

# Vývoj ILT spoje aplikovaného na rámu jízdního kola CDuro

15.5.2024 - Bohumil Kropík | Fakulta strojní ČVUT v Praze

**Spojování kompozitních materiálů je konstruktérskou výzvou. Běžně používané metody mají své nedostatky, například v přidané hmotnosti vložky u integrovaných spojů, požadavku na čistotu a kvalitu povrchu u spojů lepených, nebo nutnosti lidské interakce při ručním laminování.**

**Výsledkem aplikovaného výzkumu Odboru pružnosti a pevnosti z Ústavu mechaniky, biomechaniky a mechatroniky Fakulty strojní ČVUT, realizovaném ve spolupráci se společností Compo Tech PLUS, spol. s r. o. v letech 2019-2021, je univerzálně použitelný spoj kompozitního materiálu - ILT, který projektový partner úspěšně využívá ke spojování různých, zejména trubkových, konstrukcí.**

Na začátku byla myšlenka tvorby spoje, který bude co nejvšestranněji použitelný, opakovatelný, přesný a bude možné ho dimenzovat s ohledem na tuhost a pevnost. Díky novátorské metodě navíjení kompozitních vláken společnosti Compo Tech tak bylo možné vytvořit unikátní Integrated Loop Technology (ILT) spoj, který je s využitím robotů plně automatizovaně integrován v samotném kompozitu již při výrobě.

**V rámci spolupráce na vývoji byly vzorky s navrhovanými ILT spoji testovány v laboratoři Odboru pružnosti a pevnosti.** V prvotní fázi bylo experimentálně zkoušeno větší množství materiálů a možných geometrií ILT spoje při zatížení tahem a tlakem. Vzorky byly během zatěžování sledovány řadou metod: odporovou tenzometrií, korelací digitálního obrazu, akustickou emisí, optickými vlákny či pomocí nově vyvíjených senzorů z uhlíkových vláken. Poslední dva zmíněné typy senzorů byly instalovány nejen na povrch, ale v průběhu vývoje byly umístěny i uvnitř kompozitní skladby vzorků. Ruku v ruce s experimentálním programem probíhala numerická analýza pomocí metody konečných prvků (MKP). Na základě výsledků počáteční experimentální kampaně a simulací MKP byly provedeny změny geometrie a byl upraven výrobní proces, s následným ověřením pomocí tahových a tlakových testů na dvou nejslibnějších návrzích ILT spoje. Konečný návrh byl pak podroben zkouškám krutem a ohybem, opět s využitím zmíněných experimentálních metod. Všechny módy laboratorního zatížení byly simulovány pomocí MKP, kdy pro možnost snazšího porovnání s experimentálními výsledky byly modelovány i odporové tenzometry a senzory z uhlíkových vláken.

V návaznosti na vývoj ILT spoje probíhala jeho aplikace pro spojování vinutých kompozitních trubek rámu jízdního kola určeného pro enduro závody. **Zkušenosti z experimentální kampaně laboratorních vzorků s ILT spojem a jejich numerických výpočtů byly využity k realizaci MKP analýzy hlavního trojúhelníku rámu jízdního kola.** Rám byl, stejně jako laboratorní vzorky, postupně vyroben v několika generacích, které byly v laboratořích Odboru pružnosti a pevnosti podrobeny tahovým a tlakovým statickým zkouškám s vodorovně orientovanou silou působící dle požadavků odpovídající normy a následně byla upravená geometrie rámu zkoušena i cyklicky. Po ověření bezpečnosti vyvíjené konstrukce byl rám dokončován potřebnými komponenty a následovala experimentální fáze v reálném provozu. Prvotní měření proběhlo v Praze, v okolí Točné, kde jsou vhodné tratě pro dosažení extrémního zatížení, kdy provozní namáhání rámu kola bylo sledováno pomocí odporových tenzometrů nainstalovaných do vybraných míst konstrukce. Pro další generaci rámu došlo na základě získaných výsledků k redukci sledovaných míst a využití rozměrově úspornějšího měřicího zařízení, které neomezovalo jezdce. V tomto režimu byly realizovány jízdy na různých tuzemských tratích, a to i v rámci enduro závodů. Takto získaná data

úspěšně ověřila výhodnost dané konstrukce v reálném použití.

**Výsledkem tohoto výzkumu je univerzálně použitelný spoj kompozitního materiálu - ILT.** Příklady jeho aplikací, mimo rámu jízdního kola, jsou speciální žebříky, nosné konstrukce baterií nebo spojovací vzpěry. Zkušenosti získané v rámci tohoto vývoje vedly ke vzniku nového produktu v portfoliu společnosti Compo Tech, jízdního kola CDuro s aplikovaným ILT spojem. Díky němu je jedinečné poměrem výkonosti k hmotnosti konstrukce a vzhledem k procesu výroby a unikátnosti spoje může být snadno upravené na míru a potřeby konkrétního jezdce.

Projekt Vývoj integrovaných spojů kompozitních profilů byl spolufinancován Technologickou agenturou ČR.

**Kontakt:**

Ing. Bohumil Kropík, bohumil.kropik@fs.cvut.cz  
Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

<https://www.fs.cvut.cz/aktuality/2634-212/vyvoj-ilt-spoje-aplikovaneho-na-ramu-jizdniho-kola-cduro>