

E xperimentální A nalýza N apětí

2004

PRINCIPLE OF APPLICATION OF TENSILE TEST MACHINES FOR A COMBINED TEST LOADING

PRINCIP VYUŽITÍ TRHACÍHO STROJE PRO TESTOVÁNÍ VZORKŮ NA KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

KAREL VÍTEK¹, TOMÁŠ MAREŠ, MILAN RŮŽIČKA

***Abstract:** Testing machine for tensile tests of materials could be upgraded by using a special jig for torsional or combination torsion/bending tests of the specimens. If the testing machine contains built-in pulsator, special jig allows fatigue test in torsion as well as fatigue test in torsion in combination with bending. Stator of the jig prototype is mounted on the cross beam of the testing machine. Shaft rotating in bearings loads mandrel of the testing machine perpendicularly and eccentrically to its axis. Eccentricity is relatively small and loads specimens by a force couple. Moment of the force couple can be adjusted by the position of the jig. If the parameters of the welded joint are tested, the moment is transformed to bending and torsional one according to position of the weld. Variation in position and shape of tested constructions allows to test wide range of load moments acting on the construction, since normal forces and resisting shears could be eliminated (in an ideal case).*

Keywords: testing machine, torsion in combination with bending, specimen

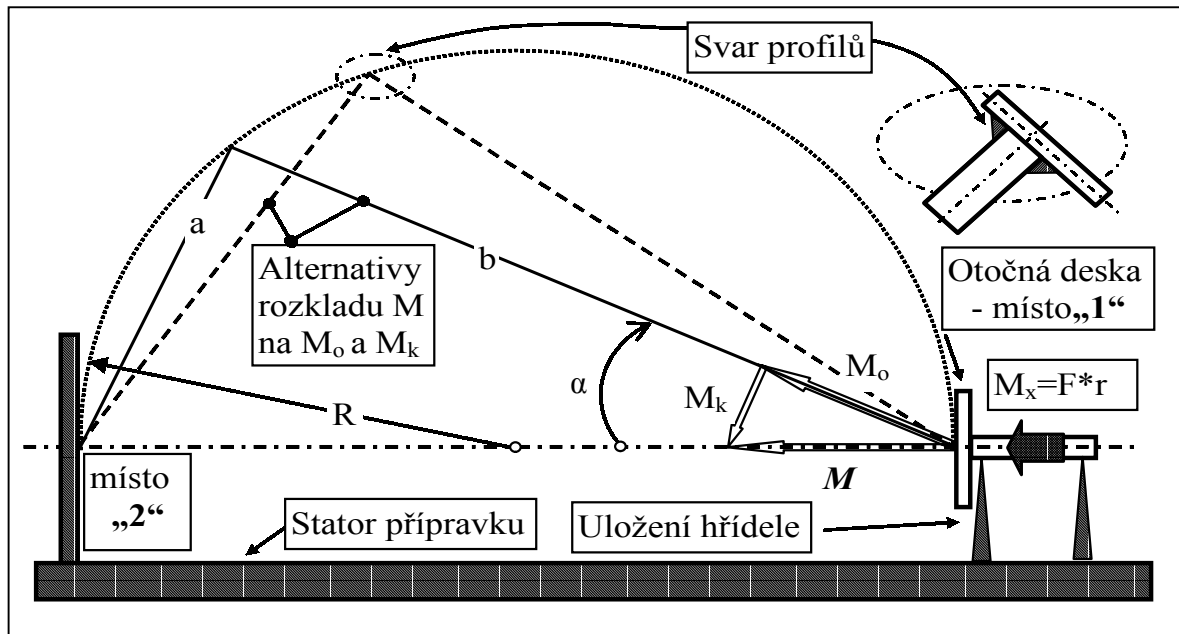
1) Úvod

Klasický trhací stroj je možno vybavit přípravkem sloužícím jednak k upínání vzorků a zároveň k transformaci osově síly vyvozované vzájemně příčnými na silovou dvojici. Moment lze pak vhodným tvarem prutového vzorku rozložit na kombinaci namáhání krutem s ohybem. V případě, že je trhací stroj schopen časově proměnného namáhání vzorků například harmonicky, je v principu tento přípravek schopen aplikovat totéž v uvažované kombinaci silových dvojic. Má-li trhačka vestavěný pulsátor, pak je možné univerzálněji dimenzovaným přípravkem realizovat v určitých rozsazích namáhání (například trhačka neumožňuje střídavé, ale pouze pulzující zatěžování v tlaku a v tahu) i únavové zkoušky v krutu nebo v kombinacích krutu s ohybem prutových, ale i dalších typů vzorků a konstrukcí. Zatěžovací přípravek je základnou postaven na příčnick trhacího stroje a v ložiskách otočný hřídel přípravku může být excentricky zatěžován silou F opěrným trnem trhačky (kolmo a mimoběžně k ose hřídele o relativně malou excentricitu r). Vysoká tuhost hřídele přípravku zajišťuje otáčení upevňovací desky prakticky v ideální ose ložisek hřídele bez jejího ohybového naklápění. Zkušební vzorek vložíme pólem krutu (osou krutu) do osy hřídele v obou úložných přírubách. Otočná příruba je schopna do uloženého vzorku (podle obr.1) vnášet na svém konci pootočení φ generované excentrickou silou F z trnu trhačky.

¹ Ing. Karel Vítek, CSc., Ing. Tomáš Mareš, Doc. Ing. Milan Růžička, CSc.: Ústav mechaniky; Fakulta strojní, České vysoké učení technické v Praze, Technická 4, 166 07 Praha 6, Česká republika, tel.: +42024352520, e-mail: vitek@fsid.cvut.cz

Silovou dvojici $M_x = F \cdot r$ pak lze vhodně transformovat na definované zatížení ve zkoumaném místě na vzorku, například svařovaného spoje (viz detaily na obr.1, obr.2. a obr.3) na kroutec: $M_k = M_x \cdot \sin(\alpha)$ a na ohybový $M_o = M_x \cdot \cos(\alpha)$, kde moment M_x respektive eventuální další složky namáhání zkoumaného průřezu závisí na tuhosti uložení staticky neurčitě uloženého zkušební vzorku a lze je v případě znalosti tuhosti zkušební tělesa a tuhosti jeho vazeb s přípravkem stanovit výpočtem pružné soustavy.

2) Lineárně elastický model zkušební soustavy



Obr.1, Zatěžovací přípravek a alternativy uložení zkušebních těles

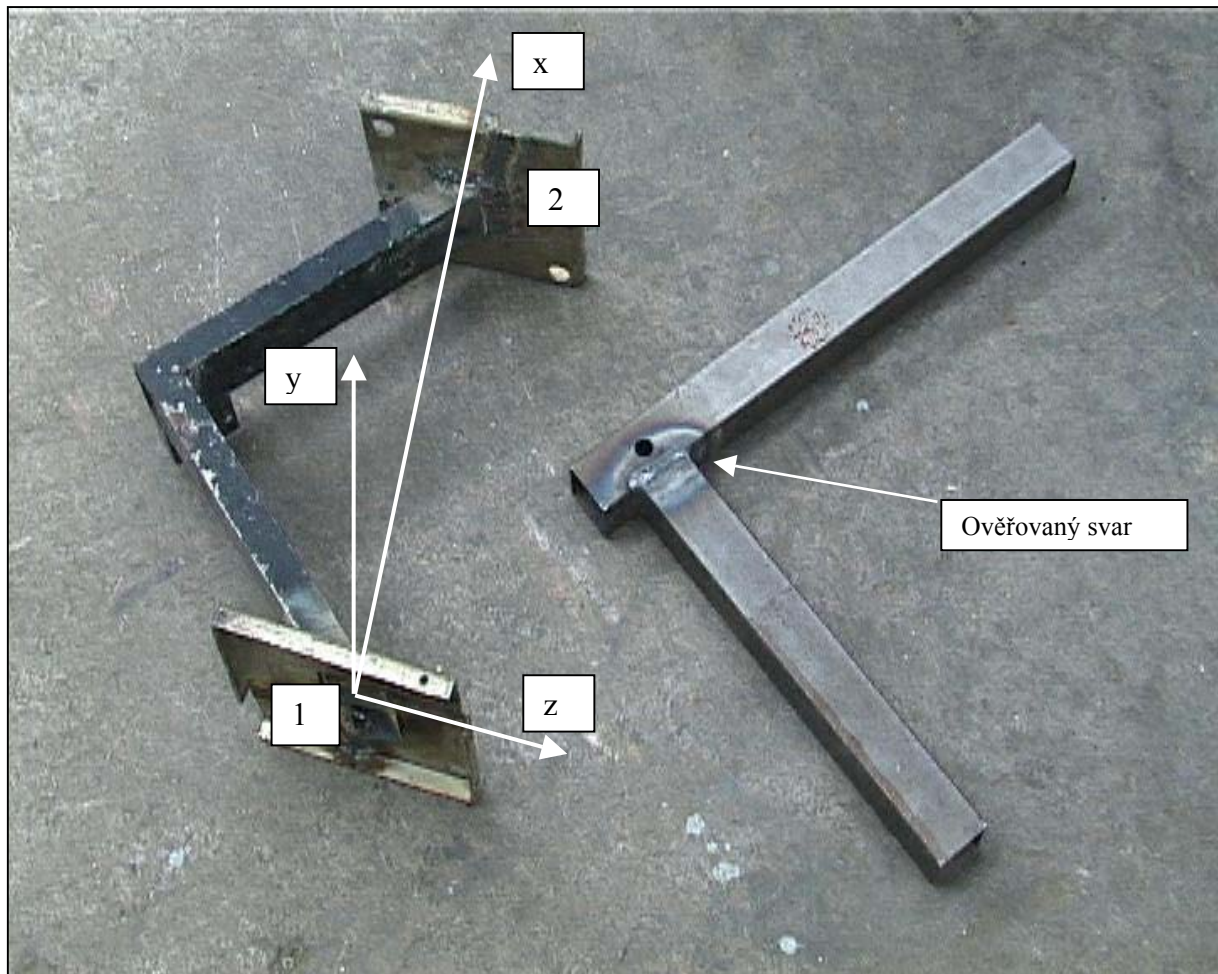
Tvar vzorku, který je vyroben z válcovaného uzavřeného profilu se zkušebním svarem dle obr.2 lze upravovat za účelem vhodného momentového rozkladu. Objektívni namáhání míst na vzorku je však potřeba upřesnit výpočtem ze dvou hledisek. Jednak protože je vzorek uložen staticky neurčitě a dále kvůli eventuálnímu vzniku stísněného kroucení v okolí obou konců vzorku (místa 1,2), které je třeba vzít v úvahu eventuálně ověřit jeho doznění v konkrétním případě.

Uvažujeme dále vliv poddajnosti uložení vzorku v místech 1,2 podle kartézských souřadnic v obr.2. Vektory posuvů vazeb vzorku značíme Δ_1, Δ_2 - jim odpovídající vektory reakcí R_1, R_2 a matice poddajnosti vazeb C_1, C_2 . Namáhání obecného místa x,y,z na vzorku udává vektor N a S je pak statická transformační matice pro vnitřní síly z místa 1 do obecného místa vzorku x,y,z a S_2 tato matice pro místo 2 uložení vzorku. Matice poddajnosti prvního vůči druhému konci vzorku je označena $C_{1,2}$. Ve vektoru R_1 je dána složka namáhání M_x vytvářená pulzátorem přes excentricitu r , viz obr.3 a obr.5. Ve směru momentu M_x je zároveň ve vazbě 1 složka úhlové rotační poddajnosti daná konstrukcí přípravku mezi excentrem a koncem 1 zkušební vzorku. Při popisu deformačního chování zkušební vzorku vycházíme z vektoru reakcí vzorku v bodě 1, který se transformuje do obecného místa na vzorku

$$N = S * R_1$$

a dále do místa 2 na vektor reakcí (reakce na vazbu působí opačně než na vzorek).

$$R_2 = - S_2 * R_1.$$



Obr.2, Tvar zkušební vzorku, jeho uložení a souřadnice

Vektory posuvů v místech uložení zkušební vzorku uvažujeme

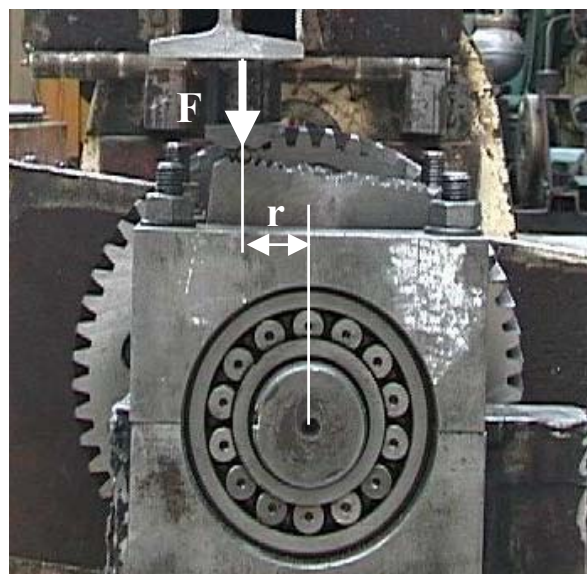
$$\Delta_1 = -C_1 * R_1 \quad \text{a dále} \quad \Delta_2 = -C_2 * R_2 = C_2 * S_2 * R_1$$

Soustava rovnic, ze které vyplývá pootočení úchytné “otočné desky” a zbývajících 5 složek vektoru R_1 (M_x je dán, proto se kvůli singularitě soustavy 6 rovnic vynechá rovnice deformace φ v jejím směru)

$$\Delta_1 - \Delta_2 = C_{1,2} * R_1.$$

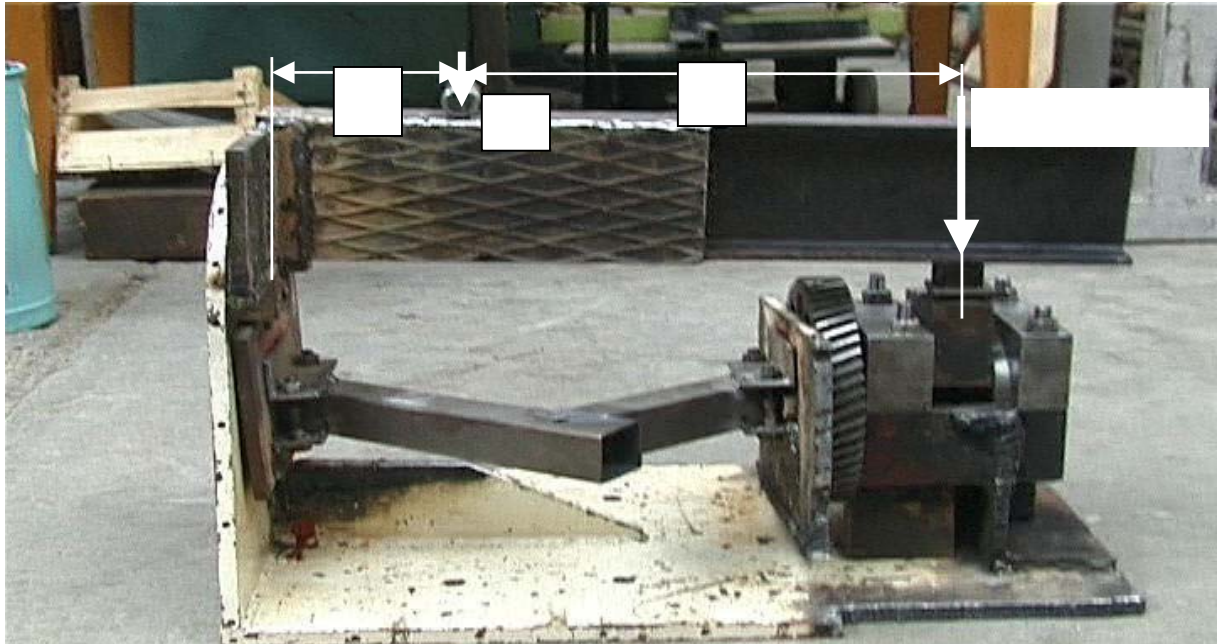
Matici poddajnosti vzorku je třeba například prutovým výpočtem určit. Při využití MKP je pak možno snadno zahrnout i další zpřesnění, například vliv výše zmíněného stísněného zkroucení. Identifikované reakce R_1 v místě svaru definují přesněji kombinované namáhání dané vektorem N obecného místa, respektive tento mezivýpočet umožňuje jeho řízení.

Konstrukce prototypu přípravku z obr.4 je určena také pro trhací stroje, které musí dynamicky z konstrukčních důvodů pracovat až od určitého vyššího zatížení. Nosník opřený



Obr.3, Řízení excentricity přípravku

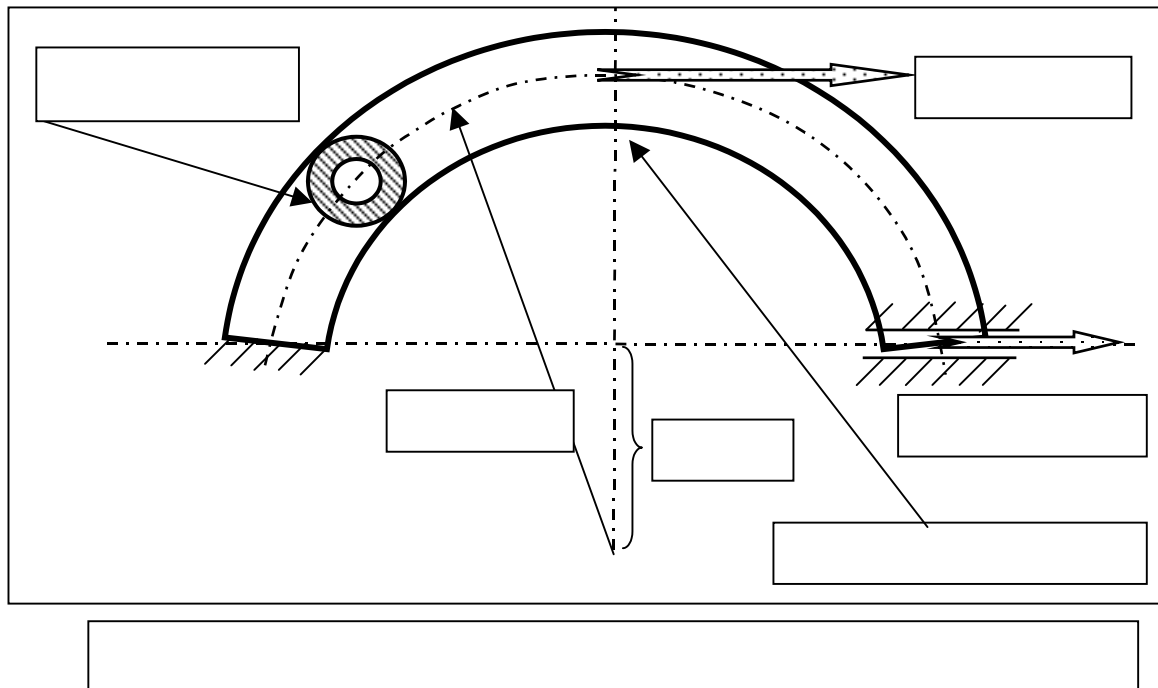
jednou podpěrou o excentr a druhou o základ přípravku dělí lineárně sílu z trnu trhačky a umožňuje tak v poměru podstatně nižší namáhání zkušební vzorku. V principu je pak možno užívat i větší excentricitu, která zaručuje i vyšší přesnost vstupního momentu M_x .



Obr.4, Řízení rozsahu síly trhačím stroje

3) Závěr

Ladění hladiny zatížení vzorku v MKP jsme realizovali u případu rovinného trubkového ohybu s rozměry podle obr.5. Moment M_x se transformací mění podstatně na moment M , síly v průřezech jsou zanedbatelné (ostatní silové dvojice jsou v transformovaném místě v tomto případě nulové).



Poděkování : Tento výzkum je podporován grantem GAČR_101/02/0141.