

Materiálové zkoušky ve vztahu k reálnému experimentu

Ing. Jan Řezníček, CSc. - ČVUT, fakulta strojní, katedra nauky o pružnosti a pevnosti, Technická 4, 166 07 Praha 6 - Dejvice, telefon: (02) 332 2517

Anotace: Předložená práce pojednává o způsobu modernizace technického vybavení laboratoří katedry nauky o pružnosti a pevnosti strojní fakulty ČVUT v Praze v návaznosti na prováděná experimentální měření na velkorozměrných potrubích Tranzitního plynovodu. V práci je srovnán přístup k materiálovým zkouškám podle ČSN 42 0310 s metodikou vhodnou pro získání vstupních dat pro zpracování experimentálních hodnot. V závěru je naznačen postup "účelových materiálových zkoušek" a uvedeny odkazy na některé práce, kde bylo využíváno materiálových charakteristik ke zpracování konkrétních experimentálních dat.

Materiálové zkoušky jsou určeny normou ČSN 42 0310, kde se v bodě 5.4 stanovuje jako prvotní kritérium provedení zkoušky dodržení konstantní rychlosti deformace, tedy $de/dt = \text{konst.}$ Takto normalizovanou podmínku lze však splnit pouze na moderních programovatelných zkušebních strojích. U starších a dnes dosud běžně užívaných strojů přichází v úvahu podmínka 5.8, kde je stanoveno kritérium jiné, a to rychlost zatěžování v průběhu tahové zkoušky, kdy $d\sigma/dt = (3; 30)$ MPa/s. To znamená, že u oceli s mezí pevnosti okolo 600 MPa bude celá zkouška trvat v rozmezí 20 až 200 sekund. Problémem zůstává stanovení rychlosti zatěžování v průběhu celé zkoušky, a to s dostatečnou přesností a s ohledem na její možný záznam pro potřeby dalšího použití.

Tato otázka byla řešena "modernizací" existujícího zkušebního stroje WPM 400 a jeho spojením s počítačem. Do tlakového okruhu byl před hlavní válec umístěn tenzometrický snímač tlaku. Na základě technické dokumentace zkušebního stroje byl podle plochy pístu a tabulkového rozsahu zvolen snímač HBM-P3M/50 MPa. Pohyb příčnicku resp. deformaci měřeného vzorku jsem sledoval pomocí tenzometrů pro velké deformace a extenzometrů vlastní konstrukce. Celkem bylo na zkušebním vzorku osazeno v podélném a příčném směru 12 měřících prvků.

Zpracování bylo provedeno tenzometrickou aparaturou HBM ve spojení s počítačem třídy PC. S využitím podpůrných programů byly měřené hodnoty korigovány příčnou citlivostí tenzometrů a podle skutečné velikosti plochy měřeného vzorku byla stanovována v závislosti na zátěžné síle a času okamžitá rychlost zatěžování. Zpětná vazba byla zajištěna ruční korekcí ovládání motoru okruhu přepouštěcího ventilu podle okamžitých informací na monitoru počítače. Do budoucna lze uvažovat i o přímém ovládání za pomoci krokového motoru napojeného na počítač, který by tak přímo pomocí zpětné vazby korigoval zatěžování s ohledem na okamžité napětí a rychlost jeho změny podle předem stanoveného harmonogramu případně záznamu na disku.

Dále se však naskytá otázka použitelnosti materiálových charakteristik získaných podle normy pro vyhodnocení reálných dat získaných experimentálně. Pokud se prováděla vyhodnocení měření na běžných ocelích byly výsledky uspokojivé a nevykazovaly zjevné chyby.

Problém nastal při zpracovávání konkrétních výsledků měření získaných na částech potrubí Tranzitního plynovodu. Tato potrubí byla vyrobena z oceli označované jako X 60 podle AIP resp. StE 415.7 nebo 415.7 TM podle DIN 17 172. Ocel X 60 je materiálem s výraznými plastickými vlastnostmi a vykazuje dosti podstatné zpoždění mezi zatížením a deformací.

Tento fakt je velice podstatný při provádění materiálových zkoušek, protože tahový diagram při rychlém zatěžování má podstatně jiný charakter než při pomalém, a proto norma stanovuje kritéria rychlosti deformace nebo zatěžování. Použitím materiálových charakteristik stanovených normalizovaným postupem pro vyhodnocení experimentálních dat podle teorie malých pružno plastických deformací vznikaly ve výsledných závislostech jisté diskontinuity, které toto zpracování zcela zpochybňovaly a činily ho tak prakticky dále nepoužitelným pro další vyhodnocování.

Hlavním problémem se jevila délka celého děje. Jestliže podle normy trvala materiálová zkouška cca 3 minuty, tak ale reálný experiment vzhledem k možnostem tlakovacího zařízení trval řádově hodinu i více. Tím však byl dán čas pro volný rozvoj plastických deformací ve zkušební trubce. Nemalou roli v průběhu vyhodnocování sehrává také změna vztahu příčné a podélné deformace (v elast. oblasti dáno Poissonovým číslem) v průběhu celého zatěžování. Vztah mezi příčnou a podélnou deformací velice podstatně ovlivňuje výpočet pomocí teorie malých pružno plastických deformací, která se jeví jako dostatečná a přitom jednoduchá.

Po zvážení všech těchto okolností bylo rozhodnuto neprovádět materiálové zkoušky pro potřeby vyhodnocování experimentu podle normy, ale vytvořit si vlastní metodiku materiálových zkoušek s tzv. přesným určením použití výsledků. Tuto metodiku lze popsat v následujících bodech:

1. Ještě před vyrobením zkušebního tělesa oddělit část materiálu, která bude použita pro materiálové zkoušky;
2. Zatěžování provádět podle plánu a jeho přesný časový průběh zaznamenávat na disk nebo na disketu;
3. Provést rozbor záznamu zatěžování a na jeho základě realizovat materiálové zkoušky přesně stejným postupem;
4. Vyhodnotit reálný experiment s pomocí charakteristik stanovených z "účelových materiálových zkoušek";
5. Zařadit výsledky do databanky včetně podmínek, za kterých byly získány, pro případné další využití.

Závěrem lze konstatovat, že materiálové charakteristiky stanovené "účelovými materiálovými zkouškami" spolehlivě popisují chování zkoumané oceli v průběhu celého zatěžování, a to komplexně v podélném i příčném směru k ose zatěžování. Jako další parametr do těchto charakteristik vstupuje čas ve formě absolutní délky zkoušky i ve formě okamžité rychlosti zatěžování. Pro sestavení rovnic časových závislostí by bylo třeba realizovat řadu zkoušek pro různé rychlosti zatěžování případně pro jejich změny. Zpracování experimentálních dat a vyhodnocení výsledků měření je uvedeno v celé řadě výzkumných zpráv a prací (některé z nich jsou uvedeny v použité literatuře).

Literatura:

Řezníček, J., Valenta, F., Sochor, M.: Výpočet a zpracování vstupních dat pro napěťovou zkoušku Js 1000
Valenta, F., Michalec, J., Sochor, M., Řezníček, J.: Vyhodnocení destrukční zkoušky trubky plynovodu
Řezníček, J., Valenta, F., Sochor, M.: Realizace experimentu na třetím kusu potrubí DN 800-III-09
Řezníček, J.: Experimentální analýza napětí na determinovaných vadách tranzitního plynovodu
Řezníček, J.: Experimentální analýza elasticko plastického chování materiálu s nevýraznou mezí kluzu
Valenta, F., Vítek, K., Sochor, M.: Stanovení mechanických charakteristik oceli X 60 pro napěťové zkoušky
Valenta, F., Sochor, M.: Přizpůsobování dálkových plynovodů pomocí hydrostatických zkoušek
Kuliš, Z.: Problematika vyhodnocení napjatosti v oblasti trvalých deformací