

# Vplyv mechanickej úpravy povrchu častíc železa povlakovaných oxidom kremičitým kompozitu na straty a komplexnú permeabilitu

Bc. Martin Tkáč

Prírodovedecká fakulta UPJŠ  
Študentská vedecká konferencia  
sekcia Fyzika  
Košice 13.05.2020

# Úvod

---

Cieľom práce bolo preskúmať vplyv mechanickej úpravy povrchu prášku použitého na výrobu vzoriek a počtu vrstiev povlaku  $\text{SiO}_2$  na povrchu častíc vzoriek na merný odpor, frekvenčnú závislosť relatívnej komplexnej permeability a na celkové energetické straty pri striedavom premagnetovaní v závislosti od frekvencie.



# Magneticky mäkké kompozity (SMC)

---

- ▶ Magneticky mäkké kompozity sú také materiály, ktorých jednotlivé častice feromagnetického prášku sú počas výrobného procesu pred lisovaním obalené elektroizolačným povlakom, ktorý zabezpečí neexistenciu dobre elektricky vodivého spojenia medzi feromagnetickými časticami.
- ▶ Medzi hlavné prednosti týchto materiálov patrí relatívne vysoká permeabilita, ktorá si dokáže udržať svoje hodnoty do vyšších frekvencií a nízke energetické straty pri vyšších frekvenciách.
- ▶ Vďaka týmto vlastnostiam nachádzajú magneticky mäkké kompozitné materiály mnoho využití nielen ako časti točivých elektrických strojov a senzorov. Povaha výrobného procesu a použitého materiálu umožňujú konštrukcie zložitejších tvarov za nižšiu výrobnú cenu v porovnaní s klasickými materiálmi.



# Vzorky

---

Pät' vzoriek: NB, B, NB-IV, B-IV, B-2V

NB.....nebrúsená, neobaľovaná

B.....brúsená, neobaľovaná

NB-IV.....nebrúsená, obaľovaná jednou vrstvou  $\text{SiO}_2$

B-IV.....brúsená, obaľovaná jednou vrstvou  $\text{SiO}_2$

B-2V.....brúsená, obaľovaná dvoma vrstvami  $\text{SiO}_2$

---



# Vzorky

---

Železný prášok – sitovanie na priemer častíc prášku  
160  $\mu\text{m}$  až 212  $\mu\text{m}$

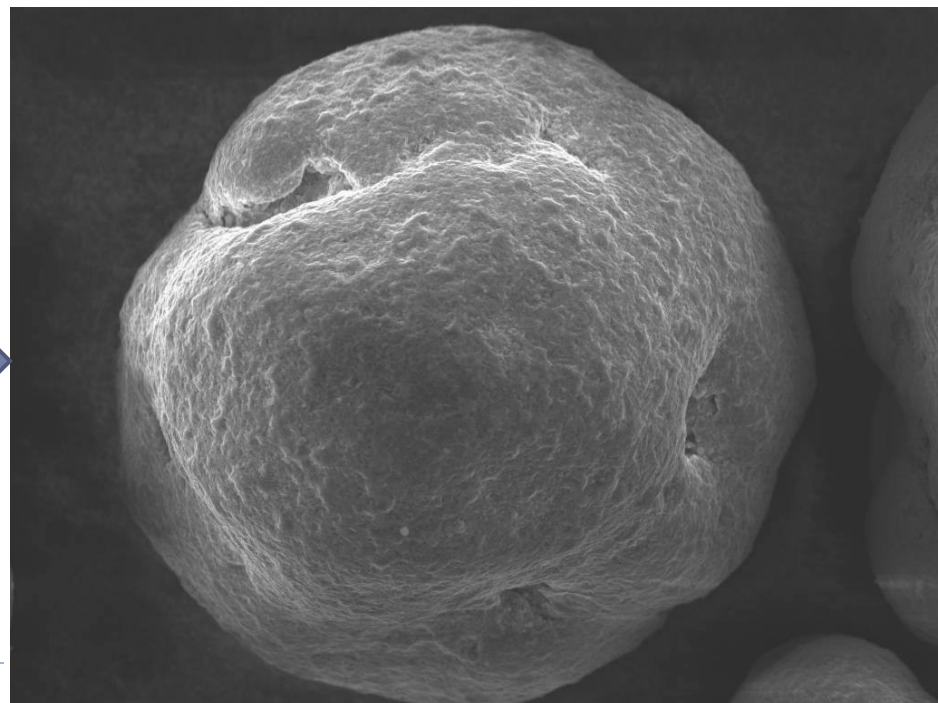
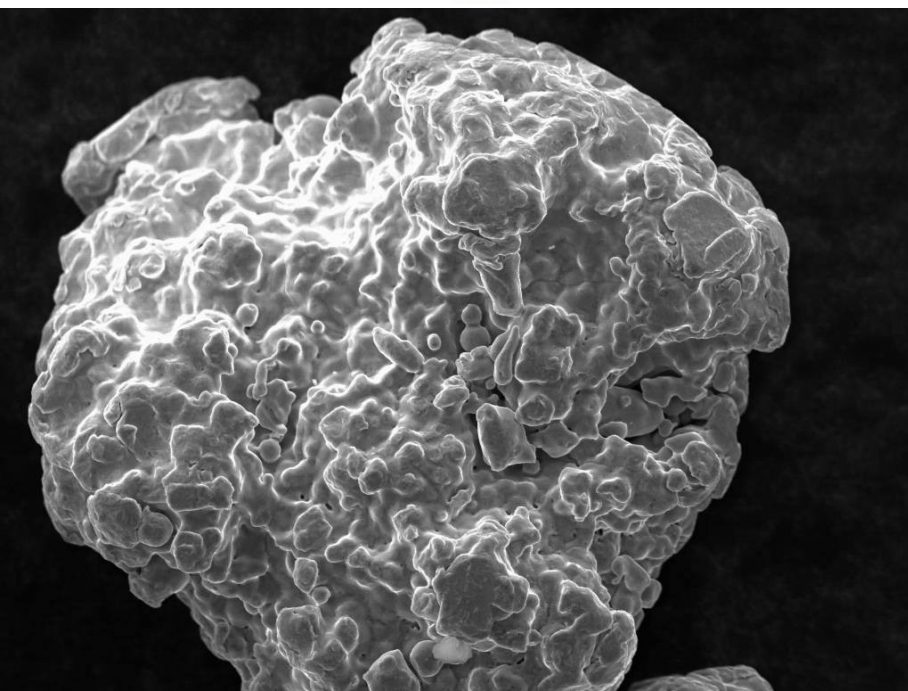
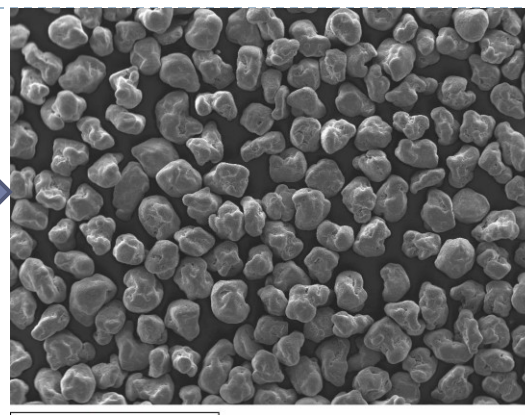
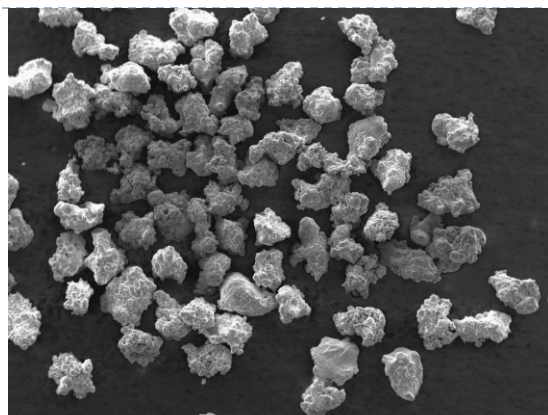
Brúsenie – mlyn bez gúl', brúsny papier s polomerom  
zrna 5  $\mu\text{m}$ , 270 minút, 450 otáčok za minútu,  
po minúte zmena smeru otáčania

Povlakovanie – Fe + izopropyl alkohol, miešanie po  
dobu 600 sekúnd, následne + tetraetyl orthosilikát,  
miešanie po dobu 7 hodín, schnutie (izbová t.)

Lisovanie – tlak 700 MPa, 400 °C, 400 sekúnd, argónová  
atmosféra



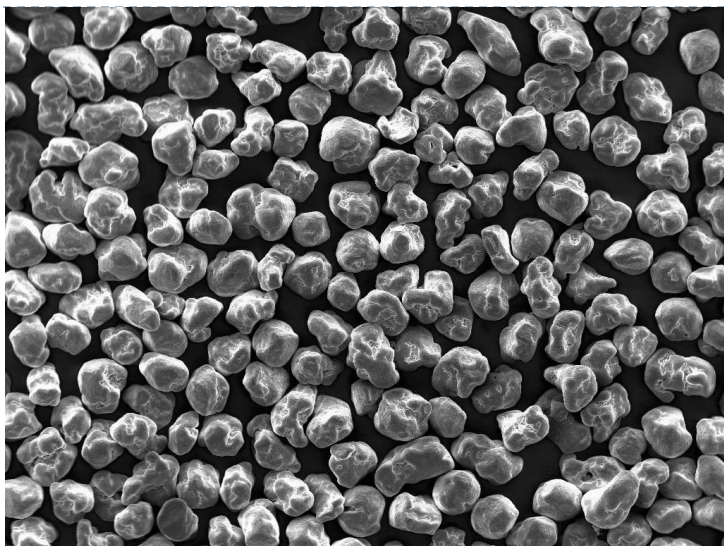
# Vzorky – mechanická úprava povrchu



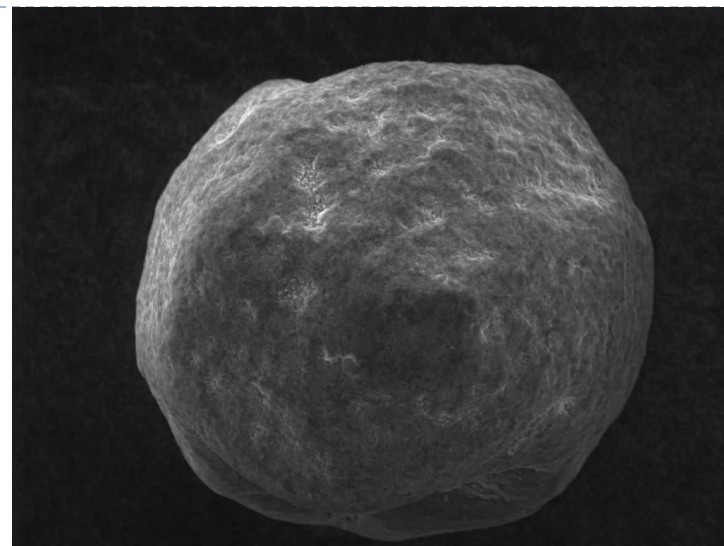
100μm

100μm

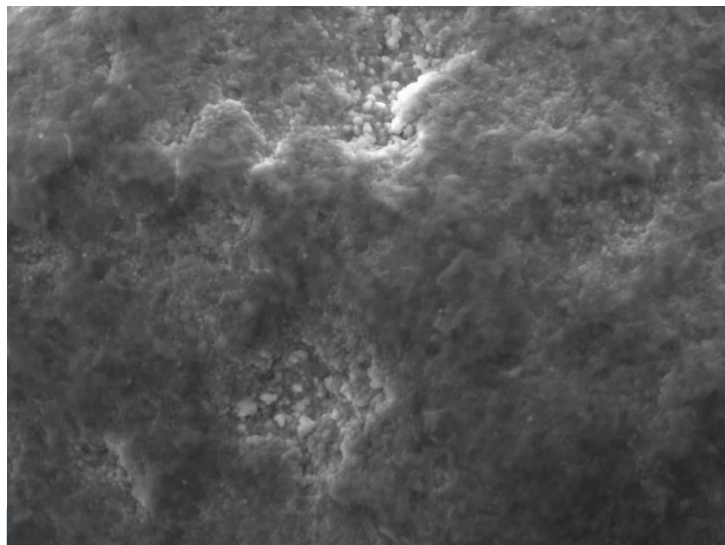
# Vzorky – elektroizolačný povlak $\text{SiO}_2$



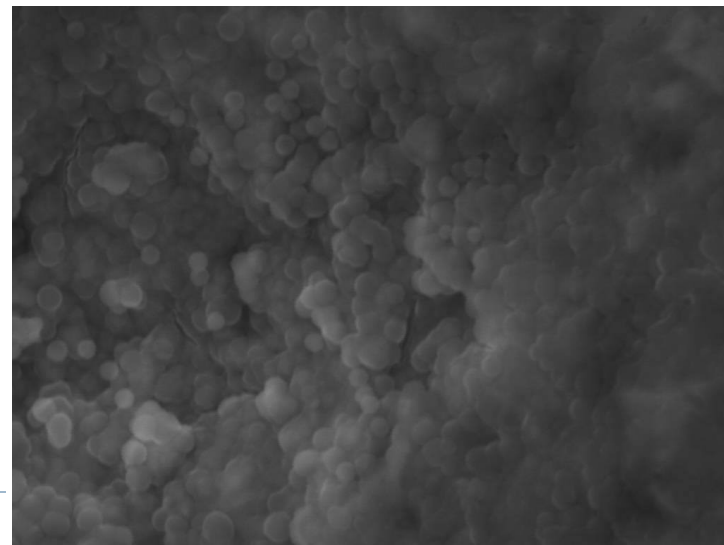
1mm



100µm



30µm



7µm

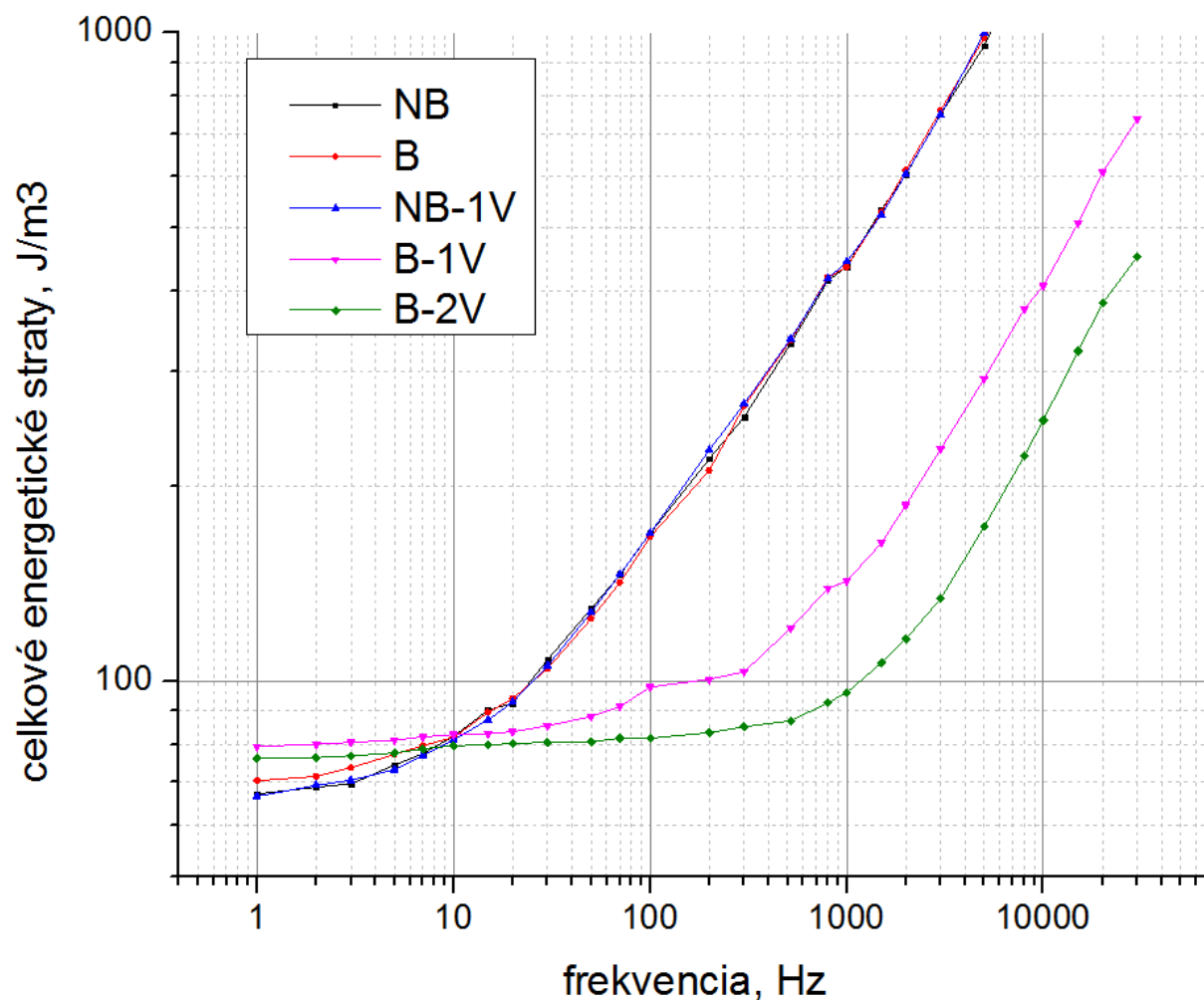
# Meranie merného odporu

---

| Vzorka | Merný odpor [ $\mu\Omega \cdot m$ ] |
|--------|-------------------------------------|
| NB     | $0,17 \pm 0,02$                     |
| B      | $0,15 \pm 0,01$                     |
| NB-1V  | $0,19 \pm 0,01$                     |
| B-1V   | $3,0 \pm 0,4$                       |
| B-2V   | $10 \pm 4$                          |



# Meranie energetických strát



# Meranie energetických strát

---

$$W_c = C_h + C_e f + C_a \sqrt{f}$$

$C_h$  – koeficient prislúchajúci hysteréznym stratám

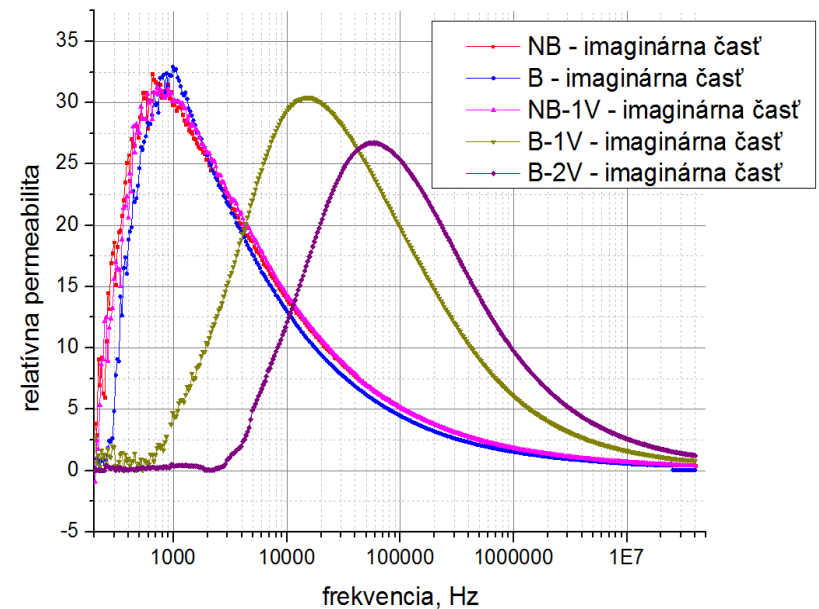
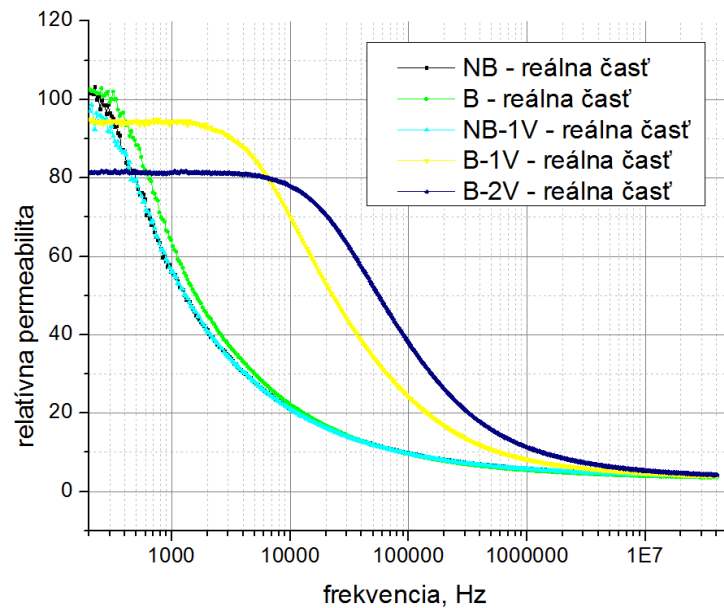
$C_e$  – koeficient prislúchajúci stratám od vírivých prúdov

$C_a$  – koeficient prislúchajúci anomálnym stratám

| Vzorka | $C_h$  | $C_e$ | $C_a$  |
|--------|--------|-------|--------|
| NB     | 53,225 | 0,032 | 10,981 |
| B      | 52,403 | 0,030 | 11,234 |
| NB-1V  | 49,151 | 0,022 | 11,775 |
| B-1V   | 70,610 | 0,009 | 2,454  |
| B-2V   | 71,909 | 0,008 | 0,864  |



# Meranie frekvenčnej závislosti relatívnej komplexnej permeability



# Záver

---

Z výsledkov meraní odporu je zrejmé, že mechanická úprava brúsením spôsobuje v prípade obaľovaných vzoriek žiadaný nárast odporu o jeden rád, pričom druhá vrstva obaľovania zvýši nárast odporu o ďalší rád.

Z výsledkov meraní energetických strát je vidieť, že mechanická úprava brúsením spôsobuje v prípade obaľovaných vzoriek veľmi mierne zvýšenie koeficientu pri časti celkových strát spôsobovaných hysteréznymi stratami, ktoré je ale spôsobené lepším obalením v elektroizolačnom povlaku spôsobeným viac sférickým tvarom častíc feromagnetického prášku vzorky, a zníženie koeficientu strát vírivými prúdmi a anomálnymi stratami až o rád v porovnaní s mechanicky neupravenou vzorkou.

Analýzou výsledkov meraní relatívnej komplexnej permeability sme zistili, že mechanická úprava brúsením spôsobuje vo všeobecnosti pomalší pokles permeability, pričom tento efekt je výrazne viditeľný v prípade obaľovaných vzoriek, čo umožňuje efektívnejšiu činnosť pri vyšších frekvenciách.

---



# Ďakujem za pozornosť!

---

