

Nové nano / mikroštruktúrované kovové materiály pripravené nekonvenčnými spôsobmi spracovania

zodpovedný riešiteľ

Ing. Švec Peter, DrSc.

riešiteľská organizácia

Fyzikálny ústav SAV, v. v. i.

spoluriešiteľská organizácia

Ústav experimentálnej fyziky SAV, v. v. i.

termín riešenia

07/2020 - 06/2024

finančné prostriedky z APVV

249 895 €

číslo projektu

APVV-19-0369

Predmet výskumu

Overenie možnosti riadenia štruktúry a vlastností vybraných systémov pomocou nekonvenčných techník spracovania na zlepšenie fyzikálnych a úžitkových vlastností

Ciele projektu

Základným cieľom bolo overenie možnosti riadenia štruktúry a vlastností vybraných systémov pomocou nekonvenčných techník spracovania na zlepšenie fyzikálnych (a úžitkových) vlastností. Projekt bol zameraný najmä na nanokryštalické magnetické systémy pripravené rýchlym ochladením taveniny, na štruktúry s potenciálne vhodnou katalytickou aktivitou (pripravené ako vypočítané systémy a čiastočne ako reálne vzorky), na systémy vykazujúce prechod bcc-fcc v závislosti od zloženia majoritných komponentov, na viaczložkové systémy podobné CCA/HEA a na vybrané systémy, ktoré sa dostali počas riešenia do pozornosti svetového výskumu. V skúmaných materiáloch sme sa pokúsili identifikovať procesy riadiace zmenu štruktúry a vlastností, obzvlášť počas aplikácie nekonvenčných techník spracovania po príprave. Primárnym cieľom projektu popri čiastkových cieľoch bola syntéza získaných vedomostí a ich zobecnenie.

Dosiahnuté výsledky

Metódy a techniky rýchleho a ultrarýchleho žihania vyvinuté v projekte sme úspešne aplikovali na viaceré systémy vlastných rýchlochladených amorfných zliatin a dosiahli sme efektívnu a hospodárnu prípravu kvalitných magneticky mäkkých materiálov.

Nekonvenčná technika ultra-rýchleho tepelného spracovania využívajúca predhriate masívne medené bloky umožňuje vytvorenie dostatočne jemnej nanokryštalickej štruktúry aj bez prítomnosti kritických prvkov brániacich rastu zŕn (Nb, Hf, Zr, ...). To vedie k zvýšeniu nasýtenej magnetickej indukcie pre tento typ materiálov a k potenciálnemu zníženiu výrobných nákladov a zásadnému zníženiu energetickej náročnosti pri tepelnom spracovaní. Metódy sú aplikovateľné aj na širšie spektrum materiálov kde vývoj štruktúry tepelným spracovaním vedie k cieľnému zlepšeniu fyzikálnych (a technických) vlastností.

Podobným spôsobom sme cielene optimalizovali materiály vhodné pre senzory pracujúce napr. na princípe obrovskej magnetoimpedancie (GMI), pričom optimalizáciu tvaru hysteréznej sľučky sme dosiahli dopracovaním techniky žihania vo vhodne orientovaných stredne silných a silných magnetických poliach (aplikované v projekte na viaceré triedy materiálov – rýchlochladné kovové sklá, sklom pokryté amorfné dróty, sústavy magnetických nanočastíc a pod.).

Kľúčové techniky špičkovej termodynamikkej, štruktúrnej, fázovej a lokálnej (atomárne rozlíšenej) chemickej analýzy spolu s metódami prvopropicípových výpočtov a atomárneho modelovania, ktoré sme v projekte súbežne vyvíjali a implementovali na skúmané systémy, sme aplikovali o. i. pri identifikácii javov riadiacich procesy oxidácie, hydrogenácie a iných procesov riadiacich technicky zaujímavé katalytické reakcie. Pri týchto štúdiách sme objavili a

vysvetlili viacero doteraz neznámych javov potenciálne vedúcich k efektívnejším chemickým technológiám. Využitie vyvinutých teoretických, experimentálnych a technologických metódik viedlo aj k prvým štúdiám tvoriacim základ budúceho výskumu nových materiálov vytvorených na princípe systémov zliatin, keramik a dielektrík s vysokou entropiou zmiešavania a doteraz málo známymi štruktúrami a vlastnosťami.

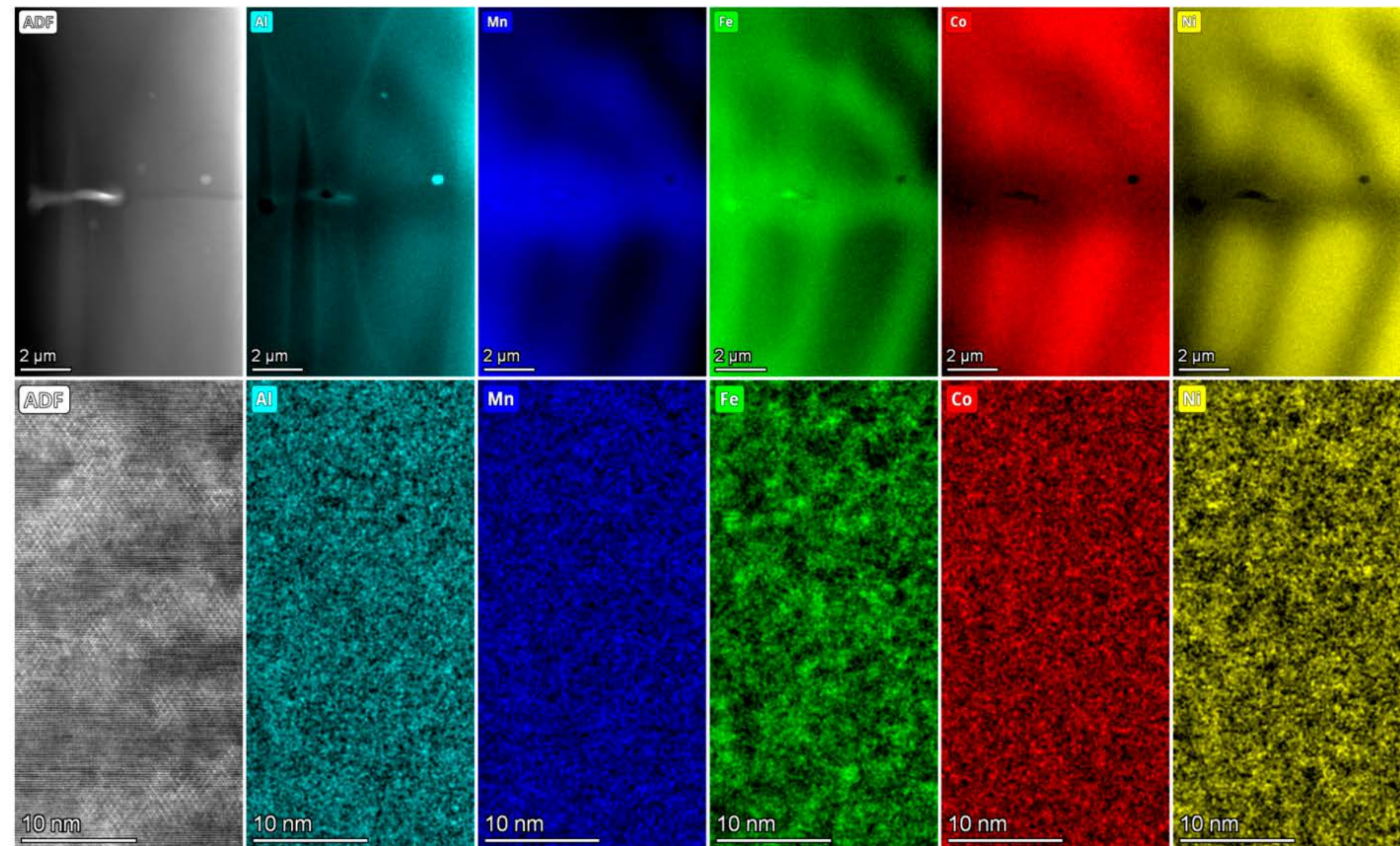
Prínos pre prax

Rýchle a ultrarýchle žihanie sme využili pri nanokryštalizácii magneticky mäkkých amorfných zliatin s cieľom dosiahnuť efektívnu a hospodárnu prípravu kvalitných magneticky mäkkých materiálov. Naše výsledky ukázali, že rýchložihané zliatiny na báze Fe-Co-B-(Cu) s vysokou hodnotou nasýtenej indukcie vykazujú veľmi dobrú dlhodobú tepelnú stabilitu magneticky mäkkých charakteristík v rozsahu ich predpokladaných pracovných teplôt 30 – 250 °C. To z nich robí sľubných kandidátov pre technické aplikácie, v ktorých sú magneticky mäkké materiály dlhodobo vystavené zvýšeným pracovným teplotám.

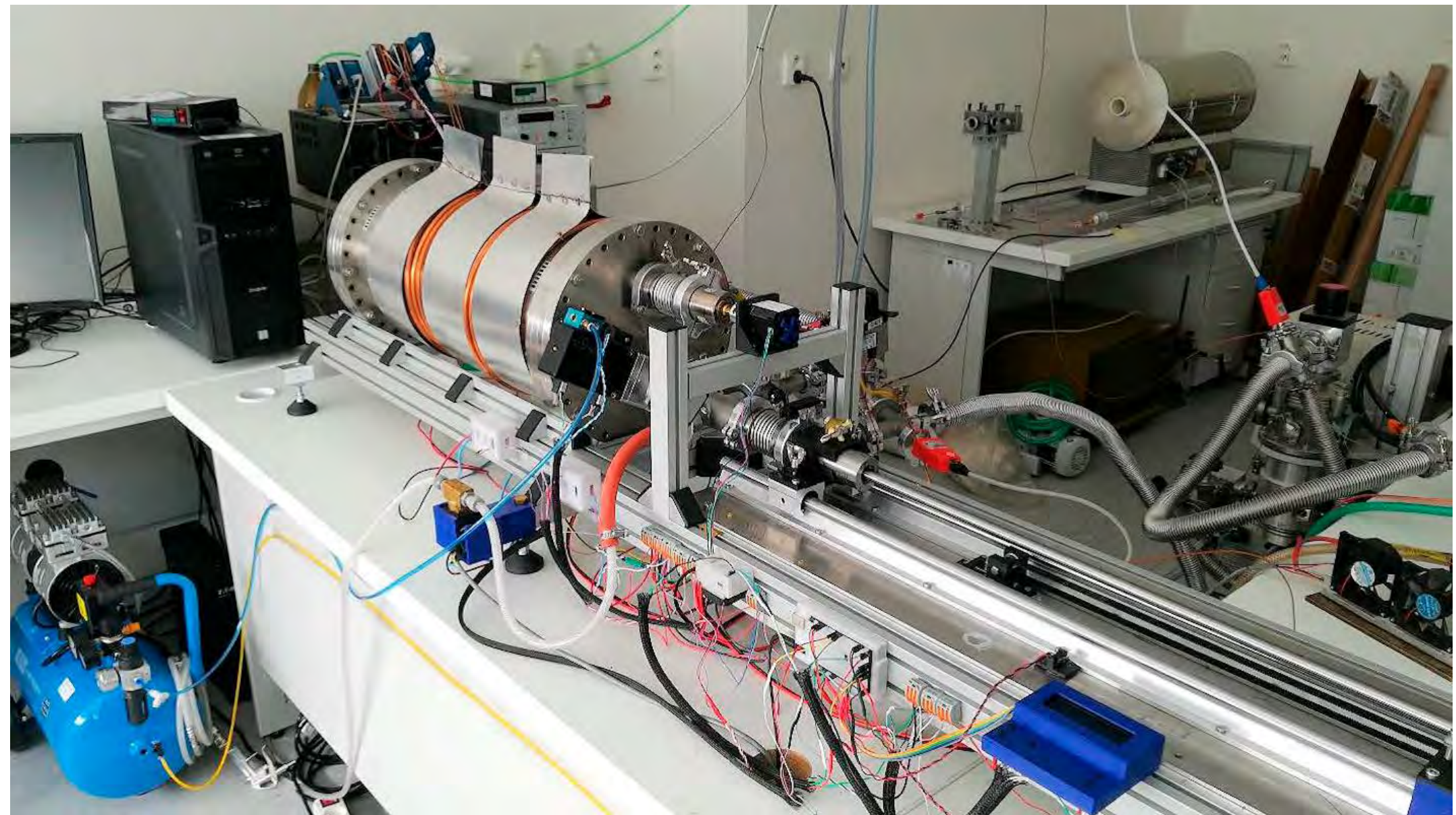
Preukázali sme účinky žihania v externom magnetickom poli poľa na magnetické vlastnosti, doménovú štruktúru a magnetoimpedančné parametre amorfných a nanokryštalických tenkých pásov na báze Fe-Ni-Nb-B. Výsledky našich experimentov ukázali, že vzorky v nanokryštalickom stave vykazujú podstatne vyššie hodnoty GMI efektu v porovnaní s východiskovým amorfným materiálom a umožňujú vytvorenie citlivých senzorov magnetického poľa s významnou pridanou hodnotou.

Obr. 1 / Prvkové mapy vzorky FeCoNiMnAl pripravenej podtlakovým liatím (valcová vzorka s priemerom 3 mm, stredne vysoká ochladzovacia rýchlosť cca 104 K/sek) získané metódou ADF STEM-EDS pri dvoch rôznych zväčšeniach. Separácia prvkov Fe a Ni je ľahko pozorovateľná na oboch dĺžkových škálach (μm a nm).

Obr. 2 / Prototyp zariadenia na ultrarýchle žihanie tenkých pásov.



Obr. 1



Obr. 2