



SMART kolejnicový lepený izolovaný styk

FW10010065

Prototyp

SMARTLIS

FW10010065-V1

ZPRÁVA O DOSAŽENÍ VÝSLEDKU

Autoři:

Ing. Filip Kšica PhD

Jiří Červinka

Ing. Ondřej Rubeš PhD

Martin Rumler

Lukáš Babic

Jan Koukal

Tomáš Pecl

Marek Andrysík

V Brně dne 31.12.2025

Úvod

Tento dokument podrobně popisuje výsledek FW10010065-V1s názvem „SMARTLIS“.

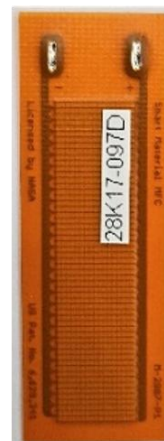
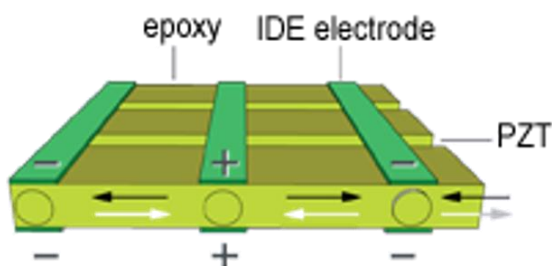
1. Návrh prototypu

Prototyp vychází z existujícího lepeného izolovaného styku (LIS), jehož mechanická konstrukce byla upravena tak, aby umožnila integraci senzorické vrstvy bez narušení elektrické a nosné funkce styku. Tato inovace umožňuje transformovat tradiční konstrukci LIS na chytrý prvek SMARTLIS schopný poskytovat informace o svém zatížení a technickém stavu. Snímání je realizováno pomocí piezokompozitních senzorů MFC, zobrazených na Obr. 1, které díky své flexibilitě a vysoké citlivosti umožňují přesné měření lokálních deformací způsobených průjezdem náprav. Umístění senzorů bylo optimalizováno na základě MKP modelu, viz Obr. 2, s cílem zachytit charakteristickou dynamickou odezvu LIS a zajistit vysokou opakovatelnost měření.

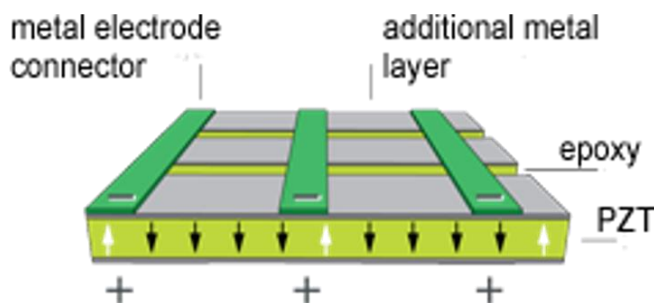
Optimalizace zahrnovala posouzení různých variant uložení senzorů, jejich orientace i vazby na mechanickou konstrukci. Oproti výchozímu modelu byla navíc doplněna další měřicí pozice umístěná dále od osy LIS, která rozšiřuje dynamický rozsah měření a umožňuje přesněji sledovat změny tvaru deformace při dlouhodobém zatěžování. Tato kombinace pozic poskytuje komplexnější obraz o chování styku a tvoří základ pro následné vyhodnocení opotřebení a predikci údržby.

Source: Smart Material Corp.

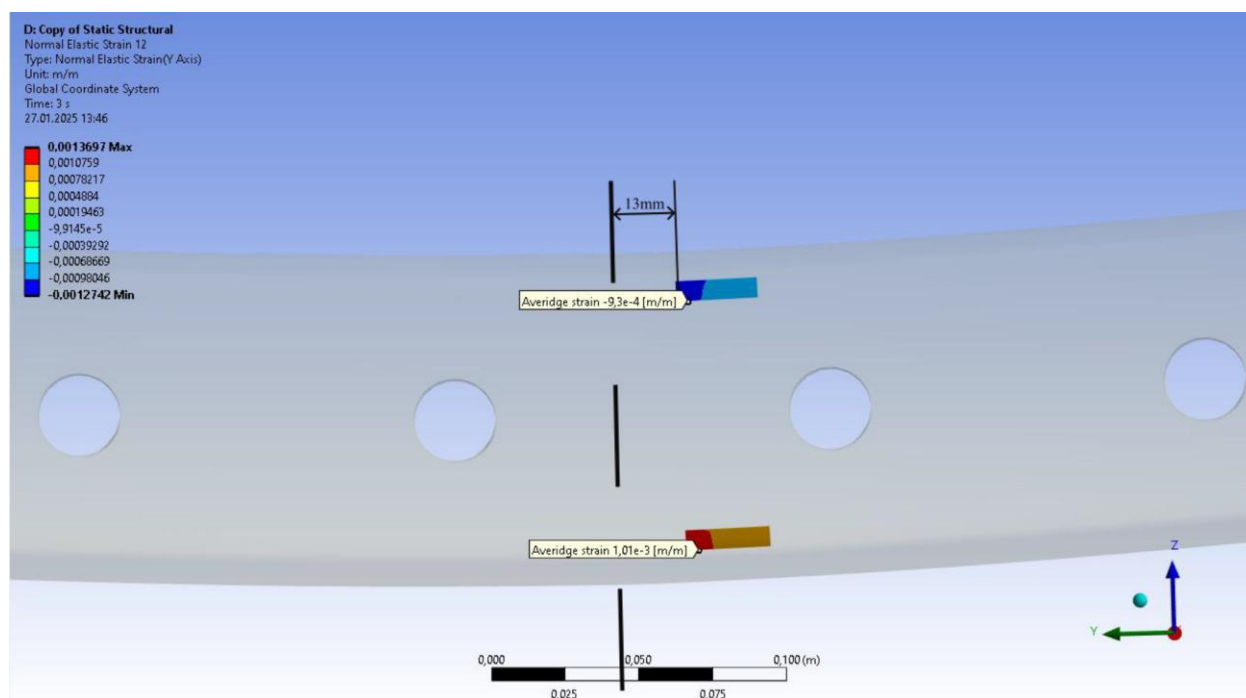
Mode d33:



Mode d31:



Obr. 1: Použité MFC senzory



Obr. 2: MKP analýza pozice MFC senzorů, ze které se vychází

2. Dokumentace výroby prototypu

Výroba prototypu začíná instalací senzorického systému přímo na spojku LIS, jak je uvedeno na Obr. 3. Piezoelektrické MFC senzory jsou na povrch spojky přesně umístěny a přilepeny pomocí sekundového lepidla, které zajišťuje stabilní mechanickou vazbu i dostatečný přenos deformace do senzoru. Připojovací vodiče jsou vedeny v ochranném opletu a vyústěny do pomocné krabice s konektorem, znázorněné černou barvou na obrázku. Tato krabice slouží jako rozhraní mezi senzory a externím měřicím systémem během laboratorních a provozních zkoušek.

Po integraci senzorů se na spojku nanáší speciální izolační vrstva, aplikovaná v několika postupných krocích tak, aby byla zajištěna elektrická izolace, mechanická ochrana senzorů a zachována geometrie styku. Na Obr. 4 je zachycena první vrstva této izolace. Následující vrstvy jsou aplikovány po částečném vytvrzení předchozí tak, aby vznikla homogenní a stabilní struktura, která senzory chrání před vlhkostí, teplotními výkyvy i mechanickým namáháním.

Po dokončení izolační vrstvy se připravené spojky montují na kolejnice, doplněné o izolační vložku, čímž vzniká kompletní konstrukce SMARTLIS. Následuje závěrečné lepení a proces tuhnutí, během kterého se spoje stabilizují a dosahují požadovaných mechanických a izolačních vlastností. Hotová sestava prototypu SMARTLIS je zobrazena na Obr. 5.



Obr. 3: Lepení senzorů na spojku LIS



Obr. 4: Aplikace izolační hmoty



Obr. 5: Finální montáž SMARTLIS

3. Montáž prototypu

Montáž prototypu do reálného provozu je nedílnou součástí ověřovací fáze a slouží k získání dat z běžného zatížení železničního svršku. Instalace SMARTLIS probíhá navařením prototypu do stávající koleje, jak je znázorněno na Obr. 6. Tento postup vyžaduje přesné ustavení, kontrolu geometrie a dodržení technologických parametrů svaru tak, aby nebyla narušena funkce izolační vložky ani integrita senzorické části. Po dokončení navaření následuje finální úprava povrchu, jejímž cílem je zajistit plynulý přechod pojezdné plochy kolejnice a eliminovat lokální nerovnosti, které by mohly ovlivnit jak jízdní komfort, tak měřenou odezvu. Výsledný stav po dokončení povrchové úpravy je zachycen na Obr. 7, kde je vidět kompletně připravený SMARTLIS pro dlouhodobé zatěžovací testy v provozu.



Obr. 6: Montáž SMARTLIS v trati



Obr. 7: Finální úprava povrchu

4. Závěr

V rámci řešení výsledku FW10010065-V1 byl úspěšně vyvinut a zdokumentován prototyp SMARTLIS představující první funkční integraci piezokompozitní senzorické vrstvy do konstrukce lepeného izolovaného styku. Byla provedena optimalizace rozmístění senzorů pomocí MKP modelů, realizována kompletní výroba prototypu včetně vícevrstvé izolační ochrany a zajištěna montáž do skutečného provozu na železniční trati. Ověření procesu lepení, integrace senzorů a mechanické montáže potvrdilo technologickou proveditelnost řešení a vytvořilo předpoklady pro následnou fázi testování dynamické odezvy a dlouhodobé stability prototypu. Provedená instalace v reálném prostředí umožní získat nezbytná data pro kalibraci modelů, verifikaci metrik opotřebení a další vývoj funkčního modulu sensoriky a prediktivní údržby. Prototyp V1 tak představuje významný milník projektu a ověřený základ pro pokračování ve výzkumu, vývoji a finalizaci kompletního systému SMARTLIS.