



30th Conference of Experimental Stress Analysis  
30. konference o experimentální analýze napětí  
2. - 5. 6. 1992 ČVUT Praha Czechoslovakia

## E-MODULUS DETERMINATION IN THE TEMPERATURE RANGE UP TO 1200°C

### STANOVENÍ MODULU PRUŽNOSTI V ROZSAHU TEPLŮT DO 1200°C

Marek Babuška

The article deals with a new application of the HSB method for determining the moduli of elasticity of materials in the range of temperatures from room temperature to temperatures above 1000°C. The method was tested for heat resisting steels ČSN 42 17153 and 42 17251. The values of moduli for steel 42 17153 taken from literature in the temperature range 400° to 1000°C give a good agreement with the results obtained by the HSB method.

Keywords: mechanical properties, experimental methods

#### 1. Princip měření

Cílem měření bylo stanovení modulu pružnosti u vybraných žáruvzdorných ocelí. Použitá metoda vychází ze známého vztahu

$$c_0 = \left( \frac{E}{\rho} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

kde  $c_0$  je rychlost jednorozměrné podélné vlny, pružnosti  $E$  a  $\rho$  hustota. Je-li tedy známa délka vzorku  $l$  a doba průchodu podélné vlny  $\tau$ , je možné modul pružnosti určit ze vztahu

$$E = \rho \frac{l^2}{\tau^2}. \quad (2)$$

## 2. Popis zařízení

Zařízení, které bylo k měření použito, je tzv. tlaková varianta Hopkinsonovy měrné dělené tyče (HMDT) [1], [2]. Skládá se ze dvou válcových tyčí, mezi které je vložen vzorek. Vzorek je tvaru válce, jehož délka je volena podle účelu experimentu. Průměr vzorku je takový, aby byl roven nejvýše průměru tyčí.

Napěťový puls je generován dopadem válcového projektilu na první z tyčí. Projektil je urychlován stlačeným vzduchem v hlavni, která má vrtání 16 mm. Napěťový puls se šíří první tyčí a dopadá na vzorek. Zde dochází k částečnému průchodu a částečnému odrazu pulsu. Tyto pulsy se měří jako axiální deformace na povrchu 1. tyče polovodičovými tenzometry o délce 4 mm. Obdobně je sledován i průběh prošlého pulsu na druhé tyči. Zpracováním záznamů těchto tří pulsů je možné získat informace o chování vzorku [2], [3], [4].

Obvyklé uspořádání zařízení je doplněno o pícku, ve které je vzorek ohříván. Vzorek je během ohřevu v pícce uzavřen. Těsně před experimentem po dosažení požadované teploty vzorku se pícka otevře, tyče se ke vzorku přitlačí a následuje jeho zatěžování. Ihned po provedeném experimentu se tyče od vzorku opět oddálí a pícka uzavře, aby nedocházelo k jejich ohřátí. Měření teploty je prováděno chromel-alumelovým termočlánkem, který je umístěn v komůrce pícky.

## 3. Provedené experimenty a jejich vyhodnocení

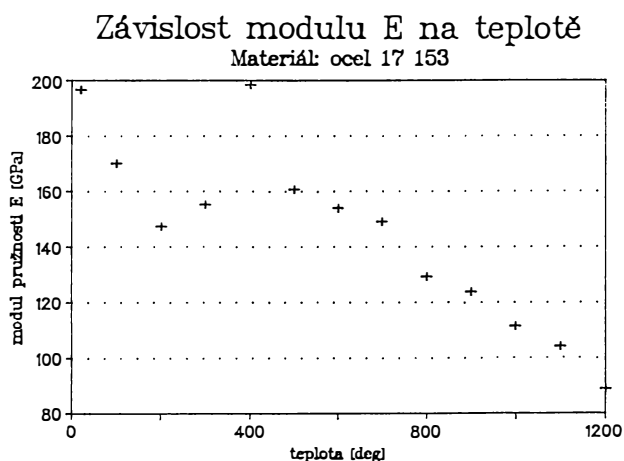
Proměřeny byly dvě žáruvzdorné oceli a to ČSN 42 17153 a ČSN 42 17251. Z obou byly vyrobeny vzorky o průměru 16 mm a o délce 190 mm.

Nejprve byla zkoušena ocel ČSN 42 17153, a to nadvakrát. V první serii experimentů byly zkoušky prováděny postupně od teploty okolí do 1000°C s krokem 100°C. V druhé fázi po vyzkoušení vzorku z oceli ČSN 42 17251 do teploty 1200°C byly dokončeny zkoušky na prvním materiálu. Protože se zdálo, že při teplotě 1000°C je doba průchodu vlny vzorkem kratší než v první serii, vznikla domněnka, že by na modul pružnosti mohla mít vliv doba setrvání na vyšší teplotě. Po asi 2 hodinách výdrže na teplotě byly experimenty zopakovány se sestupným krokem 100°C. Domněnka se však v rámci rozptylu nepotvrdila.

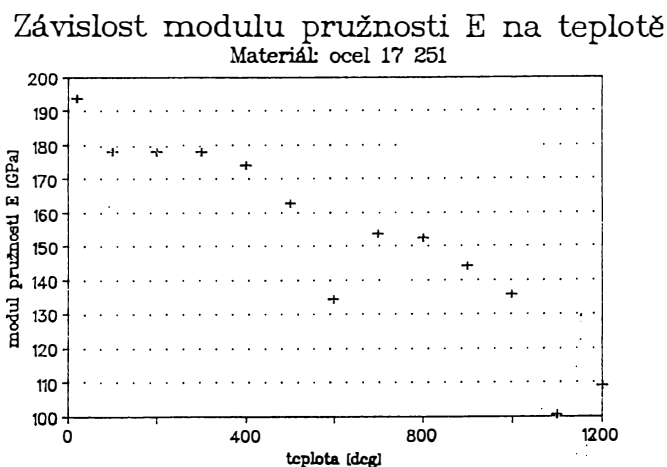
Jak plyne ze vztahu (2), může být doba průchodu vlny

Tab. 1: Závislost modulu pružnosti pro oceli ČSN 42 17153 (1), a ČSN 42 17251 (3) na teplotě stanovený modifikovanou zkouškou HMDT (2) a podle údajů ze sborníku TEVUH [5].

|   | teplota °C |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |  |
|---|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|--|
|   | 20         | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 |  |
| 1 | 197        | 170 | 148 | 157 | 198 | 161 | 154 | 149 | 129 | 124 | 111  | 104  | 89   |  |
| 2 | -          | -   | -   | -   | 185 | -   | 155 | -   | 125 | -   | 120  | -    | -    |  |
| 3 | 194        | 178 | 178 | 178 | 174 | 163 | 134 | 154 | 152 | 144 | 136  | 101  | 109  |  |



Obr. 1



Obr. 2

vzorkem ovlivněna též dilatací vzorku. Dilatace má v uvedeném vztahu vliv jak na hustotu vzorku, tak i na jeho délku. Jestliže bychom vliv teplotního součinitele zanedbali, dopustili bychom se tak celkové chyby

$$1 - \frac{1}{1 - \alpha t} . \quad (3)$$

V materiálových listech je pro oba materiály součinitel teplotní roztažnosti ve zkoumaném rozsahu teplot maximálně řádu  $-5$ . Tudíž při teplotách, které jsou řádu 3 ovlivní výsledek až na třetím platném místě, což je pod rozlišovací schopností metody.

Na obr.1 a 2 jsou vykresleny hledané závislosti dynamického modulu pružnosti na teplotě pro oceli ČSN 42 17153 a ČSN 42 17251. V tab.1 jsou v řádku "1" a "3" naměřené hodnoty modulu v závislosti na teplotě pro oba materiály uvedeny číselně s krokem  $100^{\circ}\text{C}$ . V řádku "2" jsou pro porovnání hodnoty modulu oceli ČSN 42 17153 převzaté ze sborníku TEVUH [5], které vykazují dobrou shodu s námi naměřenými (řádek "1").

#### Literatura

- [1] KOLSKY, H.: Proc. Roy. Soc., B 26, 1949, s.676.
- [2] KLEPACZKO, J. R.: Quasi-static and dynamic compression of coal. [Výzkumná zpráva]. Manitoba, University of Manitoba 1982
- [3] MUZYČENKO, V. P.- KAŠČENKO, S. I.- GUSKOV, V. A., Zav. lab., 52, 1986, s. 58.
- [4] BABUŠKA, M.: Odezva kompozitu s rozptýleným plnivem na intenzivní dynamické zatížení. [Disertační práce]. Praha 1990, ČVUT.
- [5] BEČVAŘÍK, P: Stanovení modulu pružnosti v tahu za teplot 600-800 $^{\circ}\text{C}$  [Výzkumná zpráva]. Praha, Státní výzkumný ústav materiálu 1991.

Ing. Marek Babuška, CSc.

Vysoká škola strojní a textilní, katedra mechaniky a pružnosti, Liberec, ČSFR. Tel. (048)21847