



EXPERIMENTAL RESEARCH OF SHAPED CHARGE JET PROPAGATION IN LAY-
 ERED MEDIA
 EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM ŠÍŘENÍ KUMULATIVNÍHO PAPRSKU VE VRSTEV-
 NATÝCH PROSTŘEDÍCH

Buchar J.

A number of experiments with 30 -mm diameter shaped charges was conducted in order to establish the performance against layered targets made from differently heat treated low alloyed high strength steel. Time-resolved measurements indicate two distinct phases of jet penetration in these targets: An initial phase where the jet velocity rapidly falls down, and a second phase characterized by a slower, nearly constant penetration velocity. The influence of material strength on the extent of these phases is demonstrated.

Keywords : shaped charge jet, penetration velocity, velocity gauges

Úvod

Průřez překážky kumulativním paprskem je velmi složitý děj, který je dosud převážně interpretován v rámci modelu hydrodynamické odezvy materiálu, kdy je zanedbáván vliv jeho reálné struktury [1]. Nicméně existuje řada poznatků, které ukazují na vliv tohoto faktoru [2]. Ovšem i v tomto případě se

předpokládá, že struktura materiálu ovlivňuje průběh šíření (penetrace paprsku) až po určité době, resp. v jisté vzdálenosti od místa dopadu [3]. Této domněnce však odporují určité poznatky o hloubce průrazu paprsku ve vrstevnatém prostředí, kdy i velmi tenká vrstva umístěná blízko dopadu tuto veličinu může ovlivnit.

Cílem dané práce je výzkum dané problematiky, kdy pro získání detailnějšího pohledu byly změřeny průběhy rychlostí paprsku.

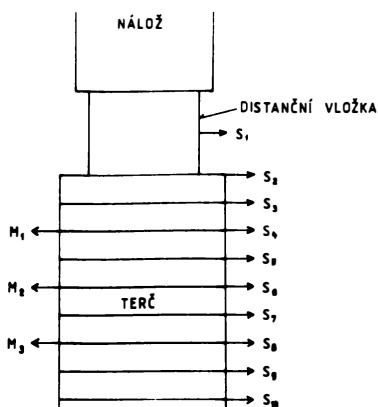
Materiál a experimentální postup

Pro vlastní výzkum byla použita ocel ČSN 16 341 (0,37 C; 0,8 Mn; 1,04 Cr; 1,38 Ni; 0,24 Mo - hm. %), která byla tepelně zpracována na pět různých stavů, které se liší úrovní meze kluzu $R_{p0,2}$, meze pevnosti R_m a lomovou houževnatostí K_{Ic} - viz tab. 1.

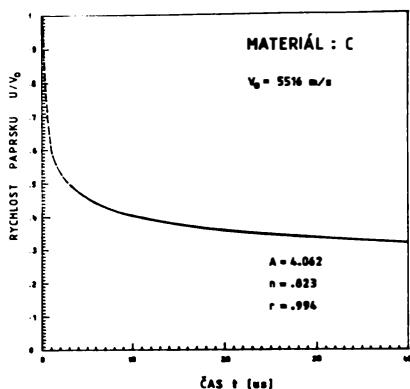
Tab. 1. Různé stavy oceli 16 341

Ozna- čení	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	K_{Ic} [MPa m ^{1/2}]	A [mm]	n [1]	d [mm]
A	1530	1978	52	4,422	0,795	65
B	1470	1732	56	5,709	0,716	70
C	1402	1518	68	4,062	0,823	76
D	1377	1812	72	3,865	0,830	82
E	888	929	140	4,304	0,812	95

Z těchto ocelí byly připraveny kotoučky o průměru 60 mm tloušťky 10 mm. Sestava těchto kotoučků byla zatížena kumulativním paprskem o počáteční rychlosti $V_0 = 5\,139 \text{ m s}^{-1}$. Mezi kotoučky byly, viz obr. 1, umístěny snímače rychlostí paprsku. Snímač je tvořen dvěma měděnými izolovanými dráty zalitými v Kaptonu. Jeden drát je uzemněn a druhý připojen k napětí + 150 V.



obr. 1



obr. 2

Průchodem paprsku dojde ke zkratu a vybití RC obvodu. Volbou prvků obvodu je z každého snímače uvolněn signál různého tvaru a polarity, takže lze rozlišit příchod paprsku do daného místa i v případě selhání některého ze snímačů.

Současně byly v určitých místech umístěny manganové snímače tlaku (ozn. M_1 - M_3) a tak měřena rychlost šíření rázové vlny a velikosti dynamických tlaků. Průběhy signálů byly detekovány pomocí digitálního osciloskopu GOULD 4072, který umožňuje rozlišit body o vzdálenosti $2,5 \cdot 10^{-9}$ s. Experimenty byly provedeny ve VÚPCH Semtín při teplotě okolí $10-12^\circ\text{C}$.

Experimentální výsledky a jejich diskuse

Z časových záznamů byla vyhodnocena závislost hloubky průrazu x na čase t . Ukázalo se, že tyto závislosti lze aproximovat funkcí

$$(1) \quad x = A t^n,$$

kde parametry A a n jsou uvedeny v tab. 1. Koeficient korelace se pohyboval v rozsahu od 0,995 - 0,998.

Rychlosti pronikání paprsku U byly stanoveny z rov. (1):

$$(2) \quad U = \frac{dx}{dt} = A n t^{n-1}$$

Na obr. 2 je uveden příklad průběhu $\frac{U}{V_0}(t)$. Ukazuje se, že rychlost pronikání velmi prudce klesá a pak následuje oblast šíření paprsku téměř konstantní rychlostí. Rozbor výsledků pro různé stavy oceli uvedené v tab. 1 ukázal, že se zvětšující se mezí kluzu $R_{p0,2}$ probíhá počáteční pokles rychlosti na větší vzdálenosti x_m od místa dopadu. Rychlost v druhé oblasti je pak klesající funkcí meze kluzu. Daný poznatek je v naprostém rozporu s hypotézou v [3], která předpokládá, že na počátku dráhy paprsku se materiál chová jako nestlačitelná kapalina, kdy hloubka průniku je pouze funkcí hustoty [1]. Získané výsledky naopak ukazují, že vliv struktury je dominantní v oblasti počátečního průrazu. To potvrzují i výsledky následného strukturního rozboru v [4].

Závěry

Navržená metoda umožňuje vcelku spolehlivé stanovení rychlosti paprsku během jeho penetrace. Již úvodní výsledky ukazují na neplatnost stávajících teorií penetrace těles kumulativními paprsky. Současně se ukazuje, že při volbě vrstevnatého prostředí je vhodné v místě dopadu umístit materiál s nejmenší mezí kluzu a materiál s nejvyšší mezí kluzu umístit až na konec sestavy. Naše předběžné výsledky ukázaly, že tento postup vede ke zvýšení odolnosti ochranného prostředí až o 25 % [4] při stejné hmotnosti sestavy. Pro interpretaci získaných výsledků bude třeba výrazně rozšířit stávající teorie penetrace. Odkazy: [1] Walters W.P., Zukas J.A.: Fundamentals of shaped charges. Wiley, New York 1989. [2] Zukas A.: High velocity impact dynamics. Wiley, New York 1990. [3] Moran B., Glenn L.A.: J. Physique III (1991), 147. [4] Krejčí J., Buchar J.: The influence of the initial microstructure on the layered target response to shaped charge jet. Int. Symp. Ballistics-92, Stockholm 1992, in press.