

Historie velkých havárií - vývoj v oblasti zkoušení materiálů a studia mezních stavů

Motto:

**No man is civilised or mentally adult until he realises that the
past, the present, and the future are indivisible.**

Pravěký člověk

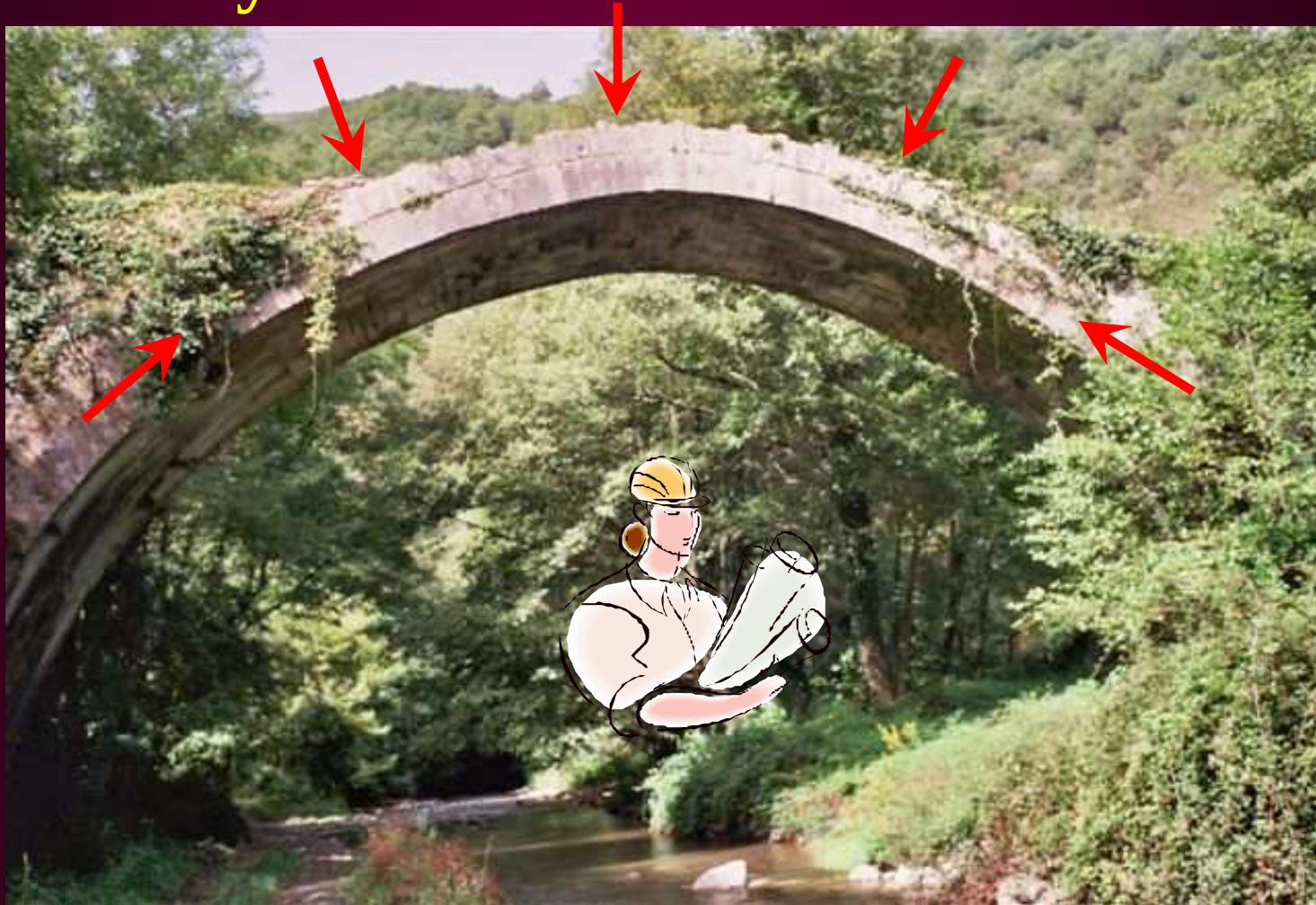


- Potrava – nástroje
- Zbraně, dobývání světa
- Doprava - železnice, mosty
- Zvyšování výkonnosti člověka
- Poruchy a havárie

19. stol

Historie

- Pravěký člověk
- Starověký Řím





10:17

Historie

- **Pravěký člověk**

- **Starověký Řím**

konstruktér pod mostem, keramické kompozity

- **Období 1 500 - 1700**

- **technický pokrok**

hráze, kanály, pumpy, dalekohledy

- **nově používané konstrukční materiály**

kámen, cihla, bronz, litina a svářkové železo

- **pokrok ve zkoušení**

tahové zkoušky drátů (Leonardo da Vinci),
zkoušení nosníků (Galileo Galilei),
zkoušení pružin (R. Hooke)

- **poruchy, havárie**

???

Období 1700 - 1800

➤ **technický pokrok**

parní stroj, mosty z litiny

➤ **nově používané konstrukční materiály**

kujná temperovaná litina

➤ **pokrok ve zkoušení**

zkoušky krutem, smykem;

výpočet pevnosti nosníku

namáhaného ohybem- Aug. Columb

➤ **poruchy, havárie**

??? – stále není možné vysvětlovat
natož predikovat poruchy (havárie)

Období 1800 - 1900

➤ technický pokrok

železnice, zavěšené mosty, spalovací motor

➤ nově používané konstrukční materiály

portlandský cement, vulkanizace gumy

Bessemerova

➤ pokrok ve zkouškách

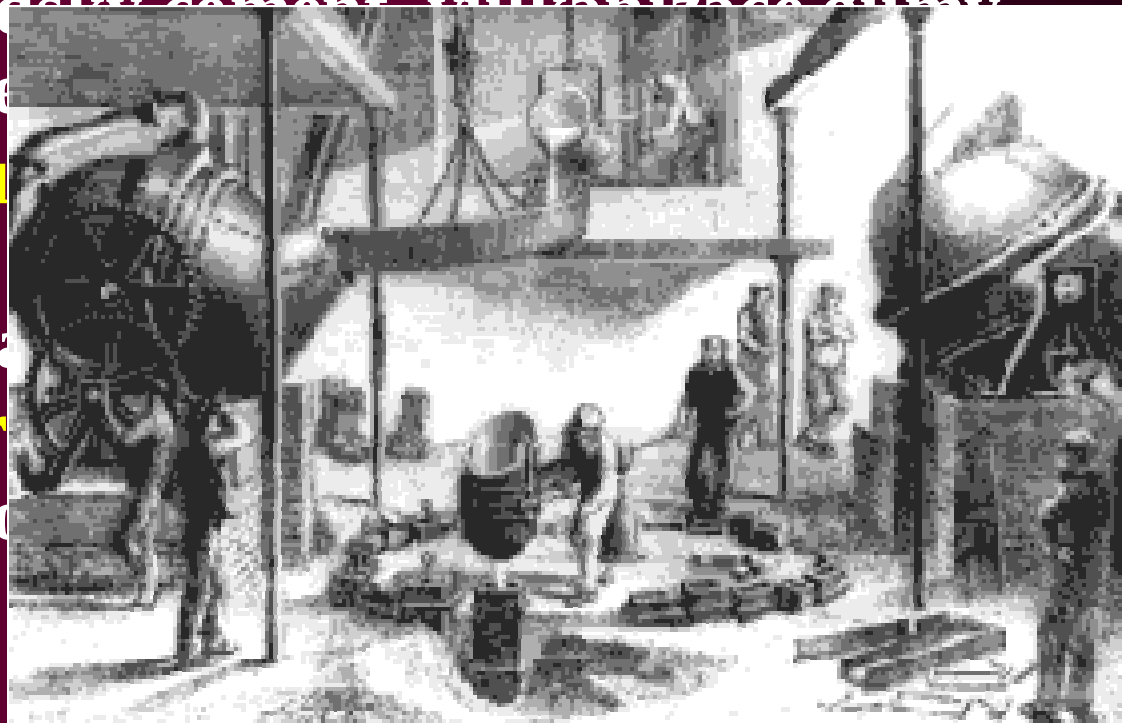
únava -

univerzální

➤ poruchy, havárie

parní kotle

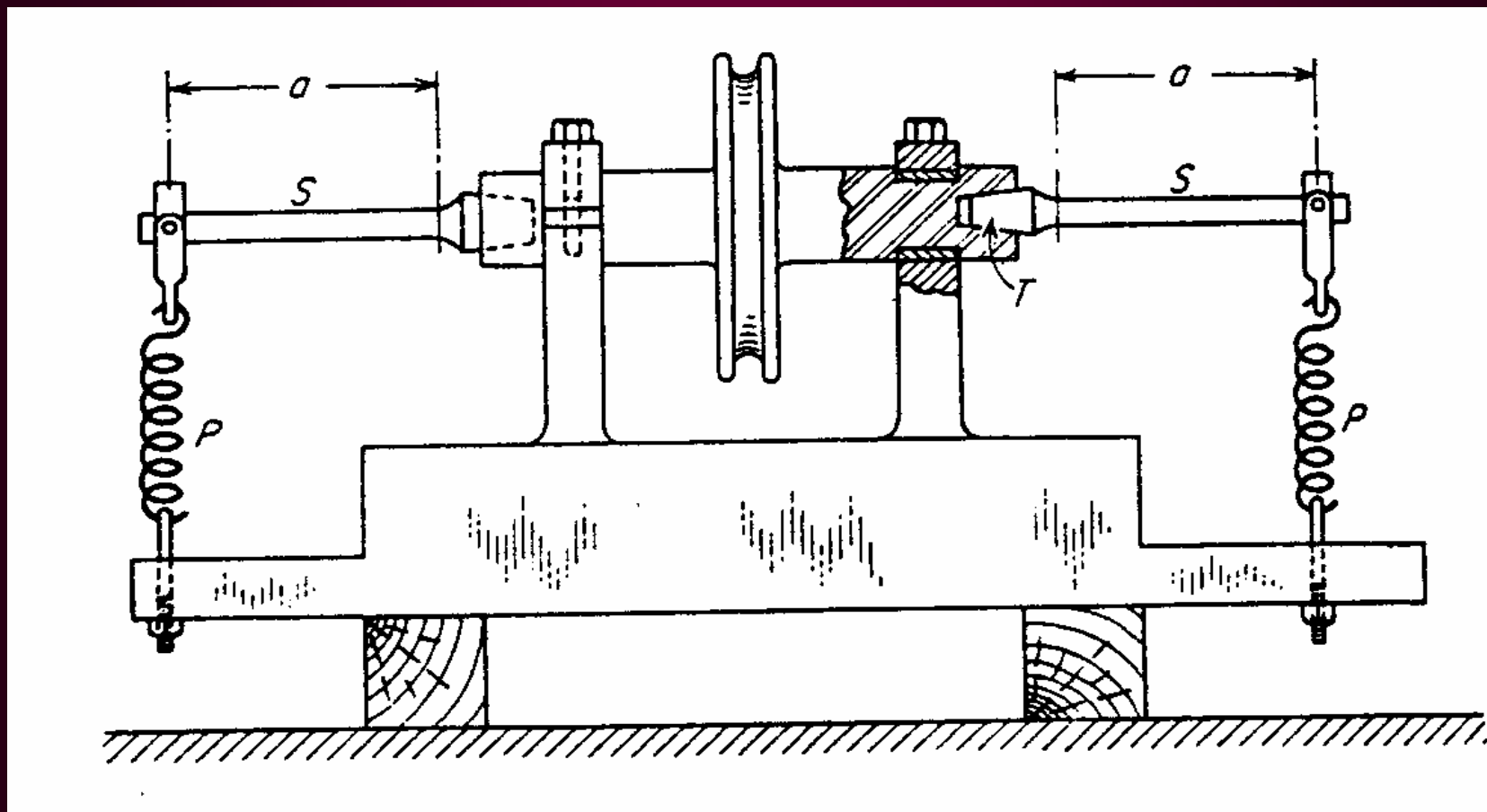
mosty



10:17 The American Society for Testing and Materials, 1898

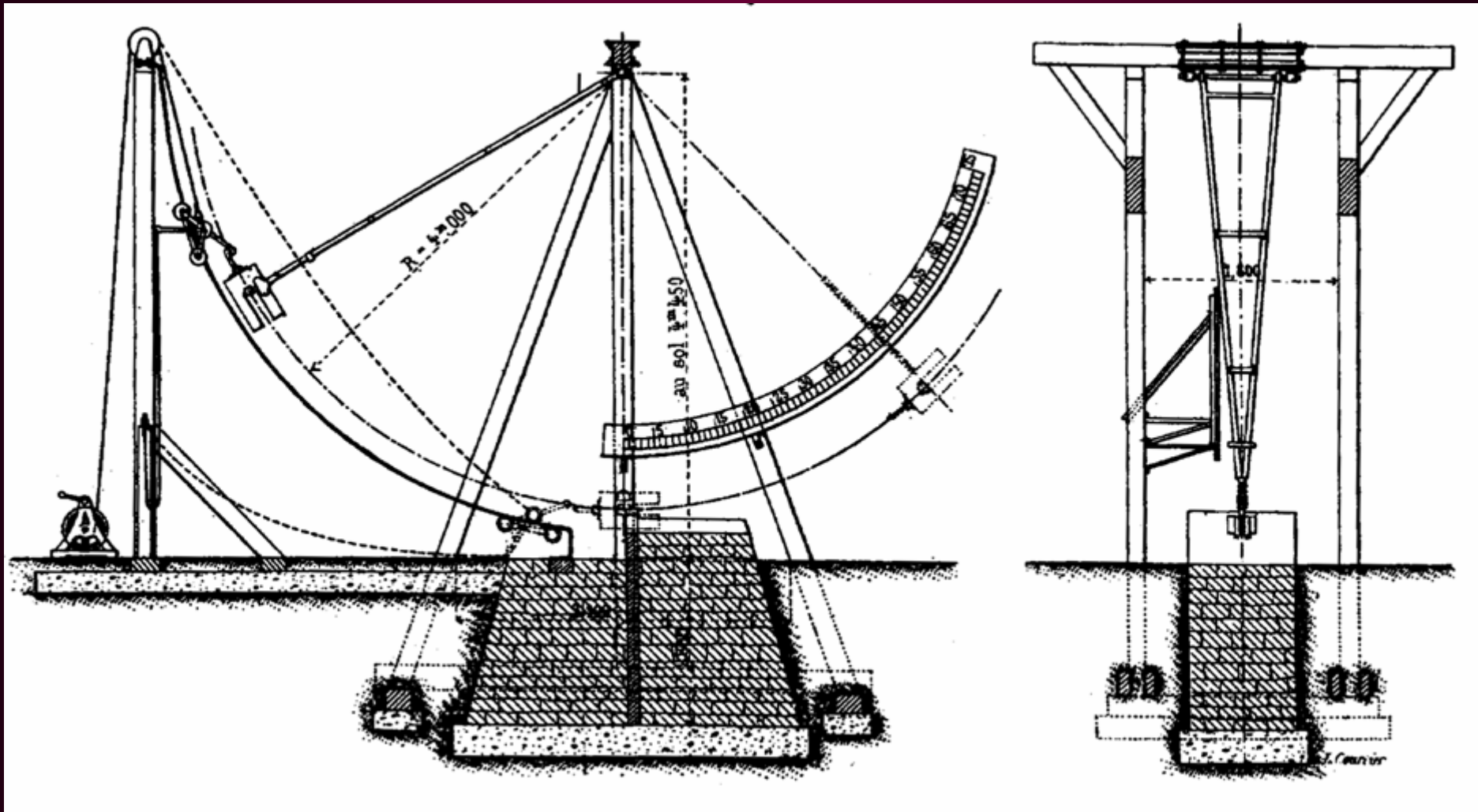
Období 1800 - 1900

únava – Wöhler:



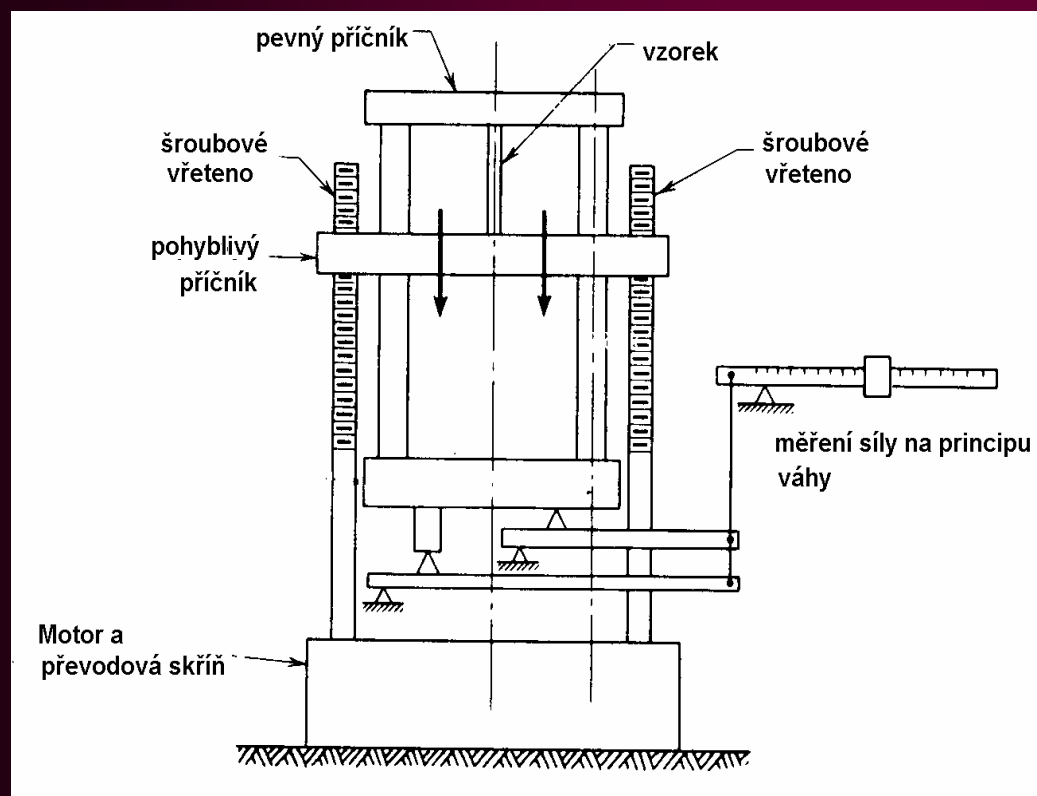
Období 1800 - 1900

houževnatost – Charpy:



Období 1800 - 1900

univerzální zkušební stroj (sklonná váha)



Období 1900 - 1920

➤ **technický pokrok**

elektřina, motorové letadlo, elektronka

➤ **nově používané konstrukční materiály**

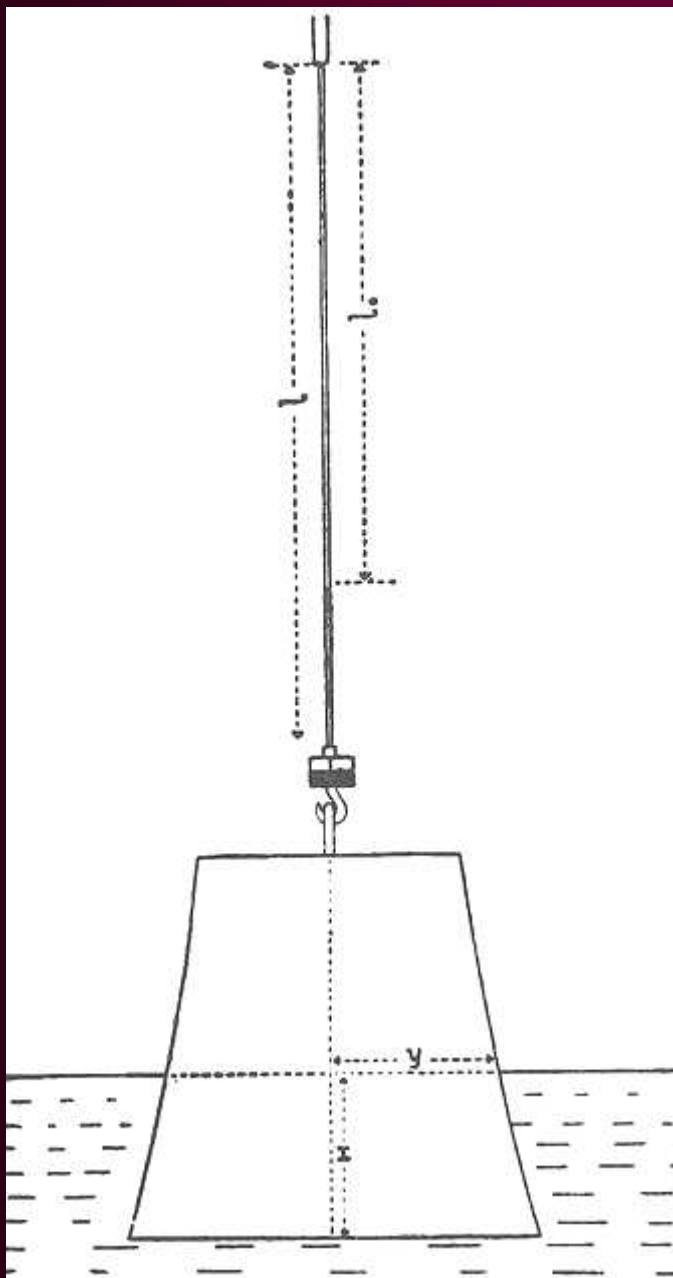
legované oceli, hliníkové slitiny, syntetické plasty

➤ **pokrok ve zkoušení**

tvrdost - Brinell, rázová zkouška - Charpy, creep - Andrade

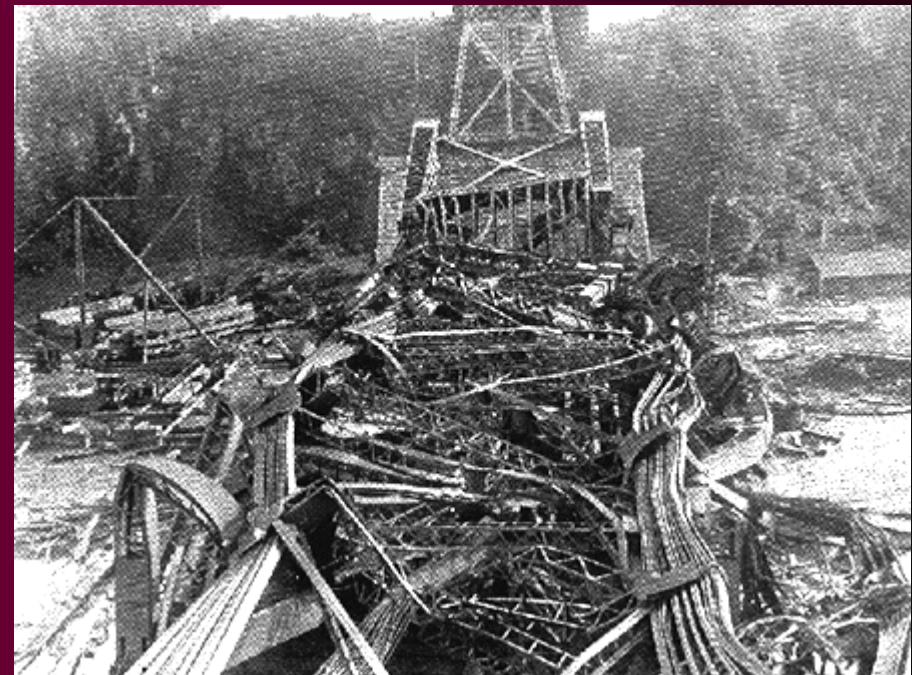
➤ **poruchy, havárie**

most v Quebecu, zásobník na melasu v Bostonu



Andradeho zkouška
tečení při konstantním
skutečném napětí během
rovnoměrné deformace
zkušebního tělesa

most v Quebecu



Období 1920 - 1940

- **technický pokrok**

plynová turbína, snímač deformace

- **nově používané konstrukční materiály**

nerezavějící ocel, karbid wolframu

- **pokrok ve zkoušení**

lom - Griffith

- **poruchy, havárie**

železniční kola, kolejnice

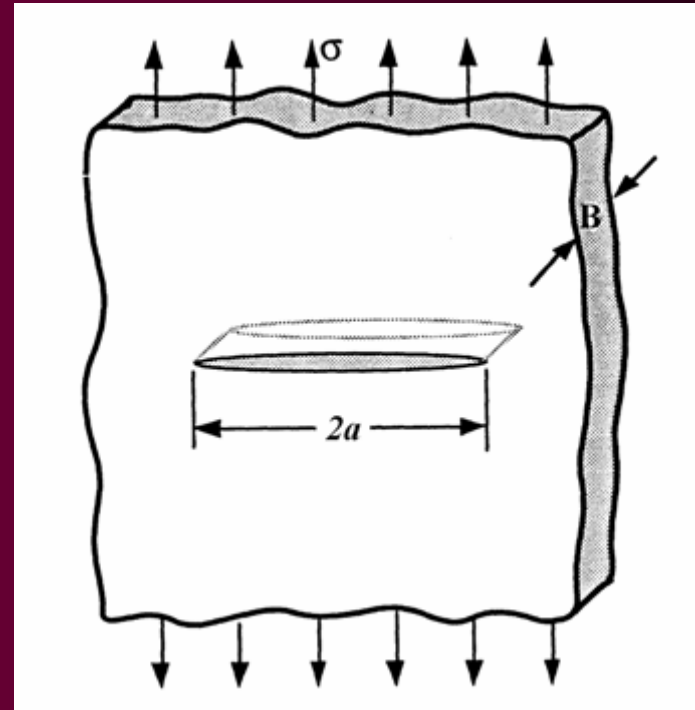
Období 1920 - 1940

Griffith

- energetická bilance (zákon zachování energie)
- nekonečně velká deska zatížená konstantním napětím
- práce spojená s přírůstkem lomové plochy uhrazena elastickou energií uvolněnou v okolí rostoucí trhliny

$$-\frac{dW_{el}}{dA} = \frac{dW_s}{dA}$$

$$\sigma_f = \left(\frac{2 \cdot E \cdot \gamma_s}{\pi \cdot a} \right)^{1/2}$$



Období 1940 - 1960

➤ **technický pokrok**

řízená jaderná reakce, tryskové letadlo,
tranzistor, počítač, Sputnik

➤ **nově používané konstrukční materiály**

slitiny Ni, slitiny Ti, sklolaminát

➤ **pokrok ve zkoušení**

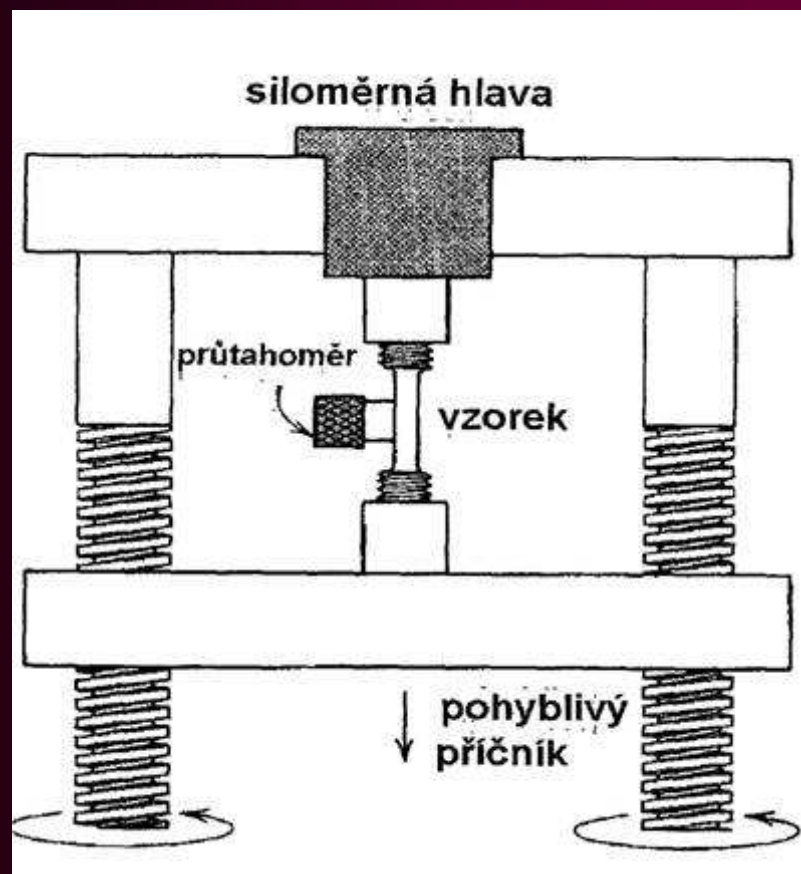
elektronický zkušební stroj, nízkocyklová
únava - Coffin, lomová mechanika - Irwin

➤ **poruchy, havárie**

lodě Liberty, letadla Comet,
turbogenerátory

Období 1940 - 1960

elektronický zkušební stroj



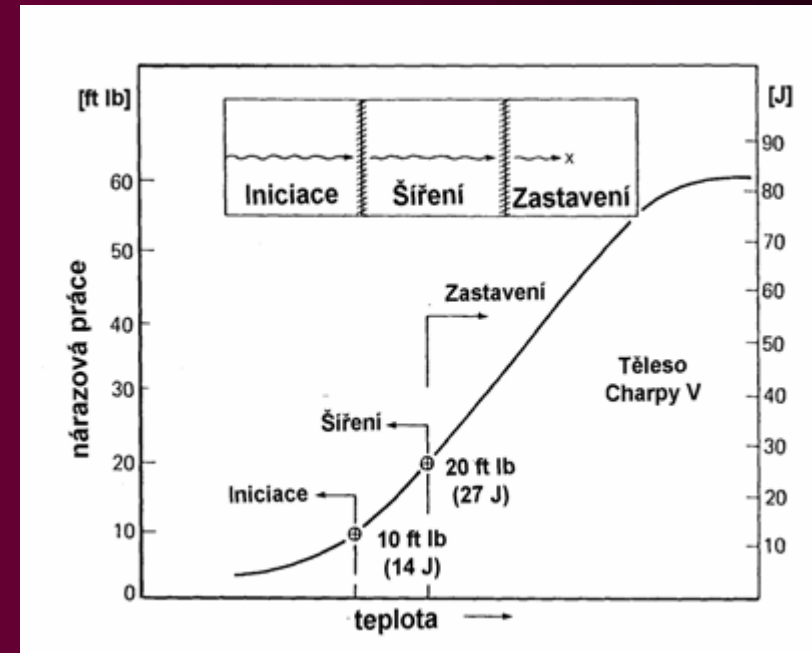
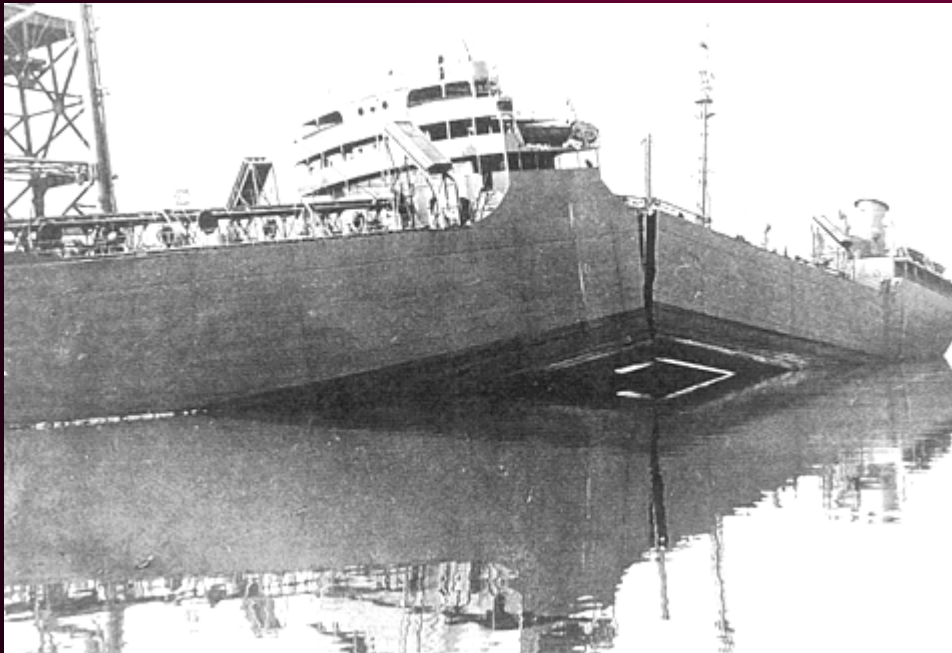
10:17



17

Období 1940 - 1960

havárie lodí Liberty



1943 – celosvařované trupy lodí Liberty

celkem 2 700 lodí, 400 poškozeno křehkým lomem, 90 vážně a 20 zcela zničeno

Naval Research Laboratory in Washington D.C. - Čabelka

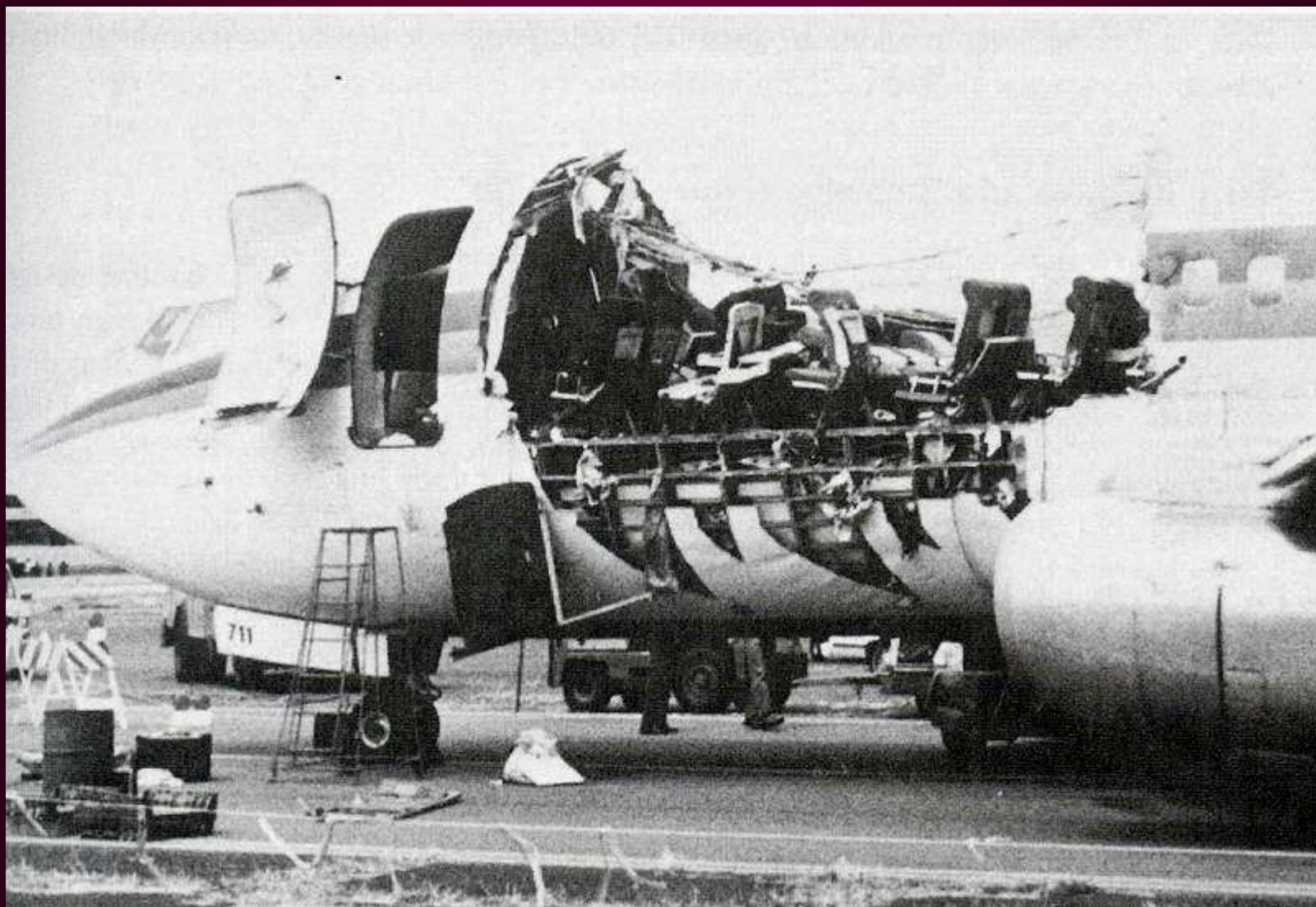
Období 1940 - 1960

letadlo Comet, 1953-1955



Období 1940 - 1960

letadlo Comet, 1953-1955



Období 1940 - 1960

turbogenerátor



10:17

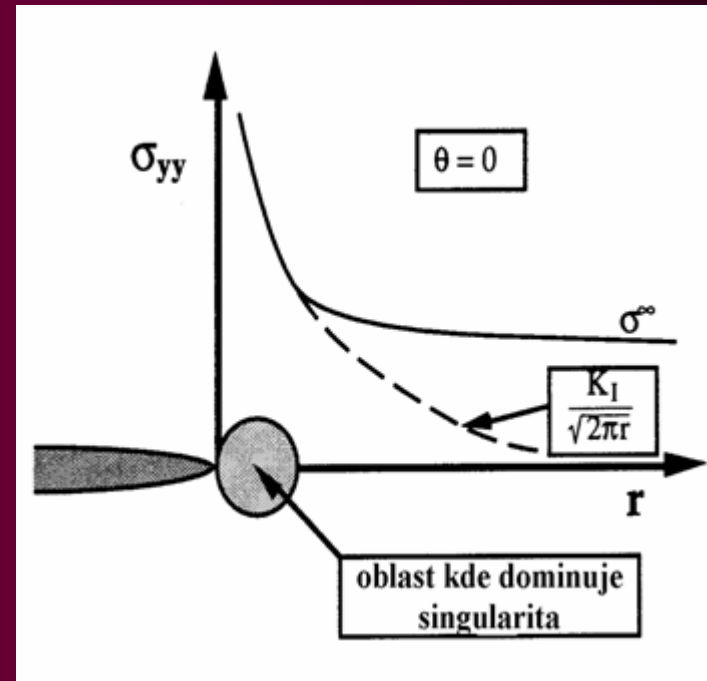
21

Období 1940 - 1960

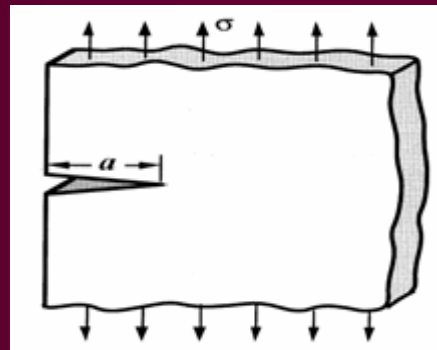
Irwin – počátky lomové mechaniky

$$k\sqrt{2\pi} = K_I$$

faktor intenzity napětí
lomová houževnatost
hnací síla trhliny
odpor trhliny proti šíření

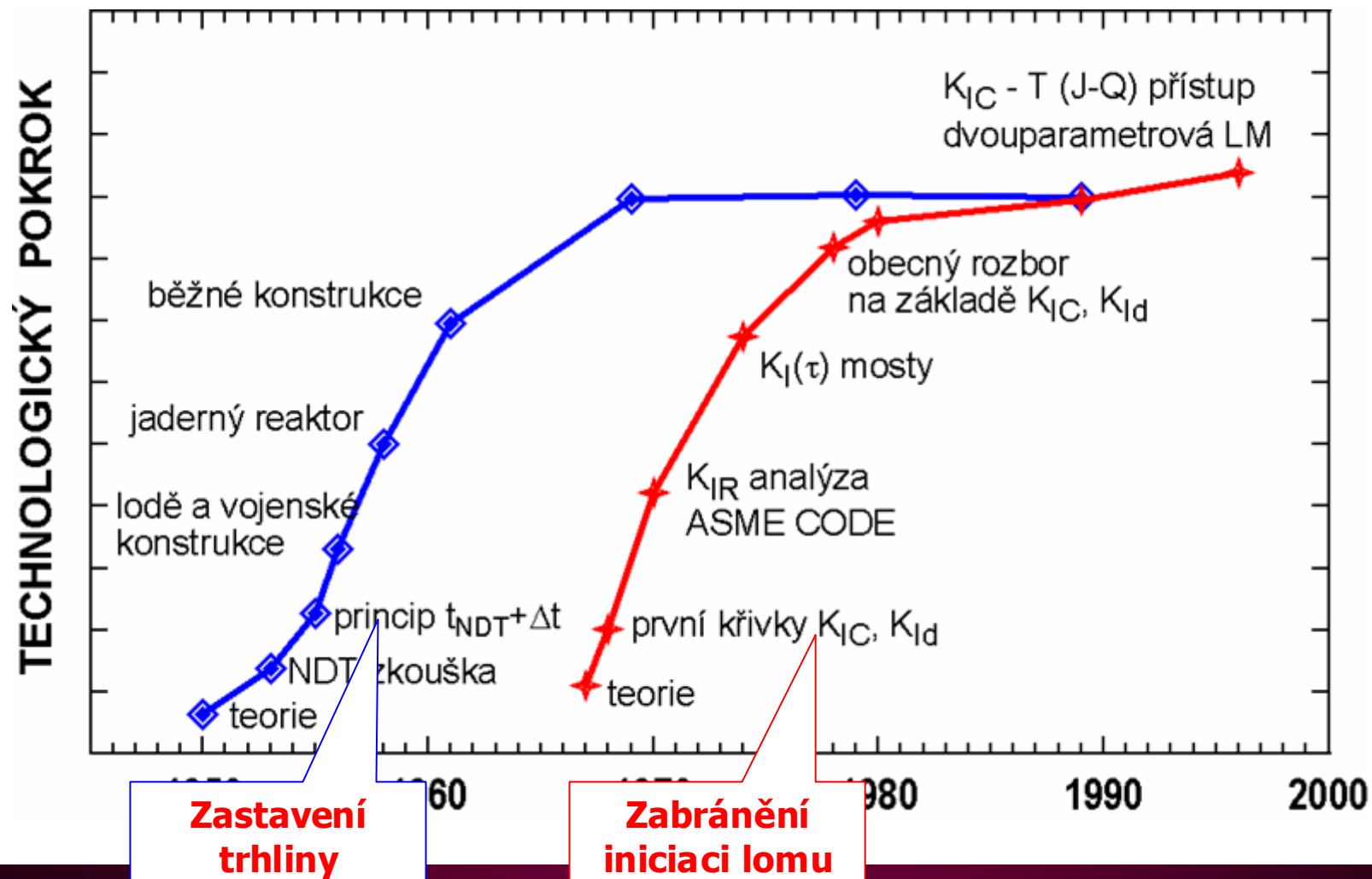


$$K_I = \sigma\sqrt{\pi a}$$



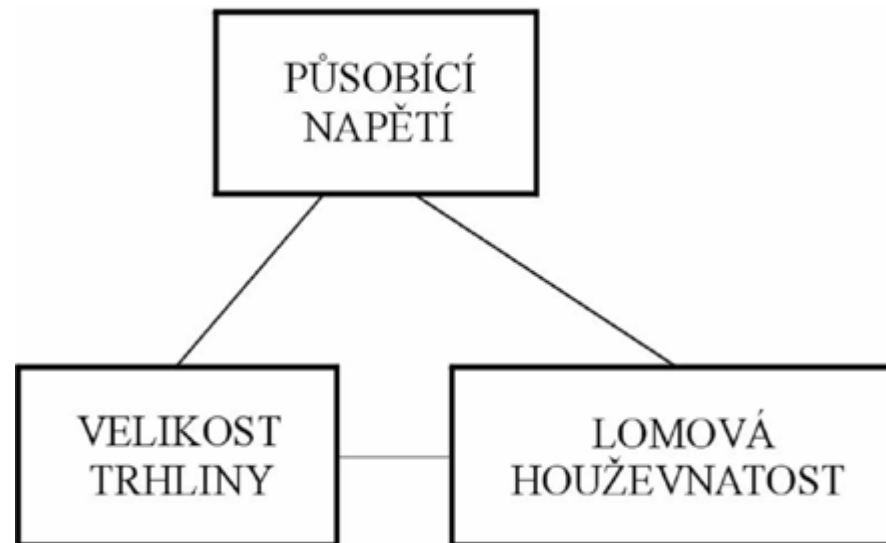
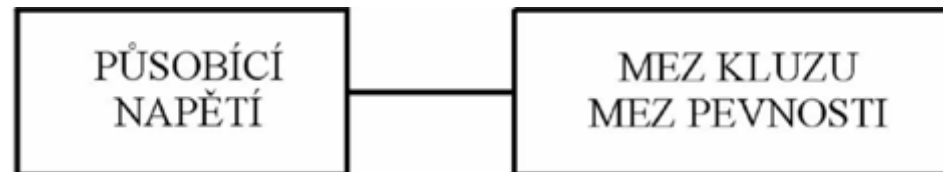
Období 1940 - 1960

počátky lomové mechaniky



Období 1940 - 1960

počátky lomové mechaniky



Období 1960 - 1980

➤ **technický pokrok**

laser, mikroprocesor, přistání na Měsíci

➤ **nově používané konstrukční materiály**

HSLA oceli, kompozity

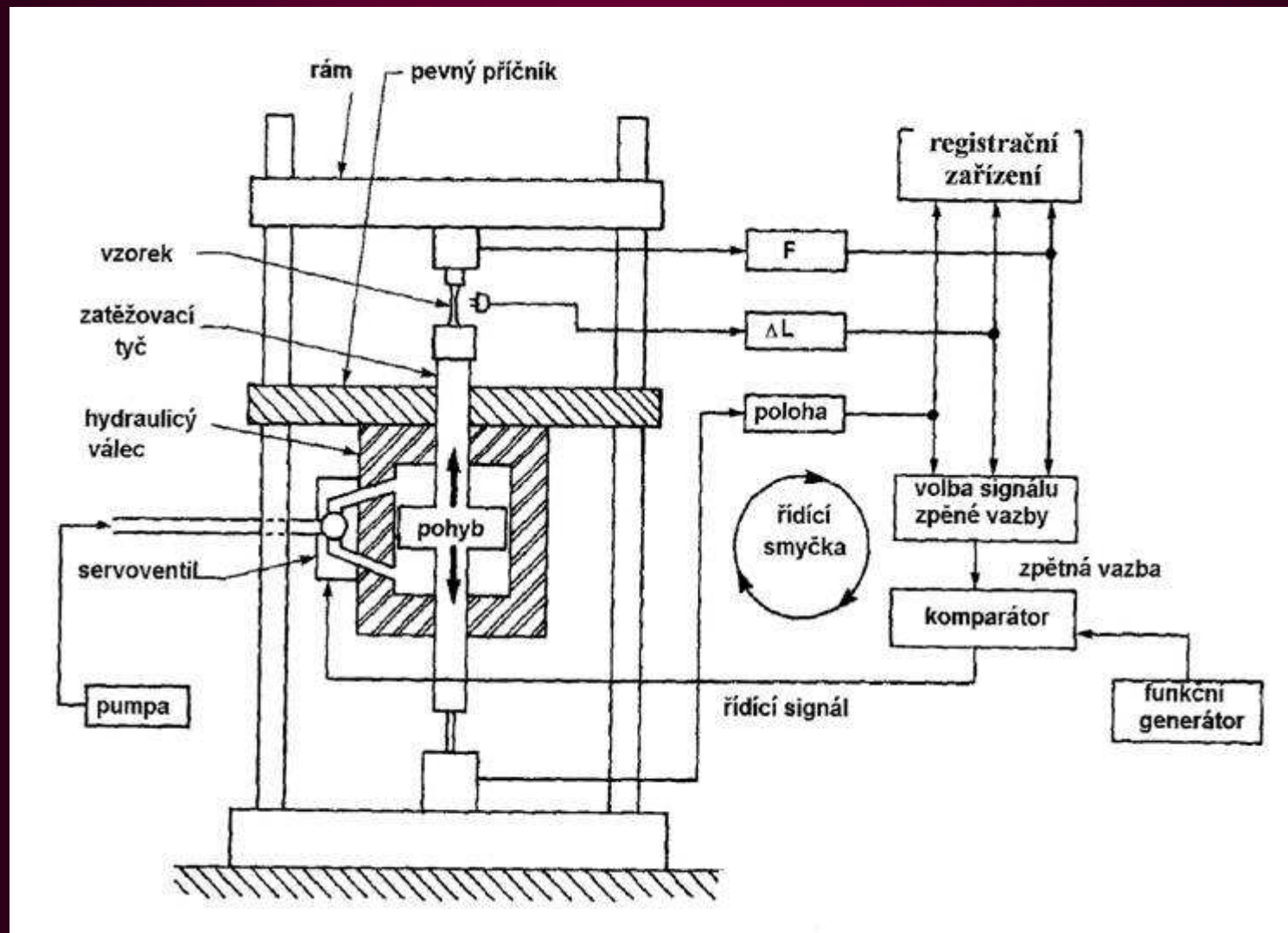
➤ **pokrok ve zkoušení**

zkušební stroj se zpětnou vazbou,
zákon růstu únavové trhliny - Paris,
počítačem řízený zkušební stroj

➤ **poruchy, havárie**

letadla F-111, letadla DC-10, dálniční
mosty, jaderné elektrárny

zkušební stroj se zpětnou vazbou (hydraulický)





10:17

27

Období 1980 a dál

- **technický pokrok**

vesmírná stanice, raketoplán

- **nově používané konstrukční materiály**

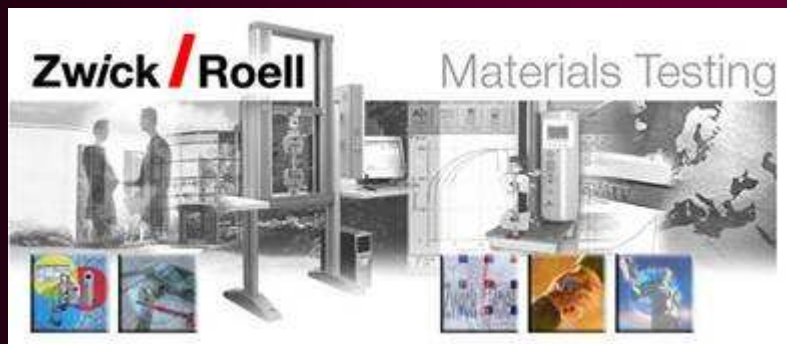
duplexní ocel, konstrukční keramika

- **pokrok ve zkoušení**

zkoušení při víceosé napjatosti, přímé
digitální řízení zkušebního stroje

- **poruchy, havárie**

ortopedické implantáty



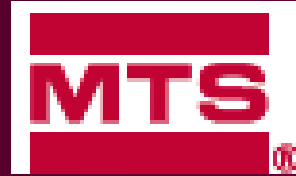
Zwick Roell má v současnosti více než 700 zaměstnanců a zastoupení v 55 zemích světa. Roční obrát firmy se pohybuje nad 100 mil. €.

www.zwick-roell.cz

10:17







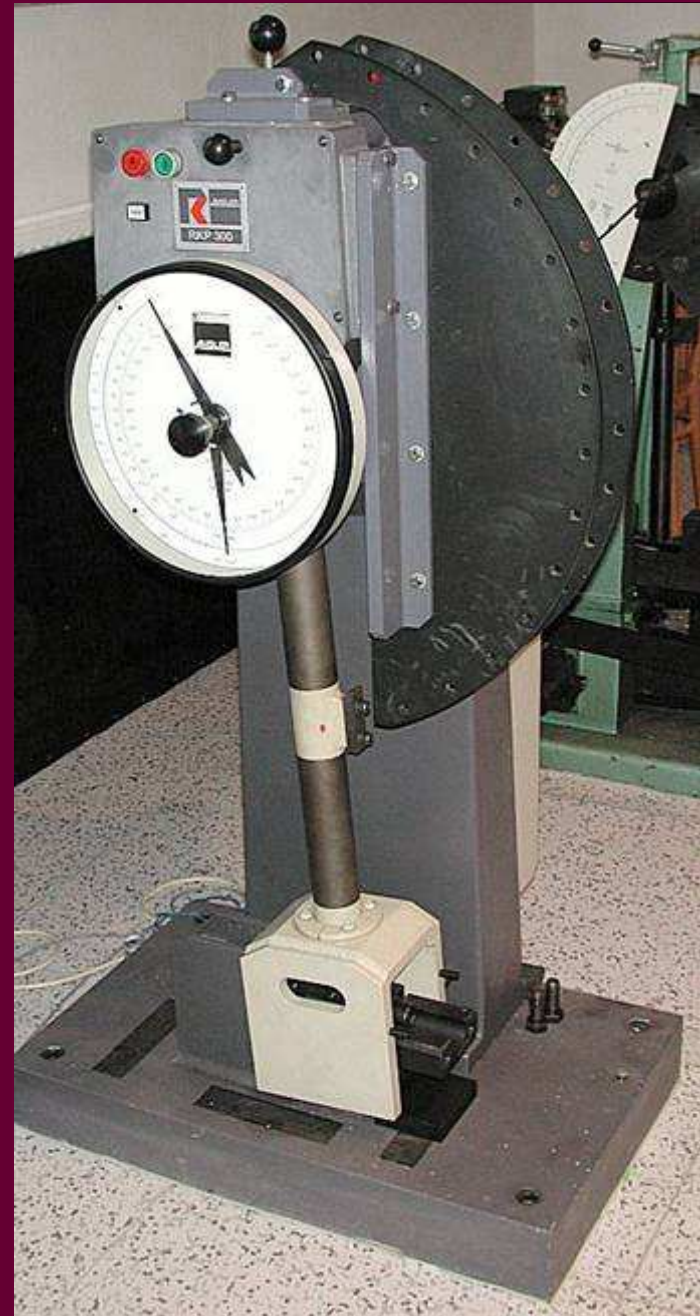
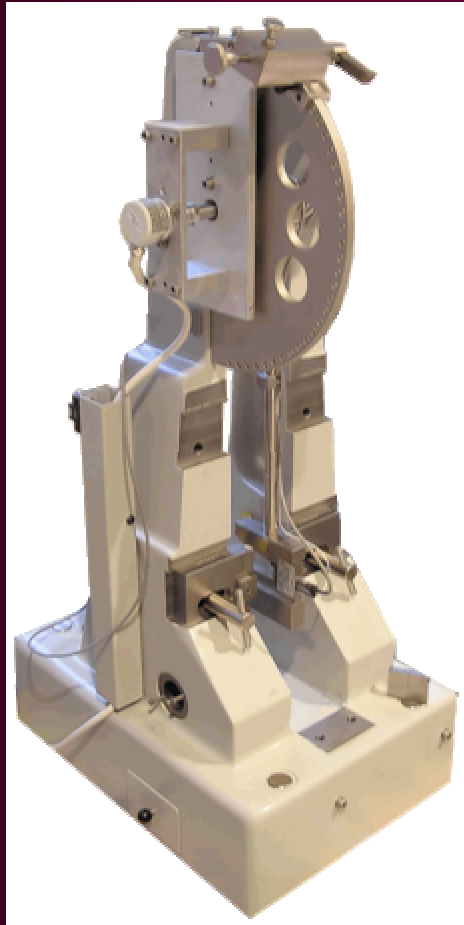
<http://www.mts.com/>

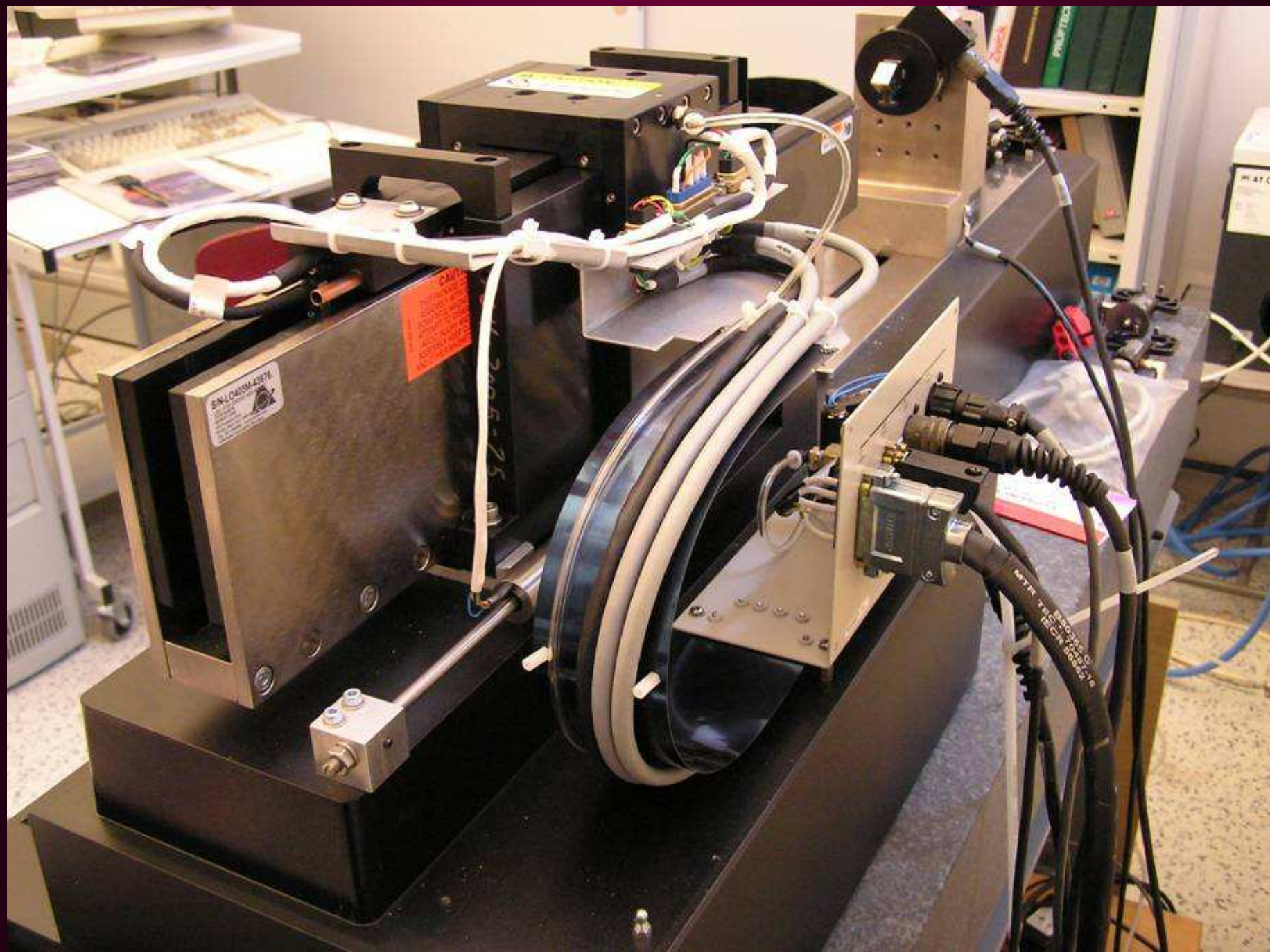


<http://www.instron.com/>



<http://www.rumul.ch/>





Příčiny havárií v dnešní době

- **lidská nepozornost a nevzdělanost**

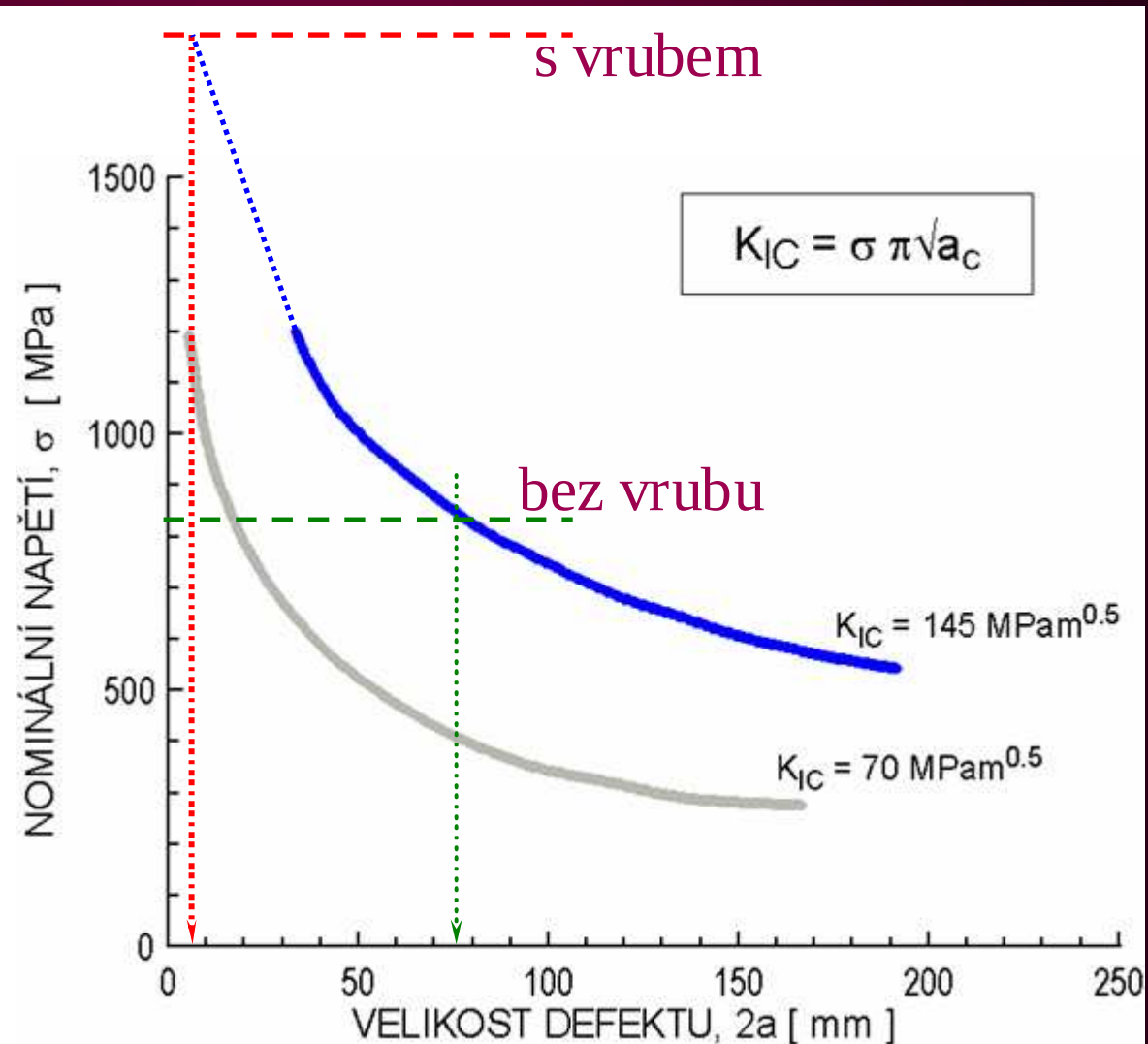
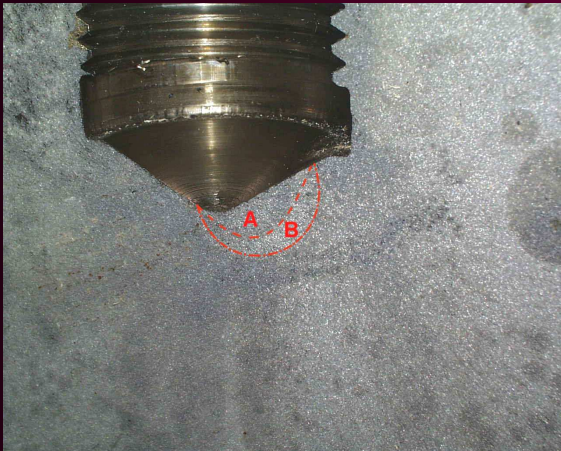
Příčiny havárií v dnešní době

- lidská nepozornost a nevzdělanost



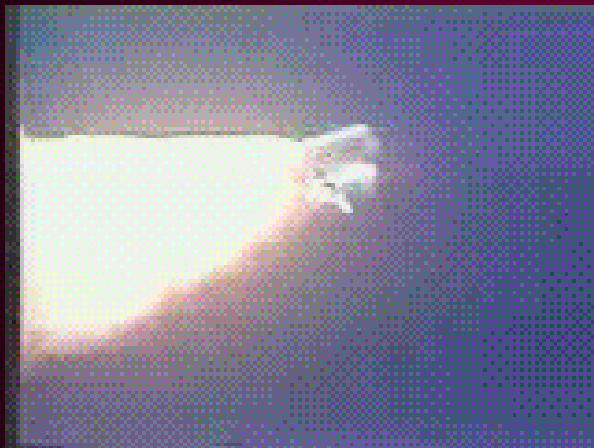
Příčiny havárií v dnešní době

- lidská nepozornost a nevzdělanost:

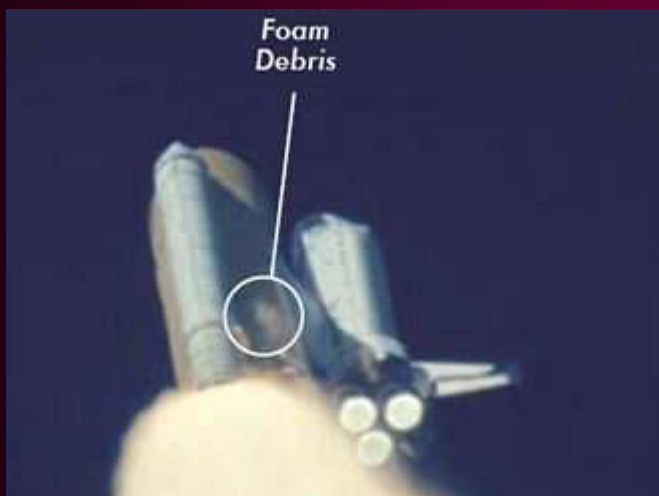


Příčiny havárií v dnešní době

- lidská nepozornost:
raketoplán 28. ledna 1986 - 1 minutu po startu;
raketoplán 1. února 2003 – přistávací manévr



havárií v dnešní době

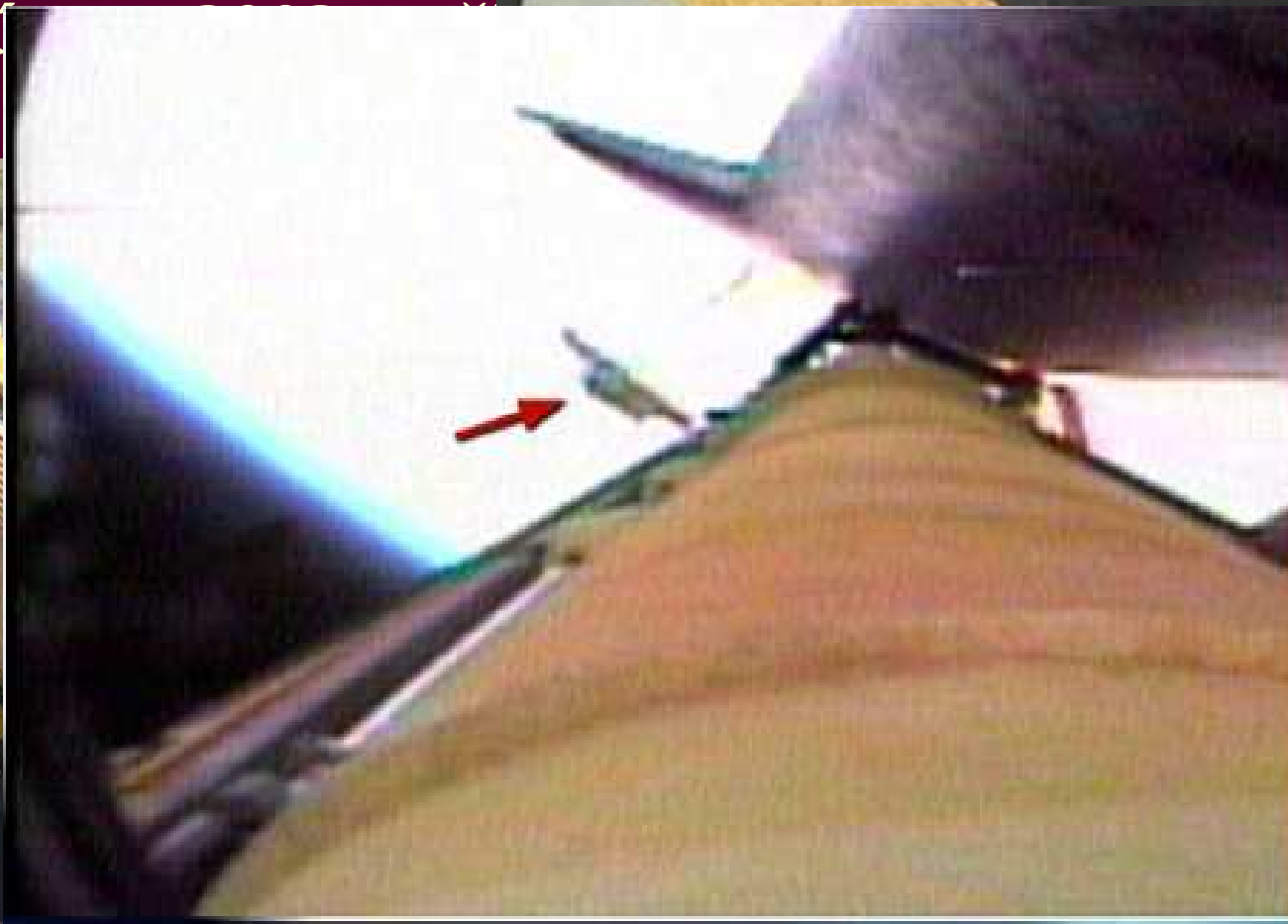


10:17

38

Příčiny havárií v dnešní době

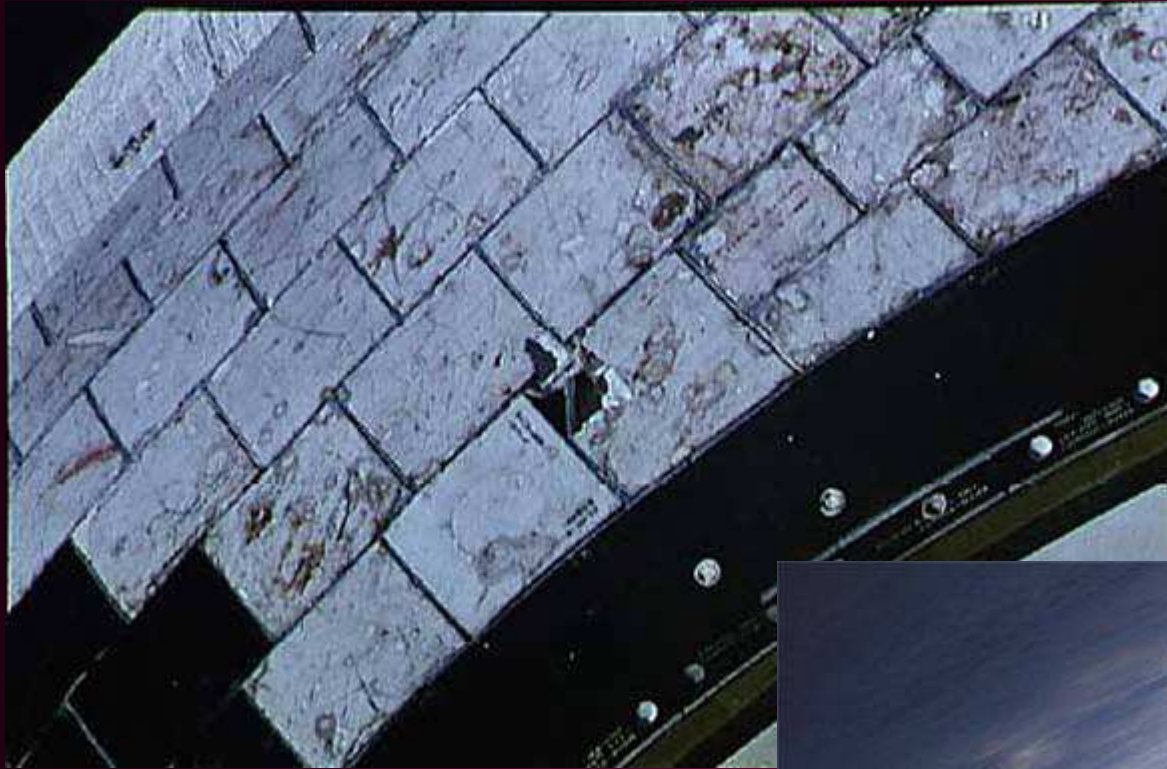
- lidská nepozornost:
raketoplán 28. ledna 1986 - 1
raketoplán 1. ú



Příčiny havárií v dnešní době

- lidská nepozornost:
raketoplán 28. ledna 1986 –
raketoplán 1. února 2003 –

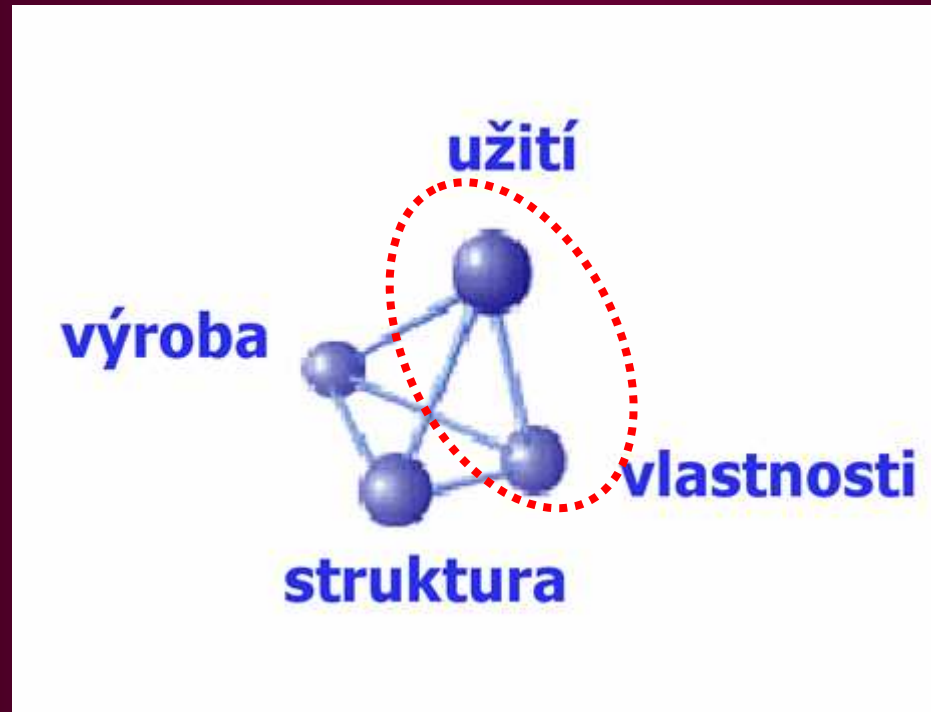




10:17

Mezní stavy materiálu

(poznávání materiálu na základě jeho používání)



(používání materiálu na základě jeho poznání)

Design materiálu

