

## NUMERICKÁ SIMULACE RÁZU TĚLESA NA KOMPOZITOVOU DESKU

Tomáš MANDYS<sup>1</sup>, Vladislav LAŠ<sup>2</sup>, Tomáš KROUPA<sup>3</sup>

### 1 ÚVOD

Kompozitní materiály nacházejí v dnešní době široké uplatnění v celé řadě průmyslových odvětví, kde se stávají výhodnou alternativou konvenčních materiálů, jakými jsou například ocel a nebo některé slitiny. Při návrzích konstrukcí je nutné brát na porušení kompozitních materiálů velký zřetel a snažit se zaručit bezpečnost konstrukce v celém jejím rozsahu provozního zatížení. V závislosti na předpokládaném použití konstrukce je vhodné brát v úvahu i různá náhodná rázová zatížení, kterým může být konstrukce v době jejího provozu vystavena a která také mohou vést k jejímu poškození. Tato práce se zabývá analýzou kompozitních materiálů v případě zatížení rázem. Hlavním cílem je otestování vybraných materiálových modelů porušení kompozitních materiálů ve výpočtových programech MSC.Marc a LS-Dyna na modelu kontaktní úlohy ocelová kulička – kompozitní deska se zaměřením na zjištění chování a poškození kompozitové desky pro případ nízko-rychlostního rázu. Provedené simulace jsou ověřeny pomocí experimentů.

### 2 MODEL PORUŠENÍ KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ

Pro modelování kompozitních materiálů je obecně při simulacích využito materiálového modelu pro ortotropní materiály. Princip modelování porušení kompozitních materiálů spočívá v prvotním zjištění poškození a následné degradaci materiálových vlastností v místě poškození struktury. Ke zjištění poškození je dnes využíváno hlavně tzv. „direct mode“ kritérií. Tyto kritéria popisují více módů (způsobů) porušení jak pro matici tak pro samotná vlákna kompozitního materiálů, podrobný popis těchto kritérií uvádí Laš (2008). Ve vybraných softwarech je degradace materiálových vlastností prováděna způsobem (1), který publikoval Matzenmiller et al. (1995).

$$\begin{bmatrix} \sigma_L \\ \sigma_T \\ \sigma_{LT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & 0 \\ C_{12} & C_{22} & 0 \\ 0 & 0 & C_{66} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \varepsilon_L \\ \varepsilon_T \\ \gamma_{LT} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\text{kde } C_{11} = \frac{(1-d_L) \cdot E_L}{D}, \quad C_{12} = \frac{(1-d_L) \cdot (1-d_T) \cdot \nu_{LT} \cdot E_T}{D}, \quad C_{22} = \frac{(1-d_T) \cdot E_T}{D}, \\ C_{66} = (1-d_{LT}) \cdot G_{LT} \quad \text{a} \quad D = 1 - (1-d_L) \cdot (1-d_T) \cdot \nu_{LT} \cdot \nu_{TL}.$$

<sup>1</sup> Bc. Tomáš Mandys, student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, specializace Průmyslový design, e-mail: tmandys@students.zcu.cz

<sup>2</sup> Prof. Ing. Vladislav Laš, CSc., ZČU v Plzni, FAV, Katedra mechaniky, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, tel.: +420 377 632 326, e-mail: las@kme.zcu.cz (vedoucí práce)

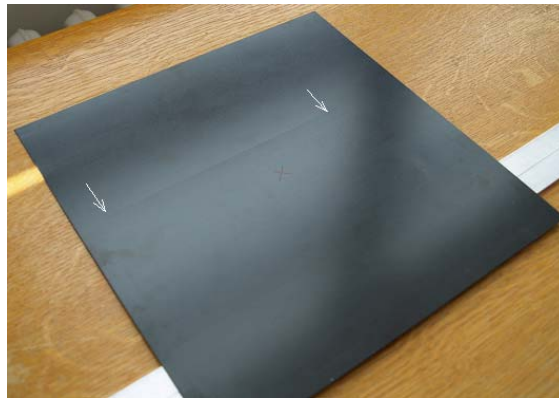
<sup>3</sup> Ing. Tomáš Kroupa, Ph.D. ZČU v Plzni, FAV, Katedra mechaniky, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, tel.: +420 377 632 367, e-mail: kroupa@kme.zcu.cz

Deska byla uvažována jako jednosměrový dlouhovláknový kompozit, její porušení bylo simulováno pomocí modelu okamžitého porušení, u kterého se potřebné parametry poškození ve směru vláken  $d_L$ , příčně na vlákna  $d_T$  a ve smyku  $d_{LT}$  určují podle (2)

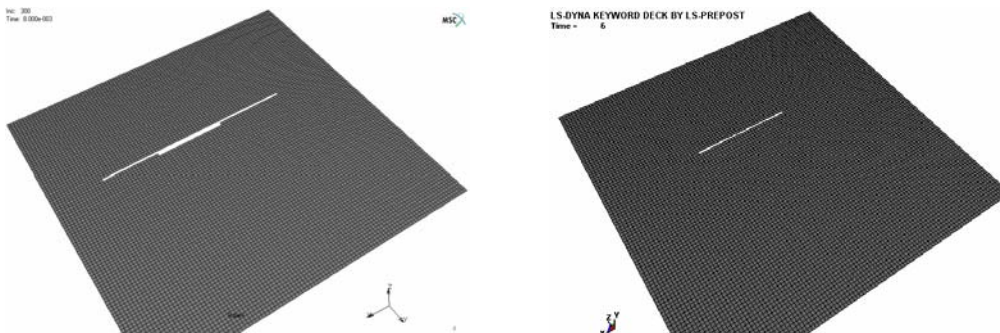
$$d_i = 0, \text{ pro } FI_i < 1, \quad (2)$$

$$d_i = 1, \text{ pro } FI_i \geq 1,$$

kde  $i = L, T, LT$  a  $FI_i$  jsou jednotlivé indexy poškození získané z uvažovaného kritéria porušení. Pro provedené simulace bylo uvažováno kritériu Hashin 1980. Obr. 1 uvádí porušenou desku při experimentu. Obr. 2 znázorňuje provedené simulace v jednotlivých uvažovaných softwarech, vlevo MSC.Marc, vpravo LS-Dyna.



**Obr. 1:** Poškození vzniklé na desce při experimentu, hranice trhliny viz. šipky



**Obr. 2:** Simulace poškození pro kritériu Hashin v MSC.Marc vlevo a LS-Dyna vpravo

### 3 ZÁVĚR

Díky této práci došlo k otestování jednotlivých výpočtových programů a byla získána představa o jejich vhodnosti a přednostech pro další výpočty týkajících se rázového zatěžování kompozitních materiálů. Získané poznatky a zkušenosti budou v budoucnu využity k simulacím porušení složitějších kompozitních konstrukcí a při návrhů metodik pro monitorování těchto konstrukcí.

### LITERATURA

Laš V., 2008. Mechanika kompozitních materiálů. Vydavatelství ZČU v Plzni.

Matzenmiller A., Lubliner J., Taylor R. L., 1995. A constitutive model for anisotropic damage in fiber-composites. *Mechanics of Materials* 20, pp. 125-152.