

# Modelování a experimentální zjišťování mechanických vlastností nelineárních materiálů

Biomechanika a lékařské přístroje

Projekt II

Lukáš Horný



Laboratoř biomechaniky člověka  
Ústavu mechaniky Fakulty strojní  
ČVUT v Praze

Cvičná úloha

# Optické zjišťování posuvů Korelace digitálních obrazů

Snímače polohy

Extenzometry

Mechanické

Elektrické

RTG

Optické

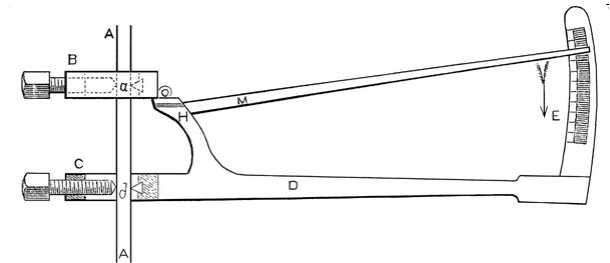
# Mechanické

- Připojitelné k trhacímu stroji

vždy jsou kontaktní  
(což může vadit u velmi poddajných materiálů)

Poskytují pouze globální (zprůměrovanou)  
informaci o posuvech vzorku

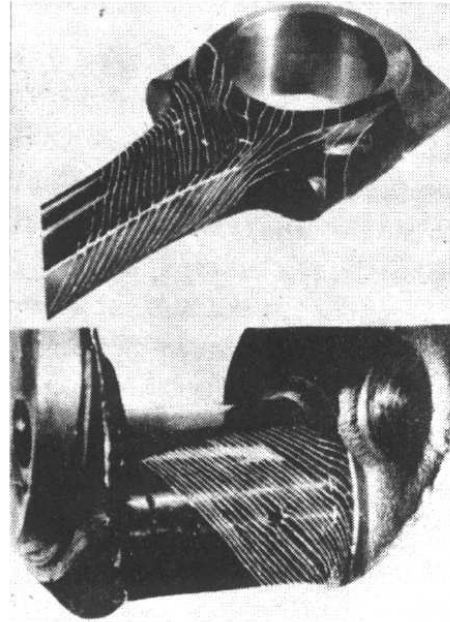
Dnes v podstatě nelze  
hovořit o čistě  
mechanických...



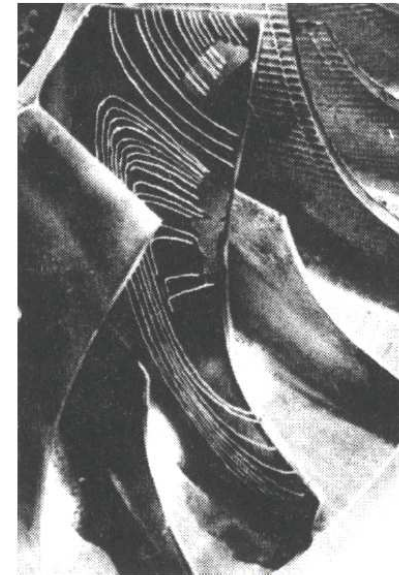
# Mechanické

## ■ Křehké laky

... když přilnavost laku je větší než soudržné síly laku...



Obr. 3.3



Obr. 3.4



# Elektrické (odporové)

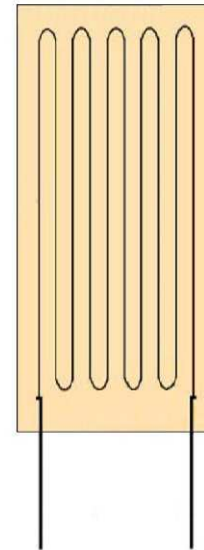
## ■ Tenzometry

Kovové vs. polovodičové

vždy jsou kontaktní  
(což může vadit u velmi poddajných materiálů)

Lze je považovat za lokální informaci, je-li  
rozměr vzorku řádově větší

Na vzorek lze umístit více tenzometrů

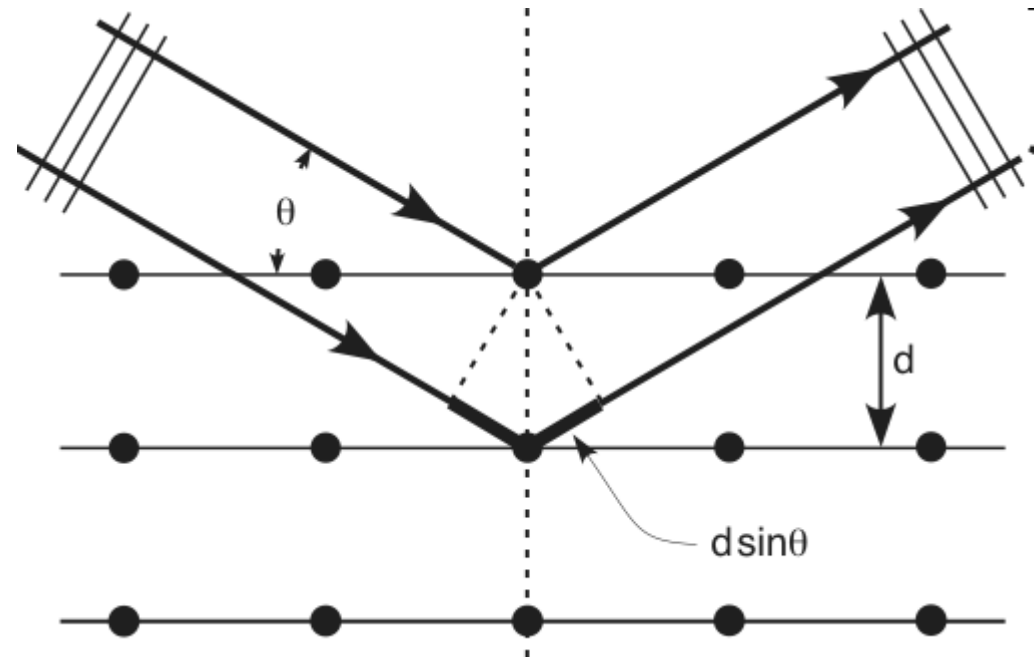


JEDNOPRVKOVÉ	500AF	500BH	750DT	125MW
DVOJPRVKOVÉ	250TA	250TD	250WT	250NA
TROJPRVKOVÉ	250RA	250YA	250WY	015RJ
ŠTVORPRVKOVÉ	250US	120NB	060MZ	455JC

# RTG

## ■ RTG difrakce

Rozptyl RTG záření umožňuje rekonstruovat posuvy krystalové mřížky



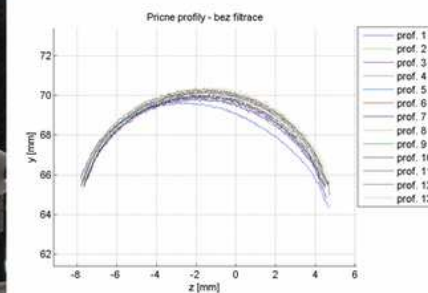
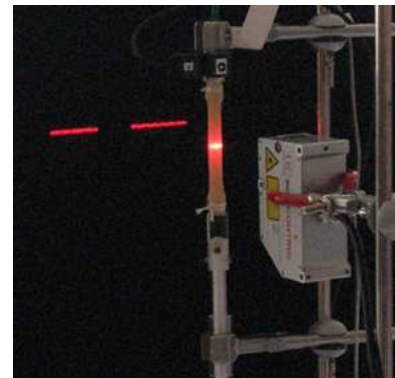
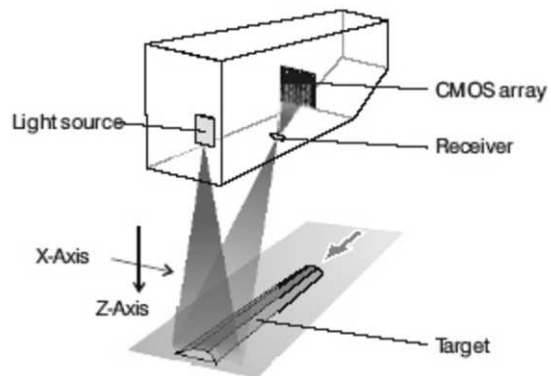
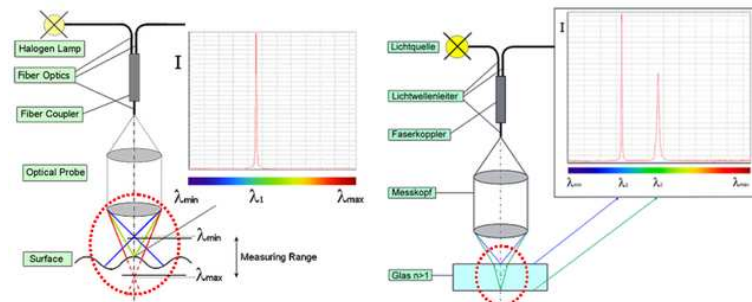
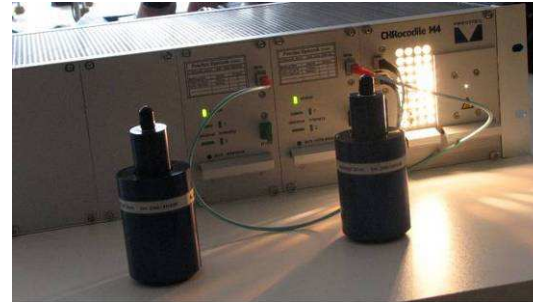
# Optické

## ■ Snímače polohy

Obyčejně nesledují materiálový bod jsou-li založeny na principu vyslaného/odraženého paprsku

Laserové sondy

Světelné konfokální sondy



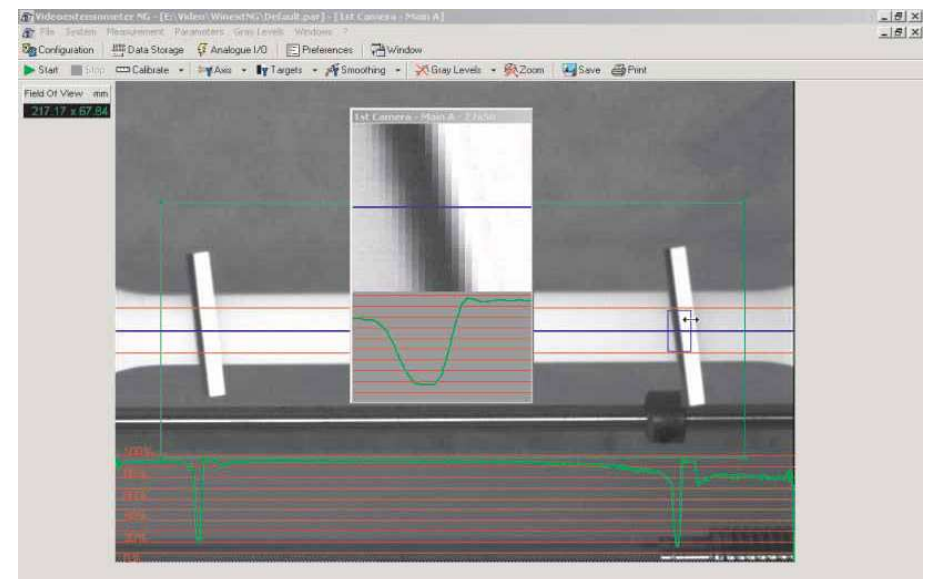


# Optické

## ■ Video-extenzometry

Ačkoliv bezkontaktní, informace z nich získané budou v zásadě stejné jako z mechanických extenzometrů

Vhodné pro poddajné materiály





# Optické

## ■ Korelace digitálního obrazu

Je fotogrammetrická metoda pro určování polohy, posuvů a deformací na povrchu objektů (v digitálních obrazech)

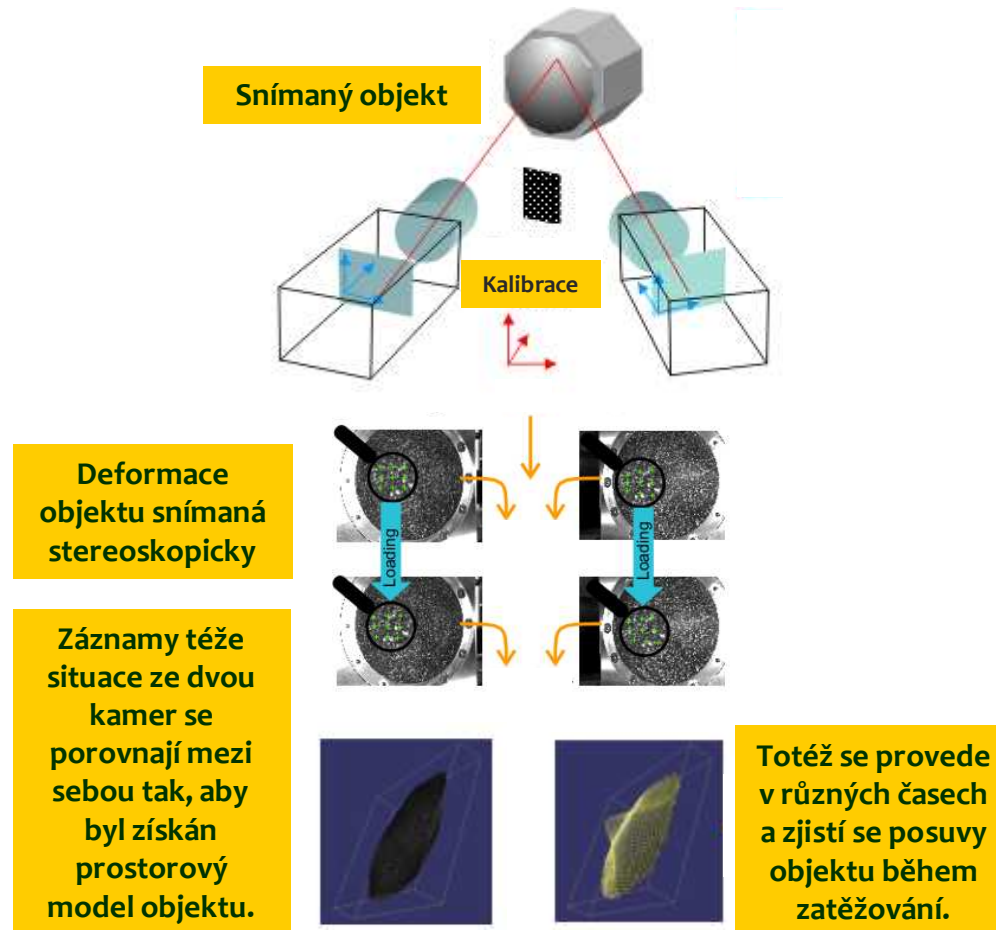
**Dva obrazy jednoho objektu, který obsahuje stochasticky skvrnitý povrchový vzor, lze spolu porovnat tak, abychom určili změny polohy které nastaly při přechodu od prvního obrazu k druhému (čili v průběhu deformace objektu).**

Klíčové pro metodu jsou:

**Vlastnosti povrchu – diskretizace – korelace**

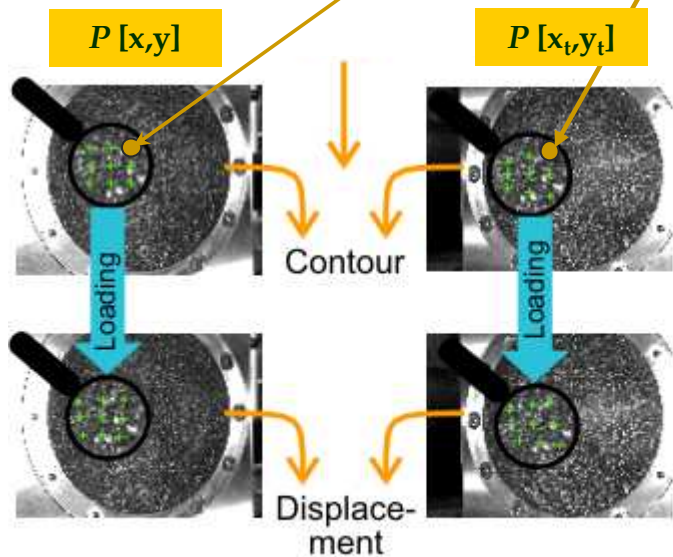
# Digitální korelace

## ■ Princip



# Digitální korelace

## ■ Princip

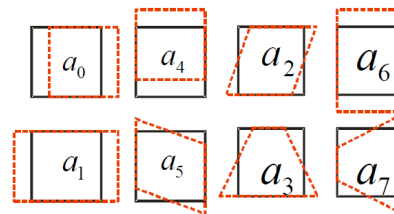


Materiálový bod  $P$

Souřadnice  $P$  na dvou různých obrazech

$$x_t(a_0, a_1, a_2, a_3, x, y) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy$$

$$y_t(a_4, a_5, a_6, a_7, x, y) = a_4 + a_5x + a_6y + a_7xy$$



Transformace stupňů šedi v okolí  $P$  mezi dvěma obrazy

$$G_T(x, y) = g_0 + g_1 G_2(x_t(x, y), y_t(x, y))$$

Korelace obrazů je založena na nalezení parametrů

$a_0, a_1, \dots, a_7, g_0, g_1$

$$\min_{a_0, \dots, a_7, g_0, g_1} \sum_{x, y} \|G_1(x, y) - G_T(x, y)\|$$

# Digitální korelace

- Aplikace – Ex vivo implantace stentu

