



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

$J_{Id}$  - R CURVE MEASUREMENT AT IMPACT LOADING

MĚŘENÍ  $J_{Id}$  - R KŘIVKY PŘI RÁZOVÉM ZATÍŽENÍ

Mentl V.

Dynamic  $J$  - R curve measurement at impact loading for two structural steels was performed. The results of "stop - block method" and "graded - level method" are compared and discussed.

Keywords : dynamic  $J$  - R curve, fracture toughness, impact loading, stop-block method, graded level method

V oblasti experimentálního určování odolnosti konstrukčních materiálů i strojních částí proti křehkému lomu při rázovém ( dynamickém ) zatížení metodami lomové mechaniky je doposud řada otevřených otázek. Význam hodnot lomové houževnatosti při rázovém zatěžování je přitom zcela nesporný:

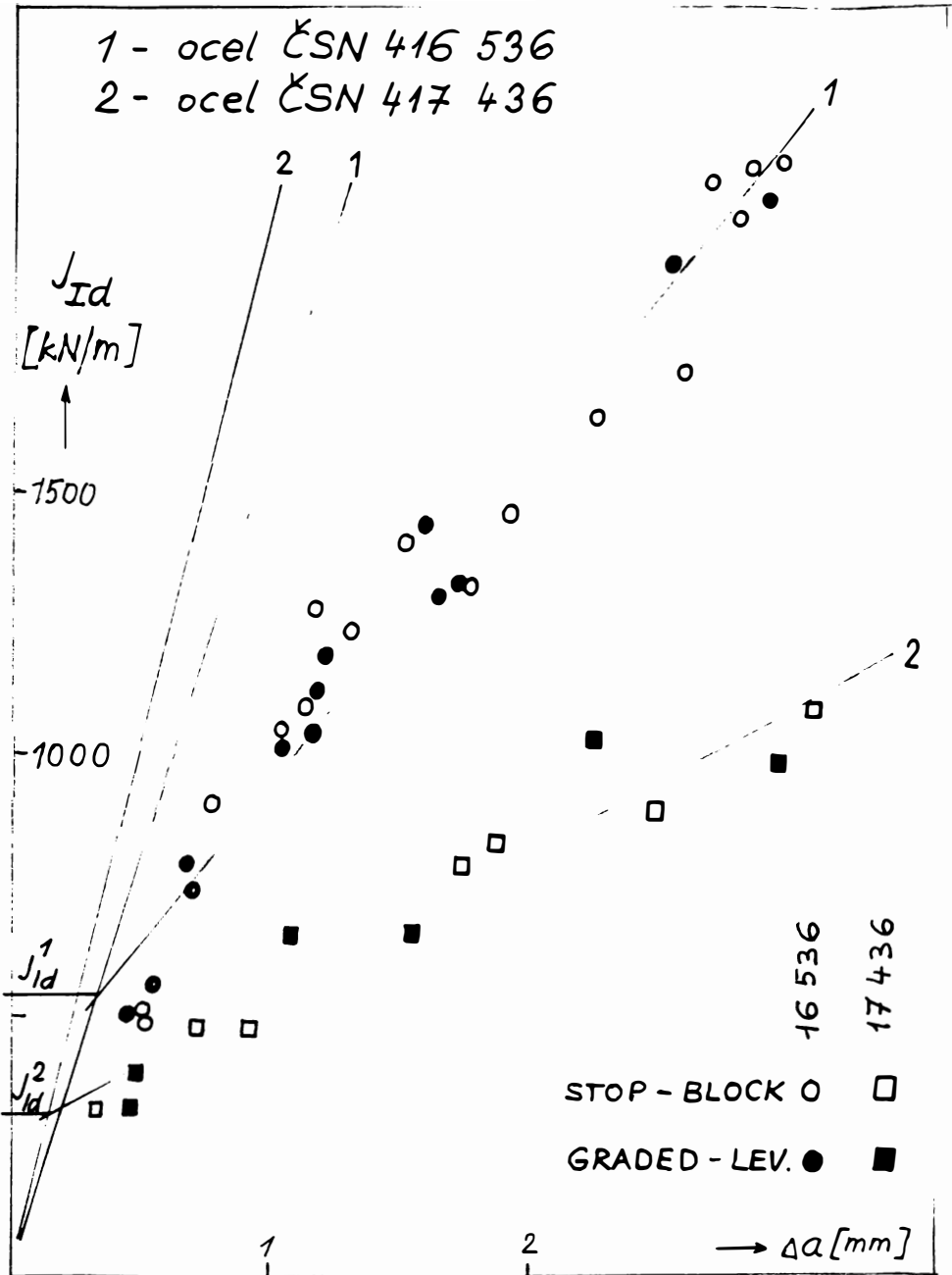
V podstatě se jedná o minimální hodnoty lomové houževnatosti daného materiálu, které můžeme naměřit, uvažujeme-li jejich závislost na rychlosti zatěžování, a současně tyto zkoušky, byť prováděné na malých zkušebních tělesech, dávají pro řadu materiálů výsledky srovnatelné s hodnotami statické lomové houževnatosti naměřenými na největších zkušebních tělesech a tedy použitelné i pro rozměrné výrobky velkých tloušťek.

Zatímco metodika zkoušení a vyhodnocování výsledků ( včetně přípravy zkušebních tyčí a instrumentace rázových kladiv ) v oblasti semikřehkých a křehkých lomů byla poměrně uspokojivě zvládnuta, problémy zůstávají zejména při teplotách, kdy k roz-

běhu ( iniciaci ) trhliny při rázu dochází tvárným stabilním mechanismem. V těchto případech nelze obecně na pouhém záznamu ( síla vs. deformace ) lomového procesu odlišit počátek tvárného stabilního šíření trhliny a pro jeho určení je nutno použít doplňující měření jiných fyzikálních veličin ( např. měření změn elektrického potenciálu, akustická emise a jiné ) nebo použít extrapolační metodu tzv. J - R křivky na jednom nebo více zkušebních tělesech. Z uvedených metod lze v případě měření dynamické lomové houževnatosti při našich laboratorních podmínkách použít s úspěchem pouze metodu J - R křivky na více zkušebních tělesech.

Princip metody spočívá v odstupňovaném zatěžování několika ( minimálně pěti ) zkušebních tyčí tak, aby bylo dosaženo různých hodnot tvárného nárůstu trhliny, čehož se dosahuje různými velikostmi průhybů jednotlivých zkušebních tyčí. Odstupňovaný průhyb tyčí lze realizovat buď spoětím kladiva z různé výšky ( v rozsahu cca 15 - 30° podle konkrétního materiálu, teploty zkoušky a délek původních nakmitaných trhlin ) tedy v podstatě odstupňovanou rychlostí cca 0,5 - 1,5 m/s, tzv. "Graded - Level Method", anebo zamezením nežádoucího průhybu tyče nárazkou kladiva, která umožňuje předem nastavitelný průhyb zkušební tyče v rozsahu cca do 5 mm, tzv. "Stop - Block Method".

Tento příspěvek dokumentuje aplikaci obou výše uvedených metod při měření dynamické lomové houževnatosti v oblasti tvárných lomů ( tzv. oblast horních prahových hodnot ) u dvou ocelí, a sice oceli ČSN 416 536, která je v koncernu Škoda používána na nízkotlaké rotory velkých parních turbin a rotory turbogenerátorů, a oceli ČSN 417 436, používaná na nemagnetické bandáže turbogenerátorů.



Výsledky měření lomové houževnatosti v oblasti horních  
prahových hodnot

Výsledky měření odporu uvedených ocelí proti šíření tvárné trhliny (  $J - R$  křivka, resp.  $J - \Delta a$  křivka ) při dynamickém zatěžování jsou vyneseny na přiloženém diagramu. Jedná se o závislosti velikosti  $J$  - integrálu na velikosti tvárného nárůstu trhliny. Každý bod v uvedeném diagramu odpovídá výsledku získanému na jednom zkušebním tělese, přičemž jednotlivé experimentální body jsou odlišeny s ohledem na typ použité metody. Při určování hodnoty lomové houževnatosti je experimentálními body prokládána obvykle přímka, jejíž průsečík s tzv. přímkou otupení čela trhliny odpovídá kritické hodnotě  $J$  - integrálu v okamžiku počátku rozvoje trhliny, a tedy, při splnění některých kritérií, lomové houževnatosti dané oceli při dynamickém zatížení v oblasti horních prahových hodnot.

Účelem tohoto příspěvku však nebylo měření lomové houževnatosti uvedených ocelí, ale porovnání dvou experimentálních metod. Proto jsou v diagramu zahrnuty i body, které nesplňují požadavek maximální přípustné velikosti tvárného nárůstu trhliny ( pro zkušební tyče  $10 \times 10 \times 55$  mm tato hodnota činí  $0,6$  mm ).

Jak je z rozložení experimentálních bodů v obou případech na první pohled zcela jasně patrné, není mezi oběma způsoby zatěžování žádný významný rozdíl a oba způsoby vedou k téže hodnotě lomové houževnatosti. Obě metody měření  $J - R$  křivky při dynamickém zatěžování lze tedy podle uvedených výsledků považovat za rovnocenné.

Václav Mentl / Ing., CSc.

Škoda, koncern, Plzeň, a.s., 316 00 Plzeň

( 019 ) 215 3144