

# Fakulta strojního inženýrství

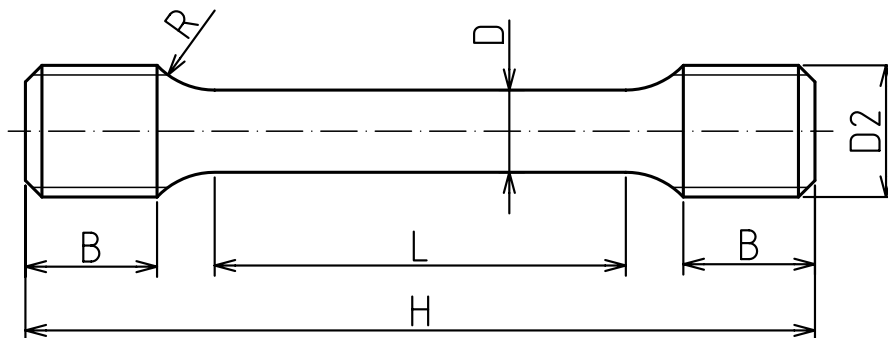
## Ústav mechaniky těles, biomechaniky a mechatroniky

Vytvořil Ing. Jan Bořkovec v rámci grantu FRVŠ 2842/2006/G1

### Tahová zkouška

**Zadání** Proveďte výpočtovou simulaci tahové zkoušky hladkého válcového vzorku. Pro úsporu výpočtového času využijte symetrie při tvorbě modelu.

**Rozměry vzorku** Vzorek pro tahovou zkoušku má následující rozměry: průměr zkušební části  $D = 10\text{mm}$ , délka zkušební části  $L = 40\text{mm}$ , průměr upínací části  $D_2 = 12\text{mm}$ , délka upínací části  $B = 8\text{mm}$ , celková délka vzorku  $H = 68\text{mm}$ , poloměr přechodového zaoblení  $R = 2\text{mm}$ .



Obrázek 1: Hladký vzorek pro tahovou zkoušku

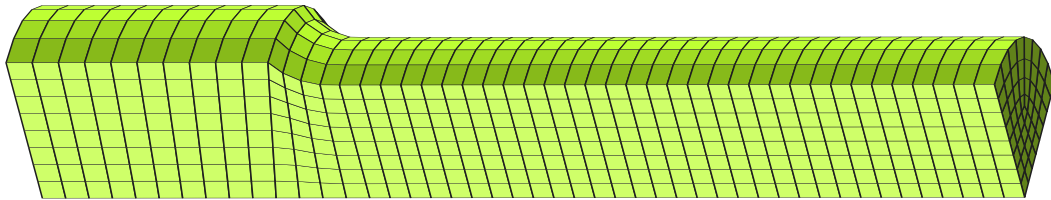
**Materiál** Použitý materiál je ocel: hustota  $\rho = 7850 \cdot 10^{-12}\text{t} \cdot \text{mm}^{-3}$ , modul pružnosti v tahu  $E = 210000\text{ MPa}$ , Poissonův poměr  $\mu = 0,3$ . Plastické vlastnosti jsou popsány hodnotami v tabulce 1. K porušení dojde, když redukované přetvoření dosáhne 1,06.

Ačkoli v této úloze jde o simulaci kvazistatického děje, tak zadáme rychlost posuvu čelistí pro celý vzorek  $v = 300\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ . Zvýšení rychlosti výrazně zrychlí výpočet, ale ještě nedojde k ovlivnění vlivem dynamických efektů.

Dalšího zrychlení výpočtu je možné dosáhnout zvýšením hustoty. U kvazistatických dějů je vliv na kinetickou energii a setrvačné síly zanedbatelný, proto můžeme hustotu zvýšit např. 1000x. Tím dojde ke zkrácení doby výpočtu třicetkrát (odmocnina ze změny hustoty).

**Výpočtový model** Vzorek tahové zkoušky je osově symetrický. Je možné proto modelovat pouze rovinný řez a ten řešit jako 2D úlohu. PamCrash 2D úlohy neumožňuje řešit vůbec, a proto budeme řešit i variantu, kdy se bude modelovat  $\frac{1}{8}$  vzorku.

Pozn: V explicitních programech je mnoho nastavení dostupné pouze pro 3D prvky, proto je někdy nutné řešit úlohu například jako jednu vrstvu 3d prvků s omezením stupňů volnosti, abychom mohli tato nastavení použít.



Obrázek 2: Síť tahového vzorku - 3D s využitím 3 os symetrie

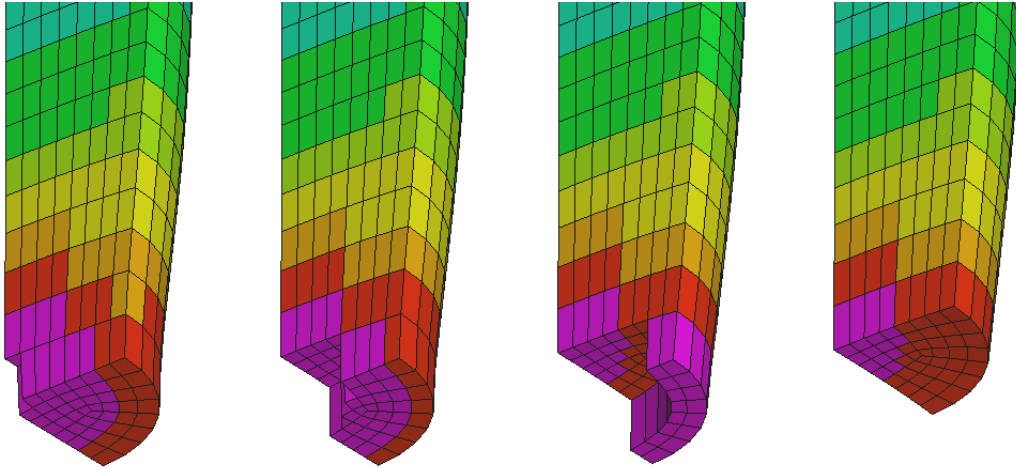
Síť by měla být natolik jemná, aby dokázala dostatečně přesně popsat křivku krčku. Na poloměr jsme zvolili 8 prvků. Důležité je sudé číslo - umožňuje mapované síťování pro 3D úlohu.

Ve vstupním souboru pro ANSYS/LS-DYNU tahovka3d.mac jsou popsány jednotlivé kroky tvorby modelu.

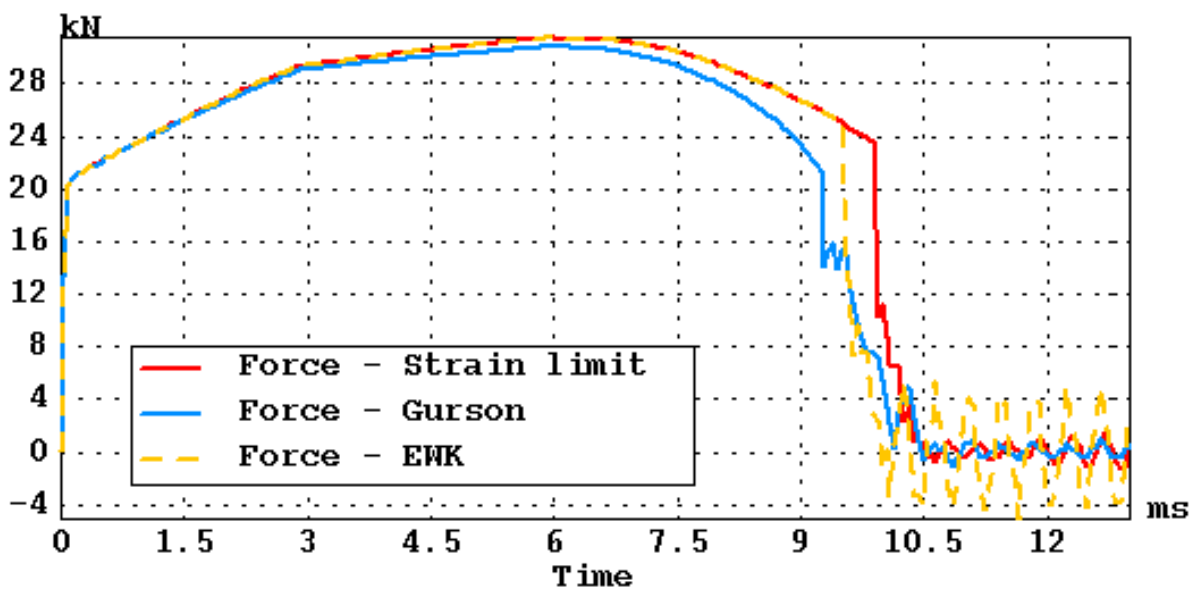
Přetvoření [-]	Napětí [MPa]
0	395
0,1	613
0,2	719
0,25	746
0,35	773
0,5	788
0,9	845
1,2	887

Tabulka 1: Hodnoty skutečného napětí a logaritmického přetvoření

**Výsledky** K porušení u hladkých vzorků dochází nejprve na ose symetrie a lom se poté šíří k povrchu (obrázek 3). Je to způsobeno tím, že ve středu vzorku je nejvyšší hodnota triaxiality a také maximální přetvoření. Proto byly mechanismus lomu schopny zachytit všechny zde zmiňované modely. Můžeme konstatovat, že popis lomového chování při tahovém namáhání jsou schopné modelovat všechny zkoumané modely dobře.



Obrázek 3: Porušení začíná ve středu vzorku - EWK model



Obrázek 4: Průběh síly pro různé materiálové modely

Na obrázku 4 můžeme vidět, že průběhy sil při trhání jsou velice podobné u všech tří vybraných materiálových modelů. Odlišnost Gursonova modelu v době (a po) vzniku krčku je daná tím, že tento model obsahuje i odlišnou definici plasticity.

**Vstupní soubory** Vstupními soubory pro explicitní řešiče jsou z historických důvodů textové soubory s fortranovským formátováním. LS-DYNA může navíc využívat prostředí ANSYSu, které umožňuje vytvářet parametrická makra. Všechny vstupní soubory jsou s modelem porušování založeném na kritickém redukovaném přetvoření. Pro testování dalších modelů je potřeba zaměnit materiálové vlastnosti.

ANSYS/LS-DYNA (makro)	tahovka3d.mac
ANSYS/LS-DYNA (text)	tahovka3d.k
ABAQUS	tahovka3d.inp
PAMCRASH	tahovka3d.pc
materiálová data	material- <i>program</i> .txt