



Politechnika
Śląska



UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

**CONCEPT OF A NEW FERROMAGNETIC COMPOSITE MATERIAL
SUITED FOR MANUFACTURING OF SMALL ELECTROMECHANICAL ENERGY HARVESTERS
USING 3D PRINTING**

**WOJCIECH BURLIKOWSKI, ZYGMUNT KOWALIK,
PAWEŁ KOWOL, RAFAŁ MICHALIK**

KATEDRA MECHATRONIKI, WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY

POB 6, KONFERENCJA 6

Plan prezentacji

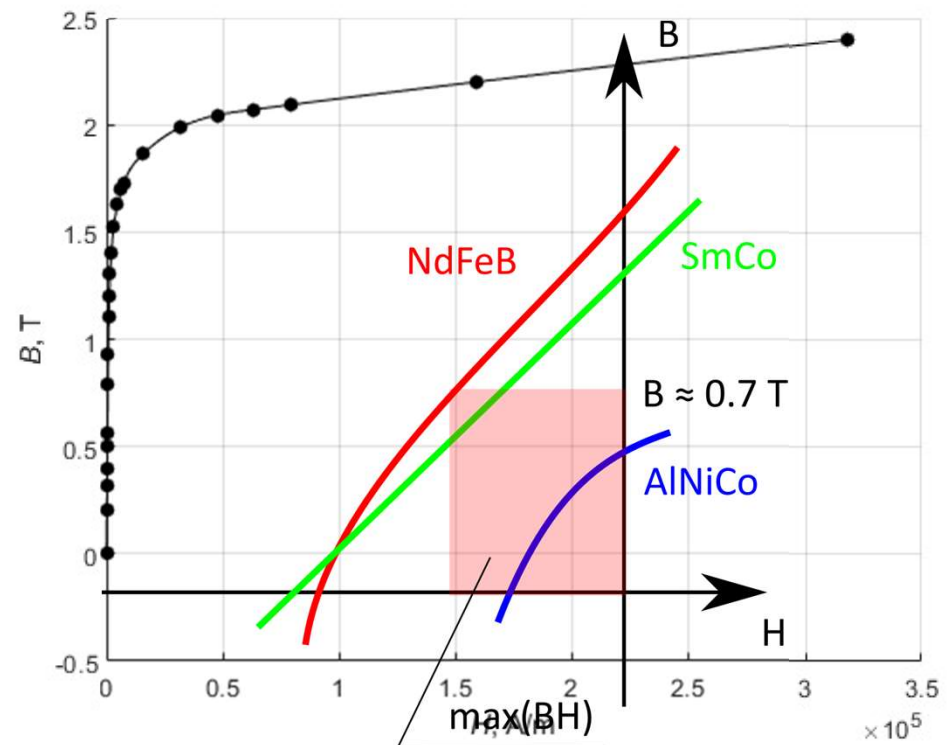
1. Wstęp. Materiały używane w konstrukcji urządzeń elektromagnetycznych
2. Stan wiedzy dot. materiałów ferromagnetycznych do druku 3D
3. Koncepcja nowego kompozytu o właściwościach ferromagnetycznych
4. Wyniki badań symulacyjnych
5. Podsumowanie i kierunki dalszych prac



Materiały używane w konstrukcji urządzeń elektromagnetycznych

Obwody magnetyczne maszyn budowane są z dwóch rodzajów materiałów o właściwościach magnetycznych:

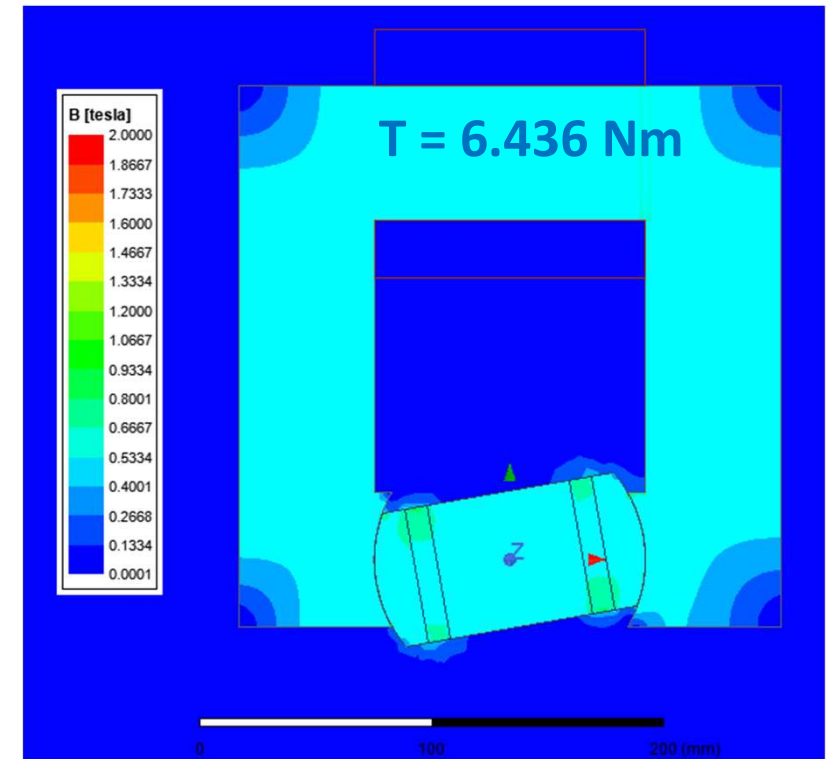
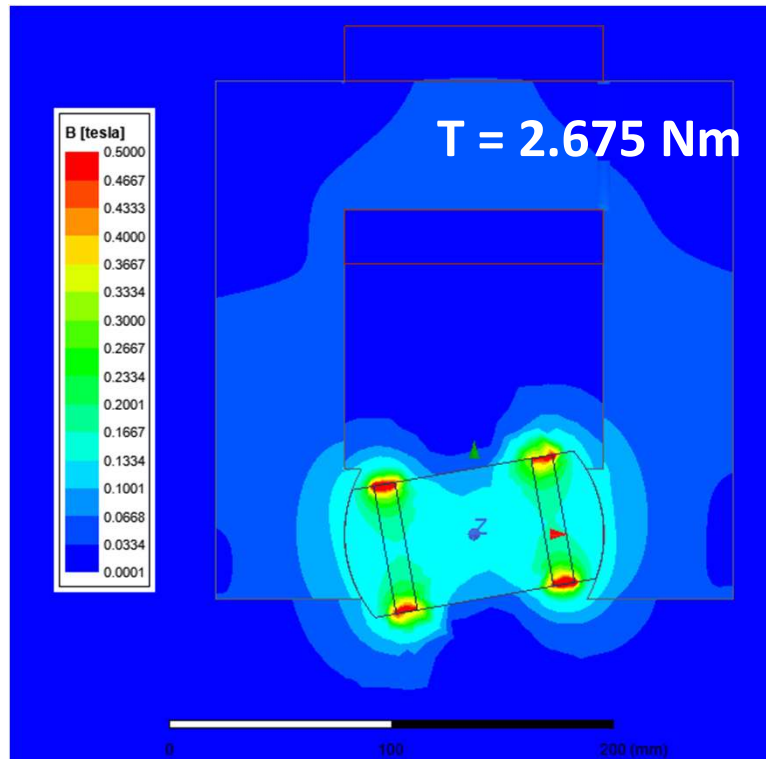
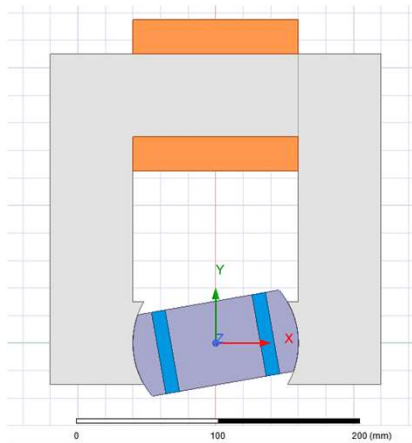
- **materiałów magnetycznych twardych**, rola: wymuszanie strumienia magnetycznego
- **materiałów magnetycznych miękkich**, rola: zmniejszanie oporu magnetycznego dla wymuszonego strumienia i kierunkowanie go



Charakterystyka magnetyczna stali AN61-1013, dwirotelnik Ansys

Materiały używane w konstrukcji urządzeń elektromagnetycznych

Slajd 3



Politechnika
Śląska



UCZELNIA
BADAWCZA

INIICYTYWA DOKONALISKO

Concept of a new ferromagnetic composite material... - POB6

Kompozyty o właściwościach ferromagnetycznych z przeznaczeniem do użycia w druku 3D

Najprostsza idea – domieszkowanie polimeru używanego w druku 3D proszkiem z ferromagnetyka (kompozyty SMC – ang. *Soft Magnetic Composite*)

Podstawowy problem: uzyskanie dużego objętościowo udziału ferromagnetyka w całym kompozycie w celu uzyskania dużych wartości przenikalności magnetycznej i dużej wartości indukcji nasycenia.

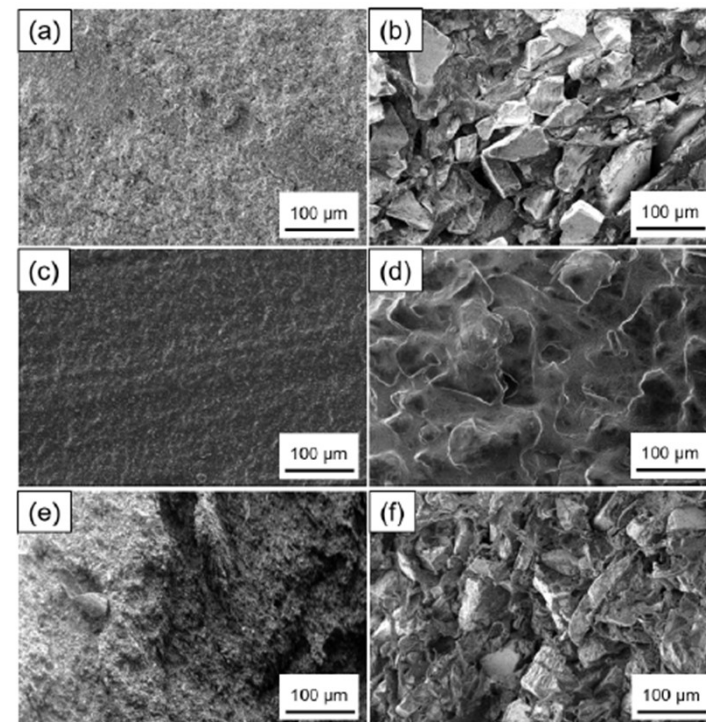
Właściwości kompozytów mogą być polepszane przez pokrywanie cząstek różnego rodzaju substancjami (tlenkami, polimerami, itp.) z użyciem metod inżynierii powierzchni.

Inny sposób na poprawę właściwości magnetycznych to stosowanie asymetrycznych cząstek i orientowanie ich podczas druku w zewnętrznym polu magnetycznym – tą metodą uzyskano materiał o przenikalności względnej od 719 do 886 i indukcji nasycenia 1,49 T.



Kompozyty o właściwościach ferromagnetycznych z przeznaczeniem do użycia w druku 3D

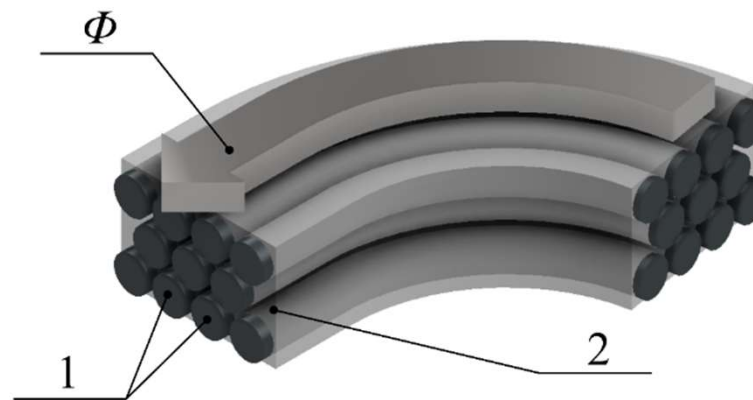
Struktura wewnętrzna tego typu kompozytów jest bardzo nieregularna, a otrzymane właściwości magnetyczne mogą się zmieniać.



Za: Palmero et al.:Magnetic-Polymer Composites for Bonding and 3D Printing of Permanent Magnets



Koncepcja nowego kompozytu o właściwościach ferromagnetycznych



Główne cechy:

- Wytwarzanie kompozytu na etapie drukowania, a nie produkcji materiału,
- Zapewnienie ciągłości dróg dla strumienia magnetycznego przez użycie ciągłych włókien z materiału ferromagnetycznego,
- Ukierunkowanie pola przez sposób ułożenia włókien.

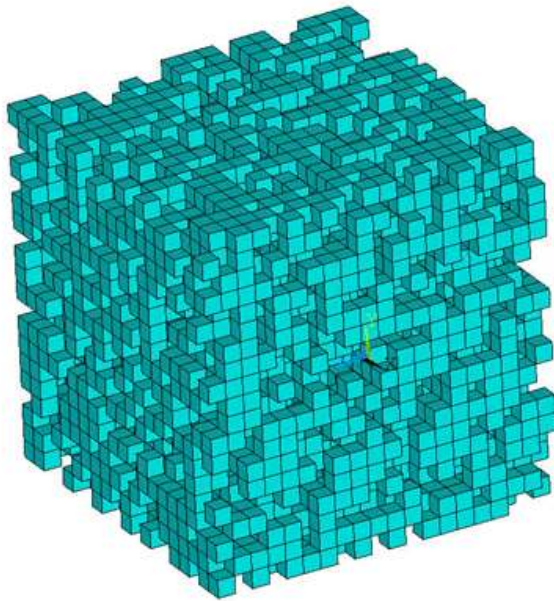
Symulacyjne porównanie kompozytów. Założenia.

Założenia:

- Materiał ferromagnetyczny – stal niskowęglowa konstrukcyjna AISI-1010,
- Osnowa polimerowa o względnej przenikalności magnetycznej równej 1,
- Wykonano dwa modele materiału z proszku, przy czym zakładano sześcienne cząstki oraz możliwość bezpośredniego styku cząstek (tworzenia łańcuchów) oraz jeden model materiału wykorzystującego cięgna
- Badano pierwotne charakterystyki magnesowania dla stopni wypełnienia objętościowego **10%, 50% i 70%**



Symulacyjne porównanie kompozytów. Model materiału z proszkiem.

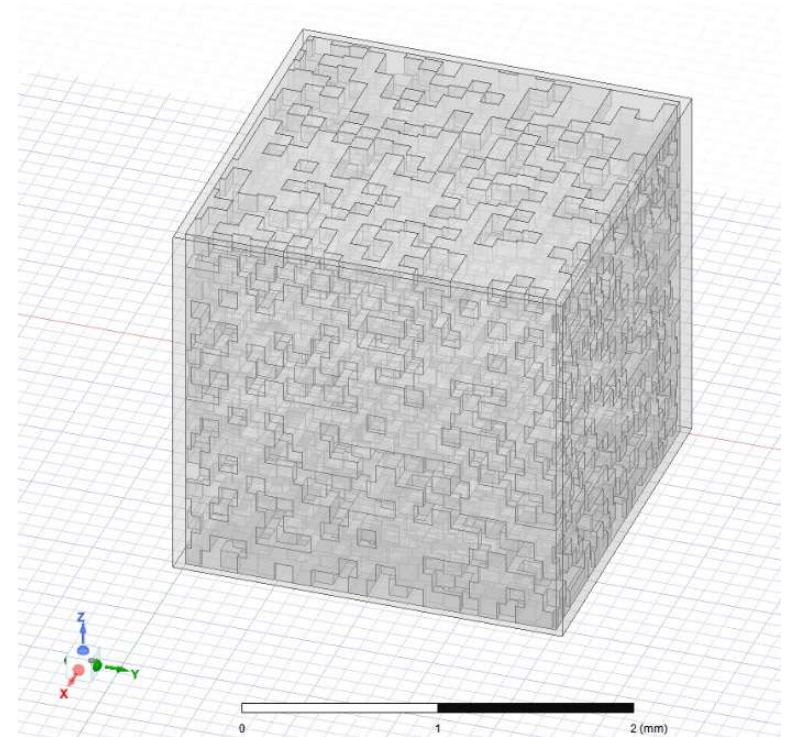


←
Model ANSYS EMAG

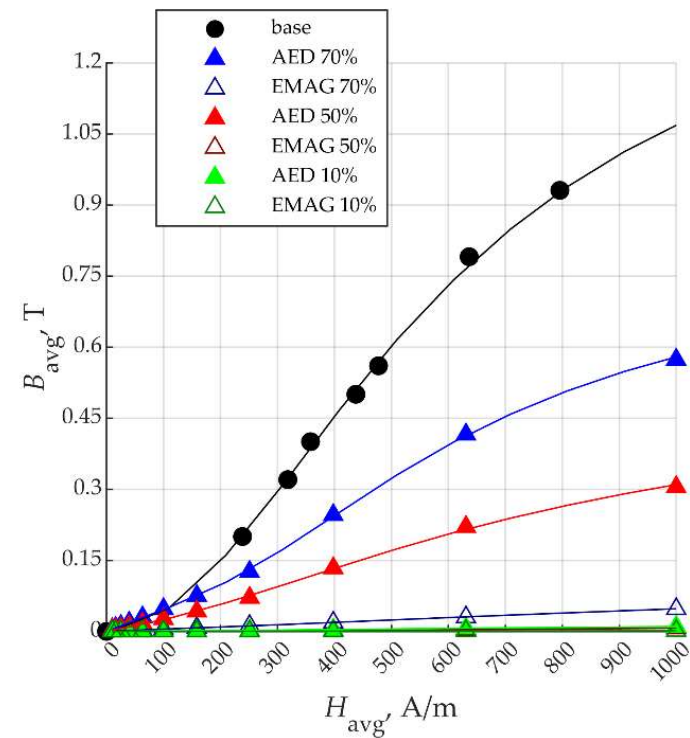
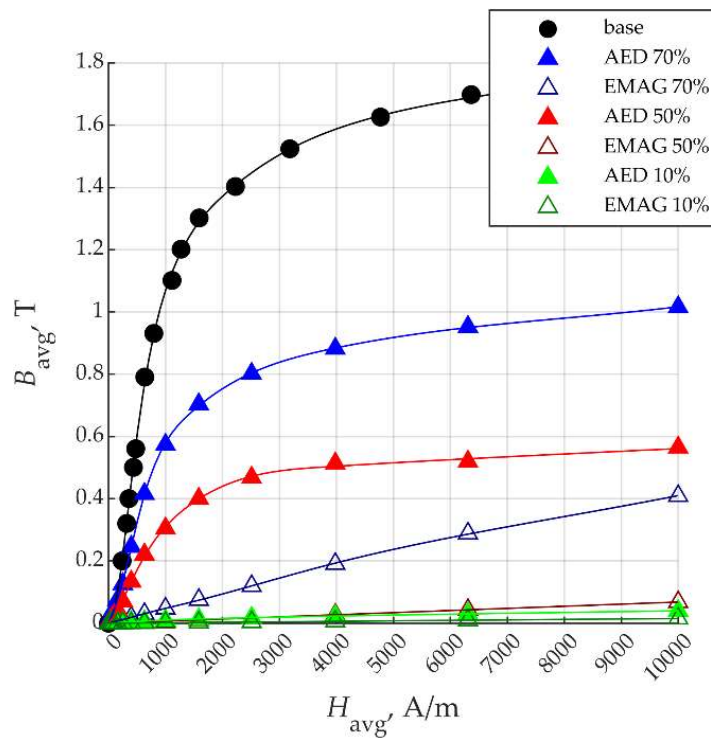
$$E_{\text{mag}} = \sum_{k=1}^N E_k = \frac{H_{\text{avg}} B_{\text{avg}} V_{\text{CUBE}}}{2}$$

→
Model AED

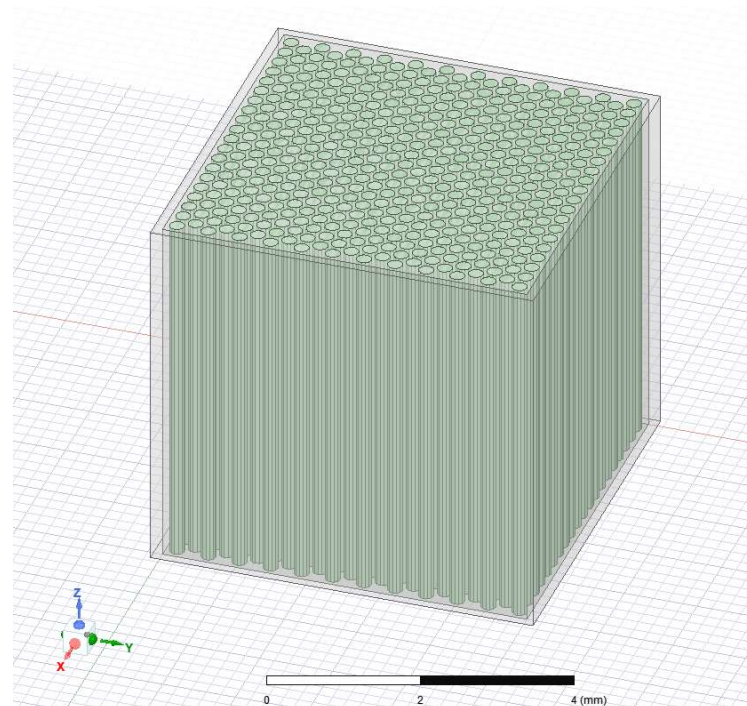
$$B_{\text{avg}} = \frac{|\Phi_{\text{TOP}}| + |\Phi_{\text{BOT}}|}{2A_{\text{CUBE}}}$$



Symulacyjne porównanie kompozytów. Charakterystyki pierwotne materiału z proszkiem.

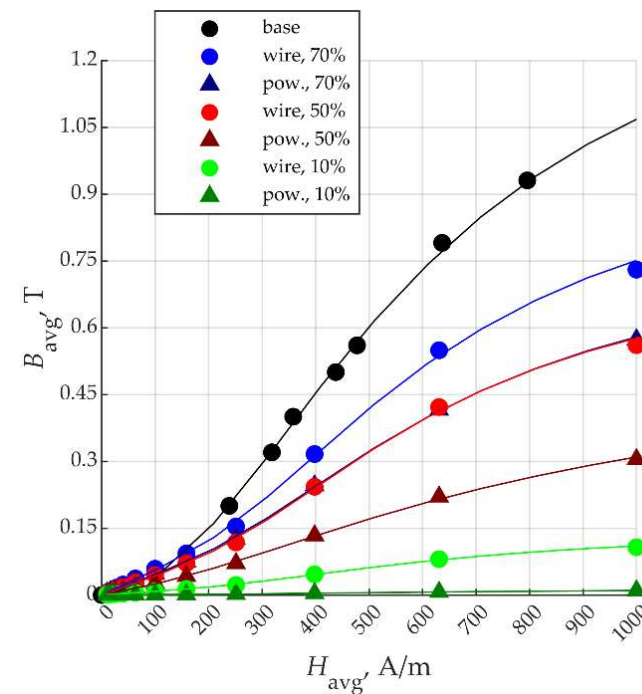
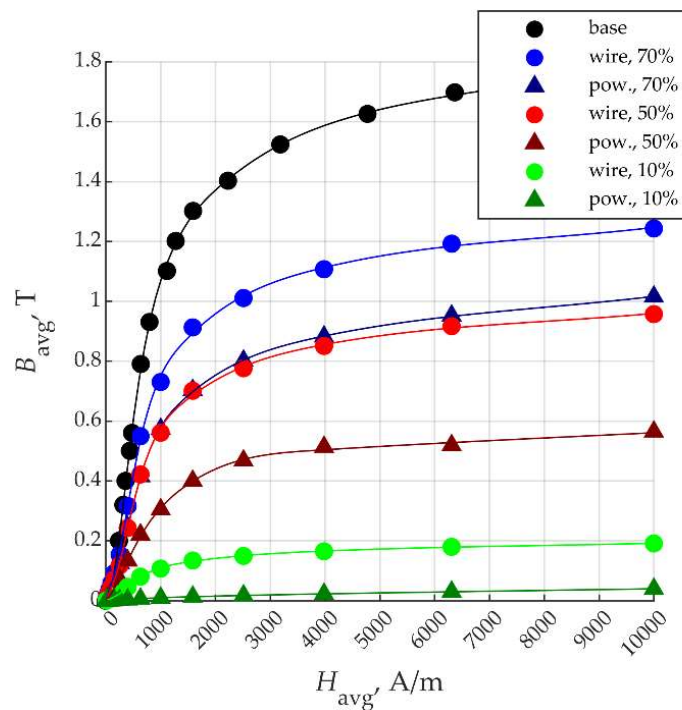


Symulacyjne porównanie kompozytów. Model materiału z cięgnami.

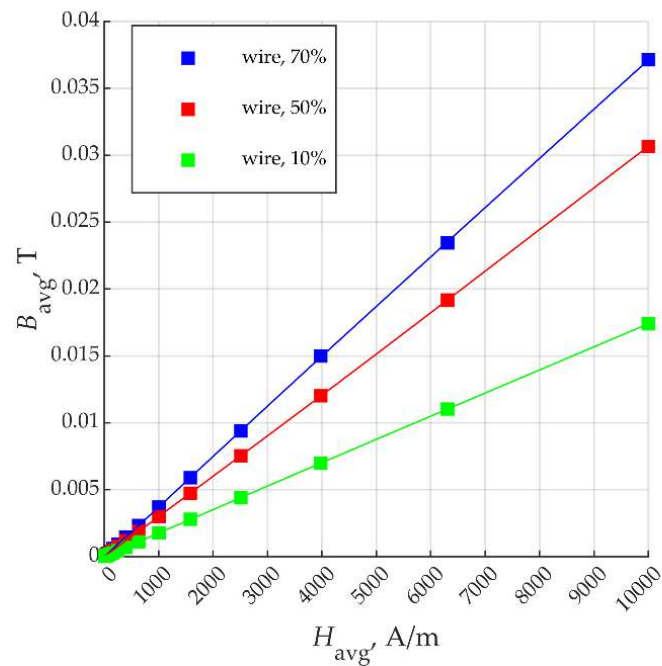


Symulacyjne porównanie kompozytów. Charakterystyki magnesowania i parametry.

Slajd 11



Symulacyjne porównanie kompozytów. Charakterystyki magnesowania i parametry.



Symulacyjne porównanie kompozytów. Charakterystyki pierwotne materiału z proszkiem.

Stopień wyp.	Indukcja nasycenia, T		Początkowa przenikalność względna (@ H = 200 A/m)		Maksymalna przenikalność względna	
	ciągna	proszek	ciągna	proszek	ciągna	proszek
10%	0.1849	0.0347	78.4	7.4	95.6	8.3
50%	0.9334	0.5515	410.1	229.7	500.7	267.5
70%	1.2131	0.9806	534.0	425.6	652.1	502.5
Stal 1010	1.7047		566.6		985.9	



Podsumowanie

1. Występuje duża rozbieżność wyników symulacji dla modeli materiału wykorzystującego proszek.
2. Porównanie właściwości proponowanego materiału nawet z najbardziej optymistycznymi szacunkami właściwości materiału z proszkiem wykazuje lepsze własności kompozytu opartego na cięgnach, szczególnie dla niższych wartości wypełnienia objętościowego.
3. Charakterystyki kompozytu opartego na cięgnach są w przybliżeniu charakterystykami materiału bazowego przeskalowanymi o współczynnik wypełnienia objętościowego.

Podjęto w współpracę z:



**DZIĘKUJĘ
ZA
UWAGĘ**



Zygmunt Kowalik
Katedra Mechatroniki
Wydział Elektryczny



E-mail
zygmunt.kowalik@polsl.pl



Politechnika
Śląska

