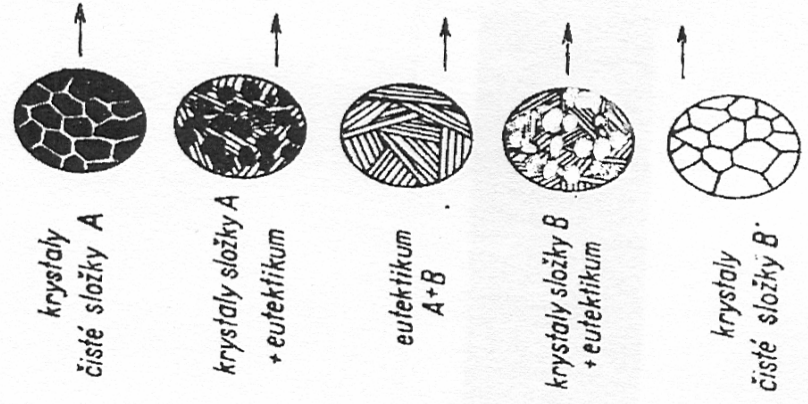
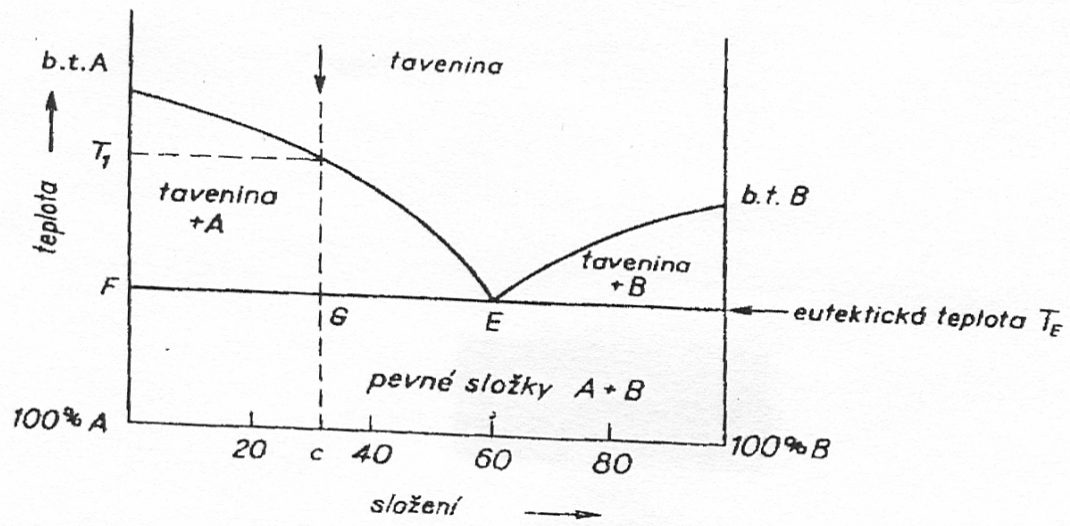


Metody zkoušení kovů

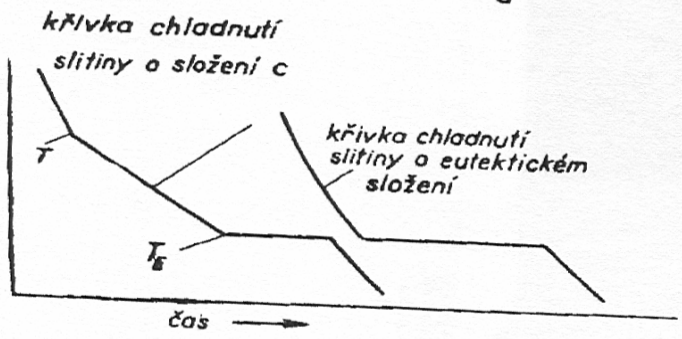
- Zkoušky fyzikálně chemické,
 - strukturní,
 - korozní,
 - mechanické (statické a dynamické),
 - technologické
-

Zkoušky fyzikálně chemické

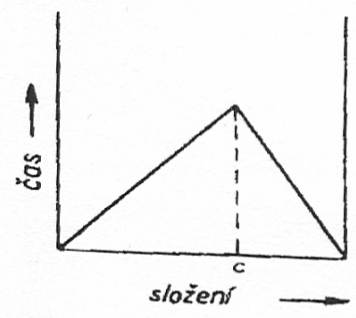
- Fázová analýza
- Dilatometrie a termická analýza



a



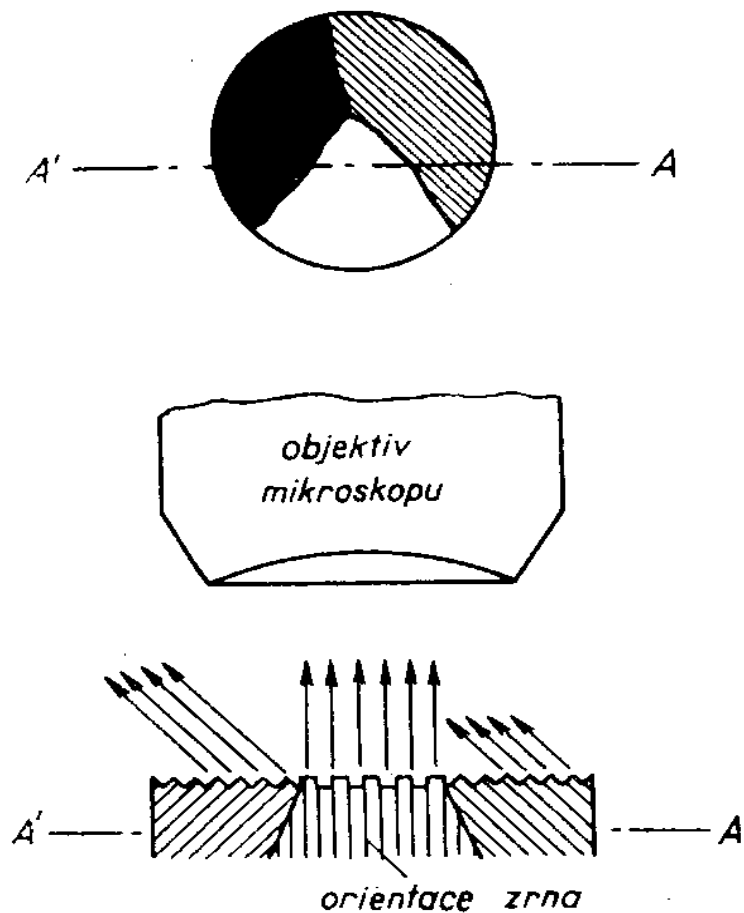
b



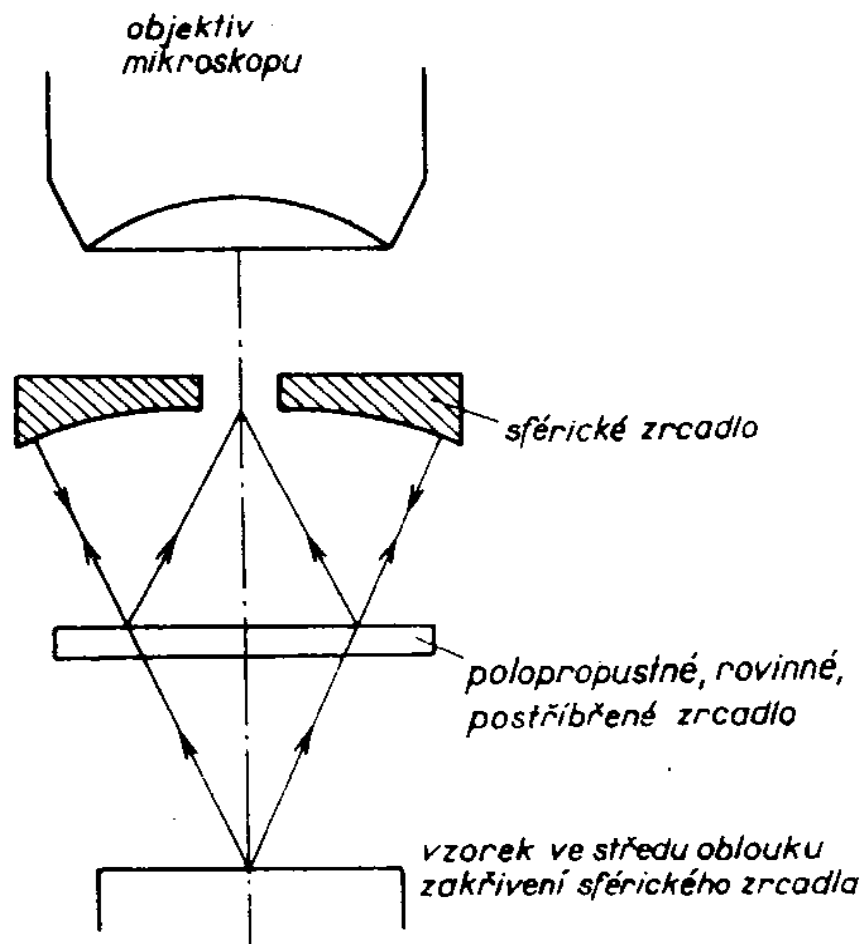
c

Zkoušky strukturní

- **Strukturní analýza**
 - Metalografie – leštění, leptání
 - Elektronová mikroskopie – přímé pozorování, repliky, folie
 - Elektronová a rentgenová difrakce
-

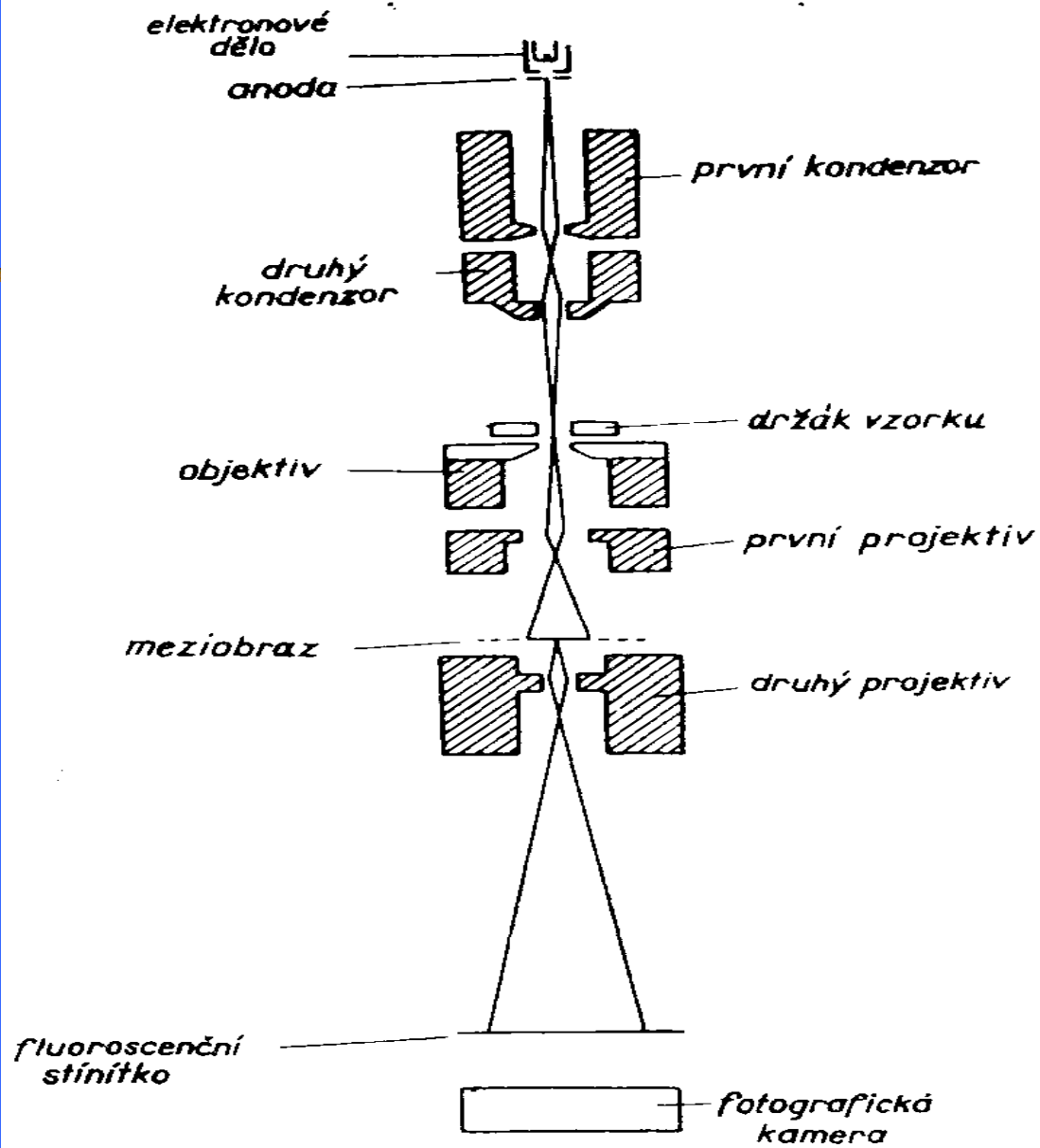


a

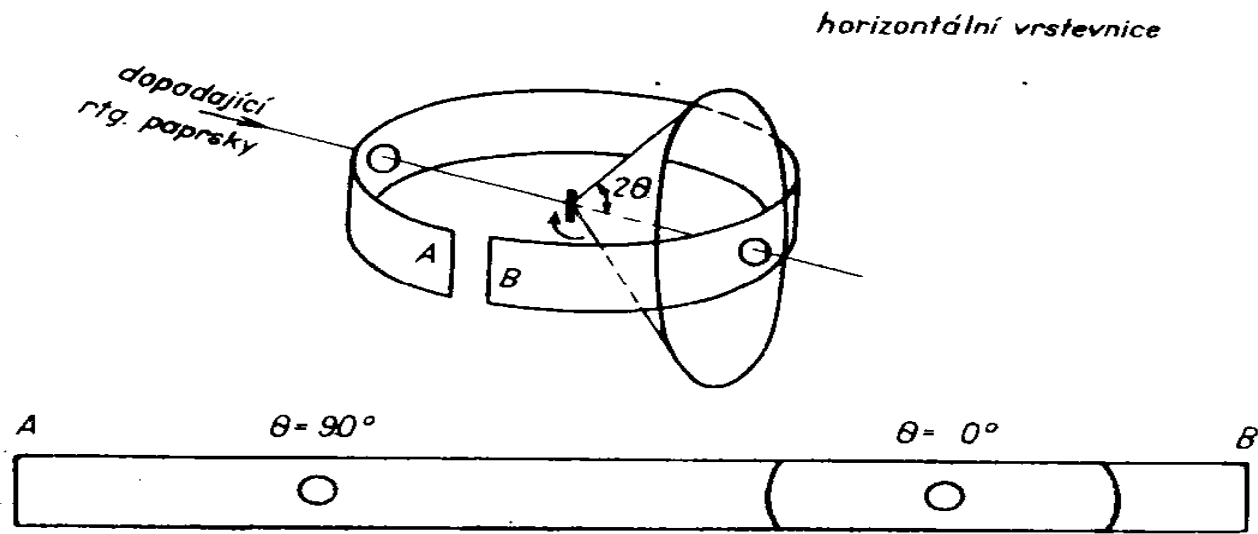
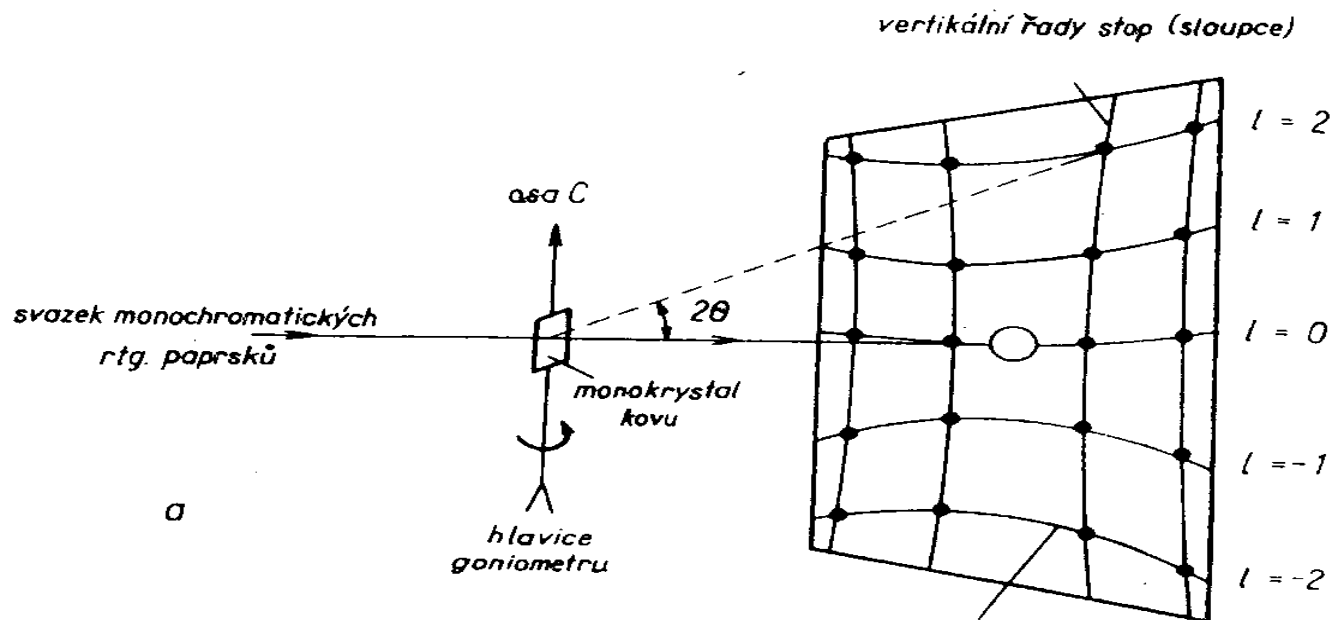


b

Obr. 14. Schéma mikroskopu: a) na průchod, b) na odraz.



Obr. 14. e) Schéma elektronového mikroskopu.



b

Obr. 22. a) Otáčený krystal. b) Prášková metoda difrakce rentgenových paprsků.

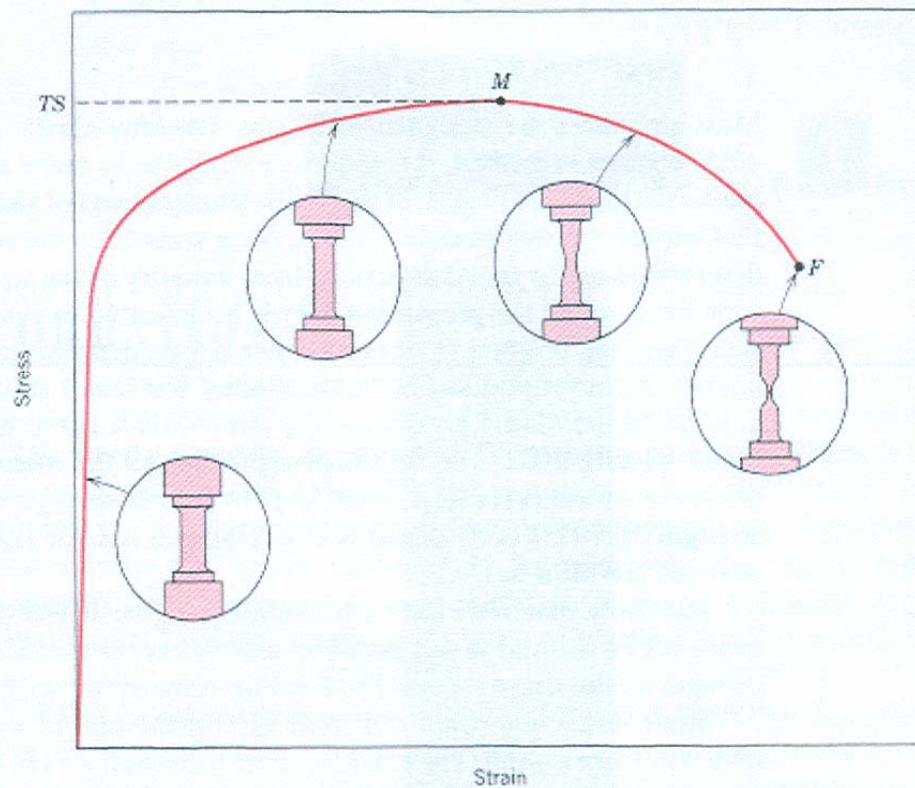
Zkoušky korozní

- Dlouhodobé zkoušky v provozních podmínkách
 - Laboratorní zkoušky kratší (dny až měsíce)
 - Nepřímé korozní zkoušky
-

Mechanické zkoušky - statické

- Odběr vzorku – zkušební tělesa
- Zkoušky statické – tahem
 - - tlakem
 - - ohybem
 - - kroucením
 - - stříhem
- Statická zkouška tahem: mez úměrnosti, mez pružnosti (fyzikální, smluvní), mez kluzu (průtažnosti), mez pevnosti,
- poměrné zúžení při přetržení

FIGURE 6.11
Typical engineering stress-strain behavior to fracture, point *F*. The tensile strength *TS* is indicated at point *M*. The circular insets represent the geometry of the deformed specimen at various points along the curve.



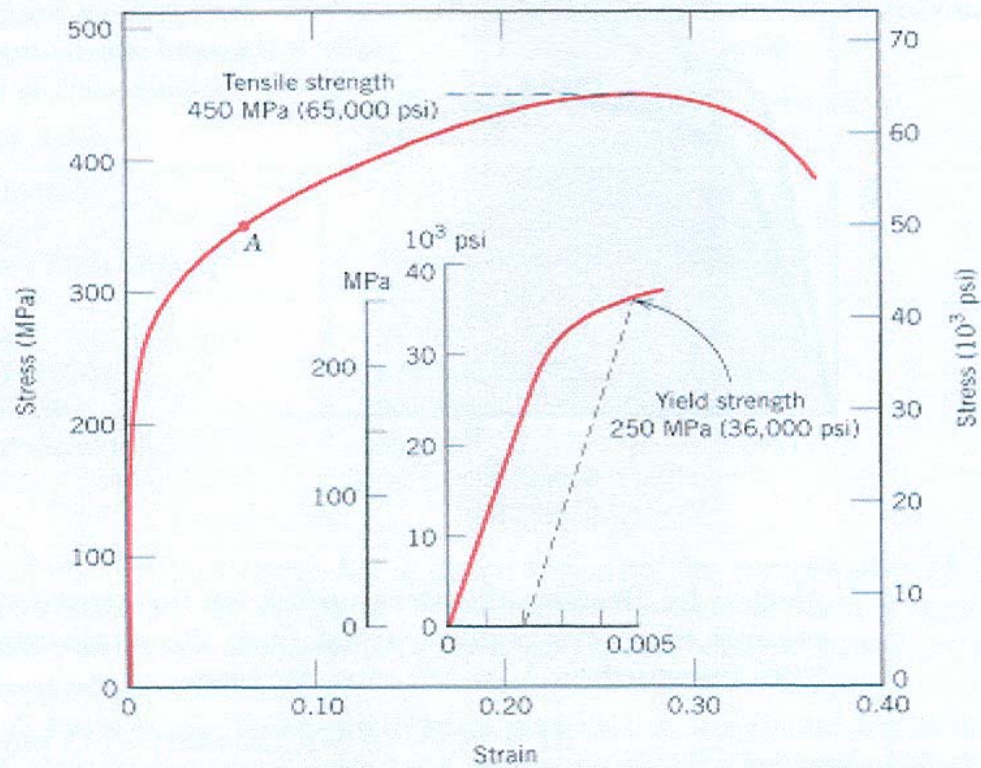


FIGURE 6.12 The stress–strain behavior for the brass specimen discussed in Example Problem 6.3.

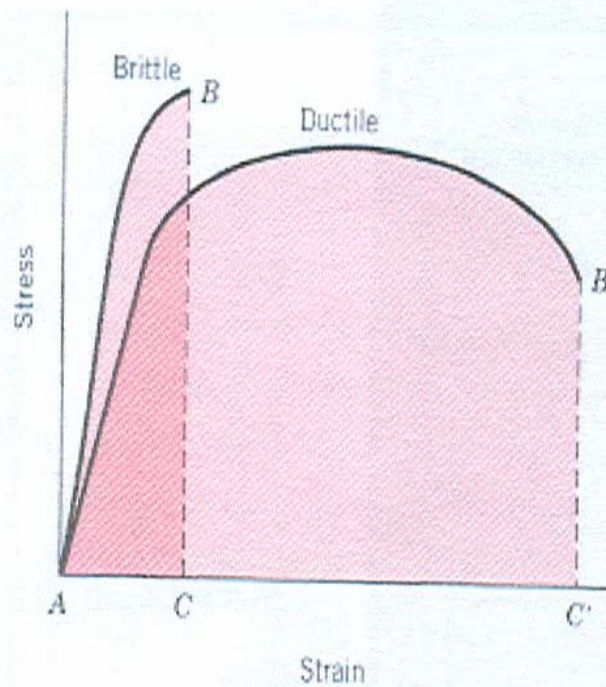
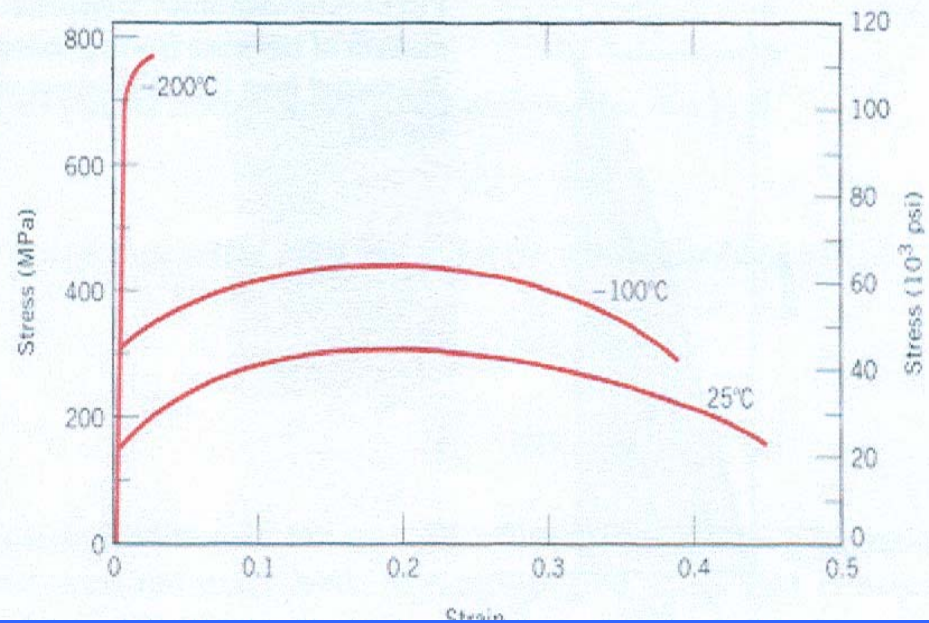
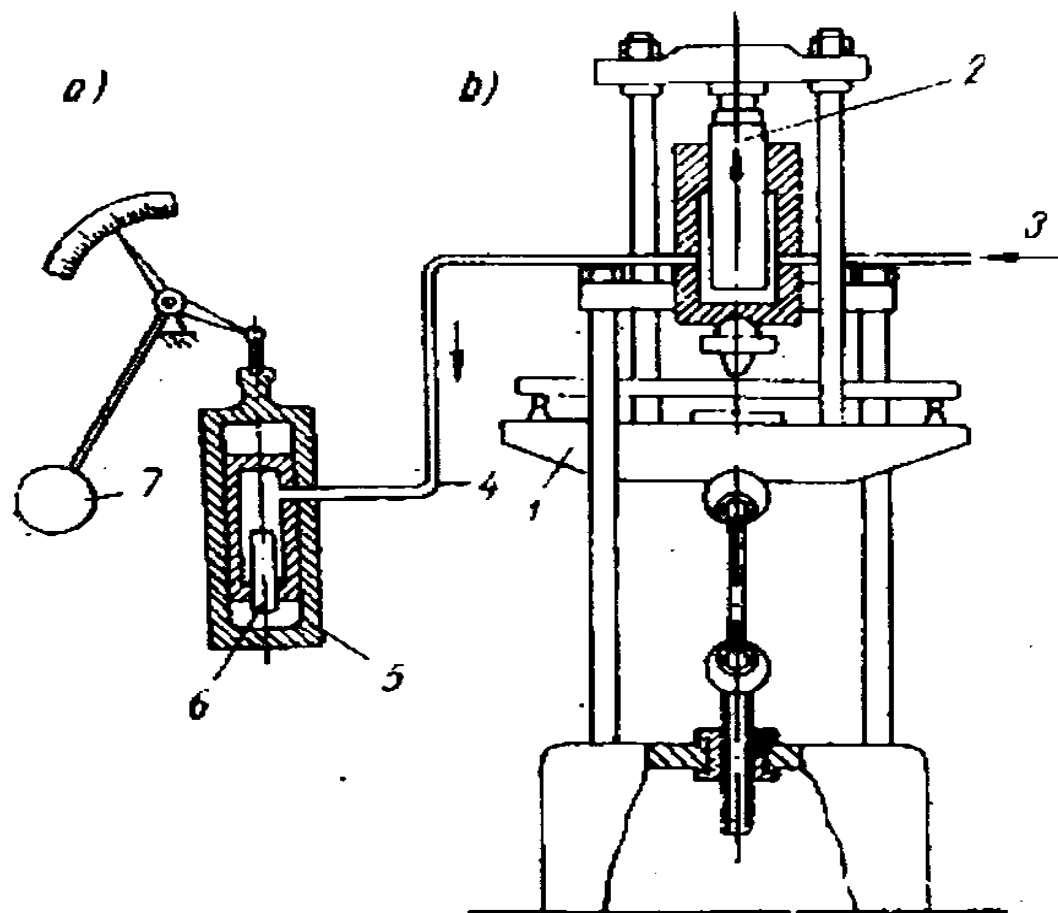


FIGURE 6.13 Schematic representations of tensile stress–strain behavior for brittle and ductile materials loaded to fracture.

FIGURE 6.14
Engineering stress-strain behavior for iron at three temperatures.





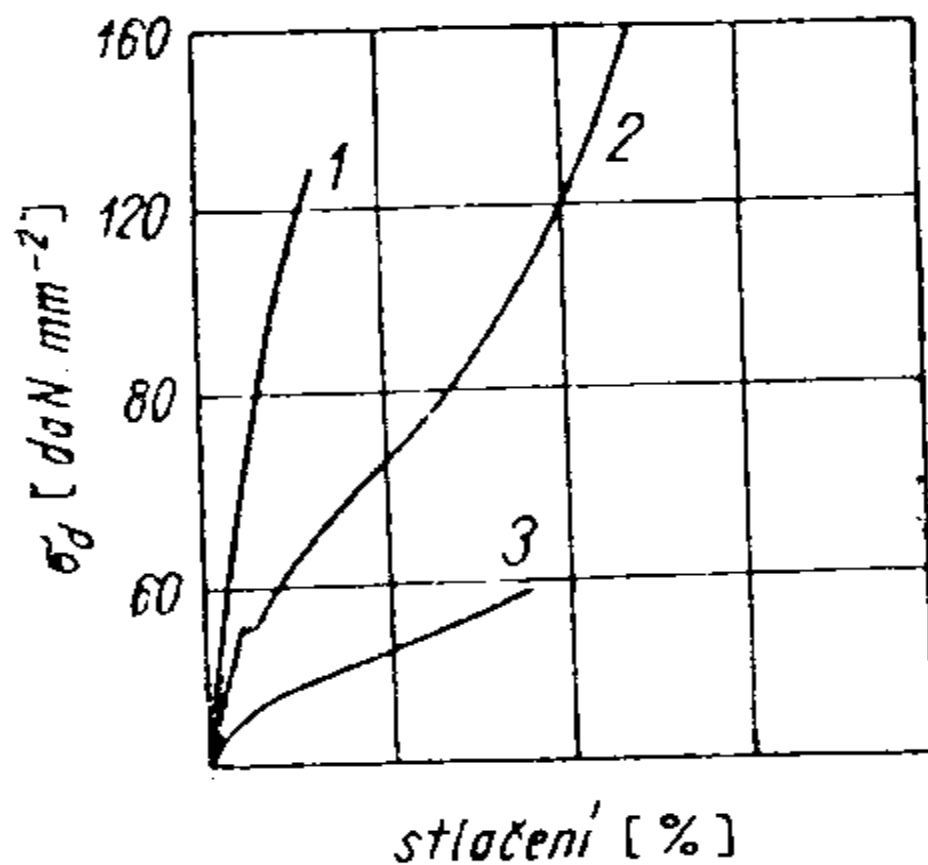
Obr. 3-42. Schéma hydraulického univerzálního trhacího stroje

a) zařízení měřicí, b) zařízení zatěžovací
 1 - pohyblivý příčník, 2 - plunžr pracovního válce, 3 - přívod tlakového oleje,
 4 - spojovací potrubí, 5 - válec měřicího ústrojí, 6 - plunžr, 7 - kyvadlo

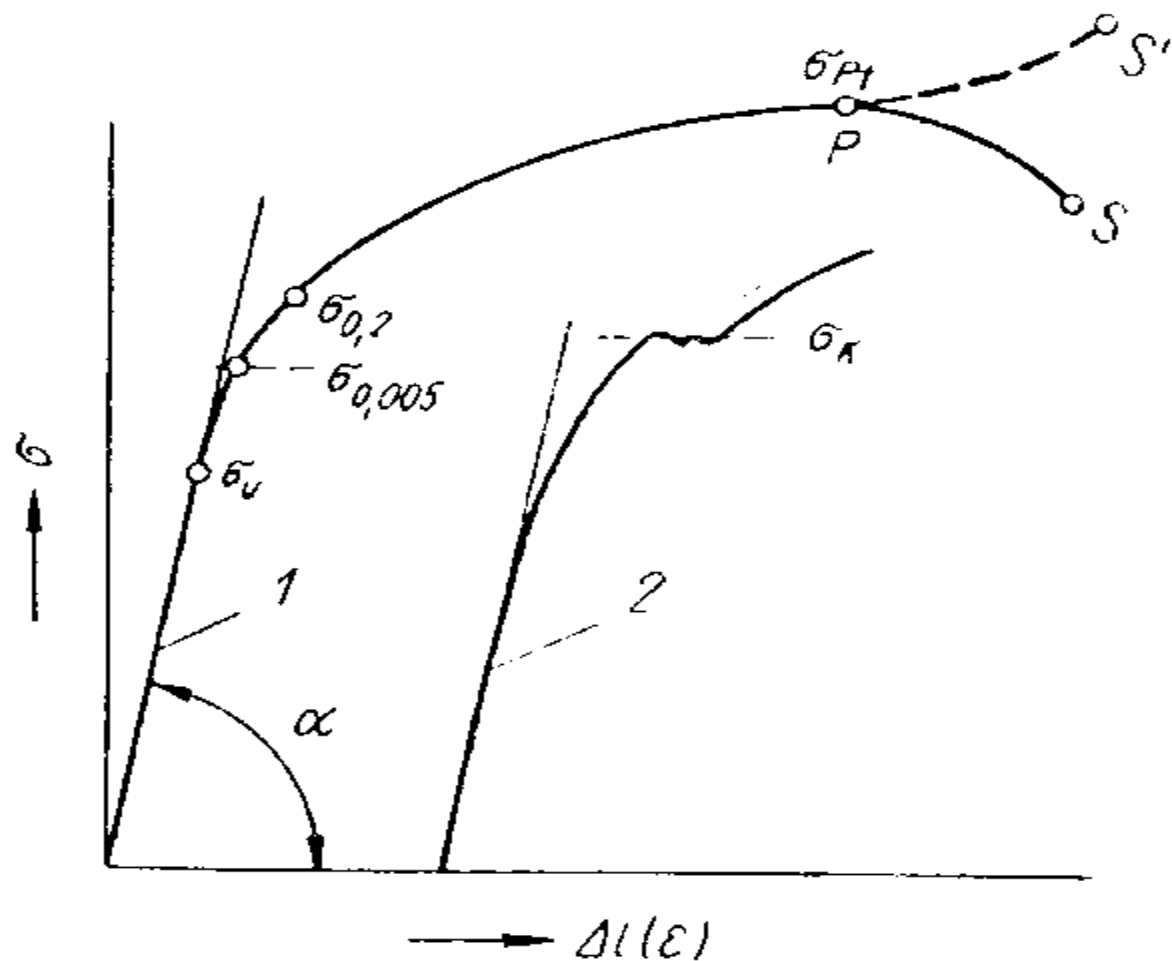
zkušební stroj řízený počítačem



15:45



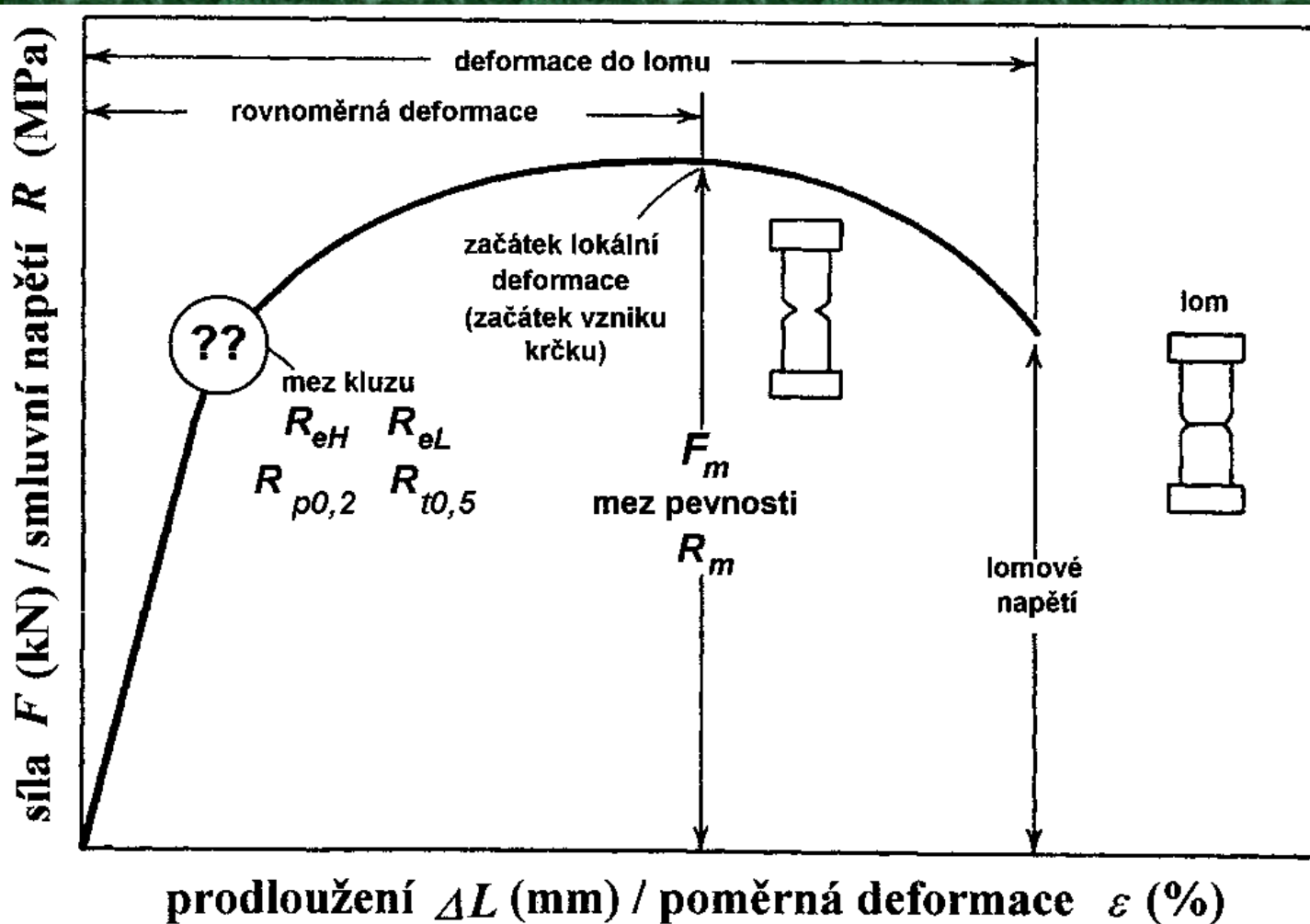
Obr. 3-48. Pracovní diagram zkoušky tlakem
 1 - šedá litina, 2 - měkká ocel,
 3 - zinek



Obr. 3-38. Pracovní diagram zkoušky tahem měkké oceli

1 - bez výrazné meze kluzu, 2 - s výraznou mezí kluzu

Veličiny uváděné ve standardu



Mez kluzu

Mez pevnosti

Tažnost

Zúžení

Statická zkouška tahem – pokračování

Zkušební tyče – krátké, dlouhé, mikrotyče

Pracovní diagram – materiál houževnatý, měkký,
křehký

Trhací stroje, průtahoměry

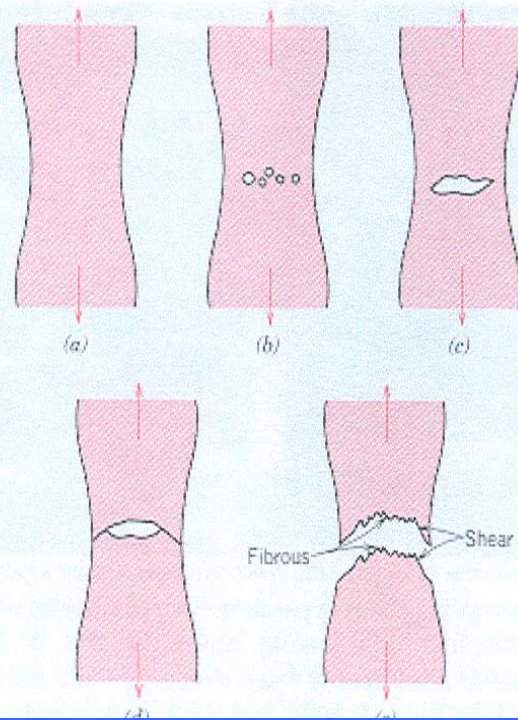
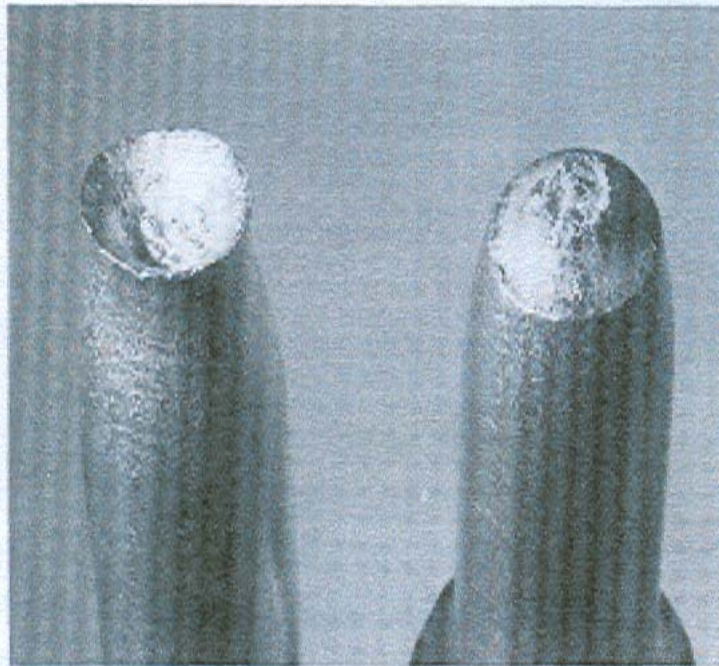
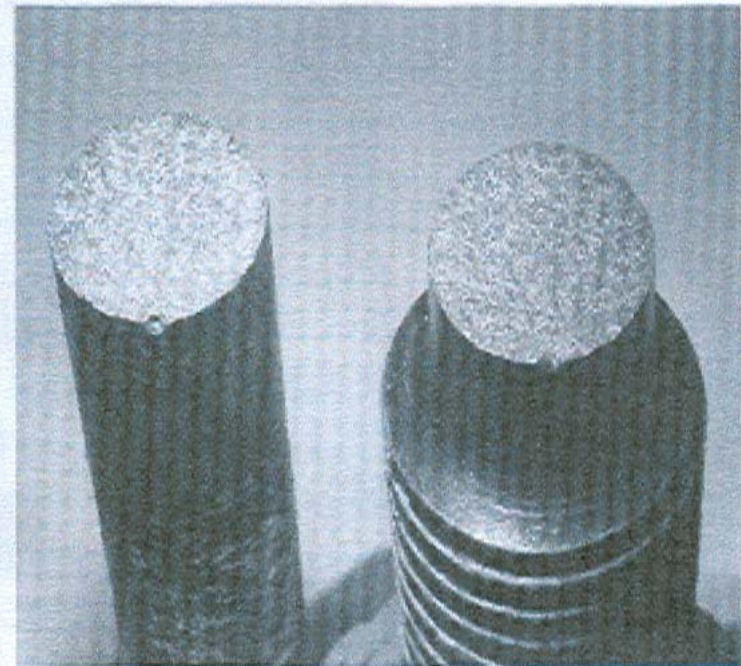


FIGURE 8.2 Stages in the cup-and-cone fracture. (a) Initial necking. (b) Small cavity formation. (c) Coalescence of cavities to form a crack. (d) Crack propagation. (e) Final shear fracture at a 45° angle relative to the tensile direction. (From K. M. Ralls, T. H. Courtney, and J. Wulff, *Introduction to Materials Science and Engineering*, p. 468. Copyright © 1976 by John Wiley & Sons, New York. Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.)



(a)



(b)

FIGURE 8.3 (a) Cup-and-cone fracture in aluminum. (b) Brittle fracture in a mild steel.

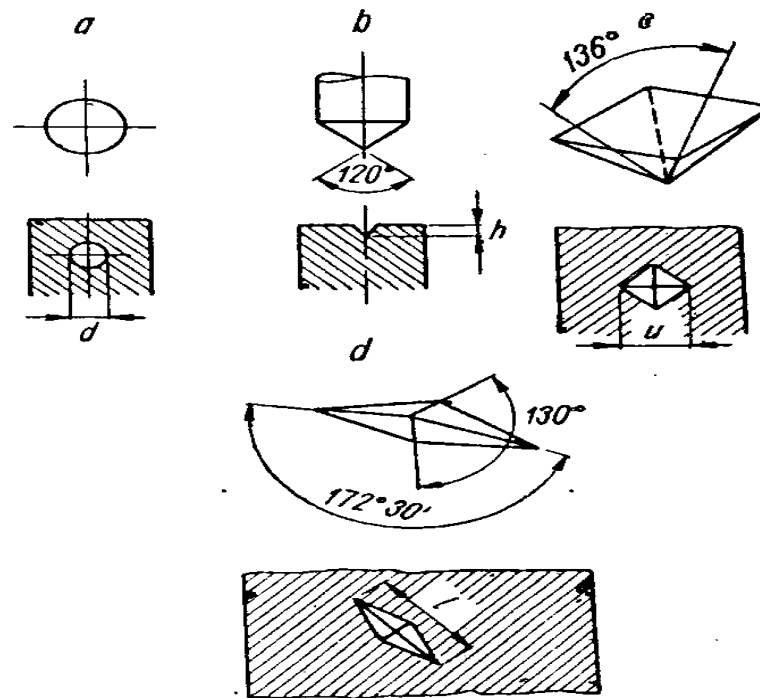
Statická zkouška tlakem

Statická zkouška tlakem – poměrné zkrácení,
poměrné rozšíření

Statická zkouška ohybem (litiny-houževnatost),
střihem (pevnost ve střihu $\cong \sigma_{Pt}$)
krutem ($G(\text{krut}) = E/(2(1+\mu))$)

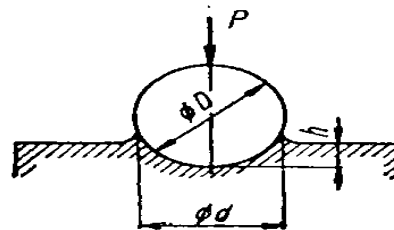
Zkoušky tvrdosti

- Statické - vrypové
 - vnikací (Brinell, Rockwell, Vickers)
 - Dynamické – vtiskové,
 - odrazové (skleroskopy)
 - Mikrotvrdoměry
-



Obr. 3-51. Tvary nejčastěji používaných vnikacích těles pro zjišťování tvrdosti

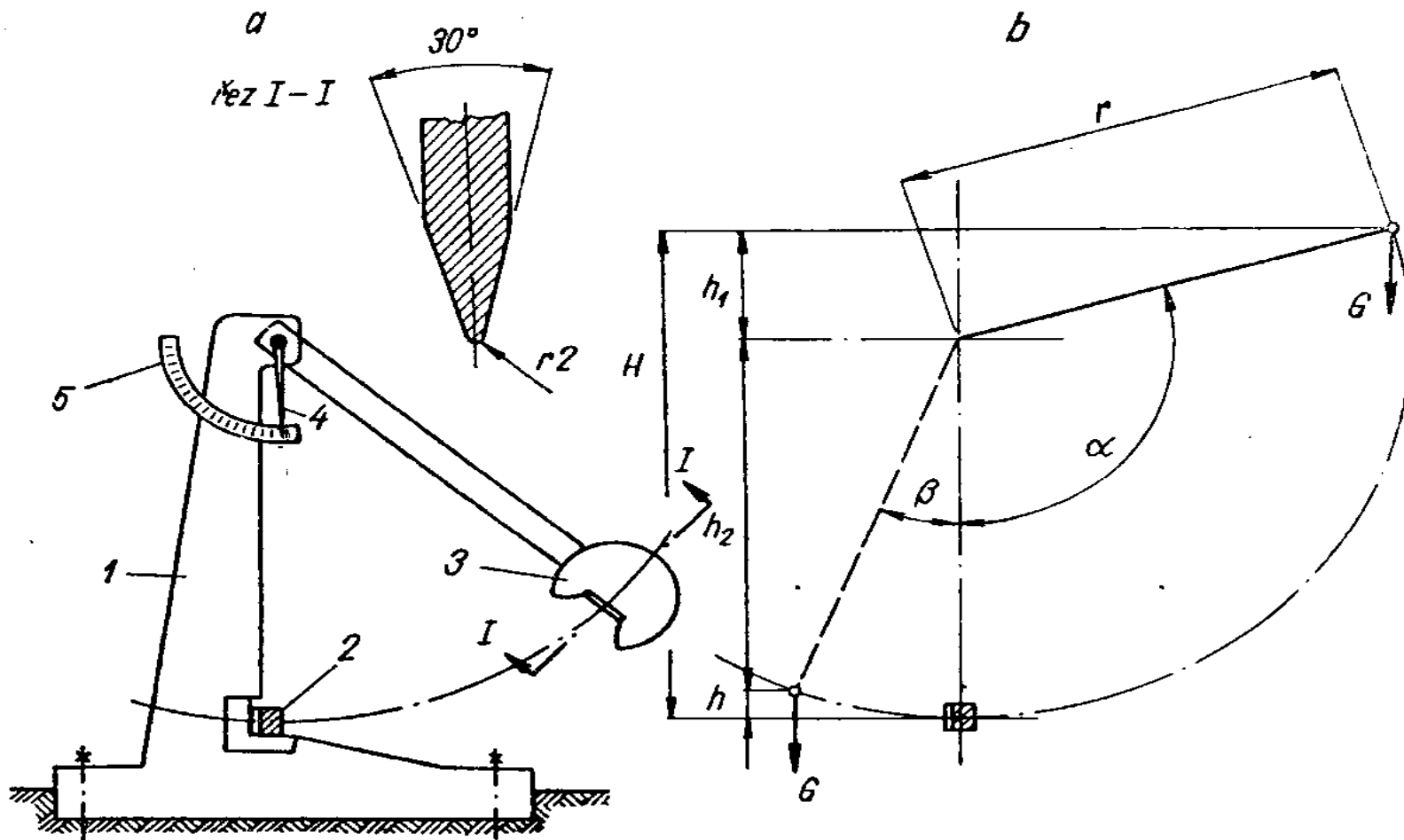
a) metoda Brinellova, *b)* metoda Rockwellova (kuzelík), *c)* metoda Vickersova, *d)* metoda Knoopova



Obr. 3-52. Princip zkoušky tvrdosti podle Brinella

Mechanické zkoušky - dynamické

- Zkoušky rázové – v ohybu (vrubové – houževnatost)
 - (Charpyho kladivo), teplotní závislost – přechodová teplota ocelí
 - zkoušky za nízkých teplot (-70 C, -190 C)
 - - v krutu
 - Zkoušky únavové – únavový lom, statický lom
 - dynamická houževnatost, mez únavy,
 - Wöhlerova křivka
-



Obr. 3-60. Poměry při rázové zkoušce v ohybu

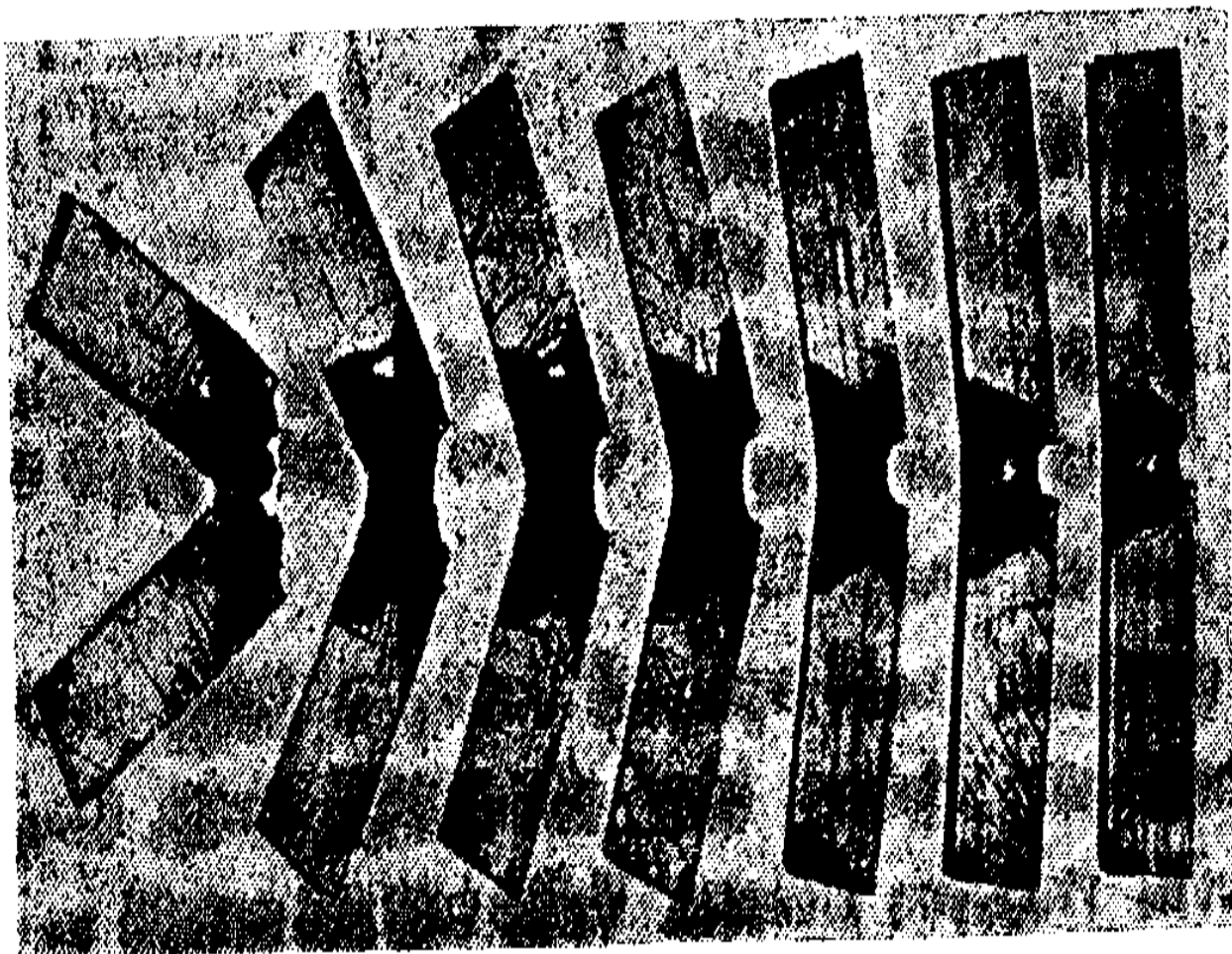
a) Charpyho kyvadlové kladivo

1 - rám stroje, 2 - zkušební tyč, 3 - kyvadlové kladivo, 4 - vlečná ručka, 5 - stupnice

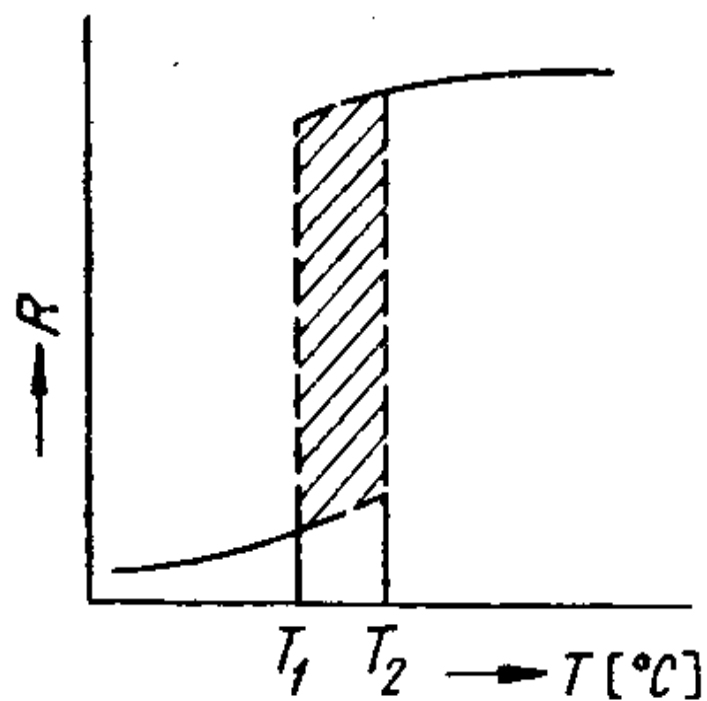
b) stanovení energie:

G = kývající hmota
(hmotnost kladiva + části závěsu)

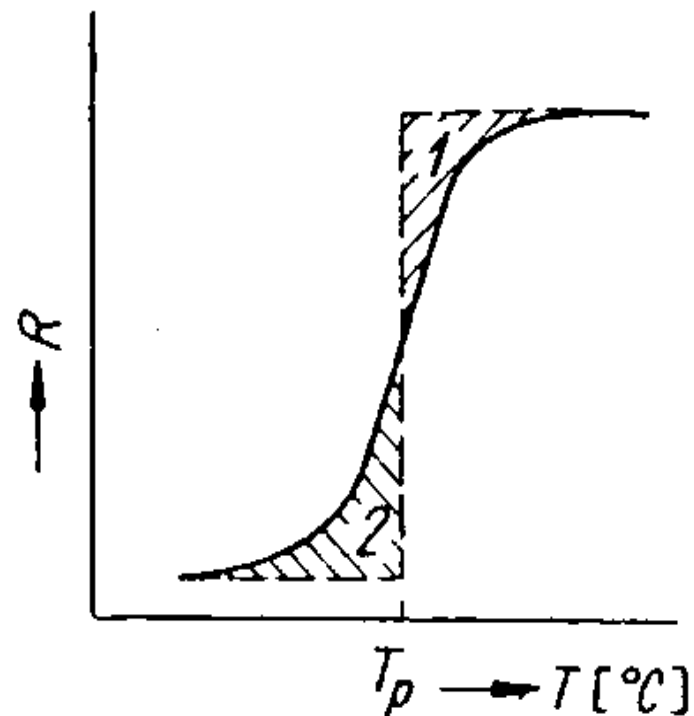
r = poloměr otáčení účinné části břitu kladiva



Obr. 3-59. Plásticky deformovaný objem zkušební tyče při stoupající energii rázu (nejmenší energie vpravo, podle V. Jareše



a

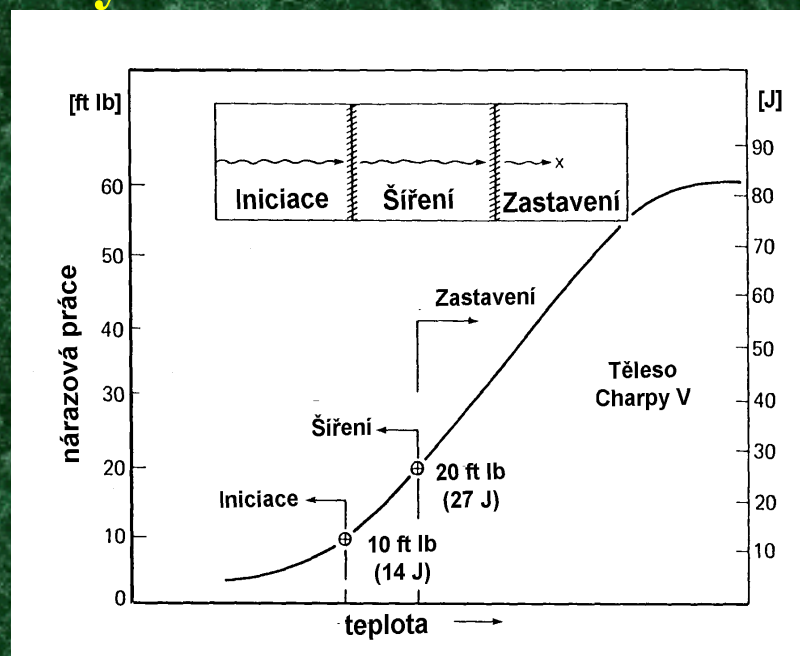
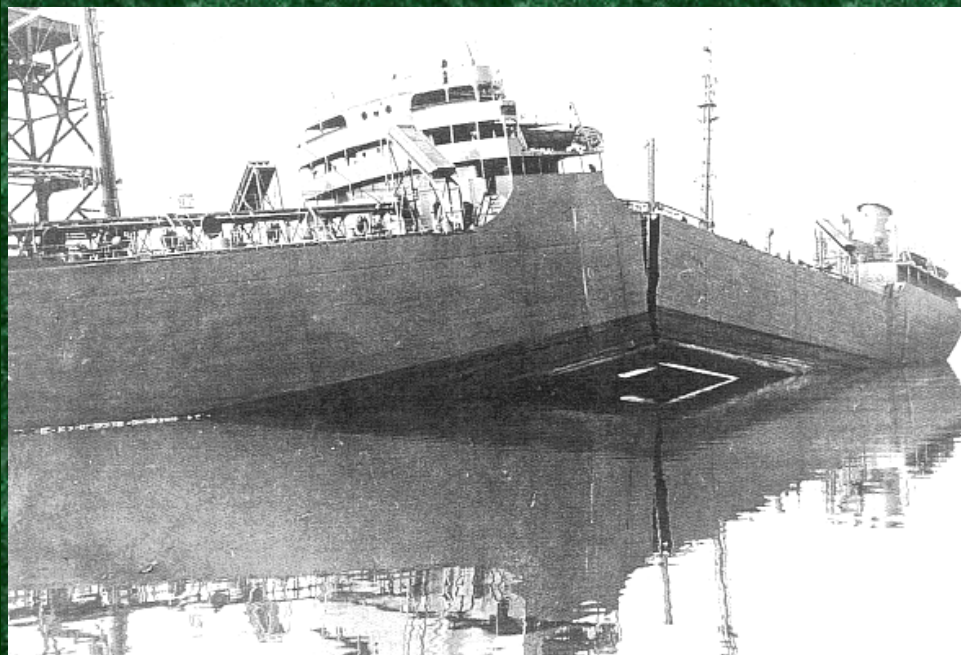


b

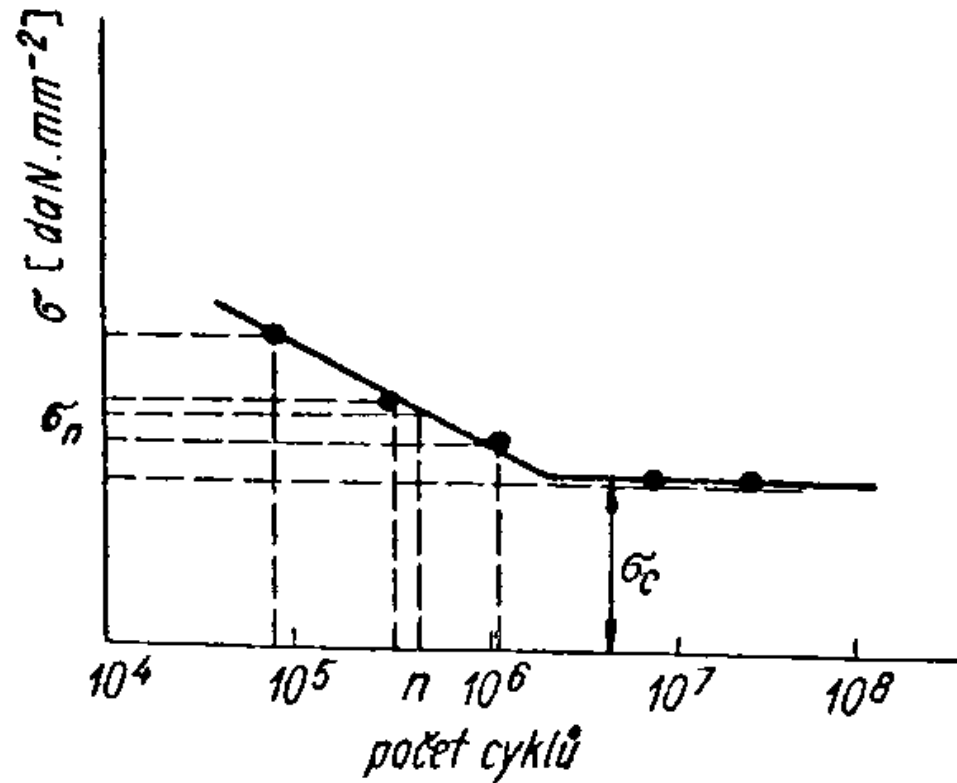
Obr. 3-61. Závislost vrubové houževnatosti na teplotě

a) přechodová oblast mezi T_1 a T_2 , b) přechodová oblast nahrazena křivkou, určení T_p

1901 - A. G. Charpy - Kongres v Budapešti: Poznámka ke zkoušení kovů vrubovou nárazovou zkouškou na ohyb

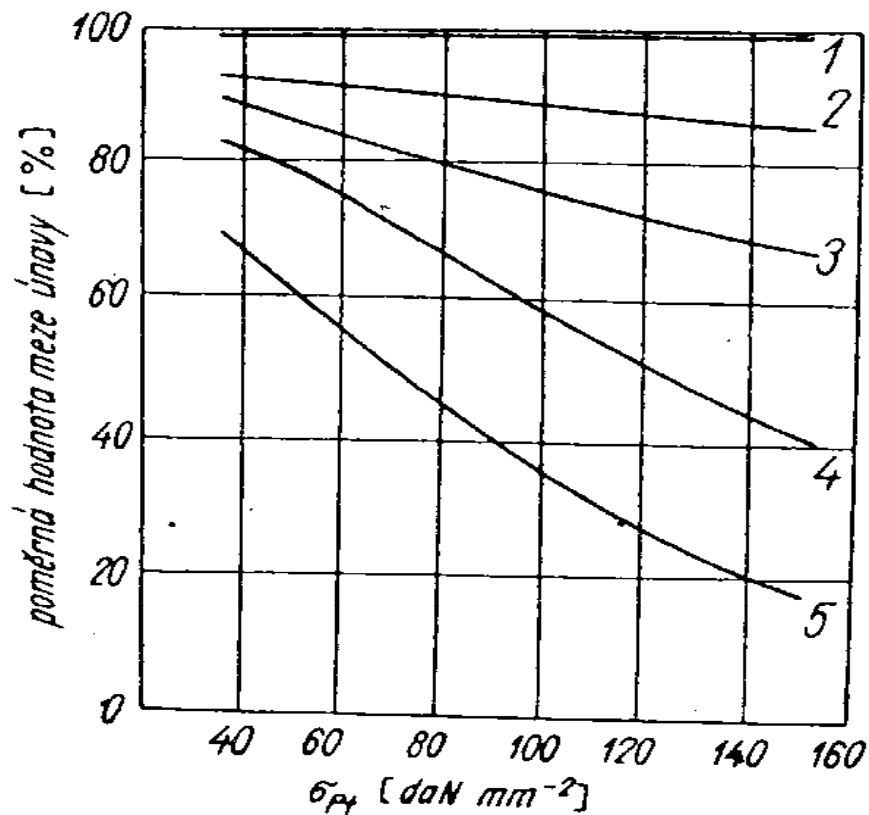


rok 1943 – celosvařované trupy lodí Liberty * celkem 2 700 lodí, 400
poškozeno křehkým lomem, 90 vážně a 20 zcela zničeno
*Výzkum: Naval Research Laboratory in Washington D.C. -
Čabelka



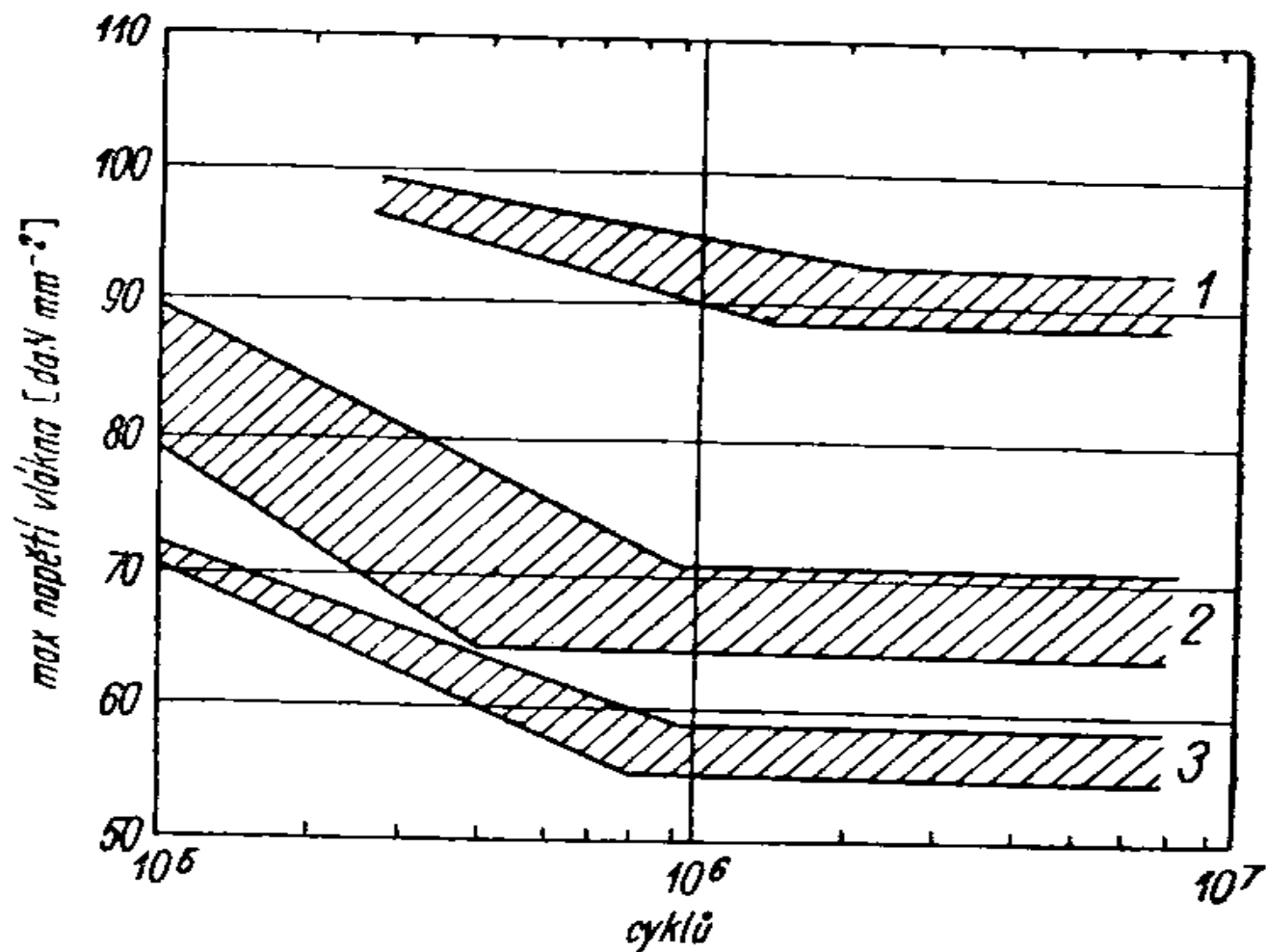
Obr. 3-68. Grafické znázornění výsledku zkoušek únavy (Wöhlerova křivka)

(σ_n = časovaná mez únavy, σ_c = mez únavy)



Obr. 3-71. Vliv jakosti povrchu na mez únavy v závislosti na statické pevnosti zkoušeného materiálu (hodnota meze únavy u tyče broušené a leštěné je vzata za 100 %)

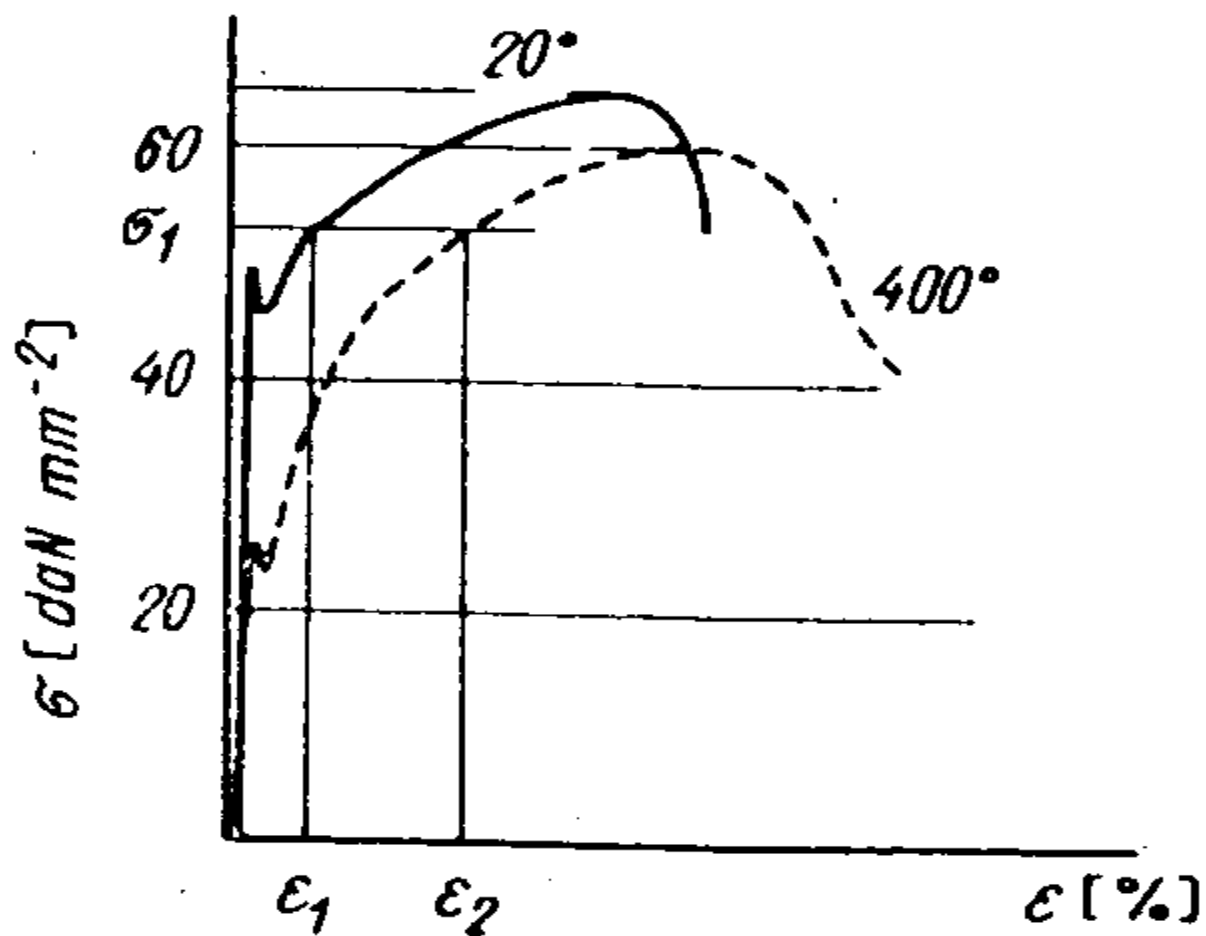
1 - povrch broušen a leštěn, 2 - povrch jen broušen, 3 - hrubě obrobena, 4 - hrubě obrobena (o obvodě ostré vruby), 5 - za působení koroze



Obr. 3-73. Vliv různého způsobu zpracování na mez únavy zalomeného hřídele
 1 - nitridováno, 2 - kuličkováno, 3 - tepelně zušlechtěno

Mechanické zkoušky za vysokých teplot

- Mechanické zkoušky za vysokých teplot
 - Creep (tečení):
 - I. Primární tečení (zpomalující se deformace)
 - II. Sekundární tečení (stacionární)
 - III. Terciární tečení (zrychlení deformace do lomu)
 - Homologické teploty, tečení po hranicích zrn, mez tečení,
 - Mez pevnosti při tečení, rychlost tečení – žárovevnost
-



Obr. 3-76. Pracovní diagram zkoušky tahem měkké uhlíkové oceli při teplotě 20 a 400 °C

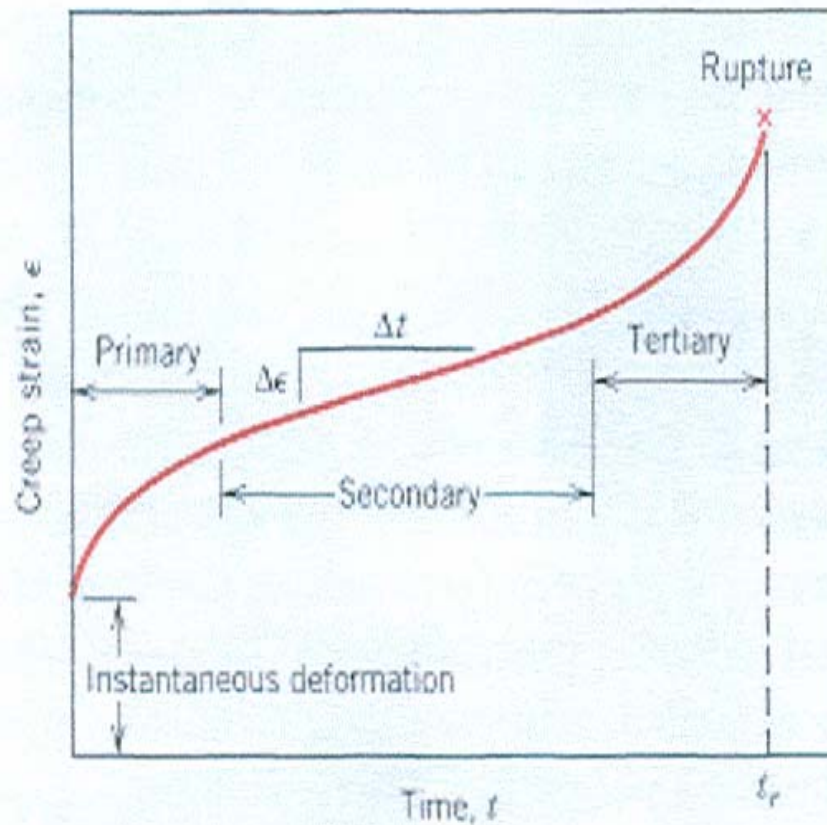
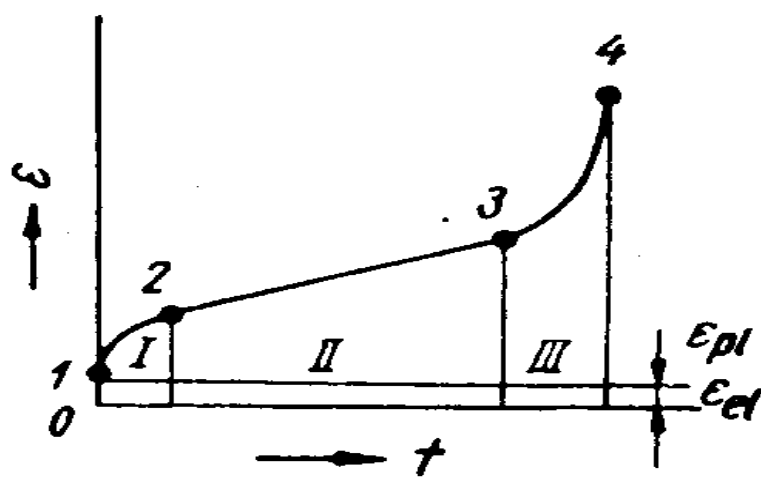
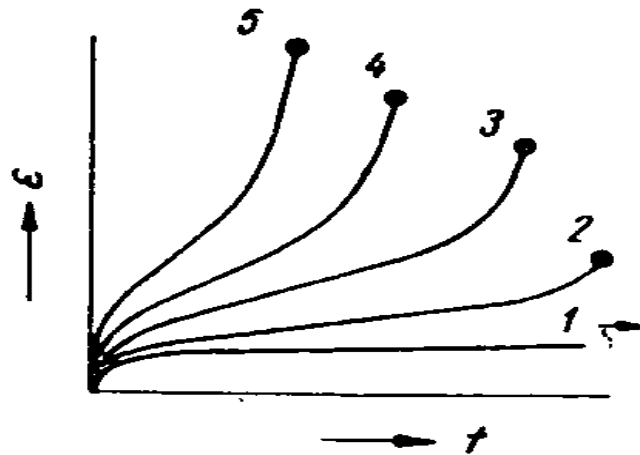


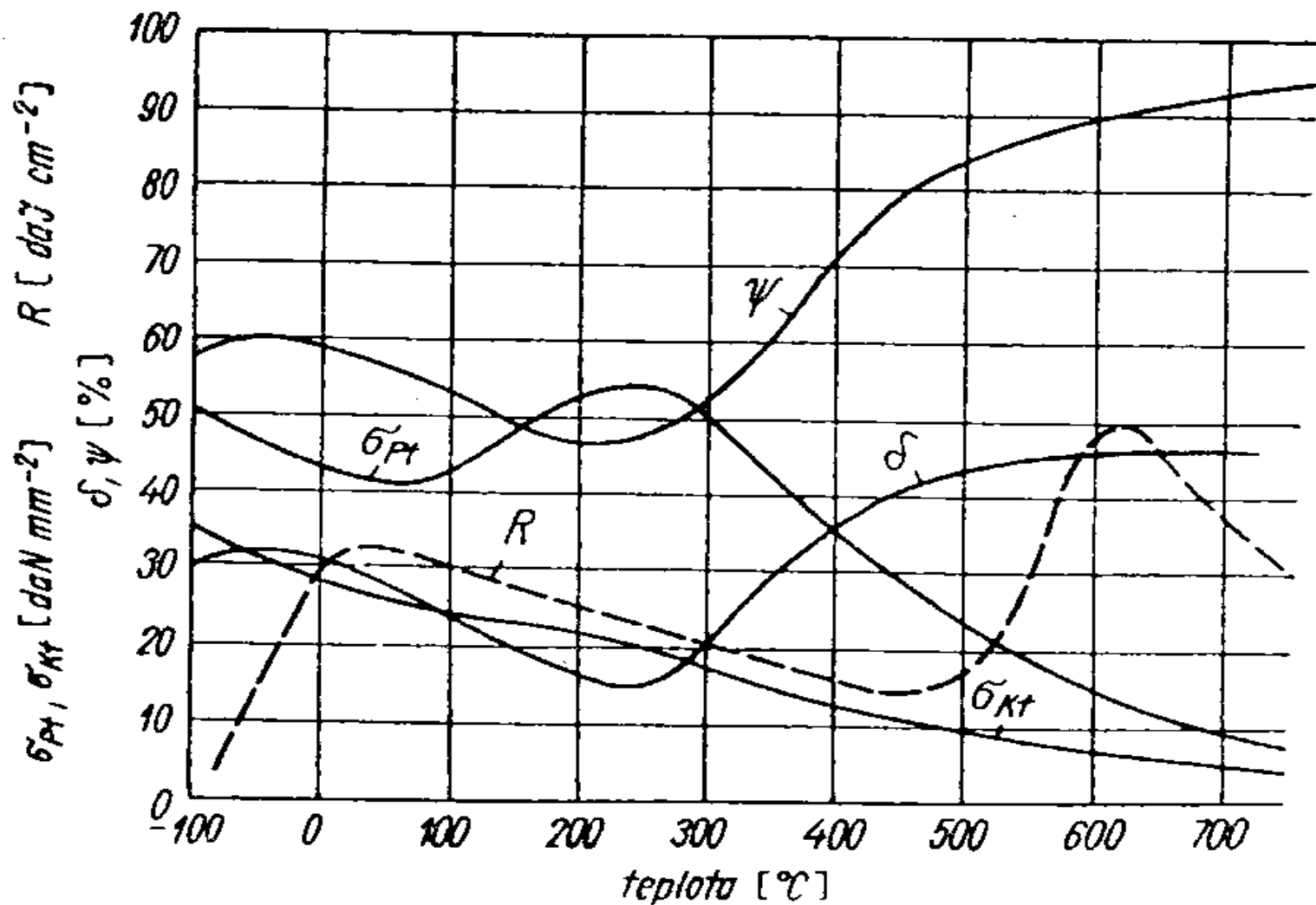
FIGURE 8.36 Typical creep curve of strain versus time at constant stress constant elevated temperature. The minimum creep rate $\Delta\epsilon/\Delta t$ is the slope of the linear segment in the secondary region. Rupture lifetime t_r is the total time to rupture.



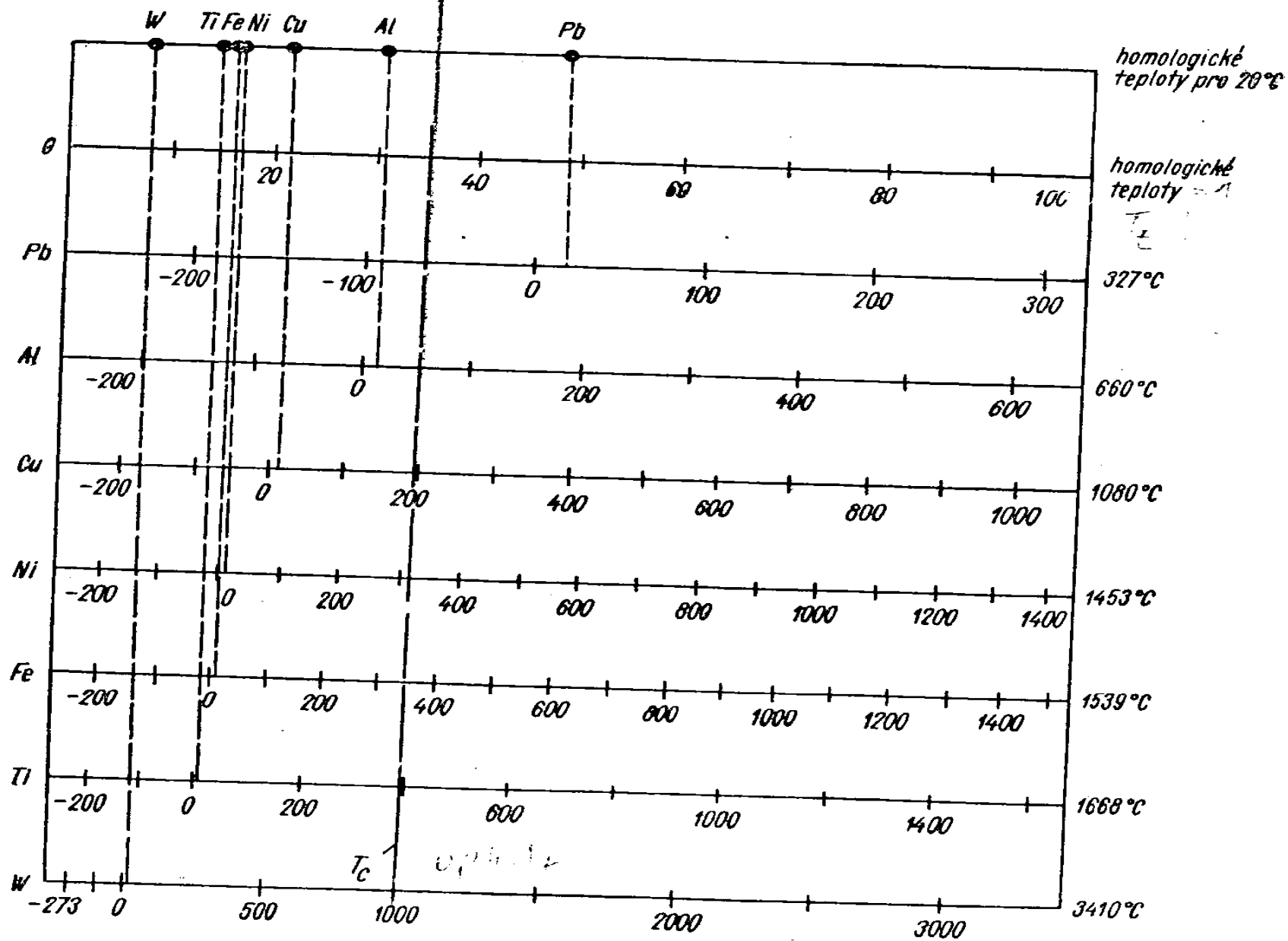
Obr. 3-77. Křivka tečení
 $T = \text{konst}, \sigma = \text{konst}$



Obr. 3-78. Změna tvaru křivek tečení vlivem teploty nebo napětí; křivky 1 až 5 platí pro rostoucí teplotu při stejném napětí, nebo rostoucí napětí při stejné teplotě



Obr. 3-74. Změna mechanických vlastností uhlík oceli v závislosti na teplotě



Obr. 3-79. Homologické teploty vybraných kovů
 Teplota $T_c = 0,35$ homologické stupnice — značí spodní hranici teplot tečení

Zkoušky opotřebení

kluzné, valivé
abrazivní, erozivní

Zkušební metody

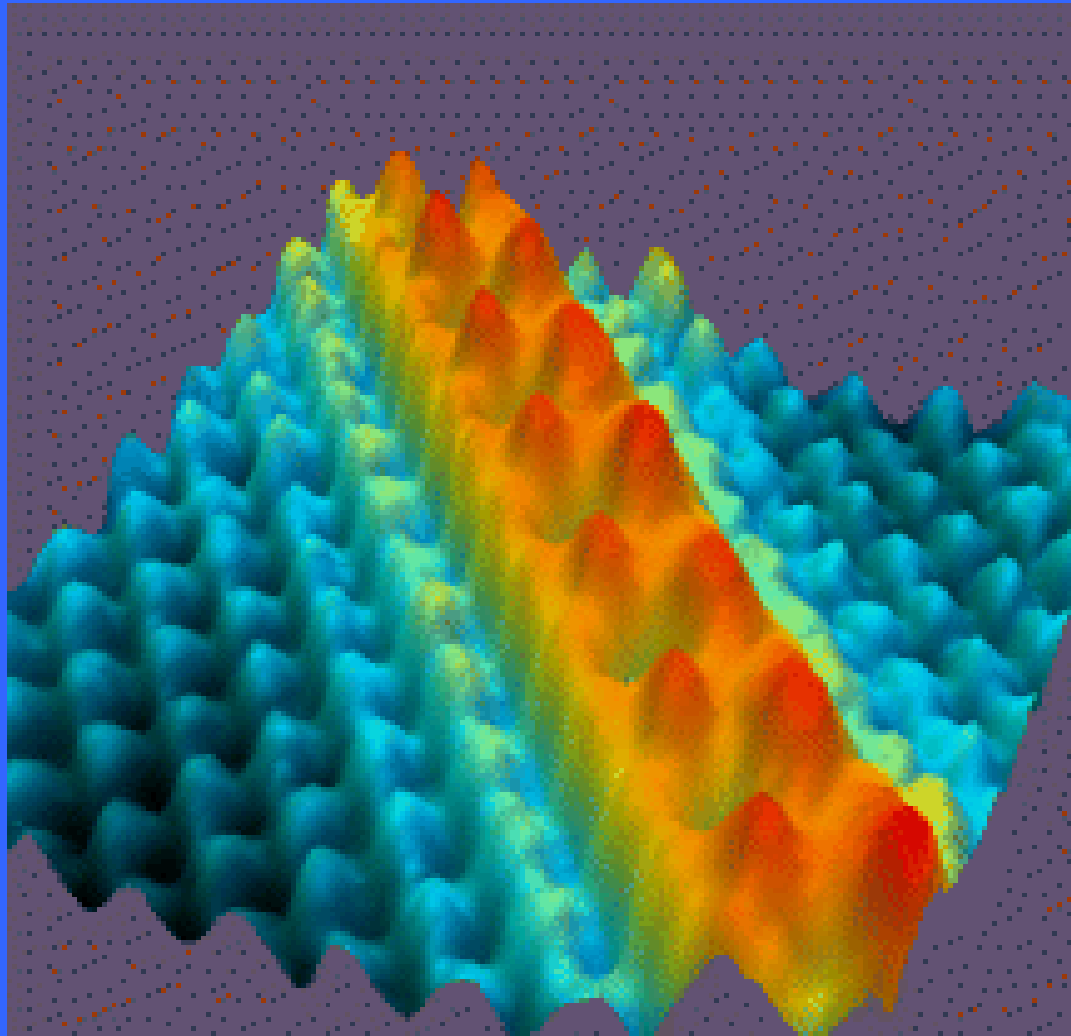
úbytek hmoty, radioaktivity, (tunelovací mikroskop)

Tunelovací mikroskop

(Scanning Tunneling Microscope-STM-Young-NBS-1971)

Hrot (atom) se pohybuje ve vzdálenosti několik nm nad povrchem a zaznamenává tunelovací proud (na vzduchu).

Př.: řada atomů Cs na podložce GaAs - rovina (100).



Zkoušky technologické

- Svařitelnost
 - Tvárnost
 - Slévatelnost
 - Obrobitelnost
-

Zkoušky bez porušení

Elektromagnetické záření (rtg, gama)

Ultrazvuk

Magnetické a indukční metody

Kapilární zkoušky
