

Magnetické vlastnosti vybraných rýchlochladených kompozitných materiálov s amorfnou a nanokryštalickou štruktúrou

Branislav Kunca

školiťel: Dr. Ivan Škorvánek

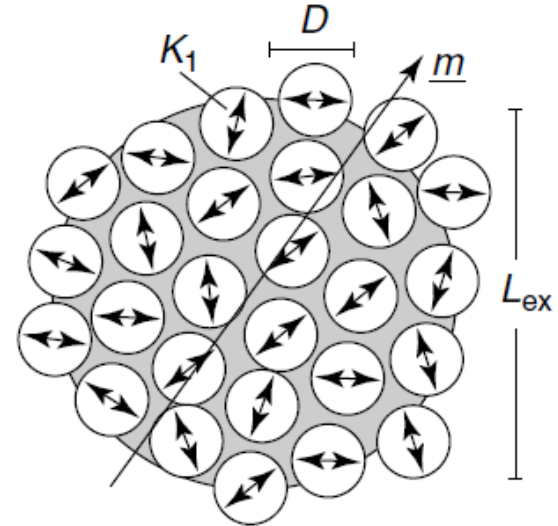
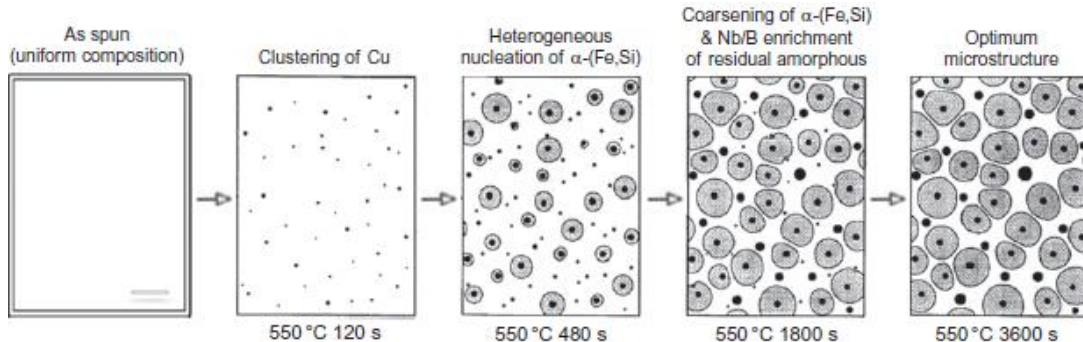
OAMN

18.06.2020

Doktorandský seminár

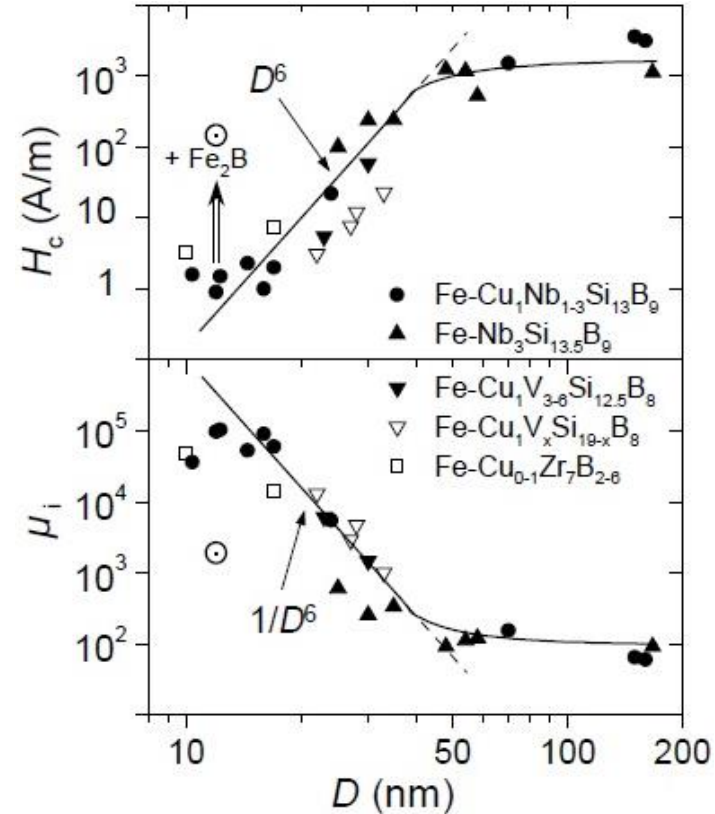
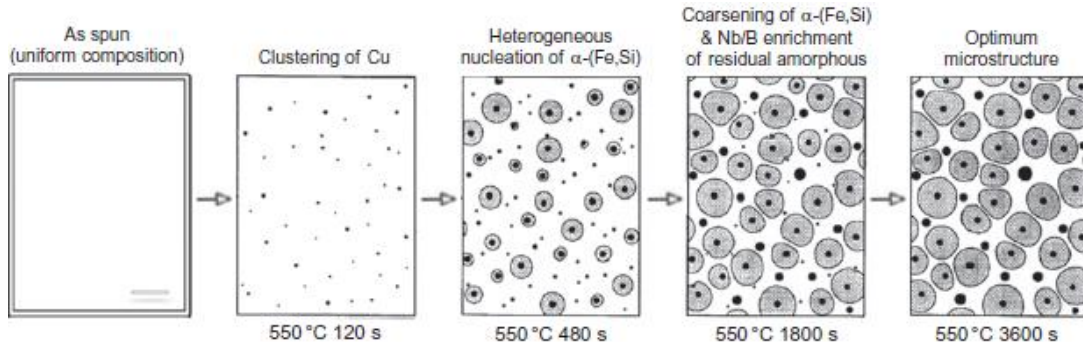
Nanokryštalické zliatiny

- $\text{FM}_{[66-91]}\text{TM}_{[2-8]}\text{M}_{[2-31]}\text{NM}_{[0-1]}$
 - FM: feromagnetický kov (Fe, Co, Ni)
 - TM: prechodový kov (Zr, Hf, Nb, Mo,...)
 - M: polokov (Si, Al, B,...)
 - NM: ušľachtilý kov (Au, Cu)



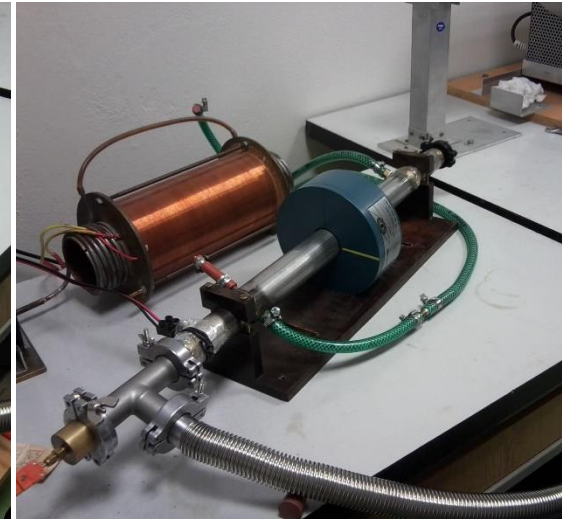
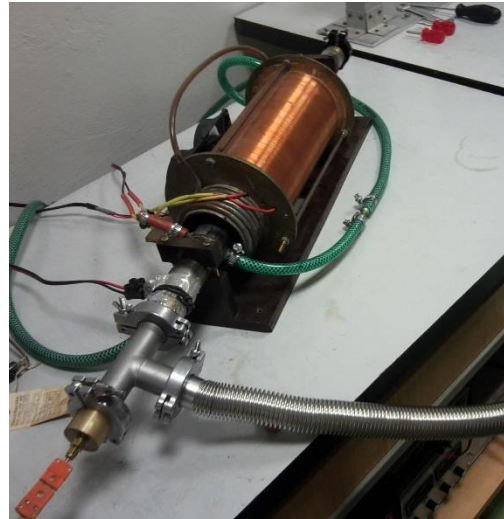
Nanokryštalické zliatiny

- $FM_{[66-91]}TM_{[2-8]}M_{[2-31]}NM_{[0-1]}$
 - FM: feromagnetický kov (Fe, Co, Ni)
 - TM: prechodový kov (Zr, Hf, Nb, Mo,...)
 - M: polokov (Si, Al, B,...)
 - NM: ušľachtilý kov (Au, Cu)

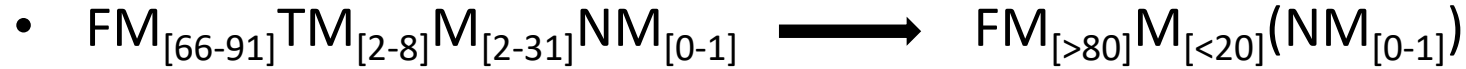


Konvenčné žíhanie

- Proces nanokryštalizácie
 - maximalizácia rýchlosť nukleácie (NM: Cu, Au,...)
 - minimalizácia rastu zŕn (TM: Zr, Hf, Nb, Mo,...)
 - formovanie feromagnetických zŕn ($T_a \sim T_{x1}$)
- Konvenčné tepelné spracovanie
 - Teplota žíhania: $T_a \sim T_{x1}$
 - Doba žíhania: $t_a \sim 0.5 - 1h$



Rýchle žíhanie

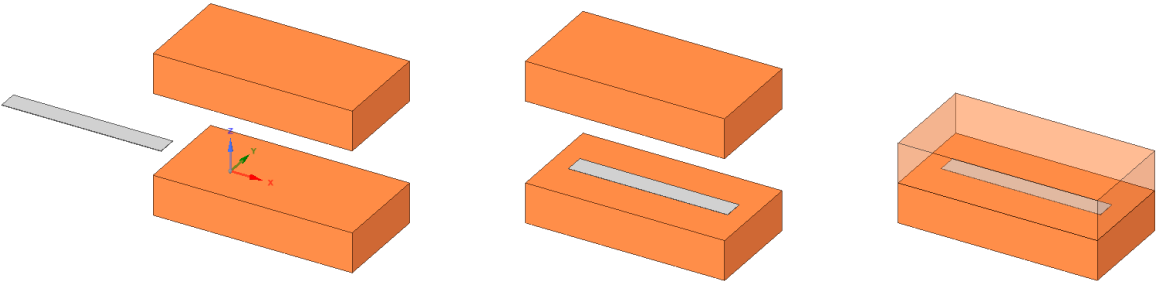
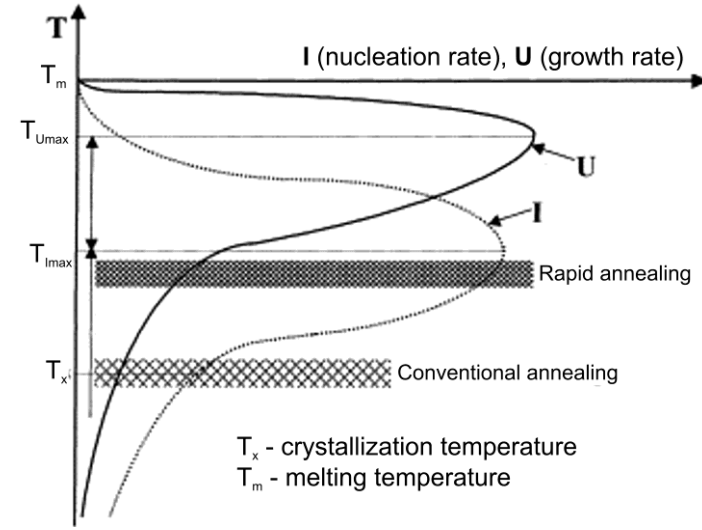


• Rýchle žíhanie

Rýchlosť ohrevu: $\alpha \sim 10^2 - 10^4$ K/s

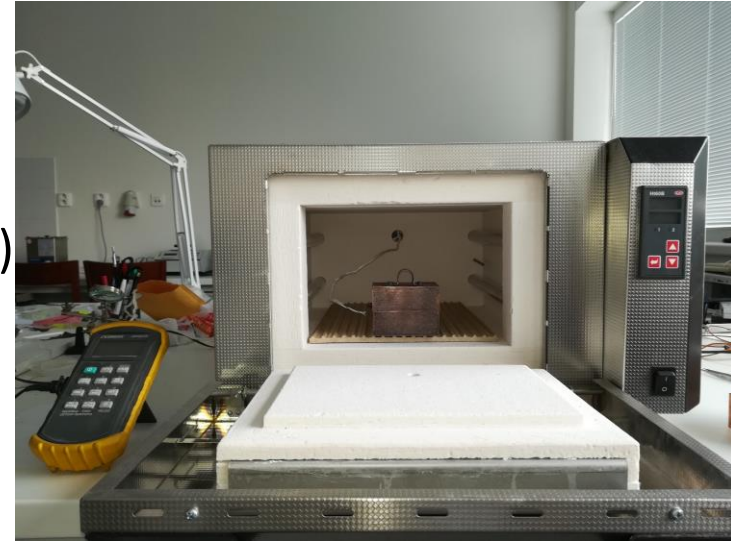
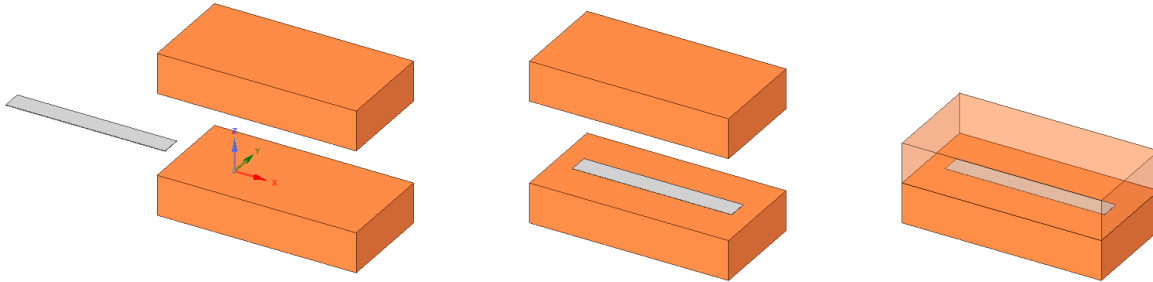
Doba žíhania: $t_a \sim 10^{-1} - 10^1$ s

Teplota žíhania: $T_a > T_{x1}$ ($\sim T_g$, resp. $T_{x1} + 100$ degC)



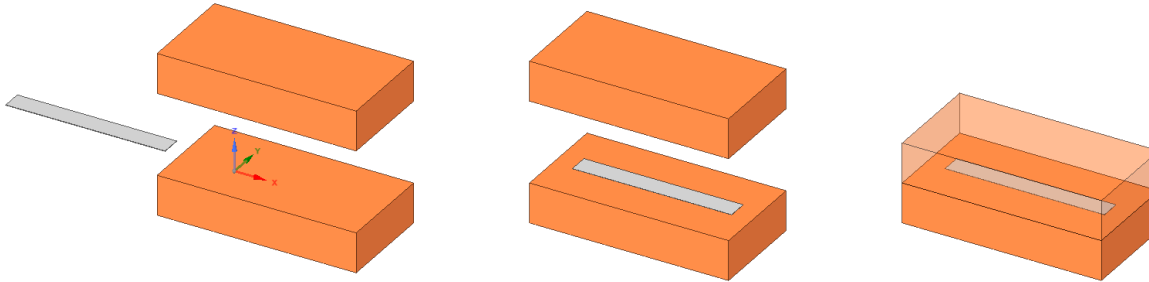
Rýchle žíhanie

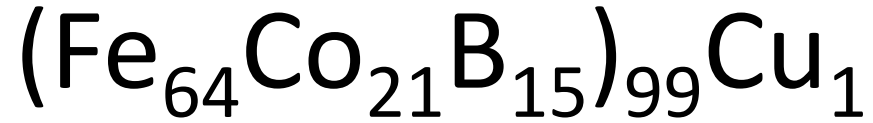
- $FM_{[66-91]}TM_{[2-8]}M_{[2-31]}NM_{[0-1]} \longrightarrow FM_{[>80]}M_{[<20]}(NM_{[0-1]})$
- Rýchle žíhanie
 - Rýchlosť ohrevu: $\alpha \sim 10^2 - 10^4$ K/s
 - Doba žíhania: $t_a \sim 10^{-1} - 10^1$ s
 - Teplota žíhania: $T_a > T_{x1}$ ($\sim T_g$, resp. $T_{x1} + 100$ degC)



Rýchle žíhanie

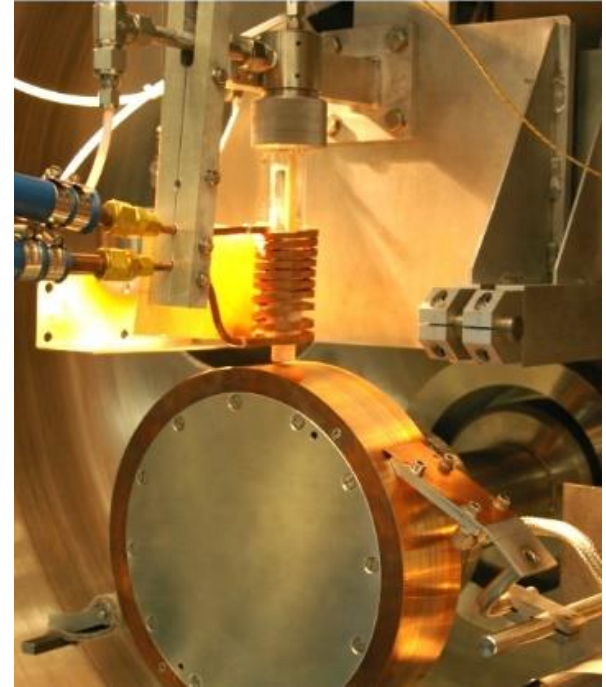
- $FM_{[66-91]}TM_{[2-8]}M_{[2-31]}NM_{[0-1]} \longrightarrow FM_{[>80]}M_{[<20]}(NM_{[0-1]})$
- Rýchle žíhanie
 - Rýchlosť ohrevu: $\alpha \sim 10^2 - 10^4$ K/s
 - Doba žíhania: $t_a \sim 10^{-1} - 10^1$ s
 - Teplota žíhania: $T_a > T_{x1}$ ($\sim T_g$, resp. $T_{x1} + 100$ degC)





- Príprava pások: melt – spinning
(FÚ SAV, Bratislava – dr. P. Švec)
- Šírka: 1 cm
- Priemerná hrúbka: $\sim 25\mu\text{m}$

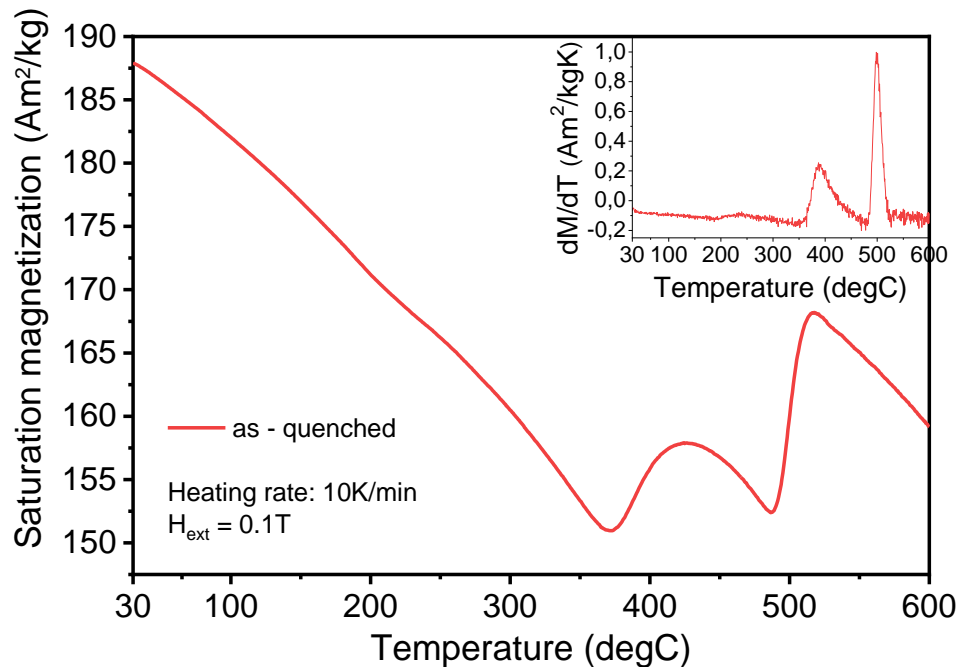
- J. Marcin et al. In: *IEEE Trans. Magn.*,
vol. **46**, no. 2 (2010) pp. 416 - 419



Teplotná závislosť magnetizácie

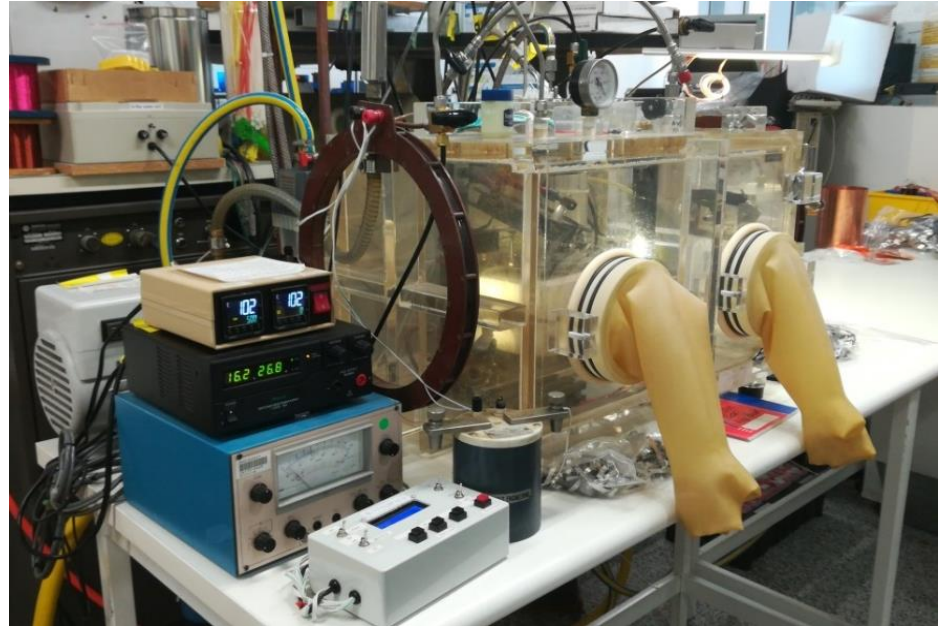
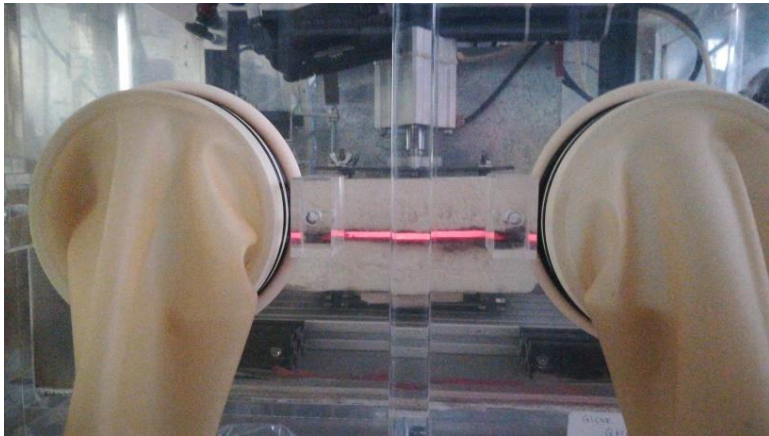
- Vzorka: as-quenched
- Interval teplôt: 30 – 600 degC
- Rýchlosť ohrevu: 10 K/min
- Magnetické pole: 0.1 T

	T_{x1} (degC)	T_{x2} (degC)
meranie	363	486
Marcin et al.	367	487



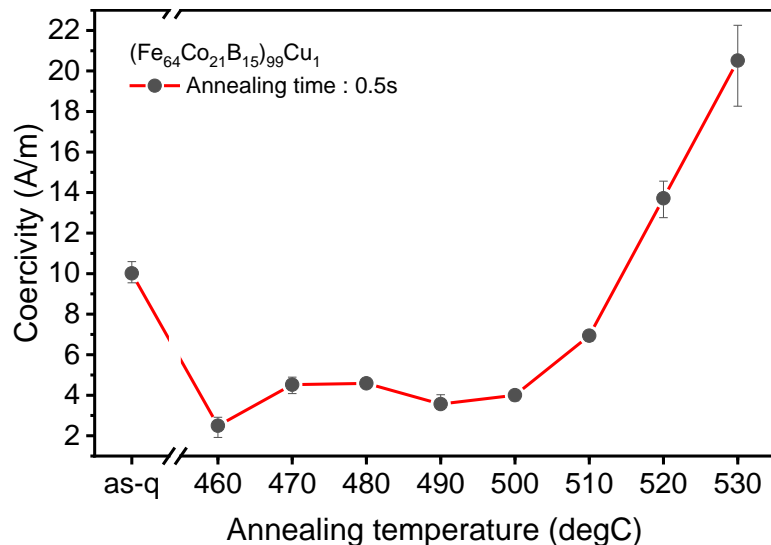
Rýchle žíhanie

- Teplota žíhania: 460 – 530 degC
- Doba žíhania: 0.5 s
- Rýchlosť ohrevu: $\sim 10^4$ K/s
- Ar atmosféra



Magnetické parametre rýchložíhaných vzoriek

- Rýchle žíhanie
0.5s @ 460 – 520 degC

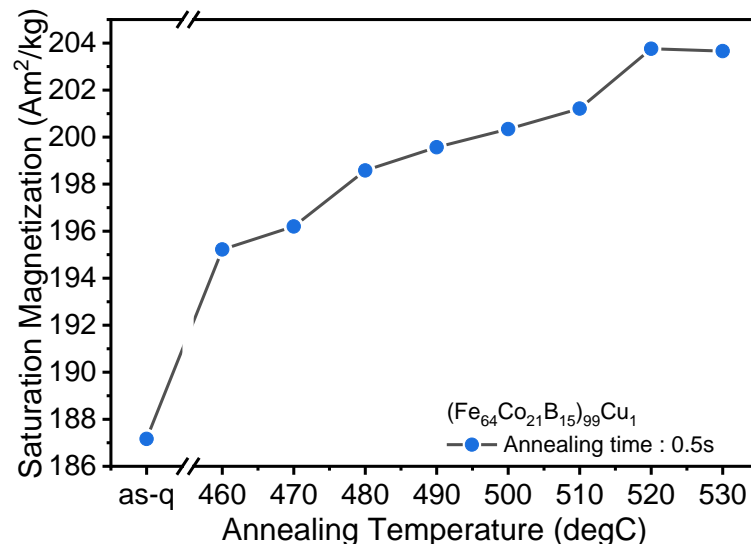
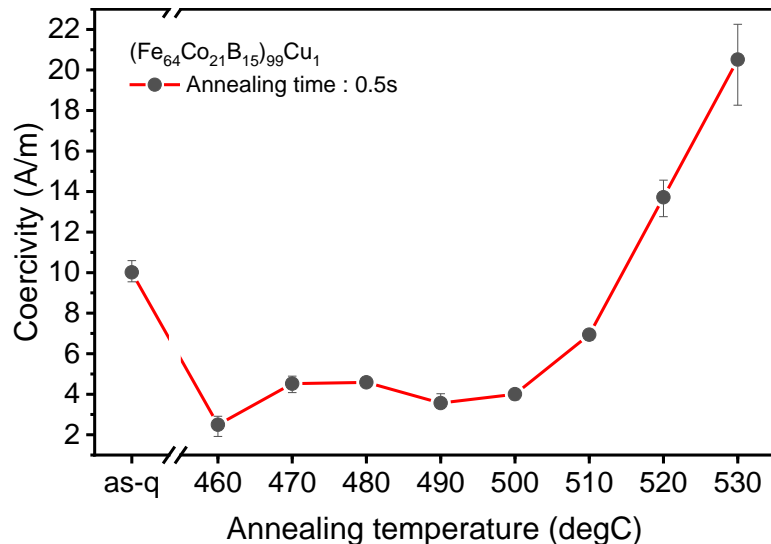


- Konvenčné žíhanie
(Marcin et al.)

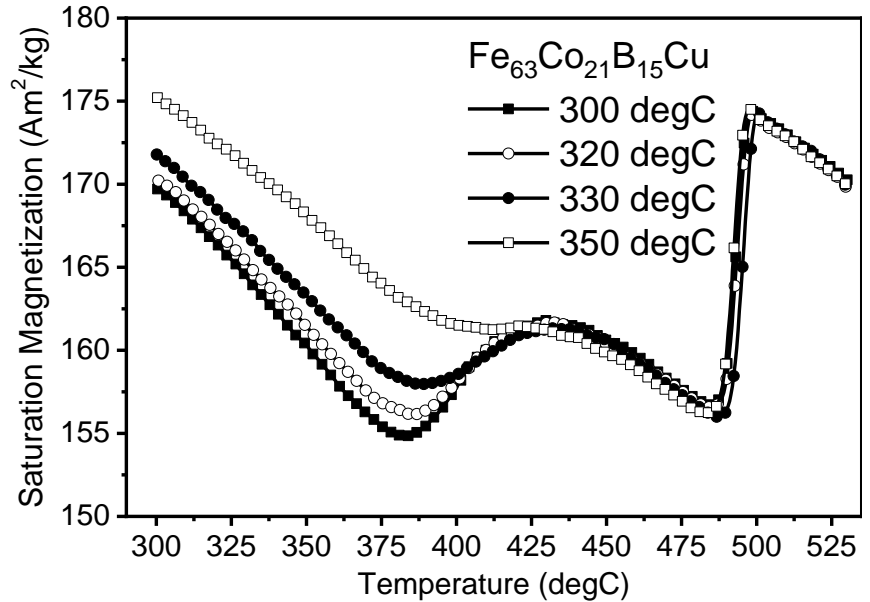
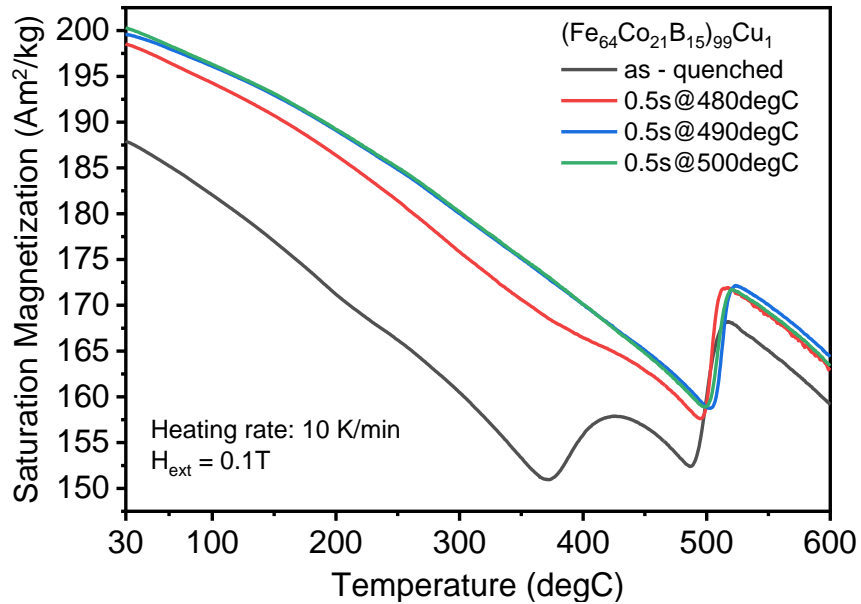
Koercivita (A/m)	ZFA	LFA	TFA
1h@300 degC	29	2.2	21
1h@320 degC	19	4.2	17
1h@330 degC	60	29	32
1h@350 degC	134	99	58

Magnetické parametre rýchložíhaných vzoriek

- Rýchle žíhanie
0.5s @ 460 – 520 degC

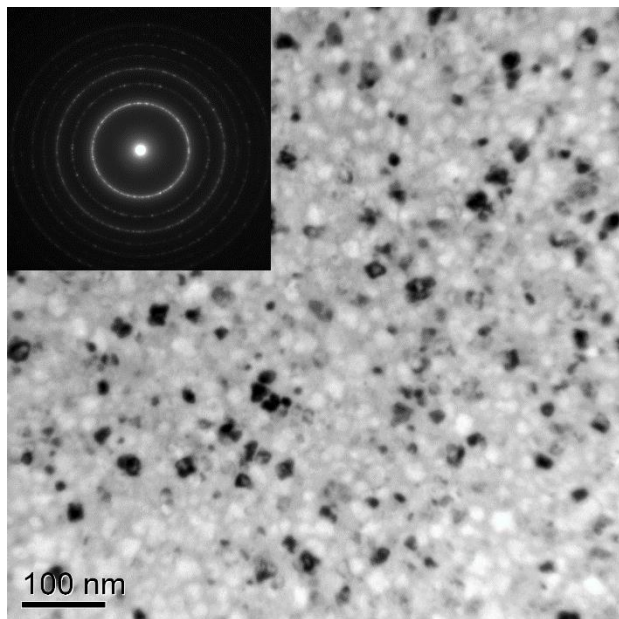


Teplotná závislosť magnetizácie tepelne spracovaných vzoriek



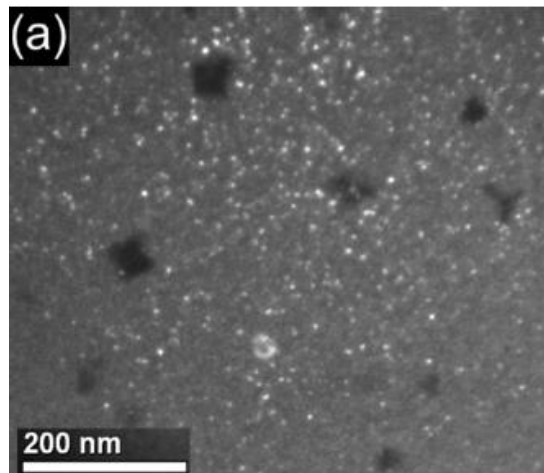
Mikroštruktúra - TEM

- Rýchle žíhanie
0.5s @ 500 degC

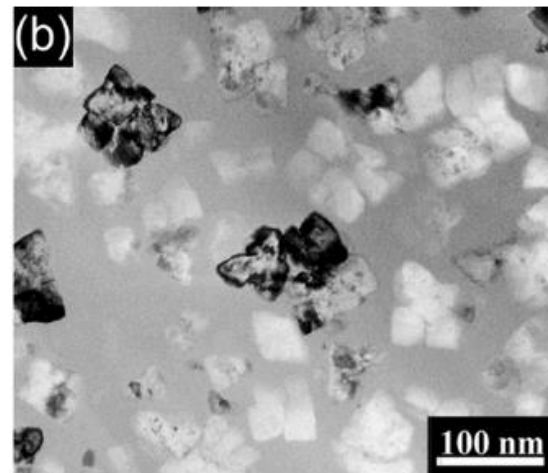


- Konvenčné žíhanie
(Marcin et al.)

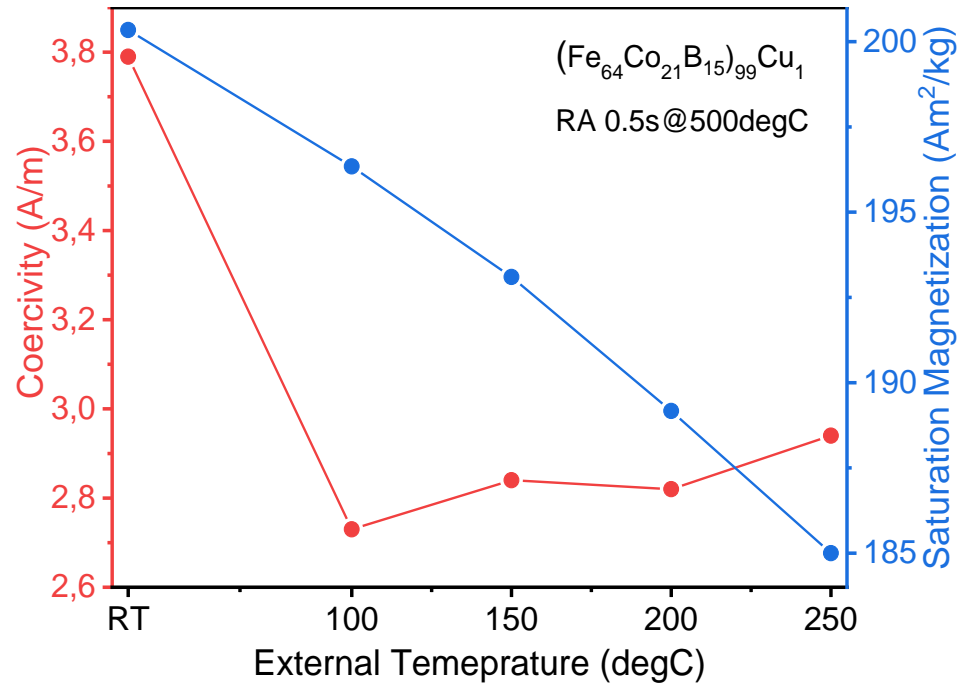
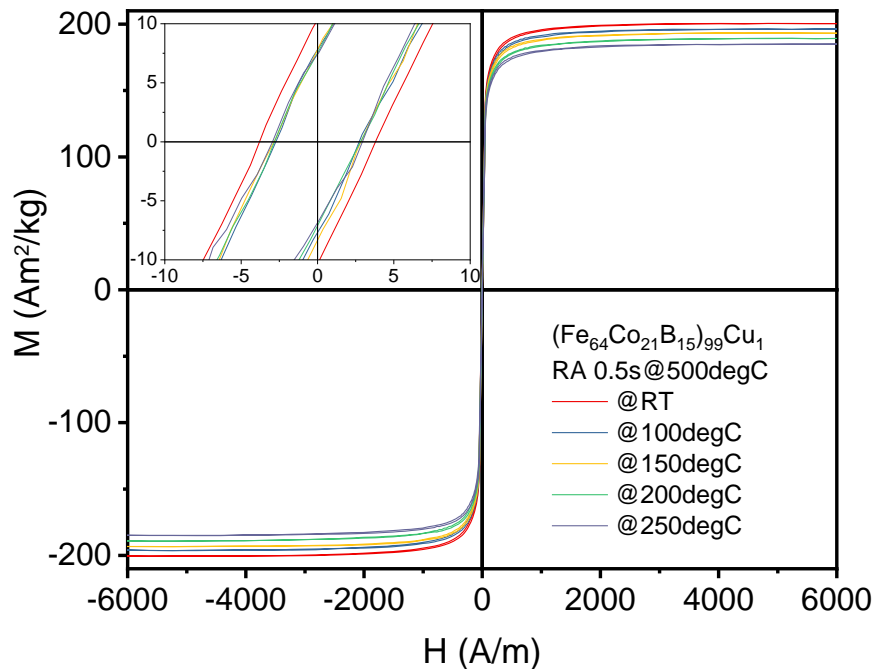
1h@320 degC



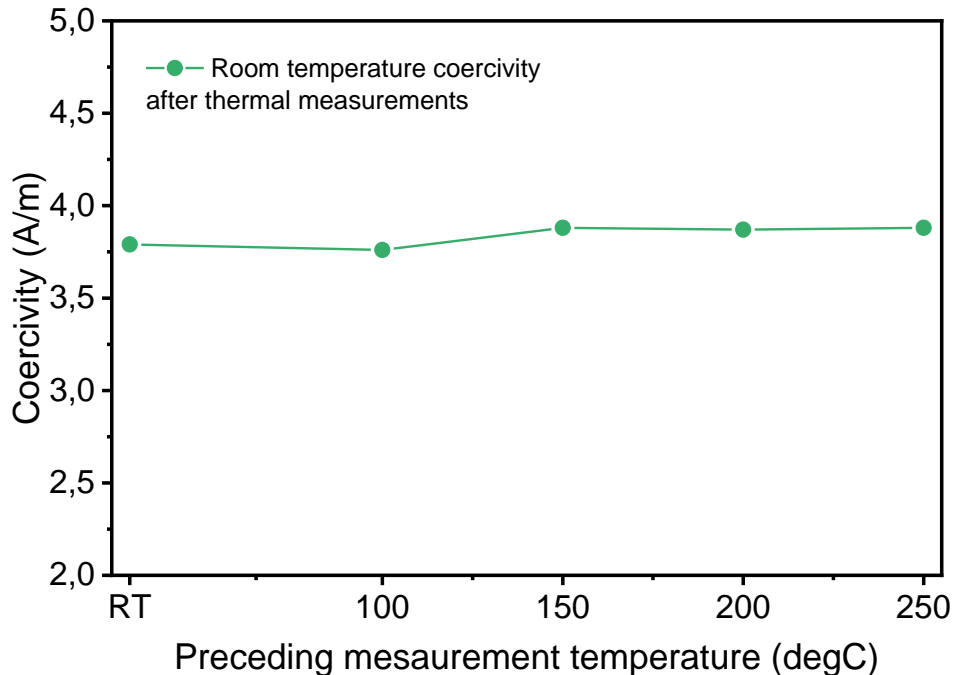
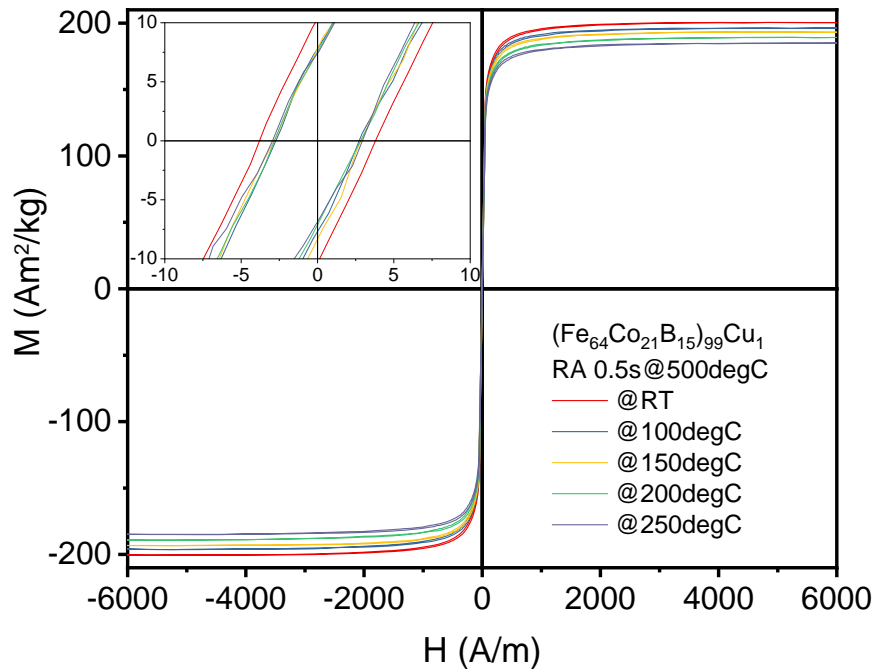
1h@350 degC



Vysokoteplotné merania hysteréznych slučiek



Vysokoteplotné merania hysteréznych slučiek



- SAIA: 01.10.2019 – 30.11.2019 : Department of Materials Science and Engineering, Monash University
- European School on Magnetism (EMA) – CEITEC, VUT Brno; 01. – 13.09.2019
- J. Kováč, B. Kunca, L. Novák, J. Magn. Magn. Mat. 502 (2020) no. 166555 ADC
- V. H. Ky, N. T. Hieu, D. K. Tung, L. T. H. Phong, D. H. Manh, B. Kunca, J. Marcin, I. Skorvanek, J. Elec. Materi. 48 (12) (2019) 7952 – 7959 ADC
- B. Kunca, I. Maťko, P. Švec, I. Škorvánek, Acta Phys. Pol. A (2020) (accepted for publication) ADC
- B. Kunca, J. Marcin, P. Švec, I. Škorvánek, Acta Electrotechnica et Informatica 19 (2) (2019) 33 – 37 ADF
- AED (1x), AFG (1x), AFH (2x), BFA (1x)

Ďakujem za pozornosť