

Dopady revize normy ISO 6892-1 na praktické provádění tahových zkoušek

Ing. Jan Wozniak, CSc. – Mittal Steel Ostrava a.s.^{*)}

Anotace:

V rámci unifikace světových a evropských norem bylo rozhodnuto zavést pro tahovou zkoušku za okolních teplot jednotnou normu ISO 6892-1. Tato norma je v současné době revidována a v porovnání s platnou normou ISO 6892-1, která je v podstatě shodná s normou EN 10002-1, doznává značných změn. I když je jejich cílem minimalizace nejistot zkoušení, přesto některé úpravy v návrhu revidované normy popsané vyvolávají rozpaky, zejména pak pro případnou aplikaci normy v podmínkách průmyslových laboratoří. V přednášce jsou tyto problémy diskutovány včetně všech námitek a návrhů jejich řešení, které česká strana přes ČNI zaslala autorům pověřeným přípravou revize normy.

1. Úvod

Snaha o co nejvyšší přesnost presentovaných výsledků mechanických vlastností souvisí s maximálně možnou eliminací vlivů nejistot zkoušení, které do dosažených výsledků zanáší hodnotící subjekt spolu v kombinaci s technickou úrovní zkušebních strojů a v neposlední řadě též s nedokonalostí platných zkušebních norem. Tématem tohoto příspěvku je posledně zmíněná oblast, kdy zejména norma EN 10002-1 popisující metodiku provedení jedné z nejdůležitějších zkoušek hutního a strojírenského průmyslu, tahové zkoušky za okolních teplot, je neustálým předmětem kritiky a připomínek ze strany odborníků v oblasti mechanického zkoušení jak v České republice, tak i v zahraničí. Výsledky proběhnuvších revizí zmíněné normy však v mnoha případech nevedly ke zlepšení úrovně dosažených zkušebních výsledků, jak ostatně ukazují i závěry mezinárodních mezilaboratorních porovnávání [1] provedených podle normy EN 10002-1.

Unifikační tendence mezinárodních norem vedly Evropský výbor pro normalizaci k rozhodnutí převzít pro tahovou zkoušku za okolní teploty mezinárodní normu ISO 6892-1. Tato je, až na některé detaily, v podstatě shodná se stávající normou EN 10002-1 a obsahuje proto i všechny nedostatky a diskutabilní sporné body. Před zavedením ISO 6892-1 jako evropské normy je proto bezpodmínečně nutno všechny nedostatky odstranit a v současné době probíhá revize nového návrhu této normy [2], na které se podílejí všechny zainteresované národní normalizační orgány, jejichž povinností bude tuto normu zavést a normy, které jsou s ní v rozporu zrušit. Připomínky českého normalizačního orgánu (ČNI), které respektovaly názory odborníků TNK 64 při ČNI se zejména týkaly následujících oblastí:

- vlivu zkušebních rychlostí na snímané hodnoty mezí kluzu a jejich správného nastavení;
- nekompatibility v normě definovaných zkušebních rychlostí;
- tuhosti zkušebních strojů;
- možného nahrazení hodnoty tažnosti A hodnotou A_g , resp. A_{gt} při deklaraci plastických vlastností zkoušených materiálů.

^{*)} Vedoucí akreditovaných Hutních a chemických laboratoří Mittal Steel Ostrava a.s., Ostrava – Kunčice; Česká republika

V příspěvku budou postupně diskutovány vybrané změny a doplňky návrhu normy ISO 6892-1 vzhledem ke stávající normě EN 10002-1 a důvody jednotlivých připomínek formulovaných českou stranou.

2. Diskuse specifikovaných problémů

Základním požadavkem mechanického zkoušení v případě, že ke konkrétní zkoušce byl zvolen shodný vstupní materiál, je maximální shoda výsledků předkládaných různými laboratořemi. Z těchto důvodů je nutné, aby podmínky předepsané v normách pro provedení zkoušky vycházely tomuto požadavku maximálně vstříc. Zkušební rychlost v kombinaci s tuhostí rámců tahových zkušebních strojů patří mezi základní parametry významně ovlivňující hodnoty zjišťovaných mechanických vlastností, především pak mezí kluzu (R_{eH} , R_{eL} , $R_{p0,2}$, $R_{t0,5}$). Intervaly zkušebních rychlostí definované ve stávající normě EN 10002-1 pro zjišťování zmíněných mezí kluzu však naprosto nesplňují výše uvedený požadavek kladený na shodu výsledků. Nedostatky definovaných rychlostí zkoušení do dosažení uvedených mezí kluzu spolu s možnostmi jejich záměrného ovlivňování „povoleného“ normou EN 10002-1 jsou všeobecně známy a byly předmětem kritiky v mnoha předchozích příspěvcích [3 – 6]. Velkým problémem rovněž je správné nastavení zkušebních rychlostí, jehož způsoby zmíněná norma ani návrh nově připravované revidované normy ISO 6892-1 neuvádí, pravděpodobně z důvodu různé koncepce používaných tahových strojů a jejich technické úrovně.

Autoři návrhu normy ISO 6892-1 [2] si uvědomují význam vlivu rychlostí zkoušení na hodnoty mezí kluzu a z těchto důvodů uvádějí v návrhu v článcích 4.7, 4.7.1 až 4.7.3 nové definice jednotlivých rychlostí a samostatná kapitola je věnována volbě rychlosti zkoušení založené na koncepci deformační a napěťové rychlosti. I v tomto případě se však v této části připravované normy vyskytují některé nesrovnalosti, které iniciovaly odborníky z řad českých mechanických zkušeben k předložení připomínek a k návrhům změn, které jsou v tomto příspěvku řazeny a komentovány postupně tak, jak se v normě vyskytovaly.

4.7.1

Strain rate ($\dot{\epsilon}_{L_e}$)

increase of strain per unit time measured with an extensometer of gauge length L_e
(přírůstek deformace za jednotku času měřený průtahoměrem na měřené délce L_e).

Tato nepřesnost v definici by měla být změněna ve smyslu obrázku 1 následovně:

increase of strain of gauge length L_e measured with an extensometer per unit time
(přírůstek deformace měřený průtahoměrem na měřené délce L_e za jednotku času).

Česká strana rovněž požadovala do kapitoly „Definice“ doplnění i napěťových rychlostí, jejichž použití je v normě diskutováno v článku 10.3 normy, aniž by v kapitole definic byly tyto důležité rychlosti zkoušení specifikovány.

10.2.1 General

a) In the range up to and including the determination of R_{eH} , R_p or R_t , the strain rate ($\dot{\epsilon}_{Le}$) shall be applied.

[V rozsahu do dosažení a stanovení R_{eH} , R_p nebo R_t se musí použít deformační rychlost ($\dot{\epsilon}_{Le}$)].

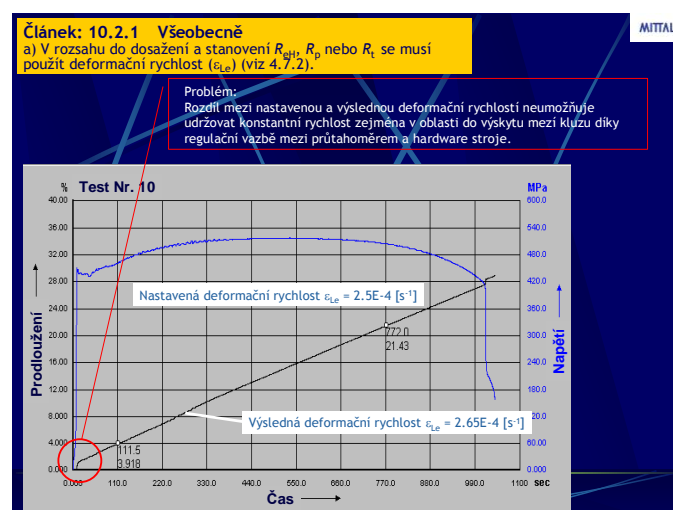
Tento požadavek vyžaduje pro kontrolu rychlosti zkoušení do dosažení mezí kluzu, v souladu s definicí 4.7.1 návrhu, vždy použití průtahoměru, který je ve vazbě s kanálem simultánního měření času. Pro zkušebny by splnění takového požadavku nutně znamenalo náhradu zastaralých zkušebních strojů novými nebo jejich finančně náročnou renovaci.



Obrázek 1

V souvislosti s výsadní aplikací zkušební rychlosti $\dot{\epsilon}_{Le}$ je nutno si uvědomit i další problémy, které demonstrují obrázky 2, 3.

Většina moderních strojů umožňuje nastavení deformační rychlosti, $\dot{\epsilon}_{Le}$, softwarově před zahájením zkoušky. Nicméně, v důsledku regulační vazby a poddajnosti stroje



Obrázek 2

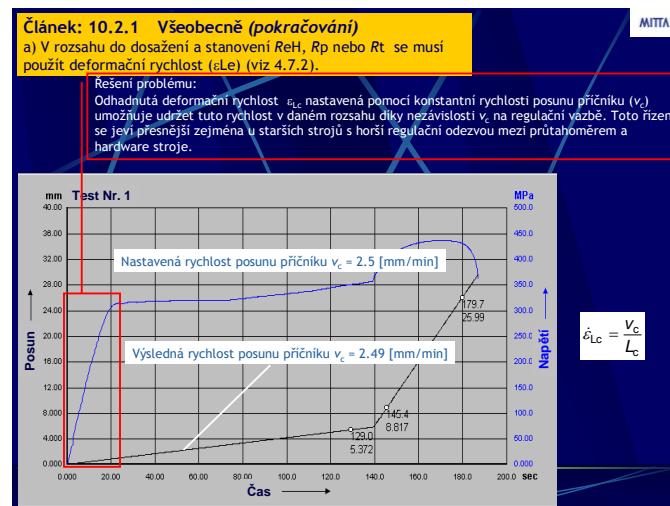
v průběhu zatěžování je výsledná deformační rychlost vždy poněkud nižší než nastavená požadovaná rychlost (viz obrázek 2). Navíc, s ohledem na setrvačnost stroje se této rychlosti nedosáhne skokem, ale vždy s určitým zpožděním, které se nejvíce

projeví v diskutované kritické oblasti do dosažení meze kluzu (viz obrázek 2). Ovlivnění deformační rychlosti $\dot{\epsilon}_{Le}$ je dáno superpozicí regulační vazby „přúťahoměr – hardware stroje“ a setrvačnosti mechanického systému stroje. Praktické zkušenosti mechanické zkušebny Mittal Steel Ostrava a.s. ukazují, že udržování deformační rychlosti na konstantní úrovni lze lépe zajistit nastavením průměrné deformační rychlosti, $\dot{\epsilon}_{LC}$, přes rychlost posuvu příčnicku, v_c , která není v regulační vazbě a jakýkoliv nesoulad typu „nastavená rychlost vs. skutečná rychlost“ je vyvolán pouze setrvačností mechanického systému. Mezi oběma rychlostmi platí jednoduchý vztah:

$$\dot{\epsilon}_{LC} = \frac{v_c}{L_c} \Rightarrow v_c = \dot{\epsilon}_{LC} \cdot L_c,$$

kde L_c je zkoušená délka.

V definicích návrhu normy ISO 6892-1 je deformační rychlost $\dot{\epsilon}_{LC}$ uváděná jako „estimated strain rate“ a norma ji doporučuje k používání v případě, kdy je třeba stanovit deformaci (prodloužení) na výrazné mezi kluzu, tzn. v oblasti nespojitosti před počátkem deformačního zpevňování.



Obrázek 3

Vzhledem k uvedeným skutečnostem doporučila česká strana normou stanovený požadavek na volbu deformačních rychlostí v článku 10.2.1 pozměnit následovně:

a) In the range up to and including the determination of R_{eH} , R_p or R_t , the strain rate ($\dot{\epsilon}_{Le}$) (see 4.7.2) **should** be preferentially applied.

[V rozsahu do dosažení a určení R_{eH} , R_p nebo R_t se přednostně doporučuje použít deformační rychlost ($\dot{\epsilon}_{Le}$)].

Tato definice nevylučuje možnost použití průměrné deformační rychlosti vycházející z rychlosti posuvu příčnicku, která je u některých softwarově řízených strojů nastavitelná jako jediná možná zkušební rychlost a navíc, koresponduje s požadavkem návrhu normy použít tuto rychlost v případech, kdy se na mezi kluzu vyskytuje nespojitost (Lüdersova deformace) v pásmu, které přesahuje rozsah měřené délky přúťahoměru.

10.2.1 NOTE 4

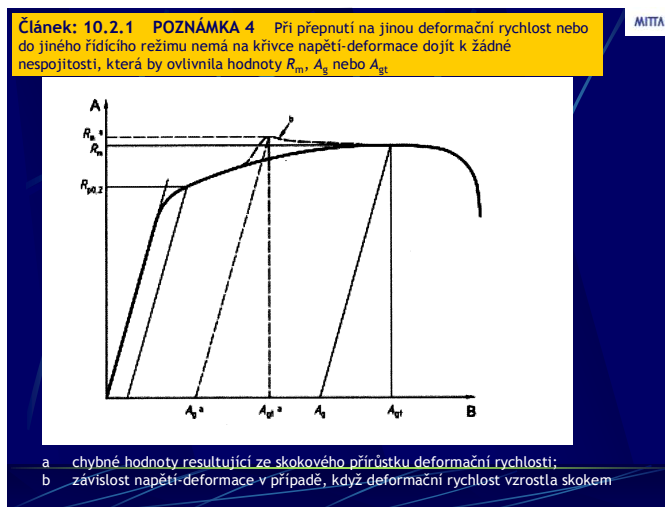
During switching to another strain rate or to another control mode, no discontinuities in the stress-strain curve should be introduced which distort the values of R_m , A_g nebo A_{gt} .

(Při přepnutí na jinou deformační rychlost nebo do jiného řídicího režimu nemá na křivce napětí-deformace dojít k žádné nespojitosti, která by ovlivnila hodnoty R_m , A_g nebo A_{gt}).

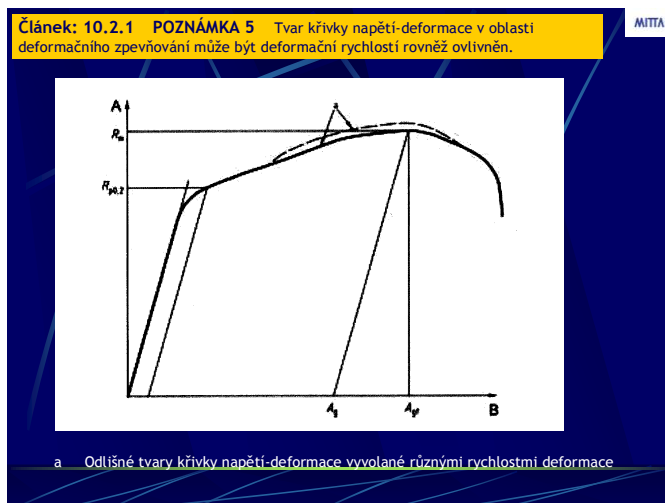
10.2.1 NOTE 5

The shape of stress-strain curve in the work hardening range can also be influenced by strain rate.

(Tvar křivky napětí - deformace v oblasti deformačního zpevňování může být deformační rychlostí rovněž ovlivněn).



Obrázek 4



Obrázek 5

I když požadavek a informace v obou výše uvedených poznámkách (viz obrázky 4, 5) nejsou uvedeny kategoricky, přesto mohou vyvolat u průmyslových laboratoří potíže při přejímkových řízeních, jelikož je zjevné, že přepnutí zkušební rychlostí, ke kterému dochází po dosažení a určení meze kluzu, má vždy za následek nespojitost na křivce „napětí – deformace“ ovlivňující především napětí plastického toku a ve svých

důsledcích i diskutované veličiny korespondující s maximálním zatížením při zkoušce. POZNÁMKA 5 má nesporný význam v případech, kdy tahová zkouška je prováděna pro výzkumné účely studující u zkoušeného materiálu součinitel deformačního zpevnění. Zde je jednoznačné, že tahovou zkoušku je nutno provádět v celém rozsahu až do porušení zkušební tělesa při jedné zkušební rychlosti. V případech deklarace jakostních parametrů u hutních výrobků, kdy se zpravidla vyžaduje pouhé stanovení meze kluzu, meze pevnosti a tažnosti, však dodržení takového požadavku může laboratoři způsobit značné problémy, zvláště pak při respektování nastavení doporučené rychlosti deformace, $\dot{\epsilon}_{Le} = 0,000\ 25\ s^{-1}$.

Při průměrné tažnosti ocelí zpracovávaných na hutní výrobky v Mittal Steel Ostrava a.s., $A = 25\ %$, lze snadno odvodit, že doba nutná k provedení jedné tahové zkoušky dosáhne:

$$t = \frac{\epsilon}{\dot{\epsilon}_{LC}} = \frac{0,25}{2,5E-4} = 1000\ s = 16,5\ min$$

což při cca 7 hodinovém pracovním vytížení stroje za směnu představuje provedení cca 25 zkoušek; při RST provozu^{*)} pak 50 a za rok při tomto pracovním systému 18250 zkoušek. S ohledem na průměrný požadovaný počet 110 000 tahových zkoušek za rok závody společnosti pak plyne, že by mechanická zkušebna potřebovala 6 nových strojů a pro jejich obsluhu v RST systému minimálně další 3 zkušební techniky.

Za dané situace se komentář české strany výhradně týkal POZNÁMKY 4 a vycházel ze skutečnosti, že jakékoliv změny zkušební rychlosti vyvolávají nespojitosti na křivce „napětí-deformace“ a ovlivňují zejména hodnoty stanovovaných napětí. Uvedená poznámka se může interpretovat buď jako striktní zákaz změny zkušební rychlosti v průběhu zkoušení nebo jako jev, který je zapotřebí brát v úvahu v případě, že softwarové zpracování výsledků by mohlo být nekorektní a mohlo by vyhodnotit skokový přírůstek napětí při přepnutí jako hodnotu „předčasné meze pevnosti, R_m “. Zákaz jakékoliv změny zkušební rychlosti při tahové zkoušce je v podmínkách průmyslových laboratoří neakceptovatelný a proto česká strana navrhla změnu definice POZNÁMKY 4, vzhledem k druhé uvedené alternativě, následovně:

NOTE 4 Switching to another strain rate is permitted provided that the resulting discontinuity in the stress-strain curve does not introduce the “hoop stress” affecting the proper position of the R_m occurrence on the strain-strain curve and, hence, the correct evaluation of R_m , A_g and A_{gt} values, respectively.

(Přepnutí na jinou deformační rychlost je přípustné v případě, že skoková změna napětí odpovídající nespojitosti na křivce napětí-deformace neovlivní pozici výskytu R_m a tím správnost stanovení hodnot R_m , A_g , a A_{gt} .)

10.2.2 Determination of the upper yield strength (R_{eH}) or proof strength properties (R_p , R_t)

[10.2.2 Stanovení horní meze kluzu (R_{eH}) nebo smluvních mezí (R_p , R_t)]

10.2.3 Determination of the lower yield strength (R_{eL}) and yield point elongation (A_e)

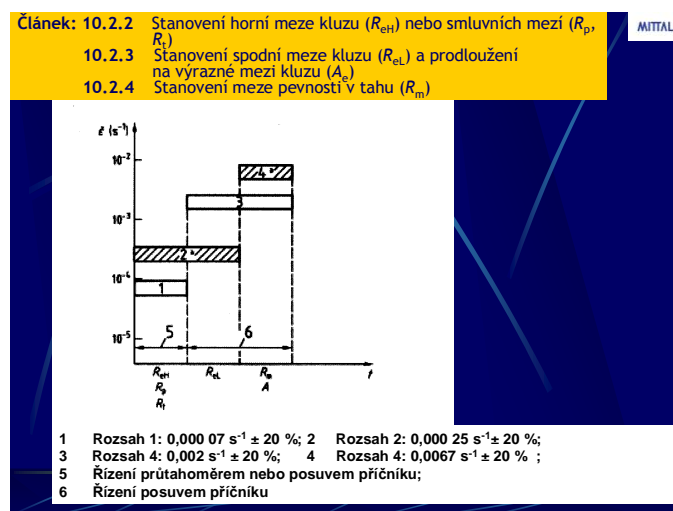
^{*)} Směnný provoz „2 ranní + 2 odpolední + 2 volno“.

[10.2.3 Stanovení spodní meze kluzu (R_{eL}) a prodloužení na výrazné mezi kluzu (A_e)]

10.2.4 Determination of the tensile strength (R_m)

[10.2.4 Stanovení meze pevnosti v tahu (R_m)]

Na rozdíl od stávající normy EN 10002-1 slibují definovaná užší rozmezí deformačních rychlostí v revidovaném návrhu ISO 6892-1 lepší reprodukovatelnost výsledků a tím i nižší hodnoty nejistot, zejména v případě hodnocení R_{eH} , R_{eL} , R_p a R_t (viz obrázek 4).



Obrázek 6

Otázkou však zůstává, proč se autoři návrhu přiklonili k tak nízkým hodnotám deformačních rychlostí a jejich specifikaci a česká strana požadovala ve svém komentáři vysvětlení k uvedeným článkům ve formě přílohy.

10.3 Testing rate (based on the concept of stress rate)

[10.3 Zkušební rychlost (založena na koncepci napěťové rychlosti)]

Volba zkušebních rychlostí založená na koncepci rychlostí napěťových je v návrhu normy ISO 6892-1 uvedena jako alternativa pro případy specifikací ve výrobových normách, kdy je ke zkoušení napěťová rychlost přímo vyžadována, nebo v případech, kdy zkušební stroj nelze řídit přes deformační rychlost ve smyslu článku 10.2, jejíž problémy byly diskutovány výše. Přitom norma uvádí jako základní metodu nastavení napěťové rychlosti nepřímé nastavení přes rychlost posuvu příčnicků, v_c , i když je známo, že moderní stroje umožňují přímou adjustáž řídicím software. Předností nastavení napěťové i deformační rychlosti přes rychlost posuvu příčnicku, v_c , uvádí práce [5].

Článek 10.3 návrhu normy ISO 6892-1 obsahuje největší rozpory, jelikož téměř v kompletní verzi přebírá článek 10.2 „Zkušební rychlost“ z normy EN 10002-1. Jistou novinkou (převzatou zřejmě z normy ASTM E8, resp. ASTM A370) je možnost nastavení libovolné rychlosti zkoušení do dosažení 0,5 hodnoty meze kluzu relevantní pro zkoušený materiál. Poté musí rychlosti odpovídat specifikovaným podmínkám uvedeným v návrhu normy ISO 6892-1. Nastavení zkušební rychlosti do dosažení meze kluzu založené na koncepci napěťové rychlosti vychází z omezujících podmínek deformační rychlosti v případě, že se před zkouškou požaduje nastavení napěťové rychlosti a opačně (limitující aspekt rychlosti napětí, když se požaduje nastavení

deformační rychlosti). Nekompatibilita mezi oběma uvedenými typy rychlostí zkoušení byla již dříve popsána v řadě prací [3, 5, 7] a na vzniklé nesoulady bylo mnohokrát bezvýsledně upozorňováno u příležitosti revizí normy EN 10002-1. Metoda správného výběru zkušební rychlosti, která bere v úvahu předpokládané úrovně mezí kluzu zkoušených materiálů a vzájemný vztah mezi napětovými a deformačními rychlostmi tak, aby nebyly ve vzájemném rozporu byla např. popsána v [5] a je rovněž konkrétně rozvedena v příloze ke zkušebnímu postupu pro tahové zkoušky v mechanické zkušebně Mittal Steel Ostrava a.s.

Článek: 10.3 Zkušební rychlost (založena na koncepci napět'ové rychlosti) MITAL

Komentář:
Vzhledem k vzájemnému omezení napět'ové a deformační rychlosti musí být před nastavením rychlosti zkoušení do dosažení R_e , R_p a R_t obě rychlosti posuzovány současně, jak plyne z příkladu uvedeného v následující tabulce pro ocel s předepsanou mezí kluzu $R_{eH} \approx 450$ MPa a předpokládanou deformací korespondující s hodnotou R_{eH} , $\epsilon_{R_{eH}} \approx 0.003$.

$\epsilon_{R_{eH}} \approx 0.003$ [-]		
$\epsilon_{R_{eH}}$ [s ⁻¹]	$t_{R_{eH}} = \epsilon_{R_{eH}} / \dot{\epsilon}_{R_{eH}}$ [s]	$\sigma = R_{eH} / t_{R_{eH}}$ [MPa/s]
2.5E-4	12	37.5
4.0E-4	7.5	60.0
2.5E-3	1.2	375.0

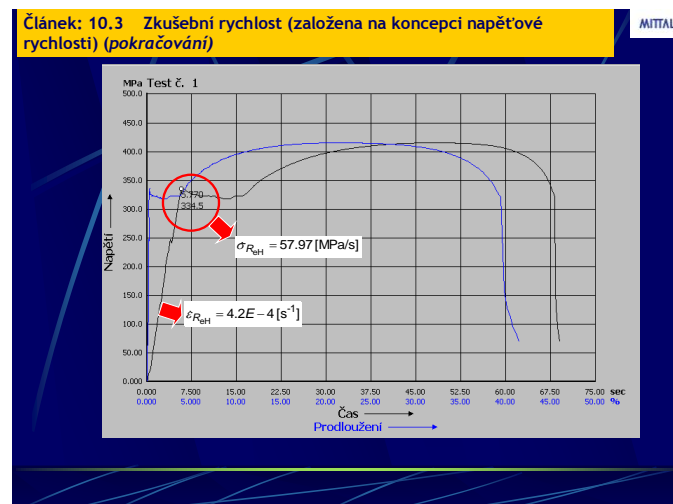
Je zřejmé, že pro splnění podmínky maximální napět'ové rychlosti 60 MPa/s nesmí pro danou ocel deformační rychlost převýšit 4.0E-4 [s⁻¹]. (Viz následující obrázek).

Obrázek 7

Vzhledem k uvedeným skutečnostem zaslala česká strana k této části návrhu komentář a vysvětlující připomínky (viz obrázky 7, 8), na jejichž základě doporučuje ukončení článku 10.3.2.4 poznámkou tohoto znění:

NOTE Due to the mutual restriction of stress and strain rate both strain and resulting stress rate should be considered simultaneously before adjustment of testing rate up to reaching the R_e , R_p and R_t values.

(POZNÁMKA Vzhledem k vzájemnému omezení napět'ové a deformační rychlosti se doporučuje před nastavením zkušební rychlosti do dosažení meze kluzu R_e , R_p a R_t posuzovat jak deformační, tak i odpovídající napět'ovou rychlost současně).



Obrázek 8

Česká strana přitom nabídla zpracování metodiky vzájemného posuzování obou výše uvedených zkušebních rychlostí a závěrečného stanovení jejich rozsahů ve formě příkladu v příloze.

17 Determination of the percentage plastic extension at maximum force (A_g)

[17 Stanovení plastického prodloužení v procentech při největším zatížení (A_g)]

18 Determination of the percentage total extension at maximum force (A_{gt})

[Stanovení celkového prodloužení v procentech při největším zatížení (A_{gt})]

Vlastní text těchto článků v normě ISO 6892-1 nebyl předmětem připomínek. Správně je uvedeno, že tyto vlastnosti vyžadují pro korektní stanovení použití průtahoměru, který registruje prodloužení až do dosažení meze pevnosti v tahu u sledovaného materiálu, R_m . Česká strana, spolu s mnoha členskými zeměmi Evropy však jednoznačně prosazuje preferenci těchto vlastností, jako základních ukazatelů plasticity zkoušených materiálů především z těchto důvodů:

- Na rozdíl od hodnot tažnosti, A , jsou hodnoty A_g a A_{gt} „čistými“ vlastnostmi zkoušeného materiálu, které nezávisí na tvaru a rozměrech zkušebních těles;
- Naměřené hodnoty jsou snadno a přesně mezi sebou porovnatelné, bez nutnosti přepočtů a používání pomocných nomogramů respektujících různé měřené délky, L_0 (převod tažnosti zjištěné zkouškou dle ASTM a její srovnání s tažností měřenou dle normy EN);
- A_g a A_{gt} vyjadřují skutečnou zásobu plasticity zkoušených materiálů, jelikož nezahrnují stádium plastické deformace při tahové zkoušce po ztrátě plastické stability, která začíná tvorbou krčku, a která nemá žádný praktický význam. Při tvářecím procesu za studena je naopak deformační stádium, kdy vzniká lokální zužování materiálu, např. při lisování, naprosto nežádoucí a je za hranicí hodnocené technologické tvařitelnosti.;
- Měření A_g a A_{gt} umožňuje plnou automatizaci provádění tahových zkoušek. Zcela odpadá nutnost manuálního stanovení v těch případech, kdy porušení zkoušky se realizuje mimo vymezenou oblast měřené délky průtahoměru, jak je tomu v případě určování hodnot tažnosti A .

Z uvedených důvodů by měly být především změněny výrobní normy tak, aby mezi základní vlastnosti charakterizující jakost a užité vlastnosti výrobků, které popisují, byla místo tažnosti požadována hodnota A_g , resp. A_{gt} . Argument, že pro stanovení výše uvedených vlastností je nutný průtahoměr nelze brát jako omezující, jelikož tahová zkušebna, která by ke zjišťování mechanických vlastností tahovou zkouškou nevyužívala průtahoměr snad v současnosti neexistuje.

ANNEX F (Informative) Calculation of the crosshead separation rate in consideration of the compliance of the testing machine

[PŘÍLOHA F (Informativní) Výpočet rychlosti posuvu příčnicku uvažující poddajnost tahového stroje]

V této příloze návrhu normy ISO 6892-1 je uveden požadavek na odborníky členských zemí, aby předložili návrh pokud možno jednoduchého stanovení poddajnosti

(tuhosti) stroje k posouzení, které by bylo po připomínkách obsahem zmíněné přílohy. Česká strana předložila přibližné řešení, které bylo diskutováno v pracích [4, 8] a jehož podstata plyne z následující úvahy.

- Smluvní deformaci při konstantním zatížení, F [N], která je v průběhu tahové zkoušky měřena průtahoměrem, lze vyjádřit jako:

$$\varepsilon_{Le} = \frac{L_{eu} - L_{eo}}{L_{eo}} = \frac{\Delta L_e}{L_{eo}}; [-],$$

kde L_{eu} je měřená délka průtahoměru po přetržení zkušební tyče [mm];

L_{eo} je počáteční měřená délka průtahoměru [mm]

ΔL_e je prodloužení zjištěné průtahoměrem u zkušební tyče po přetržení [mm];

- Druhou možností je vyjádření této smluvní deformace pomocí průměrné deformace, vycházející z posuvu příčnicku stroje, na základě vztahu:

$$\varepsilon_{Lc} = \frac{X}{L_c}; [-],$$

kde X je posuv příčnicku [mm];

L_c je zkoušená délka.

Přesnost vyjádřené průměrné deformace závisí na deformační distribuci v částech zkušebního tělesa mezi zkoušenou délkou, L_c , a upínacími konci tyče a na přesnosti registrace posuvu příčnicku u tahového stroje;

- V případě ideální tuhosti stroje je deformace zcela realizována ve zkušebním tělese a platí, že:

$$\varepsilon_{Lc} = \varepsilon_{Le} = \frac{X_{id}}{L_c} = \frac{\Delta L_e}{L_{eo}}; [-],$$

kde X_{id} je posuv příčnicku ideálně tuhého stroje, který lze pak vyjádřit jako:

$$X_{id} = \varepsilon_{Le} \cdot L_c; [mm];$$

- S ohledem na elastickou poddajnost reálných strojů je posuv příčnicku, X , vždy větší než X_{id} a rozdíl mezi X a X_{id} definuje posuv vztažený k elastické poddajnosti stroje, X' ; tedy:

$$X' = X - X_{id}, [mm];$$

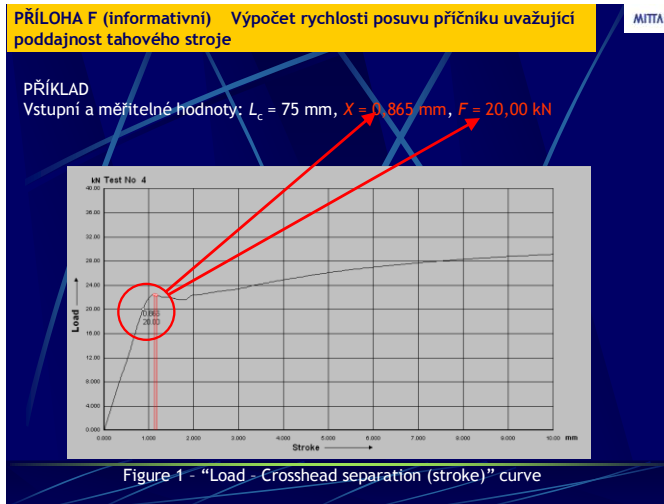
- Tuhost stroje, C_M , pro dané konstantní zatížení, F , se pak vypočte ze vztahu:

$$C_M = \frac{F}{X'}; [N/mm]$$

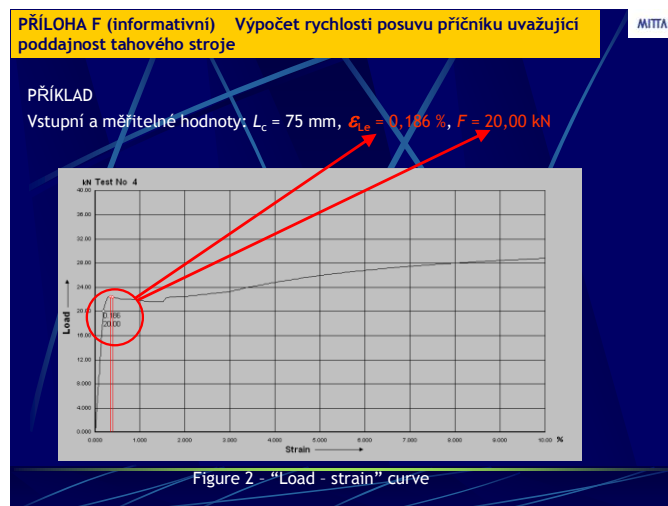
a její reciproká hodnota reprezentuje elastickou poddajnost.

PŘÍKLAD

Vstupní a měřitelné hodnoty: $L_c = 75$ mm; $X = 0,865$ mm; $\varepsilon_{Le} = 0,00186$; $F = 20$ kN (viz obrázky 9, 10)



Obrázek 9



Obrázek 10

Po tahové zkoušce zkušební tělesa se zkoušenou délkou $L_c = 75$ mm generuje software stroje dva diagramy, které se využívají k výpočtu tuhosti. Hodnota deformace $\varepsilon_{Le} = 0,00186$ se využila k výpočtu posuvu příčniku ideálně tuhého stroje:

$$X_{id} = \varepsilon_{Le} \times L_c = 0,00186 \times 75 = 0,1395 \text{ mm.}$$

Rozdíl mezi posuvem příčniku reálného stroje, $X = 0,866$ mm, a X_{id} :

$$X' = X - X_{id} = 0,866 - 0,1395 = 0,7265 \text{ mm}$$

se poté dosadí do vztahu pro výpočet tuhosti stroje:

$$C_M = \frac{F}{X'} = \frac{20}{0,7265} = 27,53 \text{ [kN/mm].}$$

Jiná metoda stanovení elastické poddajnosti zkušebních strojů byla zveřejněna v dnes již zrušených normách ČSN 25 0251 a ISO 2573.

3. Závěr

Předložený příspěvek hodnotil nejdůležitější úskalí praktického použití zaváděné normy ISO 6892-1 do zkušební praxe. Není sporu o tom, že autoři řešili v předloženém návrhu normy nejvíce diskutované problémy stávající normy EN 10002-1, které se především týkaly nesouladů zkušebních výsledků z titulu zkušebních rychlostí v těsně spojitosti s tuhostí zkušebních strojů. Rozbor v tomto příspěvku však ukázal, že ne vždy byla snaha autorů spojena s jednoznačným přínosem navrhovaných opatření a proto byly všechny diskutované problémy v tomto příspěvku shrnuty do formy presentace české strany, která bude projednána na zasedání komise TC 164/SC 1 v Berlíně v září 2006. Nezbývá než doufat, že výsledkem jednání a hlasování na tomto zasedání bude mezinárodně platná norma, která odstraní všechny sporné body a nepřesnosti současně platné normy EN 10002-1 a ve svých důsledcích přispěje ke zlepšení úrovně presentovaných výsledků.

Literatura

- [1] EA Interlaboratory Comparison MT1 "Tensile Testing of Metals". Final Report, Czech Testing Laboratories Association; Czech Accreditation Institute, **March**, 2000.
- [2] ISO 6892-1 rev „Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at ambient temperature. Revised version 2004-11-05 of ISO/TC 164/SC 1 N521 (Document WG 4 N035).
- [3] WOZNIAK J. – JAKOB M.: K problematice některých zdrojů nejistot typu „B“ u tahové zkoušky a možnosti jejich kontroly. Sborník „Stanovení a vyjadřování nejistot kvantitativních výsledků zkoušek v oblasti fyzikálně mechanického zkoušení a NDT“, ČIA Praha, prosinec 1999
- [4] JAKOB M., WOZNIAK J.: Vliv tuhosti tahových strojů a podmínek zkoušení na výsledky tahových zkoušek. Magazín ČSN X, 2000, č.12, s.332 – 336.
- [5] WOZNIAK J.: Vliv rychlosti zkoušení na výsledky zkoušek tahem. Pracovní seminář k vyhodnocení MPZ SČZL Zkoušky tahem. SČZL - ČIA Praha, 2002
- [6] WOZNIAK J.: Příspěvek k hodnocení nejistot tahových zkoušek. Elektronický sborník 3.semináře ZSS a SČZL. Košická Belá, listopad 2001
- [7] WOZNIAK J., JAKOB M.:Vliv tuhosti tahových strojů a podmínek zkoušení na výsledky tahových zkoušek. Přednáška na semináři ČIA Praha „Stanovení a vyjadřování nejistot kvantitativních výsledků zkoušek v oblasti fyzikálně-mechanického zkoušení a NDT“. ČIA Praha, prosinec 1999.
- [8] WOZNIAK J., JAKOB M.: Effect of the Frame Stiffness and Testing Conditions on the Results of Tensile Tests. Tech. Rep. ISO TC 164, SC 2, září 2001.