

# HYBRIDNÍ TERMOBARIÉRA S VYUŽITÍM DLOUHOVLÁKNOVÉHO UHLÍKOVÉHO KOMPOZITU

Bohumil Kropík\*, Tereza Zámečnicková, Anna Malá, Martin Matuš, Karel  
Doubrava, Ctírad Novotný, Milan Růžička, Tomáš Mareš

*České vysoké učení technické v Praze, Technická 4, Praha*

## Abstrakt

Tento příspěvek nastiňuje postup prací na návrhu hybridní termobariéry pro vibrační zkušební zařízení z kovových komponent a komponent s využitím dlouhovláknového uhlíkového kompozitu. Na základě vstupních požadavků a současného řešení byly definovány cíle pro nový návrh. Byl vytvořen koncept, na jehož základě vznikly dílčí vzorky, pro které byly provedeny zkoušky mechanických vlastností a porovnány s ekvivalentem současného řešení. Návrh od konceptu až po výsledný produkt provází simulace pomocí metody konečných prvků, simulace kmitání a odezvy ve sledovaných bodech. Výsledkem je funkční vzorek nového řešení termobariéry.

## 1. Úvod

Zkoušky na vibračních zkušebních zařízeních jsou jedním z přístupů, jak lze rychle provádět životnostní zkoušky dynamicky namáhaných dílů, například komponentů vozidel. Tyto zkoušky se často provádějí za zvýšených, či snížených teplot, nebo při různých teplotních profilech, přičemž je potřeba zamezit působení těchto vlivů na zkušební zařízení. Za tímto účelem jsou na strojích používány termobariéry, které snižují vliv teplotního profilu zkoušky na zkušební zařízení. Současně ale zvyšují hmotnost zkoušené sestavy a tím energetickou náročnost. Každý člen sestavy svou přítomností ovlivňuje chování zkoušeného celku.

## 2. Požadavky

Termobariéra musí bránit prostupu tepla mezi strojem a zkoušenou sestavou a zároveň zlepšit, nebo alespoň nezhoršit odezvu zkoušené sestavy při dynamickém zatěžování. Práce na návrhu nového řešení termobariéry vychází ze současného řešení, které bylo využíváno na vibračním zkušebním zařízení. S ohledem na funkci byly definovány jednotlivé cíle a parametry, a to snížení hmotnosti, zvýšení tuhosti a snížení tepelné vodivosti vůči stávající variantě. Koncept byl navržen s ohledem na používané upínací body stávajícího řešení s využitím dlouhovláknového uhlíkového kompozitu pro zajištění vysoké pevnosti, tuhosti a nízké tepelné vodivosti a byl registrován jako užitečný vzor [1]. Návrh konceptu byl podpořen modální analýzou pomocí metody konečných prvků. Podrobněji byl postup návrhu užitého vzoru prezentován v [2].

## 3. Ekvivalentní vzorky

Pro ověření předpokládaných parametrů a porovnání konceptu nové a stávající termobariéry byly vytvořeny porovnávací vzorky, které svou skladbou kopírují navržený koncept. Jedná se o vzorky o rozměru 200x80 mm pro porovnávací teplotní zkoušky a dynamické zkoušky na

---

\* tel. +420 224 352 519, e-mail: bohumil.kropik@fs.cvut.cz

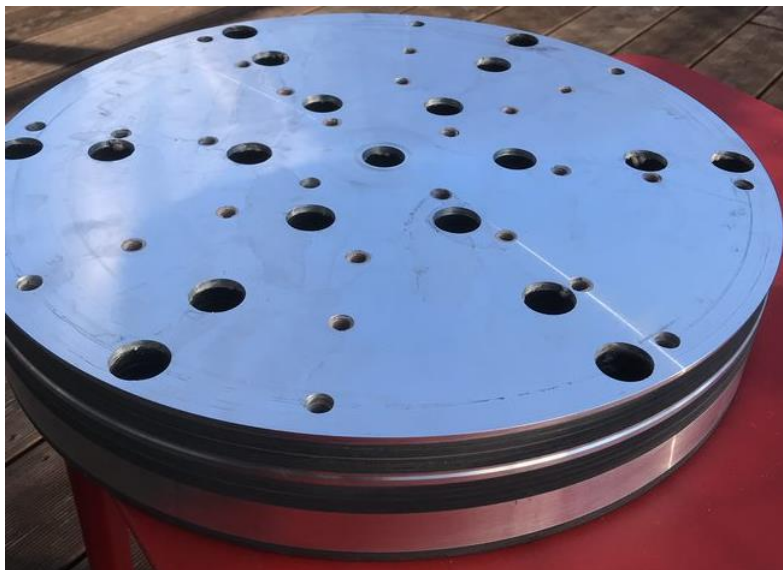
vibračním zkušebním zařízení a o vzorky o rozměru 400x40 mm pro únavové zkoušky třibodovým ohybem. Koncept termobariéry byl navržen z několika vrstev, které mohou být na sebe položeny, nebo lepeny. Vzorky byly vyrobeny v lepeném a nelepeném provedení z různých materiálů a lepidel. Vzorky tak demonstrovaly jednotlivé provedení pro dílčí zkoušky tak, aby bylo možné porovnat výhody využití kompozitních materiálů z uhlíkových vláken vůči původnímu řešení a posoudit vlastnosti nově navržené koncepce.

#### 4. Experimenty dílčích vzorků

Byla provedena tahová zkouška kompozitních desek z uhlíkových vysokopevnostních a ultra-vysokomodulových vláken v elastické oblasti při rozsahu teplot  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $+140\text{ }^{\circ}\text{C}$  s cílem identifikovat změnu mechanických vlastností v závislosti na teplotě. Část tohoto experimentu byla publikována v [3]. Současně proběhla porovnávací zkouška tepelné prostupnosti na vzorcích, kde se lišil kompozit, tloušťka vrstvy kompozitu a provedení vzorku – lepené či nelepené. Kompozit byl z uhlíkových vysokopevnostních vláken, ultra-vysokomodulových vláken, jejich kombinace a skelných vláken s cílem identifikovat nejvhodnější variantu s ohledem na izolační vlastnosti. Dále byly provedeny únavové zkoušky lepených spojů třibodovým ohybem pro ověření pevnosti lepeného spoje a vhodnosti vybraného lepidla. Poslední zkouškou bylo dynamické zatížení ekvivalentních vzorků na vibračním zkušebním zařízení pro porovnání MKP analýz a ověření skutečných vlastností konstrukce.

#### 5. Funkční vzorek

Na základě numerických analýz a experimentálních zkoušek dílčích vzorků byl vybrán kompozitní materiál s vysokopevnostními uhlíkovými vlákny a vhodná geometrie termobariéry. Pro tuto variantu byla provedena podrobnější MKP analýza, a to porovnání modální analýzy navrhovaného konceptu vůči stávajícímu řešení a nadále dynamické analýzy a analýzy odezvy ve sledovaných bodech nové i stávající varianty. Všechny experimenty i analýzy potvrdily zlepšení vybraných parametrů a bylo přistoupeno k výrobě funkčních vzorků. Jedna z variant je zobrazena na Obr. 1.



Obr. 1. Funkční vzorek hybridní termobariéry

## 6. Závěr

Príspevek shrnuje a popisuje postup při vývoji termobariéry z uhlíkových vláken, která byla navržena s ohledem na zachování stávajících upínacích bodů a zároveň snížení hmotnosti, zvýšení tuhosti a snížení tepelné vodivosti. V těchto třech parametrech se podařilo dosáhnout zlepšení vůči stávající variantě.

## Poděkování

Tato práce byla podpořena projektem TN01000071 NCK Technologické agentury České republiky a Grantovou agenturou ČVUT v Praze pod číslem SGS21/151/OHK2/3T/12.

## Literatura

- [1] Růžička, M.; Mareš, T.; Novotný, C.; Kulíšek, V.; Kropík, B.; Malá, A.  
Upínací přípravek s integrovanou termobariérou  
Czechia. Utility Model CZ 33801. 2020-02-27.
- [2] Zámečnicková, T.; Kropík, B.; Kulíšek, V.; Malá, A.; Mareš, T.; Novotný, C.; Růžička, M.; Steinbauer, P. et al.  
Inovace řešení termobariéry na vibračním zkušebním stroji  
In: POLYMER COMPOSITES 2021 – Proceedings. Praha: CTU FME. Department of Mechanics, Biomechanics and Mechatronics, 2021. p. 68-73. ISBN 978-80-01-06897-7.
- [3] Matušů, M.; Kropík, B.; Doubrava, K.; Růžička, M.; Řezníček, J.  
INFLUENCE OF TEMPERATURE INCREASE ON YOUNG MODULUS OF ELASTICITY OF CFRP  
In: Applied Mechanics 2021: 22nd International Science Conference for Young Researchers, Book of Full Texts. Praha: Česká společnost pro mechaniku, 2021. p. 36-41. ISBN 978-80-270-9946-7.