

# HOODNOCENÍ PARAMETRŮ RÁZOVÝCH VLN PŘI VÝBUCHOVÉM ZATĚŽOVÁNÍ

Jaroslav Euchar, katedra fyziky VŠZL, Zemědělská 1,  
613 00 Brno

Studium dynamické odezvy rázově zatěžovaných materiálů velmi často vychází z experimentálních výsledků získaných při zatěžování vzorků válcového tvaru pomocí výbušniny. Při vyhodnocování vycházíme z rozboru strukturních změn materiálu, jejichž rozsah je korelován s parametry zatěžujícího tlakového pulsu a dále s průběhem výchylky volného povrchu vzorku [1]. Pro stanovení časového průběhu zatěžujícího tlakového pulsu,  $p(t)$ , je nejčastěji užíváno manganinových snímačů, kdy se vychází ze znalosti závislosti odporu snímače na tlaku [2,3]. Přitom je třeba rozlišovat jednotlivé fáze průběhu rázového zatížení. Pro vlastní ráz je hodnota napětí (tlaku)  $\sigma_s$  dána vztahem:

$$\sigma_s = 0,44 + 35,12(\Delta R/R_0) + 14,07(\Delta R/R_0)^2 - 6,36(\Delta R/R_0)^3,$$

kde  $R$  je změna původního odporu  $R_0$  snímače. Při odlehčení pak pro odpovídající napětí  $\sigma_R$  platí:

$$\sigma_R = 0,24 + 35,03(\Delta R/R_0) + 7,48(\Delta R/R_0)^2 + 0,85(\Delta R/R_0)^3$$

Daný snímač tak vykazuje jistou hysterese. Při vyhodnocování je třeba dále uvážit, že při šíření rázové vlny dochází k vývoji napjatosti, která se liší od podmínek vyžadovaných při aplikaci závislosti  $\Delta R(p)$ . Velmi negativní úlohu představuje křivost čela rázové vlny, kdy zejména vznik smykové napjatosti má za následek výraznou distorzi záznamu  $p(t)$ . Dané jevy byly zkoumány experimentálně [4]. V rámci našich výzkumů jsme se zaměřili především na numerickou simulaci. Pomocí programu EXPLODE se podařilo simulovat průběh detonace výbušniny a vytváření tlakového pulsu na rozhraní výbušnina - vzorek. Z analýzy výsledků se ukázalo, že numerické výpočty dávají téměř shodné výsledky s experimenty s ohledem na maximální velikost zatěžujícího tlakového pulsu a dobu trvání zatížení. Na druhé straně však existují význačnější rozdíly mezi tvary časových průběhů, zejména v oblasti náběžné části pulsu. Tvar této části pulsu má značný vliv na výsledné chování materiálu. Pro velmi strmý průběh má lom charakter výtrže, pro menší strmosti dochází spíše k tvorbě radiálních úlomků [5]. Z tohoto důvodu jsme se zaměřili na problém identifikace tvaru pulsu pomocí experimentálního záznamu rychlosti volného povrchu. Tato veličina, která je stanovována pomocí kapacitních metod [6], je obvykle určena dostatečně přesně. Na základě řešení dané identifikační úlohy se ukázalo, že věrohodnější údaje poskytují výsledky numerické simulace detonačních procesů než experimentální záznamy. Zdá se, že pro hodnocení účinků výbušnin bude zřejmě nutné přejít k přímé numerické simulaci průběhu detonace na rozdíl od současného stavu, kdy tato simulace je omezena jen na chování materiálu, kdy zatěžující podmínky představují vstupní údaje získané experimentálně. Tento postup je nezbytný zejména pro řešení řady úloh praktických aplikací. Jako pří-

klad lze uvést hodnocení přípustnosti technologií využívajících energie výbuchu [7], kdy je třeba posoudit, zda rázové účinky nemohou vést ke vzniku vnitřních defektů. Touto problematikou jsme se zabývali v souvislosti s výbuchovým upevnováním teplosměnných trubek výměníku tepla jaderných elektráren typu VVER 1000. Ukazuje se, že použití této technologie vede ke vzniku výrazných tahových vln a tím k možnosti vzniku trhlin [8]. Pokud bychom volili neodpovídající časový průběh tlakového pulsu, mohou výpočty vést k mylnému odhadu intenzity těchto tahových špiček.

Neméně důležitým problémem je přesné stanovení rychlosti volného povrchu. Zmíněná kapacitní metoda umožňuje získat pouze časový průběh výchylky povrchu. Z tohoto důvodu byla přesnost určení rychlosti dlouho omezena chybou při numerické derivaci. Tento negativní vliv je nyní do značné míry odstraněn používáním nové generace digitálních osciloskopů. Celkově tak můžeme pokládat stanovení rychlosti za relativně nejpresnější údaj, který je možné stanovit při experimentech využívajících pro generaci rázové vln výbušnin.

LITERATURA: [1] Chhabildas, L.C.: Materials Res. Soc. Symp. Proc. 22 (1984) 147. [2] Lee, M.L.: J. Appl. Phys. 44 (1973) 5115. [3] Vantine, H.C. et al.: J. Appl. Phys. 51 (1980) 1957. [4] Chen, D.Y. et al.: J. Appl. Phys. 55 (1984) 3984. [5] Buchar, J.: Metalografie 1985, Tatranská Matliare. [6] Buchar, J.: Acta Technica No 5 (1988) 535. [7] Murr, L.E.: Shock waves for industrial Applications, Noyes Publ. 1990. [8] Buchar, J., Hřebíček, J.: odesláno do Acta Technica 1991.