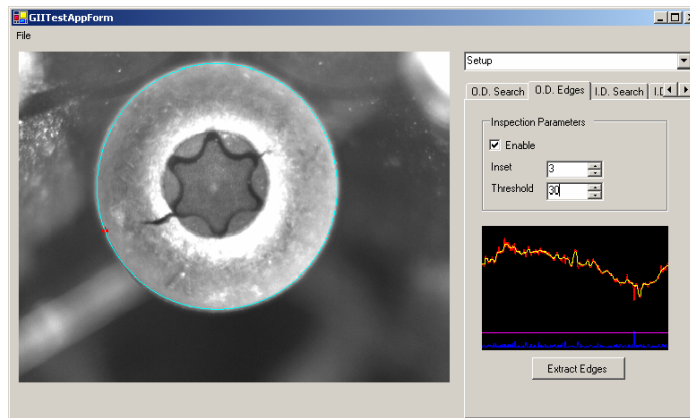
Sortiranje proizvoda

- Veći broj lasera u sistemu znači veće mogućnosti ispitivanja



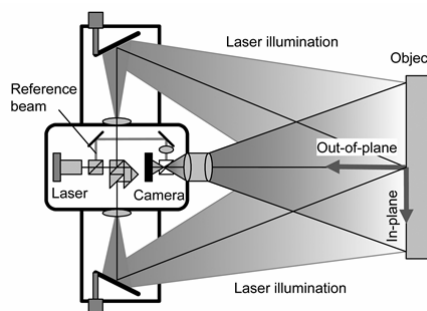
Sortiranje proizvoda

- Primjer upotrebe lasera za mjerenje odstupanja od traženog oblika



ESPI

- Electronic Speckle Pattern Interferometry
- Digitalna video holografska tehnika za beskontaktno mjerenje deformacija
- CCD kamera registruje odbijenu koherentnu svjetlost iz dva lasera



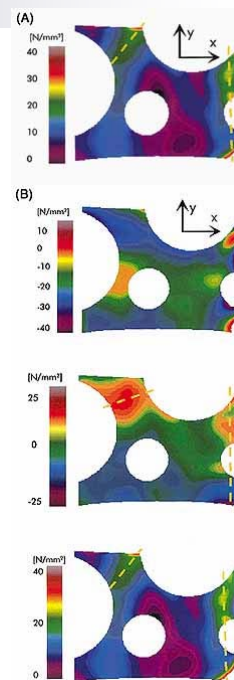
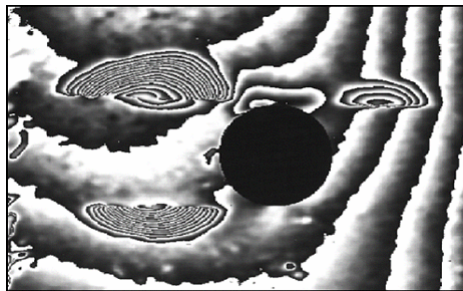
ESPI

- Mogu se vršiti i statička i dinamička mjerenja
- Sistem posebno mjeri deformacije po X, Y i Z osi
- Prostorno stanje naprezanja se izračunava iz komponenti



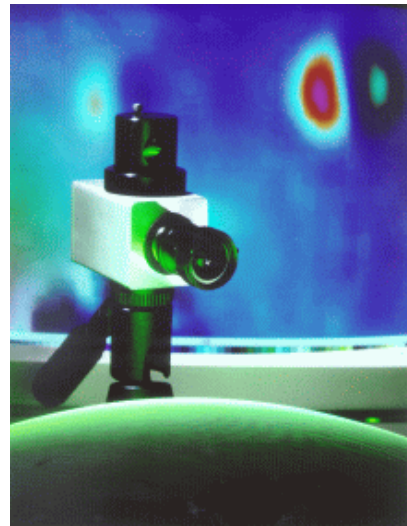
ESPI

- Glavno naprezanje 1
- Glavno naprezanje 2
- Tangencijalno naprezanje
- Von Mises naprezanje



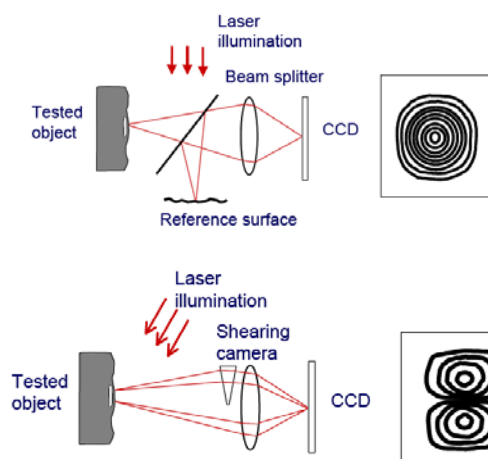
3D optičke metode

- Shearography vs. ESPI
- Opterećenje
- Primjer primjene
- Fotogrametrija
- Visokobrzinsko snimanje
- Optička mjerenja



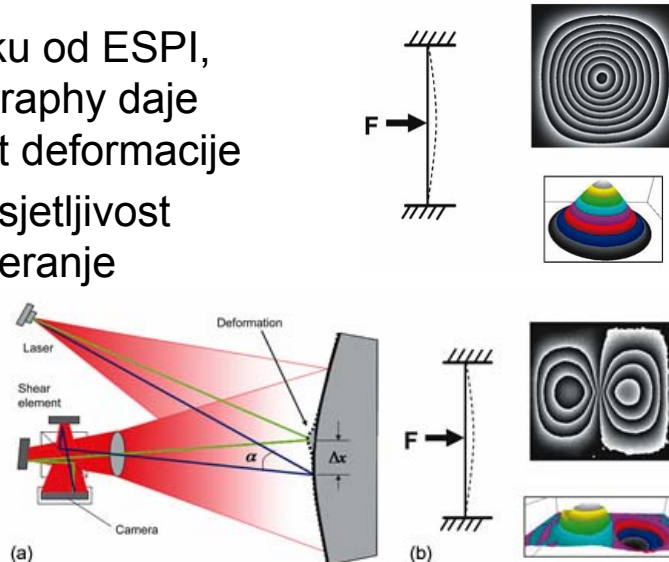
Shearography vs. ESPI

- ESPI koristi interferenciju s referentnom površinom
- Shearography koristi sliku koja je razdvojena nakon refleksije



Shearography vs. ESPI

- Za razliku od ESPI, shearography daje gradijent deformacije
- Manja osjetljivost na pomjeranje

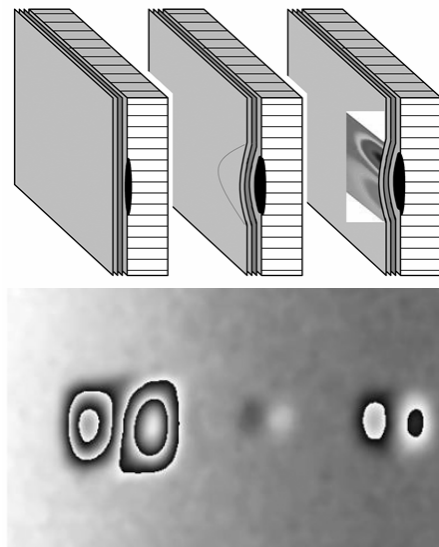


Shearography vs. ESPI

- Iako deformacije mjeri istom osjetljivošću kao i ESPI (30 do 50 nm), shearography ne registruje kruta pomjeranja
- Zato je značajno smanjena osjetljivost na neželjene uticaje okoline (npr. vibracije)
- Zato se shearography koristi za terenska NDT ispitivanja

Shearography vs. ESPI

- Primjer: kad se kompozitna struktura izloži djelovanju toplotnog ili mehaničkog naprezanja, površinski slojevi će se deformisati

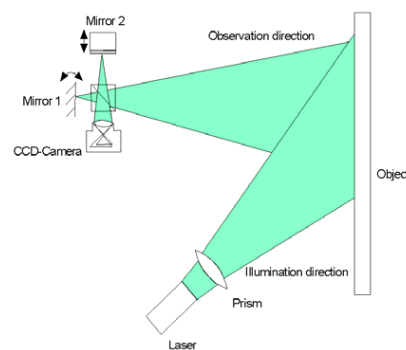


Opterećenje

- Koriste se sljedeće metode za opterećenje ispitivane strukture:
 - ☐ zagrijavanje (za par stepeni)
 - ☐ vakuum (u komori ili portabl)
 - ☐ vibracije (piezo rezonatori)
 - ☐ mehaničko naprezanje
- Shearography se može koristiti u automatskim sistemima i na terenu (portabl setovi za ispitivanje)

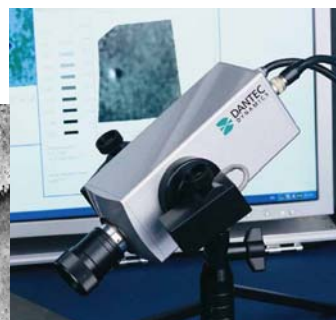
Princip rada

- Laserska zraka osvjetljava objekat koji se ispituje
- Senzor CCD kamerom registruje reflektovano svjetlo
- Optika senzora udvostručuje i reže sliku i formira interferogram



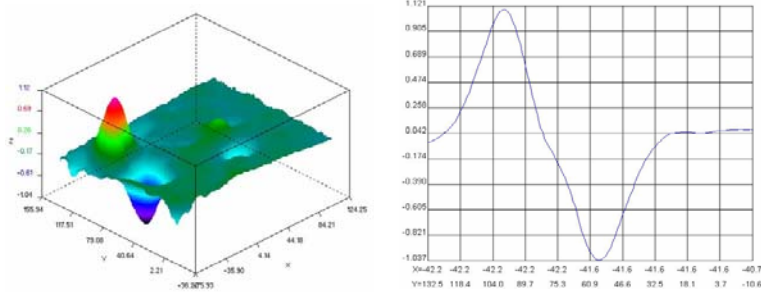
Princip rada

- Interferogram se može formirati samo od koherentnog i divergentnog svjetla koje se reflektuje od difuznu površinu
- Poređenjem interferograma prije i poslije opterećenja, dobija se uzorak sa slikom deformacije



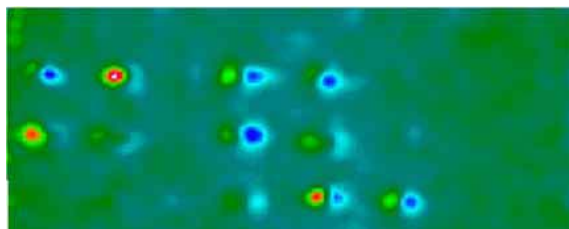
Primjer primjene

- Ispitivanje udarnog oštećenja na metalnoj strukturi
- Prikaz može biti 3D ili 2D (presjek)
- Prikazuje se 1. izvod pomjeranja



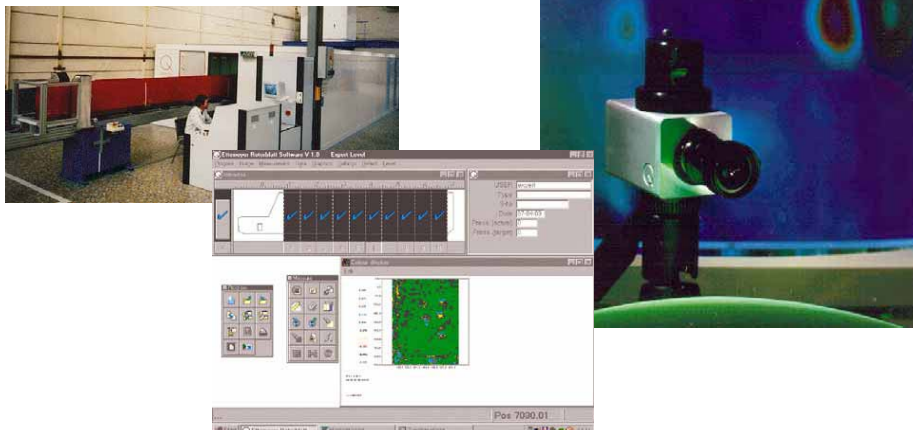
Primjer primjene

- Kompozitna ploča sa aluminijskom jezgrom i oblogom od 2 mm karbonskih vlakana
- Shearography ispitivanje traje oko 2 minute, ultrazvučno traje oko 40 min.



Primjer primjene

- Automatsko ispitivanje helikopterskih elisa u vakuumskoj komori



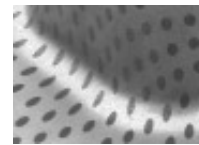
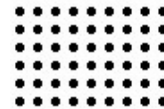
Primjer primjene

- Prenosivi sistem za ispitivanje na terenu

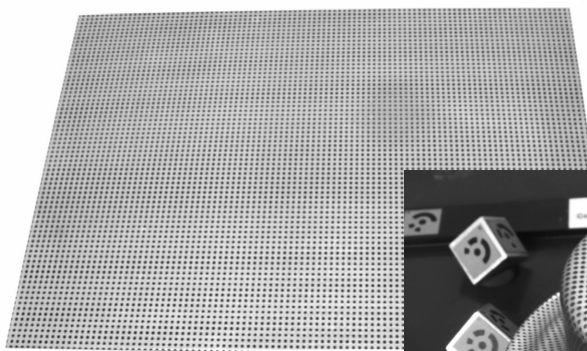


Fotogrametrija

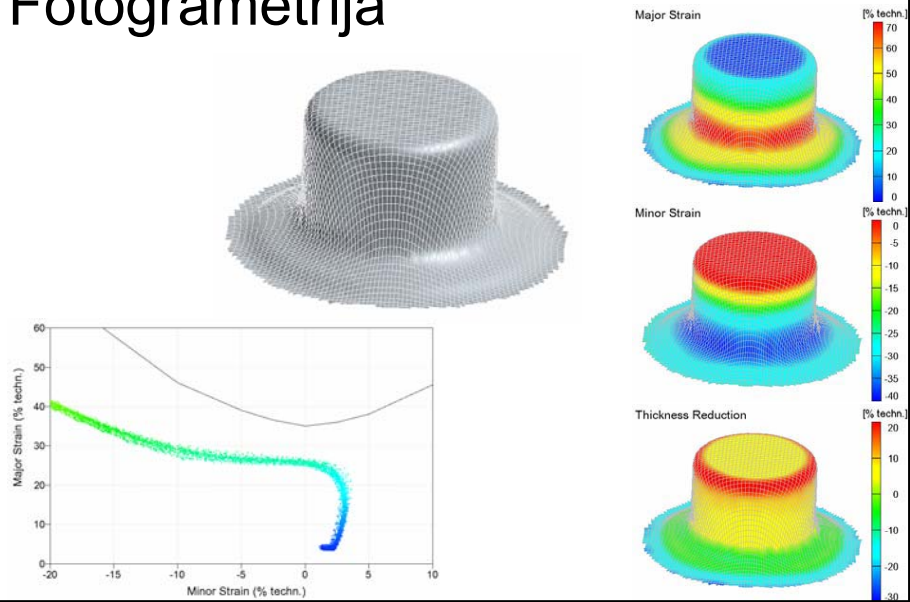
- Tehnika mjerenja objekata (2D ili 3D) iz slika dobivenih video kamerama ili skenerima
- Objekt se prije snimanja označi nizom linija ili tačaka
- Nakon toga se izloži deformaciji, a onda se snimaju novi položaji referentnih linija/tačaka



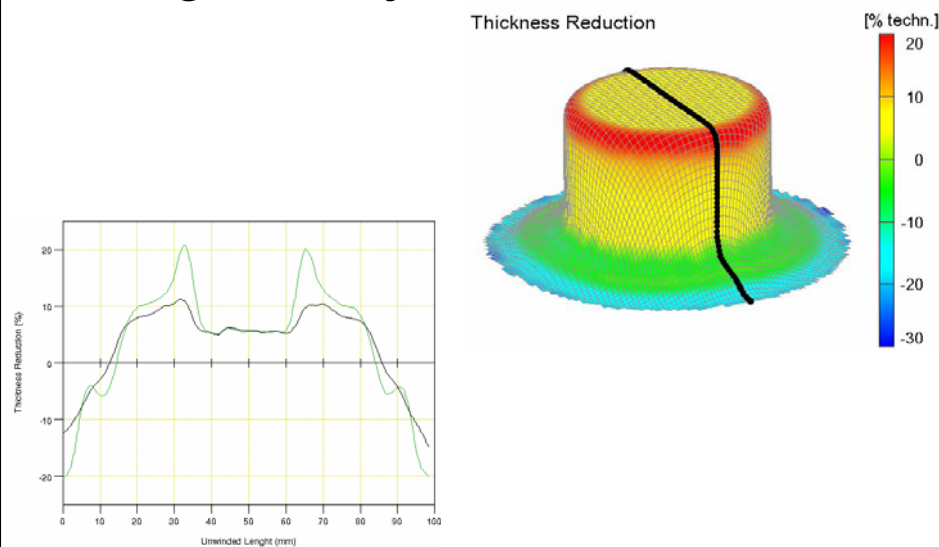
Fotogrametrija



Fotogrametrija



Fotogrametrija



Fotogrametrija



Visokobrzinsko snimanje

- Ispitivanje materijala i komponenti korištenjem kamera velike brzine snimanja

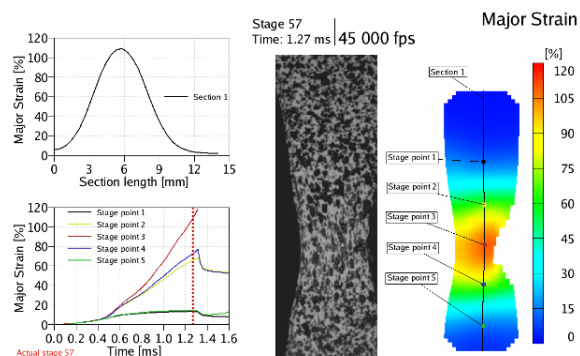


Visokobrzinsko snimanje

- Crash testovi u automobilske industriji i dinamičko ispitivanje drugih proizvoda doveli su do potrebe za novim eksperimentalnim metodama
- Beskontaktno lasersko mjerenje je našlo svoju primjenu u ovom području zahvaljujući svojoj brzini
- Koriste se CMOS kamere brzine od 1 do 3 (i do 50) kHz, rezolucije oko 1 megapiksela

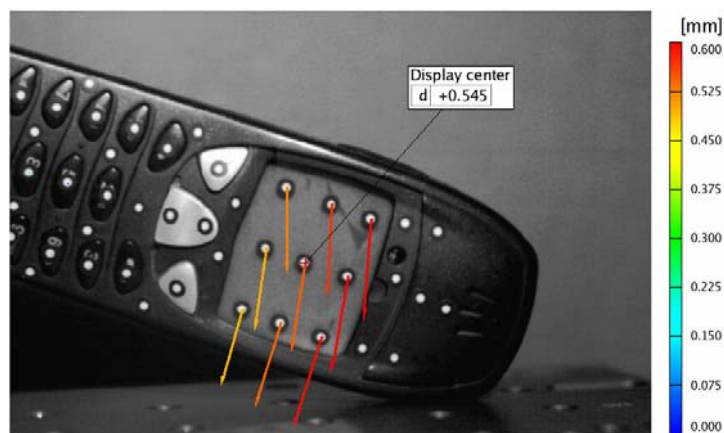
Visokobrzinsko snimanje

- Ispitivanje epruvete na zateznu čvrstoću (45000 slika u sekundi)
- Prekid od 1,3 ms je snimljen u 60 koraka



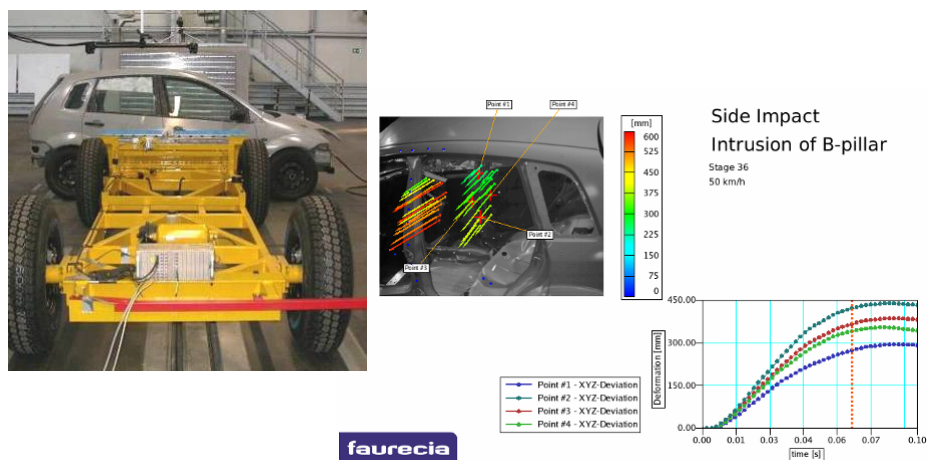
Visokobrzinsko snimanje

- Ispitivanje mobitela na pad (7000 slika u sekundi)



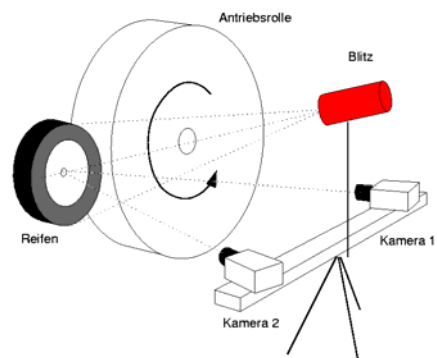
Visokobrzinsko snimanje

- Crash test na bočni sudar



Visokobrzzinsko snimanje

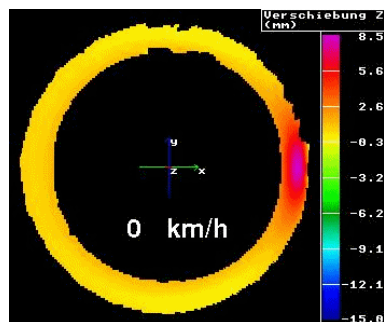
- Analiza deformacija gume projektovanjem linija



Visokobrzzinsko snimanje

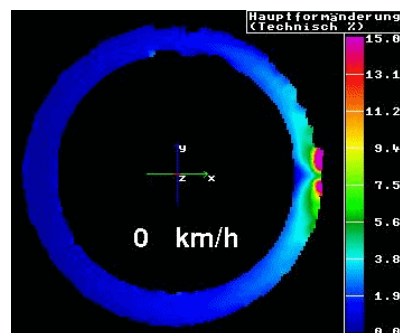


Visokobrzinsko snimanje



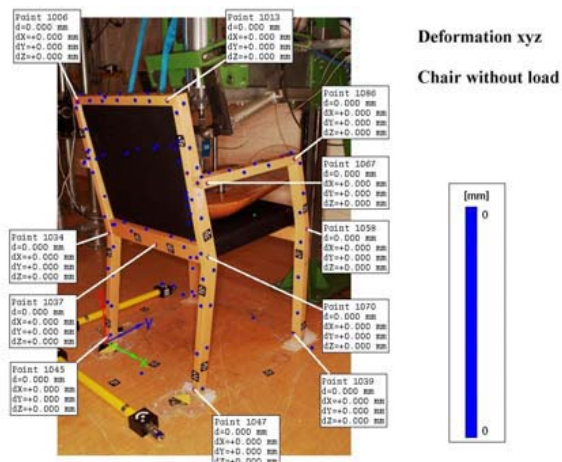
■ Pomjeranje u z-osi

■ Glavno naprezanje



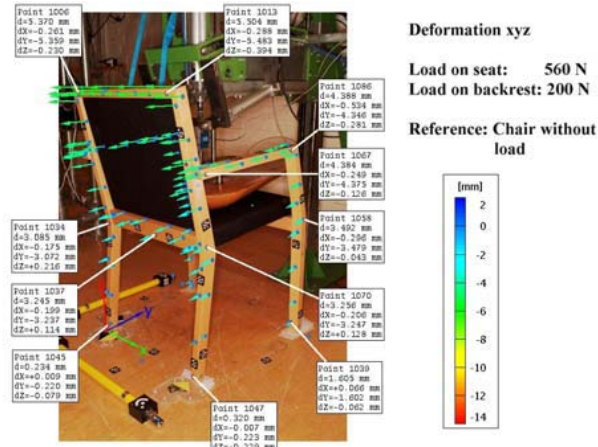
Optička mjerenja

■ Mjerenje deformacija namještaja optičkim metodama



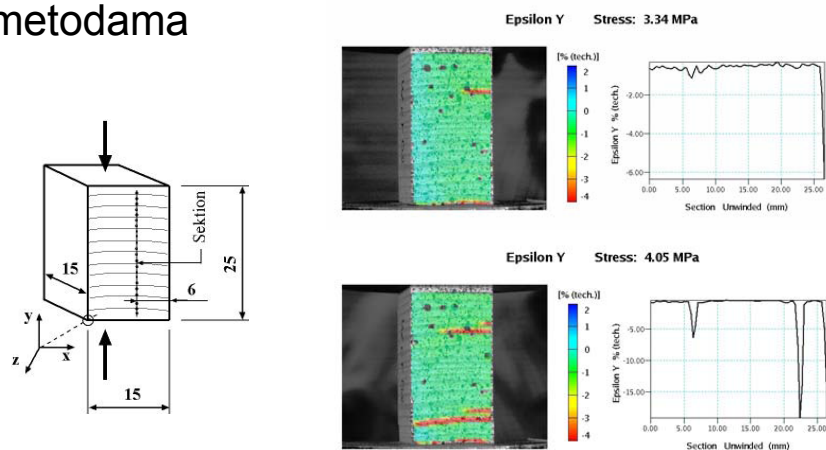
Optička mjerenja

■ Mjerenje deformacija namještaja optičkim metodama



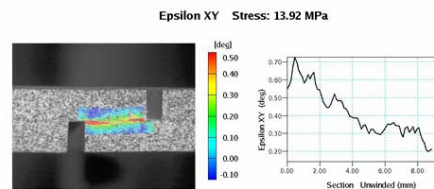
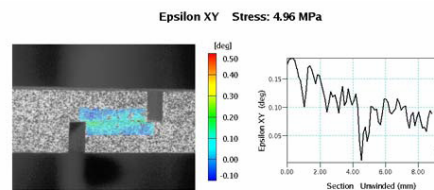
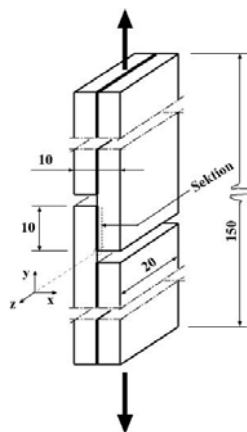
Optička mjerenja

■ Ispitivanje osobina drveta optičkim metodama



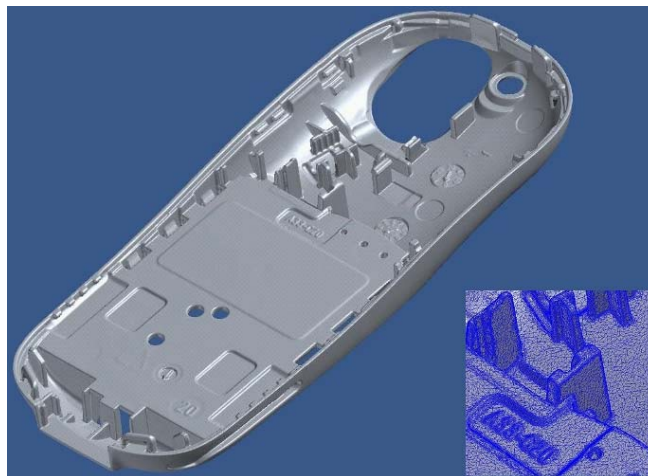
Optička mjerenja

- Ispitivanje osobina lijepljenog spoja optičkim metodama



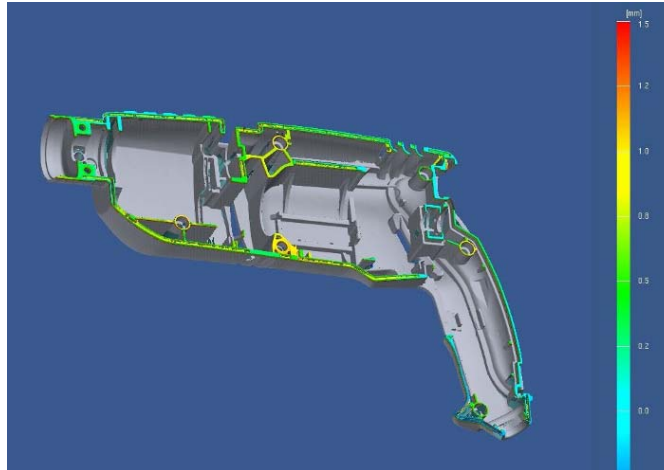
Optička mjerenja

- 3D digitalizacija i provjera dimenzija



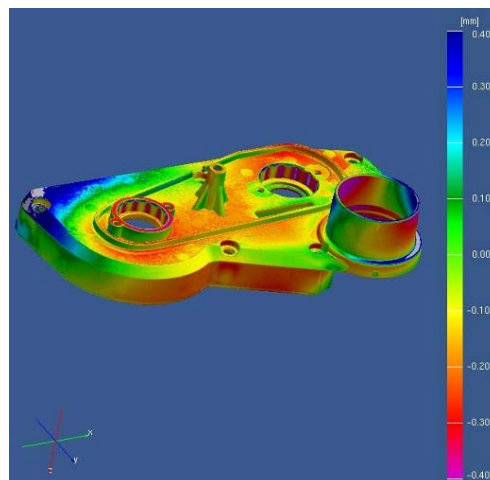
Optička mjerenja

- 3D digitalizacija i provjera dimenzija



Optička mjerenja

- 3D digitalizacija i provjera dimenzija



Optička mjerenja

■ 3D digitalizacija i provjera dimenzija

