Centrum Materiałów Funkcjonalnych

Centre of Functional Materials

Łukasiewicz
Instytut Metali Nieżelaznych

SPIS TREŚCI / Table of Contents

1. **O CENTRUM MATERIAŁÓW FUNKCJONALNYCH** / Centre of Functional Materials ... 4
2. **WSTĘP** / Intro duction ... 6
3. **SYNTEZA MATERIAŁÓW** / Synthesis of materials ... 8

3.1 Linia pilotażowa wytwarzania amorficznych i nanokrystalicznych materiałów magnetycznie miękkich / A pilot-scale line for the production of amorphous and nanocrystalline soft magnetic materials ... 9
3.2 Indukcyjne piece próżniowe VIM-LAB 2,5-20 i VIM-LAB 50-60 / Vacuum induction furnaces VIM LAB 2,5-20 and VIM-LAB 50-60 ... 10
3.3 Piec łukowy MAM-1 (Edmund Buhler GmbH) / Arc furnace MAM-1 (Edmund Bühler GmbH) ... 12
3.4 Wysokoenergetyczne młynki planetarne / High-energy planetary mills ... 13
Rozwój technologii odlewania taśm szykoschładzanych z wykorzystaniem techniki „melt-spinning" w Instytucie Metali Nieżelaznych 1979 - 2018 ... 14
3.5 Maszyny odlewnicze taśm amorficznych / Amorphous ribbon casting machines ... 15
3.6 Atomizer / Atomization unit ... 17
3.7 Obróbka cieplna / Heat treatment ... 19
3.8 Linia do wytwarzania nitów stykowych / Contact materials production line ... 26
3.9 Urządzenie do otrzymywania mikro i nanowłókien / Device for obtaining the following microfibers and nanofibers types ... 31

4. **APARATURA POMIAROWA** / Measurement equipment ... 32

4.1 Dyfraktometr rentgenowski MiniFlex (Rigaku) / X-ray diffractometer MiniFlex (Rigaku) ... 33
4.2 Podgrzewany stolik laboratoryjny anton paar BTS 500 do dy fraktometru rigaku miniflex / Benchtop heating stage anton paar BTS 500 for rigaku miniflex diffractometer ... 34
4.3 Dyfraktometr rentgenowski SmartLab (Rigaku) / X-ray diffractometer SmartLab (Rigaku) ... 35
4.4 Kalorymetr typu DSC 404C Pegasus (Netzsch) / DSC 404C Pegasus calorimeter (Netzsch) ... 36
4.5 Skaningowa kalorymetria różnicowa / Differential scanning calorimetry ... 38
4.6 STA 449 F3 Jupiter (Rhodium furnace) / STA 449 F3 Jupiter (Rhodium furnace) ... 39
4.7 STA 449 F3 Jupiter (water vapor furnace) / STA 449 F3 Jupiter (water vapor furnace) ... 40
4.8 Dynamiczny analizator mechaniczny DMA – Netzsch 242 E Artemis / Dynamic Mechanical Analysis DMA – Netzsch 242 E Artemis ... 41
4.9 Dylatometr typu DIL 402 C (Netzsch) / DIL 402 C dilatometer (Netzsch) ... 42
4.10 System pomiarowy Permagraph L (Magnet-Physik GmbH) / Permagraph L measurement system(Magnet-Physik GmbH) ... 43
4.11 Systemy pomiarowe REMACOMP C-100 i C-1200 (Magnet-Physics GmbH) / Remacomp C-100 and C-1200 measurement systems ... 44
4.12 System kontroli dławików / Power choke tester ... 45
4.13 Stanowisko pomiarowe oparte o oscyloskop Tektronix / Tektronix oscilloscope based measurement system ... 46
4.14 Analizator impedancji Agilent 4294A z przystawką do pomiaru rdzeni toroidalnych / Impedance analyser Agilent 4294A with a fixture for magnetic measurements ... 47
4.15 Spektrometr Dielektryczny Novocontrol Concept 81 / Dielectric Spectrometer Novocontrol Concept 81 ... 48
4.16 Urządzenie do pomiaru efektu magnetokalorycznego (AMT&C, Ltd) / Magnetocaloric effect measurement setup (AMT&C, Ltd) ... 49
4.17 Urządzenie do pomiaru właściwości fizycznych w polu magnetycznym PPMS (Quantum Design) / Physical Property Measurement System PPMS (Quantum Design) ... 50
4.18 Urządzenie do badania zjawiska magnetycznej hipertemii / Device for magnetically induced hyperthermia effect measurements ... 52

5. **APARATURA POMOCNICZA** / Auxiliary equipment ... 53

5.1 Profesjonalna linia do preparatyki zgładów metalograficznych (STRUERS) / Professional line for preparation of metallographic micro-sections (STRUERS) ... 54
5.2 Szlifierka zadaniowa (FAS Głowno) / Production grinding machine (FAS Głowno) ... 54
5.3 Laserowy ploter tnący FB 750 (CadCam Technology) / Laser Cutting System FB 750 (CadCam Technology) ... 57
5.4 Magnesnica impulsowa (Magnet-Physik GmbH) / Impulse magnetiser K-series (Magnet-Physik GmbH) ... 58
5.5 Nożyca krążkowa / Slitting machine ... 59
5.6 Urządznie do cięcia taśm amorficznych / Slitting machine for amorphous ribbons ... 60
5.7 Urządzenie do impregnacji rdzeni magetycznych / Impegnation plant for magnetic cores ... 61
5.8 MAGNUTOM-500 (STRUERS) przecinarka automatyczna o dużej powierzchni roboczej / MAGNUTOM-500 (STRUERS) automatic, high capacity cutting machine ... 62

6. **RDZENIE MAGNETYCZNIE MIĘKKIE** / Soft magnetic cores ... 63

6.1 Rdzenie amorficzne / Amorphous cores ... 64
6.2 Rdzenie amorficzne o wysokiej przenikalności magnetycznej / Amorphous cores with high magnetic permeability ... 64
6.3 Rdzenie amorficzne do rozdzielczych transformatorów obniżających / Amorphous cores for step-down distribution transformers ... 66
6.4 Rdzenie amorficzne i nanokrystaliczne cięte, prostokątne na transformatory o podwyższonej częstotliwości pracy /Amorphous and nanocrystalline cut/rectangular transformer cores for operation at elevated frequencies ... 66
6.5 Rdzenie amorficzne o wysokiej indukcji nasycenia i obniżonej przenikalności magnetycznej / Amorphous cores with high saturation induction and reduced magnetic permeability ... 68
6.6 Rdzenie nanokrystaliczne o obniżonej przenikalności magnetycznej / Nanocrystalline cores with reduced magnetic permeability ... 69
6.7 Rdzenie nanokrystaliczne o wysokiej indukcji nasycenia i przenikalności magnetycznej / Nanocrystalline cores with high saturation induction and magnetic permeability ... 70
6.8 Rdzenie nanokrystaliczne o obniżonej remanencji / Nanocrystalline cores with reduced remanence ... 71
6.9 Rdzenie nanokrystaliczne o wysokiej indukcji nasycenia i obniżonej przenikalności magnetycznej / Nanocrystalline cores with high saturation induction and reduced magnetic permeability ... 72
6.10 Rdzenie amorficzne na transformatory średniej częstotliwości / A morphous cores for medium-frequency transformers ... 73

7. **LUTY TWARDE** / Brazing Alloys ... 75

7.1 Luty na osnowie niklu w postaci taśm amorficznych / Nickel base brazing in a form of amorphous foils ... 76
7.2 Luty na osnowie miedzi w postaci taśm amorficznych / Copper base brazing in a form of amorphous foils ... 77
7.3 Luty specjalne w postaci taśm amorficznych / Special brazing in a form of amorphous foils ... 78

1. Centrum Materiałów Funkcjonalnych
Centre of Functional Materials

O CENTRUM MATERIAŁÓW FUNKCJONALNYCH

Centrum Materiałów Funkcjonalnych pod kierownictwem dr hab. Aleksandry Kolano-Burian, samodzielną działalność rozpoczął w 2013 roku, kontynuując tematykę badawczą realizowaną w Laboratorium Materiałów Szybkoschładzanych, które funkcjonowało w strukturze Zakładu Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Proszków. Zakład Materiałów Funkcjonalnych obecnie tworzą: Laboratorium Zaawansowanych Materiałów Magnetycznie Magnetycznych pod kierownictwem dr hab. Łukasza Hawełka, oraz Pracownia Technologii Wytwarzania Materiałów Funkcjonalnych pod kierownictwem dr inż. Marcina Polaka. Aktualna tematyka badawcza Zakładu wpisuje się w strategiczne kierunki rozwoju polskiej gospodarki i związana jest trendami rozwoju inżynierii materiałowej. Celem kierownictwa Zakładu jest dbałość o ciągły rozwój kadry naukowej oraz zaplecza badawczo-technologicznego pozwalającego na prowadzenie badań na światowym poziomie w zakresie przyszłościowych materiałów i technologii, ukierunkowanych na zastosowanie w gospodarce.

ABOUT CENTRE OF FUNCTIONAL MATERIALS

Department of Functional Materials under the supervision of dr hab. Aleksandra Kolano-Burian, Centrum started it's independent activity in 2013, continuing research topic carried out in the Laboratory of Rapidly Quenched Alloys, which functioned in the structure of the Department of Materials Science and Metallurgy Powders. The Department
of Functional Materials currently consists of: Laboratory Of Advanced Magnetic Materials under the supervision of dr hab. Łukasz Hawełek and the Laboratory of Functional Materials Production Technology under the supervision of dr inż. Marcin Polak. Current research topics of the Department are in line with the strategic directions of development of the Polish economy and are associated with the trends in the development of material engineering. The goal of the management is to ensure continuous development of the scientific staff and research and technological facilities allowing for the highest level research in the field of novel materials and technologies, oriented towards industrial applications.

POTENCJAŁ CENTRUM MATERIAŁÓW FUNKCJONALNYCH:

- kadra – najwyższej klasy naukowcy,
- liczne publikacje naukowe, patenty, wdrożenia, nagrody i wyróżnienia,
- nowoczesne zaplecze badawczo-technologiczne,
- linie pilotażowe,
- wieloletnie doświadczenie w prowadzeniu badań,
- doświadczenie w realizacji projektów krajowych i międzynarodowych,
- szeroka współpraca z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi,
- współpraca z przemysłem,
- akredytacja Polskiego Centrum Akredytacji
- w zakresie pomiarów magnetycznych.

OBSZARY DZIAŁALNOŚCI:

- nowe materiały i technologie dla energoelektroniki, energetyki, transportu i medycyny,
- nanokompozyty magnetycznie miękkie dla wysokoczęstotliwościowego przetwarzania dużych mocy,
- amorficzne i nanokrystaliczne dławiki filtrów dla poprawy jakości energii elektrycznej, materiały amorficzne i nanokrystaliczne pod kątem zastosowania do specjalnych przekładników prądowych dla liczników energii elektrycznej, energetyki i transportu,
- stojany amorficzne i nanokrystaliczne dla wysokoobrotowych silników elektrycznych oraz pomp wspomagania serca,
- technologia wytwarzania spoiw twardych w szczególności dla przemysłu chłodniczego i samochodowego,
- technologie przyrostowe – nowe rozwiązania dla energoelektroniki,
- materiały magnetokaloryczne dla techniki schładzania magnetycznego,
- technologia wytwarzania metalowych, ceramicznych i polimerowych
- kompozytów i bio-kompozytów na potrzeby przemysłowe i medyczne,
- wytwarzanie nitów stykowych,
- absorbery promieniowania elektromagnetycznego.

POTENTIAL OF THE CENTRE:

- staff - top-class scientists,
- numerous scientific publications, patents, implementations, awards and distinctions,
- modern research and technological equipment, pilot-scale lines
- many years of experience in conducting research,
- experience in national and international projects realization,
- wide cooperation with domestic and foreign research centers,
- cooperation with the industry,
- accreditation of the Polish Center for Accreditation
- in the field of magnetic measureme.

ACTIVITY AREAS:

- new materials and technologies for power electronics, energy, transport and medicine,
- soft magnetic nanocomposites for high-frequency high power conversion,
- amorphous and nanocrystalline chokes for improving the quality of electricity,
- amorphous and nanocrystalline materials for power transformers, energy and transport meters,
- amorphous and nanocrystalline stators for high-speed electric motors and heart support pumps,
- hard brazing alloys for the refrigeration industry and automotive,
- additive manufacturing - new solutions for power electronics,
- magnetocaloric materials for the magnetic cooling/ heating application,
- metal, ceramic and polymer composites and biocomposites for personalized application,
- contact rivets,
- electromagnetic absorbers.

2. WSTĘP
Introduction

CENTRUM MATERIAŁÓW FUNKCJONALNYCH

Centrum Materiałów Funkcjonalnych dysponuje nowoczesnymi urządzeniami do syntezy materiałów, jak również do ich pełnej charakteryzacji, poczynając od struktury, właściwości fizycznych, magnetycznych, termicznych aż po określenie parametrów czysto aplikacyjnych. Bazę badawczo-technologiczną stanowią urządzenia, w których wykorzystano najnowszą myśl techniczną, i przez to są one często unikatowe w skali całego kraju.

CENTRE OF FUNCTIONAL MATERIALS

Functional Materials Centre is in possession of modern equipment for materials synthesis and their full characterisation, including determination of their structure, physical, magnetic and thermal properties, and functional parameters. The research and technological background includes many unique equipment items built using the most recent technological achievements

MAMY MOŻLIWOŚĆ WYTWARZANIA MATERIAŁÓW, KORZYSTAJĄC Z RÓŻNYCH TECHNIK, M.IN.:

topienia indukcyjnego i łukowego, spiekania plazmowego, mielenia oraz odlewania metodą melt-spinning. W celu weryfikacji poprawności procesu topienia otrzymane stopy poddajemy analizie składu chemicznego przy użyciu czterokanałowej mikrosondy rentgenowskiej wyposażonej w spektrometry EBSD i EDS (Electron Backscatter Diffraction and Energy Dispersive Spectroscopy).

JAKO JEDYNI W KRAJU MAMY DOSKONALE WYPOSAŻONE AKREDYTOWANE LABORATORIUM POMIARÓW MAGNETYCZNYCH.

Dla materiałów magnetycznie miękkich wykonujemy pomiary statycznych właściwości magnetycznych metodą balistyczną (komutacyjną) oraz dynamicznych w zakresie częstotliwości pola magnesującego od 10 Hz do 110 MHz. Aparatura ta pozwala na pomiary materiałów typu: stale magnetycznie miękkie, stopy żelaza, miękkie magnetycznie ferryty, krystaliczne związki NiFe, inne materiały amorficzne i nanokrystaliczne. Ponadto wykonujemy również pomiary właściwości magnetycznych materiałów magnetycznie twardych typu AlNiCo, ferryty, magesy z pierwiastkami ziem rzadkich (Sm-Co, Nd-Fe-B). W ramach Centrum możliwe są również badania z wykorzystaniem najnowocześniejszego magnetometru typu SQUID VSM w zakresie pól magnetycznych do 7 T.

PONADTO CENTRUM POSIADA MOŻLIWOŚCI POMIARU WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH W ZAKRESIE PÓL MAGNETYCZNYCH DO 9 T, M.IN. CIEPŁA WŁAŚCIWEGO, OPORU ELEKTRYCZNEGO ORAZ PRZEWODNICTWA CIEPLNEGO

Oferujemy również usługi doradztwa w zakresie budowy urządzeń technologicznych i technologii odlewania taśm amorficznych metodą szybkiego schładzania oraz wytwarzania z tych taśm rdzeni z zastosowaniem odpowiednio dobranej obróbki cieplnej lub cieplno-magnetycznej. Przeprowadzamy też ekspertyzy materiałowe dotyczące w szczególności materiałów magnetycznie miękkich.

W ramach produkcji małotonażowej oferujemy stopy wyjściowe oraz cienkie taśmy odlewane metodą melt-spinning o zróżnicowanym składzie chemicznym, a także rdzenie o właściwościach predestynujących je do różnego rodzaju zastosowań. Szczegółowe możliwości badawczo-technologiczne oraz produkcyjne przedstawione zostały w niniejszym katalogu, który mamy nadzieję zachęci Państwa do nawiązania współpracy z Centrum.

WE ARE CAPABLE TO PRODUCE MATERIALS BY DIFFERENT TECHNIQUES:

including induction melting, arc melting, plasma sintering, milling, and casting by melt-spinning method. In order to check correctness of the melting process we carry out chemical analysis of the obtained alloys using 4-channel X-ray microprobe equipped with Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS) and Electron Backscattered Diffraction (EBSD) system.

WE ARE THE ONLY RESEARCH UNIT IN POLAND HAVING VERY WELL EQUIPPED ACCREDITED LABORATORY FOR MAGNETIC MEASUREMENTS.

For soft magnetic materials we perform measurements of static magnetic properties by the ballistic (commutation) method, and measurements of the dynamic magnetic properties within a frequency range from 10 Hz to 110 MHz. Our equipment enables magnetic measurements of such materials as soft magnetic steels, iron alloys, soft magnetic ferrites, crystalline NiFe compounds, and other amorphous and nanocrystalline materials. Moreover, we also carry out magnetic measurements of hard magnetic materials such as AlNiCo, ferrites, magnets containing rare-earth elements (Sm-Co, Nd-Fe-B). At the BIAMAT Centre it is also possible to conduct research with the use of modern SQUID VSM magnetometer within magnetic fields range up to 7T.

BESIDES, THE CENTRE PROVIDES THE POSSIBILITY OF PHYSICAL PROPERTIES MEASUREMENT AT THE MAGNETIC FIELDS UP TO 9 T, INCLUDING SPECIFIC HEAT, ELECTRIC RESISTIVITY AND THERMAL CONDUCTIVITY.

We also offer consulting services related with building technological equipment and technology for casting amorphous ribbons by melt-spinning, and producing amorphous and nanocrystalline cores from these ribbons. We also offer expert evaluation services particularly in reference to soft magnetic materials. Moreover, we can produce small amounts of master alloys and thin ribbons cast by melt-spinning techniques with diverse chemical composition, and also cores with magnetic properties suitable for specific application(s).

Detailed description of our research, technological and production capabilities has been presented in this catalogue. We hope that the information contained herein will encourage you to enter into cooperation with the Functional Materials Centre.

3. SYNTEZA MATERIAŁÓW

Synthesis of materials

3.1 Linia pilotażowa wytwarzania amorficznych i nanokrystalicznych materiałów magnetycznie miękkich
A pilot-scale line for the production of amorphous and nanocrystalline soft magnetic materials

3.2 Indukcyjne piece próżniowe VIM-LAB 2,5-20 i VIM-LAB 50-60

Vacuum induction furnaces VIM LAB 2,5-20 and VIM-LAB 50-60

- Temperatura ciekłego stopu: do 2000°C.
- Bezdotykowy system pomiaru temperatury topionego materiału.
- Możliwość topienia wsadu w atmosferze ochronnej.
- Możliwość stosowania tygli ceramicznych oraz grafitowych.

- Temperature of liquid alloy: up to 2000°C.
- Non-contact system for measuring temperature
- of a material under melting.
- Possibility of charge melting under protective gas atmosphere.
- Ceramic and graphite crucibles can be used.

	VIM-LAB 2,5-20	VIM-LAB 50-60
Masa wsadu	0,7 - 2,5 kg	10 - 50 kg
Maksymalne podciśnienie	$5x10^{-5}$ mbar	$5x10^{-3}$ mbar
Możliwość topienia pierwiastków wysoce reaktywnych	tak	-

	VIM-LAB 2,5-20	VIM-LAB 50-60
Charge mas	0,7 - 2,5 kg	10 - 50 kg
Maximum under-pressure	$5x10^{-5}$ mbar	$5x10^{-3}$ mbar
Possibility of melting highly-reactive elements	yes	-

3.3 Piec łukowy MAM–1 (Edmund Buhler GmbH)

Arc furnace MAM–1 (Edmund Bühler GmbH)

Masa wsadu	5 - 20 g
Maksymalna temperatura ciekłego stopu	3500°
Natężenie prądu łuku	3 A - 180 A
Atmosfera ochronna	argon o wysokiej czystości
Możliwość topienia pierwiastków wysoce reaktywnych	

Charge mass	5 - 20 g
Maximum temperature of a liquid alloy	3500°
Arc current	3 A - 180 A
Atmosfera ochronna	argon o wysokiej czystości
Possibility of melting highly-reactive elements	

3.4 Wysokoenergetyczne młynki planetarne

Amorphous ribbon casting machines

	Młyn planetarny Pulverisette 6 (Fritsch)	Młyn planetarny Pulverisette 7 (Fritsch)	Młyn planetarny PM 400 (Retsch)
Prędkość obrotowa	do 600 obr/min	do 1000 obr/min	do 400 obr/min

	Planetary mill Pulverisette 6 (Fritsch)	Planetary mill Pulverisette 7 (Fritsch)	Planetary mill PM 400 (Retsch)
Rotary speed	up to600 rev/min	up to 1000 rev/min	up to 400 rev/min

Młyn kriogeniczny CryoMill (Retsch)	
Częstotliwość	3-25 Hz
Mielenie w temperaturze ciekłego azotu	

Cryogenic ball mill CryoMill (Retsch)	
frequency	3-25 Hz
Milling at a temperature of liquid nitrogen	

Rozwój technologii odlewania taśm szykoschładzanych z wykorzystaniem techniki „melt-spinning" w Instytucie Metali Nieżelaznych 1979 – 2018

1982

pierwsze urządzenie do odlewania taśm amorficznych, bęben 250 mm, wydajność 100 g/cykl, bez podciśnienia

1984

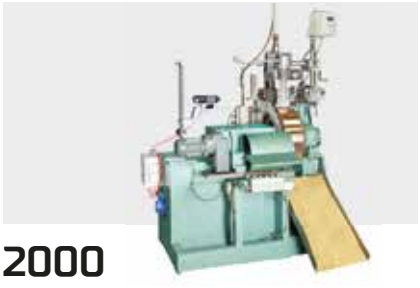
odlewanie z podciśnieniem taśm amorficznych na bęben o średnicy 450 mm, wydajność 200 g/cykl

1990

odlewanie taśm amorficznych na dwubębnowy układ zamkniety połączony miedzianą taśmądo 20 kg/cykl, modernizacja 2015 r.

1997

odlewanie z podciśnieneim taśm amorficznych na bęben chłodzony wodą o średnicy 620 mm, wydajność do 5 kg/cykl



2000

odlewanie z podciśnieniem taśm amorficznych na bęben o średnicy 500 mm, wydajność do 2 kg/cykl

2002

odlewanie antygrawitacyjne taśm amorficznych na bęben chłodzony wodą, o średnicy 620 mm, do 20 kg/cykl, modernizacja 2015 r.

2010

odlewanie taśm amorficznych w atmosferze ochronnej, wydajność do 500 g/cykl

2014

zmodernizowany układ do odlewania podciśnieniowego taśm amorficznych na bęben o średnicy 500 mm, wydajność 2 kg/cyk

2016

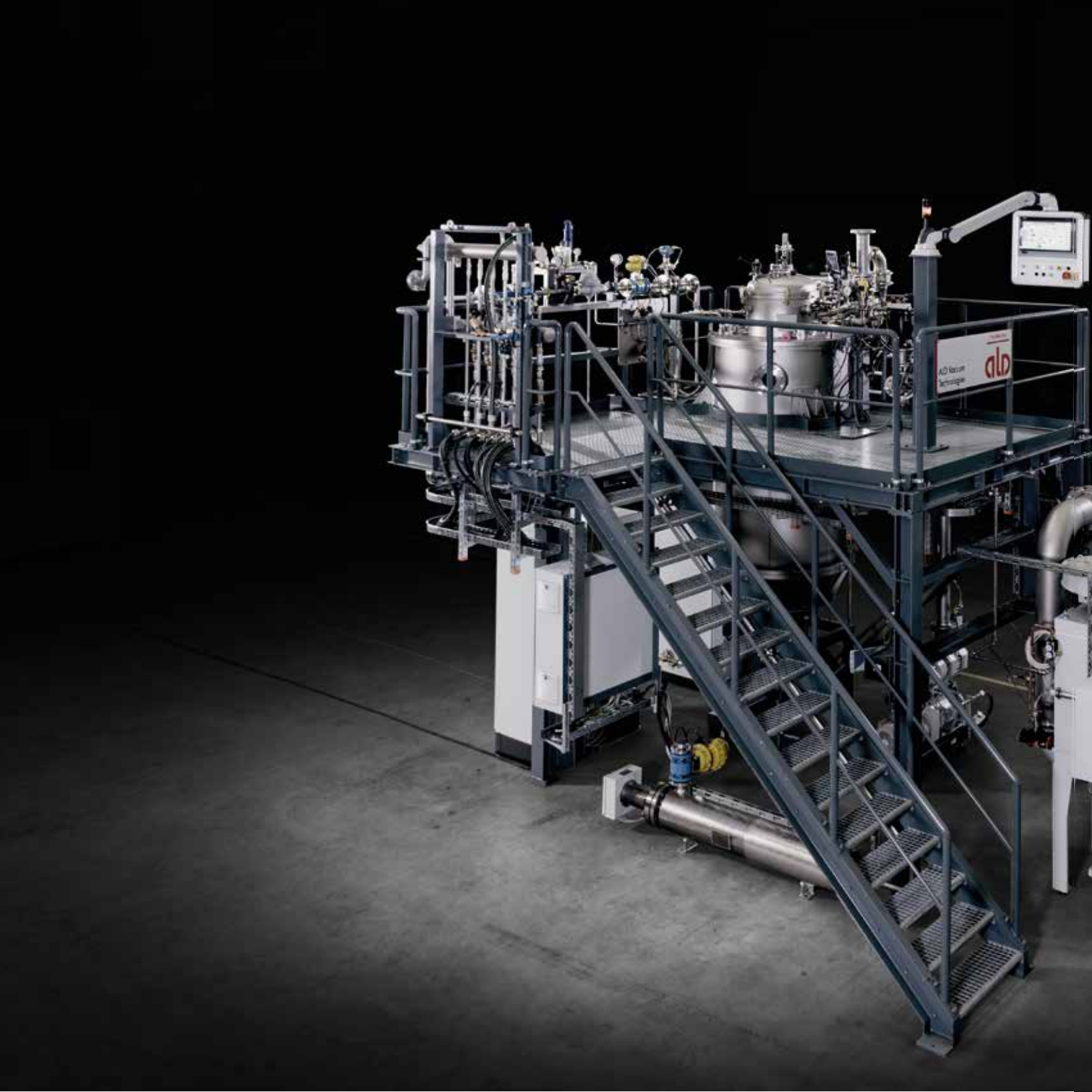
odlewanie z podciśnieniem taśm amorficznych na bęben chłodzony wodą o średnicy 1000 mm, wydajność do 50 kg/cykl

3.5 Maszyny odlewnicze taśm amorficznych

Amorphous ribbon casting machines

Wydajność na cykl	150 g - 50 kg
Szerokość taśmy	3,5 mm - 50 mm
Prędkość schładzania	10^6K/S

Production capacity	150 g - 50 kg
Ribbon width	3,5 mm - 50 mm
Cooling rate	10^6K/S



3.6 Atomizer

Atomization unit

ATOMIZER TYP VIGA2B

Atomizer do wytwarzania proszków metali wysokiej jakości na drodze indukcyjnego topienia oraz rozpylania gazem:

- Proszków sferycznych
- wysokiej czystości
- o niskiej zawartości tlenu, azotu i wodoru

VACUUM INDUCTION MELTING INERT GAS ATOMIZATION UNIT, TYPE VIGA2B

Vacuum induction melting inert gas atomization is a well-established technology for the production of high-quality metal powders.
The main aspects of inert gas atomized powders are:

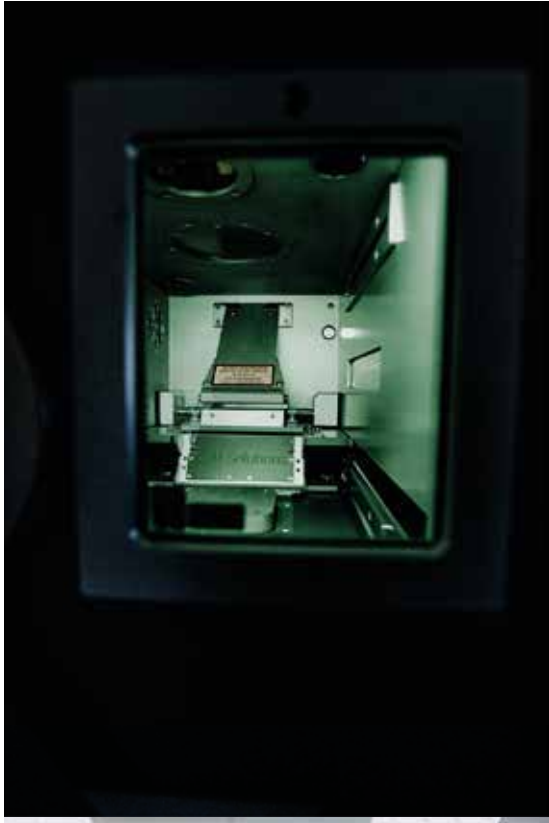
- Spherical shape
- High purity
- Low oxygen, nitrogen and hydrogen content

SYSTEM DO SELEKTYWNEGO SPIEKANIA WIĄZKĄ LASERA SLM®125HL WRAZ ZE STACJĄ PRZESIEWANIA PSM 100

Zastosowanie	Optymalizacja parametrów drukowania oraz prototypowanie elementów litych, a takze o zdfiniowanym wypełnieniu, w tym strukturze komórkowej
Przestrzeń robocza	125 x 125 x 125 mm
Optyka	Laser włóknowy o mocy 400 W
Szybkość drukowania	Do 25 cm^3/h
Minimalny rozmiar drukowanej ścieżki	140 µm
Średnica wiązki lasera	70 µm - 100 µm
Maksymalna predkość skanowania	10 m/s

SELECTIVE LASER MELTING SYSTEM SLM®125HL WITH POWDER SIEVE MACHINE PSM 100

Application	Optimization of SLM process parameters and prototyping of bulk elements and elements with defined filling, including cellular internal structures
Build envelope	125 x 125 x 125 mm
Optics	400 W 18ber laser
Build rate	up to 25 cm^3/h
Minimum feature size	140 µm
Beam focus diameter	70 µm - 100 µm
Maximum scan speed:	10 m/s



LABORATORYJNY PIEC PIONOWY DO OBRÓBKI CIEPLNO–MAGNETYCZNEJ (IMN)

Maks. temperatura obróbki	600°C
Maks. natezenie pola magnetycznego	poprzecznego - 160 kA/m podłużnego - 5 kA/m
Maksymalna srednica rdzenia	70 mm
Sterowanie procesem obróbki	ręczne lub automatyczne

- umożliwia obróbkę cieplną rdzeni w poprzecznym lub podłużnym polu magnetycznym albo bez pola
- obróbka w atmosferze ochronnej
- możliwość równoczesnej obróbki rdzeni o łącznej masie do 3 kg

VERTICAL LABORATORY FURNACE FOR THERMO-MAGNETIC TREATMENT (IMN)

Maximum temperature of treatment	600°C
Maximum magnetic field	transverse - 160 kA/m longitudinal - 5 kA/m
Maximum core diameter	70 mm
Process control	manual or automatic

- enables heat treatment of cores under transverse or longitudinal magnetic field or without a field
- treatment under protective atmosphere
- possibility of simultaneous treatment of cores up to 3 kg in overall mass

LABORATORYJNY PIEC POZIOMY DO OBRÓBKI CIEPLNO–MAGNETYCZNEJ (IMN)

Maks. temperatura obróbki	650°C
Maks. natezenie pola magnetycznego	160 kA/m
Szybkość chłodzenia	5 - 40°C/min
Sterowanie procesem obróbki	ręczne lub automatyczne

- umożliwia obróbkę cieplną rdzeni w poprzecznym lub podłużnym polu magnetycznym albo bez pola

HORIZONTAL LABORATORY FURNACE FOR THERMO-MAGNETIC TREATMENT (IMN)

Maximum temperature of treatment	650°C
Maximum magnetic field	160 kA/m
Cooling rate	5 - 40°C/min
Process control	manual or automatic

- enables heat treatment of cores under transverse magnetic field or without a field

PIEC DO OBRÓBKI CIEPLNEJ I CIEPLNO–MAGNETYCZNEJ O DUŻEJ POJEMNOŚCI (HERAUS)

Temperatura obróbki	do 600°C
Szybkosc chłodzenia	5 - 10C/min
Atmosfera ochronna	argon lub azot
Masa rdzeni obrabianych równoczesnie	• do 600kg (bez podłużnego pola magnetycznego • do 300kg (przy obróbce w podłużnym polu magnetycznym)

HIGH-CAPACITY FURNACE FOR HEAT TREATMENT AND THERMO-MAGNETIC TREATMENT (HERAEUS)

Temperature of treatment	do 600°C
Cooling rate	5 - 10C/min
Protective atmosphere	argon or nitrogen
Mass of simultaneously treated cores	• up to 600kg (without longitudinal magnetic field) • up yo 300kg (treatment under longitudinal magnetic field)

PIEC WYSOKOTEMPERATUROWY TYPU HT 1800 (LINN HIGH THERM GmbH)

Wymiary komory pieca	110 mm x 170 mm x 160 mm
Umożliwia kontrolowane grzanie i chłodzenie materiałów w zakresie:	100°C - 1820°C

- zastosowanie odpowiedniej atmosfery redukującej pozwala na prowadzanie procesów z materiałami silnie korodującymi oraz z materiałami wybuchowymi i łatwopalnymi
- możliwa praca bez atmosfery ochronnej
- w piecu zainstalowano dodatkowo układ pozwalający na wygrzewanie materiałów w ultra czystej atmosferze ochronnej na wygrzewanie materiałów w ultra czystej atmosferze ochronnej

HIGH-TEMPERATURE HT 1800-TYPE FURNACE (LINN HIGH THERM GmbH)

Furnace dimensions	110 mm x 170 mm x 160 mm
Enables controlled cooling/heating of the materials within the temperature range of:	100°C - 1820°C

- application of suitable reducing atmosphere enables conducting processes with highly corrosive materials, and with explosive and highly flammable materials
- operation without protective atmosphere possible
- an additional system mounted in the furnace enables material heating under ultra-clean protective atmosphere

PIEC PRÓŻNIOWY DO OBRÓBKI CIEPLNEJ (CZYLOK)

Temperatura obróbki	200°C - 1300°C
Atmosfera	próżnia
Maksymalne podciśnienie	$5x10^{-4}$mbar

HIGH-CAPACITY FURNACE FOR HEAT TREATMENT AND THERMO-MAGNETIC TREATMENT (HERAEUS)

Temperature of treatment	200°C - 1300°C
Atmosphere	vacuum
Maximum under-pressure	$5x10^{-4}$mbar

TURBOLAB 80

DWUKOMOROWY UKŁAD DO OBRÓBKI CIEPLNEJ I CIEPLNO–MAGNETYCZNEJ IZO

Temperatura obróbki	1100°C
Atmosfera	ochronna argon, azot lub powietrze
Wymiary komór	600 x 1000 x 500 mm

DUAL CHAMBER SETUP FOR HEAT TREATMENT AND THERMO-MAGNETIC TREATMENT IZO

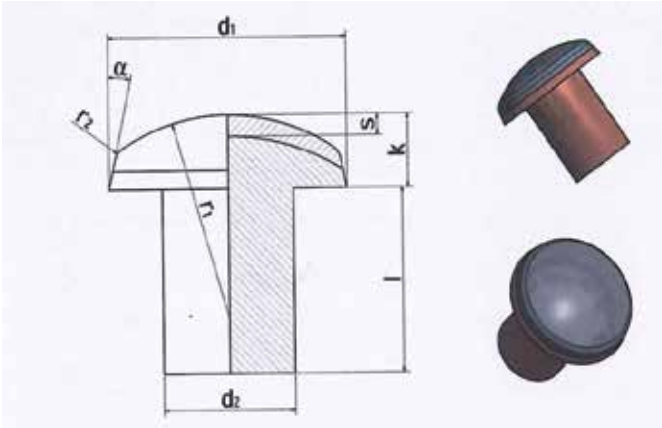
Temperature of treatment	1100°C
Atmosphere	protective argon or nitrogen or air
Dimensions of chambers	600 x 1000 x 500 mm

3.8 Linia do wytwarzania nitów stykowych

Contact materials production line

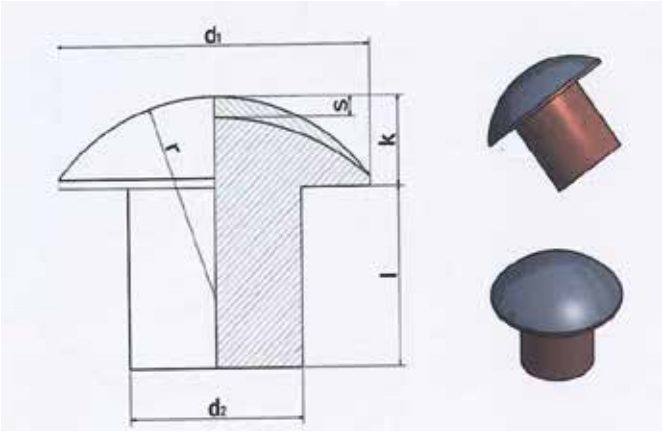
Linia składa się z 20 kuźniarek formujących nity stykowe lite oraz bimetalowe o kształcie kulistym, wypukłym, trapezowym, stożkowym. Nity stykowe bimetalowe łączone są zarówno udarowo jak również zgrzewane w zależności od rodzaju materiału stykowego oraz wymiaru nitów.
Wykonujemy materiały stykowe w następujących gatunkach: Ag, Cu, AgNi10, AgCdO10, AgSnO10, Ag/Cu, AgNi10/Cu, AgCdO10/Cu, AgSnO10/Cu. Dodatkowo do obsługi linii posiadamy narzędziownię, trawialnię oraz laboratorium kontroli jakości.

Contact materials production. The line consists of 20 forging and bonding machines forming solid and bi-metal contact rivets with a spherical, convex, trapezoidal, conical shape. Bi-metal rivets are joined in cold process or heating.
We produced contact materials in a variety of materials including fine Ag, Cu, AgNi10, AgCdO, AgSnO10 and Ag/Cu, AgNi 10/Cu, AgCdO10/Cu, AgSnO10 /Cu. Additionally we have maintanance, degreasing room and quality control laboratory.



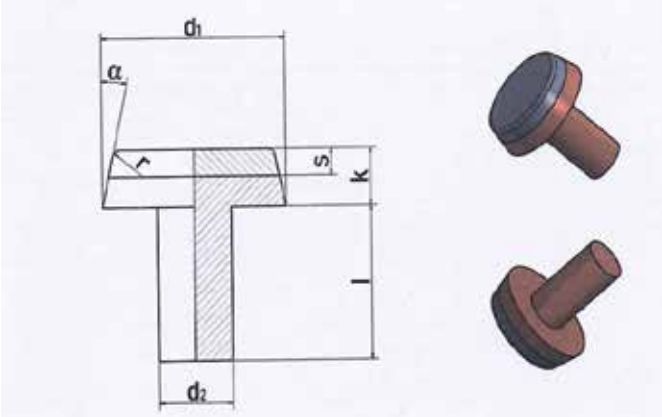
Styk bimetalowy
z łbem kulistym typ BK

Bimetal contact Round head type BK



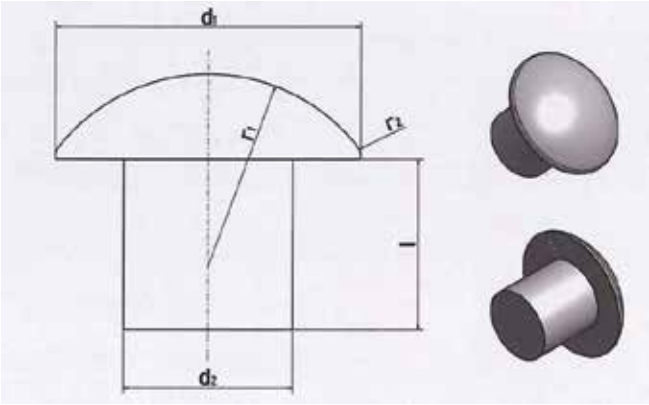
Styk bimetalowy
z łbem wypukłym typ BW

Bimetal contact Covex head type BW



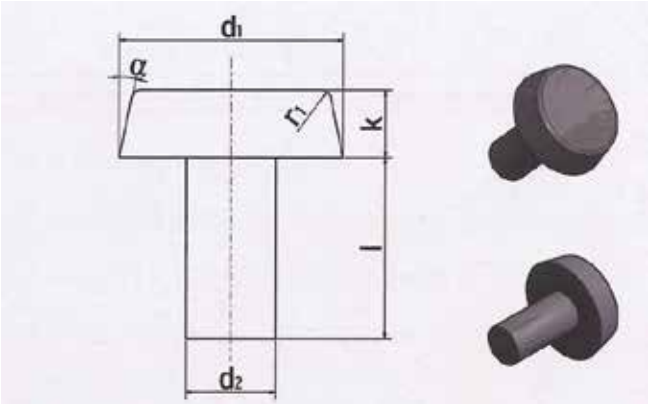
Styk bimetalowy
z łbem trapezowym typ BT

Bimetal contact Trapezoidal head type BT



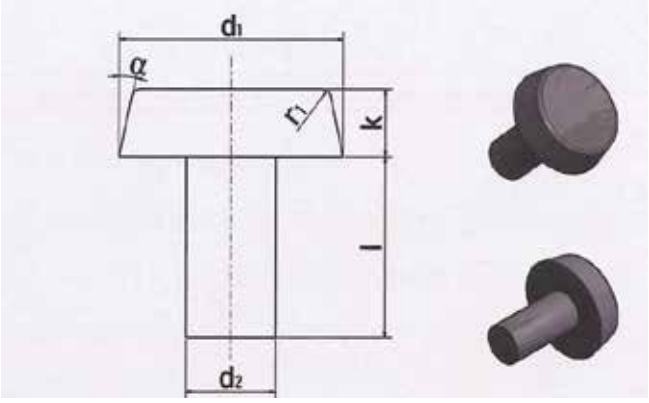
Styk lity z łbem kulistym typ K

Solid contact Round head type K



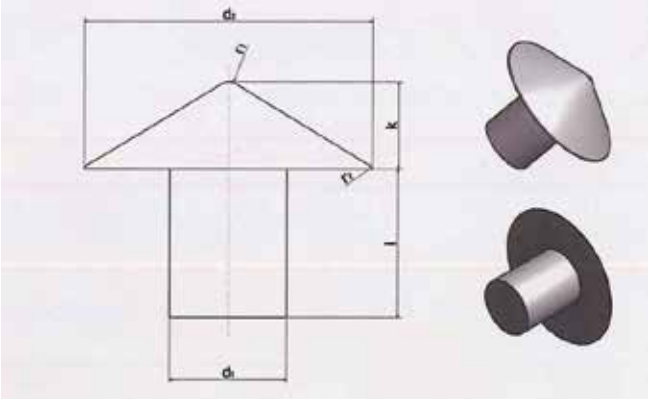
Styk lity z łbem wypukłym typ W

Solid contact Covex head type W



Styk lity z łbem trapezowym typ T

Solid contact Trapezoidal head type T



Styk lity z łbem stożkowym typ S

Solid contact Countersunk head type S

STYK BIMETALOWY

	Średnica łba d_1 (mm) +/- 0,10	Wysokość łba k (mm) +/- 0,05	Długość trzpienia l (mm) +0,10/-0,00	Średnica trzpienia d_2 (mm) 0,00/-0,08	Grubość warstwy kontakt. s (mm) +/-0,05	Promień r_1 (mm)	Promień r_2 (mm)	Kąt α°
Z łbem kulistym typ BK	3,0-4,0	0,7-1,5	0,8-4,5	1,5-2,0	0,35-0,7	1,5-2,4	-	-
Z łbem wypukłym typ BW	3,0-8,0	0,7-2,5	1,0-2,5	1,0-5,0	0,35-1,2	7-25	0,2	$12^{+3/-2}$
Z łbem trapezowym typ BT	3,0-8,0	0,7-2,0	1,0-5,0	1,5-4,0	0,35-1,0	7-25	0,2	12+3/-2
STYK LITY								
Z łbem kulistym typ K	3,0-4,0	0,5-1,5	0,8-4,5	1,5-2,0	-	1,5-5,2	0,2	-
Z łbem wypukłym typ W	1,6-6,0	0,5-2,5	0,5-5,0	0,98-2,5	-	1,3-2,5	0,2	$12^{+3/-2}$
Z łbem trapezowym typ T	2,0-7,0	0,5-2,0	0,5-6,0	0,98-3,0	-	0,2	-	$12^{+3/-2}$
Z łbem stożkowym typ S	3,0-6,0	0,5-2,5	1,5-3,0	1,1-3,0	-	0,6-1,0	0,2	-

BIMETAL CONTACTS

	Head diameter d_1 (mm) +/- 0,10	Head height k (mm) +/- 0,05	Stem length l (mm) +0,10/-0,00	Stem diameter d_2 (mm) 0,00/-0,08	Contact layer thickness s (mm) +/-0,05	Radius r_1 (mm)	Radius r_2 (mm)	Angle α°
Round head type BK	3,0-4,0	0,7-1,5	0,8-4,5	1,5-2,0	0,35-0,7	1,5-2,4	-	-
Covex head type BW	3,0-8,0	0,7-2,5	1,0-2,5	1,0-5,0	0,35-1,2	7-25	0,2	$12^{+3/-2}$
Trapezoidal head type BT	3,0-8,0	0,7-2,0	1,0-5,0	1,5-4,0	0,35-1,0	7-25	0,2	12+3/-2
SOLID CONTACTS								
Round head type K	3,0-4,0	0,5-1,5	0,8-4,5	1,5-2,0	-	1,5-5,2	0,2	-
Covex head type W	1,6-6,0	0,5-2,5	0,5-5,0	0,98-2,5	-	1,3-2,5	0,2	$12^{+3/-2}$
Trapezoidal head type T	2,0-7,0	0,5-2,0	0,5-6,0	0,98-3,0	-	0,2	-	$12^{+3/-2}$
Countersunk head type S	3,0-6,0	0,5-2,5	1,5-3,0	1,1-3,0	-	0,6-1,0	0,2	-

3.9 Urządzenie do otrzymywania mikro i nanowłókien

Device for obtaining the following microfibers and nanofibers types

URZĄDZENIE DO OTRZYMYWANIA MIKRO I NANOWŁÓKIEN

- pełnych (standardowe),
- rdzeń-powłoka,
- pustych,
- organicznych,
- nieorganicznych,
- kompozytowych.

- napięcie: 0 ~ 50KV,
- pompa czterokanałowa: może być sterowana, niezależnie dla pojedynczej strzykawki,
- kolektory: bębnowy, rowkowany, trzpieniowy, płaski, dyskowy, X-Y,
- dysze: pojedyncze, wielostrumieniowa, co-axial,
- aklimatyzacja komory roboczej,
- kontrola temperatury,
- kontrola wilgotności.

Zastosowanie:

- opatrunki,
- filtry,
- materiały kompozytowe,
- sensory,
- absorbery,
- katalizatory,
- tekstylia,
- wojsko,
- fotowoltaika
- inne.

DEVICE FOR OBTAINING THE FOLLOWING MICROFIBERS AND NANOFIBERS TYPES

- full (standard),
- core-shell,
- hollow,
- organic fibers,
- non-organic,
- composite fibers.

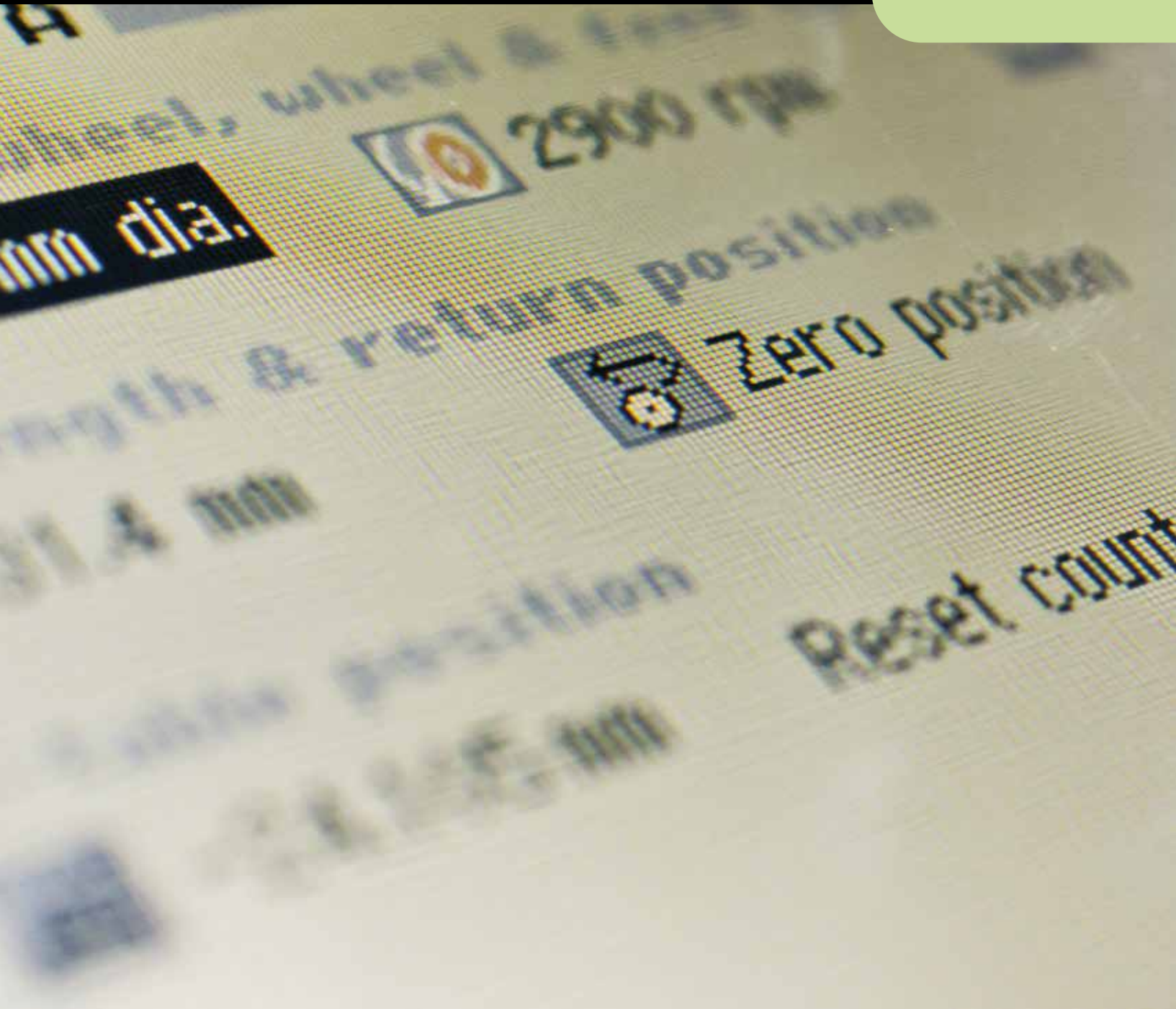
- high voltage power supply device: 0~50KV,
- four-channel pump: can be controlled independently for individual syringe,
- collector: drum, grooved, mandrel, flat, disk, X-Y,
- nozzle: single, multi-nozzle, co-axial,
- acclimatization of the working chamber,
- temperature control,
- humidity control.

Applications:

- dressings,
- filters,
- composite materials,
- sensors,
- absorbers,
- catalysts,
- textiles,
- military,
- photovoltaics,
- others.

4. APARATURA POMIAROWA

Measurement equipment



4.1 Dyfraktometr rentgenowski MiniFlex (Rigaku)

X-ray diffractometer MiniFlex (Rigaku)

Promieniowanie	Cu K_α (lampa o mocy 600W)
Goniometr	Typ: pionowy Promień: 150 mm Zakres kątowy: - 3° do 145° (2θ)
Optyka	Szczeliny Sollera: 2,5° Filtr: Ni Kβ (folia)
Detektor	• punktowy scyntylacyjny • paskowy półprzewodnikowy D/teX Ultra

Radiation	Cu K_α (with 600W tube)
Goniometer	Type: vertical Radius: 150 mm Scanning range: - 3° do 145° (2θ)
Optics	Soller slits: 2,5° Filter: Ni Kβ (folia)
Detektor	• nal scinillator • high speed silicon strip detector D/teX Ultra

4.2 Podgrzewany stolik laboratoryjny anton paar BTS 500 do dy fraktometru rigaku miniflex

Benchtop heating stage anton paar BTS 500 for rigaku miniflex diffractometer

Zastosowanie	Umożliwia wykonanie pomiarów temperaturowych dyfrakcji rentgenowskiej
Temperatura pracy	temperatura otoczenia do 500°C
Atmosfery	powietrze, gaz obojętny, azot, próżnia
Ciśnienie robocze	od 10^{-1} mbar do 1 bar powyżej ciśnienia atmosferycznego
Wielkość próbki	16 mm x 14 mm
Geometria pomiaru	odbiciowa
Zakres kąta	10° do 164° 2θ

Application	For temperature dependent X-ray diffraction measurements
Temperature range	ambient to 500°C
Atmospheres	air, inert gas, N2, vacuum
Pressure	od 10^{-1} mbar to 1 bar rel
Sample size (L x W)	16 mm x 14 mm
X-ray geometry	reflection
Scan range	10° to 164° 2θ

4.3 Dyfraktometr rentgenowski SmartLab (Rigaku)

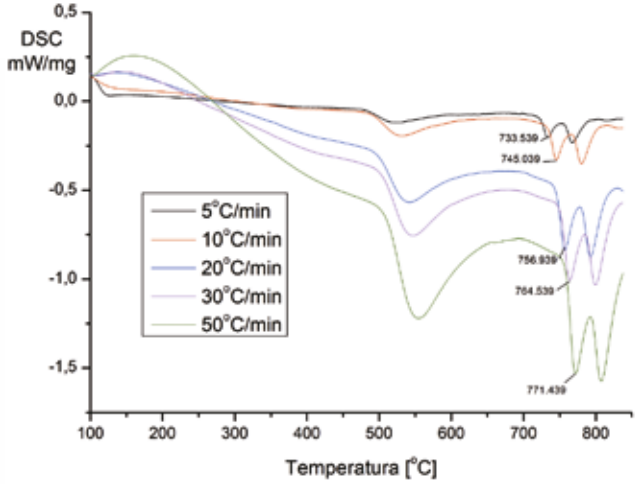
X-ray diffractometer SmartLab (Rigaku)

Promieniowanie	Mo K_α (lampa o mocy 2.4kW)
Goniometr	Typ: pionowy Promień: 3000 mm Zakres kątowy: 3° do 160° (2θ)
Optyka	Szczeliny Sollera: 5° Szczeliny dywergecyjne: zmienne w sposób automatyczny Monochromator na wiązce ugiętej: grafitowy (002)
Detektor	• punktowy scyntylacyjny

Radiation	Mo K_α (with 2.5kW tube)
Goniometer	Type: vertical Radius: 300 mm Scanning range: 3° do 160° (2θ)
Optics	Soller slits: 5° Divergence slit: automatic variable Monochromator on diffracted beam: graphitic (002)
Detektor	• nal scinillator

4.4 Kalorymetr typu DSC 404C Pegasus (Netzsch)

DSC 404C Pegasus calorimeter (Netzsch)



Umożliwia badania	DTA - różnicowa analiza termiczna DSC - skaningowa kalorymetria różnicowa DSC-C_p - skaningowa kalorymetria różnicowa z możliwością wyznaczenia ciepła właściwego
Temperatura pracy	-150°C do 1500°C
Atmosfera	próżnia wstępna i atmosfera argonu
Pojemność tygli (PtRh, Al203)	max. 85 ml
Szybkość nagrzewnia/ studzenia (K/min)	0,1 - 50
Praca w trybie	izotermicznym i/lub liniowego nagrzewania/studzenia

Enables	DTA - differential thermal analysis DSC - differential scanning calorimetry DSC-C_p - differential scanning calorimetry with the possibility of determination of specific heat capacity
Operating temperature	-150°C do 1500°C
Atmosphere	backing vacuum and argon atmosphere
Capacity of crucibles (PtRh, Al203)	85 ml max
Heating/cooling (K/min)	0,1 - 50
Operation modes	isothermal and/or linear heating/cooling

Pomiary DTA i DSC pozwalają na:

- identyfikację i analizę przemian fazowych zachodzącyc w stanie stałym i ciekłym,
- określenie wartości temperatur charakterystycznych przemian fazowych,
- określenie zależności ciepła właściwego od temperatury,
- określenie ciepła (entalpii) przemian fazowych w stanie stałym i ciekłym,
- określenie parametrów kinetycznych przemian fazowych zachodzących w stanie stałym i ciekłym,
- wyznaczanie temperaturowej zależności własności termofizycznych metali, stopów i materiałów ceramicznych, użytecznych w komputerowej symulacji - ważnych w praktyce odlewniczej - procesów krzepnięcia i stygnięcia odlewów.

The DTA and DSC measurements enable:

- identification and analysis of phase transformations occurring in a solid and liquid state,
- determination of characteristic temperatures of phase transformations,
- determination of temperature dependence of the specific heat,
- determination of heat (enthalpy) of phase transformations in a solid and liquid state,
- determination of kinetic parameters of phase transformations in a solid and liquid state,
- determination of temperature dependence of thermophysical properties of metals, alloys and ceramic materials, which is helpful in computer simulation ofthe processes of solidification and self-cooling, and important in casting practice.

4.5 Skaningowa kalorymetria różnicowa

Differential scanning calorimetry

DSC 214 Polyma	
Temperatura pracy	- 70°C do 600°C
Szybkość nagrzewania/studzenia	0.001 K/min do 500 K/min
Czułość czujnika	> 100 mW/K
Rozdzielczość	16 mm x 14 mm
Dokładność pomiaru entalpii	± 0.1% dla irydu ± 0.05% do 0.2% dla większości próbek
Zakres kąta	IC70 (-70°C do 600°C)
Autosampler	do 20 próbek

DSC 214 Polyma	
Temperature range	- 70°C to 600°C
Heating/Cooling rate	0.001 K/min to 500 K/min
Indium Response Ratio	> 100 mW/K
Resolution (technical)	16 mm x 14 mm
Enthalpy precision	± 0.1% for indium ± 0.05% do 0.2% for most samples
Cooling device options	IC70 (-70°C to 600°C)
ASC	up to 20 samples and references

4.6 STA 449 F3 Jupiter (Rhodium furnace)

STA 449 F3 Jupiter (Rhodium furnace)

Umożliwia badania	DTA-TG, DSC-TG, DSC-C_p, TG
Atmosfera	próżnia, argon
Zakres temperatur	RT - 1650°C
Tempo grzania/chłodzenia	0.001 K/min do 50/min
Maksymalna masa próbki	35 g
Rozdzielczość TG	0.1 µg
Rozdzielczość DSC	< 1 µW

Enables	DTA-TG, DSC-TG, DSC-C_p, TG
Atmosphere	vacuum, argon
Operating temperature	RT - 1650°C
Heating/cooling rate	0.001 K/min to 50/min
Sample mass	35 g
Resolution TG	0.1 µg
Resolution DSC	< 1 µW

4.7 STA 449 F3 Jupiter (water vapor furnace)

STA 449 F3 Jupiter (water vapor furnace)

Umożliwia badania	DTA-TG, DSC-TG, DSC-$C_{p'}$ TG
Atmosfera	próżnia, argon, argon + para wodna
Zakres temperatur	- 1200°C
Tempo grzania/chłodzenia	0.001 K/min do 50/min
Maksymalna masa próbki	35 g
Rozdzielczość TG	0.1 µg
Rozdzielczość DSC	< 1 µW

Enables	DTA-TG, DSC-TG, DSC-$C_{p'}$ TG
Atmosphere	vacuum, argon, argon + steam
Operating temperature	RT - 1200°C
Heating/cooling rate	0.001 K/min to 50/min
Sample mass	35 g
Resolution TG	0.1 µg
Resolution DSC	< 1 µW

4.8 Dynamiczny analizator mechaniczny DMA – Netzsch 242 E Artemis

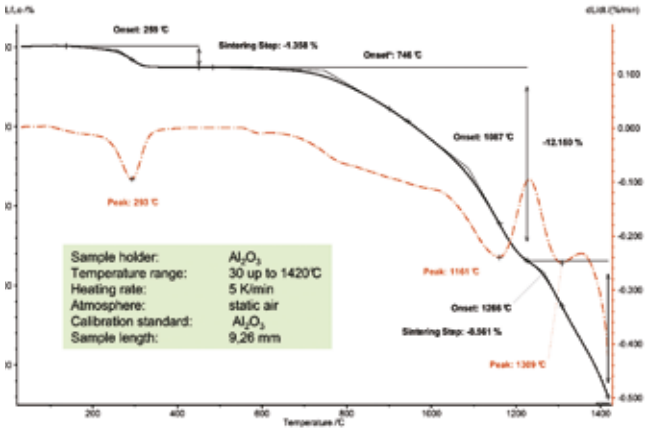
Dynamic Mechanical Analysis DMA – Netzsch 242 E Artemis

Zastosowanie	Umożliwia pomiar właściwości mechanicznych i lepkosprężystych takich materiałów jak termoplasty, tworzywa termoutwardzalne, elastomery, ceramika czy metale
Zakres temperatur	- 100°C do 500°C
Tempo grzania	do 20 K/min
Częstotliwości pomiarowe	od 0.01 Hz do 100 Hz
Tryby pomiarowe	8 N - tryb wysokiej rozdzielczości 24 N - tryb wysokiej siły

Application	It allows to measure mechanical and viscoelastic properties of such materials as thermoplasts, thermohardenin, ceramics or metals
Zakres temperatur	- 100°C do 500°C
Tempo grzania	up to 20 K/min
Częstotliwości pomiarowe	from 0.01 Hz to 100 Hz
Tryby pomiarowe	8 N - high resolution mode, 24 N - high force mode

4.9 Dylatometr typu DIL 402 C (Netzsch)

DIL 402 C dilatometer (Netzsch)



Temperatura pracy	do 1600°C
Maksymalny wymiar próbki	ø 12 mmx 50 mm (średnica x długość)
Szybkość nagrzewania/ studzenia (K/min)	0,1 - 50

Pomiar realizowany w atmosferze ochronnej

- wyznaczanie charakterystyk rozszerzalności termicznej materiałów w postaci stałej, proszkowej oraz ciekłej
- wyznaczanie punktu topienia materiałów, punktu mięknięcia, punktu spiekania oraz punktu zeszklenia badanych materiałów

Operating temperature	do 1600°C
Maximum sample size	ø 12 mmx 50 mm (diameter x lenght)
Heating/cooling rate (K/min)	0,1 - 50

Measurement conducted in protective atmosphere

- determination of thermal expansion characteristics of the materials in a solid, powdered and liquid form
- determination of melting point, softening point, sintering point and vitrification temperature of a material under test

4.10 System pomiarowy Permagraph L (Magnet-Physik GmbH)

Permagraph L measurement system(Magnet-Physik GmbH)

Skomputeryzowany system do pomiaru petli histerezy materiałów magnetycznie twardych typu	• AlNiCo • ferrytowych • materiałów ziem rzadkich (np. samar-kobalt, neodym-żelazo-bor itp.)

- możliwość pomiaru próbek o różnych kształtach bez konieczności wyznaczania pola przekroju poprzecznego
- umożliwia wyznaczanie parametrów magnetycznych takich jak: remanencja, koercja i maksymalna energia
- komputerowa analiza otrzymanych danych, min. krzywa demagnetyzacji i pętla histerezy
- możliwość przeprowadzania pomiarów w temperaturze do 150°C

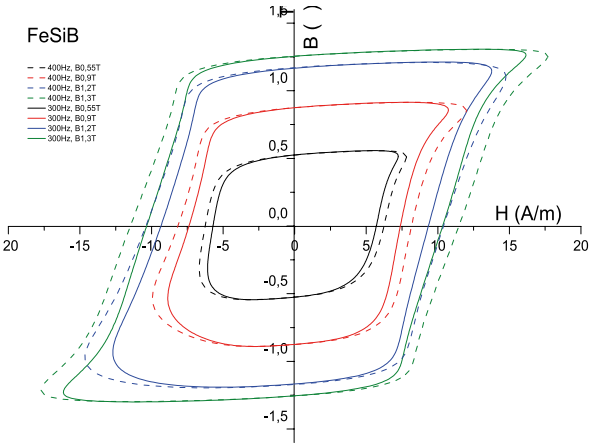
Computer-controlled system for determination of hysteresis loops of hard magnetic materials such as	• AlNiCo • ferrites • rare-earth metals (e.g. samarium-cobalt, neodymium-iron-boron etc.)

- possibility of measuring different-shape samples without the need to determine cross-section area
- enables determination of such magnetic parameters as remanence, coercivity and maximum energy
- computer-aided analysis of the measurements data, including demagnetization curve and hysteresis loop
- measurements can be made at the temperatures up to 150°C

4.11 Systemy pomiarowe REMACOMP C-100 i C-1200 (Magnet-Physics GmbH)

Remacomp C-100 and C-1200 measurement systems

Badanie charakterystyk dynamicznych materiałów magnetycznie miekkich	
Zakres temperatur	od -150°C do 350°C
Zakres częstotliwości pomiarowych	10 Hz - 20 kHz (Remacomp C-1200) 10 Hz - 400 kHz (Remacomp C-100)
Typy wzburzeń	sinusoidalny, sinusoidalny połowkowy, sinusoidalny wartość bezwględna, trójkątny, trójkątny połowkowy, prostokątny, trapezowy, wzrost liniowy, spadek liniowy, impuls wykładniczy
Parametry mierzone	H: Hmax, Heff, Hc - (A/m) B: Bmax, Beff, Br - (T) P: Ps (w/kg), Pc (W), P (kW/m3) S: Ss (VA/kg), Sc (VA), S (kVA/m3) μ: μa, μmax, μi Al (nH)
Rodzaje próbek	rdzenie toroidalne, rdzenie prostokątne, rdzenie cięte, rdzenie ze szczeliną powietrzną, rdzenie ze szczeliną rozproszoną



Enables determination of dynamic magnetic properties of soft magnetic materials	
Measurement temperature range from	from -150°C to 350°C
Frequency range	10 Hz - 20 kHz (Remacomp C-1200) 10 Hz - 400 kHz (Remacomp C-100)
Excitation types	sine, half sine, half waveform, sine absolute value, triangle, half triangle, square, trapezoidal, linear ramp, exponential impulse
Parameters measured	H: Hmax, Heff, Hc - (A/m) B: Bmax, Beff, Br - (T) P: Ps (w/kg), Pc (W), P (kW/m3) S: Ss (VA/kg), Sc (VA), S (kVA/m3) μ: μa, μmax, μi Al (nH)
Sample types	toroidal cores, square cores, cut cores, air gap cores, dispersed gap cores

4.12 System kontroli dławików

Power choke tester

DPG10 - 1500B	
Zakres prądu na 1 stopniu	10 A
Zakres prądu na 2 stopniu	100 A
Zakres prądu na 3 stopniu	1500 A
Maksymalna energia impulsu	1150 J
Maksymalne napiecie impulse	10 - 400 V
Czas/wypełnienie impulsu	3 µs ... 70 ms

DPG10 - 1500B	
pulse current range 1	10 A
pulse current range 2	100 A
pulse current range3	1500 A
pulse energy, max.	1150 J
Pulse voltage	10 - 400 V
Pulse width, max.	3 µs ... 70 ms

4.13 Stanowisko pomiarowe oparte o oscyloskop Tektronix

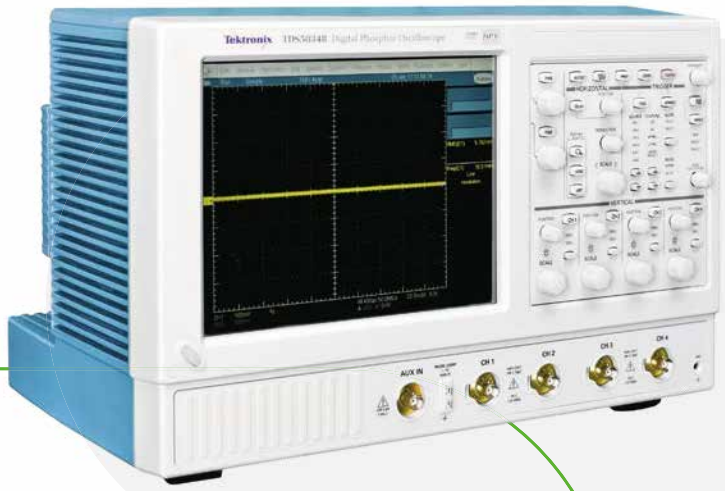
Tektronix oscilloscope based measurement system

Badanie charakterystyk dynamicznych materiałów magnetycznie miekkich	
Parametry mierzone	• indukcja nasycenia • remanecja • koercja • straty mocy • przenikalność
Zakres czestotliwosci	10 Hz - 1 MHz
Typy wzbudzen	sinusoidalne, trójkątne, prostokątne lub inne zdefiniowane przez użytkownika

For the determination of dynamic magnetic characteristics of soft magnetic materials	
Parameters measured	• saturation induction • remanence • coercivity • core losses • magnetic permeability
Frequency range	10 Hz - 1 MHz
Excitation types	sine, triangle, square or other (user-defined)

Układ zestawiony w IMN w oparciu o oscyloskop Tektronix TDS5034B ze specjalnymi sondami i specjalistycznym oprogramowaniem

Set up at the institute based on Tektronix TDS5034B oscilloscope with special probes and software



4.14 Analizator impedancji Agilent 4294A z przystawką do pomiaru rdzeni toroidalnych

Impedance analyser Agilent 4294A with a fixture for magnetic measurements

- badania charakterystyk częstotliwościowych zespolonej przenikalności magnetycznej materiałów magnetycznie miękkich
- wyznaczanie częstotliwości granicznej stosowalności tych materiałów w oparciu o kryterium Snoeka

Zakres czstotliwości	40 Hz - 110 MHz
Wymiary mierzonych rdzeni toroidalnych	średnica wewnętrzna ≥ 5 mm średnica zewnętrzna ≤ 20 mm wysokość ≤ 8.5 mm

- enables determination of frequency characteristics of complex magnetic permeability of soft magnetic materials
- enables determination of cut-off frequency of magnetic materials based on Snoek criterion

Frequency range	40 Hz - 110 MHz
Dimensions of toroidal cores measured	internal diameter ≥ 5 mm external diameter ≤ 20 mm height ≤ 8.5 mm

4.15 Spektrometr Dielektryczny Novocontrol Concept 81

Dielectric Spectrometer Novocontrol Concept 81

Zastosowanie	Umożliwia pomiar przenikalności elektrycznej, przenikalności magnetycznej oraz przewodnictwa stałoprądowego w funkcji temperatury i częstotliwości. Wykorzystywany do badania dynamiki molekularnej cieczy, szkieł, ciekłych kryształów, kryształów plastycznych i materiałów ceramicznych oraz śledzenia procesów krystalizacji i reakcji chemicznych.
Zakres temperatur	-100°C do 250°C(stabilizacja temperatury do 0.1°C)
Zakres zestotliwosci	10^{-1} Hz do $3*10^{9}$ Hz dla przenikalności elektrycznej 10^{6} Hz do 10^{9} Hz dla przenikalniści magnetycznej
Tryby pomiarowe	częstotliwościowy, temperaturowy, czasowy oraz w zewnętrznym polu elektrycznym

Application	It allows to measure dielectric permittivity, magnetic permeability and DC conductivity in function of frequency and temperature. It is used to study molecular dynamics of liquids, glasses, liquid crystals, plastic crystals and ceramics and also to track crystallization and chemical reactions in time.
Temperature range	-100°C to 250°C (stabilization up to 0.1°C)
Frequency range	10^{-1} Hz do $3*10^{9}$ Hz for electric permittivity 10^{6} Hz do 10^{9} Hz for magnetic permittivity
Measurement modes	frequency, temperature, time and under external electric field

4.16 Urządzenie do pomiaru efektu magnetokalorycznego (AMT&C, Ltd)

Magnetocaloric effect measurement setup (AMT&C, Ltd)

Umozliwia wyznaczanie efektu magnetokalorycznego metoda bezposrednia	
Zakres temperatur	150 K - 370 K
Zakres pomiaru efektu magnetokalorycznego	od 0.1K
Stabilność temperatury w czasie pomiaru	0.1 K
Zakres pola magnetycznego w czasie pracy	0.02 - 1.8 T
Szybkoś zmian pola magnetycznego	do 6 T/s
Wymiary próbek (min-max)	(1-2)x(2-5)x(8-10)mm
Możliwość pomiaru w trybie	automatycznym lub manulany

Enables determination of magnetocaloric effect by the direct method	
Temperature range	150 K - 370 K
Magnetocaloric effect measurement range	od 0.1K
Temperature stability during measurement	0.1 K
Magnetic field range during operation	0.02 - 1.8 T
Magnetic field change rate	up to 6 T/s
Sample dimensions (min-max)	(1-2)x(2-5)x(8-10)mm
Mode of operation	automatic or manual

4.17 Urządzenie do pomiaru właściwości fizycznych w polu magnetycznym PPMS (Quantum Design)

Physical Property Measurement System PPMS (Quantum Design

Urządzenie PPMS 9T jest specjalistycznym systemem pomiarowym znajdującym zastosowanie w przypadku zaawansowanych badań materiałów. Jego unikalna konstrukcja pozwala na dużą elastyczność w prowadzeniu eksperymentu naukowego.

Urządzenie dostępne jest na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej.

MAGNETOMETR Z WIBRUJĄCĄ PRÓBKĄ

Pole magnetyczne	do 9T
Zakres temperaturowy pracy	5 K - 1000 K
Dokładność stabilizacji temperatury	1% dla zakresu 5-400 K oraz 0.5 K dla zakresu 400-1000 K
Amplituda ruchu próbki	1-3mm
Częstotliwość wibracji próbki	40 Hz
Czułość odczytu zmian magnetyzacji	nie gorsza niż 10^{-6} emu
Masa próbki	nie wiksza niż 1g

POMIAR CIEPŁA WŁASCIWEGO

Zakres pomiarowy temperatur	1,9 - 400 K
Możliwości pomiaru ciepła właściwego próbek o masie	1 mg

POMIAR PRZEWODNICTWA CIEPLNEGO
POMIAR PRZEWODNICTWA ELEKTRYCZNEGO

Pole magnetyczne	do 9T
Pomiar oporu DC	metodą 4-punktową (kontaktową)
Pomiar AC	opór elektryczny, efekt Halla, pomiar prądów krytycznych, charakterystyki prądowo-napięciowe I-V
Czułość pomiaru	nie gorsza niż 1 nV
Pomiar z możliwością obrotu próbki (umieszczonej w kriostacie)	

The PPMS 9T system for physical property measurements in a magnetic field is a specialist instrument for advanced materials research. Its unique design enables high flexibility in conducting scientific experiment.

This instrument is available at the Faculty of Materials Engineering of Warsaw University of Technology.

RECIPROCATING SAMPLE OPTION MAGNETOMETER

Magnetic field	up to 9T
Operating temperature range:	5 K - 1000 K
Temperature stabilisation with an accuracy of	1% for the range 5-400 K oraz 0.5 K dla for the range 400-1000 K
Sample movement amplitude	1-3mm
Sample vibration frequency:	40 Hz
Sensitivity for magnetisation change readout:	not worse than 10^{-6} emu
Sample mass	not greater than 1g

SPECIFIC HEAT MEASUREMENTS

Temperature measurement range	1,9 - 400 K
Sample mass	1 mg

THERMAL CONDUCTIVITY MEASUREMENTS
ELECTRIC CONDUCTIVITY MEASUREMENTS

Magnetic field	up to 9T
DC resistivity measurements	by 4-point (contact) method
AC measurements	electric resistance, Hall effect, critical current-measurements, I-V characteristics
Measurements sensitivity	not les than 1 nV
Possibility of sample rotation during measurement (the sample placed in a cryostat)	

WARNING

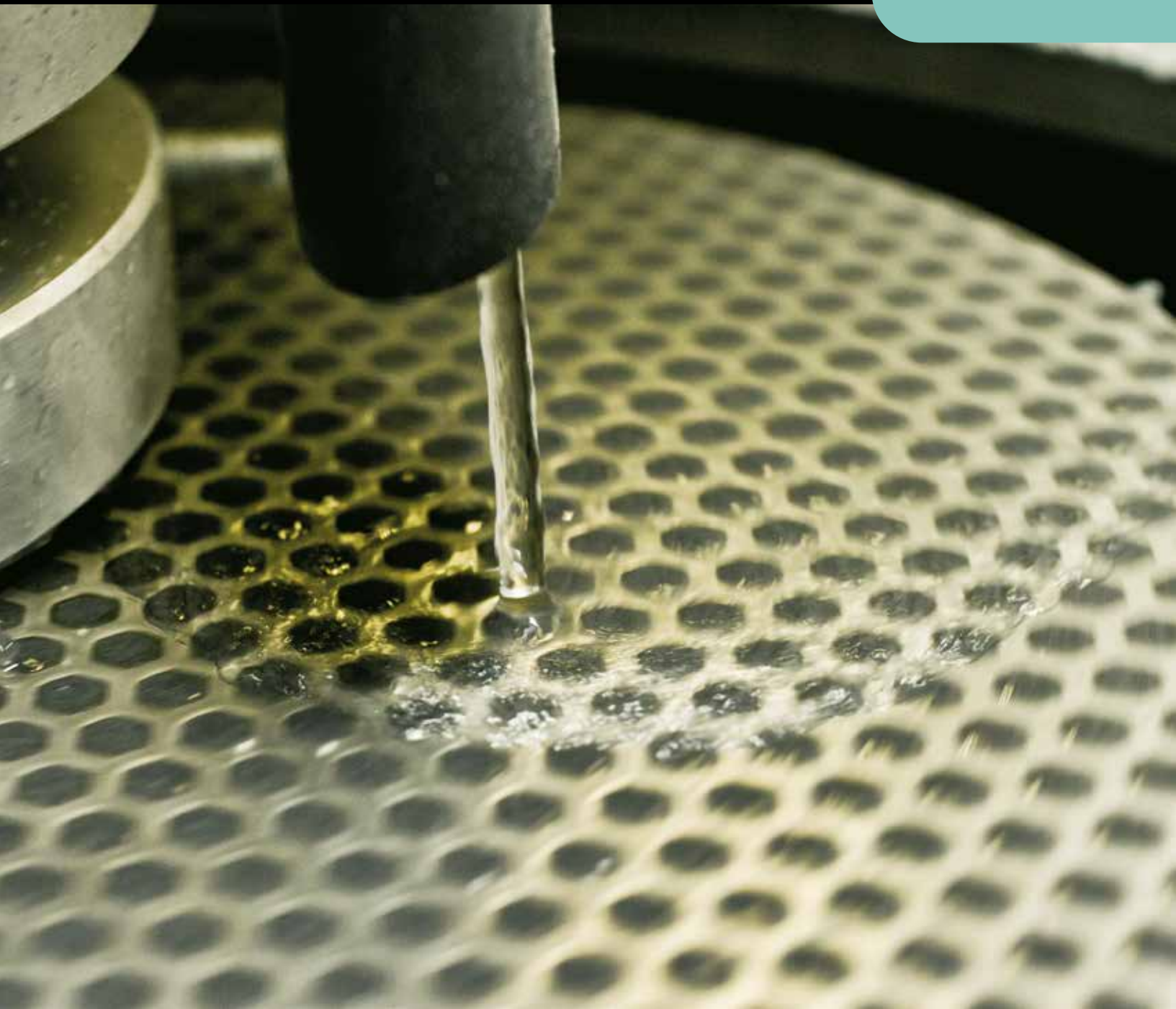
4.18 Urządzenie do badania zjawiska magnetycznej hipertermii

Device for magnetically induced hyperthermia effect measurements

Zastosowanie	Badanie efektu cieplnego indukowanego zmiennym polem magnetycznym w dyspersjach i żelach wraz z możliwością rejestracji widm UV-Vis w czasie rzeczywistym
Specyfika systemu	Układ adiabatyczny ze zmiennym, monochromatycznym polem magnetycznym
Mierzone wielkości fizyczne	SAR (Specific Absorption Rate) oraz ILP (Intrinsic Loss Power)
Zakres częstotliwości	100 – 800 kHz
Maksymalne pole magnetyczne	48 kA/m
Czułość odczytu zmian magnetyzacji	w czasie rzeczywistym przy użyciu sensorów optycznych (-80 do 150 °C, z dokładnością 1°C)
Zakres długości fali (dotyczy przystawki do badania procesu uwalniania leków)	360 – 1700 nm

Application	Measurements of the thermal effect induced by an AC magnetic field in dispersions and gels with the possibility of measurements of UV-Vis spectra in real time
Specyfika systemu	Adiabatic system with monochromatic AC magnetic field
Frequency range	SAR (Specific Absorption Rate) and ILP (Intrinsic Loss Power)
Maximum magnetic field value	100 – 800 kHz
Maksymalne pole magnetyczne	48 kA/m
Temperature changes measurements	In real time using fiber optic temperature sensors (-80 to 150 °C, with an accuracy of 1°C)
Wavelength range (for the drug release monitoring)	360 – 1700 nm

5. APARATURA POMOCNICZA
Auxiliary equipment



5.1 Profesjonalna linia do preparatyki zgładów metalograficznych (STRUERS)

Professional line for preparation of metallographic micro-sections (STRUERS)

SECOTOM 15

Secotom 15 to przecinarka stołowa o wysokich parametrach eksploatacyjnych, w których udanie połączono najnowszą technologię cięcia precyzyjnego z wszechstronnością zastosowań i łatwością obsługi. Przecinarka Secotom pozwala na precyzyjne i bez odkształceń plastycznych cięcie metali, materiałów ceramicznych i kompozytowych, węglików spiekanych, elementów elektronicznych, kryształów, materiałów biologicznych, minerałów itp.

SECOTOM 15

The Secotom-150 is high performance table-top cut-off machine, which successfully combines the latest precision cutting technology with flexibility and user-friendliness. It enables precise and deformation-free cutting of: metals, ceramics, composites, sintered carbides, electronic components, crystals biomaterial, minerals etc.

TEGRAMIN 25

Szlifierko-polerka Tegramin oferuje nowatorskie rozwiązania, aby poprawić wyniki preparatyki i ułatwić pracę z różnorodnymi materiałami. Wytrzymała i sztywna konstrukcja zapewnia wysoką jakość preparatyki i niezawodną pracę.
Automatyczna kontrola procesu gwarantuje wysoką powtarzalność wyników.
Urządzenie to dzięki zastosowaniu nowoczesnych ściernic pozwala na preparatykę materiałów o twardości od 30 HV do 2000 HV.

TEGRAMIN 25

The Tegramin preparation system is characterized by innovative solutions, which improve preparation results and help to deal with a variety of specimens or materials. Its sturdy and durable design ensures high preparation quality and reliable operation.
Automatic process control system warrants high reproducibility of results.
Due to application of modern grinding wheels Tegramin enables preparation of materials from 30 HV to 2000 HV in hardness.

CITOPRESS 10

Prasa CitoPress-10 jest zaawansowaną, elektrohydrauliczną, jednocylindrową, programowalną prasą od inkludowania na gorąco materiałów o średnicy do 20 mm.
Urządzenie oferuje całkowitą kontrolę procesu oraz bazę metod inkludowania.

CITOPRESS 10

The CitoPress-10 is an advanced, electro-hydraulic, programmable single cylinder mounting press suitable for hot mounting of materials up to 20 mm in diameter.
The CitoPress-10 offers total process control and database facilities.

5.2 Szlifierka zadaniowa (FAS Głowno)

Production grinding machine (FAS Glowno)

Wymiary robocze stołu elektromagnetycznego	200 mm x 500 mm
Skok wrzeciennika ściernicy	0.01 mm - 0.1 mm (skok jednostronny, automatyczny)
Prędkość przesuwu stołu	do 800 mm/min
Obroty wrzeciennika	2000 obr/min

Dimensions of electromagnetic table	200 mm x 500 mm
Stroke of the headstock of grinding mill	0.01 mm - 0.1 mm (single-sided, automatic)
Table travel speed	up to 800 mm/min
Headstock rotary speed	2000 rev/min

5.3 Laserowy ploter tnący FB 750 (CadCam Technology)

Laser Cutting System FB 750 (CadCam Technology)

- najwyższej klasy przemysłowe źródło laserowe CO_2
- oprogramowanie ApS-Ethos (CAM) pozwalające na importowanie projektów z popularnych programów CAD
- maksymalna głębokość cięcia w tworzywach sztucznych: 12 mm
- możliwość cięcia taśm metalicznych o grubości do 40 µm

- highest-class industrial CO_2 laser source
- ApS-Ethos control software enabling import of projects from popular CAD programs
- maximum cutting depth in plastic material: 12 mm
- enables cutting metal strips up to 40 µm thick

5.4 Magneśnica impulsowa (Magnet-Physik GmbH)

Impulse magnetiser K-series (Magnet-Physik GmbH)

Maksymalna energia	5000 Ws / 10000 Ws
Maksymalne napięcie	2000 V
Maksymalny prąd	25 000 A

Energy	5000 Ws / 10000 Ws
Maximum voltage	2000 V
Maximum current	25 000 A
used to magnetise magnets and magnet systems	

5.5 Nożyca krążkowa

Slitting machine

Nożyca krążkowa umożliwia cięcie odlanych taśm amorficznych na pasy o szerokości: 4 mm; 5mm; 10 mm; 20 mm; 25 mm, 40 mm, 50 mm.

Slitting machine for amorphous ribbons. Available cutting widths: 4 mm; 5 mm; 10 mm; 20 mm; 25 mm, 40 mm, 50 mm.

5.6 Urządznie do cięcia taśm amorficznych

Slitting machine for amorphous ribbons

Zastosowanie	Urządzenie służy do produkcji elementów składowych rdzeni magnetycznych specjalnej konstrukcji
Maksymalna szerokość taśmy	142 mm
Długość ciętych odcinków taśmy	30 mm - 5000 mm
Wydajność	do 1500 cięć/h

Application	slitting machine is used for special shape elements production, designed for magnetic cores
Maximum width of ribbon	142 mm
Available cutting length	30 mm - 5000 mm
Efficiency	up to 1500 cuts/h

5.7 Urządzenie do impregnacji rdzeni magetycznych

Impegnation plant for magnetic cores

Zastosowanie	Urządzenie służy do zabezpieczenia mechanicznego rdzeni magnetycznych
Medium	żywica termoutwardzalna
Ciśnienie robocze	20 mbar - 5000 mbar w trybie suchym i mokrym
Wymiary komory	ø 700 mm x 800 mm

Application	Impregnation Plants is used for mechanical protection of raw magnetic cores
Medium	thermosetting resin
Ciśnienie robocze	20 mbar - 5000 mbar in dry and wet mode
Wymiary komory	ø 700 mm x 800 mm

5.8 MAGNUTOM-500 (STRUERS) przecinarka automatyczna o dużej powierzchni roboczej

MAGNUTOM-500 (STRUERS) automatic, high capacity cutting machine

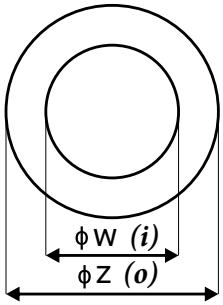
Powierzchnia robocza	• ø 189 mm • 189mm x 280 mm • 92 mm x 600 mm
Twardość ciętego materiału (max)	2000 HV
Chłodzenie	powietrze / ciecz

Cutting capacity	• ø 189 mm • 189mm x 280 mm • 92 mm x 600 mm
Hardness application material (max)	2000 HV
Cooling	air / liquid

6. RDZENIE MAGNETYCZNE MIĘKKIE

Soft magnetic cores

SYMBOL: ACoL



ZASTOSOWANIE
- ekrany magnetyczne

ZALETY
- materiał cechuje się dobrymi właściwościami magnetycznie miękkimi w stanie AQ

TYPICAL APPLICATIONS
- emagnetic screens

TYPICAL APPLICATIONS
- this material exhibits good soft magnetic properties in the as-quenched state

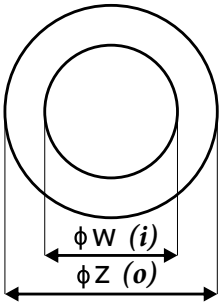
PARAMETRY:	
Indukcja nasycenia	$B_s = 0.6 - 0.7$ T
Remanencja	$B_r = 0.3 - 0{,}45$ T
Pole koercji	$H_c = 1.5 - 2$ A/m
Amplituda ruchu próbki	$\mu_{max} = 100000 - 200000$
WARUNKI PRACY:	
Czestotliwość	f_p: do ~ MHz
Temperatura	T_p: do 150°C
WYMIARY GEOMETRYCZNE:	
Średnica zewnętrzna (Φz)	30 - 50 mm
Średnica wewnętrzna (Φw)	≥ 20 mm

PARAMETERS:	
Saturation induction	$B_s = 0.6 - 0.7$ T
Remanence	$B_r = 0.3 - 0{,}45$ T
Coercivity	$H_c = 1.5 - 2$ A/m
Magnetic permeability	$\mu_{max} = 100000 - 200000$
OPERATING CONDITIONS:	
Frequency	f_p: up to ~ MHz
Temperature	T_p: up to 150°C
DIMENSIONS:	
Outer diameter (Φz)	30 - 50 mm
Inner diameter (Φw)	≥ 20 mm

6.2 Rdzenie amorficzne o wysokiej przenikalności magnetycznej

Amorphous cores with high magnetic permeability

SYMBOL: AFeNiL



ZASTOSOWANIE

- zasilacze impulsowe
- sensory siły

ZALETY

- bardzo wysoka prostokątność ~ 0,99
- duża oporność właściwa

TYPICAL APPLICATIONS

- switching mode power supplies
- force sensors

TYPICAL APPLICATIONS

- very high squareness ratio: ~ 0,99
- high resistivity

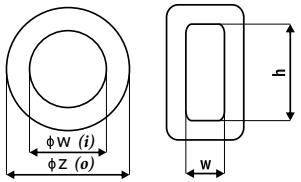
PARAMETRY:	
Indukcja nasycenia	$B_s = 0.78 - 0.8$ T
Remanencja	$B_r = 0.75$ T
Pole koercji	$H_c = 3 - 4$ A/m
Przenikalność magnetyczna	$\mu_{max} \geq 200000$
Straty mocy w rdzeniu	$P_s = 0.1$ W/kg (dla f = 50 Hz i B = 0.7 T)
Magnetostrykcja nasycenia	$\lambda_s = 12 \times 10^{-6}$
WARUNKI PRACY:	
Czestotliwość	f_p: do 20 kHz
Temperatura	T_p: do 150°C
WYMIARY GEOMETRYCZNE:	
Średnica zewnętrzna (Φz)	30 - 50 mm
Średnica wewnętrzna (Φw)	≥ 20 mm

PARAMETERS:	
Saturation induction	$B_s = 0.78 - 0.8$ T
Remanence	$B_r = 0.75$ T
Coercivity	$H_c = 3 - 4$ A/m
Magnetic permeability	$\mu_{max} \geq 200000$
Core losses	$P_s = 0.1$ W/kg (f = 50 Hz and B = 0.7 T)
Saturation magnetostriction	$\lambda_s = 12 \times 10^{-6}$
OPERATING CONDITIONS:	
Frequency	f_p: up to 20 kHz
Temperature	T_p: up to 150°C
DIMENSIONS:	
Outer diameter (Φz)	30 - 50 mm
Inner diameter (Φw)	≥ 20 mm

6.3 Rdzenie amorficzne do rozdzielczych transformatorów obniżających

Amorphous cores for step-down distribution transformers

SYMBOL: AML



ZASTOSOWANIE

- transformatory o przekładni 230 V/ 24 V o mocy od 200 W do 1000 W

ZALETY

- oszczędność energii
- ochrona środowiska
- straty mocy na biegu jałowym są o ok. 80% niższe niż dla transformatorów z rdzeniem ze stali krzemowej

TYPICAL APPLICATIONS

- 230 V /24 V transformers, from 200 W to 1000 W in rated power

TYPICAL APPLICATIONS

- energy saving
- environment friendly
- no-load core losses by about 80 % lower than in transformer with a core from silicon steel

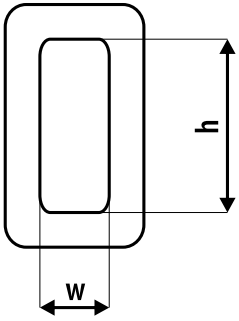
PARAMETRY:	
Indukcja nasycenia	$B_s = 1.4 - 1.56$ T
Remanencja	$B_r = 1 - 1.3$ T (dla rdzenia toroidalnego) $B_r \sim 0.8$ T (dla rdzenia prostokątnego)
Pole koercji	$H_c = 5 - 8$ A/m
Przenikalność magnetyczna	$\mu_{max} \geq 100000$
Straty mocy w rdzeniu	$P_s = 0.2 - 0.3$ W/kg (dla f = 50 Hz i B = 1,4 T)
Magnetostrykcja nasycenia	$\lambda_s = 25 \times 10^{-6}$
WARUNKI PRACY:	
Czestotliwość	f_p: do 10 kHz (dla rdzenia toroidalnego) f_p: do 20 kHz (dla rdzenia prostokątnego)
Temperatura	T_p: do 200°C
WYMIARY GEOMETRYCZNE:	
Symbol: AMLK	
Średnica zewnętrzna (Φz)	30 - 20 mm
Średnica wewnętrzna (Φw)	≤ 20 mm
Symbol: AMLP	
Średnica zewnętrzna (h)	50 - 200 mm
Średnica wewnętrzna (w)	30 -120 mm

PARAMETERS:	
Saturation induction	$B_s = 1.4 - 1.56$ T
Remanence	$B_r = 1 - 1.3$ T (for toroidal core) $B_r \sim 0.8$ T (for rectangular core)
Coercivity	$H_c = 5 - 8$ A/m
Magnetic permeability	$\mu_{max} \geq 100000$
Core losses	$P_s = 0.2 - 0.3$ W/kg (f = 50 Hz and B = 1,4 T)
Saturation magnetostriction	$\lambda_s = 25 \times 10^{-6}$
OPERATING CONDITIONS:	
Frequency	f_p: up to 10 kHz (for toroidal core) f_p: up to 20 kHz (for rectangular core)
Temperature	T_p: up to 200°C
DIMENSIONS:	
Symbol: AMLK	
Outer diameter (Φz)	30 - 20 mm
Inner diameter (Φw)	≤ 20 mm
Symbol: AMLP	
Window height (h)	50 - 200 mm
Window width (w)	30 -120 mm

6.4 Rdzenie amorficzne i nanokrystaliczne cięte, prostokątne na transformatory o podwyższonej częstotliwości pracy

Amorphous and nanocrystalline cut/rectangular transformer cores for operation at elevated frequencies

SYMBOL: AMT(P), NFT(P)



ZASTOSOWANIE

- transformatory małej i średniej mocy o podwyższonej częstotliwości pracy

ZALETY

- łatwy montaż
- niska remanencja

TYPICAL APPLICATIONS

- low and medium power transformers operating at elevated frequency

TYPICAL APPLICATIONS

- easy assembly
- low remanence

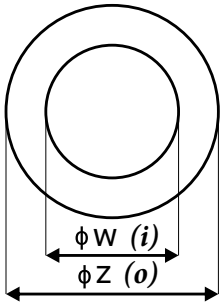
PARAMETRY:	
Indukcja nasycenia	$B_s = < 1.5\,T$
Remanencja	$B_r = < 0.11\,T$
WARUNKI PRACY:	
Częstotliwość	f_p: do 5 kHz
Temperatura	T_p: do 100°C
WYMIARY GEOMETRYCZNE:	
Średnica zewnętrzna (h)	15 - 50 mm
Średnica wewnętrzna (w)	15 - 250 mm

PARAMETERS:	
Saturation induction	$B_s = < 1.5\,T$
Remanence	$B_r = < 0.11\,T$
OPERATING CONDITIONS:	
Frequency	f_p: up to 5 kHz
Temperature	T_p: up to 100°C
DIMENSIONS:	
Window height (h)	15 - 50 mm
Window width (w)	15 - 250 mm

6.5 Rdzenie amorficzne o wysokiej indukcji nasycenia i obniżonej przenikalności magnetycznej

Amorphous cores with high saturation induction and reduced magnetic permeability

SYMBOL: AMT



ZASTOSOWANIE

- transformatory specjalne
- zasilacze impulsowe
- grzejnictwo indukcyjne

ZALETY

- liniowa zależność B(H) w dużym zakresie zmian B

TYPICAL APPLICATIONS

- special transformers
- switching mode power supplies
- induction heating systems

TYPICAL APPLICATIONS

- linearity of B(H) curve over the wide range of B variability

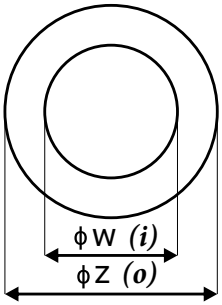
PARAMETRY:	
Indukcja nasycenia	$B_s = 1.4 - 1.56$ T
Remanencja	$B_r = 0.1 - 0.3$ T
Pole koercji	$H_c = < 10$ A/m
Przenikalność magnetyczna	$\mu_{max} \geq 2000$
Straty mocy w rdzeniu	$P_s = 0.1$ W/kg (dla f = 50 Hz i B = 1.1 T)
Magnetostrykcja nasycenia	$\lambda_s = 25 \times 10^{-6}$
WARUNKI PRACY:	
Czestotliwość	f_p: do 20 kHz
Temperatura	T_p: do 200°C
WYMIARY GEOMETRYCZNE:	
Średnica zewnętrzna (Φz)	50 - 120 mm
Średnica wewnętrzna (Φw)	30 - 80 mm

PARAMETERS:	
Saturation induction	$B_s = 1.4 - 1.56$ T
Remanence	$B_r = 0.1 - 0.3$ T
Coercivity	$H_c = < 10$ A/m
Magnetic permeability	$\mu_{max} \geq 2000$
Core losses	$P_s = 0.1$ W/kg (f = 50 Hz i B = 1.1 T)
Saturation magnetostriction	$\lambda_s = 25 \times 10^{-6}$
OPERATING CONDITIONS:	
Frequency	f_p: up to 20 kHz
Temperature	T_p: up to 200°C
DIMENSIONS:	
Outer diameter (Φz)	50 - 120 mm
Inner diameter (Φw)	30 - 80 mm

6.6 Rdzenie nanokrystaliczne o obniżonej przenikalności magnetycznej

Nanocrystalline cores with reduced magnetic permeability

SYMBOL: NFG



ZASTOSOWANIE

- zasilacze impulsowe

ZALETY

- większa indukcja nasycenia Bs 1 T
- mniejsza liczba zwojów
- mniejsze straty niż w konwencjonalnym dławiku ferrytowym

TYPICAL APPLICATIONS

- output chokes in switching mode power supplies

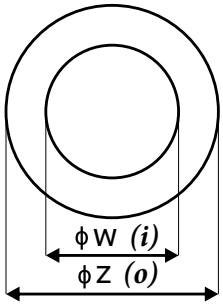
TYPICAL APPLICATIONS

- higher saturation induction (Bs 1 T)
- smaller number of winding turns needed
- lower core losses

PARAMETRY:	
Indukcja nasycenia	$B_s = < 1.1$ T
Remanencja	$B_r = < 0.02$ T
Przenikalność magnetyczna	μ = 20 - 100
WARUNKI PRACY:	
Czestotliwość	f_p: do ~ kHz
Temperatura	T_p: do 150°C
WYMIARY GEOMETRYCZNE:	
Średnica zewnętrzna (Φz)	25 - 50 mm
Średnica wewnętrzna (Φw)	20 - 40 mm

PARAMETERS:	
Saturation induction	$B_s = < 1.1$ T
Remanence	$B_r = < 0.02$ T
Magnetic permeability	μ = 20 - 100
OPERATING CONDITIONS:	
Frequency	f_p: do ~ kHz
Temperature	T_p: do 150°C
DIMENSIONS:	
Outer diameter (Φz)	25 - 50 mm
Inner diameter (Φw)	20 - 40 mm

SYMBOL: NFI



ZASTOSOWANIE
- dławiki przeciwzakłóceniowe
- transformatory
- przekładniki prądowe

ZALETY
- wysoka indukcja nasycenia, prawie dwukrotnie wyższa od indukcji rdzeni z materiału
- Permaloy (Ni80Fe) dobra stabilność temperaturowa

TYPICAL APPLICATIONS
- EMI/RFI suppression chokes
- voltage transformers
- current transformers

TYPICAL APPLICATIONS
- high saturation induction (almost twice
- higher than that of Ni80Fe permalloy)
- good temperature stability

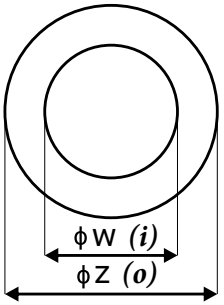
PARAMETRY:	
Indukcja nasycenia	$B_s = 1.15 - 1.2$ T
Remanencja	$B_r = 0.8 - 1$ T
Pole koercji	$H_c = 1 - 1.5$ A/m
Przenikalność magnetyczna	$\mu > 100\,000$ (początkowa) $\mu_{max} = 300\,000 - 500\,00$ (maksymalna)
Straty mocy w rdzeniu	$P_s = 0.04$ W/kg (dla f = 50 Hz i B = 1.1 T)
Magnetostrykcja nasycenia	$\lambda_s = 0.5 \times 10^{-6}$
WARUNKI PRACY:	
Częstotliwość	f_p: do 300 kHz
Temperatura	T_p: do 200°C
WYMIARY GEOMETRYCZNE:	
Średnica zewnętrzna (Φz)	≤ 120 mm
Średnica wewnętrzna (Φw)	≤ 80 mm

PARAMETERS:	
Saturation induction	$B_s = 1.15 - 1.2$ T
Remanence	$B_r = 0.8 - 1$ T
Coercivity	$H_c = 1 - 1.5$ A/m
Magnetic permeability	$\mu > 100\,000$ (początkowa) $\mu_{max} = 300\,000 - 500\,00$ (maksymalna)
Core losses	$P_s = 0.04$ W/kg (dla f = 50 Hz i B = 1.1 T)
Saturation magnetostriction	$\lambda_s = 0.5 \times 10^{-6}$
OPERATING CONDITIONS:	
Frequency	f_p: up to 300 kHz
Temperature	T_p: up to 200°C
DIMENSIONS:	
Outer diameter (Φz)	≤ 120 mm
Inner diameter (Φw)	≤ 80 mm

6.8 Rdzenie nanokrystaliczne o obniżonej remanencji

Nanocrystalline cores with reduced remanence

SYMBOL: NFT



ZASTOSOWANIE

- zasilacze impulsowe
- zasilacze specjlane

TYPICAL APPLICATIONS

- switching mode power supplies
- special power converters

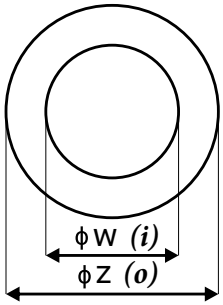
PARAMETRY:	
Indukcja nasycenia	$B_s = 1.15 - 1.2$ T
Remanencja	$B_r = 0.05 - 0.25$ T
Pole koercji	$H_c = 1 - 1.5$ A/m
Przenikalność magnetyczna	$\mu_{max} \leq 30\,000$ (liniowa zależność B(H) do wartości B =1 T)
Straty mocy w rdzeniu	$P_s = 0.01$ W/kg (dla f = 50 Hz i B = 1.1 T) $P_s = 146$ W/kg (dla f = 100 kHz i B = 0.4T)
Magnetostrykcja nasycenia	$\lambda_s = 0.5 \times 10^{-6}$
WARUNKI PRACY:	
Czestotliwość	f_p: do 300 kHz
Temperatura	T_p: do 200°C
WYMIARY GEOMETRYCZNE:	
Średnica zewnętrzna (Φz)	≤ 120 mm
Średnica wewnętrzna (Φw)	≤ 80 mm

PARAMETERS:	
Saturation induction	$B_s = 1.15 - 1.2$ T
Remanence	$B_r = 0.05 - 0.25$ T
Coercivity	$H_c = 1 - 1.5$ A/m
Magnetic permeability	$\mu_{max} \leq 30\,000$ (linear B(H) dependence up to B =1 T)
Core losses	$P_s = 0.04$ W/kg (dla f=50Hz i B=1.1T)
Saturation magnetostriction	$\lambda_s = 0.5 \times 10^{-6}$
OPERATING CONDITIONS:	
Frequency	f_p: up to 300 kHz
Temperature	T_p: up to 200°C
DIMENSIONS:	
Outer diameter (Φz)	≤ 120 mm
Inner diameter (Φw)	≤ 80 mm

6.9 Rdzenie nanokrystaliczne o wysokiej indukcji nasycenia i obniżonej przenikalności magnetycznej

Nanocrystalline cores with high saturation induction and reduced magnetic permeability

SYMBOL: NPT



ZASTOSOWANIE

- transformatory specjalne
- zasilacze impulsowe
- grzejnictwo indukcyjne

ZALETY

- liniowa zależność B(H) w dużym zakresie zmian B

TYPICAL APPLICATIONS

- special transformers
- switching mode power supplies
- induction heating systems

TYPICAL APPLICATIONS

- linear B(H) dependence over the wide range of B variability

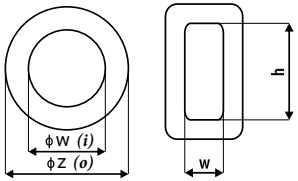
PARAMETRY:	
Indukcja nasycenia	$B_s = 1.5 - 1.6\,T$
Remanencja	$B_r = 0.1 - 0.3\,T$
Pole koercji	$H_c = 30 - 50\,A/m$
Przenikalność magnetyczna	$\mu_{max} \leq 1500$
Straty mocy w rdzeniu	$P_s = 1 - 2\,W/kg$ (dla f = 50 Hz i B = 1.4 T)
Magnetostrykcja nasycenia	$\lambda_s = 8 \times 10^{-6}$
WARUNKI PRACY:	
Częstotliwość	f_p: do 100 kHz
Temperatura	T_p: do 250°C
WYMIARY GEOMETRYCZNE:	
Średnica zewnętrzna (Φz)	≤ 50 - 120 mm
Średnica wewnętrzna (Φw)	≤ 30 - 80 mm

PARAMETERS:	
Saturation induction	$B_s = 1.5 - 1.6\,T$
Remanence	$B_r = 0.1 - 0.3\,T$
Coercivity	$H_c = 30 - 50\,A/m$
Magnetic permeability	$P_s = 1 - 2\,W/kg$ (dla f = 50 Hz i B = 1.4 T)
Core losses	$P_s = 1 - 2\,W/kg$ (dla f = 50 Hz i B = 1.4 T)
Saturation magnetostriction	$\lambda_s = 8 \times 10^{-6}$
OPERATING CONDITIONS:	
Frequency	f_p: up to 100 kHz
Temperature	T_p: up to 250°C
DIMENSIONS:	
Outer diameter (Φz)	≤ 120 mm
Inner diameter (Φw)	≤ 80 mm

6.10 Rdzenie amorficzne na transformatory średniej częstotliwości

Amorphous cores for medium-frequency transformers

SYMBOL: AML



ZASTOSOWANIE

- transformatory do grzejnictwa indukcyjnego
- transformatory do przetwornic statycznych
- transformatory sieciowe

ZALETY

- konstrukcja zaplatana pozwalająca na nakładanie gotowych uzwojeń na rdzeń

PARAMETRY:	
Indukcja nasycenia	$B_s = 1.4 - 1.56$ T
Remanencja	$B_r \sim 0.8$ T
Przenikalność magnetyczna	$\mu_{max} = 50000 - 100000$
Straty mocy w rdzeniu	$P_s = 0.2 - 0.3$ W/kg (dla f = 50 Hz i B = 1,4 T)
Magnetostrykcja nasycenia	$\lambda_s = 25 \times 10^{-6}$
WARUNKI PRACY:	
Czestotliwość	f_p: do 20 kHz
Temperatura	T_p: do 200°C
WYMIARY GEOMETRYCZNE:	
Symbol: AMLK	
Średnica zewnętrzna (Φz)	≥ 60 mm
Średnica wewnętrzna (Φw)	≤ 40 mm
Symbol: AMLP	
Średnica zewnętrzna (h)	≥ 50 mm
Średnica wewnętrzna (w)	≤ 30 mm

TYPICAL APPLICATIONS

- transformers for induction heating systems
- transformers for static converters
- mains transformers

TYPICAL APPLICATIONS

- overlapped design enables mounting ready-made windings onto the core

PARAMETERS:	
Saturation induction	$B_s = 1.4 - 1.56$ T
Remanence	$B_r \sim 0.8$ T
Coercivity	$\mu_{max} = 50000 - 100000$
Core losses	$P_s = 0.2 - 0.3$ W/kg (dla f = 50 Hz i B = 1,4 T)
Saturation magnetostriction	$\lambda_s = 25 \times 10^{-6}$
OPERATING CONDITIONS:	
Frequency	f_p: up to 20 kHz
Temperature	T_p: up to 200°C
DIMENSIONS:	
Symbol: AMLK	
Outer diameter (Φz)	≥ 60 mm
Inner diameter (Φw)	≤ 40 mm
Symbol: AMLP	
Window height (h)	≥ 50 mm
Window width (w)	≤ 30 mm

7. LUTY TWARDE

Brazing Alloys

7.1 Luty na osnowie niklu w postaci taśm amorficznych

Nickel base brazing in a form of amorphous foils

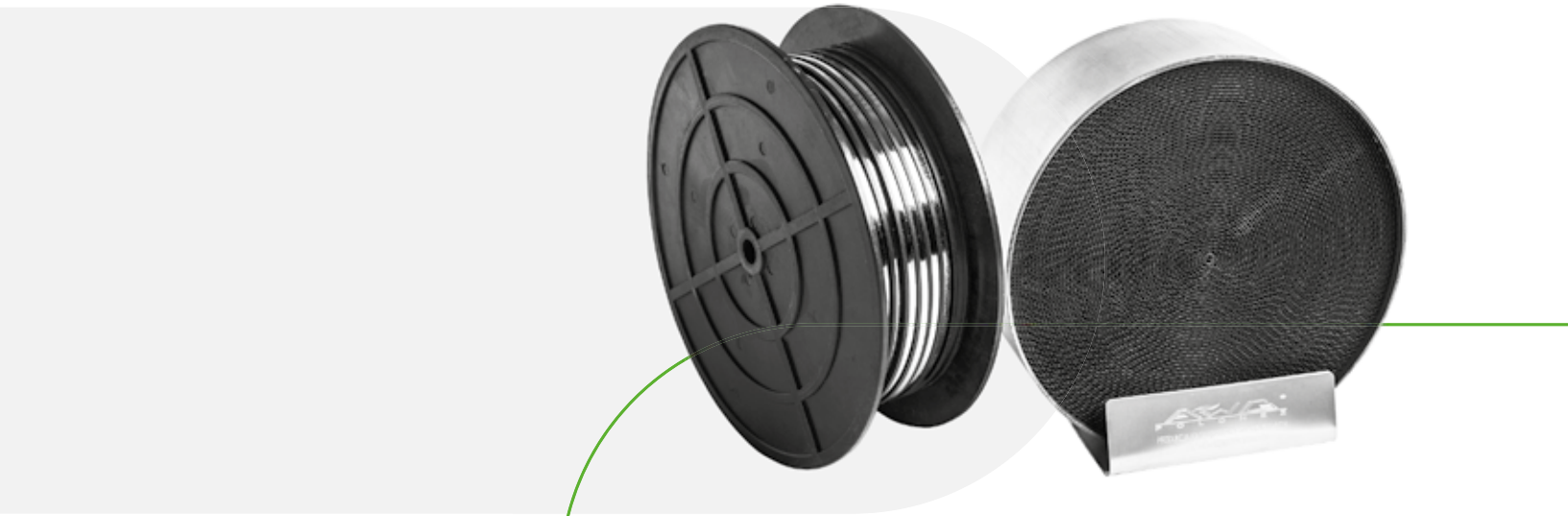
Stop (Alloy)	Ni [%mas]	Cr [%mas]	Si [%mas]	Fe [%mas]	B [%mas]	P [%mas]	C [%mas]	Inne (other) [%mas]
BNI-1	RESZTA [BAL]	14.0	4.5	4.5	3.2	-	0.075	<0.05
BNI-2	RESZTA [BAL]	7.0	4.5	3.0	3.1	-	<0.01	<0.05
BNI-6	RESZTA [BAL]	-	-	-	-	11.0	<0.01	<0.05
BNI-7	-	14.0	-	-	-	10.1	<0.01	-

DOSTĘPNE WYMIARY

- Szerokość: 20 -35 µm
- Wysokość: 3,5÷25 mm

AVAILABLE DIMENSIONS

- Thickness: 20 -35 µm
- Width: 3,5÷25 mm



7.2 Luty na osnowie miedzi w postaci taśm amorficznych

Copper base brazing in a form of amorphous foils

Stop (Alloy)	Cu [%mas]	Sn [%mas]	Ni [%mas]	P [%mas]	O_2 [%mas]	Inne (other) [%mas]
$Cu_{76.5}Ni_7SN_{9.5}P_7$	RESZTA [BAL]	9.5	7.0	7.0	0.05_{max}	<0.05

DOSTĘPNE WYMIARY

- Szerokość: 20 -35 µm
- Wysokość: 3,5÷25 mm

AVAILABLE DIMENSIONS

- Thickness: 20 -35 µm
- Width: 3,5÷25 mm

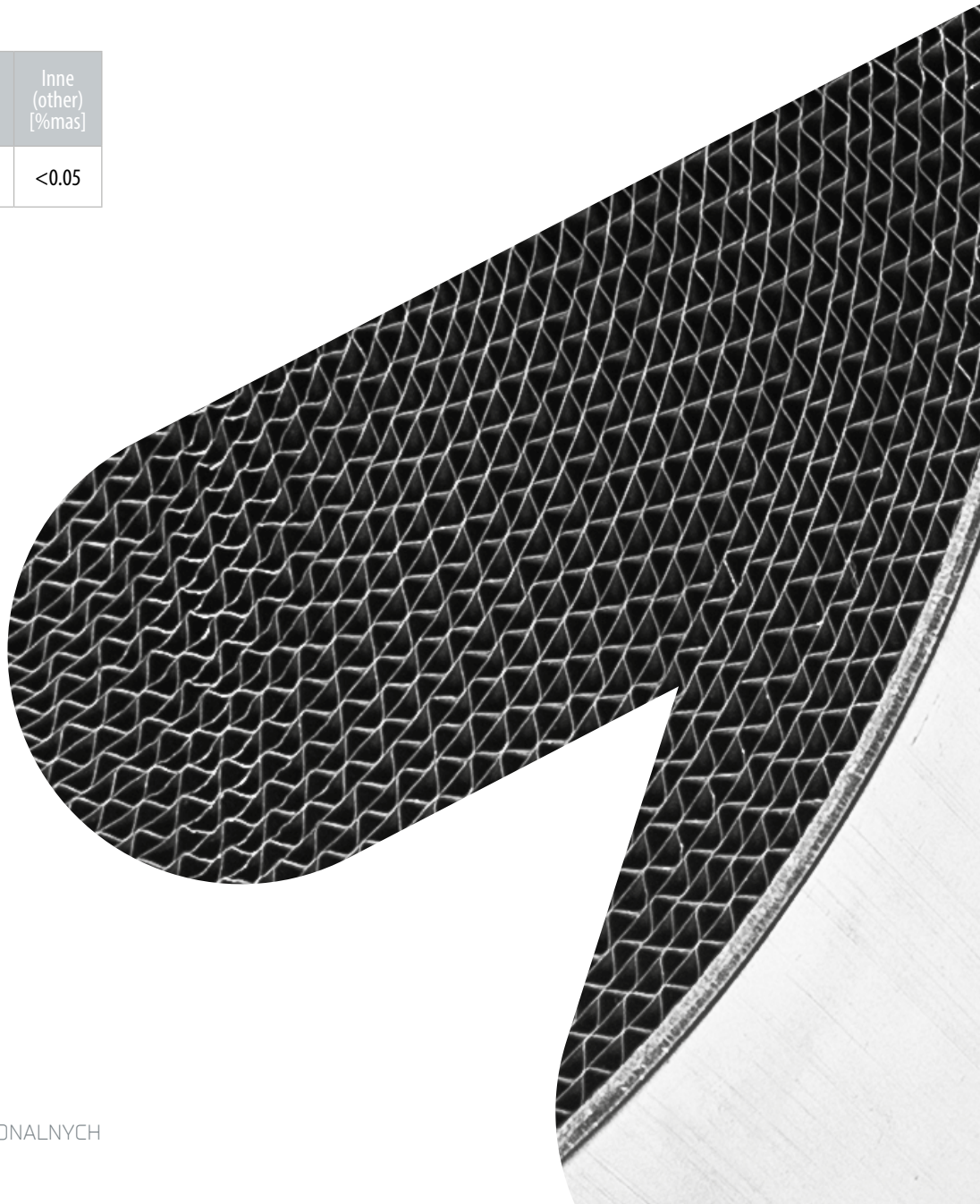
Stop (Alloy)	Pd [%mas]	Ni [%mas]	Si [%mas]	Inne (other) [%mas]
$Pd_{47}Ni4_7Si_6$	RESZTA [BAL]	9.5	7.0	<0.05

DOSTĘPNE WYMIARY

- Szerokość: 20 -35 µm
- Wysokość: 3,5÷25 mm

AVAILABLE DIMENSIONS

- Thickness: 20 -35 µm
- Width: 3,5÷25 mm



Łukasiewicz
Instytut Metali Nieżelaznych

Sieć Badawcza Łukasiewicz —
Instytut Metali Nieżelaznych
ul. Sowińskiego 5, 44-100 Gliwice, Polska

imn@imn.lukasiewicz.gov.pl
+48 32 238 02 00
fax: +48 32 231 69 33
www.imn.gliwice.pl