

Nowoczesne materiały magnetyczne w energooszczędnych systemach napędowych i energetycznych dla transportu szynowego

Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych

SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ INSTYTUT METALI NIEŻELAZNYCH



1952 Rozpoczęcie działalności Instytutu

1954 Rozpoczęcie działalności Oddziału Instytutu
w Skawinie

1974 Rozpoczęcie działalności Oddziału Instytutu
w Legnicy

2007 Rozpoczęcie działalności Oddziału
Instytutu w Poznaniu

2019 Powstanie Sieci Badawczej Łukasiewicz





Energetyka, transport i ochrona środowiska

MATERIAŁY – dokąd zmierzamy?

B_s : 1.0 – 1,9 T

μ_i : 50 – 200 000

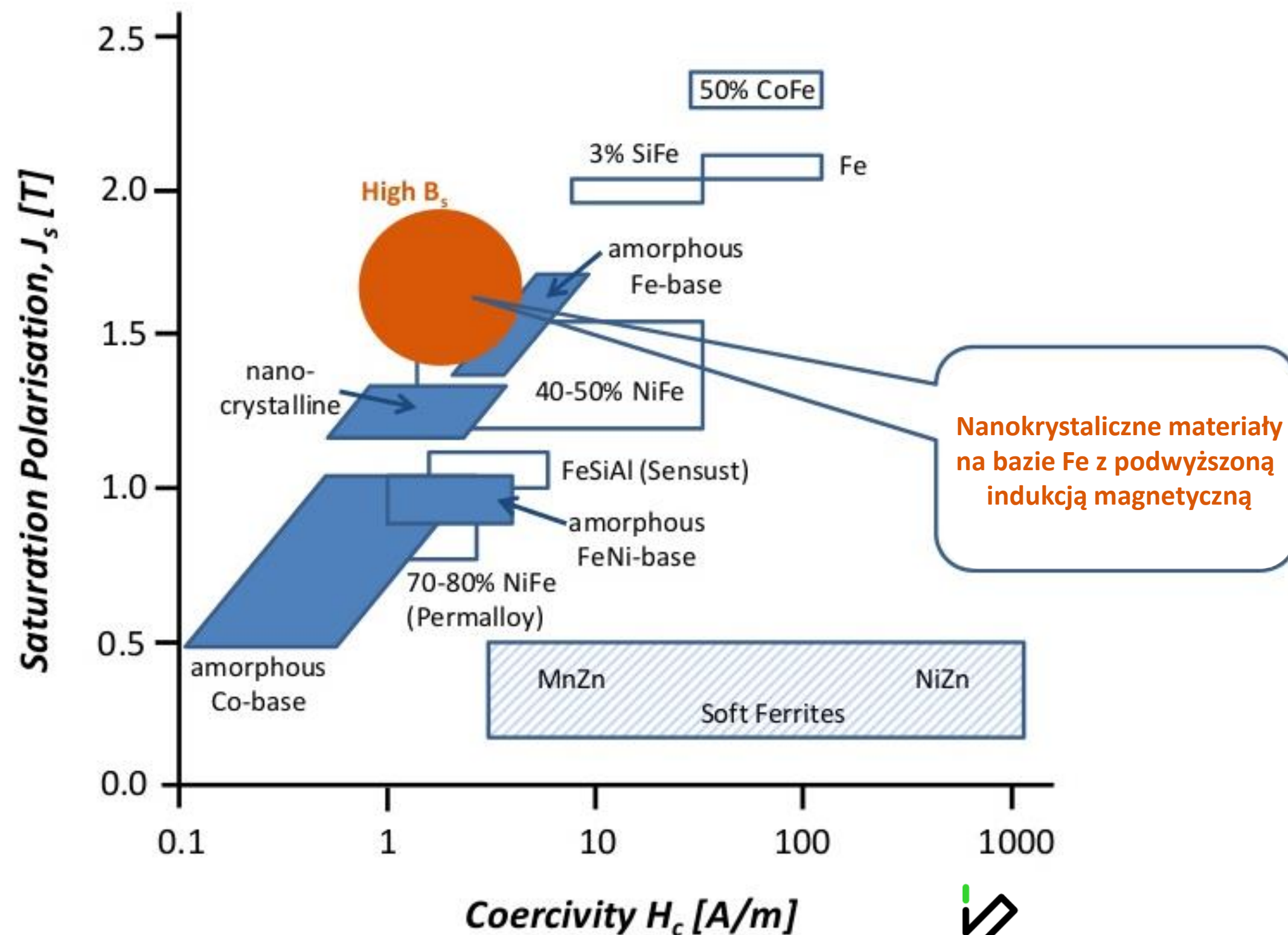
μ_{max} : 50 – 650 000

T_p : do 150°C

Obniżone straty mocy w rdzeniu w stosunku do materiałów klasycznych

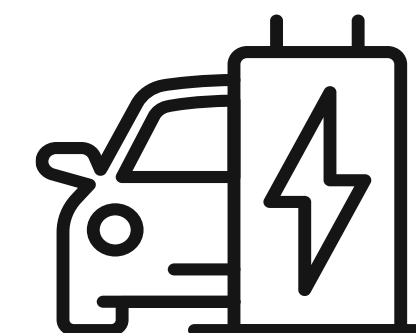
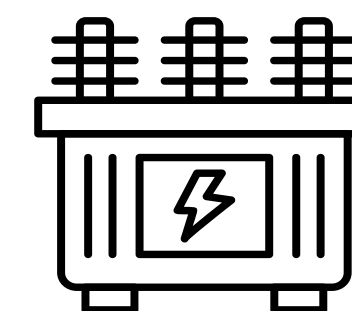
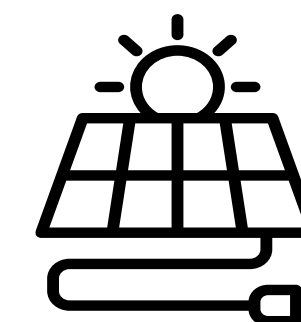
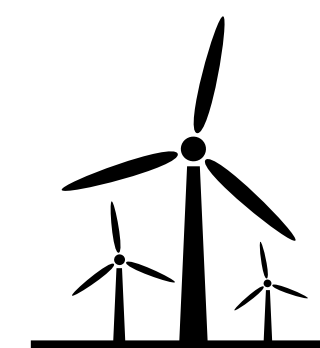
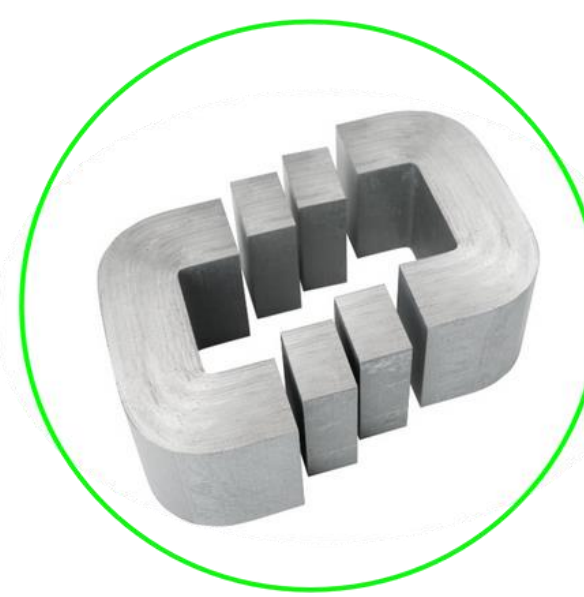
Amorficzne i nanokrystaliczne materiały

$Fe_{84}Si_2B_{14}$	Do 1,65 T
$Fe_{67}Co_{20}B_{13}$	Do 1,83 T
$Fe_{80}Co_4Si_2B_{14}$	Do 1,71 T
$Fe_{73,5}Cu_1Nb_3Si_{13,5}B_9$	Do 1,2 T
$Fe_{64,5-84,5}Co_{0-20}Nb_5B_{8,5}P_2$	Do 1,68 T
$Fe_{13,8}Co_{65}Cu_{0,6}Nb_{2,6}Si_9B_9$	Do 1,1 T
$Fe_{79,05-79,8}Co_2Mo_{0,2}Cu_{0-0,75}Si_4B_{14}$	Do 1,6 T
$(FeNi_{5-10})_{78,8}Cu_{0,6}Nb_{2,6}Si_9B_9$	Do 1,4 T
$Fe_{64-84}Co_{0-20}B_{12}Nb_1Si_2Cu_1$	Od 1,6 do 1,97 T



Rdzenie magnetycznie miękkie

Dławiki
Transformatory
Statory silników
elektrycznych



Projektowanie
nowoczesnych
materiałów

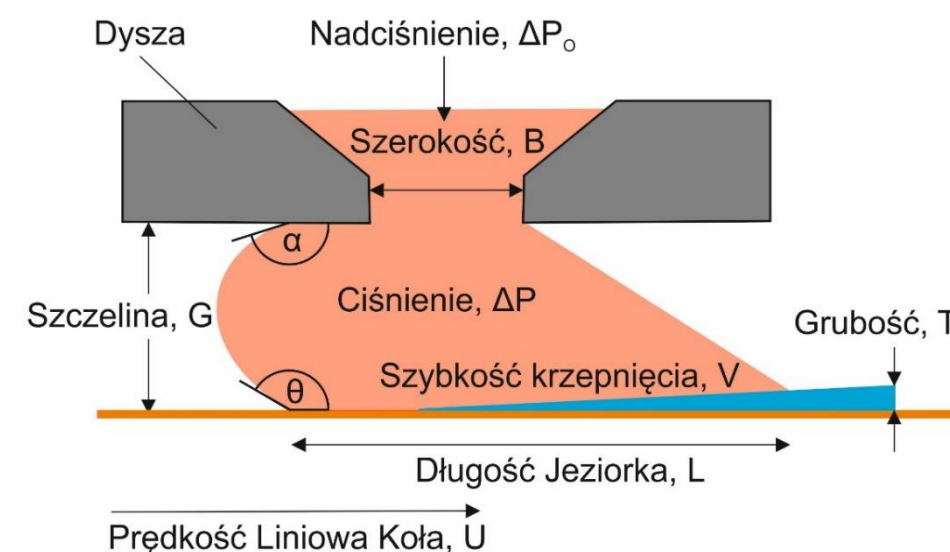
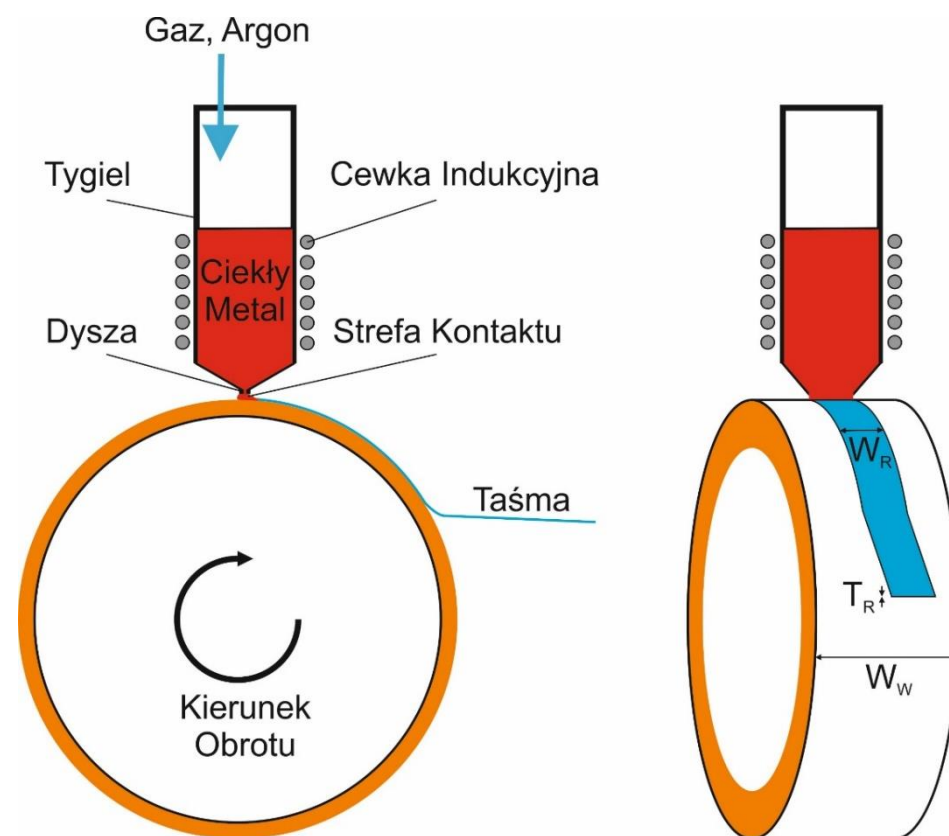
Wytwarzanie taśm
amorficznych

Produkcja rdzeni
magnetycznych

Aplikacja

Wytwarzanie taśm amorficznych, metoda PFC (Planar Flow Casting)

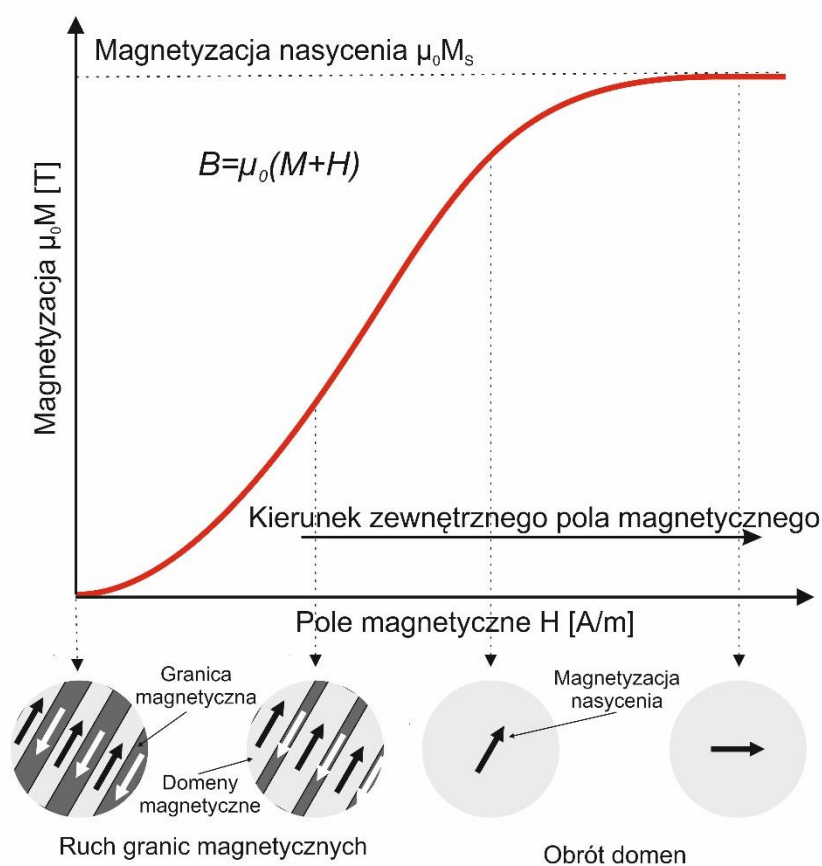
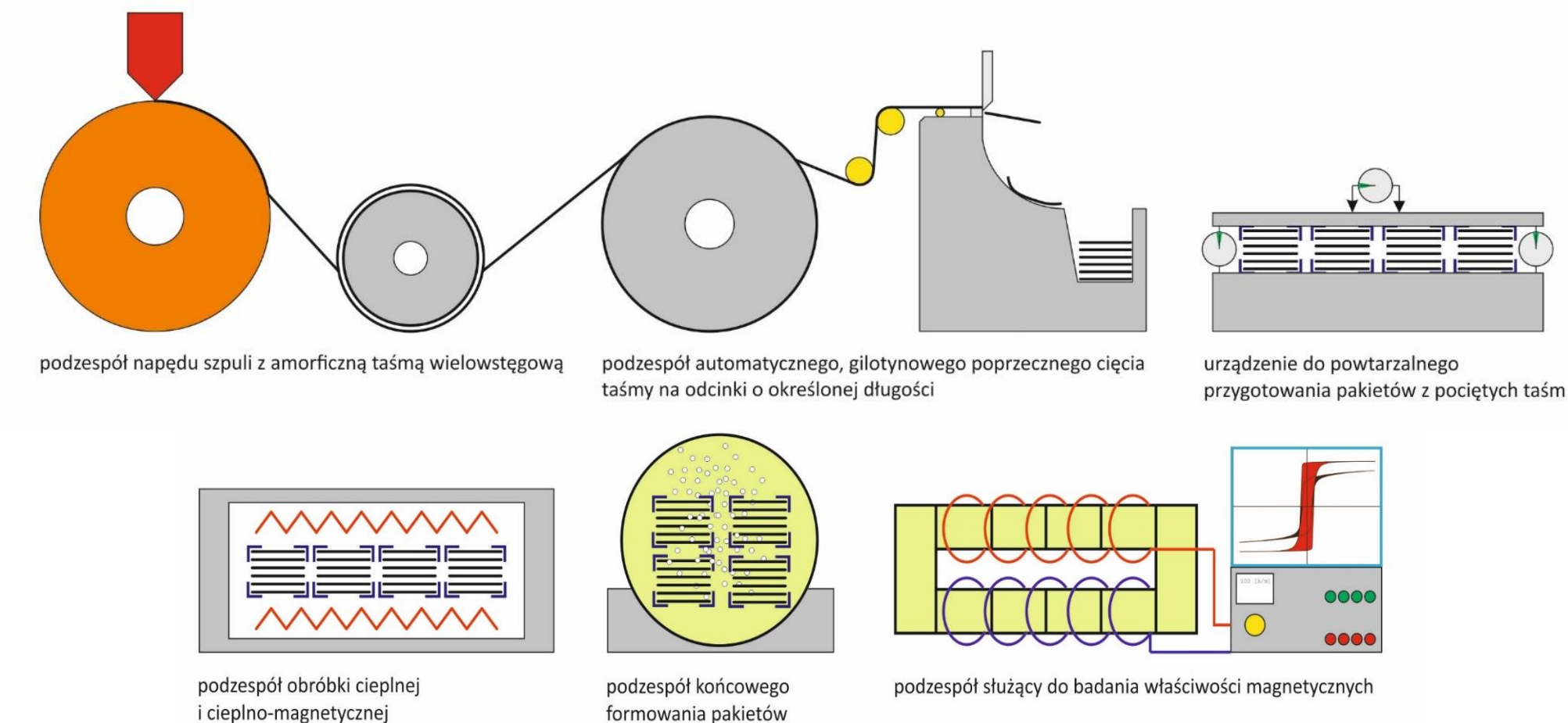
Wytwarzanie rdzeni blokowych, pakietowanych i składanych



Obróbka cieplna i cieplno-magnetyczna

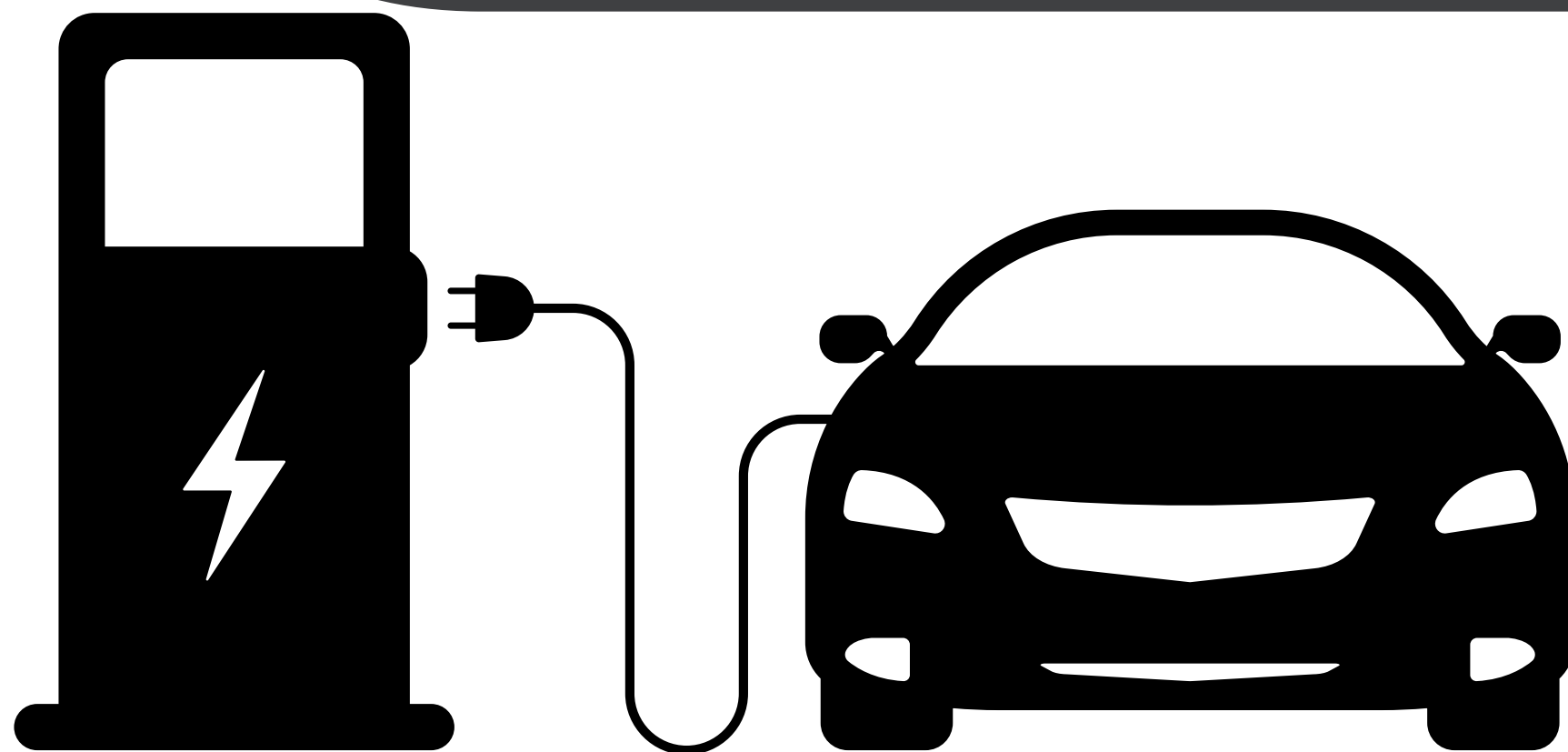


Nasączenie i utwardzanie rdzeni



Miękkie rdzenie magnetyczne - zastosowanie

Materiały nanokrystaliczne na bazie Fe



Zastosowanie materiałów nanokrystalicznych w szybkiej ładowarce do samochodów elektrycznych



1. Przekładniki prądowe
2. Detektor prądu różnicowego
3. Filtr trybu wspólnego
4. Filtry EMC
5. Dławik AC
6. Transformator DAB (DC-DC).
7. Transformator średniej częstotliwości
8. Induktory PFC

Możliwe korzyści z zastosowania materiałów nanokrystalicznych

- Dokładność 99%.
- Sprawność 99%.
- Redukcja strat w rdzeniu
- Wyższe tłumienie filtra przy częstotliwościach szerokopasmowych
- Bezpieczeństwo: szybki czas reakcji

Miniaturyzacja

Do:

- 40% mniej uzwojeń miedzianych
- 70% mniejsza waga
- 60% mniejsza objętość

Redukcja śladu węglowego

- o 50% niższy ślad węglowy

Miękkie rdzenie magnetyczne - zastosowanie

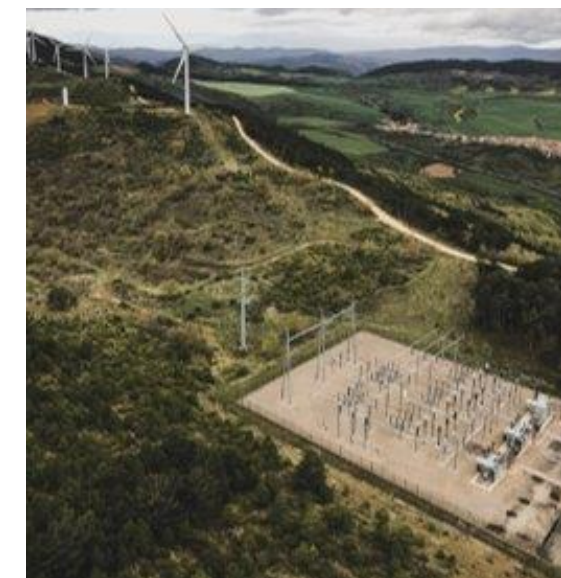
Materiały nanokrystaliczne na bazie Fe



Zastosowanie materiałów nanokrystalicznych w turbinie wiatraka



**• Stojan generatora
• Dławik filtra**



Możliwe korzyści z zastosowania materiałów nanokrystalicznych



- Dokładność 99%.
- Sprawność 99%.
- Redukcja strat w rdzeniu
- Wyższe tłumienie filtra przy częstotliwościach szerokopasmowych



Miniaturyzacja

Do:

- 40% mniej uzwojeń miedzianych
- 70% mniejsza waga
- 60% mniejsza objętość



Miękkie rdzenie magnetyczne - zastosowanie

Materiały nanokrystaliczne na bazie Fe



Zastosowanie materiałów nanokrystalicznych w przekładnikach prądowych



Firmy korzystające z naszych rozwiązań



FANINA



Użytkownicy końcowi,
dystrybutorzy energii elektrycznej



Możliwe korzyści z zastosowania materiałów nanokrystalicznych



- Dokładność 99%.
- Sprawność 99%.
- Redukcja strat w rdzeniu



Miniaturyzacja

Do:

- 40% mniej uzwojeń miedzianych
- 70% mniejsza waga
- 60% mniejsza objętość



Łukasiewicz

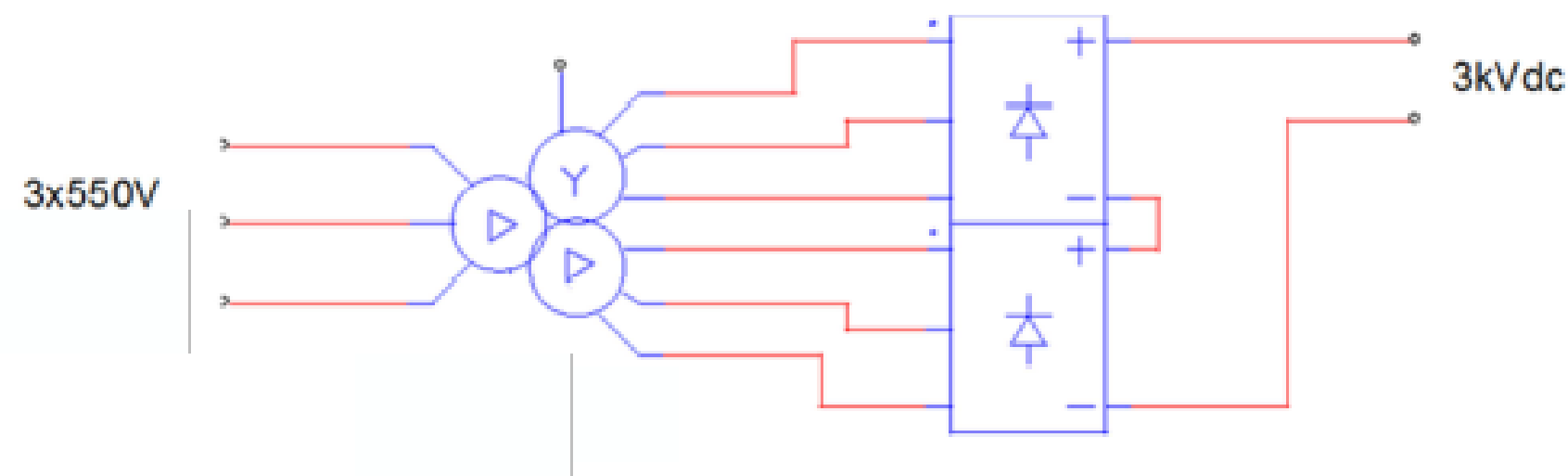
Instytut Metali Nieżelaznych



DEMONSTRATOR + UOD-DEM-1-209/001

Miękkie rdzenie magnetyczne - zastosowanie

Transformatory mocy w kolejnictwie, lokomotywa SM42 – transformator potrzeb własnych o mocy 400 kVA



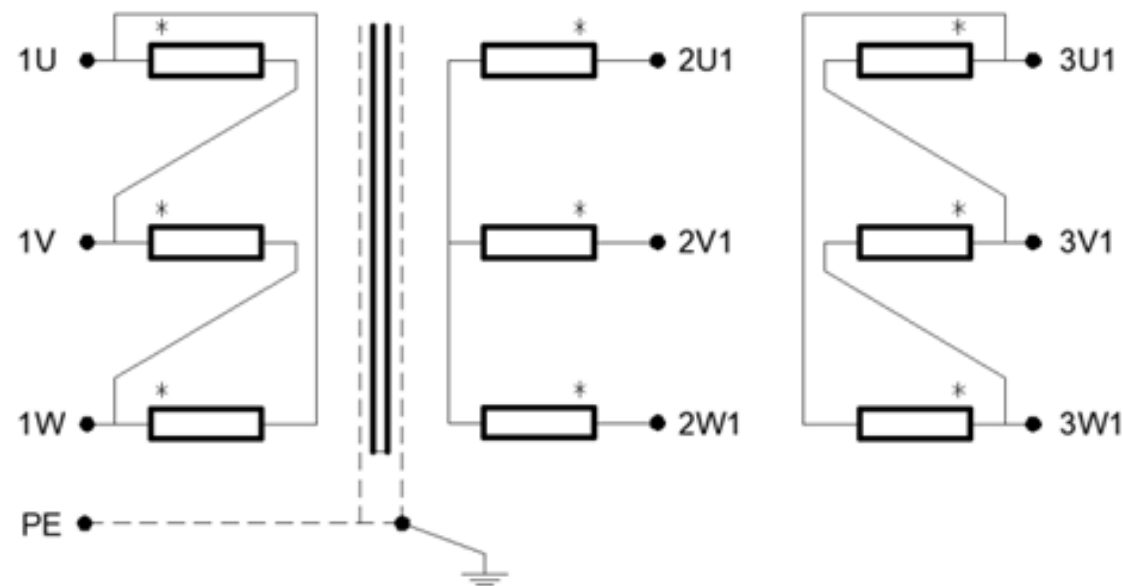
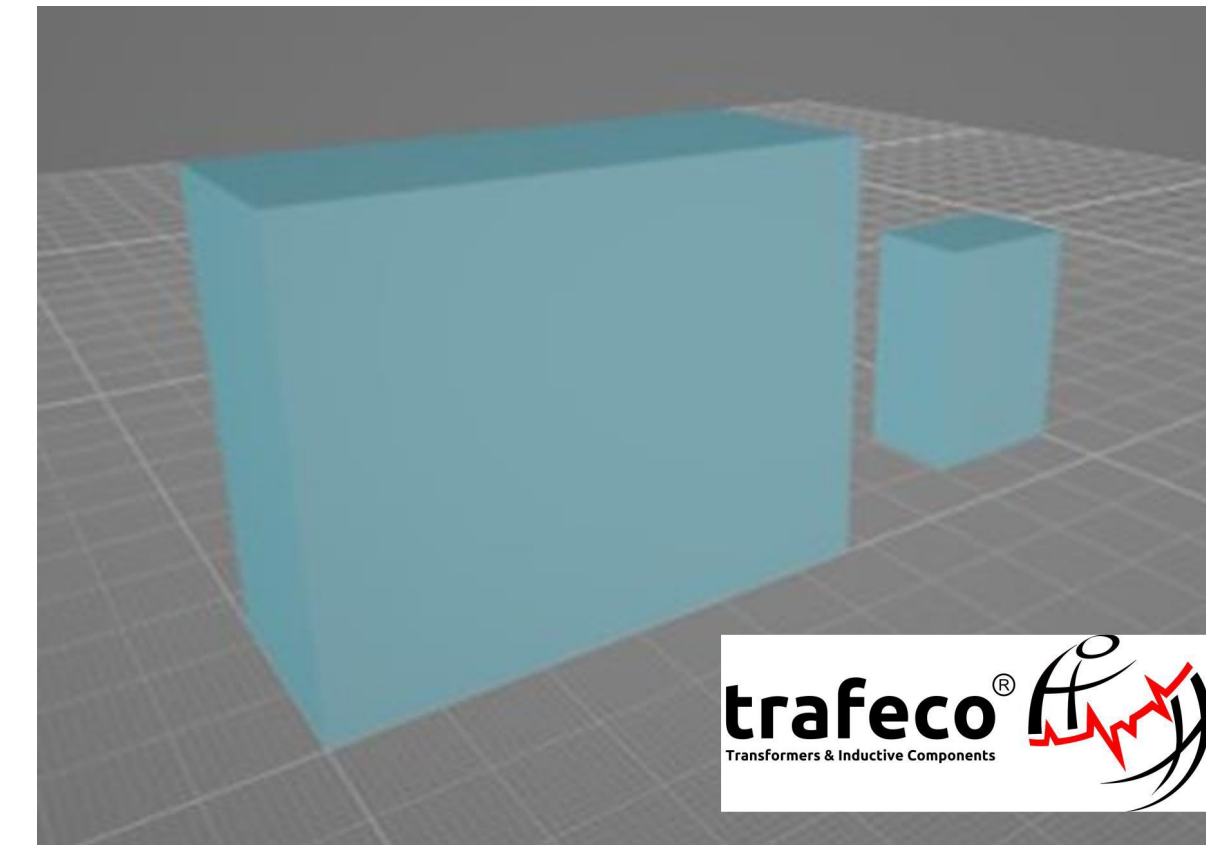
3TT-400kVA 3x550//3x1280/3x1280 Dd0y11



Miękkie rdzenie magnetyczne - zastosowanie

Parametry techniczne transformatora 400 kVA – wyniki obliczeń dla częstotliwości 50 Hz i 5 kHz

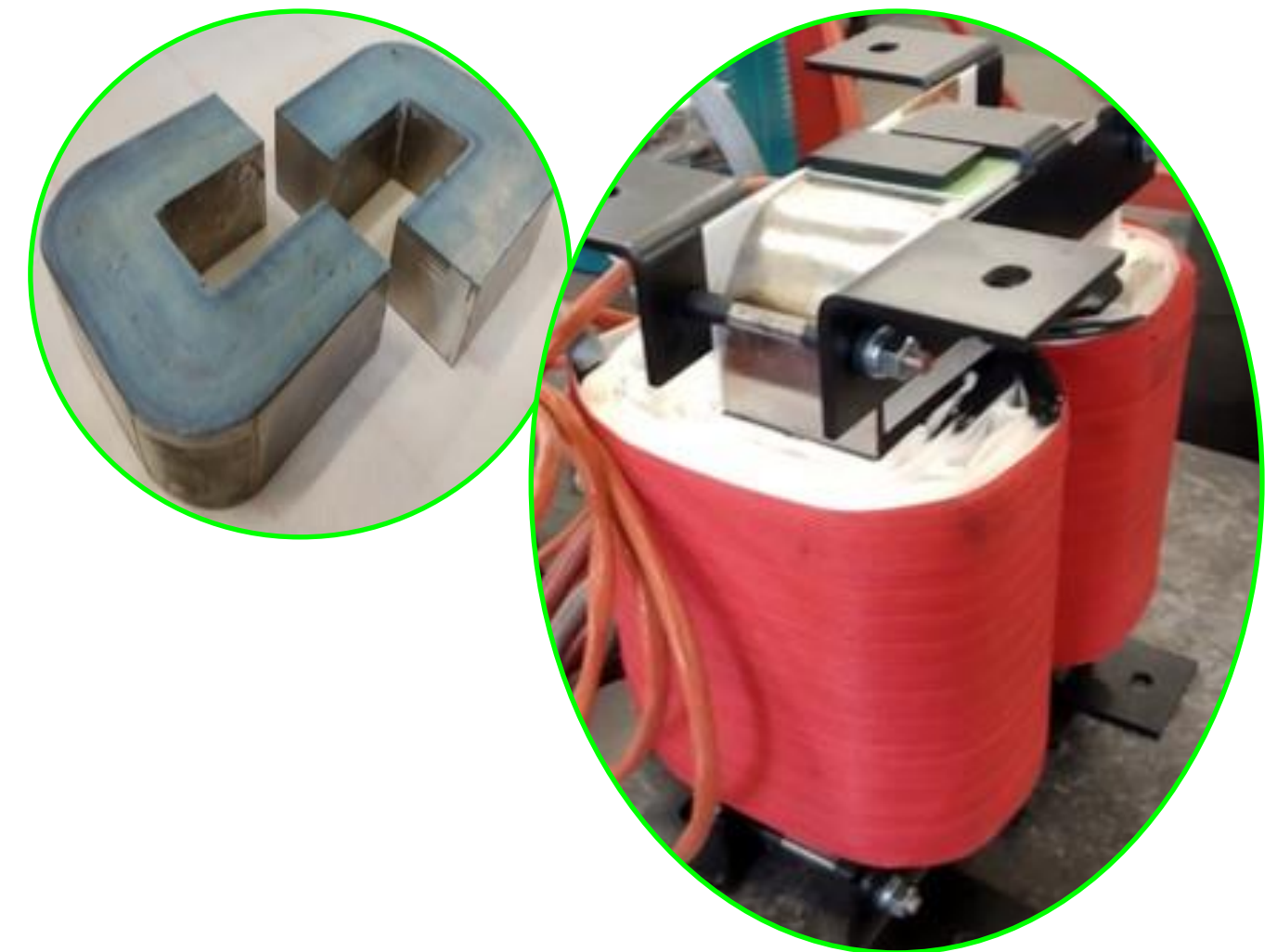
Typ transformatora	3TTK - 400kVA 550//1280V/1280V Dd0y11	
Częstotliwość	50 - 90 Hz	5 kHz
Typ rdzenia	3UI 170/200/1020/920/3	3UI 520/430-80/120
Przekrój kolumny rdzenia	3 schodkowy	prostokątny
Materiał rdzenia	blacha transformatorowa 0,3mm ET-140-30	taśma nanokrystaliczna 25um FINEMET
Nsp. wypełnienia Afe	~ 97 %	~ 85 %
Masa rdzenia	729 kg	108 kg
Wymiary rdzenia LxBxH	1020 x 173 x 920 mm	520 x 120 x 430 mm
Materiał uzwojeń	przewody profilowe ALU	blacha ALU grubości 0,2mm
Masa transformatora	~ 1030 kg	~ 154 kg
Wymiary transformatora	1330 x 550 x 1060 mm	660 x 300 x 450 mm



Typ transformatora	3TTK - 400kVA 550//1280V/1280V Dd0y11		
Materiał rdzenia	blacha transformatorowa 0,3mm ET-140-30 (Stalprodukt)		taśma nanokrystaliczna 25um FINEMET (IMN Gliwice)
Moc	400 kVA		
Napięcie /prąd pierw.	550 V / 210 A		
Napięcie / prąd wt.	2x 1280 V / 2x 52,1A		
Częstotliwość	50 - 90 Hz		5 kHz
Grupa połączeń	Dd0y11		
Indukcja	1,57 T		0,35 T
	obliczenia	pomiary	obliczenia
Napięcie zwarcia	3,05 %	3,74%	2,8 %
Prąd jałowy	0,4 %	0,51%	0,4 %
Straty w rdzeniu	1402 W	1440 W	660 W
Straty w uzwojeniu	4414 W	4480 W	1128 W
Sprawność	98,57 %	98,52 %	99,55 %

Miękkie rdzenie magnetyczne - zastosowanie

Jednofazowe transformatory z rdzeniami nanokrystalicznymi typu 2U średnich częstotliwości – przetwornice statyczne potrzeb własnych wagonów



Transformator przetwornicy statycznej:

2TTFK-35 1050//2x350V 1,7kHz T40H AN S1

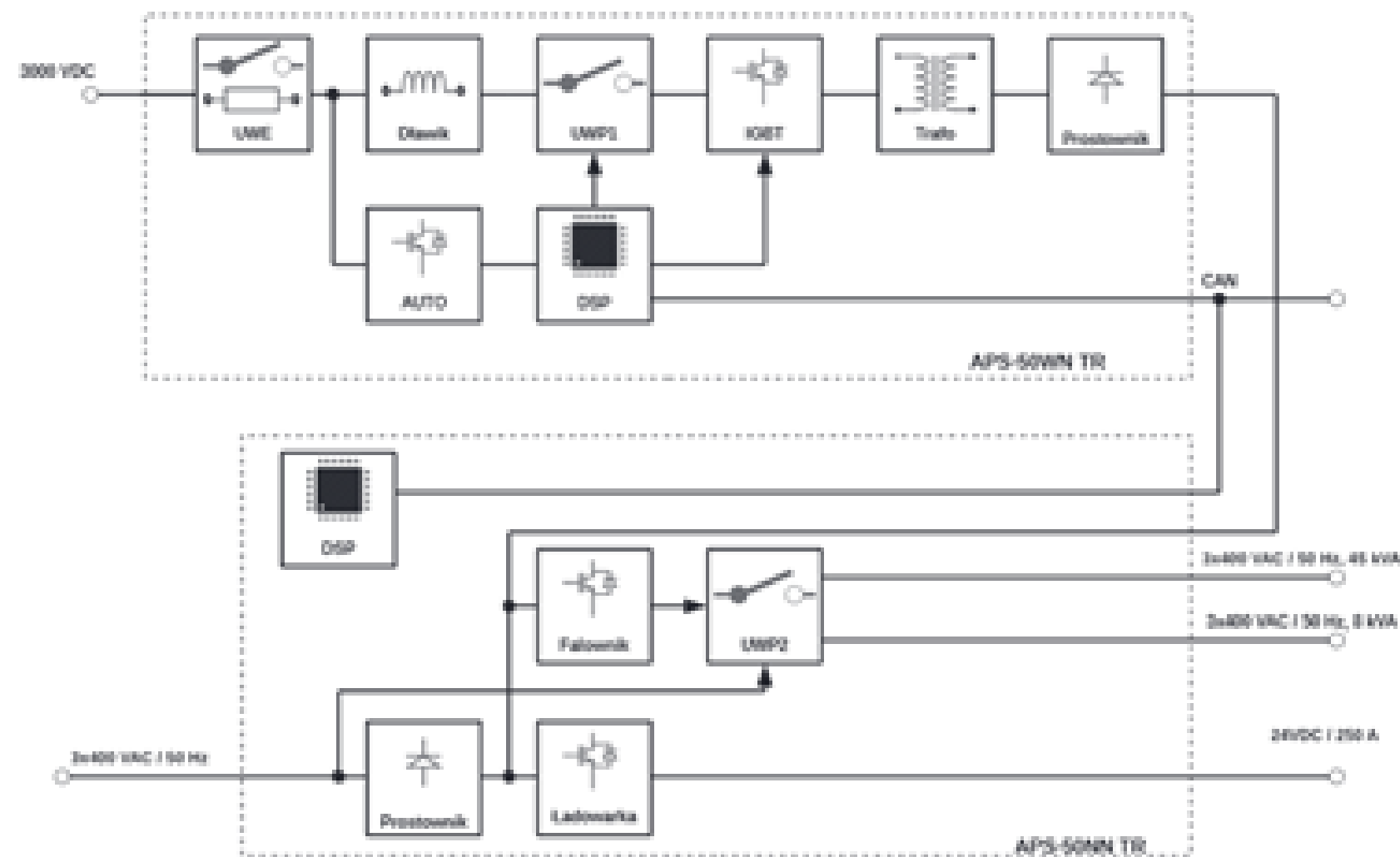
- Strefa zabrudzenia PD3
- Standard palności UL94 V0
- Próba napięciowa AC4 / AC10

Miękkie rdzenie magnetyczne - zastosowanie

Jednofazowe transformatory z rdzeniami nanokrystalicznymi toroidalnymi średnich częstotliwości – przetwornice statyczne potrzeb własnych wagonów

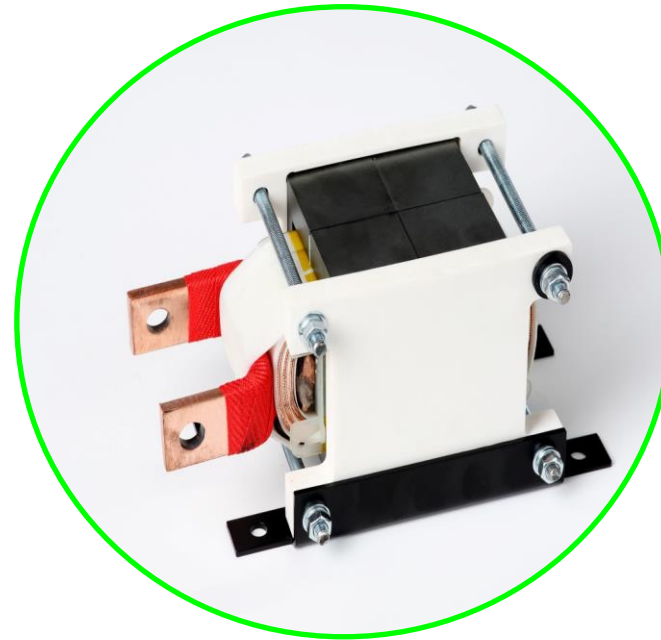


SCHEMAT BLOKOWY PRZETWORNICY STATYCZNEJ BFI 50T-TR:



Miękkie rdzenie magnetyczne - zastosowanie

Transformatory z rdzeniami nanokrystalicznymi oraz dławiki i zestawy dławików średnich częstotliwości dla przetwornic kolejowych



Transformatory i elementy indukcyjne przetwornic:

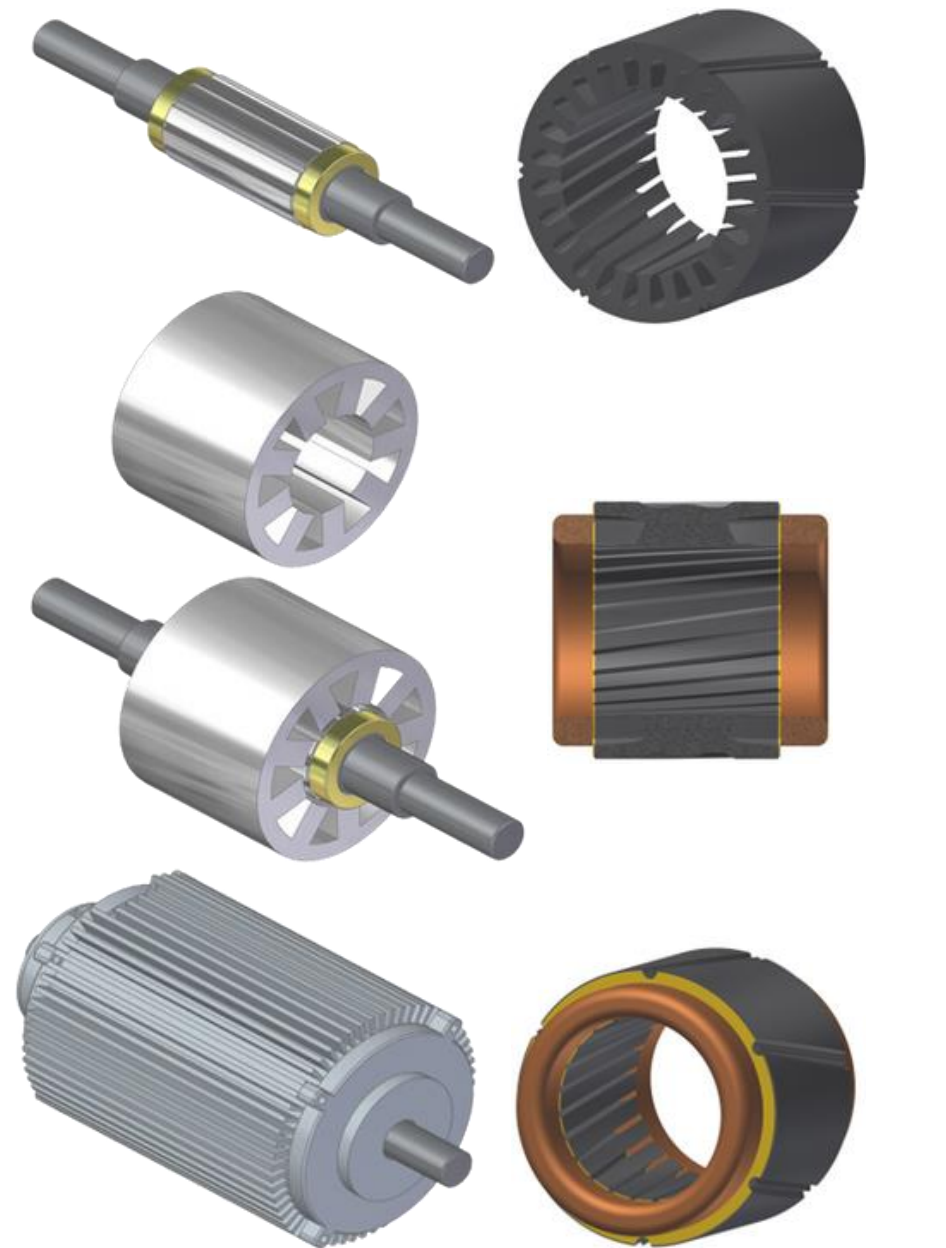
Częstotliwość pracy 1-100kHz

- Rdzeń nanokrystaliczny lub ferrytowy
- Uzwojenie miedziana lica
- Obudowa aluminiowa lub konstrukcja kompozytowa
- Transformator zalewany żywicą epoksydową
- Zaciski szyny miedziane lub końcówki kablowe



Miękkie rdzenie magnetyczne – technologia stojanów

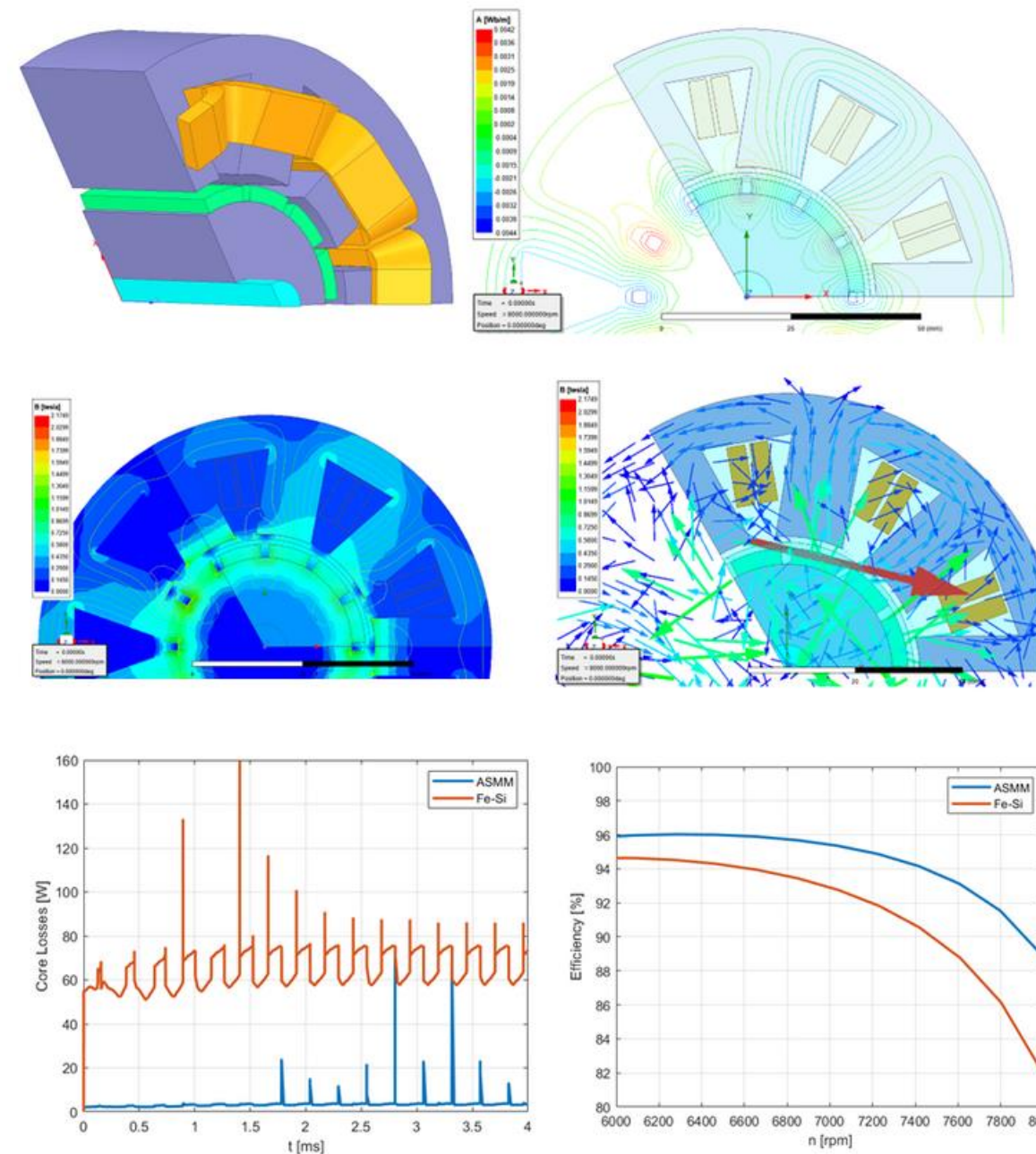
Projekt



Moc nominalna 2 kW
8000 obr/min

Moc nominalna 1,4 kW
9500 obr/min

Symulacje komputerowe (ANSYS) do określania strat w materiale



Charakterystyki wyznaczone na podstawie modelu komputerowego
w programie ANSYS
a) $h=f(n)$; b) $P_{\text{los}}=f(t)$

Technologia produkcji rdzenia stojana



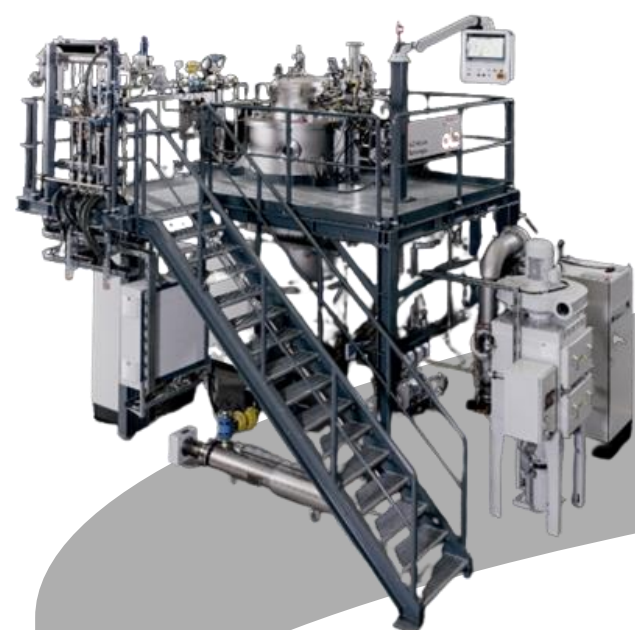


Technologie przyrostowe

Zakres prac prowadzonych z wykorzystaniem technologii SLM/SLS



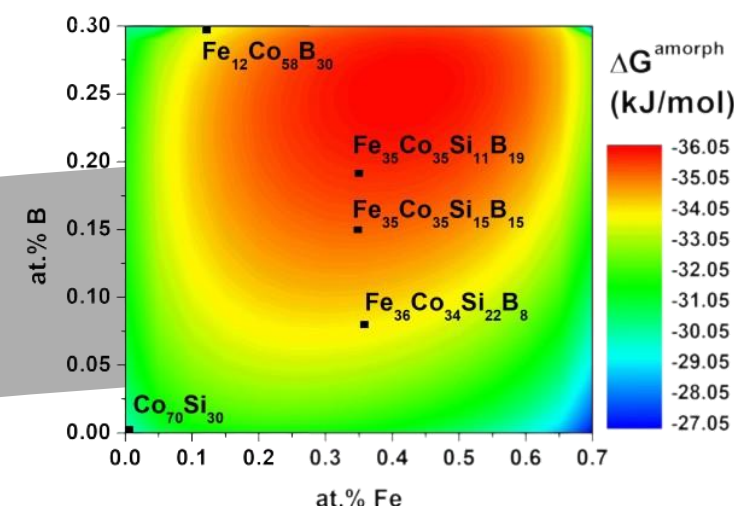
Łukasiewicz
Instytut Metali Nieżelaznych



Atomizacja gazowa



Produkcja stopu
wstępnego



Projektowanie stopu

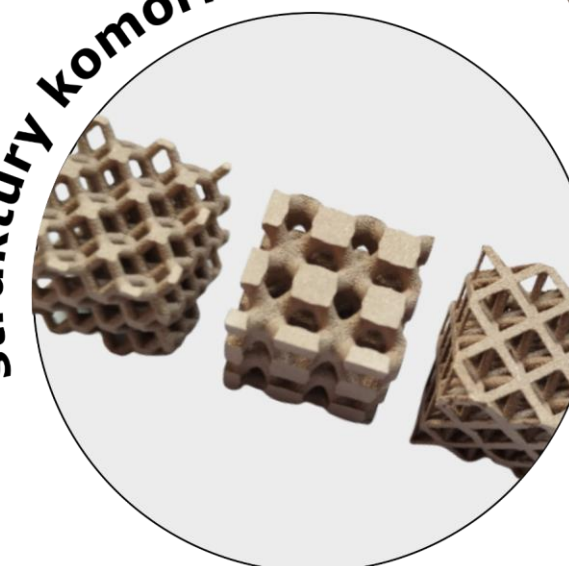
próbki do analizy strukturalnej



katalizatory i filtry



struktury komórkowe



elementy cienkościenne



Optymalizacja procesu SLM



Analiza struktury i właściwości
fizykochemicznych wydruków



Testowanie prototypów

Wytwarzanie proszków sferycznych



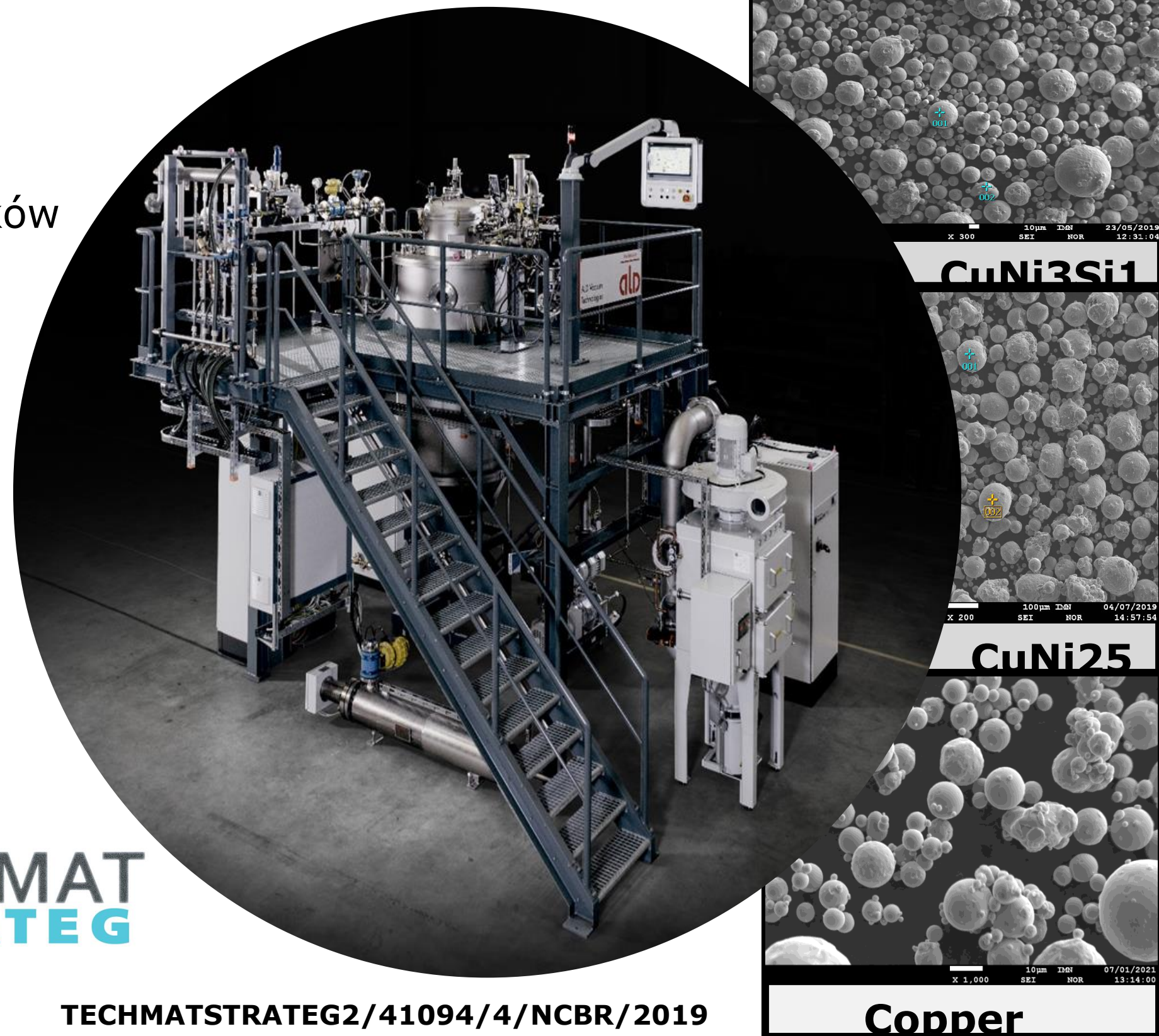
Łukasiewicz
Instytut Metali Nieżelaznych

Możliwości wytwórcze

- ❑ stop wstępny w postaci wlewków lub kawałków (maksymalnie **15 kg/proces**)
- ❑ wydajność atomizacji na poziomie **7-15 kg/min**
- ❑ maksymalna temp. równa **1750 °C**
- ❑ ciśnienie gazu **10-40 bar**
- ❑ ochronna atmosfera **argonu**



TECHMATSTRATEG2/41094/4/NCBR/2019



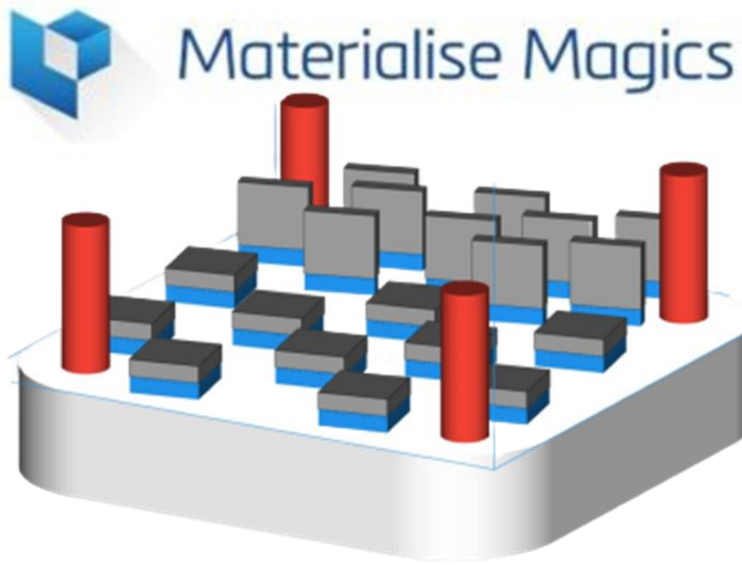
Produkcja elementów metalowych z wykorzystaniem technologii SLM/SLS



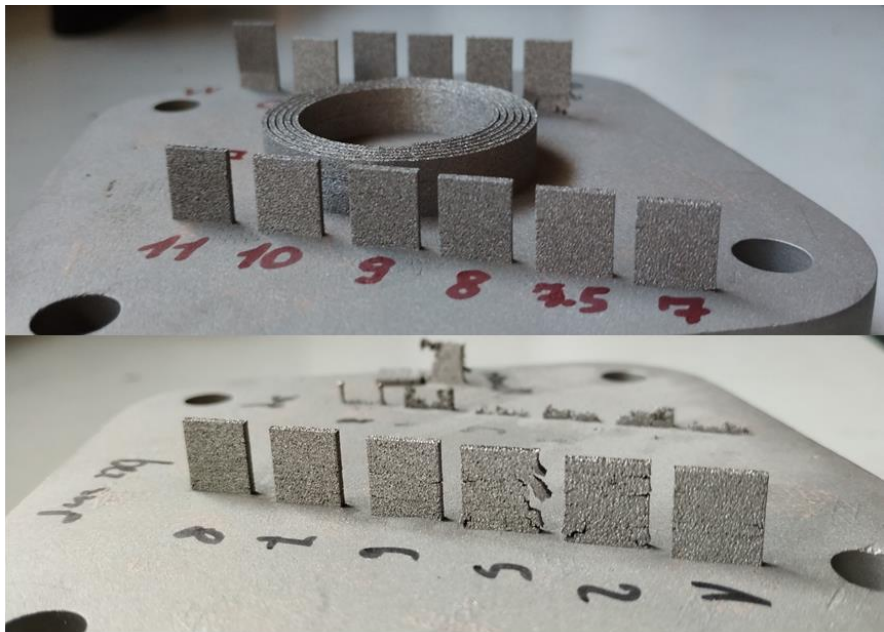
Łukasiewicz
Instytut Metali Nieżelaznych

TECHMATSTRATEG2/41094/4/NCBR/2019

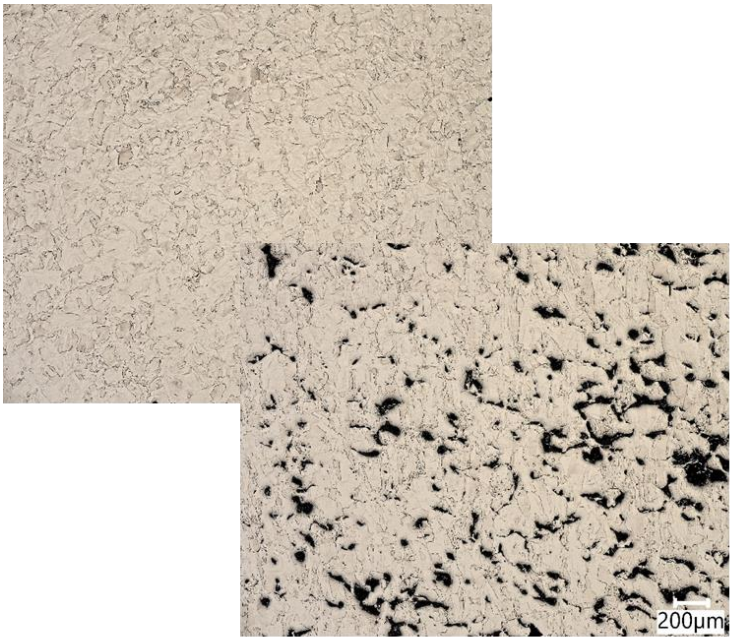
Przestrzeń robocza	125 x 125 x 125 mm
Parametry optyki:	Single (1x 400 W) IPG fiber laser
Szybkość drukowania:	up to 25 cm ³ /h
Minimalny rozmiar elementu:	140 μm
Średnica wiązki lasera:	70 μm - 100 μm
Maksymalna prędkość skanowania:	10 m/s



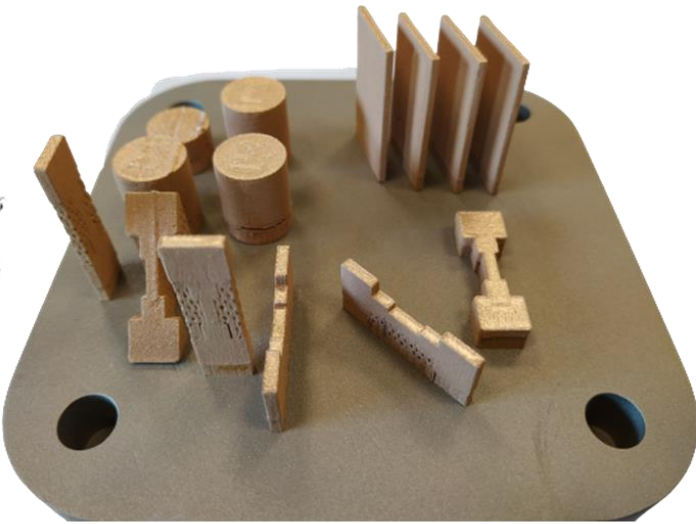
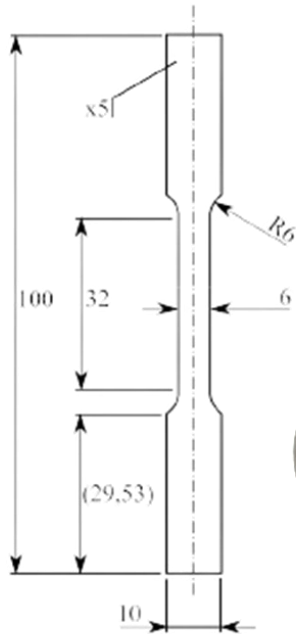
opracowanie strategii drukowania oraz trójwymiarowych modeli



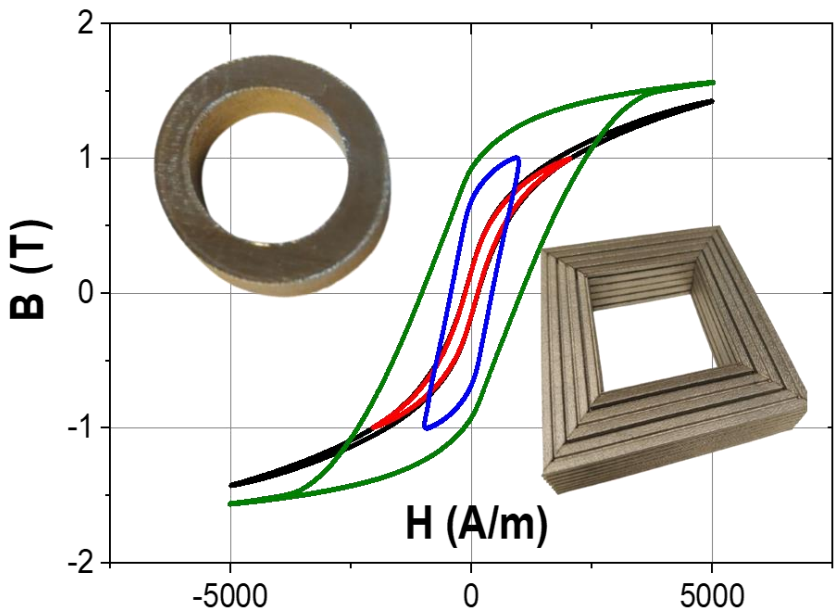
optymalizacja parametrów drukowania



analiza strukturalna



badanie właściwości mechanicznych



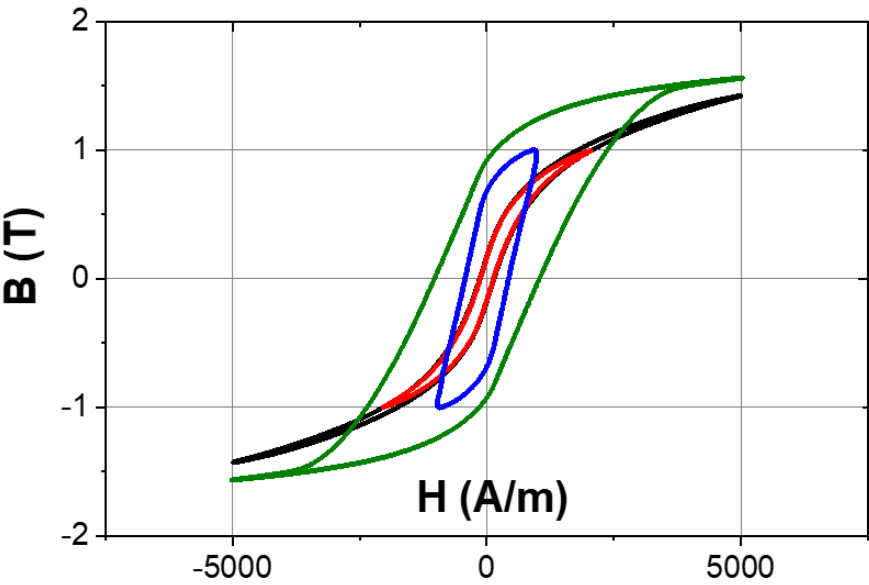
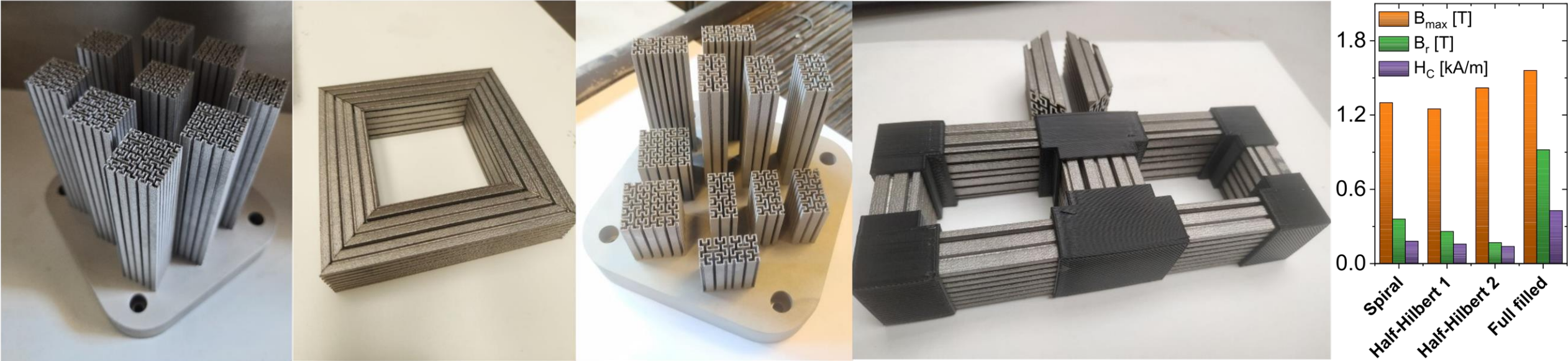
badanie właściwości funkcjonalnych



wytwarzanie elementów o skomplikowanym kształcie

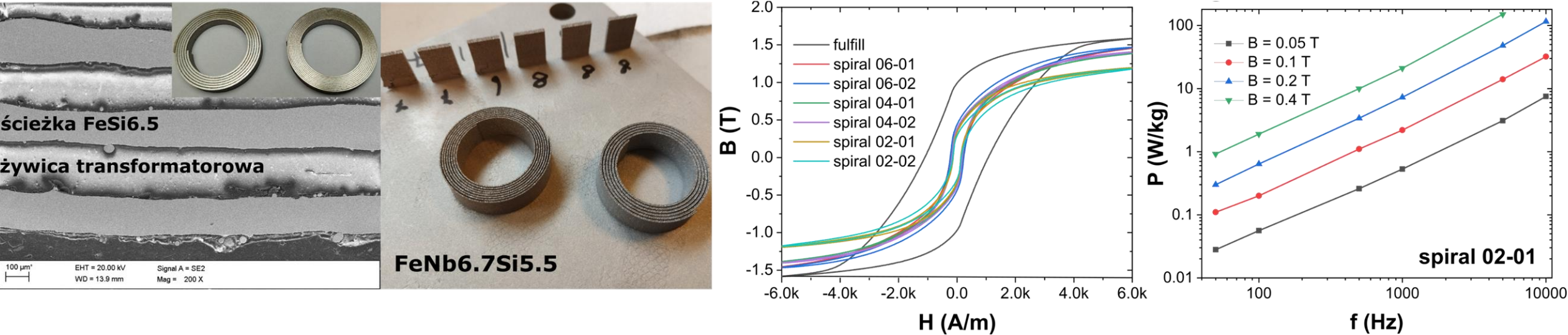
Produkcja elementów specjalnych - właściwości magnetyczne

Wytwarzanie rdzeni prostokątnych o zredukowanej masie oraz obniżonych stratach całkowitych



Optymalizacja topologii

Wytwarzanie rdzeni toroidalnych do zastosowań wysokoczęstotliwościowych o zredukowanej masie i stratach całkowitych



Produkcja elementów metalowych z wykorzystaniem technologii SLM/SLS

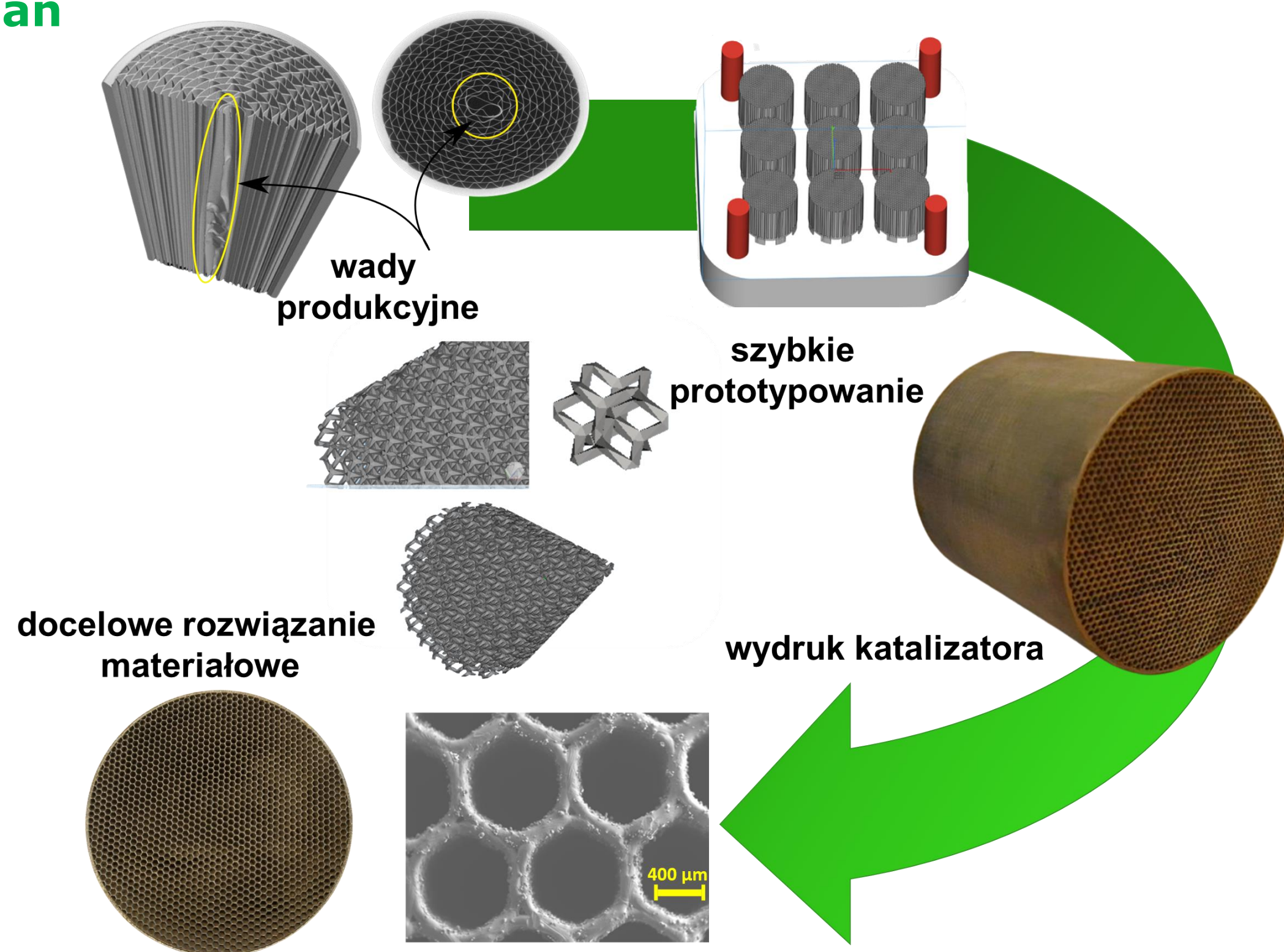


Łukasiewicz

Instytut Metali Nieżelaznych

Możliwości i zakres wykonywanych badań

- Identyfikacja realnych problemów,
- Szybkie prototypowanie (testy możliwości wytwarzania z wykorzystaniem technologii AM; badania powtarzalności druku),
- Produkcja nośników katalizatora o wymiarach umożliwiających jego przetestowanie w warunkach rzeczywistych,
- Optymalizacja wymiarów, ilości i kształtu porów,
- Produkcja addytywna katalizatorów o otwartych porach z określonym przepływem gazu/cieczy,
- Określenie możliwości osadzania katalizatora na nośniku metalicznym,
- Testy w warunkach rzeczywistych,
- Analiza nowych, innowacyjnych rozwiązań materiałowych i konstrukcyjnych.





Dyrektor Centrum

prof. dr hab. Aleksandra Kolano-Burian

aleksandra.kolano-burian@imn.lukasiewicz.gov.pl