

EXPERIMENTÁLNÍ ZJIŠŤOVÁNÍ DYNAMICKÝCH VLASTNOSTÍ VLÁKNOVÝCH KOMPOZITŮ

EXPERIMENTAL DETERMINATIONS OF DYNAMIC PROPERTIES OF FIBROUS COMPOSITES

Josef FORMÁNEK¹

Abstrakt

Při experimentální dynamické analýze kompozitů vystužených uhlíkovými vlákny s pomocí diagnostického měřicího software je velice přesné zjištění potřebných údajů a charakteristik měřeného objektu. Výsledné zjištění vlastních frekvencí, materiálového tlumení a následně určení modulu pružnosti jsou nejdůležitější informace o daném materiálu. Toto měření se provádí na reálném modelu skutečného zařízení, v tomto případě nosníku s trubkovým průřezem, a to se započtením veškerých vnějších vlivů, např. nedokonalosti vetknutí, vady v materiálu, tvarová nepřesnost a mnoho dalších vlivů.

Klíčová slova: uhlíkový kompozit, vlastní frekvence, koeficient útlumu.

Abstract

When conducting experimental dynamic analysis of carbon fibre composites with the aid of diagnostic measuring software, the required data and characteristics of the studied material can be very accurately obtained. The information obtained- natural frequencies, damping, materials and the resulting damping coefficient - is the most important data for a given material. The measurement is carried out in a real model with real apparatus, in this case a support with tubular cross-section, and with all external factors taken into account, e.g. imperfect fastening, faults in the material, imprecision of form, etc.

Keywords: Carbonic composite, natural frequencies, damping coefficient.

ÚVOD

Zjištění potřebných hodnot o kompozitovém materiálu pomocí experimentálního měření je výhodné v tom, že lze změřit požadované hodnoty na reálném modelu nebo již zhotoveném výrobku. Toto měření je nedestruktivní a lze jím zjišťovat jak samotné vlastnosti měřeného objektu, tak i různé kombinace materiálových spojení navrhovaných konstrukcí, apod. Takto experimentálně získané a matematicky určené hodnoty lze pak využít pro další výpočtové modely v 3D CAD systémech. Takto zjištěné hodnoty vlastností (rezonanční oblasti, vlastní tlumení materiálu, atd.) zadané do CAD systému, lze pak využívat pro další kombinace materiálů při hledání potřebných vlastností v návrhu nových konstrukcí součástí, komponent nebo celkového zařízení. Tohoto přenosu informací o materiálu (transferu znalostí o materiálu) do CAD systémů umožní dalším konstruktérům již přímo vytvářet výrobky, simulačně je testovat nebo výpočtetně kontrolovat pomocí metody MKP v pracovní stanici s používaným CAD systémem.

¹ Ing. Josef FORMÁNEK, Ph.D., Výzkumné centrum kolejových vozidel, Západočeská univerzita v Plzni, formanek@kks.zcu.cz

Lektoroval: prof. Ing. Marián BURŠÁK, Ph.D., KNoM, HF TU v Košiciach, marian.bursak@tuke.sk

EXPERIMENTÁLNÍ ANALÝZA VLASTNOSTÍ

Analýza je provedena na vzorku z kompozitového materiálu (obr.1), který je vyroben z uhlíkových vláken. Výsledné hodnoty vlastních frekvencí, matematického určení vlastního tlumení a komplexního modulu pružnosti jsou získány pomocí experimentálního měření na tomto vzorku kompozitového materiálu.

Zjištění spektra efektivních hodnot pro daný vzorek

Měření bylo provedeno v laboratorních podmínkách (obr.2) s pomocí měřicího systému SPURT. Časový záznam (Obr.3) a spektrum efektivních hodnot (Obr.4) vybuzeného rázovým kladívkem ve frekvenční oblasti 0 Hz až 3 kHz vykreslený měřicím programem SPURT.

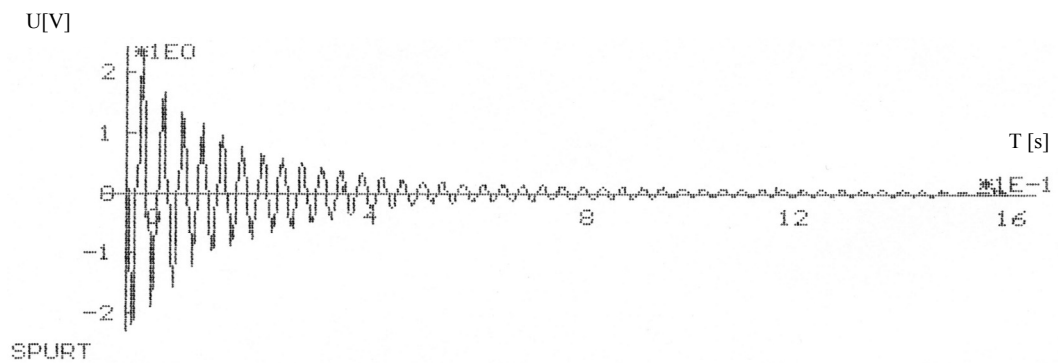


Obr.1 Testovaný vzorek kompozitového materiálu

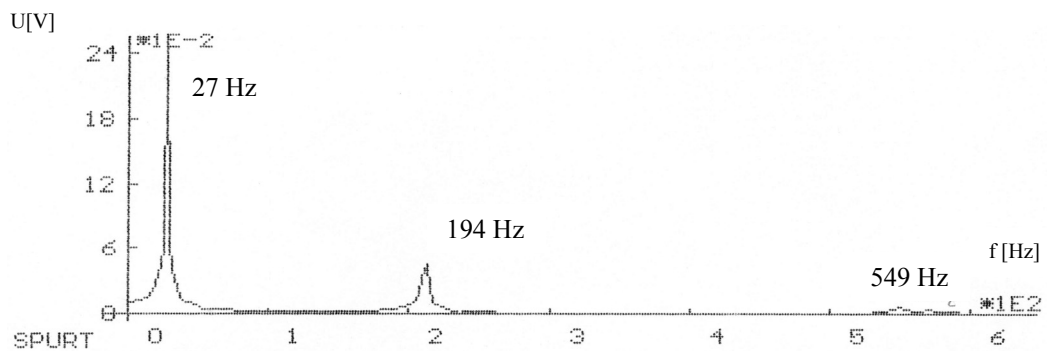


Obr.2 Celkový pohled na měření

Časový záznam a spektrum efektivních hodnot pro kompozitovou konstrukci



Obr.3 Časový záznam



Obr.4 Spektrum efektivních hodnot

Vyčtené hodnoty vlastních frekvencí pro dané podvozky jsou uvedeny v tabulce 1.

Hodnoty vlastních frekvencí sendvičové a kompozitové konstrukce **Tabulka 1**

Vlastní frekvence	kompozitová konstrukce
První	27 Hz
Druhá	194 Hz
Třetí	549 Hz

Určení koeficientu tlumení pro sendvičový a kompozitový materiál

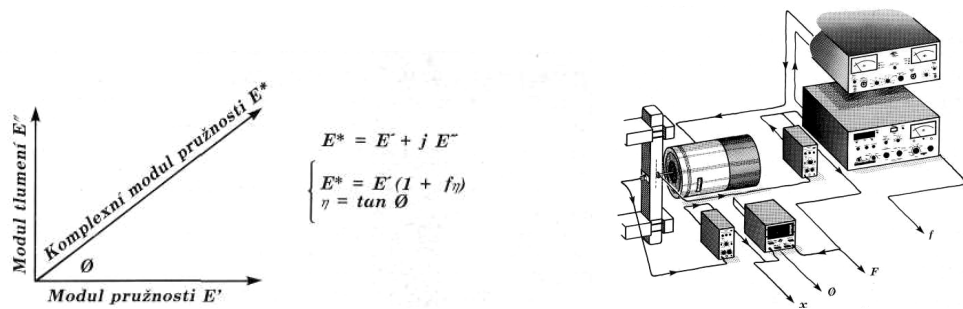
Z Obru časového záznamu (Obr.1) a z Obru spektra efektivních hodnot (Obr.2) byl matematicky určen koeficient vlastního materiálového tlumení pro dané frekvence. Hodnota matematicky vypočteného materiálového tlumení kompozitového materiálu je v rozmezí 4,9% až 2,3%.

Komplexní modul pružnosti

Modul pružnosti je podle definice určen poměrem mechanického napětí k poměrné pružné deformaci. Hodnoty statického modulu pružnosti nezahrnují ztráty působené vnitřním tlumením. Použití statického modulu pružnosti v oblasti mechanické dynamiky vede k porušení náležitých fázových vztahů mezi napětími a deformacemi. U materiálů s nezanedbatelným vnitřním tlumením, například u plastických hmot, asfaltu, betonu a jiných viskoelastických materiálů, je nutno brát v úvahu jejich komplexní modul pružnosti.

Komplexní modul pružnosti má reálnou část, představující tuhost materiálu, a imaginární část, vyjadřující ztráty energie při deformaci materiálu, a je určen vektorovým součtem modulu pružnosti a modulu tlumení. Komplexní modul pružnosti má také bezprostřední vztah k činiteli ztrát materiálu, jenž je tangentou ztrátového úhlu, tedy úhlu mezi modulem pružnosti a komplexním modulem pružnosti.

Při určování komplexního modulu pružnosti (obr.5) se zkoumaný objekt (například vzorek materiálu) budí konstantní silou a měří se výchylka mechanického kmitání a fázový úhel mezi signály, úměrnými síle a výchylce.



Obr.5 Celkové uspořádání pro měření komplexního modulu pružnosti

ZÁVĚR

V tomto experimentálním měření bylo prokázáno, že lze pomocí měřicích metod zjišťovat vlastnosti nově využívaných kompozitních materiálů a následně tyto vlastnosti aplikovat při konstrukci strojních zařízení. Využívání kompozitových materiálů vystužených uhlíkovými vlákny v konstrukcích strojů, dopravních prostředků apod. je výhodné v tom, že tyto materiály mají mnohem lepší útlum při rázech, respektive při eliminaci tvrdších rázů a následného šíření do ostatních částí stroje, zařízení nebo dopravního prostředku.

Výsledné hodnoty měření (experimentálně naměřené vlastní frekvence, určení koeficientu tlumení a komplexního modulu pružnosti v tomto příkladu) budou úspěšně využity jako vstupní informace při konstrukci zařízení částí kolejových vozidel pomocí CAD systému a budou též zaneseny do databáze materiálů s využitím pro tvorbu nových konstrukčních variant.

Proto je velmi důležité při používání CAD systémů umožňujících navrhování součástí, komponent nebo celkového zařízení zadávat pokud možno co nejdříve počáteční podmínky pro výpočtovou kontrolu pevnosti, výpočet vlastních frekvencí nebo potřebných dalších hodnot. Z tohoto porovnání se jeví jako nelepší varianta využít možnosti experimentálního nebo diagnostického měření jak na modelech, prototypch nebo již zhotovených zařízeních, tak nových součástí nebo zařízení z kompozitových materiálů. Tohoto postupu a následného transferu znalostí o materiálu do databázového systému lze využít i pro další potřebné kombinace materiálů a konstrukčních prvků pro jiné využití.

LITERATURA

- [1] FORMÁNEK, J.; KRÍŽEK, M.: *Technická diagnostika dynamických vlastností rotačních strojů.*, Energetické stroje 2003, ZČU v Plzni, česká společnost pro mechaniku, Asociace strojních inženýrů, Plzeň 2003, ISBN 80-7085-950-8
- [2] FORMÁNEK, J.: *Experimental Analyses of Dynamic Materials Properties.* ATDC 2005 – Advanced Technologies for Developing Countries, 4. DAAAM International Conference, Slavonski Brod, Croatia, 2005, p. 509-512, ISBN 935-6048-29-9, ISBN 3-901509-49-6 (DAAAM International).
- [3] Brüel&Kjær. *Vibrační analýza.* DK-2850, Naerum, Denmark, 1984
- [4] National Instruments: *LabVIEW User manual, Measurement manual.* National Instruments Corporation, Austin, Texas, USA, 2001
- [5] Software: SPURT, LabVIEW, I-DEAS