

MECHANICKÉ ZKOUŠKY MATERIÁLŮ

Zadání:

Proveďte zkoušku tahem pro měkkou uhlíkovou ocel, elektrovednou měď a elektrovedný hliník a vypočítejte pro tyto materiály mez kluzu, mez pevnosti a tažnost. Proveďte zkoušku vrubové houževnatosti ocelového hranolu Charpyho kladivem.

Úvod do problematiky

Aby mohl být materiál vhodně použit, musí být známy jeho mechanické, elektrické, chemické a další vlastnosti. Znalost mechanických vlastností materiálu je důležitá hlavně pro strojaře a stavaře, kteří potom mohou vybrat vhodný materiál a zvolit optimální tvar. Mezi mechanické zkoušky patří také zkouška tahem a zkouška vrubové houževnatosti. Měření se většinou provádí na specializovaných pracovištích, někdy na základě objednávek různých firem. Požadované hodnoty jsou tabulkovány, přesný způsob provádění zkoušek je normován.

Zkouška tahem

Tato zkouška patří mezi statické zkoušky, což znamená, že měření není založeno na pohybu, ale na účinku statické síly. Při provádění zkoušky tahem se zjišťuje dopad působení mechanického napětí na tvar a strukturu měřeného vzorku. Vzorek je upnut mezi dvě čelisti s přesně měřitelnou vzdáleností. Poté na čelisti začne působit síla F , tlačící čelisti od sebe. Na vzorku o počátečním průřezu S_0 síla vytvoří mechanické napětí:

$$s = \frac{F}{S_0} \left[\frac{N}{m^2} \cdot Pa \right]$$

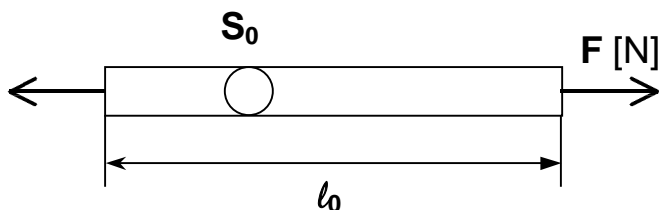
Vzorek se vlivem mechanického napětí začne prodlužovat, jeho průřez se začne zužovat a dochází tak k deformaci. Deformace e je poměrné prodloužení vzorku:

$$e = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Vztah mezi deformací a mechanickým napětím popisuje Hookeův zákon:

$$s = E \cdot e ,$$

kde E je Youngův modul pružnosti. Deformace může být pružná (elastická) nebo trvalá (plastická).



Jak dále roste mechanické napětí jsou změny ve struktuře vzorku výraznější až dojde k jeho přetržení. Místo, kde se vzorek přetrhne je obvykle uprostřed, záleží však také na struktuře, tvaru a poškození vzorku před zkouškou.

Na základě naměřených hodnot je možné vypočítat:

MEZ KLUZU je mechanické napětí, při kterém dochází k deformaci vzorku. Je dáno poměrem deformační síly a průřezu vzorku:

$$Re = \frac{F_{KL}}{S_0}$$

U některých materiálů není mez kluzu dostatečně výrazná, takže se zavádí tzv. smluvní mez kluzu $Rp0,2$ jako napětí, které způsobí trvalou deformaci 0,2%. Určuje se graficky, tam kde rovnoběžka s lineární částí „ σ - ϵ diagramu“ protne 0,2% maximální délky.

MEZ PEVNOSTI je napětí, které způsobí přetržení vzorku, je to maximální síla vztažená k počátečnímu průřezu vzorku:

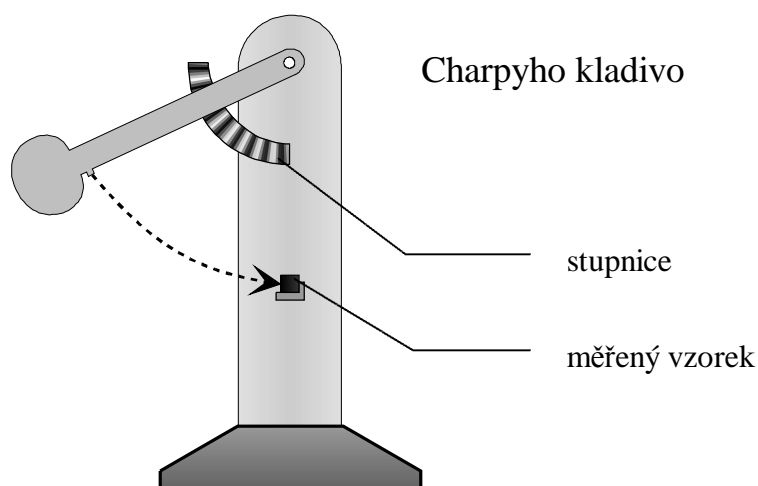
$$Rm = \frac{F_{\max}}{S_0}$$

TAŽNOST vyjadřuje o kolik procent se vzorek během zkoušky protáhne:

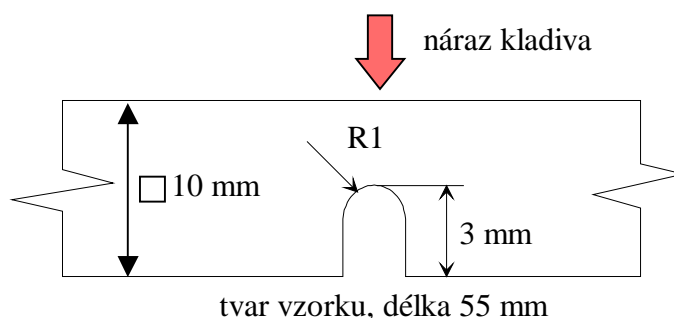
$$A = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100 \quad [\%]$$

Zkouška vrubové houževnatosti

Jedná se o typickou dynamickou zkoušku, neboť základem je pohyb ramene (kladiva), kterému byla udělena potenciální energie vychýlením závaží do výchozí polohy. Po spuštění kladiva dojde k přechodu energie z kyvadla do měřeného vzorku, který se přelomí. Zbylá energie vymrští kyvadlo dále, přičemž dojde k posunutí ručky na stupnici. Ručka zůstane vychýlená i po návratu kyvadla, takže je možné ze stupnice odečíst zbylou energii.



Měřený vzorek má přesně stanovený tvar. Aby vůbec došlo k jeho přelomení, je zeslaben drážkou – vrubem. Je známo, že drážka vedená kolmo k délce předmětu způsobí značné mechanické oslabení, malý vrub může snížit houževnatost až o 50%. Toho využívají sklenáři při řezání (lámání) skla, jinak je tento jev škodlivý a při výrobě takto namáhaného předmětu musí být veškeré vruby srovnány.



Charpyho kladivem se měří vrubová houževnatost KCU, daná poměrem energie, potřebné k přeražení vůči průřezu vzorku v zúžené části:

$$KCU = \frac{K}{S_{\min}} \quad \left[\frac{J}{cm^2} \right]$$

Důležitým poznatkem je fakt, že houževnatost není přímo úměrná potřebné energii. Houževnatost je tím větší, čím je menší vzorek, takže naměřená hodnota může sloužit pouze k porovnání více materiálů, jejichž vzorky mají stejný tvar.

Postup měření

Nejprve byla provedena zkouška tahem pro ocel, elektrovodnou měď a elektrovodný hliník. Použité vzorky byly dráty délky 200 mm, průměru 0,5 a pro hliník 1,0 mm. Měřený vzorek byl upnut do čelistí přístroje, načež byl stroj spuštěn. Použitý trhací stroj naměřil všechny důležité údaje automaticky a průběh zkoušky prostřednictvím souřadnicového zapisovače zakreslil (kopie kresby je přiložena). Při výpočtu žádaných hodnot a kreslení grafu u hliníku bylo přihlédnuto k dvojnásobnému průměru, z čehož plyne čtyřnásobný průřez.

K měření vrubové houževnatosti byl použit předem připravený vzorek, daného tvaru. Kladivo bylo připraveno do startovní polohy, vzorek umístěn do držáku kladiva a kladivo spuštěno. Po přelomení vzorku byla odečtena zbylá energie.

Použité přístroje

Univerzální programovatelný trhací stroj TIRA-test 2300, rozsah 10 kN

Souřadnicový zapisovač 632.01

Charpyho kladivo

Naměřené hodnoty:

materiál	l_0	d_0	S_0	F_{\max}	Δl_{\max}	F_{KL}	Δl_{KL}	A	$F_{p0,2}$	Re	$R_{p0,2}$	Rm
	[mm]	[mm]	[mm ²]	[N]	[mm]	[N]	[mm]	[%]	[N]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
ocelový drát	200	0,5	0,20	69,7	50	60,3	23,8	25	X	307	X	355
elektrovodná měď	200	0,5	0,20	43,3	60,4	X	X	30	57,6	X	293	221
elektrovodný hliník	200	1	0,79	63,2	56,1	X	X	28	44,1	X	56	80

Výpočty:

Ocelový drát:

$$\text{-Mez kluzu } Re = \frac{F_{KL}}{S_0} = \frac{60,3}{0,2} = 307 \text{ MPa}$$

$$\text{-Mez pevnosti: } Rm = \frac{F_{\max}}{S_0} = \frac{69,7}{0,2} = 355 \text{ MPa}$$

$$\text{-Tažnost: } A = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 = \frac{50}{200} \cdot 100 = 25 \%$$

Elektrovodná měď:

$$\text{-Smluvní mez kluzu } R_{p0,2} = \frac{F_{p0,2}}{S_0} = \frac{57,6}{0,2} = 293 \text{ MPa}$$

$$\text{-Mez pevnosti: } Rm = \frac{F_{\max}}{S_0} = \frac{43,3}{0,2} = 221 \text{ MPa}$$

$$\text{-Tažnost: } A = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 = \frac{60,4}{200} \cdot 100 = 30 \%$$

Elektrovodný hliník:

$$\text{-Smluvní mez kluzu } R_{p0,2} = \frac{F_{p0,2}}{S_0} = \frac{44,1}{0,79} = 56 \text{ MPa}$$

$$\text{-Mez pevnosti: } Rm = \frac{F_{\max}}{S_0} = \frac{63,2}{0,79} = 80 \text{ MPa}$$

$$\text{-Tažnost: } A = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 = \frac{56,1}{200} \cdot 100 = 28 \%$$

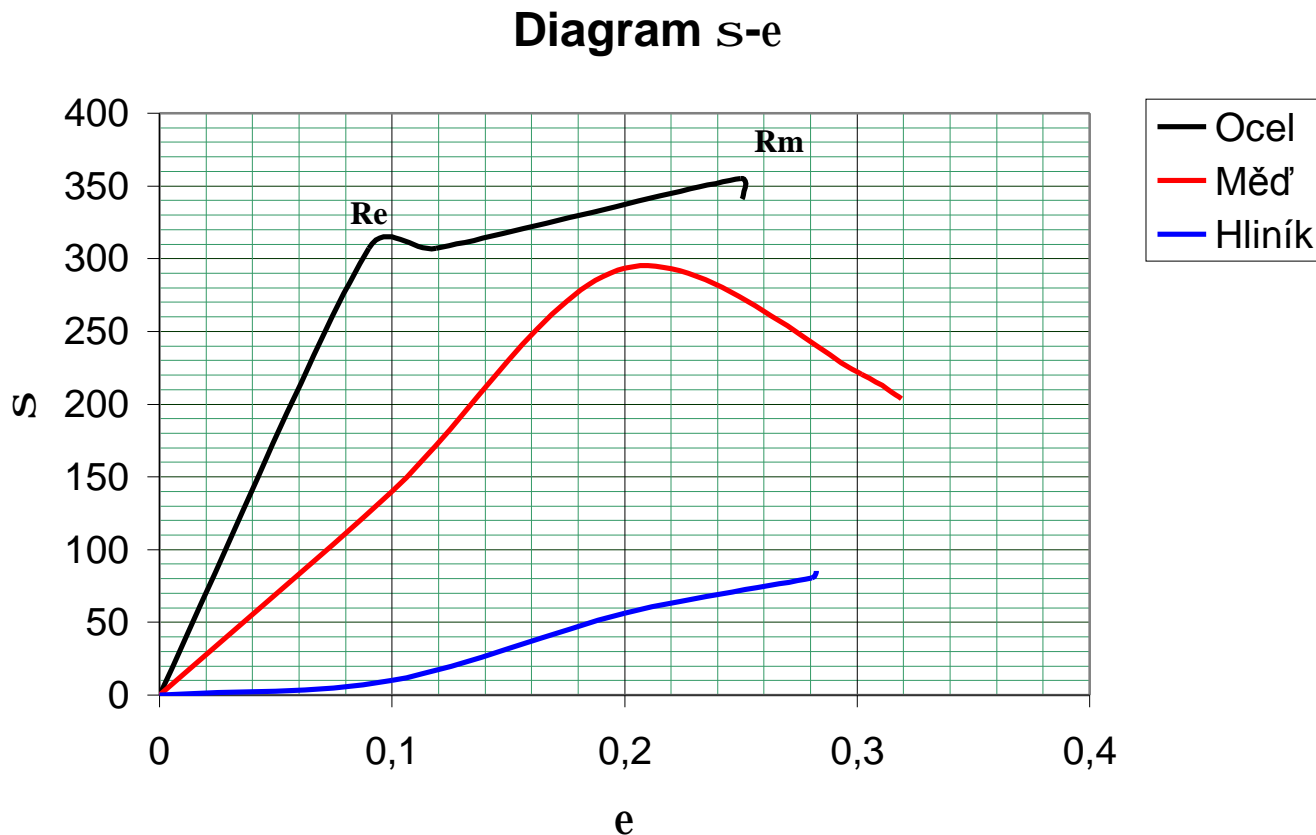
Zkouška Charpyho kladivem:

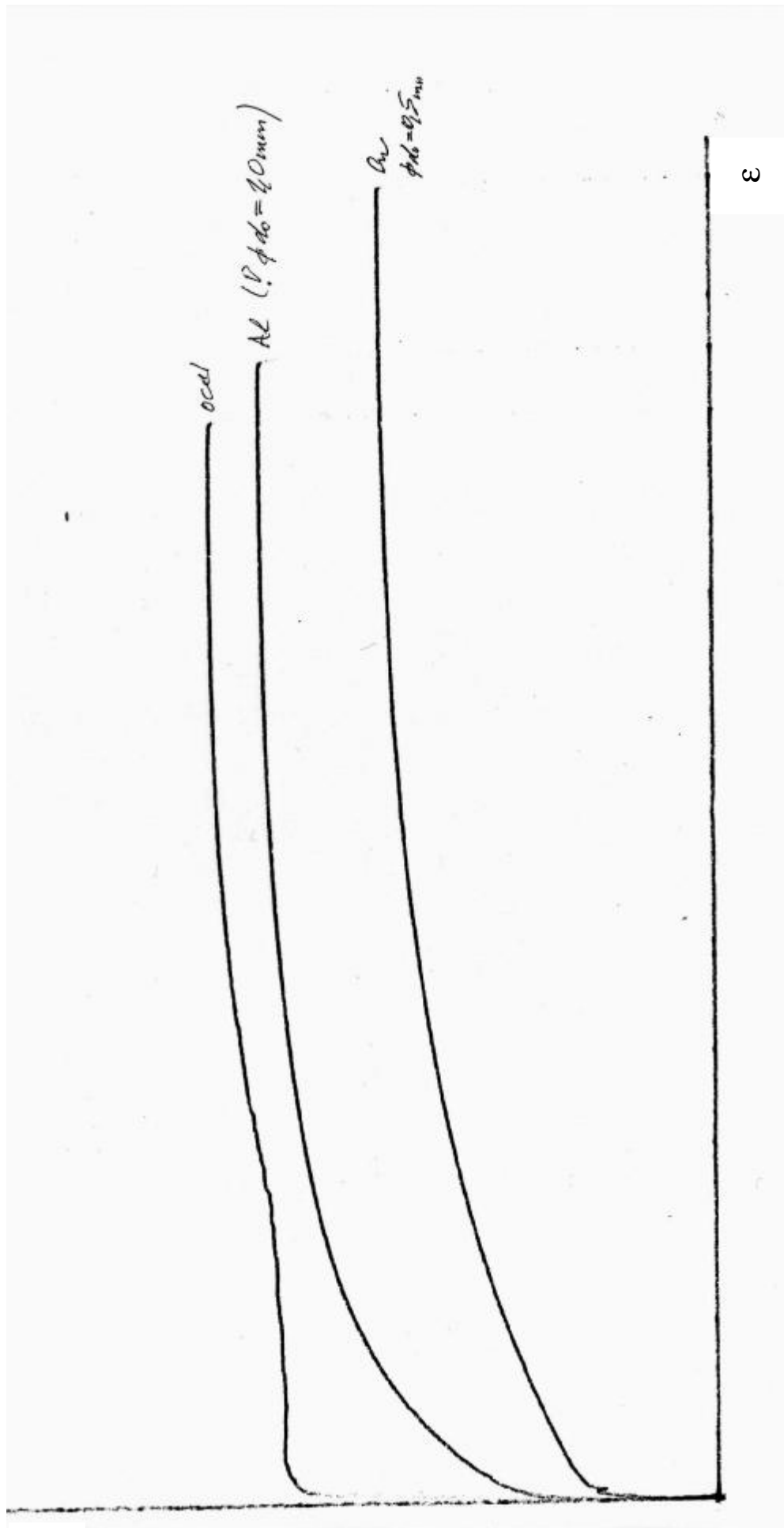
$$\text{-Vrubová houževnatost } KCU = \frac{K}{S_{\min}} = \frac{28 \text{ J}}{0,7 \text{ cm}^2} = 40 \text{ J/cm}^2$$

Vyhodnocení výsledků

Vypočtené výsledky vycházejí v souladu s předpokladem. Graf, sestavený na základě těchto hodnot se podobá grafu, zapsanému souřadnicovým zapisovačem.

Graf





b

Čeřovský 101
mechanické zkoušky materiálů