

Zavěšení břemene a zachycení pádu do závěsu

PAVEL KONEČNÝ

Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav fyzikální elektroniky

Abstrakt

Cílem navrhovaného experimentu bylo ukázat rozdíl mezi statickou pevností materiálu a schopností absorbovat energii při dynamickém namáhání. Dalším cílem bylo postavit jednoduché zařízení umožňující měření creepu při maximální jednoduchosti a dostupnosti komponent.

1. Porovnání mechanických vlastností bavlněné nitě a trubičkové pájky Sn 63 –Pb 37 o průměru 0,5 mm.

Bavlněná nit

Technická data: Tex 40 (hmotnost 40 mg na jeden metr délky), vyrobená z dlouhovělkenné bavlny.

Délka vláken	12-75	mm	pevnost v tahu	$2-5 \cdot 10^{-1}$	N/Tex
hustota	1,54	g/cm^3	tažnost	6-10	%
průměr vlákna	15-22	μm			
modul pružnosti	6,65	GPa			

Z uvedených dat vychází, že pevnost nitě 40 Tex by měla být v intervalu 8 – 20 N.

Postupným zatěžováním po 100 gramech bylo zjištěno, že nit se trhá při zatížení 11 N, vydrží zatížení 10 N. Mezi měřeními a tabulkovými údaji není rozpor.

Eutektická trubičková pájka 63Sn-37Pb o průměru 0,5 mm

bod tání	183	K	pevnost v tahu	41	MPa
hustota	8,5	g/cm^3	pevnost ve smyku	27	MPa
koef. teplotní roztažnosti	24	$10^{-6}/\text{K}^{-1}$	max. prodloužení	38	%
tepelná vodivost	50	W/(mK)	měrný elektrický odpor	15	$\mu\Omega\text{cm}$
modul pružnosti	22	GPa			

[1]

Pro kvantitativní úvahy bylo zapotřebí určit, jaké procento plošného obsahu řezu trubičkové pájky představuje samotná eutektická slitina. K tomu byla použita metoda vážení na vzduchu a v destilované vodě. Vážilo se na analytických vahách s přesností

1 mg. Objem zvoleného množství cínové pájky vyšel na $0,789 \text{ cm}^3$. Z pájky byl poté při teplotě $200 \text{ }^\circ\text{C}$ vytaven kov, který byl následně v alkoholu důkladně očištěn od zbytků tavidla. Objem samotného kovu byl pak opět metodou vážení určen na $0,691 \text{ cm}^3$. V průřezu trubičkovou pájkou tak připadá na kov 88 %, zbytek je tavenina. Pro trubičkovou pájku o průměru $0,052 \text{ mm}$ to představuje $0,178 \text{ mm}^2$. Údaj výrobce nebyl k dispozici.

Z průřezu $0,178 \text{ mm}^2$ a pevnosti eutektické slitiny Sn 63 – Pb 37 v tahu 41 MPa vychází pevnost trubičkové pájky na $7,3 \text{ N}$. Pevnost v tahu tavidla obsaženého v Sn63 – Pb37 trubičce zanedbáváme. Stanovování pevnosti drátku postupným zatěžováním se ukázalo neproveditelné. Už při zatížení $1,33 \text{ N}$ se drátek délky cca 50 cm v čase zřetelně protahuje. S dalším zatěžováním materiálu rychlost tečení roste. Pro zatížení 6 N dochází k přetržení za cca 4 s .

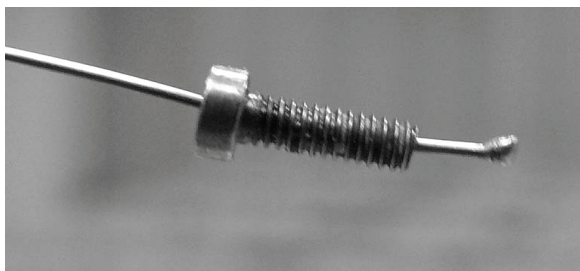
Problém související s aplikací závěsu jako prvku zachycující pád břemene.

Zařízení pro pádovou zátěž niti a cínové trubičkové pájky musí splňovat určitá technická kritéria. Především je třeba postavit dostatečně tuhou konstrukci, aby při dynamické zátěži svojí pružností neabsorbovala energii. Chemické stojany musíme použít dva s příčkou napříč. Uzly a malé poloměry ohybu výrazně snižují pevnost vlákn. Jako horní závěs dobře funguje například háček o průměru 6 mm . Niž i trubičkovou pájku k němu přichytíme namotáním mnoha závitů těsně místo vedle místa. K dosažení dostatečné reprodukovatelnosti je nezbytné, aby padající závaží narazilo do koncové zarážky, když už je nit nebo trubičková pájka srovnaná a ve statickém stavu. Toho lze dosáhnout koaxiálním uspořádáním s tím, že nit nebo trubičková pájka je mírně předepnuta a držena ve svislé poloze tenkou gumičkou (z textilních gumiček). Duté závaží se po vlákne může volně pohybovat až po doraz. Závaží je sešroubováno z různých mosazných tvarovek podle požadované hmotnosti viz obr. 1. Horní díl závaží je mosazná zátka $3/8$, do jejíhož středu je vyvrtaná malá dírka. Střed u mosazné tvarovky někdy prozradí spirálovitá stopa po obráběcím nástroji. Optimální otvor je asi $1,5 \text{ mm}$.



Obr. 1

Poměr délky pádu k délce závěsu se nazývá pádovým faktorem. Je jasné, že velikost energie absorbované závěsem přepočtená na metr délky závisí na pádovém faktoru, nikoliv na celkové délce pádu. V popsaném koaxiálním uspořádání je maximální dosažitelný pádový faktor téměř roven 1.



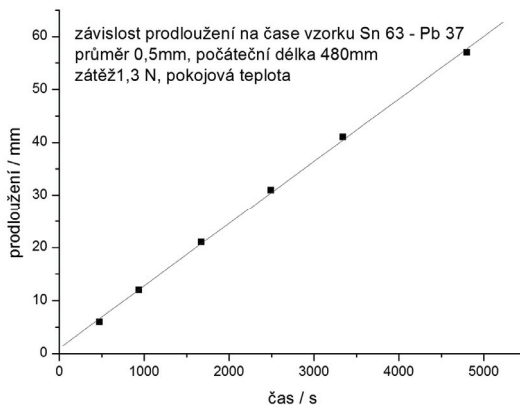
Obr.2

Jako dolní doraz je použit šroubek s otvorem 0,6 mm. Trubičková pájka je po prostrčení otvorem zajištěna natavením konce plynovým zapalovačem (viz obr. 2). Nit je nejlepší zalepit do nějaké trubičky nerozebíratelným způsobem.

2. Pád závaží do závěsu z nití a do závěsu z trubičkové pájky Sn63 – Pb37.

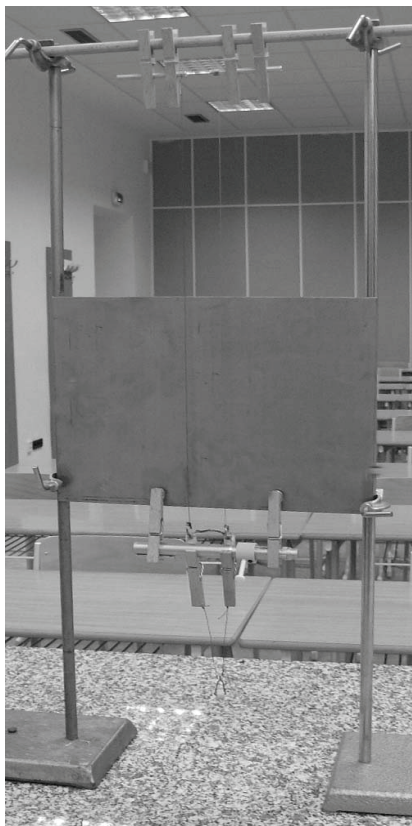
Pád závaží o hmotnosti 133 g při pádovém faktoru cca 0,3 nit spolehlivě trhá, zatímco trubičková pájka se sotva dvoutřetinovou pevností v tahu oproti niti udrží pád s maximálním dosažitelným pádovým faktorem. Délka závěsu se prodlouží ze 40 cm na 48 cm.

Počáteční a koncovou polohu je vhodné označit pointerem. Ponecháme-li po pádu závaží zavěšené v koncové poloze, můžeme pozorovat a měřit pokles v závislosti na čase. Při pokojové teplotě byla naměřena následující závislost.



3. Konstrukce zařízení pro měření creepu.

Jak je vidět z předchozího měření, materiál vykazuje značný creep. K měření prodloužení stačí mm měřítko ovšem za dlouhý čas. Pro měření, které by nebylo tak časově náročné a pro měření při mnohem menším zatížení lze použít následující aparaturu viz obr. 3.

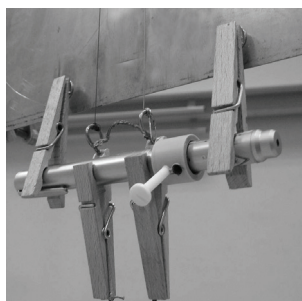


Obr. 3

Princip spočívá v tom, že na dvou závěsech, levý závěs z Fe drátku o průměru 0.4 mm a pravý závěs z trubičkové pájky visí laserové ukazovátko, které je tlumené vířivými proudy (pecičky neodymových magnetů nalepených na kolíčky na prádlo a Cu nebo Al deska uchycena ke stojanu). Detaily horního a dolního uchycení jsou zřejmé z fotografie. Dolní úchyty jsou elektricky propojeny.



Obr. 4



Obr. 5

Horní trubičky jsou zároveň zdířky, oba závěsy jsou v sérii, takže mohou být přímo vyhřívány elektrickým proudem.

Pokud jde o funkci, je zřejmé, že ukazovátka reaguje na diferenci délkové změny závěsů výchylkou.

Citlivost je přímo úměrná vzdálenosti stínítka od laseru a nepřímo úměrná vzdálenosti úchytů. Otáčením trubičky horního úchytu se seřizuje vodorovná pozice ukazovátka.

I když může být ukazovátka v popsaném provedení velmi dobře zatlumeno, vliv vibrační budovy je zřetelný.

Závislost rychlosti délkové změny na teplotě je u creepu exponenciální [2], malá změna teploty má poměrně výraznou odezvu. Vzhledem k tomu, že creep Fe závěsu je při pracovních teplotách, které přichází v úvahu vůči creepu Sn – Pb pájky zanedbatelný a že oba dva závěsy jsou ohřívány současně, pozorovaný pohyb laserové stopy tak zobrazuje creep Sn-Pb pájky do jisté míry očištěný od efektů teplotní roztažnosti.

4. Diskuse

Dosud není uspokojivě vyřešeno měření teploty, které by bylo přenositelné do školní praxe, takže se zatím jedná jen o kvalitativní demonstrace této závislosti.

Jako největší problém se jeví míra neurčitosti v stanovení délky základny úchytů obou závěsů a vyvážení ukazovátka tak, aby trhací síla na Sn – Pb trubičkovou pájku byla určena s dostatečnou přesností. Citlivost zařízení je díky použití světelné stopy velká, přesnost poměrně malá.

Literatura

[1] http://www.efunda.com/materials/solders/tin_lead.cfm, 21. září 2010

[2] J. Pokluda, F. Kroupa, L. Obdržálek: *Mechanické vlastnosti a struktura pevných látek*. PC-DIR spol. s r.o. nakladatelství-Brno, 1994