



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

**Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1**

**Šablona:** Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT  
**Název:** Kontrola a měření strojních součástí a jejich polotovarů

**Téma:** **Pevnostní zkoušky dynamické  
-únava materiálu**

**Autor:** Ing. Smolek Jan

**Číslo:** VY\_32\_INOVACE\_23-09

**Anotace:** Prezentace jako podpora k výkladu o mechanismu porušení opakovaným zatížením.

Problematika je zmiňována (nejen) ve Strojních a technologických laboratořích středních průmyslových škol.

DUM je určen především pro čtvrté ročníky všech oborů.

Materiál byl vytvořen květnu 2013.

# Únava materiálu a součástí strojů:

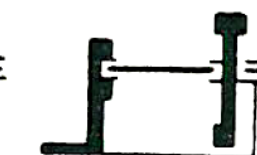
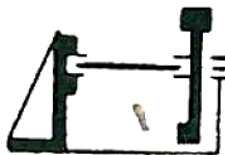
- **Proměnné namáhání;**
- **Vznik únavových lomů;**
- **Zkoušky na únavu:**
  - **stanovení meze únavy při cyklickém namáhání bez rázů**
    - **střídavým ohybem (ohybem za rotace)**
    - **tahem nebo tahem a tlakem**
  - **stanovení meze únavy při rázovém namáhání**
  - **zkoušky pomocí pulsátorů**
- **Vlivy na mez únavy:**
  - **vliv statického předpětí**
  - **vliv velikosti předmětu**
  - **vliv povrchu součásti**
  - **vliv zbytkového pnutí**
- **Účinky vrubů:**



*Při dlouhých dobách namáhání*



*na ohyb*



*na kroucení*

*a) baz poškození  
povrchu*

*b) povrch  
poškozen*

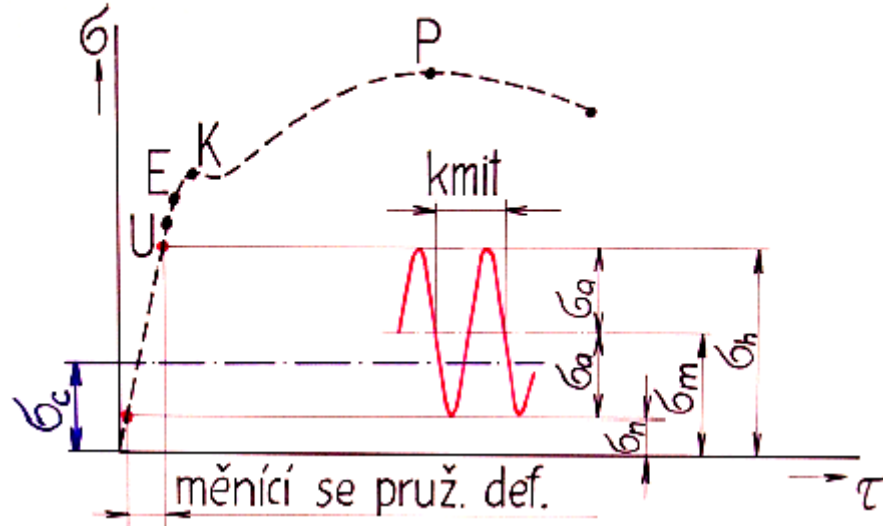


*c) ve formě  
hrádla*

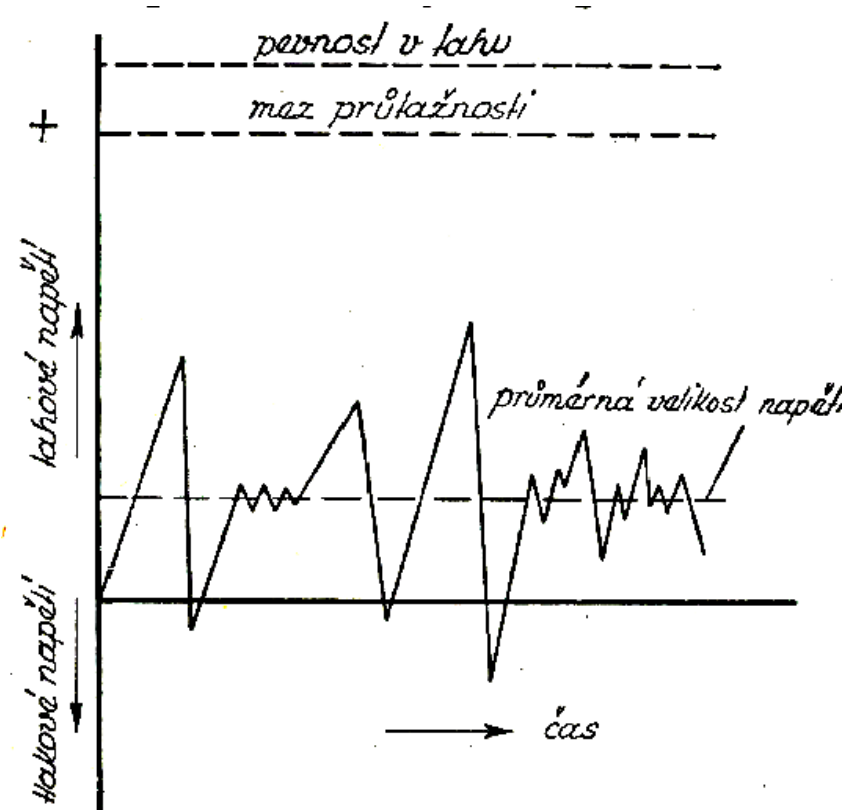


*v motoru*

# ÁTĚŽNÝ CYKLUS

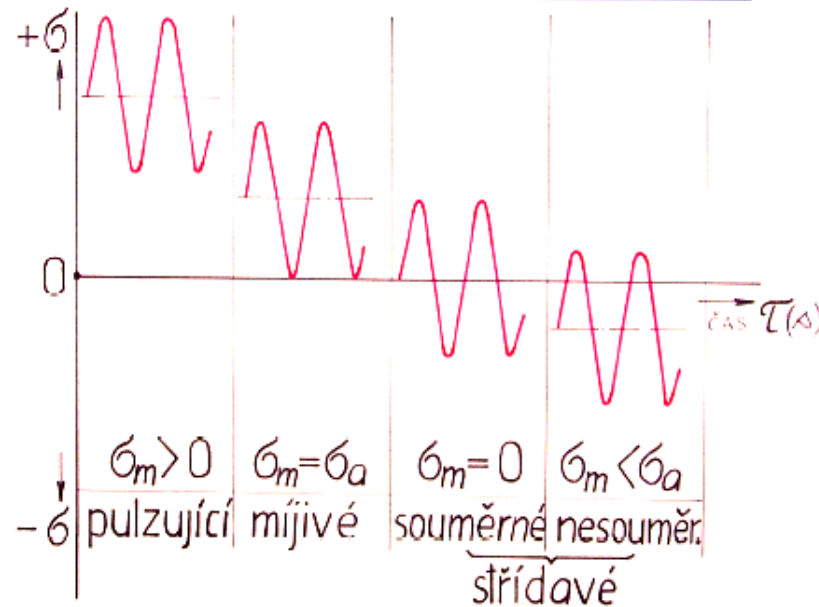


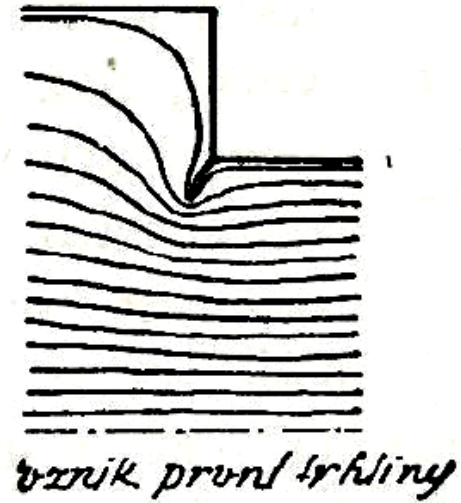
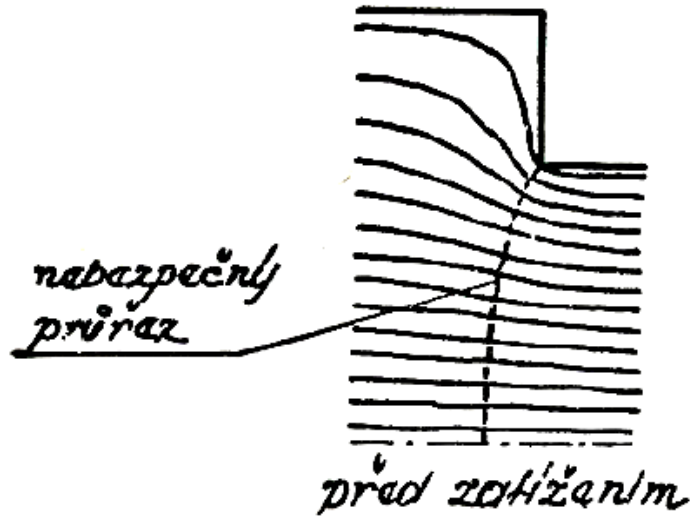
## Proměnné namáhání: (cyklické zatěžování)



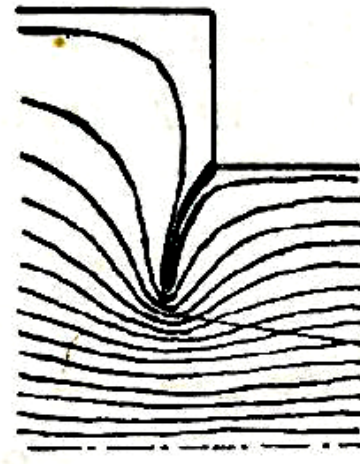
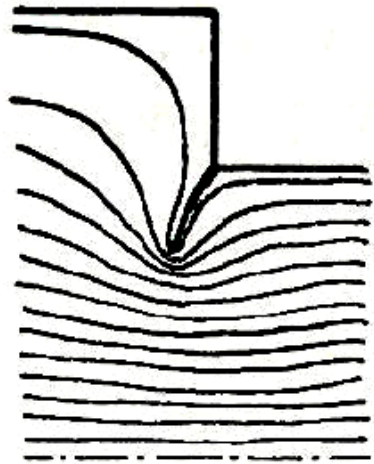
př. kolísání napětí součástí za letu:

# DRUHÝ CYKlickÉHO ZATĚŽOVÁNÍ



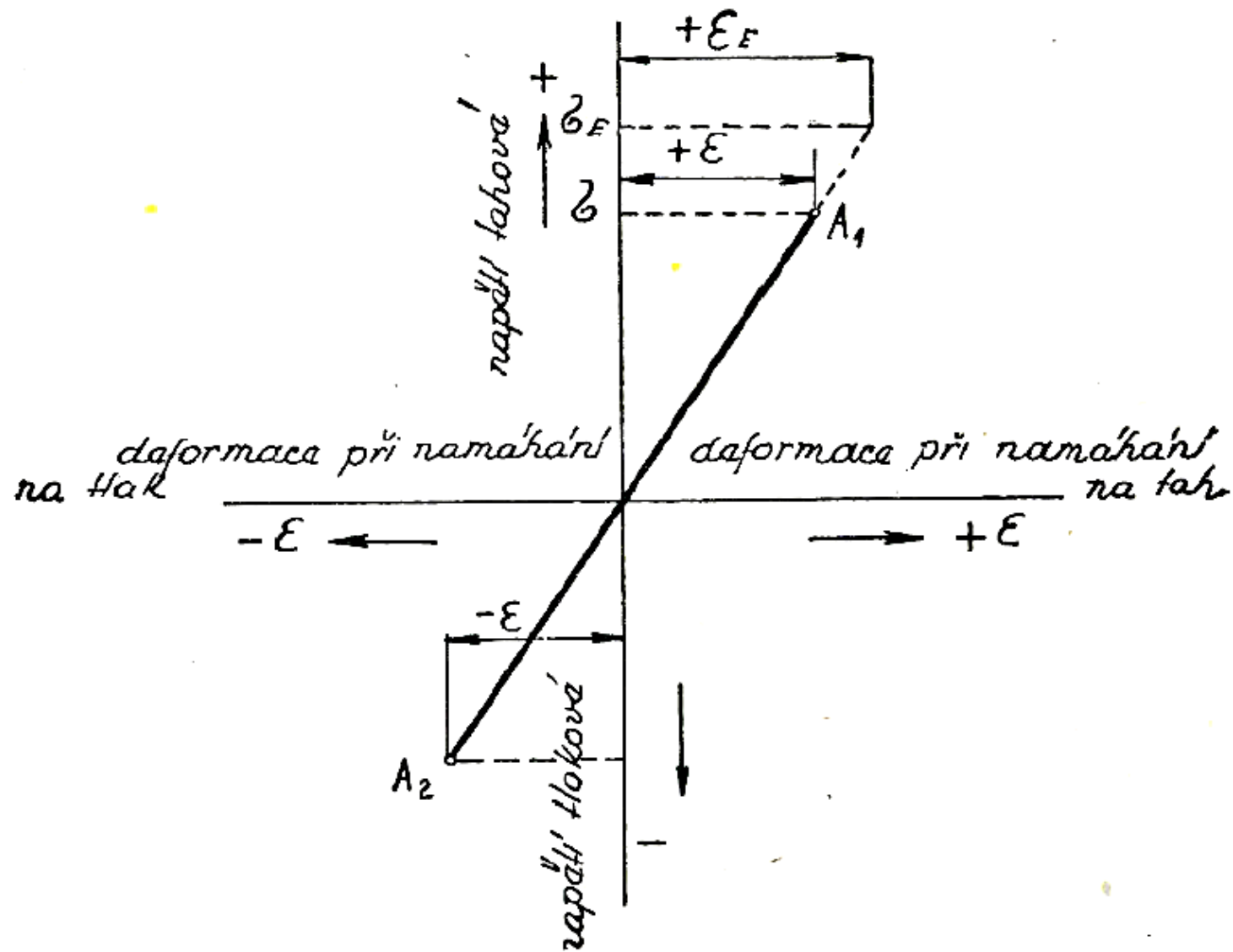


## Vznik únavových lomů:

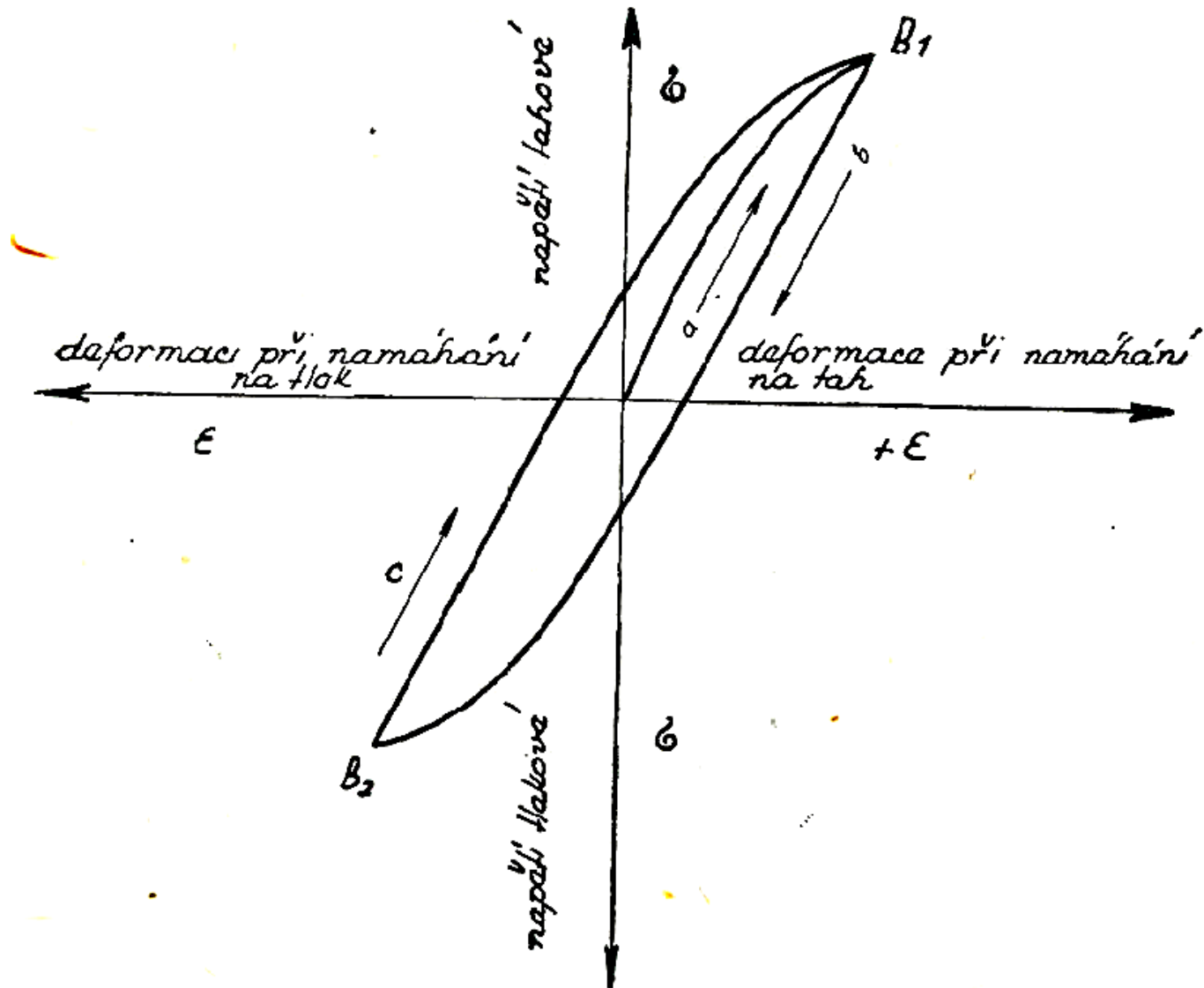


*Koncentrace  
sílokřivek v kořene  
trhliny*

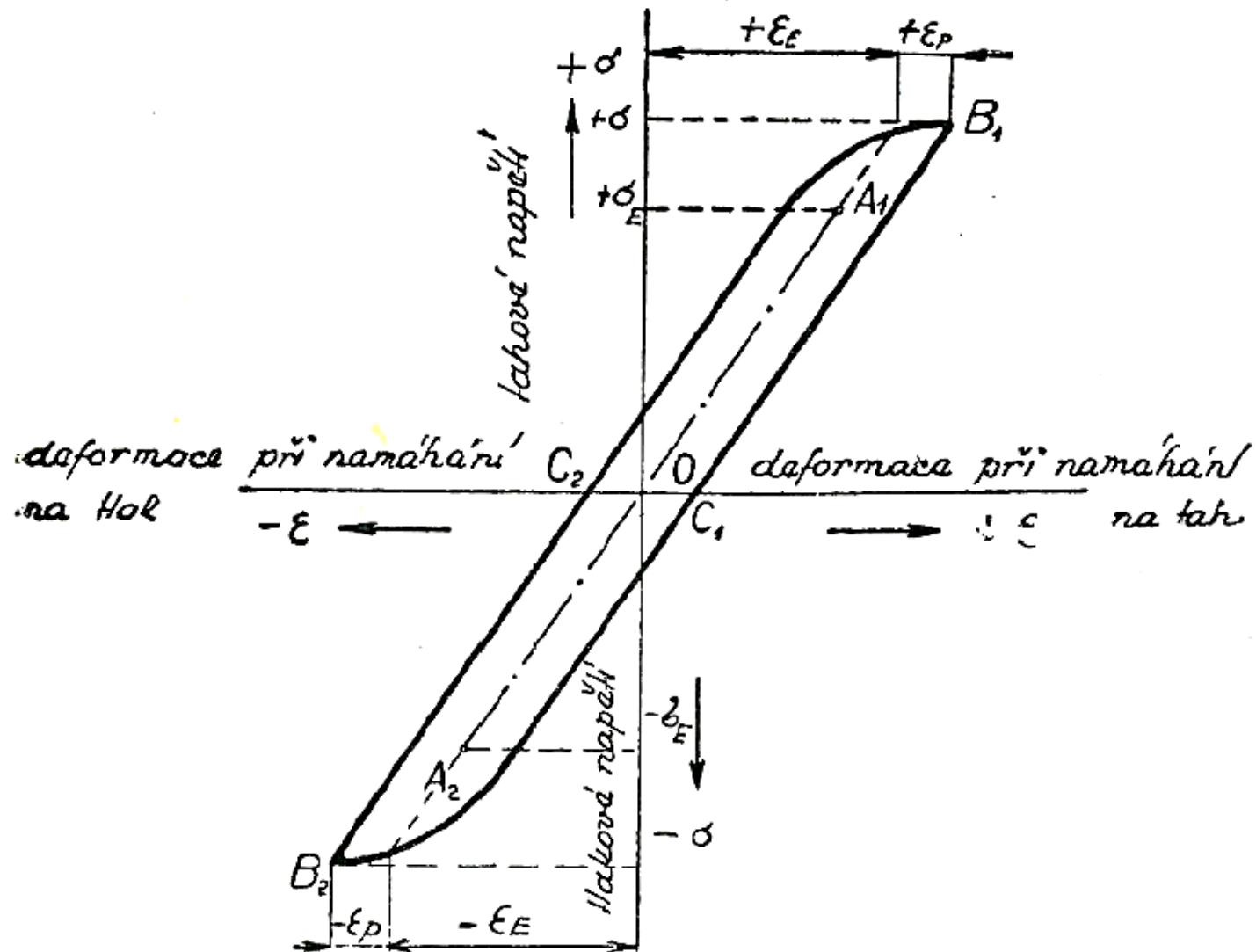
## Deformace oceli při střídavém pružném namáhání na tah a tlak:



## Průběh deformace oceli při velkém namáhání na tah a tlak:



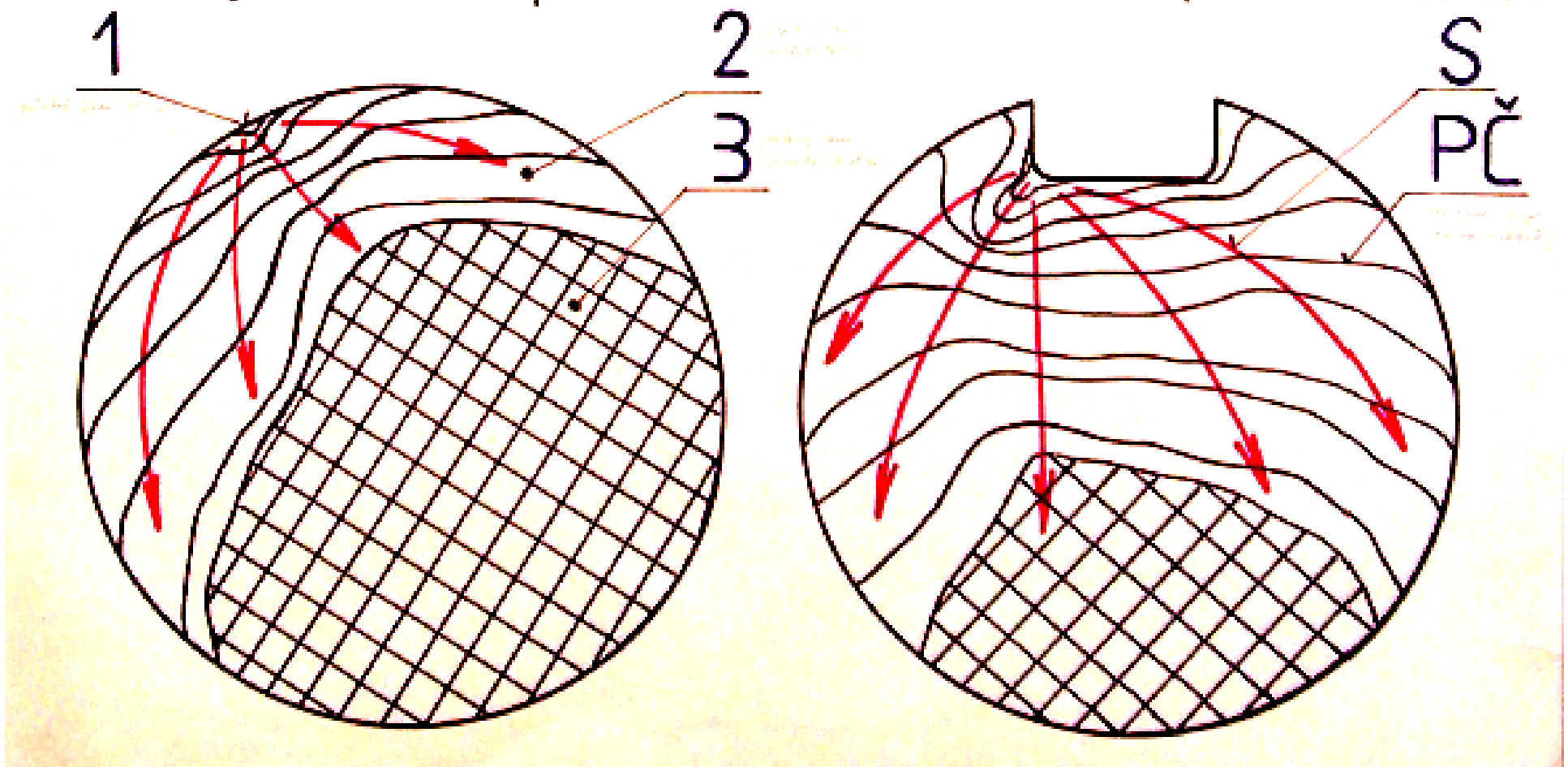
## Deformace oceli při střídavém namáhání větším, než je mez pružnosti zkoušené oceli:



# ÚNAVOVÝ LOM

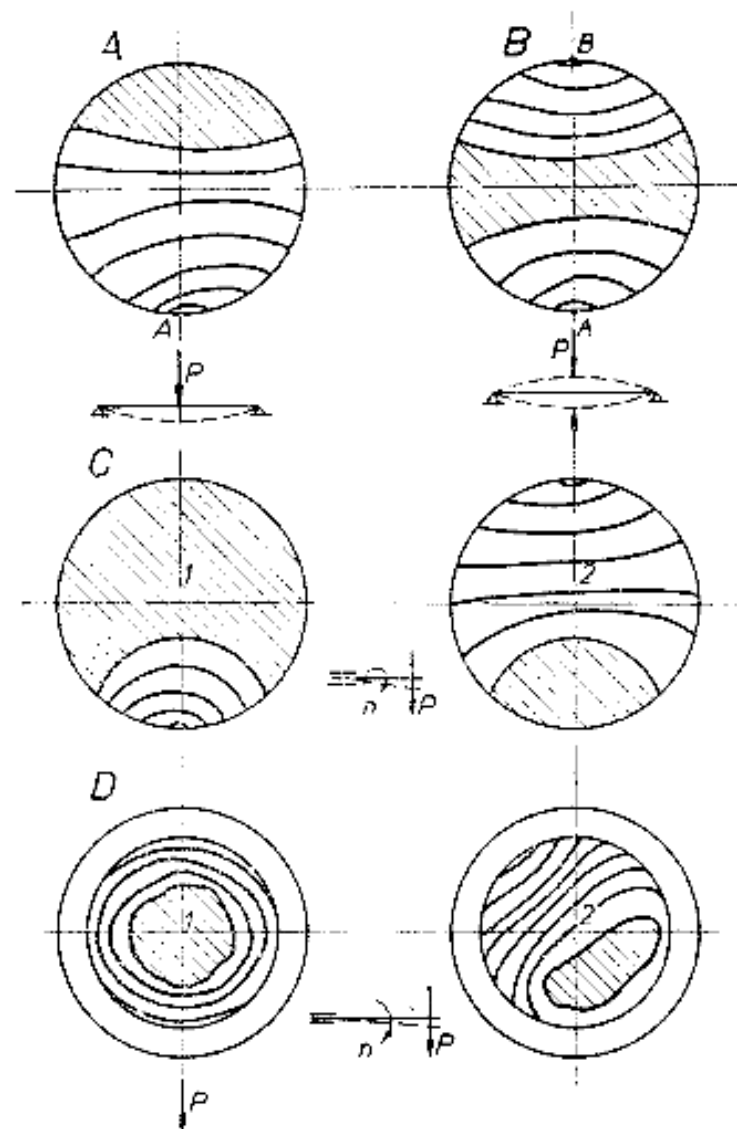
(vysoké napětí)

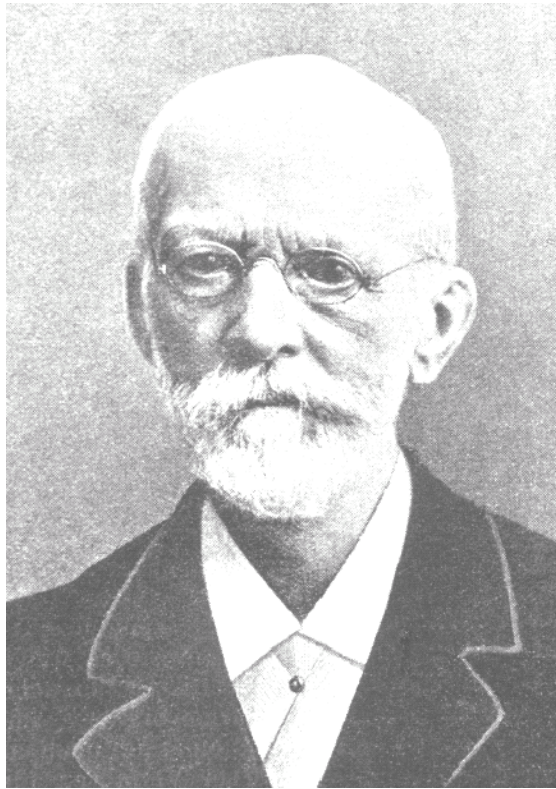
(nízké napětí)



**Únavový lom:**

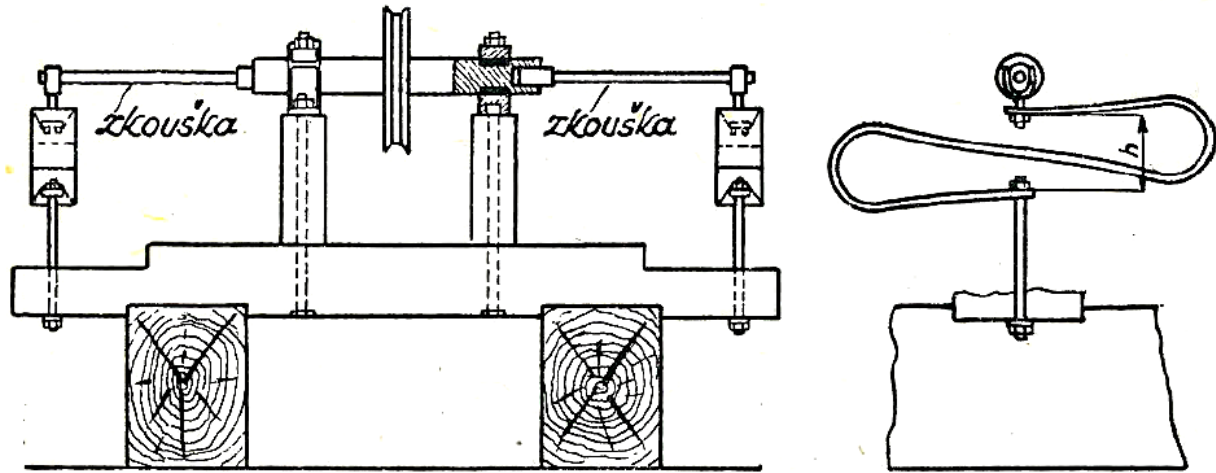
## Únavové lomy:





# Zkouška dle Prof. Wöhlera

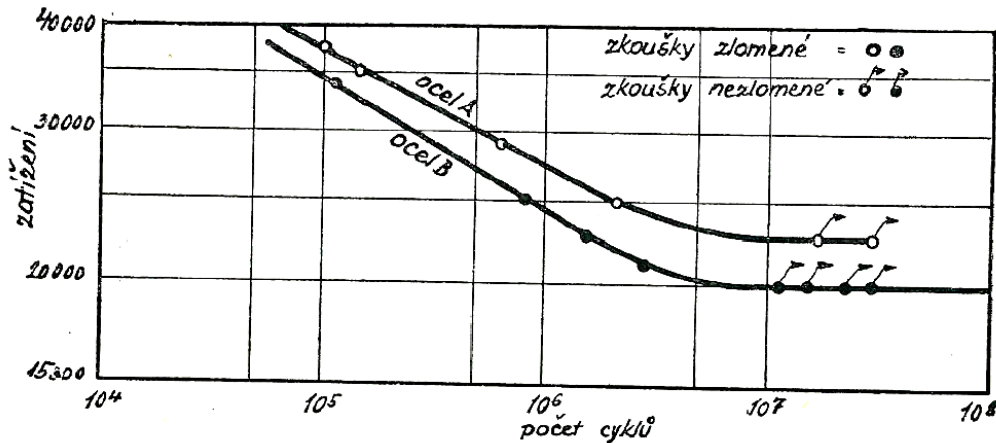
(ohybem za rotace)



PROTOKOL č. .... Formulář 1

zkoušek pro stanovení meze únavy při namáhání ohybem rotující zkoušební tyče na jednom konci vetknuté na strojích typu Wöhler.

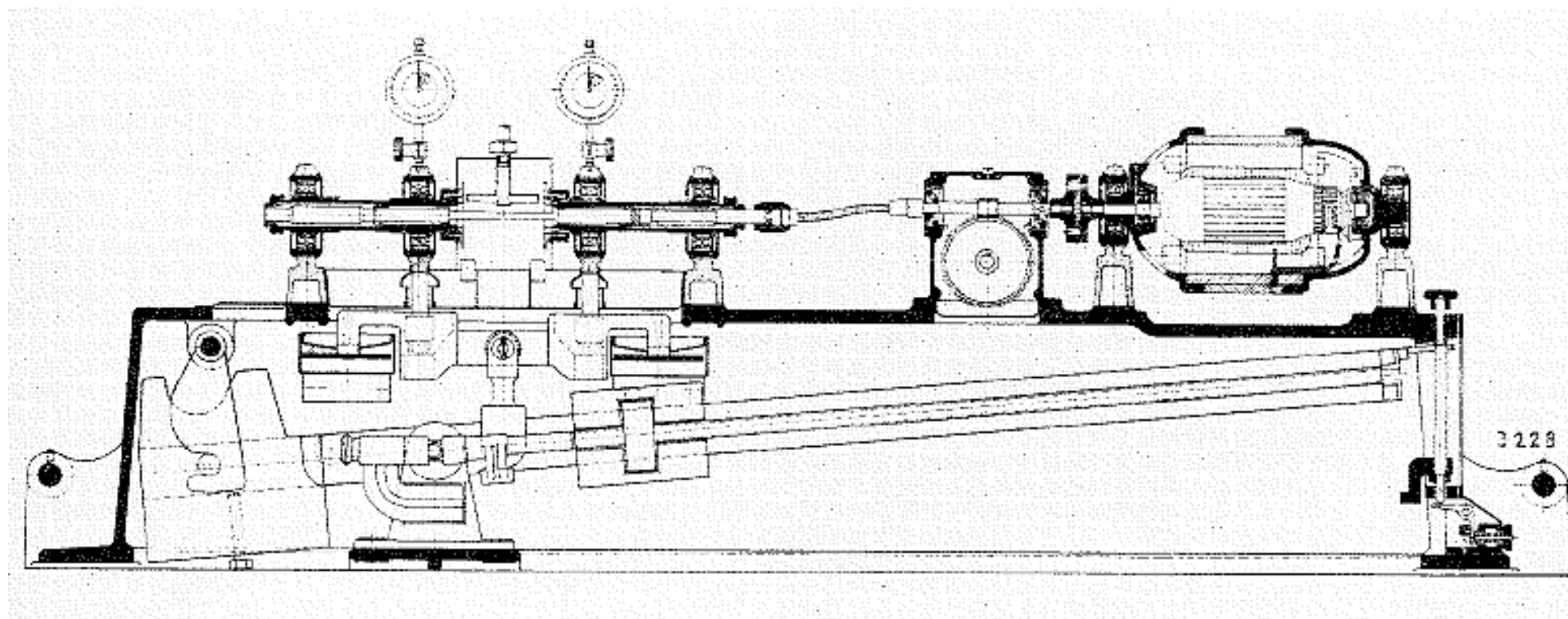
Datum zkoušky .....  
 Značka tyče ..... Materiál .....  
 Počet otáček za minutu .....



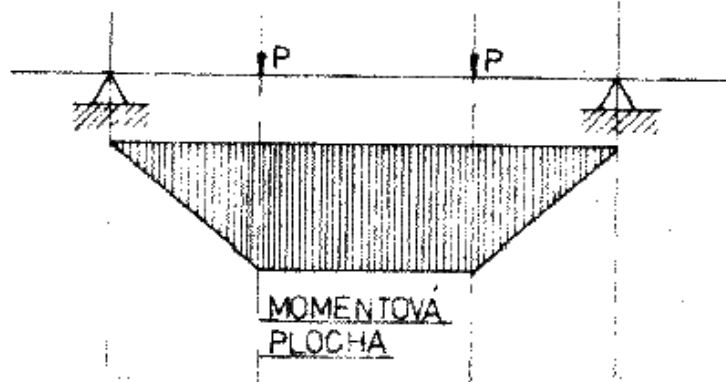
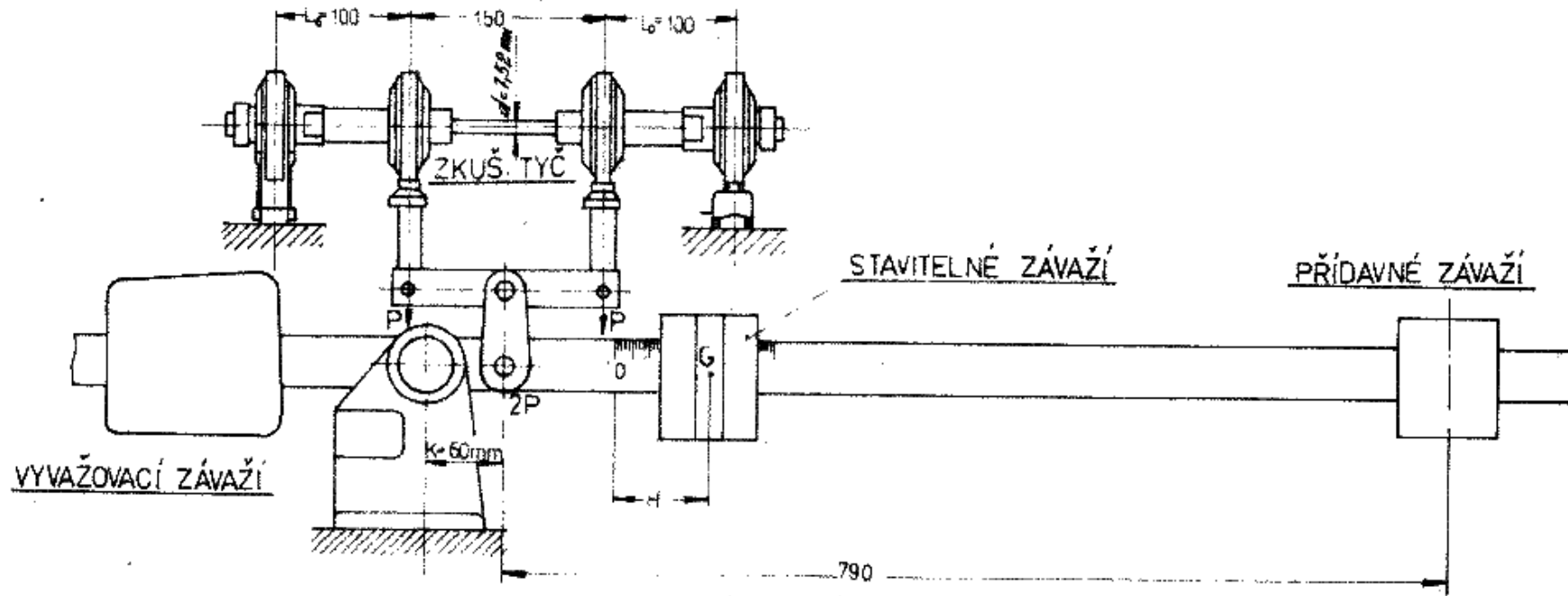
V kterém (v pravé či levé) části stroje byla tyč zkušební	Charakteristika zkušební tyče		Zatížení					Namáhání zkušební tyče kg/mm <sup>2</sup>	Doba zkoušky		Údaje počítadla	Počet cyklů do konce zkoušky	Poznámky	
	č.	Průměr mm	Modul pružnosti mm <sup>2</sup>	Váha přívěsku kg	Váha závaží kg	Celková váha přívěsku a závaží kg	Rameno mm		Moment ohybu kg mm	Začátek zkoušky				Konec zkoušky

Mez únavy ..... kg/mm<sup>2</sup>  
 Zkoušku prováděl ..... (podpis)  
 Vedoucí laboratoře ..... (podpis)

## Zkušební stroj pro zkoušku ohybem za rotace - Schenck



# Schéma zařízení pro zkoušku únavy - Schenck:



$$M_b = P \cdot L_0$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot G \cdot \frac{H}{K}$$

$$M_b = \frac{G}{2} \cdot \frac{L_0}{K} \cdot H$$

$$= \frac{G}{2} \cdot \frac{10}{K} \cdot 2L \quad (L = \frac{1}{2}H = \text{ROZMÉR UDÁN NA UKAZATELI})$$

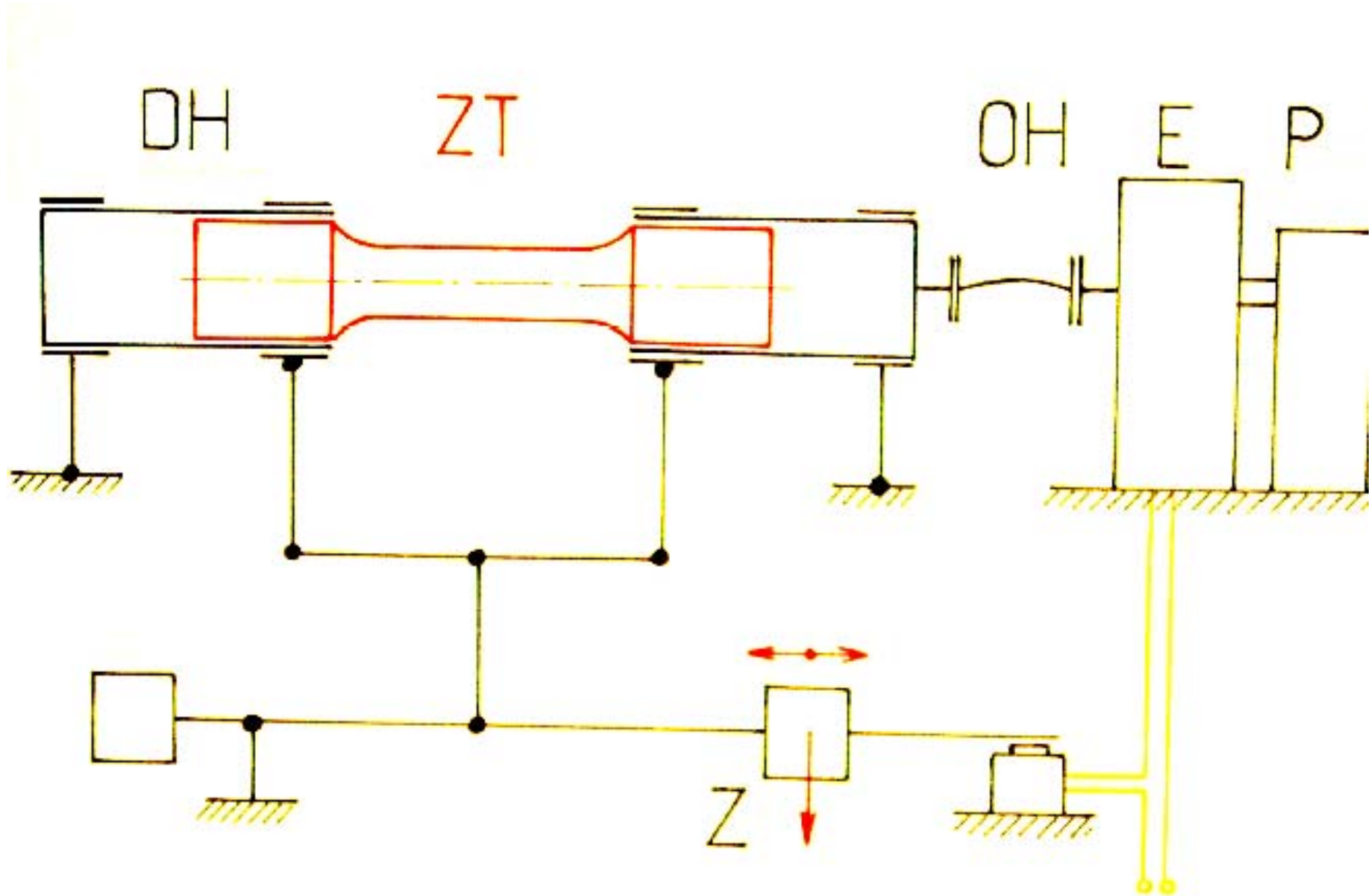
$$= \frac{G \cdot 10}{K} \cdot L \quad (\text{kp} \cdot \text{cm})$$

$$\sigma = \frac{M_b}{W_b} = \frac{25 \cdot 10 \cdot L}{5 \cdot 004167}$$

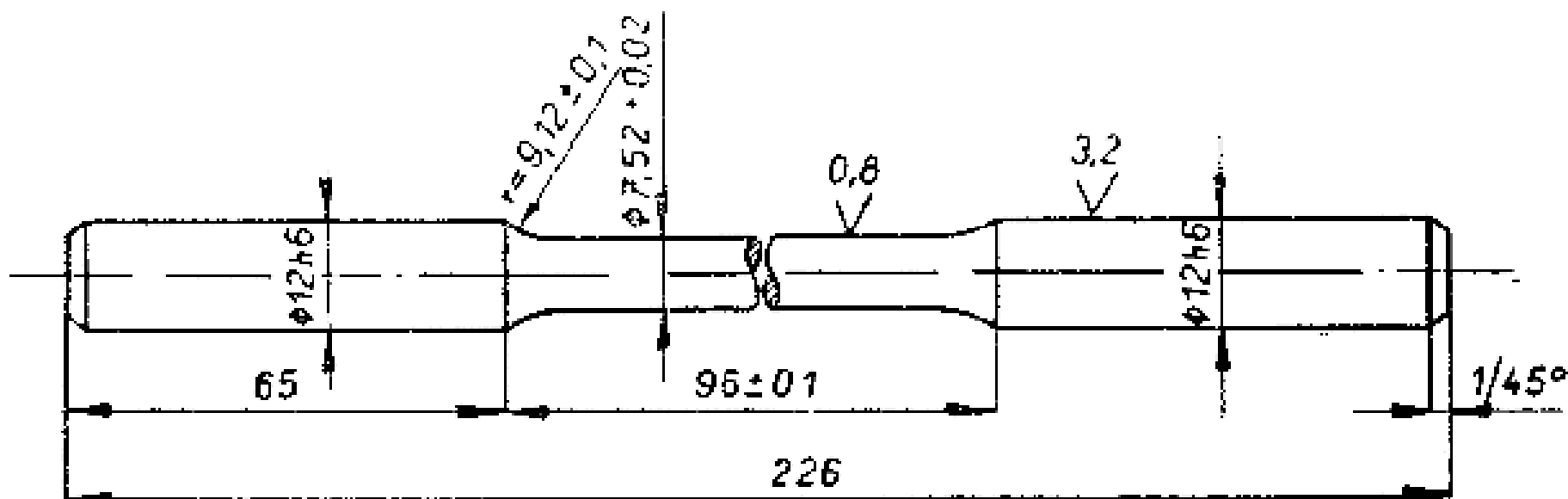
$$= 100 \cdot L \quad (\text{kp}/\text{cm}^2)$$

$$W_b = \frac{3,14 \cdot d^3}{32} = 0,04167 \text{ cm}^3 / \text{pro tyč } \phi 7,52 \text{ mm}$$

## Schéma zařízení pro zkoušku únavy - Schenck:



## Zkušební tyč (vzorek) pro zkoušku ohybem za rotace:



Formulář 2

## P R O T O K O L č. ....

zkoušek pro stanovení meze únavy při namáhání ohybem rotující zkušební tyče na strojích typu Schenck.

Datum zkoušky .....

Značka tyče..... Materiál.....

Počet otáček za minutu .....

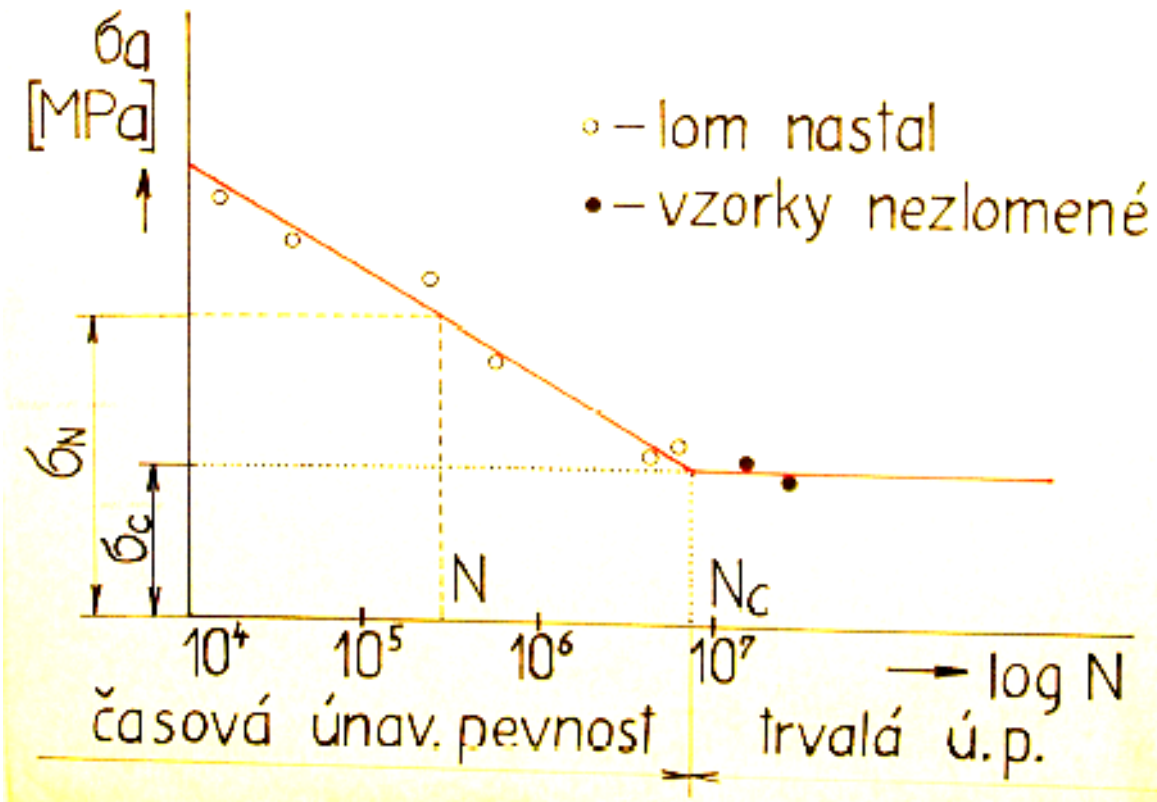
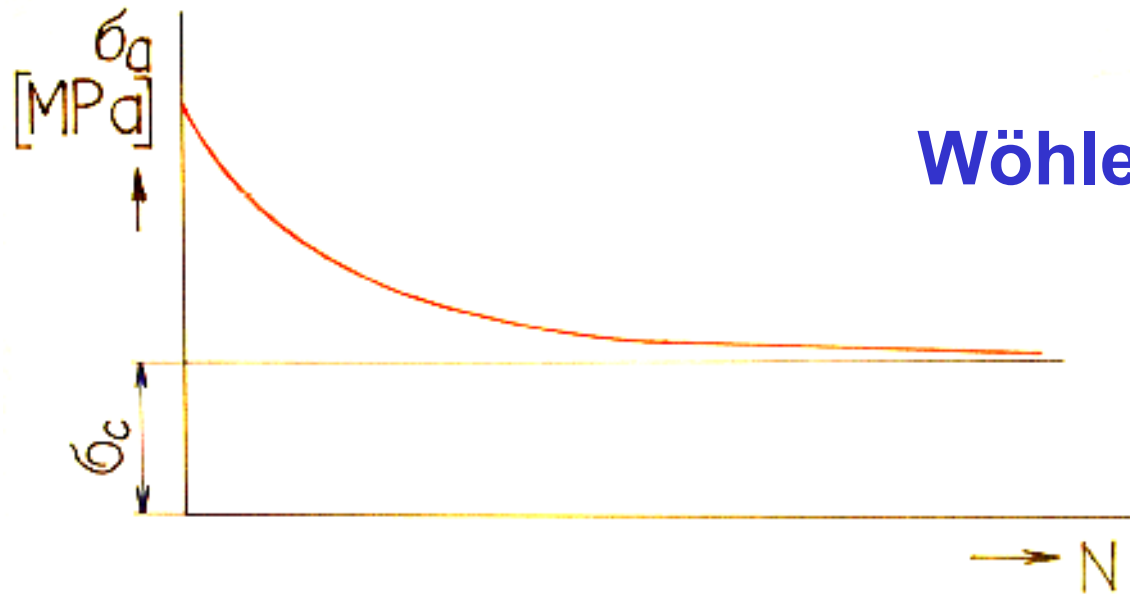
Charakteristika zkušební tyče		Doba zkoušky		Údaje počítadla při měření	Namáhání zkušební tyče kg/mm <sup>2</sup>	Počet cyklů do konce zkoušky	Poznámka
č.	Průměr mm	Začátek zkoušky	Konec zkoušky				

Mez únavy .....kg/mm<sup>2</sup>

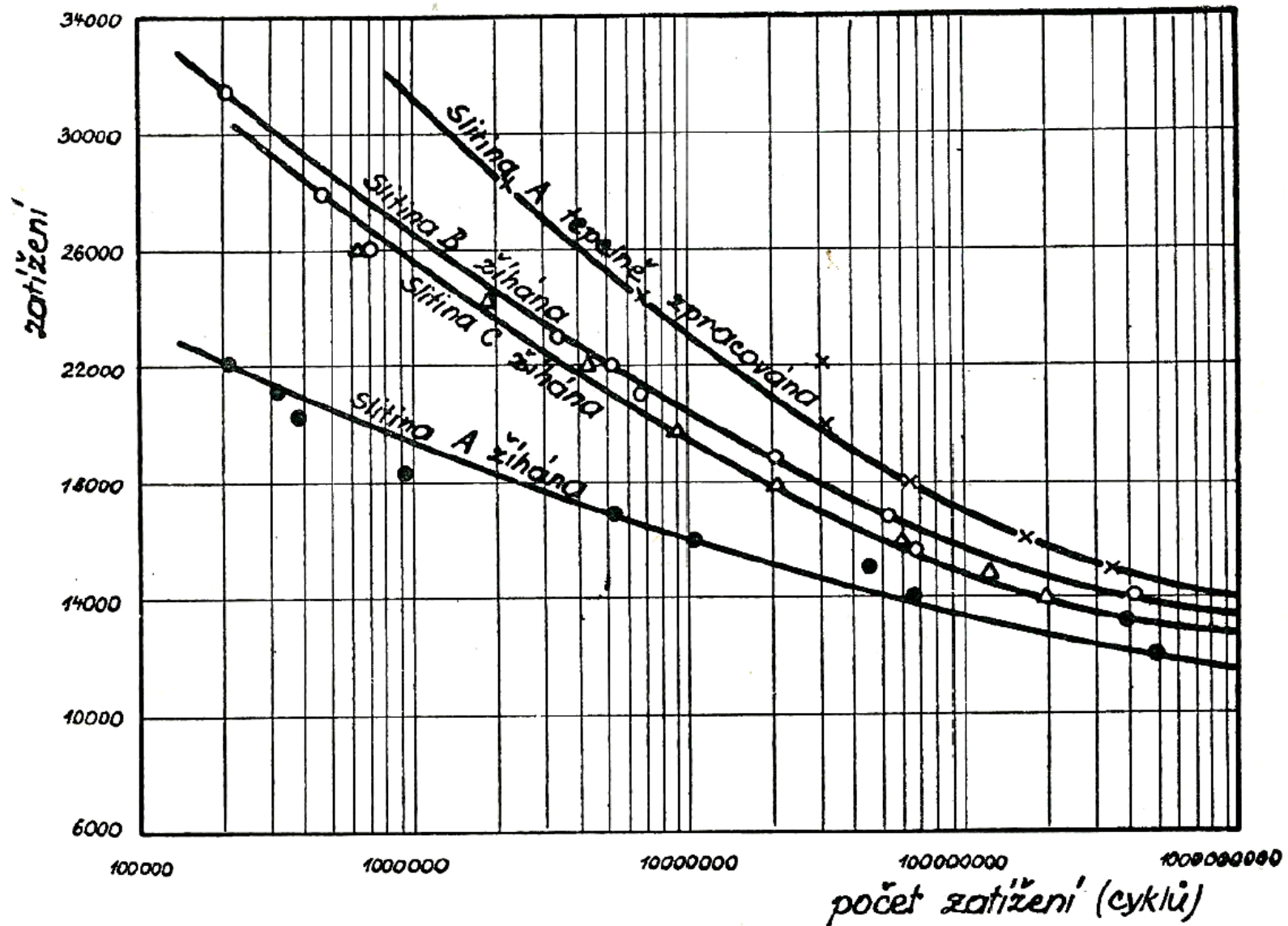
Zkoušku prováděl .....(podpis)

Vedoucí laboratoře .....(podpis)

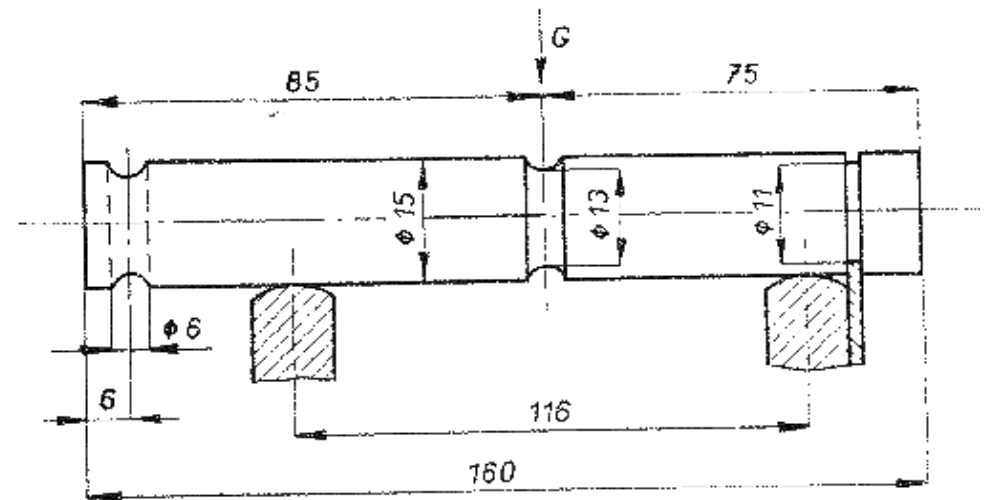
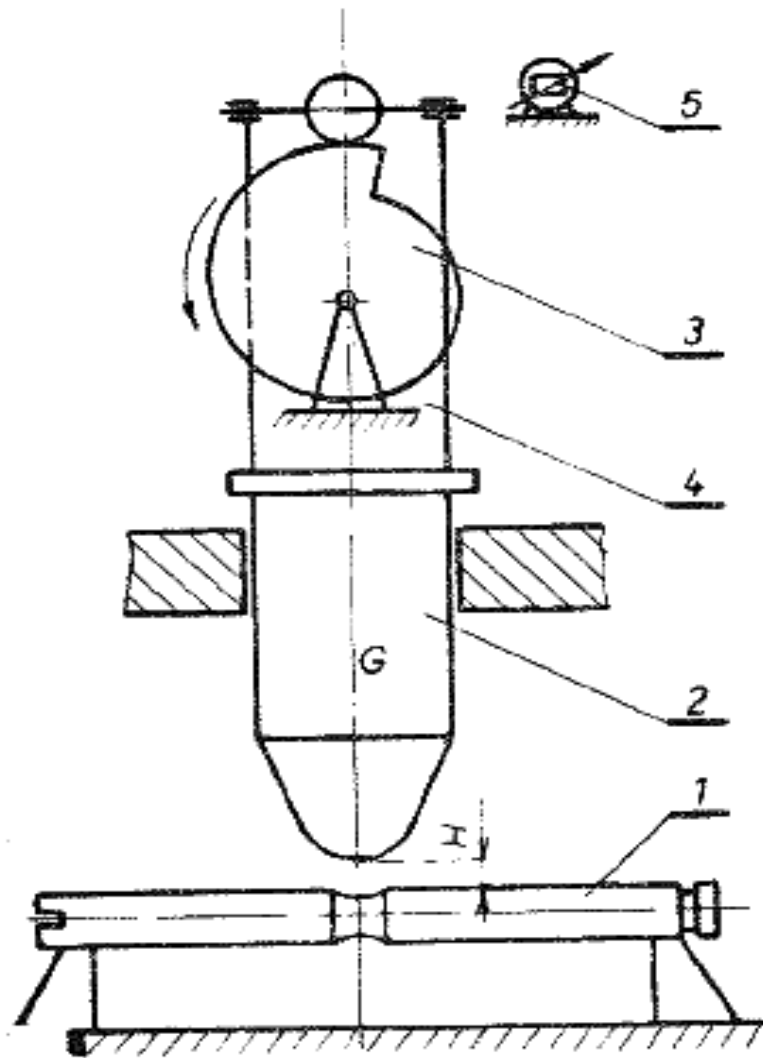
## Wöhlerova křivka ocelí:



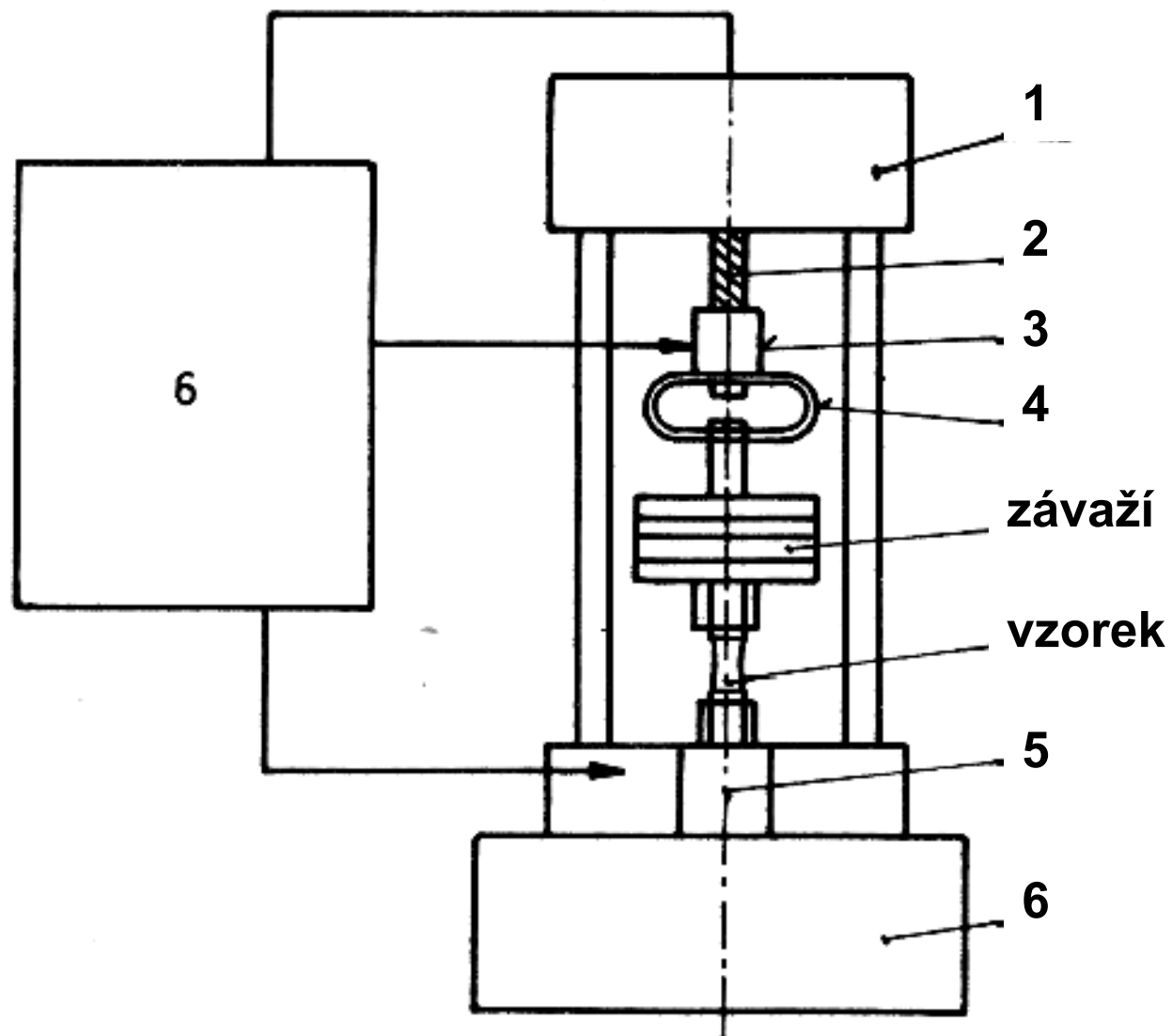
## Křivky únavy hliníkových slitin ( $5 \cdot 10^7$ , $10^8$ , ... cyklů):



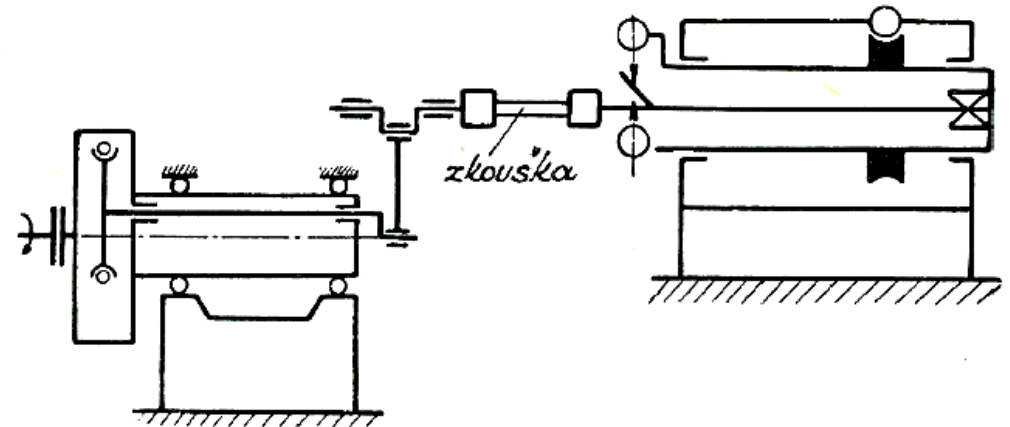
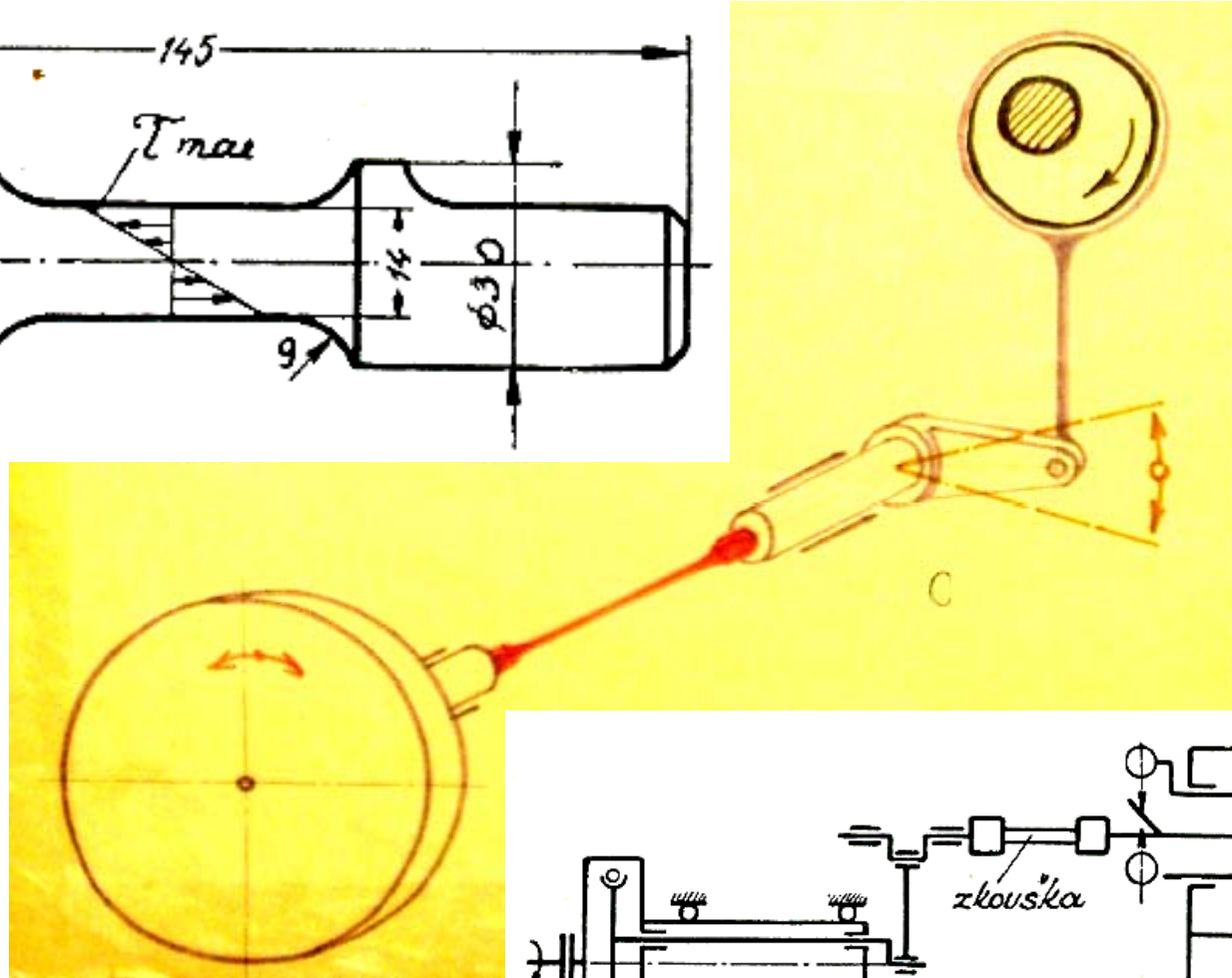
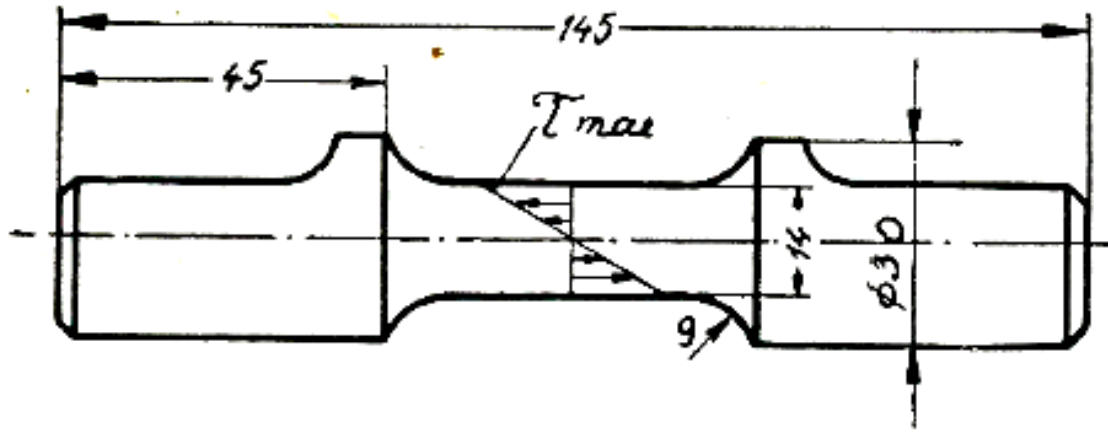
# Stanovení meze únavy při rázovém namáhání: (Kruppovo kladívko)



## Zkoušky únavy pomocí pulsátorů:



## Zk. střídavým krutem:







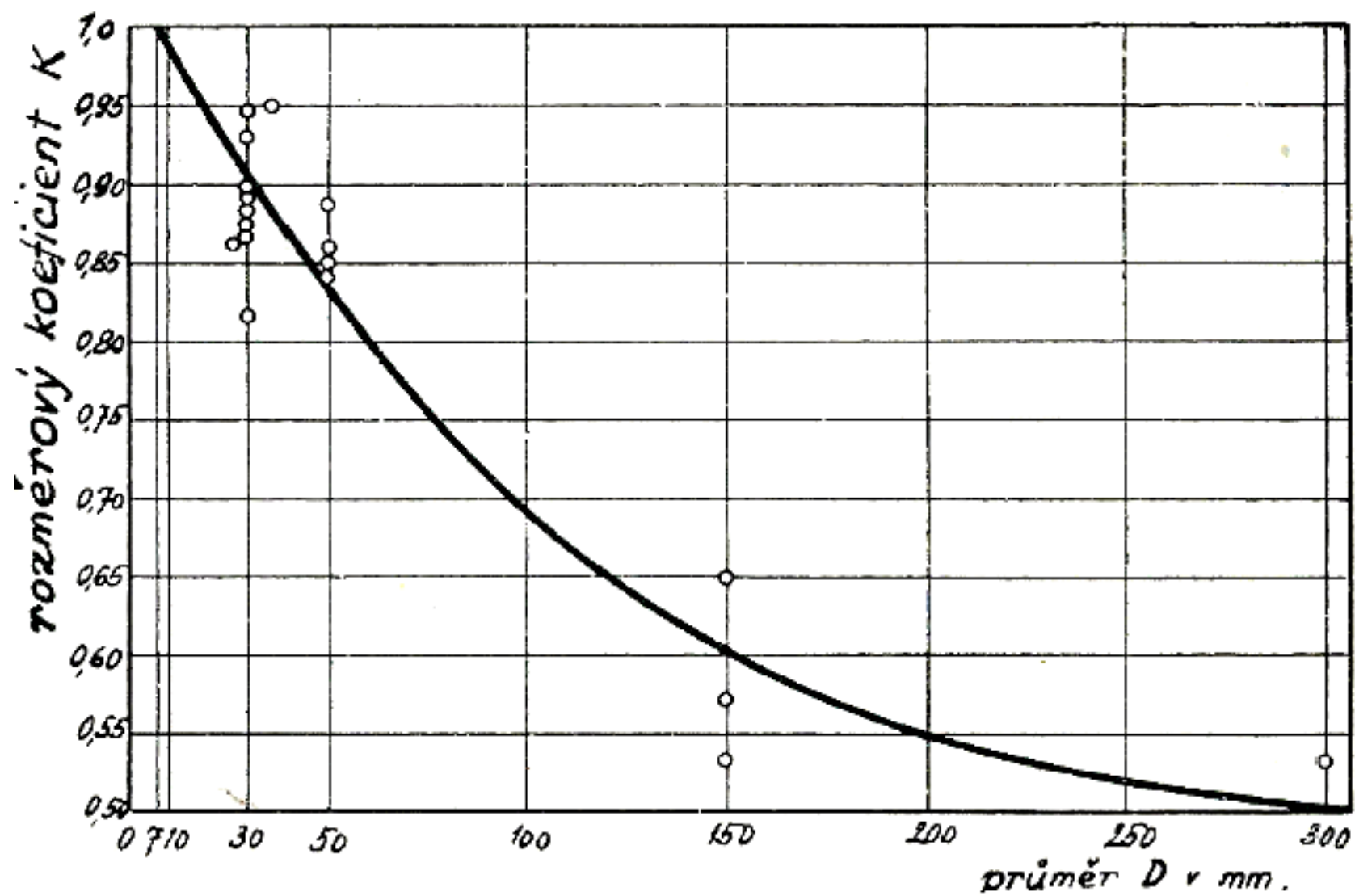
Zbytkové pnutí po broušení

Zbytkové pnutí po válečkování

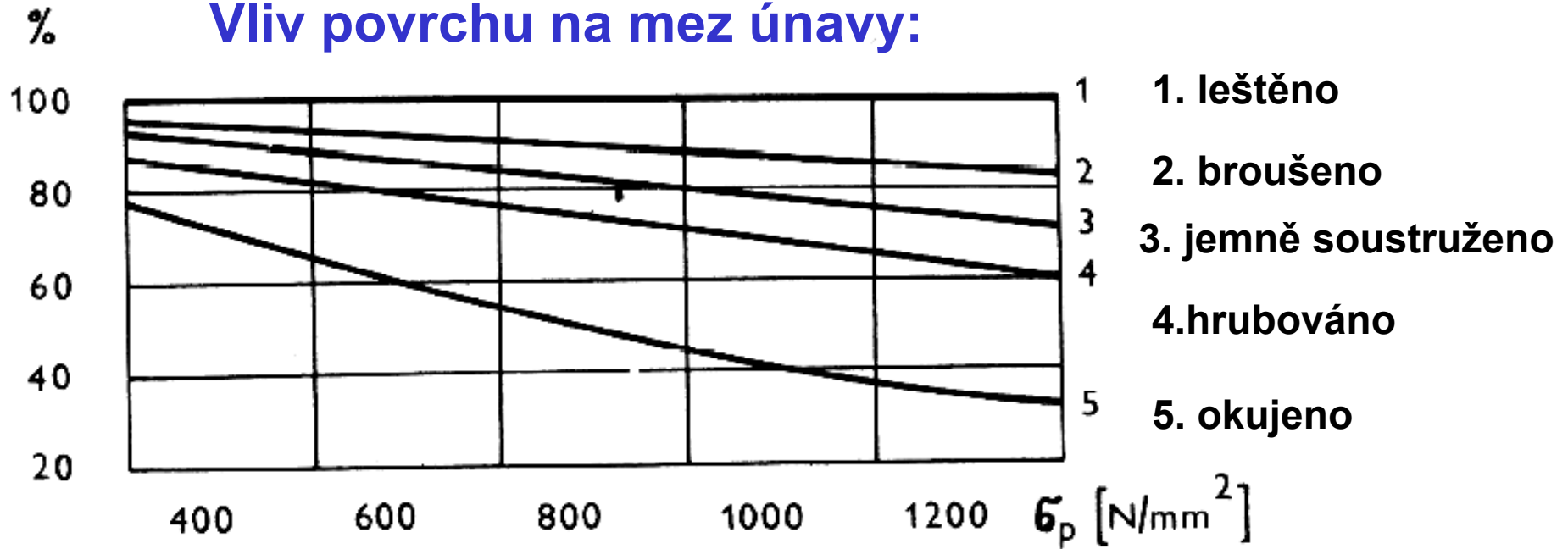
Zbytkové pnutí po tryskání

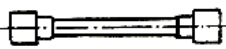
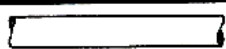
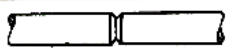


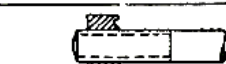

Vliv zbytkového pnutí na mez únavy materiálu

## Vliv velikosti předmětu:

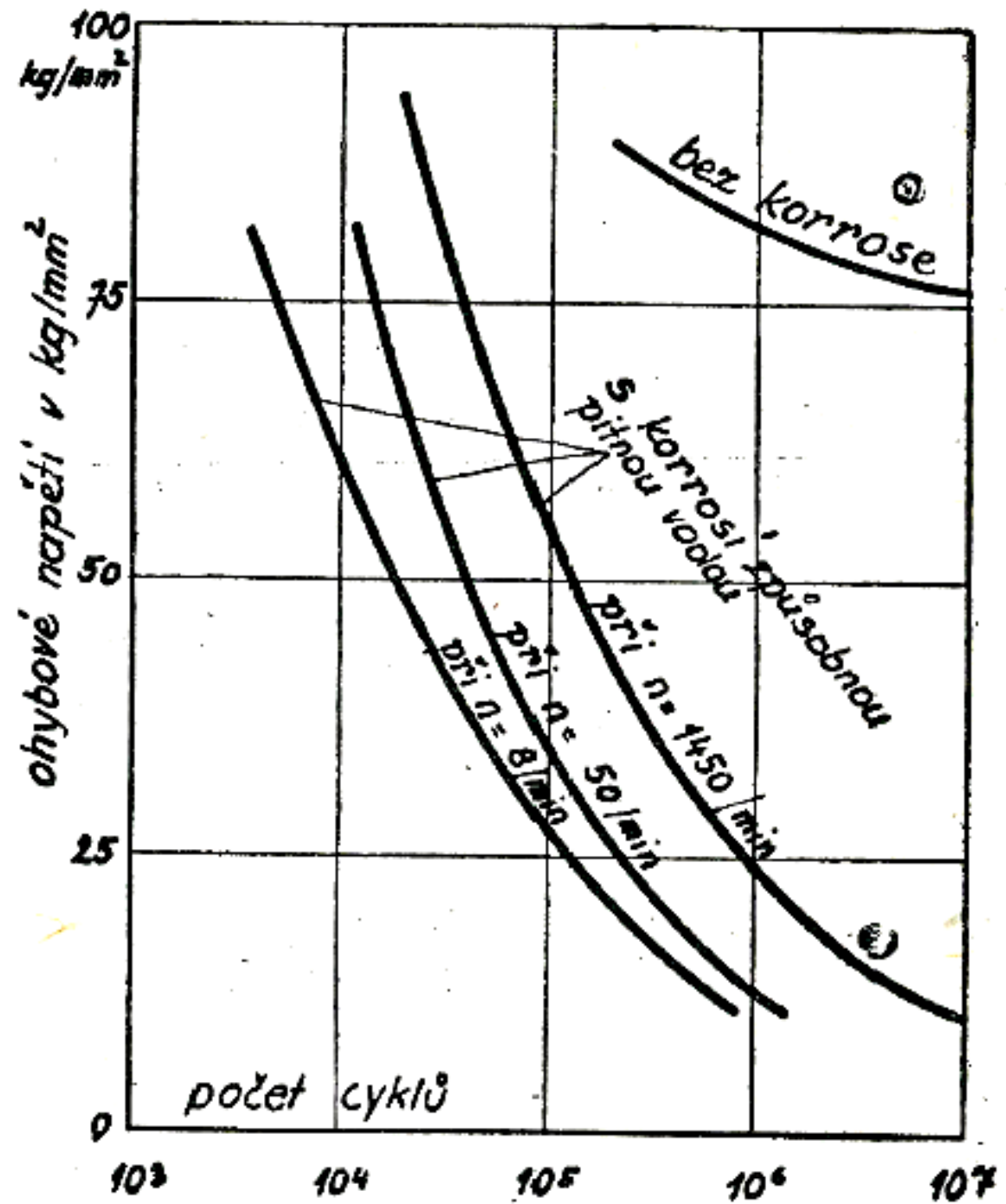


## Vliv povrchu na mez únavy:



tvor zkušební tyče	mez únavy v kg/mm <sup>2</sup>
 statická zkouška tahem	38
 hladká tyč	22
 tyč s vrubem	11
 zavrtaný šroub	6,5
 šroub s litinovou matkou	5,5
 šroub s odlehčenou matkou	3,5
 šroub s normální matkou	2,85

## Vliv koroze:



## „Interaktivní prvky“:

- Překreslete si vyučujícím určená schémata atp.;
- V průběhu výkladu si pečlivé poznamenávejte klíčové informace;
- Popište vlastními slovy jednotlivé snímky (vysvětlete funkci, atp.);
- Pokuste se nalézt v právě probrané prezentaci nepřesnosti, pro svůj názor správně formulujte argumenty;

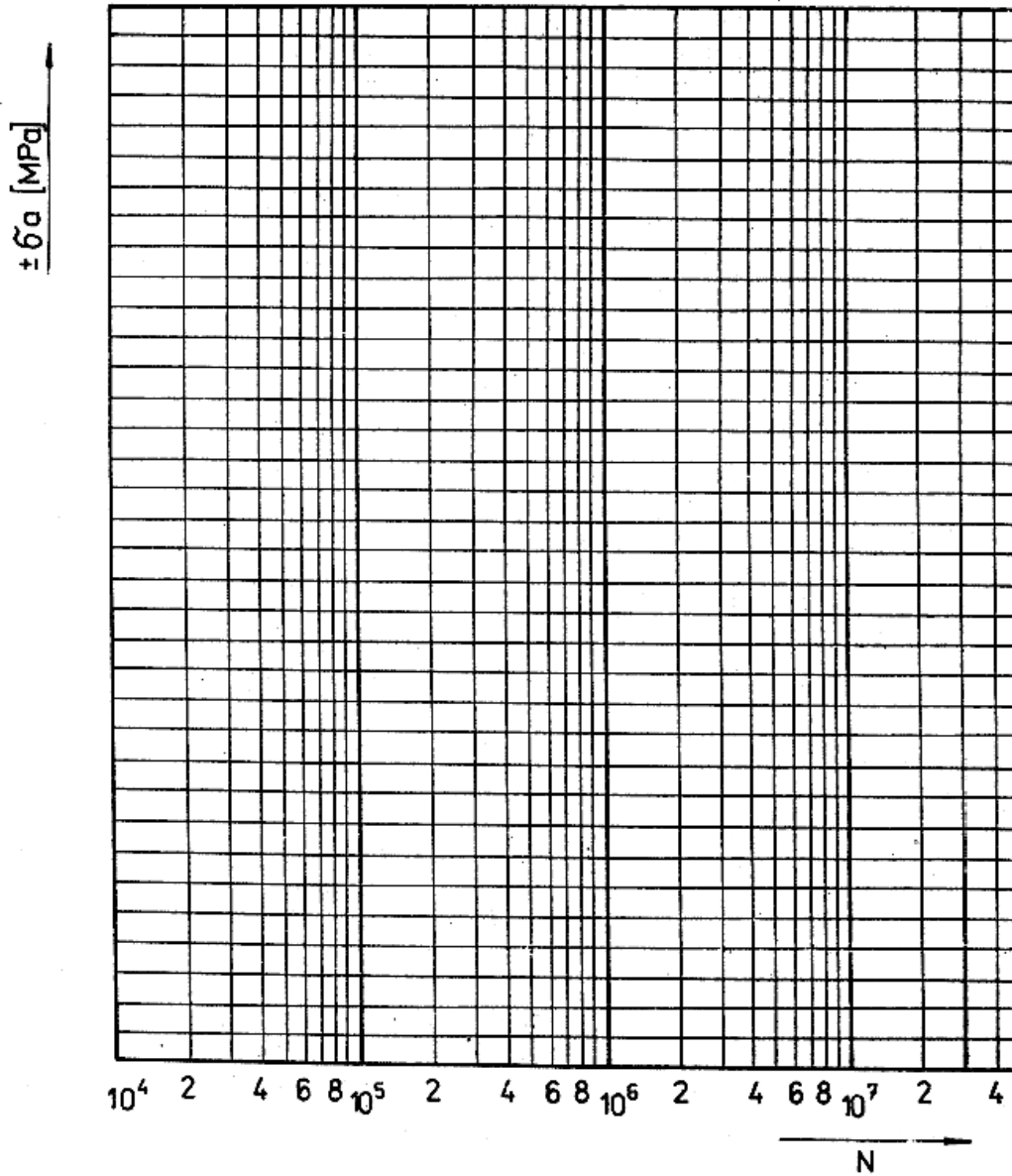
## Úloha č. 1

### Stanovení meze únavy materiálu:

- Dle údajů zjištěných na stroji pro zatěžování ohybem za rotace Schenck (pro materiál dle čísla zadání), sestrojte Wöhlerovu křivku v souřadnicích **log n -  $\sigma_a$** .
- Uveďte též mez únavy  **$\sigma_c$** .

V z o r e k	č. zadání							
	1		2		3		4	
	14 331		16 532		12 050		12 040	
	$\sigma_a$ /MPa/	N	$\sigma_a$ /MPa/	N	$\sigma_a$ /MPa/	N	$\sigma_a$ /MPa/	N
1	680	$4 \cdot 10^4$	900	$4 \cdot 10^4$	400	$2 \cdot 10^4$	310	$2 \cdot 10^5$
2	650	$6 \cdot 10^4$	860	$1 \cdot 10^5$	380	$5 \cdot 10^4$	290	$3 \cdot 10^5$
3	620	$1 \cdot 10^5$	840	$2 \cdot 10^5$	360	$1 \cdot 10^5$	270	$1 \cdot 10^5$
4	560	$4 \cdot 10^5$	800	$5 \cdot 10^5$	330	$4 \cdot 10^5$	250	$2 \cdot 10^5$
5	520	$8 \cdot 10^5$	760	$1 \cdot 10^6$	320	$6 \cdot 10^5$	230	$6 \cdot 10^5$
6	500	$1 \cdot 10^6$	740	$2 \cdot 10^6$	310	$1 \cdot 10^6$	210	$9 \cdot 10^5$
7	490	$2 \cdot 10^6$	730	$3 \cdot 10^6$	300	$2 \cdot 10^6$	200	$1 \cdot 10^6$
8	480	$10^7$	720	$10^7$	290	$10^7$	190	$10^7$
	5		6		7		8	
	12 060		12 061		12 042		12 030	
1	500	$1 \cdot 10^4$	400	$1 \cdot 10^4$	380	$2 \cdot 10^4$	320	$1 \cdot 10^6$
2	460	$3 \cdot 10^4$	380	$3 \cdot 10^4$	350	$5 \cdot 10^4$	290	$7 \cdot 10^4$
3	440	$7 \cdot 10^4$	360	$1 \cdot 10^5$	330	$9 \cdot 10^4$	260	$2 \cdot 10^5$
4	420	$2 \cdot 10^5$	350	$2 \cdot 10^5$	310	$2 \cdot 10^5$	240	$5 \cdot 10^5$
5	400	$4 \cdot 10^5$	340	$3 \cdot 10^5$	290	$7 \cdot 10^5$	220	$9 \cdot 10^5$
6	380	$1 \cdot 10^6$	330	$8 \cdot 10^5$	270	$1 \cdot 10^6$	200	$2 \cdot 10^6$
7	370	$2 \cdot 10^6$	320	$2 \cdot 10^6$	260	$3 \cdot 10^6$	180	$4 \cdot 10^6$
8	360	$10^7$	310	$10^7$	250	$10^7$	130	$10^7$

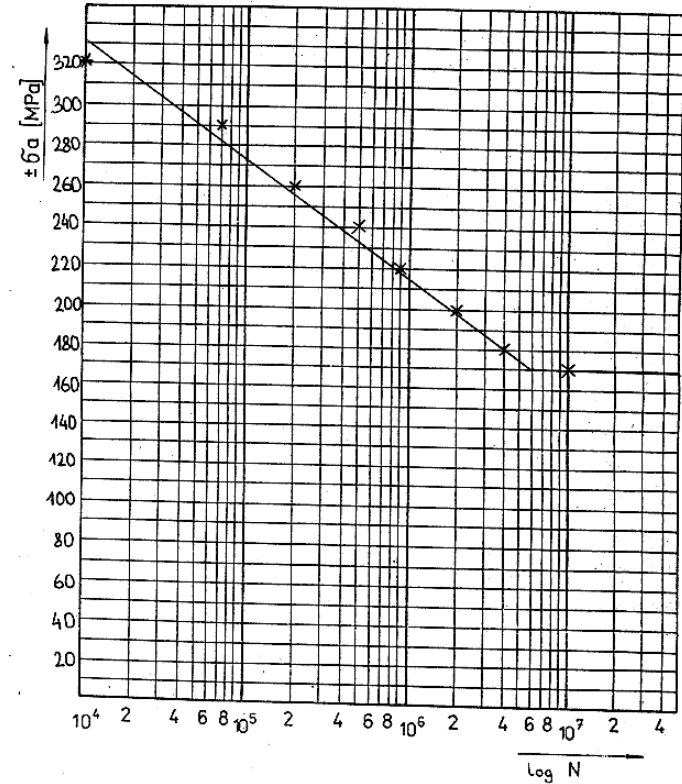
WOHLEROVA KŘIVKA  
pro materiál :



zjištěná mez únavy  $\sigma_c =$

Logaritmická  
sít' pro snazší  
vynášení:

WOHLEROVA KŘIVKA  
pro materiál : 12 D30

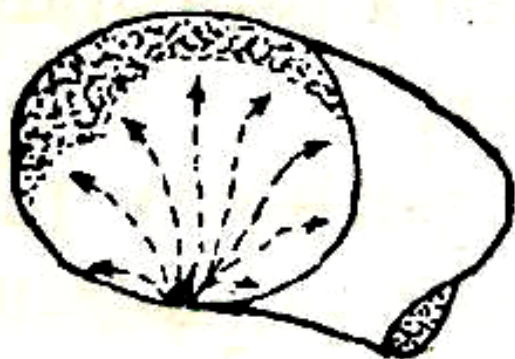


zjištěná mez únavy  $\sigma_c = 170 \text{ MPa}$

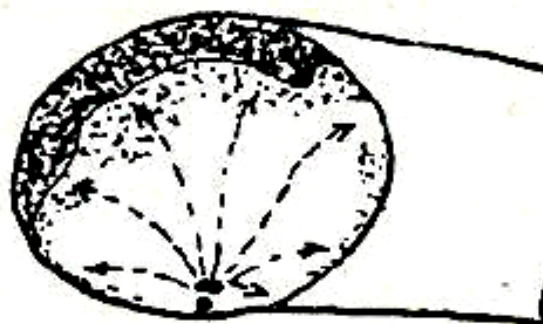
## Úloha č. 2 - Popis únavového lomu:



- Popište zadaný lom strojní součásti.



a)



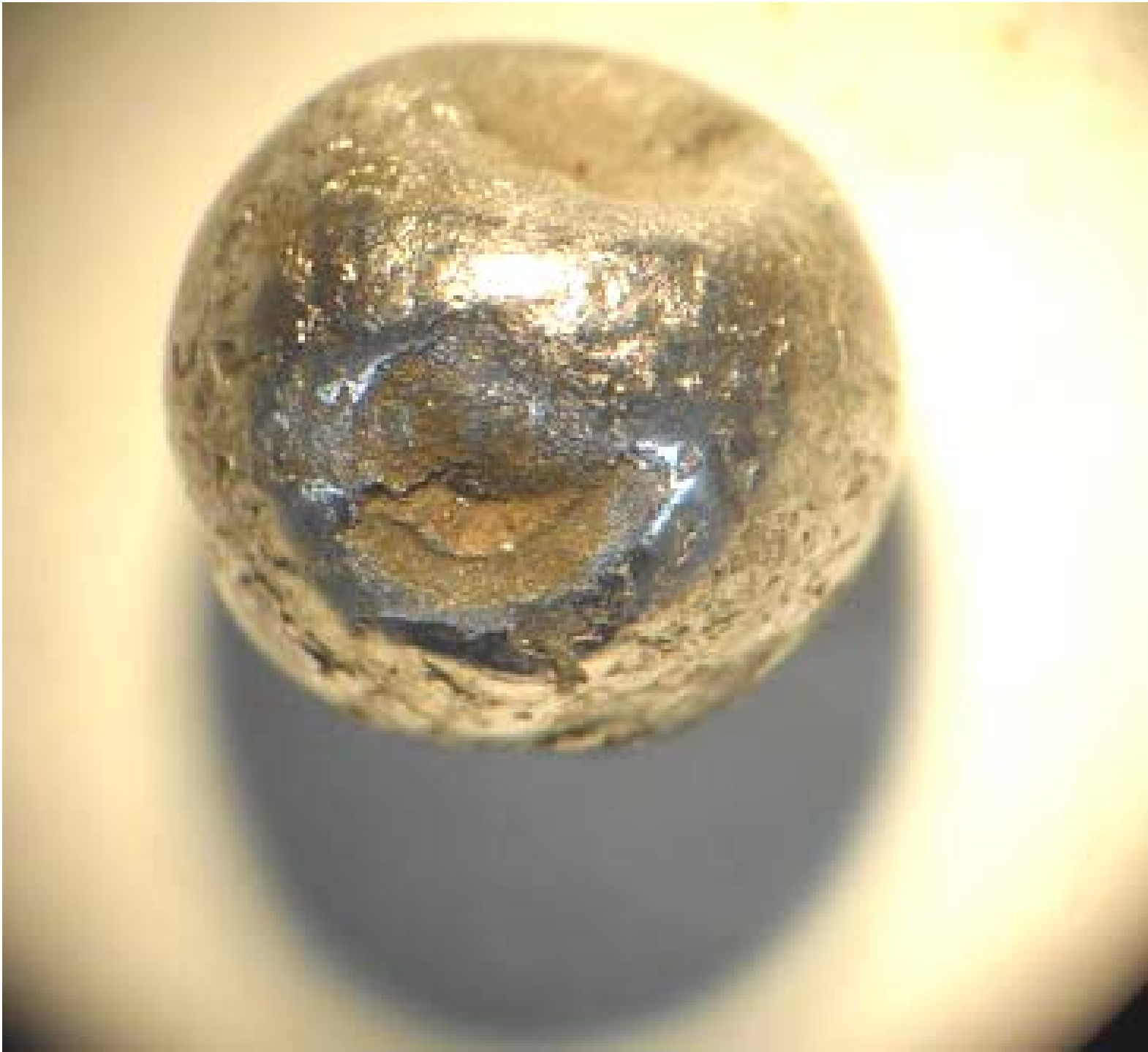
c)



b)



d)



## Související literatura:

- ANONYMUS. *Plakáty pro výuku předmětu Kontrola a měření*. SPŠS Sokolská 1. Brno, nedatováno.
- FRISCHHERZ A., SKOP P., KNOUREK J. *Technologie zpracování kovů*. Praha: Wahlberg, 1993. ISBN 80-901657-2-9.
- CHOCHOLA K., SLACH J., ŠULC J. *Laboratorní cvičení*. Praha: STNL 1961.
- MARTINÁK, M. *Kontrola a měření*. Praha: STNL 1989.
- ŠULC, J. *Technologická a strojnická měření*. Praha: STNL 1982.
- ŠULC, J., VYSLOUŽIL, Z. *Laboratorní cvičení technologická a strojní*. Praha: STNL 1970.
- VÁCLAVOVIČ A., *Měření a kontrola ve strojírenství*. Praha: SNTL, 1967.
- VYSLOŽIL Z., ZELKO J. *Meranie v strojárstve*. Bratislava: SVTL 1962.
- VYSLOUŽIL Z., KOVAL J. *Technologické a strojnické merania*. Bratislava: Alfa, 1978.
- WALLA V. *Zkoušení ocelí a ostatních kovů*. Praha: Práce 1952.