

# OPEN ACCESS LIBRARY



Scientific International Journal of the World Academy  
of Materials and Manufacturing Engineering  
publishing scientific monographs in Polish or in English only

Published since 1998 as Studies of the Institute of Engineering Materials and Biomaterials

**Volume 4, 2011**

**Danuta SZEWIECZEK**

## **Wybrane materiały amorficzne i nanokrystaliczne stopów na podstawie Ni lub Fe**



# OPEN ACCESS LIBRARY

Scientific International Journal of the World Academy  
of Materials and Manufacturing Engineering  
publishing scientific monographs in Polish or in English only

Published since 1998 as Studies of the Institute of Engineering Materials and Biomaterials

Volume 4, 2011

## Editor-in-Chief

Prof. Leszek A. Dobrzański – Poland

## Editorial Board

Prof. Gilmar Batalha – Brazil  
Prof. Emin Bayraktar – France  
Prof. Rudolf Kawalla – Germany  
Prof. Stanisław Mitura – Poland  
Prof. Jerzy Nowacki – Poland  
Prof. Ryszard Nowosielski – Poland  
Prof. Jerzy Pacyna – Poland

Prof. Zbigniew Rdzawski – Poland  
Prof. Maria Richert – Poland  
Prof. Maria Helena Robert – Brazil  
Prof. Mario Rosso – Italy  
Prof. Bozo Smoljan – Croatia  
Prof. Mirko Sokovic – Slovenia  
Prof. Leszek Wojnar – Poland

## Patronage



World Academy of Materials and Manufacturing Engineering



Association of Computational Materials Science and Surface Engineering



Institute of Engineering Materials and Biomaterials of the Silesian University  
of Technology, Gliwice, Poland

## Abstracting services

Journal is cited by Abstracting Services such as:



The Directory of Open Access Journals

## Reading Direct

This journal is a part of Reading Direct, the free of charge alerting service which sends tables of contents by e-mail for this journal and in the promotion period also the full texts of monographs. You can register to Reading Direct at

[www.openaccesslibrary.com](http://www.openaccesslibrary.com)

## Journal Registration

The Journal is registered by the Civil Department of the District Court in Gliwice, Poland

## Publisher



International OCSCO World Press  
Gliwice 44-100, Poland, ul. S. Konarskiego 18a/366  
e-mail: [info@openaccesslibrary.com](mailto:info@openaccesslibrary.com)

Bank account: Stowarzyszenie Komputerowej Nauki o Materiałach i Inżynierii Powierzchni  
Bank name: ING Bank Śląski  
Bank address: ul. Zwycięstwa 28, 44-100 Gliwice Poland  
Account number/ IBAN CODE: PL 7610501298100002300809767  
Swift code: INGBPLPW  
Gliwice

© 2011 International OCSCO World Press. All rights reserved  
© The paper used for this Journal meets the requirements of acid-free paper Printed in Poland

The background of the cover is a grayscale micrograph showing a complex, interconnected network of bright, irregular lines or channels. These lines form a porous, cell-like structure, possibly representing a material's grain boundaries or a specific microstructural feature. The overall appearance is that of a highly textured, porous material.

**Danuta SZEWIECZEK**

**Wybrane materiały amorficzne  
i nanokrystaliczne stopów  
na osnowie Ni lub Fe**



WYBRANE MATERIAŁY AMORFICZNE  
I NANOKRYSTALICZNE STOPÓW NA OSNOWIE NI LUB FE

### **OPINIODAWCY:**

**Prof. zw. dr hab. inż. Leszek A. Dobrzański M. Dr H.C.**  
(Politechnika Śląska)

**Prof. zw. dr hab. inż. Jerzy Nowacki**  
(Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny)

**Prof. zw. dr hab. inż. Jerzy Świder**  
(Politechnika Śląska)

### **REDAKCJA TECHNICZNA:**

**dr inż. Marek Roszak**  
**mgr inż. Justyna Hajduczek**

ISSN 2083-5191

ISBN 83-89728-91-5

EAN 9788389728913



## SPIS TREŚCI

<b>Słowo wstępne</b> .....	6
Prof. zw. dr hab. inż. Leszek A. Dobrzański M. Dr H.C.	
<b>Uchwała Senatu Politechniki Śląskiej w sprawie nadania tytułu Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej</b> .....	8
<b>Dyplom nadania tytułu Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej</b> .....	9
<b>Wybrane materiały amorficzne i nanokrystaliczne stopów na osnowie Ni lub Fe</b> .....	11
Prof. zw. dr hab. inż. Danuta Szewieczek	
Streszczenie .....	11
Abstract .....	13
1. Wstęp .....	15
2. Aplikacja stopów amorficznych na przykładzie spoiwa do lutowania na osnowie niklu .....	20
3. Otrzymywanie, struktura i własności nanokrystalicznych stopów typu Fe-Hf-B .....	28
4. Korozja elektrochemiczna amorficznych i nanokrystalicznych stopów $Fe_{78}Si_9B_{13}$ oraz $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$ .....	39
5. Rozwiązanie materiałowo-technologiczne wytwarzania kompozytów złożonych z nanokrystalicznych proszków stopu $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$ i polietylenu .....	51
6. Podsumowanie .....	60
Literatura .....	61



## WYBRANE MATERIAŁY AMORFICZNE I NANOKRYSTALICZNE STOPÓW NA OSNOWIE NI LUB FE

### ZAŁĄCZNIKI:

1. Życiorys Profesor Danuty Szewieczek .....66
2. Wykaz wybranych publikacji Profesor Danuty Szewieczek .....77
3. Wniosek o przyznanie godności Honorowego Profesora  
Politechniki Śląskiej Prof. dr hab. inż. Danucie Szewieczek .....82  
Prof. zw. dr hab. inż. Jerzy Świder
4. Opinia w sprawie nadania godności i tytułu Honorowego  
Profesora Politechniki Śląskiej  
Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danucie Szewieczek .....84  
Prof. zw. dr hab. inż. Leszek A. Dobrzański M. Dr H.C.
5. Opinia nt. dorobku naukowego, dydaktycznego  
i organizacyjnego Pani Prof. dr hab. inż. Danuty Szewieczek  
w związku z wnioskiem o przyznanie godności i tytułu  
Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej .....95  
Prof. zw. dr hab. inż. Jerzy Nowacki



PANI PROF. ZW. DR HAB. INŻ.  
DANUCIE SZEWIECZEK  
HONOROWEJ PROFESOR  
POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ  
W ROKU 75. ROCZNICY URODZIN  
WDZIĘCZNI WYCHOWANKOWIE,  
WSPÓŁPRACOWNICY  
I PRZYJACIELE

GLIWICE, WE WRZEŚNIU 2011 ROKU

## Słowo wstępne

*„Labor et patientia omnia vincunt”<sup>1)</sup>.*

*Dziś po raz kolejny Politechnika Śląska w Gliwicach, dziedziczka tradycji Politechniki Lwowskiej, pierwszej i najlepszej w Polsce przed II Wojną Światową Uczelni Technicznej, rozpoczyna już po raz 67. Nowy Rok Akademicki. To zawsze okazja do pozytywnych wzruszeń i radości, ale także do dojrzałych refleksji. Dla środowiska materiałoznawców, a zwłaszcza dla PT Pracowników i Studentów Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Wydziału Mechanicznego Technologicznego, a także dla mnie osobiście to jednak okazja szczególna.*

*Sam, 46 lat temu jako jeden z setek, znalazłem się w gronie immatrykulowanych studentów naszej znakomitej Uczelni. Już wtedy zetknąłem się z młodym Pracownikiem naukowym ówczesnej Katedry Metaloznawstwa, kierowanej przez ŚP Prof. Fryderyka Stauba, późniejszego Doktora Honoris Causa Politechniki Śląskiej - obecnie Prof. zw. dr hab. inż. Danutą Szewieczek. Prowadząc zajęcia laboratoryjne uczyła mnie wówczas metaloznawstwa.*

*W roku 1978 w Dniu Święta Politechniki Śląskiej, obydwójce mieliśmy zaszczyt z rąk ówczesnego JM Rektora odbierać swoje dyplomy – Pani Profesor – habilitacyjny, a ja – doktorski. W latach 1999-2005 razem kierowaliśmy Wydziałem Mechanicznym Technologicznym, kiedy ja byłem Dziekanem, a Pani Profesor – moim zastępcą – Prodziekanem ds. Dydaktyki, którą to funkcję pełniła zresztą czterokrotnie. Świetnie radziła sobie z wszystkimi obowiązkami, pomimo że wówczas na Wydziale studiowało ponad 5 tysięcy studentów. Kultura, cierpliwość i takt oraz życzliwy stosunek do świata i ludzi – to cechy, które ułatwiały Jej codzienną pracę i dzięki którym bardzo dobrze wspominają Ją tysiące PT Absolwentów Wydziału, którym ułatwiła lub wręcz umożliwiła ukończenie studiów. Społegliwość, pragmatyzm, wewnętrzna dyscyplina i ujmująca skromność – to cechy, za które Ją szanuję i cenię, jako przełożony i współpracownik.*

*Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta Szewieczek jest znakomitą Uczoną. To dzięki Jej intuicji, a potem wielu latom pracy nad badaniami zwieńczonymi wielkimi sukcesami, Jej Szkoła Naukowa i Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej stały się jednymi z liczących się nie tylko w Kraju ośrodków badań nad materiałami amorficznymi*

---

<sup>1)</sup> „Praca i cierpliwość wszystko przewyciężają” – Publius Vergilius Maro



*i nanostrukturalnymi magnetycznie miękkimi, a sama Pani Profesor jest uznanym w Kraju i za granicą autorytetem naukowym w tym zakresie. To właśnie te osiągnięcia przyniosły Jej tytuł Profesorski oraz stanowisko Profesora zwyczajnego naszej Uczelni.*

*Dzisiejsza Inauguracja Roku Akademickiego 2011/2012 jest dniem szczególnym. W uznaniu ogromnych zasług naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych, w Roku 75. Rocznicy Urodzin, Senat Politechniki Śląskiej przyznał Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danucie Szewieczek godność i tytuł*

***Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej.***

*Mnie osobiście i całą Społeczność Akademicką PT Pracowników i Studentów Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych oraz Wydziału Mechanicznego Technologicznego decyzja ta niezwykle cieszy oraz za zaszczyt i niezwykle honor poczytujemy sobie możliwość uczestnictwa w tak prześwieatnej uroczystości przyznania tak wielkiego wyróżnienia i to w czasie największej uroczystości akademickiej, jaką corocznie jest Inauguracja Roku Akademickiego.*

*Z tej okazji, w podzięce za światłą decyzję Wysokiego Senatu i Władz Akademickich naszej Uczelni, mam zaszczyt i przyjemność złożyć Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danucie Szewieczek Honorowej Profesor Politechniki Śląskiej, ciągle pracującej w pełnym wymiarze czasu w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na stanowisku Profesora zwyczajnego, z głębi serca płynące gratulacje i najszczerze życzenia dalszych sukcesów, radości, pogody ducha i satysfakcji ze współpracy z Gronem wiernych Współpracowników, a nade wszystko dobrego zdrowia.*

***Ad Multos Annos!***



*Prof. zw. dr hab. inż. Leszek A. Dobrzański M. Dr H.C.*

*Dyrektor*

*Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych*

*Wydziału Mechanicznego Technologicznego*

*Politechniki Śląskiej w Gliwicach*

*Gliwice, dnia 30 września 2011 roku*

**UCHWAŁA Nr XXIX/247/10/11  
Senatu Politechniki Śląskiej  
z dnia 27 czerwca 2011 roku**

**w sprawie nadania godności Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej  
Pani prof. dr hab. inż. Danucie SZEWIECZEK.**

Na podstawie art. 62 ust. 1 pkt 11) ustawy z dnia 27 lipca 2005 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz.U. Nr 164, poz. 1365, z późn. zm.) oraz § 38 ust. 2 pkt 14) Statutu Politechniki Śląskiej

**Senat Politechniki Śląskiej  
postanawia:**

I. Przyznać godność Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej

**Pani prof. dr hab. inż. Danucie SZEWIECZEK**

II. Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Rektor  
Politechniki Śląskiej

  
Prof. dr hab. inż. Andrzej Karbownik



## POLITECHNIKA ŚLĄSKA

NA MOCY STATUTU UCZELNI

### SENAT

POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

UCHWAŁĄ PODJĘTĄ W DNIU 27 CZERWCA 2011 ROKU

NADAŁ

PROF. DR HAB. INŻ.

## DANUCIE SZEWIECZEK

TYTUŁ

### HONOROWEGO PROFESORA

### POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

ZA WYBITNE OSIĄGNIĘCIA ZAWODOWE I NIEZWYKLE EFEKTYWNY  
WKŁAD W ROZWÓJ POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ, A ZWŁASZCZA  
WYDZIAŁU MECHANICZNEGO TECHNOLOGICZNEGO

REKTOR



prof. dr hab. inż. ANDRZEJ KARBOWNIK

GLIWICE, DNIA 30 WRZEŚNIA 2011 ROKU



# Wybrane materiały amorficzne i nanokrystaliczne stopów na osnowie Ni lub Fe

Danuta Szewieczek

Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych,

Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Polska

Adres korespondencyjny: Adres e-mail: danuta.szewieczek@polsl.pl

## ***Streszczenie***

**Cel:** *Celem publikacji było zaprezentowanie wyników długoletnich badań dotyczących wytwarzania, własności oraz aplikacji litych i proszkowych materiałów o strukturze amorficznej i nanokrystalicznej wybranych stopów na osnowie Ni lub Fe.*

**Projekt/metodologia/podejście:** *Badania dotyczyły w pierwszej kolejności wytwarzania litych (w postaci taśm) i proszkowych wybranych stopów na osnowie Ni i Fe o strukturze amorficznej i nanokrystalicznej. Uzyskane materiały poddano ukierunkowanym badaniom poznawczym i technologicznym. Struktury materiałów badano metodami: rentgenowskiej analizy fazowej, transmisyjnej i skaningowej mikroskopii elektronowej, spektroskopii Mössbauerowskiej. Własności fizyczne (magnetyczne, korozyjne) oraz mechaniczne taśm i proszków po określonych operacjach technologicznych badano stosownymi do własności metodami. Uzyskane wyniki badań własności posłużyły do opracowania warunków aplikacyjnych poszczególnych materiałów.*

**Osiągnięcia:** *Uzyskano wartościowe i oryginalne wyniki zarówno pod względem poznawczym jak i aplikacyjnym, dotyczące struktury, własności i technologii wybranych stopów na osnowie Ni i Fe o strukturze amorficznej i nanokrystalicznej.*

**Ograniczenia badań/zastosowań:** *Ograniczenia badań w określonej mierze mają charakter ekonomiczny. Dotyczyły zarówno technologii wytwarzania materiałów o zamierzonej strukturze (amorficznej lub nanokrystalicznej) jak i badań ich własności. Zarówno wytwarzanie jak i badanie ich własności wymaga stosowania specjalistycznej, często wręcz unikalnej aparatury technologicznej i badawczej. Jednak w wielu przypadkach o zastosowaniu metalowych*

materialów amorficznych i nanokrystalicznych decyduje innowacyjność wyrobów, a nie ich cena.

**Praktyczne zastosowania:** Rozszerzono asortyment postaciowy o taśmy amorficzne spoiw na osnowie Ni, co pozwoliło między innymi na ich aplikację w procesie lutowania w zautomatyzowanej linii produkcyjnej katalizatorów samochodowych. Opracowano procesy technologiczne wytwarzania materiałów o strukturze amorficznej i nanokrystalicznej ze stopów Fe-Hf-B, a także otrzymywania nanokompozytów z proszku stopu Fe-Si-B-Ni-Cu i polietylenu.

**Oryginalność/wartość:** Wyniki badań mają oryginalny i wartościowy charakter poznawczy. Stanowią o nim między innymi obrazy struktury amorficznej i nanokrystalicznej stopów Fe-Hf-B uzyskane w wysokorozdzielczym transmisyjnym mikroskopie elektronowym (HRTEM). Unikalne dane na temat mechanizmu korozji w stopach Fe-Si-B i Fe-Si-B-Nb-Cu zależnie od struktury uzyskano stosując metodę elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (technika zmiennoprądowa). W oparciu o uzyskane widma impedancyjne opracowano modele układów zastępczych opisujących procesy korozji elektrochemicznej badanych stopów.

**Słowa kluczowe:** Materiały amorficzne i nanokrystaliczne; Metody wytwarzania (szybkie chłodzenie z cieczy, kontrolowana krystalizacja, mechaniczna wybranych stopów na osnowie Ni i Fe o strukturze amorficznej i nanokrystalicznej synteza); Lutowanie; Własności fizyczne i mechaniczne

**Cytowania tej monografii powinny być podane w następujący sposób:**

D. Szewieczek, Wybrane materiały amorficzne i nanokrystaliczne stopów na osnowie Ni lub Fe, *Open Access Library, Volume 4, 2011, str. 11-65.*

## Chosen materials of amorphous and nanocrystalline alloys with Ni or Fe matrix

Danuta Szewieczek

Institute of Engineering Materials and Biomaterials,

Silesian University of Technology,

ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Poland

Corresponding author: E-mail address: danuta.szewieczek@polsl.pl

### ***Abstract***

***Purpose:*** The aim of the publication was to present results of longterm researches concerning production, properties and application of solid and powder materials with the structure of amorphous and nanocrystalline alloys selected for the matrix of Ni or Fe.

***The project/methodology/approach:*** First of all the researches concerned mainly production of chosen solid (in the form of strips) and Ni or Fe matrix powder alloys with the amorphous and nanocrystalline structure. The materials underwent technological and cognitive-oriented analysis. The structure of materials were examined with usage of the following methods: X-ray structural analysis, transmission and scanning electron microscopy, mosbauer spectroscopy. The physical (magnetic, corossive) and mechanical properties of strips and powders were examined after certain technological operations with usage of proper methods. The obtained results were used to develop conditions of application of individual materials.

***Findings:*** Valuable and original results with regards to cognitive and application conditions were obtained.

***Research limitations/implications:*** Limitations of the researches in a certain degree are of economic character. They concerned both manufacturing technology of materials of the proposed structure (amorphous or nanocrystalline), and examination of their properties. Both production and study of their properties require the usage of specialized equipment – often a unique technological and experimental. But in many cases, the usage of metal amorphous and nanocrystalline materials is determined by innovation, not by the price.

**Practical implications:** *The assortment was expended by Ni matrix strip amorphous binders which allow for their application in the process of soldering in an automated production line of car catalytic converters. The technological processes of manufacturing of materials with the amorphous and nanocrystalline structure, as well as obtaining powder nanocomposites of the alloy Fe-Si-B-Ni-Cu and polyethylene was elaborated (from alloys Fe-Hf-B).*

**Originality/value:** *The results are original and valuable in cognitive character. They are about, among others images obtained from the high-resolution transmission electron microscope (HRTEM) and nanocrystalline structure of Fe-Hf-B amorphous alloys. The unique data concerning the mechanism of corrosion in Fe-Si-B and Fe-Si-B-Nb-Cu alloys, depending on the structure obtained using the method of electrochemical impedance spectroscopy method (alternating-current technique). Based on the impedance spectra of systems alternative models describing the electrochemical corrosion processes of investigated alloys were worked out.*

**Keywords:** *Amorphous and nanocrystalline alloys; Manufacturing methods (planar flow casting, controlled heat treatment, mechanical alloying), Soldering; Physical and mechanical properties*

**Reference to this paper should be given in the following way:**

*D. Szewieczek, Chosen materials of amorphous and nanocrystalline alloys with Ni or Fe matrix, Open Access Library, Volume 4, 2011, pp. 11-65 (in Polish).*



## 1. Wstęp

Istotny wkład w rozwój nauki o materiałach wniosły osiągnięcia z dziedziny fizyki ciała stałego dotyczące struktury i własności materii. Uzyskanie tych danych było możliwe dzięki doskonaleniu technik instrumentalnych i metod badawczych, głównie rentgenografii strukturalnej, transmisyjnej i skaningowej mikroskopii elektronowej, spektroskopii mössbauerowskiej. Zastosowanie tych metod przyczyniło się w sposób znaczący do dogłębnego poznania zależności między strukturą, a własnościami fizycznymi i mechanicznymi odkrytych nowych grup materiałowych.

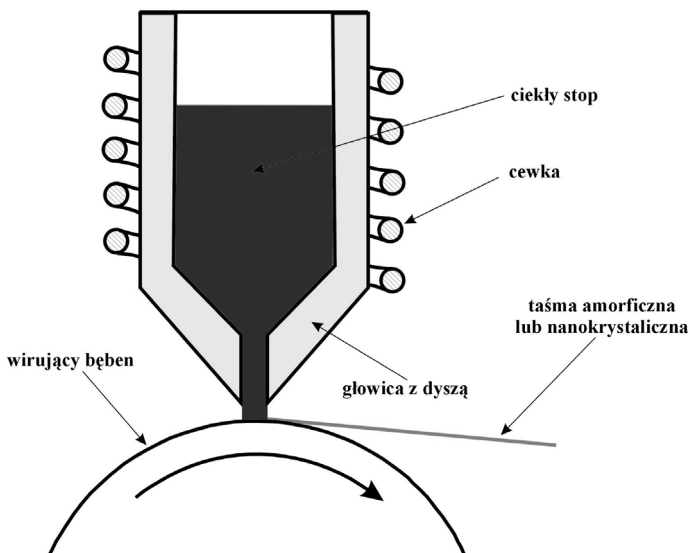
Własności fizyczne jak również mechaniczne struktury materiałów metalowych, kształtowanych w procesie technologicznym ich wytwarzania, stanowią wypadkową oddziaływań wielu czynników. Oprócz składu chemicznego wpływ na własności wywiera struktura atomowa określana poprzez uporządkowanie atomów. Zależnie od wielkości obszarów uporządkowania atomów rozróżnia się obecnie ciała o strukturze krystalicznej i mikrokryystalicznej, nanokrystalicznej oraz amorficznej [1]. Poszukiwania materiałów o unikalnych własnościach doprowadziły do rozwoju badań dotyczących materiałów o strukturze amorficznej i nanokrystalicznej.

Cechami charakterystycznymi, które wyróżniają strukturę krystaliczną materiałów, jest powtarzalność ułożenia atomów w trzech głównych kierunkach w przestrzeni. Natomiast materiały amorficzne cechuje brak symetrii translacyjnej, atomy mają rozłożenie przypadkowe. Położenia atomów nie są jednak całkowicie przypadkowe, czyli można wnioskować o istnieniu pewnego stopnia korelacji w lokalnym ułożeniu atomów. Materiały amorficzne są termodynamicznie niestabilnymi i mają tendencję do przechodzenia w stan krystaliczny, który jest stanem termodynamicznie stabilnym i odznacza się niższą energią swobodną.

Materiałami o strukturze nanokrystalicznej przyjęto nazywać polikrystaliczne ciała stałe, których jeden z charakterystycznych wymiarów ziarn nie przekracza 100 nm, przynajmniej w jednym kierunku. Granica ta jest niejednakowa dla materiałów o różnych własnościach użytkowych i na ogół wiąże się z pojawieniem nowych jakościowo własności po jej przekroczeniu. Udział objętościowy granic ziarn w materiałach nanokrystalicznych jest różny i zależy od wielkości ziarn, przykładowo dla ziarn o wielkości 5 nm wynosi ok. 50%, dla 10 nm – 5%, a 100 nm – 3% [2-7].

Materiały amorficzne i nanokrystaliczne wytwarzane są w laboratoriach naukowych na całym świecie od lat siedemdziesiątych XX wieku przy wykorzystaniu metod mechanicznych, fizycznych i chemicznych [8-11].

Najczęściej stosowaną metodą wytwarzania litych materiałów amorficznych i nanokrystalicznych jest metoda szybkiego chłodzenia cieczy (Planar-Flow-Casting PFC). Proszkowe materiały amorficzne i nanokrystaliczne najczęściej wytwarzane są poprzez mechaniczną syntezę (Mechanical Alloying). Metoda szybkiego chłodzenia cieczy polega na natrykiwaniu ciekłego metalu na wirujący bęben chłodzący (rys. 1).

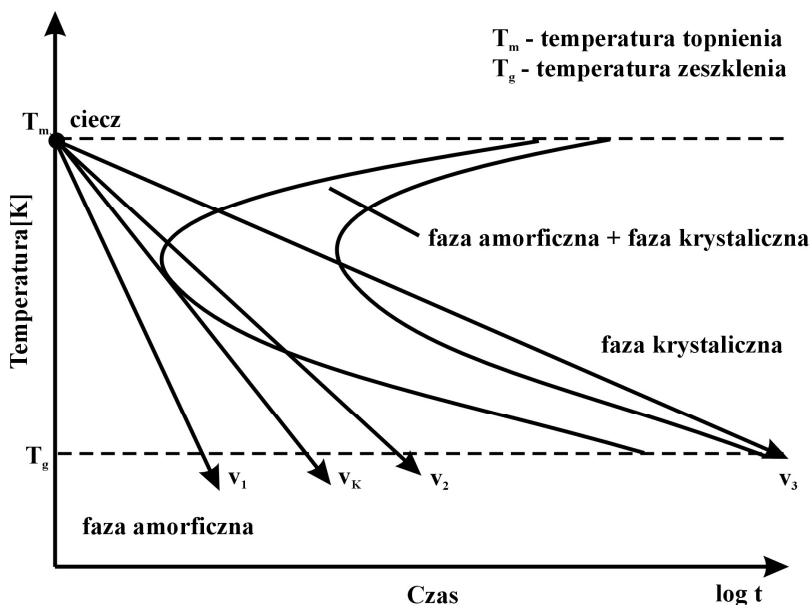


**Rysunek 1.** Schemat urządzenia do wytwarzania materiałów amorficznych i nanokrystalicznych metodą szybkiego chłodzenia cieczy [8]

Stop topiony jest indukcyjnie w tyglu kwarcowym w próżni lub w atmosferze gazu obojętnego, najczęściej argonu. Następnie przez otwór w dnie tyglia najczęściej o szerokości 0,03 mm natrykiwany jest strumieniem sprężonego gazu na powierzchnię wirującego miedzianego bębna. Ciśnienie gazu wypychającego wynosi  $0,025 \div 0,040$  MPa. Prędkość chłodzenia ciekłego materiału metalicznego wynosi  $10^4 \div 10^6$  K·s<sup>-1</sup> i jest zależna od prędkości liniowej bębna chłodzącego, która zawiera się na ogół w granicach  $10 \div 35$  m·s<sup>-1</sup>. Proces

proceedzi do powstania taśmy o grubości 30-60  $\mu\text{m}$ , długości nawet do 1000 m i szerokości zależnej od rozwiązań konstrukcyjnych tygla [8-12].

Zamierzoną strukturę amorficzną i nanokrystaliczną można uzyskać przez bezpośrednie chłodzenie cieczy metalicznej z odpowiednią prędkością dobraną doświadczalnie dla danego materiału. Wymagane prędkości chłodzenia określa się na podstawie wykresów CTP (czas, temperatura, przemiana), które ilustrują wpływ prędkości chłodzenia na przebieg przemian fazowych z fazy ciekłej w ciało stałe (rys. 2).



**Rysunek 2.** Wykres CTP dla procesów przejścia z fazy ciekłej w fazę stałą dla różnych prędkości chłodzenia:  $v_K$  – prędkość krytyczna,  $v_1 \geq v_K$  – przejście w fazę amorficzną,  $v_2 < v_K$  – materiał amorficzny częściowo skryształizowany,  $v_3 < v_K$  – materiał krystaliczny [13, 14]

W zależności od prędkości chłodzenia cieczy metalicznej można uzyskać różne struktury. W przypadku metali krytyczna szybkość chłodzenia jest bardzo duża – rzędu  $10^8 \text{ K}\cdot\text{s}^{-1}$  ÷  $10^{10} \text{ K}\cdot\text{s}^{-1}$ . Przez dodanie do czystego metalu metaloidów lub innych tzw. pierwiastków szklotwórczych można uzyskać mniejsze prędkości krytyczne, co ułatwia uzyskanie struktury amorficznej w temperaturze pokojowej, a także nanokrystalicznej.

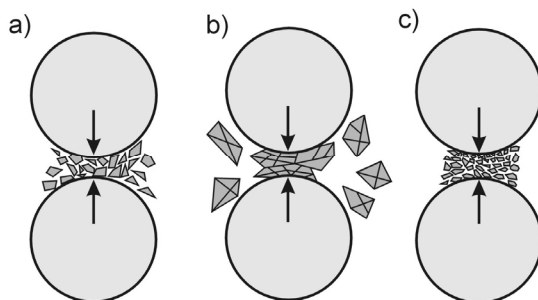
Strukturę nanokrystaliczną można więc uzyskać albo przez bezpośrednie chłodzenie cieczy metalicznej ze stosowną prędkością dla danego materiału, albo z prędkością chłodzenia zapewniającą utworzenie struktury amorficznej z następną kontrolowaną krystalizacją.

Kształtowanie struktury nanokrystalicznej w procesie kontrolowanej obróbki cieplnej struktury amorficznej może przebiegać różnie, w zależności od składu chemicznego stopu.

Wyróżnia się następujące modele krystalizacji [15, 16]:

- polimorficzną, w wyniku której powstaje pojedyncza faza o składzie chemicznym takim samym jak amorficzny prekursor; krystalizacja tego typu zachodzi w stopach w zakresie stężeń bliskich czystym pierwiastkom i jest efektem przeskoku pojedynczych atomów przez front krystalizacji,
- pierwotną, której efektem jest pojedyncza faza, o składzie odmiennym od fazy amorficznej,
- eutektyczną, której wynikiem są dwie różne fazy krystaliczne tworzące się jednocześnie.

Natomiast proszkowe materiały amorficzne i nanokrystaliczne są wytwarzane najczęściej poprzez mechaniczną syntezę. Proces ten polega na powtarzalnym, wysokoenergetycznym mieleniu materiału wyjściowego (proszki czystych metali lub wstępnie sproszkowane stopy) przez zderzające się ze sobą kule wykonane najczęściej ze stali [17-23]. Proces przeprowadza się w atmosferze ochronnej gazu obojętnego np. argonu, co zapobiega dodatkowym reakcjom, które mogą zachodzić w czasie jego trwania. W trakcie mielenia w wyniku zderzeń z kulami cząsteczki proszku ulegają silnym mechanicznym deformacjom, rozdrobnieniu, zgrzewaniu na zimno i ponownemu rozdrobnieniu. W rezultacie wewnątrz cząsteczek proszku powstają obszary silnie odkształcone plastycznie. W początkowych etapach procesu często obserwuje się przyleganie mielonego materiału do ścianek pojemnika i do kul. Dłuższe mielenie powoduje homogenizację materiału oraz wytworzenie odpowiedniej struktury wewnętrznej cząstek proszku. W wyniku dalszego mielenia powstaje ostateczna struktura stopu. W trakcie mechanicznej syntezy wyróżnić można pewne charakterystyczne etapy. Początkowo podczas intensywnego łączenia cząstek, tworzą się konglomeraty cząstek o warstwowej strukturze kompozytu. Następnie powtarzające się procesy rozdrabniania i zgrzewania cząstek powodują rozdrobnienia struktury i ujednorodnienia składu chemicznego. Procesy dyfuzyjne pozwalają na powstanie stopu o nowej strukturze: amorficznej i nanokrystalicznej. Proces mechanicznej syntezy schematycznie przedstawiono na rysunku 3.



**Rysunek 3.** Schemat procesu mechanicznej syntezy: a) kruszenie materiału wyjściowego, b) tworzenie się struktur warstwowych, c) rozdrabnianie cząstek proszku i tworzenie stosownej struktury [23]

Stosując opisywany proces można otrzymywać np.:

- stopy amorficzne, poprzez oddziaływanie dwóch krystalicznych materiałów metalowych (w stanie stałym) w układach wielowarstwowych z bardzo cienką międzywarstwową grubością,
- struktury nanokrystaliczne.

Przebieg procesu, skład fazowy oraz struktura otrzymanych materiałów są uwarunkowane wieloma czynnikami. Najważniejsze z nich to [20]:

- energia mielenia związana z rodzajem stosowanego młynka,
- stosunek masy kul do masy proszku,
- stopień wypełnienia pojemnika kulami,
- temperatura,
- czas trwania procesu,
- atmosfera mielenia.

Konsolidacja otrzymanych materiałów proszkowych może być realizowana przez proszkowanie, spiekanie, zagęszczanie wybuchowe, wiązanie z polimerami i niskotopliwymi metalami.

Własności litych i proszkowych stopów metalicznych o określonym składzie chemicznym o strukturze amorficznej i nanokrystalicznej w ścisłym powiązaniu z ich postacią kwalifikują je do wielu zastosowań. Przykłady badań i zastosowań wybranych materiałów zostaną przedstawione w dalszej części opracowania.

## 2. Aplikacja stopów amorficznych na przykładzie spoiwa do lutowania na osnowie niklu

Lutowanie jest metodą szczególnie odpowiednią do miniaturyzacji oraz rozwiązań wielowariantowych połączeń różnych materiałów. Racjonalny dobór materiałów dodatkowych, konstrukcji połączenia oraz parametrów procesu lutowania prowadzi do uzyskania złączy wysokiej jakości, niezawodnych w eksploatacji. Niestety w wielu przypadkach nie można dokonać tego rodzaju optymalizacji w sposób zadowalający, gdyż często skład chemiczny nie pozwala na wytworzenie spoiwa do lutowania w wybranej postaci. Różnorodność postaci stosowanych spoiw do lutowania wiąże się przede wszystkim z ich zdolnością do odkształcenia plastycznego [4]. Spoiwa o zadowalającej odkształcalności produkuje się w postaci blach, taśm, folii i drutów. Natomiast spoiwa kruche wytwarza się głównie w postaci gąsek, sztabek, prętów, proszków i past. Do tego rodzaju stopów należą również spoiwa do lutowania twardego na osnowie niklu [4].

Nikiel i luty na jego osnowie stosuje się do spajania metali i stopów pracujących w podwyższonych temperaturach, bądź metali i stopów o wysokiej temperaturze topnienia. Najważniejszymi dziedzinami techniki, w których stosuje się spajanie lutami na osnowie niklu są przemysł energetyczny, lotniczy, raketowy, motoryzacyjny oraz spożywczy, a także jubilerstwo. Istotną grupę stanowią stopy typu: Ni-Cr-B, Ni-Cr-Si, Ni-Cr-B-Si, Ni-B-Si, Ni-B-Fe-P-Si, Ni-P, Ni-Cr-P.

Najczęściej spotykane luty na osnowie niklu z powodu ich kruchości są produkowane głównie w postaci proszków lub past. Używa się ich do łączenia stali: kwasoodpornych, nierdzewnych, żarowytrzymałych i żaroodpornych nadstopów, a także ceramiki.

Obecność w strukturze omówionych spoiw na osnowie niklu, w znacznych objętościowo udziałach, kruchych i twardych faz międzymetalicznych uniemożliwia uzyskanie z nich taśm przez obróbkę plastyczną i cieplną, zawężając ich asortyment postaciowy. Szansę wypełnienia istniejącej luki postaciowej tej grupy lutów stworzyło ciągle odlewanie cieczi metalicznej w warunkach prędkości chłodzenia rzędu  $10^4\div 10^6 \text{ K}\cdot\text{s}^{-1}$ . Uzyskane tą metodą taśmy mogą osiągać grubość ok.  $30\div 60 \mu\text{m}$  i strukturę amorficzną [25, 26]. Wśród interesujących własności taśm, na szczególną uwagę zasługuje ich plastyczność uzasadniająca ich wykorzystanie w procesie lutowania. Materiał dodatkowy w postaci plastycznej taśmy ułatwia dozowanie spoiwa, a także umożliwia formowanie skomplikowanych kształtek odwzorowujących kształt

łączonych powierzchni. Wymiary geometryczne taśm, w tym szczególnie mała grubość koreluje z wymaganiami konstruowania połączeń szczelnych oraz o wysokich własnościach wytrzymałościowych.

Pierwszymi spoiwami do lutowania twardego otrzymywanymi w końcu lat siedemdziesiątych XX wieku w postaci taśm o strukturze amorficznej były właśnie luty na osnowie niklu [25]. W roku 1979 został opublikowany patent firmy Allied Chemical opisujący jednorodne plastyczne taśmy do lutowania ze stopów na osnowie niklu zawierające w % at.: 0÷21 Cr, 0÷4 Fe, 0÷16 B, 0÷19 Si, 0÷22 P. Sumaryczność Ni, Cr i Fe może zmieniać się w tych stopach w zakresie 76÷84 % at., zaś sumaryczna zawartość metaloidów B, Si i P w zakresie 16÷24% at.

Amorficzne spoiwa do lutowania wytwarzane przez wiodącą w świecie w tej dziedzinie amerykańską firmę są oznaczone symbolem MBF (Metglas Brazing Foil) [27].

Do opracowań technologicznych wybrano spoiwa na osnowie niklu pochodzące ze znormalizowanej w USA serii BNi. Wyboru dokonano biorąc pod uwagę, że składy chemiczne tych spoiw są od dawna sprawdzone, a wobec bardzo szerokiego zakresu składów chemicznych zastrzeżonych w amerykańskim patencie [27] (patent nie jest chroniony w Polsce) istniała niewielka możliwość ominięcia zastrzeżeń patentowych, co sugerowało celowość naśladownictwa.

Po dokonaniu szczegółowego rozeznania literaturowego, a także w oparciu o wyniki przeprowadzonej ankiety w zakładach przemysłu krajowego oraz sugestie zespołu konsultacyjnego powołanego dla realizowanej pracy [28], wytypowano ostatecznie spoiwa BNi-2, BNi-6, reprezentujące odpowiednio następujące grupy stopów: Ni-Cr-Fe-Si-B, Ni-P (tabl. 1).

**Tablica 1.** Zestawienie składu chemicznego stopów użytych do badań

Oznaczenie stopu		Pierwiastki składowe, % mas.							
wg AWS	wg ACC	Cr	Si	Fe	B	P	C	inne	Ni
BNi-2	MBF- 20/20A	7,0	4,5	3,0	3,1	-	0,02	≤0,05	reszta
BNi-6	MBF - 60/60A	-	-	-	-	11,0	0,01	≤0,05	

Aplikacja wybranych stopów polegała na wytworzeniu z nich amorficznych taśm, z następnym wykorzystaniem ich w procesie lutowania twardego [28-32].

Próby odlewania taśm z badanych stopów przeprowadzono metodą PFC będącą podstawą przemysłowego wytwarzania szerokich taśm amorficznych, która polega na odlewaniu strugi

ciekłego metalu na powierzchnię wirującego bębna przy użyciu dyszy szczelinowej, której dolna krawędź nakłada więzy mechaniczne na jeziorko ciekłego stopu [8-12].

Podane w literaturze [8-12] ogólne zależności wymiarów taśm od podstawowych parametrów procesu stanowią cenne wskazówki w poszukiwaniu optymalnych warunków otrzymywania taśm amorficznych. Jednak dopiero przeprowadzenie serii eksperymentów i uzyskanie dużej powtarzalności wyników może być podstawą do uznania pewnego zbioru parametrów za optymalny.

Maksymalna grubość plastycznej taśmy, możliwej do otrzymania metodami ciągłego odlewania, uzależniona jest od czynników: materiałowego (tj. zdolności do zeszklenia stopu zdeterminowanej jego składem chemicznym) i technologicznego (tj. parametrów procesu).

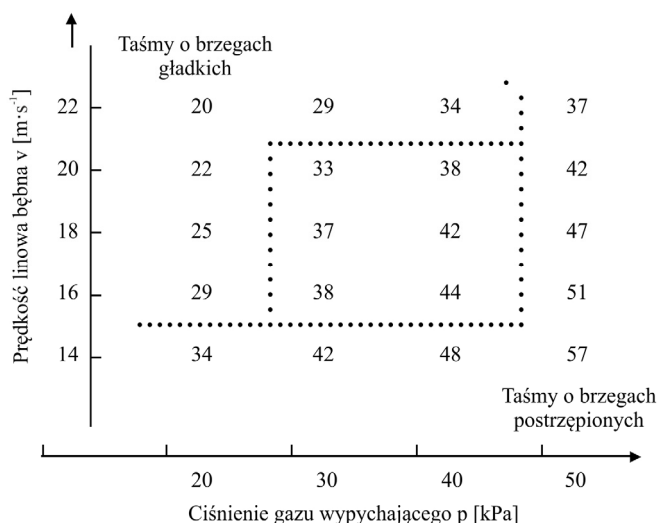
Doboru parametrów procesu ciągłego odlewania taśm z badanych stopów dokonano w oparciu o następujące ich charakterystyki:

- grubość maksymalną (wynikającą ze zdolności do zeszklenia stopu),
- szerokość 10 mm,
- plastyczność pozwalającą na zgięcie taśmy o kąt  $180^\circ$ ,
- poprawną jakość powierzchni i brzegów,
- strukturę amorficzną.

Wartości grubości taśm amorficznych otrzymanych metodą PFC w funkcji parametrów procesu (prędkości liniowej bębna i ciśnienia gazu wypychającego) przedstawiono na rys. 4. Zgodnie ze znanymi tendencjami grubość odlanych taśm rosła wraz ze wzrostem ciśnienia gazu wypychającego oraz ze zmniejszaniem się prędkości liniowej bębna.

Wyniki badań wiążące parametry procesu odlewania z grubością i jakością taśm przedstawiono na przykładzie stopu  $\text{Ni}_{89}\text{P}_{11}$ . Zaznaczono na nich graniczną linię pomiędzy obszarami parametrów, przy zastosowaniu których uzyskuje się taśmy amorficzne o brzegach gładkich i postrzępionych. W obszarze parametrów, dla których taśmy miały poprawną jakość powierzchni i brzegów, dodatkowo wyodrębniono zakres parametrów, przy którym grubość taśm osiągała wartości maksymalne. Ten zbiór parametrów uznano za optymalny i spełniający założone charakterystyki taśm z badanych stopów. Przy zastosowaniu wyznaczonych parametrów dla stopu  $\text{Ni}_{81,8}\text{Cr}_7\text{Fe}_{3,5}\text{Si}_{4,5}\text{B}_{3,2}$  tj.  $v = 14\div 16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  oraz  $p = 40\div 50 \text{ kPa}$  można uzyskać taśmy grubości od 45 do 52  $\mu\text{m}$ . Dla stopu  $\text{Ni}_{89}\text{P}_{11}$  taśmy o grubości od 33 do 44  $\mu\text{m}$  można wytworzyć przy  $v = 16\div 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  oraz  $p = 30\div 40 \text{ kPa}$  [28-30].





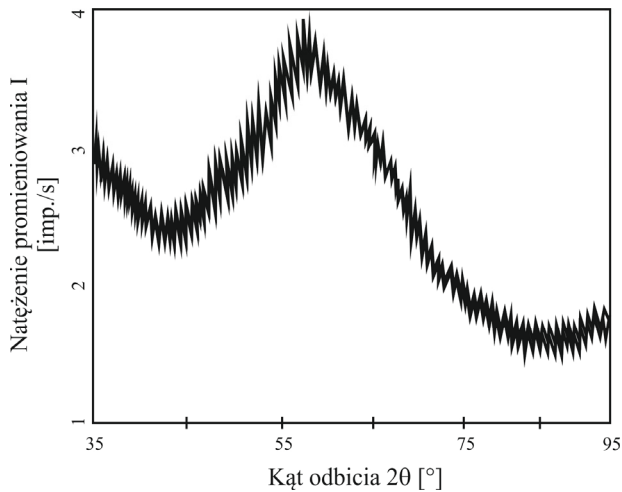
**Rysunek 4.** Wykres zależności grubości ( $\mu\text{m}$ ) taśm amorficznych ze stopu  $\text{Ni}_{89}\text{P}_{11}$  odlanych metodą PFC w funkcji parametrów procesu

Na podstawie uzyskanych wyników badań opracowano instrukcje technologiczne produkcji taśm amorficznych ze stopów  $\text{Ni}_{81,8}\text{Cr}_7\text{Fe}_{3,5}\text{Si}_{4,5}\text{B}_{3,2}$  (BNi-2),  $\text{Ni}_{89}\text{P}_{11}$  (BNi-6) o założonych wymiarach i jakości.

Przydatność amorficznych spoiw w postaci taśm do lutowania wysokotemperaturowego przedstawiono na przykładzie spoiwa Ni-P/BNi-6 [28-32].

Stop wstępny Ni-P o zawartości 14% P wytworzono wykorzystując egzotermiczny charakter syntezy fosforków niklu z czystych składników. Stop wyjściowy do odlewania taśm o nominalnym składzie  $\text{Ni}_{89}\text{P}_{11}$  uzyskano według ogólnych wskazań dotyczących wytapiania lutów z zastosowaniem stopów wstępnych. Właściwy dobór parametrów odlewania pozwolił na wytworzenie taśm amorficznych o grubości od 30  $\mu\text{m}$  do 44  $\mu\text{m}$  i szerokości 10 mm [29, 30].

Wytworzona taśma ma strukturę amorficzną. Na dyfraktogramie obserwuje się jeden prążek o rozmytej linii dyfrakcyjnej charakterystycznej dla materiałów o strukturze amorficznej (rys. 5). Przełom taśm po dekohezji w teście plastyczności (zginanie) jest ciągły z charakterystycznym wzorem żyłkowym typowym dla materiałów amorficznych (rys. 6), a plastyczność wynosi  $\varepsilon = 1$ .

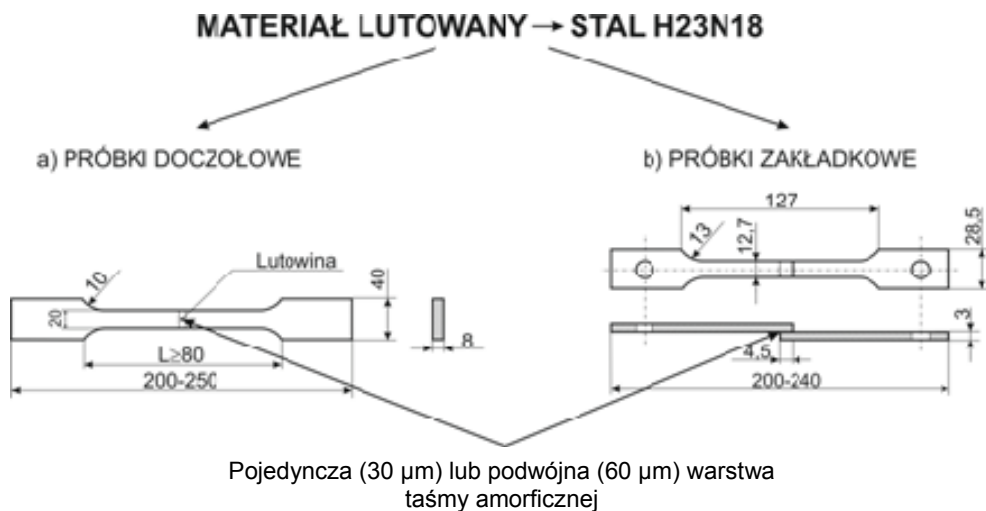


*Rysunek 5. Dyfraktogram amorficznego stopu  $Ni_{89}P_{11}$*



*Rysunek 6. Zdjęcie struktury powierzchni przelomu amorficznego stopu  $Ni_{89}P_{11}$  po dekohezji w teście plastyczności; pow. 3000x*

Warunki technologiczne stosowania taśm ustalono przeprowadzając przykładowy proces lutowania próbek stali H23N18 w elektrycznym piecu próżniowym firmy TORVAK, w temperaturze 1065°C (1338 K) przez 10 min. Szczelinę pomiędzy łączonymi elementami próbek do badań wytrzymałościowych na rozciąganie i ścinanie połączeń wyznaczały określone grubości taśmy: 30  $\mu\text{m}$  i 2x30  $\mu\text{m}$  (rys. 7).



**Rysunek 7.** Schemat próbek do badań wytrzymałościowych połączeń lutowanych:

a) badania wytrzymałości na rozciąganie –  $R_m$ , b) badania wytrzymałości na ścinanie –  $R_t$

Obserwacje struktury połączenia lutowanego przeprowadzono na mikroskopie świetlnym AXIOVERT 405.

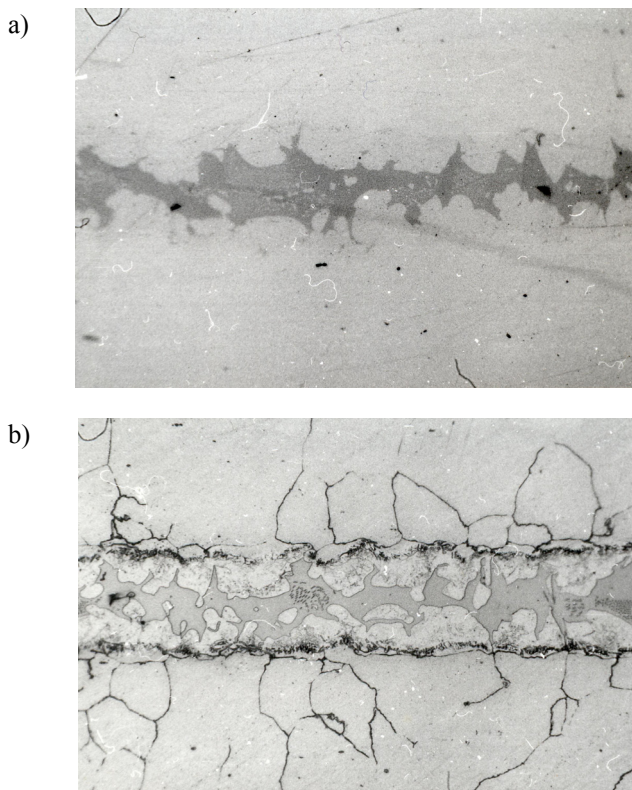
Wyniki badań wykazały, że zarówno własności wytrzymałościowe połączeń jak i ich struktura pozostają w zależności z grubością użytej taśmy. Wytrzymałość na rozciąganie  $R_m$  zmieniła się od 145 MPa dla próbek lutowanych taśmą o grubości 30  $\mu\text{m}$  do 88 MPa dla próbek lutowanych z użyciem taśmy o grubości 60  $\mu\text{m}$ . Dla próbek lutowanych taśmą o grubości 30  $\mu\text{m}$  wytrzymałość na ścinanie  $R_t$  wynosiła 100 MPa, a dla łączonych taśmą o grubości 6  $\mu\text{m}$  – 63 MPa. Zastosowanie taśmy-wkładki o większej grubości prowadziło do spadku wartości zarówno  $R_m$ , jak i  $R_t$  o około 40%.

Otrzymane połączenia charakteryzowały się prawie 100% wypełnieniem szczeliny przez materiał lutu, podczas gdy American Welding Society w odniesieniu do złączy odpowiedzialnych uznaje za wystarczające pokrycie powierzchni łączonych w 85%.

Ocena jakości połączeń lutowanych, dokonana na podstawie makroskopowych obserwacji kształtów wypływek lutu, pozwoliła również na określenie ich jako poprawne. W większości połączeń obserwowano prawidłowe wypływki o kształcie wklęsłym, dowodzącym dobrego przylegania lutu do materiału rodzimego (rys. 8).

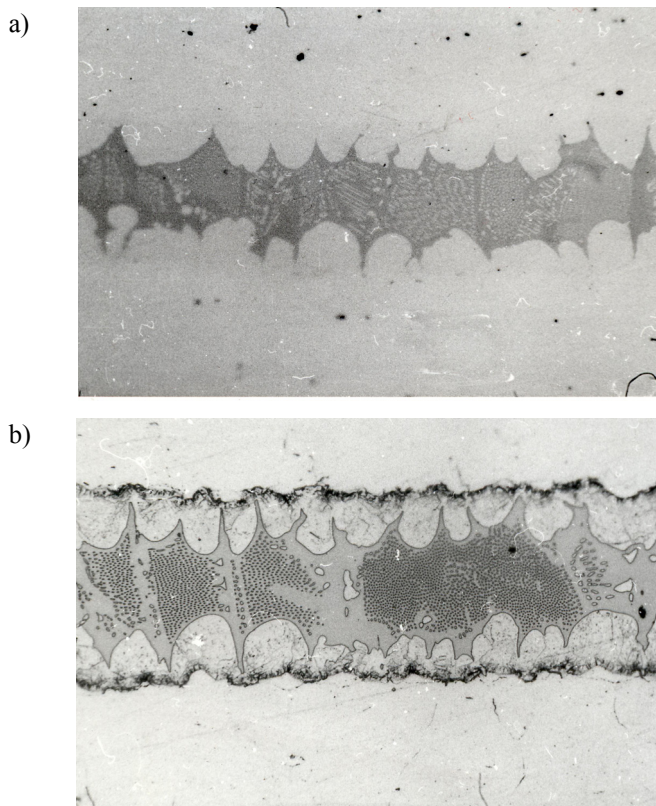


**Rysunek 8.** Zdjęcie struktury wypływkii lutu z połączenia lutowanego o prawidłowym wklęsłym kształcie (próbka nietrawiona)



**Rysunek 9.** Zdjęcie struktury złącza lutowanego stali taśmą ze stopu  $Ni_{89}P_{11}$  o grubości  $30\ \mu m$ ; a) zgląd nietrawiony, b) zgląd trawiony ( $HF + HNO_3$ ); pow.  $500x$

We wszystkich próbkach, niezależnie od zastosowanych parametrów lutowania, struktury złącz były jakościowo podobne. W badanych złączach można było wyróżnić materiał rodzimy oraz strefę właściwego połączenia o zmiennej szerokości wyznaczonej grubością użytej taśmy-wkładki (rys. 9 i 10). W przypadku użycia taśmy o grubości 30  $\mu\text{m}$  strukturę lutowiny stanowiły roztwór stały  $\gamma$ -(Ni, Fe, Cr, P) oraz faza międzymetaliczna typu (Ni, Cr, Fe)<sub>2</sub>P. Lutowina uzyskana przy użyciu taśmy o grubości 60  $\mu\text{m}$  miała strukturę składającą się z obszaru roztworu stałego  $\gamma$ -(Ni, Fe, Cr, P) oraz drobnoziarnistej eutektyki typu (Ni, Cr, Fe)<sub>3</sub>P. Różnice w składzie chemicznym i morfologii opisanych struktur lutowiny świadczą o różnych warunkach dyfuzji przebiegającej w obrębie lutowiny i materiału rodzimego w zależności od grubości użytej taśmy-wkładki.



**Rysunek 10.** Zdjęcie struktury złącza lutowanego stali taśmą ze stopu  $\text{Ni}_{89}\text{P}_{11}$  o grubości 60  $\mu\text{m}$ ; a – zgląd nietrawiony, b – zgląd trawiony ( $\text{HF} + \text{HNO}_3$ ); pow. 500x

Przeprowadzone badania pozwoliły na wybór najkorzystniejszych parametrów procesu lutowania:

- temperatury lutowania 1065°C (1338 K),
- czasu lutowania  $t = 10$  min.,
- grubości taśmy ok. 30  $\mu\text{m}$ .

Wyniki badań wytrzymałościowych jednoznacznie wskazują na celowość stosowania w połączeniach lutowanych jako wkładki taśm o mniejszej grubości, w tym przypadku o grubości 30  $\mu\text{m}$ , gdyż daje to gwarancję uzyskania złączy o większej wytrzymałości zarówno na rozciąganie, jak i na ścinanie.

Wyniki te pozostają w zgodzie z ogólnymi zasadami konstruowania połączeń lutowanych, zmierzającymi do maksymalnego zmniejszenia szerokości szczeliny pomiędzy łączonymi elementami na tyle jednak, aby nie wystąpiło niebezpieczeństwo niewypełnienia szczeliny lutem.

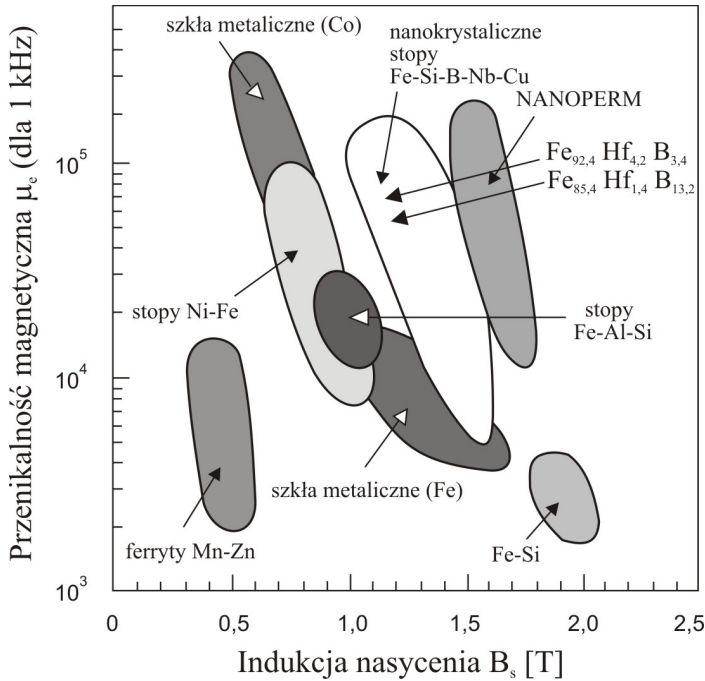
### **3. Otrzymywanie, struktura i własności nanokrystalicznych stopów typu Fe-Hf-B**

W ostatnich latach obserwuje się wyraźne zainteresowanie materiałami nanostrukturalnymi, tzn. takimi, których struktura kształtowana jest w skali nanometrycznej. Są to przede wszystkim nowe materiały magnetycznie miękkie charakteryzujące się korzystnym połączeniem takich własności jak: duża indukcja nasycenia, duża przenikalność magnetyczna, małe pole koercji, prawie zerowa magnetostrykcja oraz małe straty z pętli histerezy [33-38]. Stopy Fe-Hf-B należą do tej grupy materiałowej (rys. 11).

Otrzymywanie nanokrystalicznej struktury w stopie typu Fe-Hf-B jest wypadkową wielu czynników.

Stopy skonstruowano na podstawie ferromagnetycznego pierwiastka, którym jest żelazo o stężeniu od 85÷92% at., zapewniającego uzyskanie wysokiej indukcji nasycenia. Pozostałe pierwiastki stopowe, tj. bor i hafn ułatwiają tworzenie struktury amorficznej w prekursorze. Hafn, uznawany za bardzo rzadki pierwiastek, należy do grupy tytanowców, odgrywa określoną rolę zarówno w procesie otrzymywania taśm o strukturze amorficznej, jak i podczas ich obróbki cieplnej [39]. W procesie odlewania taśm amorficznych z fazy ciekłej w określonej

mierze zwiększa zdolność do zeszklenia stopu, natomiast w procesie obróbki cieplnej stabilizuje obszary fazy amorficznej powstałe w stopie po jego częściowej krystalizacji [40]. Ponadto ze względu na lokalizację na granicach ziarn nanometrycznej fazy  $\alpha$ Fe w procesie krystalizacji oraz duży promień atomowy, atomy hafnu hamują ich wzrost poprzez spowalnianie dyfuzji atomów boru [40].



**Rysunek 11.** Schemat zależności indukcji nasycenia  $B_s$  od przenikalności magnetycznej równoważnej  $\mu_e$  mierzonej w polu 1 kHz dla wybranych stopów amorficznych i nanokrystalicznych oraz konwencjonalnych materiałów magnetycznie miękkich [37, 38]

Technologia wytwarzania, która warunkuje uzyskanie litych materiałów nanokrystalicznych na osnowie żelaza, składa się z operacji wytworzenia amorficznej taśmy oraz operacji obróbki cieplnej, której stosownie dobrane parametry zapewniają przebieg tzw. krystalizacji kontrolowanej. Uzyskana w ten sposób struktura jest dwufazowa, złożona z amorficznej osnowy i nanometrycznej wielkości fazy krystalicznej. Wariantem technologicznym wymienionej metody wytwarzania materiału nanokrystalicznego jest wyeliminowanie

drugiej operacji. Realizacja wymienionych technologii wymaga uzyskania określonych parametrów zapewniających otrzymanie zamierzonych struktur. Jednak nie zawsze będące w dyspozycji urządzenia technologiczne mogą spełnić te wymagania. Oba warianty technologiczne mają określone zalety i wady.

Badania technologiczne i poznawcze z zakresu otrzymywania, struktury i własności nanokrystalicznych stopów  $Fe_{85,4}Hf_{1,4}B_{13,2}$  oraz  $Fe_{92,4}Hf_{4,2}B_{3,4}$  przeprowadzono wykorzystując stopy w postaci litych taśm wytworzonych w Instytucie Metali Nieżelaznych w Gliwicach [38, 41-43]. Odpowiednio spreparowane stopy wyjściowe ponownie topiono i odlewano metodą PFC w atmosferze argonu. Główne parametry procesu były następujące: prędkość liniowa bębna chłodzącego – ok.  $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , ciśnienie gazu wypychającego ciekły stop z tygla odlewniczego – 20 kPa. Uzyskano lite taśmy o szerokości 10 mm i grubości  $34 \mu\text{m}$  i  $30 \mu\text{m}$  odpowiednio dla stopów  $Fe_{85,4}Hf_{1,4}B_{13,2}$  oraz  $Fe_{92,4}Hf_{4,2}B_{3,4}$ .

Badania strukturalne taśm prowadzono metodami rentgenografii strukturalnej, mikroskopii elektronowej, spektroskopii mössbauerowskiej. Własności fizyczne badano metodami elektrycznego oporu właściwego i badań magnetycznych [38, 41, 42].

Strukturę nanokrystaliczną w materiale  $Fe_{85,4}Hf_{1,4}B_{13,2}$  wytworzono w procesie kontrolowanej krystalizacji wyjściowego stopu amorficznego. Obróbkę cieplną realizowano w próżni w zakresie temperatury od  $100^\circ\text{C}$  do  $750^\circ\text{C}$  ( $373$  do  $1023 \text{ K}$ ) w czasie 1 godziny, stosując nagrzewanie ze stopniowaniem  $25 \text{ K}$ . Wartości umownych temperatur krystalizacji ( $T_{x1}$ ,  $T_{x2}$ ) wyznaczono z krzywej izochronicznej rezystywności  $\rho$  stosując liniową prędkość grzania  $0,42 \text{ K}\cdot\text{m}^{-1}$  z pomiarem „in situ”. Wyniki przedstawia tablica 2.

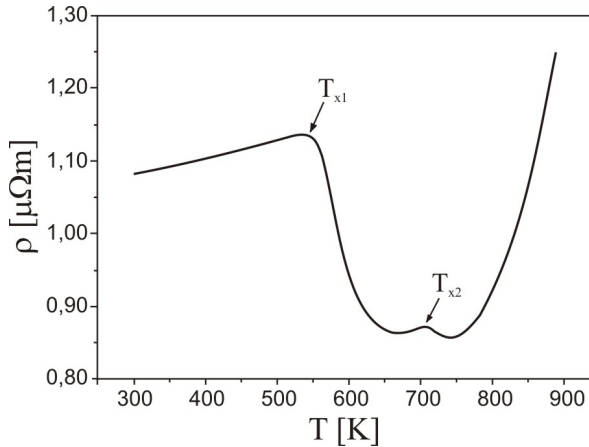
**Tablica 2.** Wartości temperatur krystalizacji ( $T_{x1}$  – temperatura początku pierwszego etapu krystalizacji i  $T_{x2}$  – temperatura początku drugiego etapu krystalizacji) oraz efektywnych energii aktywacji procesu krystalizacji ( $E_1$ ,  $E_2$  – efektywna energia aktywacji pierwszego i drugiego etapu krystalizacji) stopu  $Fe_{85,4}Hf_{1,4}B_{13,2}$

$T_{x1}$		$T_{x2}$		$T_{x2}-T_{x1}$	$E_1$	$E_2$
K	$^\circ\text{C}$	K	$^\circ\text{C}$	K	eV	eV
533	260	707	434	174	1,20	1,41

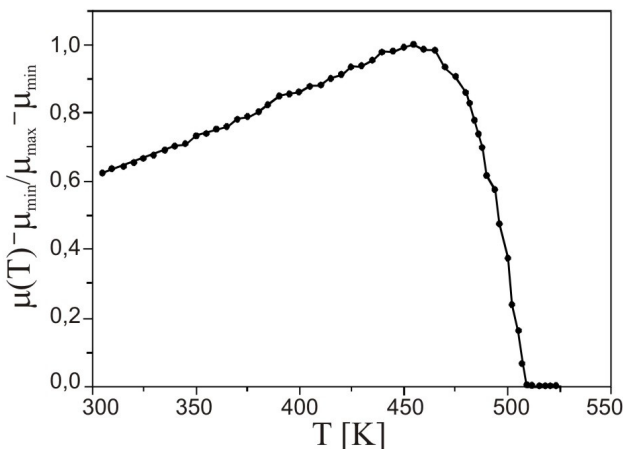
Proces krystalizacji taśm amorficznych wywołuje zmiany ich struktury oraz wpływa na zmiany własności magnetycznych.



Na podstawie krzywej izochronicznej rezystywności w funkcji temperatury można stwierdzić, że badany stop krystalizuje dwuetapowo. Pierwszy etap krystalizacji rozpoczyna się w temperaturze  $T_{x1} = 523$  K (krystalizacja pierwotna) i kończy się w temperaturze  $T_{x2} = 703$  K (rys. 12). Powyżej  $T_{x2}$  ma miejsce krystalizacja polimorficzna. Energia aktywacji potrzebna do zapoczątkowania pierwszego etapu krystalizacji wynosi  $E_1 = 1,73$  eV, a do zapoczątkowania drugiego etapu –  $E_2 = 2,50$  eV (tabl. 2).



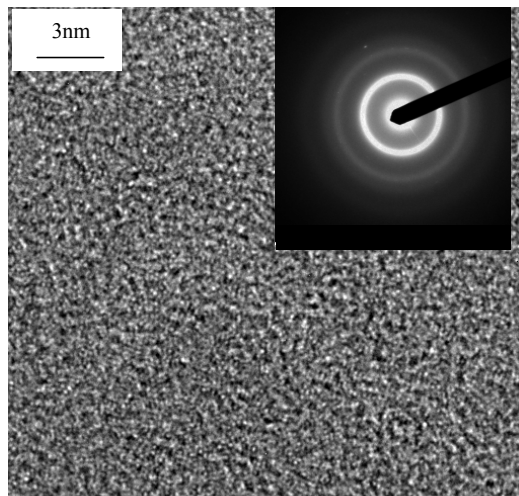
**Rysunek 12.** Wykres zmian elektrycznego oporu właściwego „in situ” dla stopu  $\text{Fe}_{85,4}\text{Hf}_{1,4}\text{B}_{13,2}$  w funkcji temperatury dla szybkości nagrzewania liniowego  $0,42 \text{ K}\cdot\text{min}^{-1}$  [38]



**Rysunek 13.** Wykres znormalizowanej przenikalności magnetycznej w funkcji temperatury wygrzewania  $T$  „in situ” dla stopu  $\text{Fe}_{85,4}\text{Hf}_{1,4}\text{B}_{13,2}$  [38]

Stop w stanie wyjściowym „as quenched” jest ferromagnetyczny w temperaturze pokojowej, a temperatura Curie określona ze zmian znormalizowanej przenikalności magnetycznej w funkcji temperatury wygrzewania wynosi 509 K (rys. 13).

W stanie dostarczenia „as quenched” stop ma strukturę amorficzną (rys. 14, tabl. 3). Właściwości magnetyczne badanego stopu w stanie „as quenched” są następujące:  $\mu = 151$ ,  $\Delta\mu/\mu = 8,8 \%$ ,  $H_c = 22,7 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ .



**Rysunek 14.** Zdjęcie struktury uzyskane w wysokorozdzielczym transmisyjnym mikroskopie elektronowym (HRTEM) amorficznego stopu  $\text{Fe}_{85,4}\text{Hf}_{1,4}\text{B}_{13,2}$  w stanie „as quenched” [42]

Obróbka cieplna prowadzona w zakresie temperatur od 373 do 498 K nie powoduje wyraźnych zmian w strukturze stopu. Obserwuje się jednak poprawę własności magnetycznych stopu (tabl. 3). Przebieg zmian przenikalności magnetycznej maksymalnej (rys. 16) uzyskany z krzywych pierwotnych magnesowania (rys. 15) wskazuje na znaczny wzrost przenikalności magnetycznej maksymalnej i w stanie „as quenched” oraz po wygrzewaniu w temperaturze 523 K wynosi ona odpowiednio 19046 przy polu  $H = 1,1 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$  oraz 37711 przy polu  $H = 0,99 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$  (tabl. 3).

W strukturze stopu obrabianego cieplnie począwszy od temperatury 623 K obok fazy  $\alpha\text{Fe}$  zidentyfikowano występowanie faz:  $\text{FeB}$ ,  $\text{Fe}_{23}\text{B}_6$ ,  $\text{Fe}_2\text{B}$ ,  $\text{HfB}_2$  oraz  $\text{Fe}_2\text{Hf}$  (tabl. 3). Obserwowanym zmianom struktury stopu towarzyszą wyraźne zmiany własności magnetycznych.

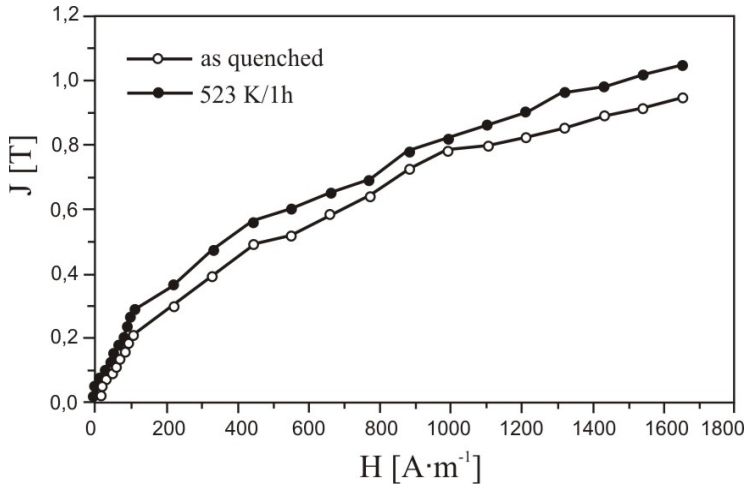
Gwałtownie spada przenikalność magnetyczna do wartości  $\mu = 35$  i wzrasta pole koercji  $H_c = 557 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$  (tabl. 3). Wyrzewanie stopu o strukturze wyjściowej w zakresie temperatury od 723 do 1023 K nie powoduje już zmian w jego składzie fazowym (tabl. 3).

**Tablica 3.** Zestawienie parametrów obróbki cieplnej oraz skład fazowy, przenikalność  $\mu$ , pole koercji  $H_c$ , dezakomodacja  $\Delta\mu/\mu$  amorficznego stopu  $\text{Fe}_{85,4}\text{Hf}_{1,4}\text{B}_{13,2}$

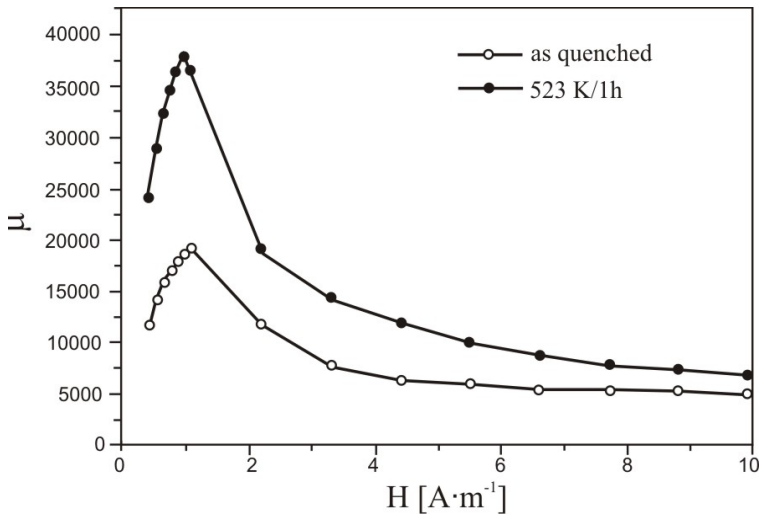
Parametry obróbki cieplnej		Skład fazowy stopu	$\mu$	$\Delta\mu/\mu$ %	$H_c$ $\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$
$T_a$ K	Czas h				
„as quenched”			151	8,8	22,7
373	1		153	10,8	24,3
423		A <sup>1)</sup>	170	10,4	22,3
473			190	8,9	21,5
498			198	7,1	18,3
523			239	9,2	15,9
548		A <sup>1)</sup> + $\alpha\text{Fe}$	225	3,8	15,1
573			210	3,7	40,6
623			35	3,2	557,0
673			32	1,4	557,0
723			39	1,1	445,6
773			95	2,4	87,5
823		$\alpha\text{Fe}$ , $\text{Fe}_2\text{B}$	24	4,3	1193,7
873		$\text{Fe}_{23}\text{B}_6$ , $\text{HfB}_2$	30	5,5	1281,2
923		$\text{FeB}$ , $\text{Fe}_2\text{Hf}$	26	6,3	1376,7
973			10	6,3	1201,6
1023			12	6,3	2228,2
A <sup>1)</sup> – faza amorficzna					

Struktura nanokrystaliczna, otrzymana w wyniku kontrolowanej krystalizacji w temperaturze 523 K ( $T_a = T_{x1} \pm 20 \text{ K}$ ), składa się z ziaren fazy  $\alpha\text{Fe}$  o wielkości nanometrycznej do 25 nm i fazy

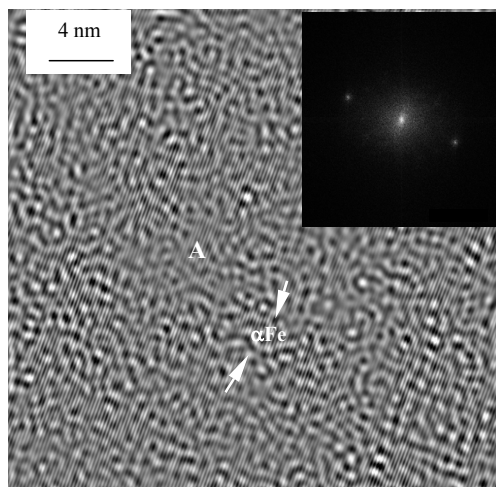
amorficznej (rys. 17). Wykazuje ona maksymalną przenikalność  $\mu = 239$ , wysoką polaryzację magnetyczną  $J = 1,05$  T oraz minimalne pole koercji  $H_c = 15,9$  A·m<sup>-1</sup> (tabl. 3, rys. 15).



**Rysunek 15.** Krzywe pierwotne magnesowania stopu  $Fe_{85,4}Hf_{1,4}B_{13,2}$  w stanie „as quenched” oraz po wygrzewaniu w temperaturze 523 K [41]



**Rysunek 16.** Wykres maksymalnej przenikalności magnetycznej stopu  $Fe_{85,4}Hf_{1,4}B_{13,2}$  w stanie „as quenched” oraz po wygrzewaniu w temperaturze 523 K [41]



**Rysunek 17.** Zdjęcie struktury uzyskane w wysokorozdzielczym transmisyjnym mikroskopie elektronowym (HRTEM) amorficznego stopu  $Fe_{85.4}Hf_{1.4}B_{13.2}$  po wygrzewaniu w temperaturze  $T_a = 523\text{ K}$  przez 1 h [42]

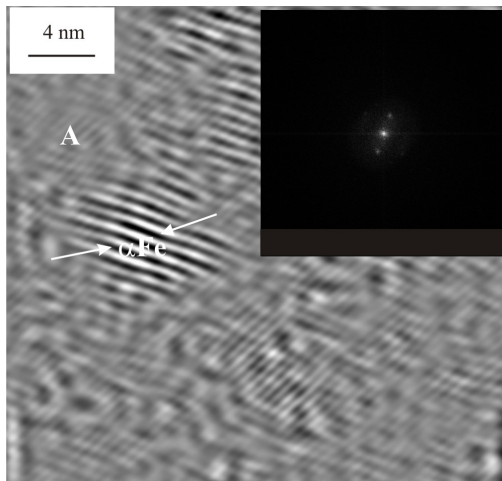
W wyniku zachodzącej w drugim etapie krystalizacji – polimorficznej, począwszy od temperatury 623 K obserwuje się znaczne utwardzenie magnetyczne ( $H_c = 557\div 2228\text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ ) w stosunku do struktury uzyskanej po krystalizacji pierwotnej i związane jest z pojawieniem się borków ( $FeB$ ,  $Fe_2B$ ,  $Fe_{23}B_6$  i  $HfB_2$ ) w strukturze stopu (tabl. 3).

Proces kontrolowanej krystalizacji, przedstawiony na przykładzie amorficznego stopu  $Fe_{85.4}Hf_{1.4}B_{13.2}$ , umożliwia wytworzenie struktury nanokrystalicznej. Stwarza to możliwość optymalizacji własności magnetycznych; proces odpowiedzialny za optymalizację jest aktywowany cieplnie i związany z utworzeniem krystalicznej fazy  $\alpha Fe$  o nanometrycznej wielkości w osnowie amorficznej. Tak więc optymalne własności magnetycznie miękkie można uzyskać w wyniku obróbki cieplnej rozumianej jako wygrzewanie w temperaturze, która zapewnia uzyskanie najwyższej przenikalności [44, 45].

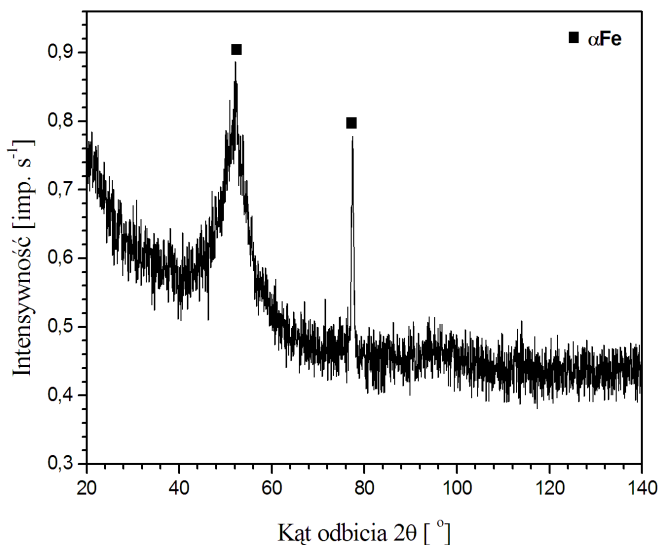
W stopie  $Fe_{92.4}Hf_{4.2}B_{3.4}$  strukturę nanokrystaliczną uzyskano przez bezpośrednie chłodzenie cieczy metalicznej stosując prędkość liniową bębna chłodzącego ok.  $30\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  i ciśnienie gazu wypychającego ciecz z tygla odlewniczego ok. 20 kPa.

Strukturę taśmy stanowią ziarna fazy  $\alpha Fe$  rozmieszczone w amorficznej osnowie (rys. 18). Wielkość ziarn fazy  $\alpha Fe$  zmienia się w zakresie od ok. 5 do 10 nm. Dyfraktogram otrzymany dla stopu  $Fe_{92.4}Hf_{4.2}B_{3.4}$  w stanie wyjściowym „as quenched” oprócz typowej dla stopów

amorficznej rozmytej i wyraźnie poszerzonej linii dyfrakcyjnej od płaszczyzny (110) dla fazy  $\alpha\text{Fe}$  ma linię dyfrakcyjną, której położenie odpowiada położeniu pików charakterystycznych dla płaszczyzny (200)  $\alpha\text{Fe}$ , co należy wiązać z obecnością w składzie fazowym stopu zarówno fazy amorficznej jak i krystalicznej (rys. 19).

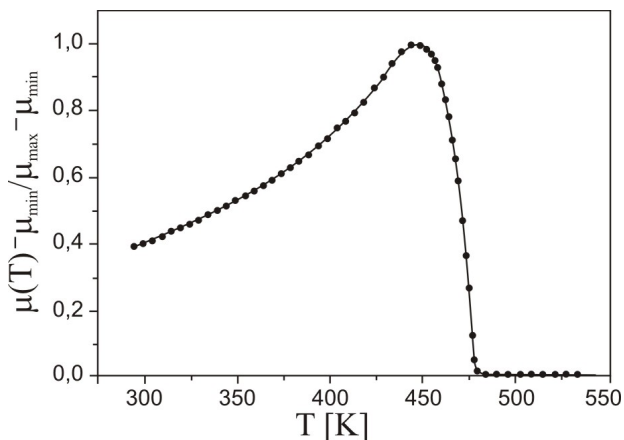


**Rysunek 18.** Zdjęcie struktury uzyskane w wysokorozdzielczym transmisyjnym mikroskopie elektronowym (HRTEM) stopu  $\text{Fe}_{92.4}\text{Hf}_{4.2}\text{B}_{3.4}$  w stanie wyjściowym [38]



**Rysunek 19.** Dyfraktogram stopu  $\text{Fe}_{92.4}\text{Hf}_{4.2}\text{B}_{3.4}$  w stanie wyjściowym „as quenched” [38]

Stop jest ferromagnetyczny w temperaturze pokojowej, a temperatura Curie wynosi 480 K (207°C) – rys. 20. Własności magnetyczne ( $\mu = 401$ ,  $H_c = 87,5 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ ) oraz elektryczne ( $\rho = 1,410 \text{ }\mu\Omega\text{m}$ ) wskazują, że stop w stanie wyjściowym jest ferromagnetyczny o własnościach magnetycznie miękkich.

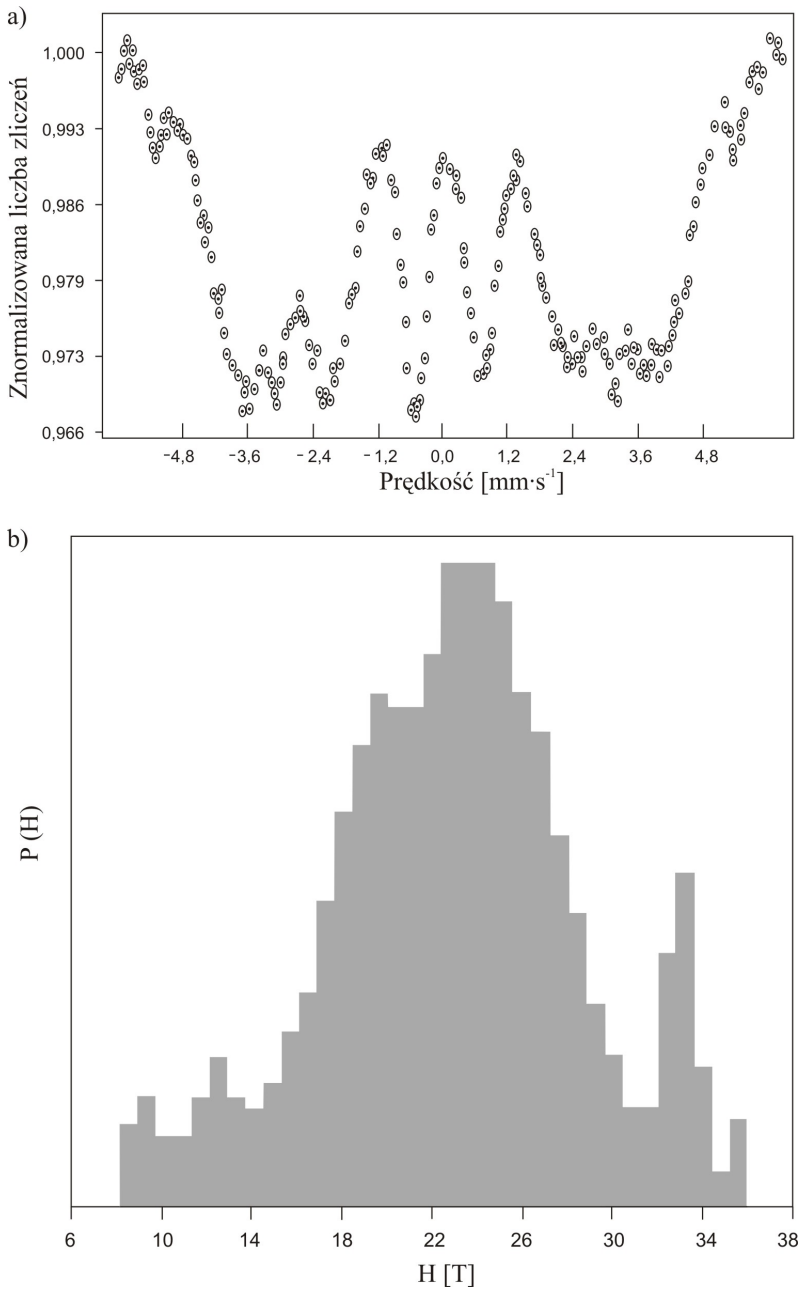


**Rysunek 20.** Wykres znormalizowanej przenikalności magnetycznej w funkcji temperatury wygrzewania  $T$  „in situ” dla stopu  $\text{Fe}_{92,4}\text{Hf}_{4,2}\text{B}_{3,4}$  [38]

Uzyskane widma mössbauerowskie dla badanego stopu mają postać typowych widm zeemanowskich, składających się z kombinacji sześciu poszerzonych linii. W próbce stopu  $\text{Fe}_{92,4}\text{Hf}_{4,2}\text{B}_{3,4}$  dobrze separowalna jest składowa L1 o wartości pola  $H = 33 \text{ T}$  charakterystyczna dla wydzielenia fazy  $\alpha\text{Fe}$  (rys. 21, tabl. 4).

**Tablica 4.** Zestawienie wyników analizy widm mössbauerowskich metodą dopasowania widm składowych dla stopu  $\text{Fe}_{92,4}\text{Hf}_{4,2}\text{B}_{3,4}$  o strukturze nanokrystalicznej w stanie wyjściowym „as quenched”

Parametry widm mössbauerowskich											
H, T				IS, $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$				S, %			
L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
33,0	25,5	22,6	19,2	0,01	0,08	0,04	0,01	4,6	49,5	14,7	31,2
H – nadsubtelne pole magnetyczne IS – przesunięcie izomeryczne S – udział składowej w polu całkowitym L – numer składowej zeemanowskiej											



**Rysunek 21.** Widmo mössbauerowskie otrzymane dla stopu  $Fe_{92,4}Hf_{4,2}B_{3,4}$ : a) w stanie wyjściowym „as quenched”, b) wyznaczony z tego widma rozkład magnetycznych pól nadsubtelnych  $P(H)$  [38]



Zakładając, że udział składowej (L1) w widmie całkowitym jest proporcjonalny do zawartości wydzieleni żelaza w próbce, można oszacować, że zawartość nanokrystalicznej fazy  $\alpha\text{Fe}$  wynosi 3,8%. Pozostałe składowe L2, L3 i L4 w ogólności opisują obszary fazy amorficznej o różnych uporządkowaniach bliskiego zasięgu związanych z różną koncentracją atomów żelaza i boru, jak również obszary odpowiadające powierzchni rozdziału pomiędzy wydzieleniami fazy  $\alpha\text{Fe}$  a amorficzną osnową. Należy podkreślić, że zastosowana metoda dopasowania do widma wyjściowego kilku widm składowych w przypadku fazy amorficznej jest metodą bardzo przybliżoną i umożliwia jedynie jakościową analizę wyników. Tym niemniej fakt, że tę metodę udało się zastosować do analizy badanych próbek z niezłym efektem numerycznym, potwierdza wniosek, że wytworzona faza amorficzna jest silnie niejednorodna pod względem składu chemicznego i uporządkowania bliskiego zasięgu [38, 43].

Wyniki przedstawionych badań wskazują, że zastosowane metody wytwarzania umożliwiają uzyskanie struktur nanokrystalicznych w stopach typu Fe-Hf-B. Uzyskane własności magnetyczne są związane z zawartością i wielkością fazy krystalicznej  $\alpha\text{Fe}$  w strukturze nanokrystalicznej. Parametry zaproponowanych metod otrzymywania należy więc zweryfikować w taki sposób, aby otrzymać określony stopień skryształizowania w stopach oraz stosowną wielkość fazy nanokrystalicznej.

#### **4. Korozja elektrochemiczna amorficznych i nanokrystalicznych stopów $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$ oraz $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$**

Projektowanie i aplikacja materiałów metalicznych związane są z określeniem między innymi ich własności fizycznych, z których jedną z ważniejszych jest odporność korozyjna.

Pod pojęciem korozji rozumiane jest niezamierzone niszczenie struktury materiałów metalowych przez działanie chemiczne lub elektrochemiczne otaczającego środowiska rozpoczynające się od powierzchni materiału [46-51].

Wpływ czynników związanych z korozją, w tym elektrochemiczną, na tworzywa metaliczne jest trudny do wyeliminowania i nie należy go zaniedbywać wytwarzając gotowe wyroby. W wyniku pracy materiałów magnetycznie miękkich, do których zalicza się stop  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  oraz  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ , w warunkach atmosfery środowiska korozyjnego powstające na powierzchni produkty korozji mogą doprowadzić w określonej mierze do degradacji charakterystyk magnetycznych.

Niezmiennosc własności magnetycznych tworzyw ma zasadnicze znaczenie podczas eksploatacji podzespołów magnetycznych. Skład chemiczny i historia technologiczna stopów wpływa na ich zachowanie elektrochemiczne funkcji zmiennych parametrów środowiska korozyjnego a w rezultacie – na zmiany ich własności magnetycznych.

Optymalizacja składu chemicznego ze względu na określone własności magnetyczne miękkie nie zawsze może zapewnić stosowną odporność korozyjną w danym środowisku.

Analizowane stopy są przedstawicielami dwóch grup nowoczesnych materiałów magnetycznie miękkich. Stop  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  jest przedstawicielem grupy jednofazowych materiałów magnetycznych o strukturze amorficznej. Stop  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  należy do grupy stopów o dwufazowej strukturze nanokrystalicznej, która składa się z amorficznej osnowy i ziarn fazy  $\alpha$ -Fe(Si) o nanometrycznych rozmiarach. Materiały te podczas pracy urządzeń, w których są stosowane, narażone są na działanie różnych czynników zakłócających stabilność ich pracy (w tym korozji elektrochemicznej).

Wpływ czynników związanych z korozją jest niemal niemożliwy do wyeliminowania. Dlatego podjęto badania w kierunku poznania przebiegu korozji elektrochemicznej oraz jej wpływu na własności magnetyczne tych stopów [52-54].

Dość powszechnie stosowaną metodą w badaniach korozyjnych jest technika potencjodynamiczna, którą zastosowano do określenia potencjału korozyjnego, prędkości korozji i skłonności do pasywacji lub jej braku. Badania prowadzono w 0,5 M roztworze  $Na_2SO_4$  oraz w 0,5 M roztworze NaCl o temperaturach 20°C (293 K), 35°C (308 K) i 70°C (343 K). W wyniku badań potencjodynamicznych zaobserwowano dla stopów  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  i  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$ , niezależnie od struktury, szybszą korozję w rozcieńczonym wodnym roztworze NaCl w stosunku do szybkości korozji w obecności roztworu wodnego  $Na_2SO_4$ . Łatwo rozpuszczający się tlen w 0,5 M roztworze NaCl przyspiesza reakcje rozpuszczania powierzchni. Prędkość korozji  $v_{kor}$  żelaza jest największa, gdy stężenie NaCl w wodzie wynosi około 0,5 M. Stężenie takie występuje np. w wodzie morskiej, a przewodność 0,5 M roztworu wodnego NaCl jest znacznie większa niż przewodność czystej wody destylowanej, co również sprzyja przyspieszeniu procesów korozji elektrochemicznej [55-57].

Bez względu na strukturę wieloskładnikowy stop  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  wykazywał skłonność do pasywacji w roztworze siarczanów i cechował się mniejszą prędkością korozji w obu zastosowanych roztworach korozyjnych w porównaniu do stopu  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  (tabl. 5-8, rys. 22-25). Stop  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  nie wykazywał skłonności do przejścia w stan pasywny w warunkach prowadzonego eksperymentu (rys. 26-28).

**Tablica 5.** Zestawienie wartości parametrów korozyjnych stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  badanego w 0,5 M roztworze  $Na_2SO_4$  otrzymane w oparciu o metodę Sterna-Tafela

Temperatura obróbki cieplnej, K	Struktura	Temperatura roztworu, K					
		293		308		343	
		$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok	$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok	$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok
„as quenched”	amorficzna	-1095	0,927	-791	0,308	-841	5,084
523	amorficzna po relaksacji strukturalnej	-1168	0,39	-847	0,625	-889	4,020
573		-710	0,051	-847	0,423	-870	1,232
598		-800	0,0348	-833	0,072	-894	1,008
623		-769	0,0113	-954	0,153	-838	0,569
648		-913	0,0408	-812	0,013	-1003	1,775
673		-809	0,117	-787	0,114	-1060	0,035
698		-762	1,577	-780	0,561	-838	0,625
723		-692	1,837	-920	0,253	-835	1,631
748	nanokrystaliczna: $\alpha$ -Fe(Si) + amorficzna osnowa	-1001	9,00	-756	0,062	-1107	3,567
773		-689	0,859	-756	0,061	-872	0,343
798		-868	0,150	-816	0,057	-887	0,63
823		-843	0,055	-972	0,047	-981	0,149

**Tablica 6.** Zestawienie wartości parametrów korozyjnych stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  badanego w 0,5 M roztworze  $NaCl$  otrzymane w oparciu o metodę Sterna-Tafela

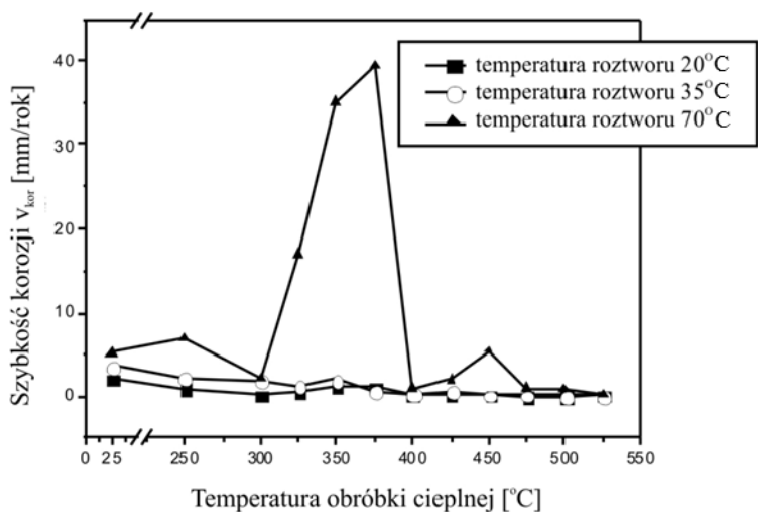
Temperatura obróbki cieplnej, K	Struktura	Temperatura roztworu, K					
		293		308		342	
		$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok	$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok	$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok
„as quenched”	amorficzna	-600	0,119	-602	0,66	-621	1,295
523	amorficzna po relaksacji strukturalnej	-539	0,231	-529	0,162	-620	1,250
573		-552	0,1367	-562	0,09	-512	0,138
598		-552	0,1653	-558	0,069	-575	0,195
623		-455	0,8039	-426	0,184	-511	0,811
648		-575	0,357	-548	0,142	-570	0,001
673		-375	2,89	-534	0,009	-571	0,065
698		-557	6,649	-557	0,013	-599	0,44
723		-375	2,498	-384	0,144	-563	1,257
748	nanokrystaliczna: $\alpha$ -Fe(Si) + amorficzna osnowa	-522	2,135	-537	0,033	-554	0,113
773		-489	0,122	-474	0,054	-577	0,184
798		-515	0,124	-510	0,006	-484	0,028
823		-515	0,131	-505	0,005	-487	0,024

**Tablica 7.** Zestawienie wartości parametrów korozyjnych stopu  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  badanego w 0,5 M roztworze  $Na_2SO_4$  otrzymane w oparciu o metodę Sterna-Tafela

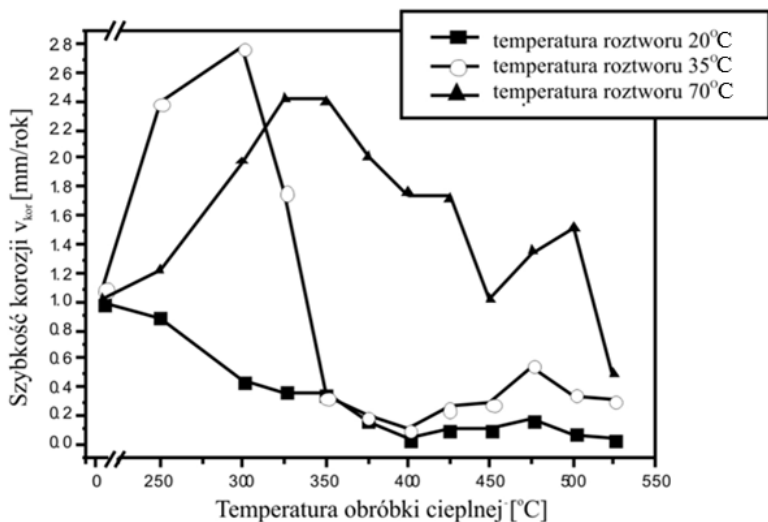
Temperatura obróbki cieplnej, K	Struktura	Temperatura roztworu, K					
		293		308		342	
		$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok	$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok	$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok
„as quenched”	amorficzna	-1067	2,052	-1140	3,626	-1026	5,166
523	amorficzna po relaksacji strukturalnej	-1163	0,94	-1138	2,089	-1066	6,9
573		-1196	0,137	-1139	1,890	-1049	2,09
598		-1115	0,357	-1052	1,215	-1106	16,81
623		-1150	1,215	-998	1,927	-1034	35,2
648		-1048	1,105	-1193	0,635	-1047	39,44
673		-1127	0,121	-1102	0,310	-1161	0,981
698		-1074	0,231	-1100	0,586	-1063	1,932
723	nanokrystaliczna: $\alpha$ -Fe(Si) + amorficzna osnowa	-1132	0,147	-1131	0,164	-1150	5,47
748		-1077	0,079	-1123	0,248	-1123	0,983
773		-1005	0,082	-1073	0,107	-1095	0,882
798		-1016	0,131	-1040	0,123	-1089	0,198

**Tablica 8.** Zestawienie wartości parametrów korozyjnych stopu  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  badanego w 0,5 M roztworze  $NaCl$  otrzymane w oparciu o metodę Sterna-Tafela

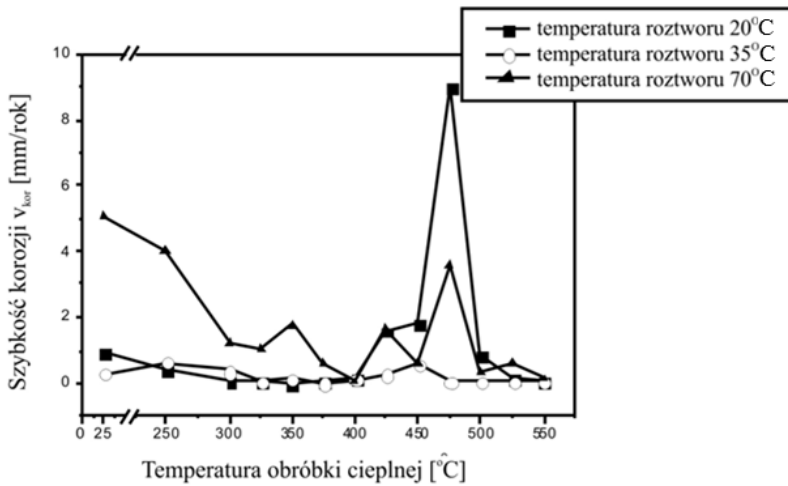
Temperatura obróbki cieplnej, K	Struktura	Temperatura roztworu, K					
		293		308		342	
		$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok	$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok	$E_{kor}$ , mV	$V_{kor}$ , mm/rok
„as quenched”	amorficzna	-735	0,987	-717	1,09	-733	1,010
523	amorficzna po relaksacji strukturalnej	-736	0,895	-756	2,40	-734	1,23
573		-712	0,442	-886	2,781	-770	1,98
598		-910	0,368	-867	1,765	-765	2,42
623		-903	0,364	-690	0,334	-767	2,410
648		-772	0,164	-983	0,198	-781	2,011
673		-789	0,041	-674	0,111	-768	1,012
698		-795	0,117	-684	0,263	-779	1,731
723	nanokrystaliczna: $\alpha$ -Fe(Si) + amorficzna osnowa	-756	0,110	-598	0,292	-744	1,754
748		-810	0,185	-600	0,556	-750	1,345
773		-861	0,080	-558	0,347	-754	1,520
798		-1058	0,047	-603	0,307	-688	0,490



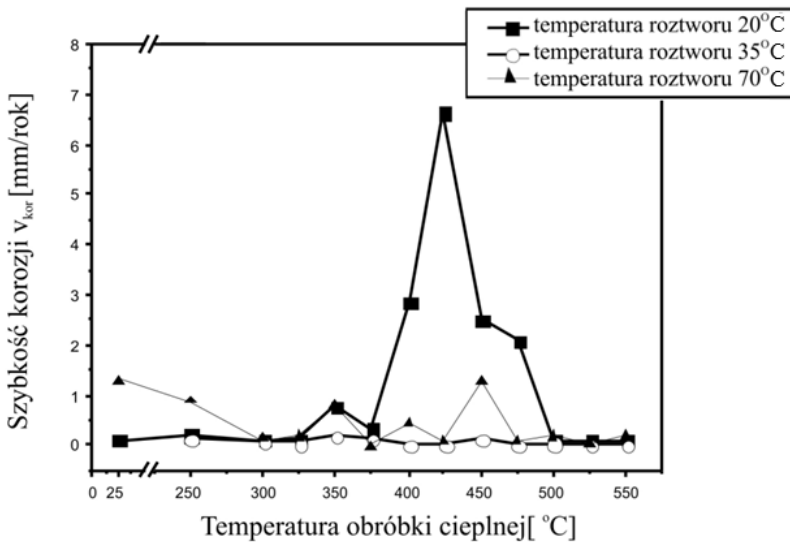
**Rysunek 22.** Wykres prędkości korozji w 0,5 M roztworze  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  o temperaturze: 20°C (293 K), 30°C (308 K) i 70°C (342 K) w funkcji obróbki cieplnej stopu  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$



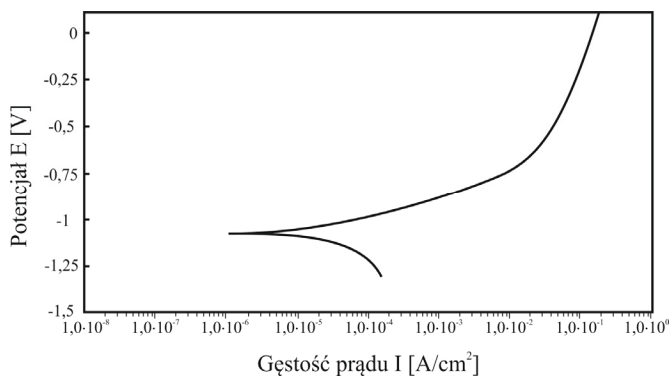
**Rysunek 23.** Wykres prędkości korozji w 0,5 M roztworze  $\text{NaCl}$  o temperaturze: 20°C (293 K), 35°C (308 K) i 70°C (343 K) w funkcji obróbki cieplnej stopu  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$



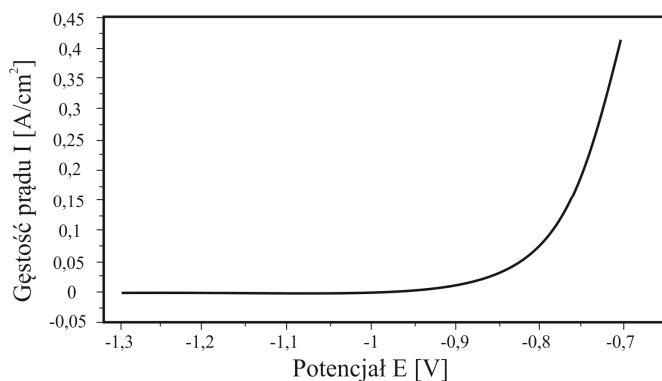
**Rysunek 24.** Wykres prędkości korozji w 0,5 M roztworze  $Na_2SO_4$  o temperaturze: 20°C (293 K), 35°C (308 K) i 70°C (343 K) w funkcji obróbki cieplnej stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$



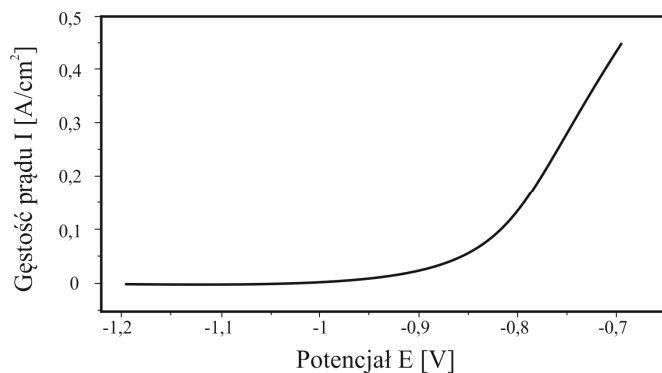
**Rysunek 25.** Wykres prędkości korozji w 0,5 M roztworze  $NaCl$  o temperaturze: 20°C (293 K), 35°C (308 K) i 70°C (343 K) w funkcji obróbki cieplnej stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$



**Rysunek 26.** Wykres krzywej polaryzacji anodowej stopu Fe<sub>78</sub>Si<sub>9</sub>B<sub>13</sub> w stanie „as quenched” otrzymane w 0,5M roztworze Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> o temperaturze 20°C (293 K)



**Rysunek 27.** Wykres krzywej polaryzacji anodowej stopu Fe<sub>78</sub>Si<sub>9</sub>B<sub>13</sub> w stanie „as quenched” otrzymane w 0,5 M roztworze Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> o temperaturze 35°C (308 K)



**Rysunek 28.** Wykres krzywej polaryzacji anodowej stopu Fe<sub>78</sub>Si<sub>9</sub>B<sub>13</sub> w stanie „as quenched” otrzymane w 0,5 M roztworze Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> o temperaturze 70°C (343 K)

Wzrost temperatury roztworu korozyjnego do 70°C (343 K) sprzyja zwiększeniu prędkości korozji, przy czym największy wpływ ma na wzrost prędkości korozji stopu  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$ .

Skład chemiczny badanych stopów i struktura decydują o ich odporności korozyjnej. Obecność krzemu i boru w stopie  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  w ilości 22% at. jest niezbędna dla stabilizacji struktury amorficznej. Bor zdecydowanie pogarsza odporność korozyjną i skłonność do pasywacji.

Stop  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  zawierający 13% at. boru nie wykazuje zdolności do przejścia w stan pasywny. Krzem rozpuszczający się w żelazie wprowadza się do stopów na osnowie żelaza, aby zwiększyć rezystywność stopu, a tym samym ograniczyć straty związane z przemagnesowywaniem. Krzem nie powoduje także zwiększenia koercji. Zarówno krzem jak i bor mają tendencję do pozostawiania w warstwie tworzącej produkty korozji w postaci boranów i krzemianów. Zastępowanie boru krzemem sprzyja poprawie odporności korozyjnej stopu. Jeżeli przyjąć, że pasywacja amorficznych stopów  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  i  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  uzależniona jest stosunkiem stężenia krzemu do sumy stężeń krzemu i boru ( $\frac{\text{Si}}{\text{Si}+\text{B}}$ ) [58] można się spodziewać, że większa odporność na korozję będzie cechować amorficzny stop  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  ( $\frac{\text{Si}}{\text{Si}+\text{B}} = 0,6$ ) w porównaniu do stopu  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  ( $\frac{\text{Si}}{\text{Si}+\text{B}} = 0,4$ ). Ważnym dodatkiem stopowym do nanokrystalicznych stopów na osnowie żelaza, którego obecność przyczynia się do poprawy odporności na działanie czynników korozyjnych, jest niob. Działa on stabilizująco na fazę amorficzną tej grupy stopów. Podczas pierwszego etapu krystalizacji pierwotnej zachodzi dyfuzja Nb z frontu krystalizacji do amorficznych obszarów. Ponieważ współczynnik dyfuzji niobu jest niewielki, niob hamuje rozrost powstających obszarów krystalicznej fazy  $\alpha\text{-Fe}(\text{Si})$ . Niob jest pierwiastkiem bardziej elektrododatnim (wartość potencjału w szeregu napięciowym około +0,336 V względem NEK) od żelaza (-0,44 V względem NEK), może więc działać na poprawę odporności korozyjnej poprzez przesunięcie potencjału korozyjnego stopu w stronę wartości bardziej elektrododatnich. Podobnie na poprawę odporności korozyjnej wpływa dodatek miedzi, której potencjał względem NEK wynosi +0,04 V (w 3% roztworze wodnym NaCl) [48, 59]. Zaznaczyć należy, że trudne jest jednoznaczne oddzielenie indywidualnych wpływów tych pierwiastków na odporność korozyjną, zwłaszcza gdy badany stop jest stopem wieloskładnikowym, jak w przypadku  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ .

Technika elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (metoda zmiennoprądowa) dostarczyła danych na temat mechanizmu korozji badanych stopów [52-54, 60-67].



W oparciu o uzyskane wyniki badań impedancyjnych podjęto próbę opracowania modeli układów elektrycznych, które opisują zjawiska zachodzące na granicy rozdziału faz powierzchnia stopu/elektrolit oraz próbę określenia mechanizmu korozji stopów  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  i  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  o różnych strukturach. Dla badanych stopów zależnie od ich struktury i parametrów środowiska korozyjnego (tabl. 9) wyróżniono następujące mechanizmy: kontrolowany szybkością przeniesienia ładunku, kontrolowany szybkością przeniesienia masy i mieszany.

**Tablica 9.** Zestawienie rodzajów mechanizmów korozji stopów  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  i  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  wyróżnione w badaniach impedancyjnych

Rodzaj stopu	Struktura stopu	Rodzaj mechanizmu	
		Rodzaj roztworu korozyjnego	
		0,5 M $Na_2SO_4$	0,5 M NaCl
$Fe_{78}Si_9B_{13}$	amorficzna	A	A
	amorficzna po relaksacji strukturalnej	A	A
	nanokrystaliczna faza $\alpha$ -Fe(Si) + amorficzna osnowa	A	C
$Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$	amorficzna	A	A
	amorficzna po relaksacji strukturalnej	A	B
	nanokrystaliczna faza $\alpha$ -Fe(Si) + amorficzna osnowa	C	C

Mechanizm korozji kontrolowany szybkością przeniesienia ładunku przez granicę faz wyznaczoną przez powierzchnię stopu i roztwór korozyjny jest charakterystyczny bez względu na strukturę stopu  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  oraz dla stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  o strukturze amorficznej i amorficznej po relaksacji strukturalnej, które badano w 0,5 M  $Na_2SO_4$ . Korozja elektrochemiczna w 0,5 M roztworze NaCl stopu  $Fe_{78}Si_9B_{13}$  o strukturach amorficznej i amorficznej po relaksacji strukturalnej oraz stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  o strukturze amorficznej po relaksacji

strukturalnej prowadzonej w przedziale temperatury od 250°C do 400°C, jest również kontrolowana szybkością przeniesienia ładunku. Mechanizm kontrolowany szybkością transportu masy stwierdzono dla stopu  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  o strukturze amorficznej po relaksacji strukturalnej przeprowadzonej w zakresie temperatury od 425°C do 475°C, który badano w 0,5 M roztworze NaCl. Mechanizm mieszany korozji elektrochemicznej był typowy dla nanokrystalicznego stopu  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  badanego w 0,5 M roztworze NaCl oraz dla nanokrystalicznego stopu  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  badanego zarówno w roztworze chlorków jak i siarczanów.

Specyfika preparatyki i pomiarów metodą impedancyjną uniemożliwiają wykorzystanie próbek po badaniach korozyjnych do badań magnetycznych, dlatego w celu określenia zmian własności magnetycznych stopy poddano długotrwałemu działaniu środowiska korozyjnego [68-70].

Analizowano zmiany własności magnetycznych, przeprowadzone za pomocą magnetometru wibracyjnego VSM, takich jak: koercja, indukcja nasycenia i pozostałość magnetyczna, badano w funkcji wytworzonej struktury w pierwotnie amorficznych taśmach stopów oraz w funkcji rodzaju środowiska korozyjnego, w którym eksponowano taśmy przez okres 15 dni, badając próbki wycięte z taśm w kierunku wzdłużnym i poprzecznym (tabl. 10 i 11). Najlepsze własności magnetyczne dla taśm stopu  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  uzyskano po relaksacji strukturalnej w temperaturze 350°C (623 K) przez 1 godzinę, natomiast stopu  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  po krystalizacji pierwotnej w temperaturze 550°C przez 1 godzinę. Wpływ ośrodka korozyjnego na zmiany własności magnetycznych stopów  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  i  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  nie powodował jednoznacznie degradacji ich własności. Procesy korozyjne zachodzące na powierzchni taśm stopu  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  o strukturze amorficznej i amorficznej po relaksacji strukturalnej sprzyjają poprawie indukcji nasycenia  $B_s$ , co ma związek prawdopodobnie ze zmniejszeniem niepożądanych naprężeń, blokujących ruch ścian domen magnetycznych na powierzchni taśmy.

Stabilność własności magnetycznych stopów jest funkcją ich składu chemicznego, struktury i parametrów ośrodka korozyjnego. Z tych względów badanie zależności między zjawiskami korozji, składem chemicznym, strukturą i własnościami magnetycznymi amorficznych i nanokrystalicznych stopów ma więc określone znaczenie dla materiałów już stosowanych jak i takich, które w przyszłości znajdą zastosowanie w budowie urządzeń elektrycznych i elektronicznych.

**Tablica 10.** Zestawienie własności magnetycznych stopu  $Fe_{78}Si_9B_{13}$ ; *A* – struktura amorficzna, *RS* – struktura amorficzna po relaksacji strukturalnej, *N* – struktura nanokrystaliczna

Kierunek badania	Zastosowany roztwór korozyjny	Struktura stopu						
		A	RS	RS	RS	RS	RS	N
		Temperatura obróbki cieplnej, °C						
		—	250	300	325	350	375	525
Koercja $H_c$ , $A \cdot m^{-1}$								
wzdłużny	brak	12,6	18,20	22,29	11,14	11,14	29,33	4053,38
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	14,44	16,84	—	—	30,88	—	4120,89
	NaCl	13,81	21,90	—	—	42,83	—	4101,86
poprzeczny	brak	16,37	9,89	18,97	18,83	12,16	4,98	4147,09
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	17,39	13,48	—	—	14,74	—	4279,00
	NaCl	21,83	20,57	—	—	32,34	—	4166,67
Indukcja $B_s$ , T								
wzdłużny	brak	1,84	2,10	2,39	2,39	2,39	2,4	2,28
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,32	2,52	—	—	2,16	—	2,16
	NaCl	1,72	1,69	—	—	1,98	—	1,13
poprzeczny	brak	2,86	1,92	2,12	2,11	2,28	2,29	2,46
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,80	2,67	—	—	2,16	—	1,71
	NaCl	2,16	1,92	—	—	1,90	—	1,35
Pozostałość magnetyczna $B_r$ , T								
wzdłużny	brak	0,0099	0,012	0,014	0,007	0,007	0,0183	1,154
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0011	0,018	—	—	0,022	—	0,955
	NaCl	0,0080	0,025	—	—	0,018	—	0,532
poprzeczny	brak	0,0115	0,009	0,107	0,0146	0,0102	0,0086	1,222
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0212	0,128	—	—	0,003	—	0,796
	NaCl	0,0170	0,021	—	—	0,022	—	0,662

**Tablica 11.** Zestawienie własności magnetycznych stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$ ; A – struktura amorficzna, RS – struktura amorficzna po relaksacji strukturalnej, N – struktura nanokrystaliczna

Kierunek badania	Zastosowany roztwór korozyjny	Struktura stopu					
		A	RS	RS	RS	N	N
		Temperatura obróbki cieplnej					
		—	250	400	450	500	550
Koercja $H_c$ , A·m <sup>-1</sup>							
wzdłużny	brak	7,67	6,08	3,21	2,38	0,95	0,57
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,09	12,30	—	6,49	3,82	3,82
	NaCl	4,12	11,93	—	6,89	3,88	3,95
poprzeczny	brak	14,20	4,09	2,6	0,38	1,05	1,47
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	25,01	4,34	—	25,60	6,20	4,45
	NaCl	26,11	4,42	—	28,6	6,47	4,50
Indukcja $B_s$ , T							
wzdłużny	brak	0,84	0,74	0,71	0,69	0,84	0,80
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,88	0,82	—	0,86	0,66	0,66
	NaCl	0,88	0,85	—	0,85	0,62	0,66
poprzeczny	brak	0,88	0,74	0,75	0,83	0,87	0,76
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,91	0,74	—	0,84	0,73	0,70
	NaCl	0,88	0,74	—	0,83	0,70	0,67
Pozostałość magnetyczna $B_r$ , T							
wzdłużny	brak	0,0043	0,003	0,001	0,0008	0,0005	0,0003
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0027	0,008	—	0,0085	0,0015	0,0015
	NaCl	0,0024	0,008	—	0,0085	0,0017	0,0014
poprzeczny	brak	0,0073	0,002	0,001	0,0005	0,0756	0,0001
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,014	0,003	—	0,006	0,0030	0,0017
	NaCl	0,0113	0,003	—	0,0053	0,0028	0,0011

## 5. Rozwiązanie materiałowo-technologiczne wytwarzania kompozytów złożonych z nanokrystalicznych proszków stopu $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ i polietylenu

Materiały kompozytowe są kombinacją materiałów o różnych własnościach dających w konsekwencji własności lepsze lub nowe w stosunku do materiałów użytych osobno lub wynikających z prostego sumowania tych własności. Komponenty kompozytu mogą należeć do tej samej grupy materiałów lub różnych grup różniących się od siebie strukturą i własnościami. Nowoczesne technologie bardzo często wymagają użycia materiałów o niekonwencjonalnych kombinacjach własności i postaci geometrycznej, których uzyskanie w materiałach wytwarzanych w sposób tradycyjny jest niemożliwe. Materiały kompozytowe w sposób naturalny umożliwiają realizację tych zadań.

Poszukiwania nowych materiałów magnetycznych doprowadziły między innymi do rozwoju badań nad materiałami na bazie Fe o strukturze nanokrystalicznej, które mają znakomite własności magnetycznie miękkie [71-75].

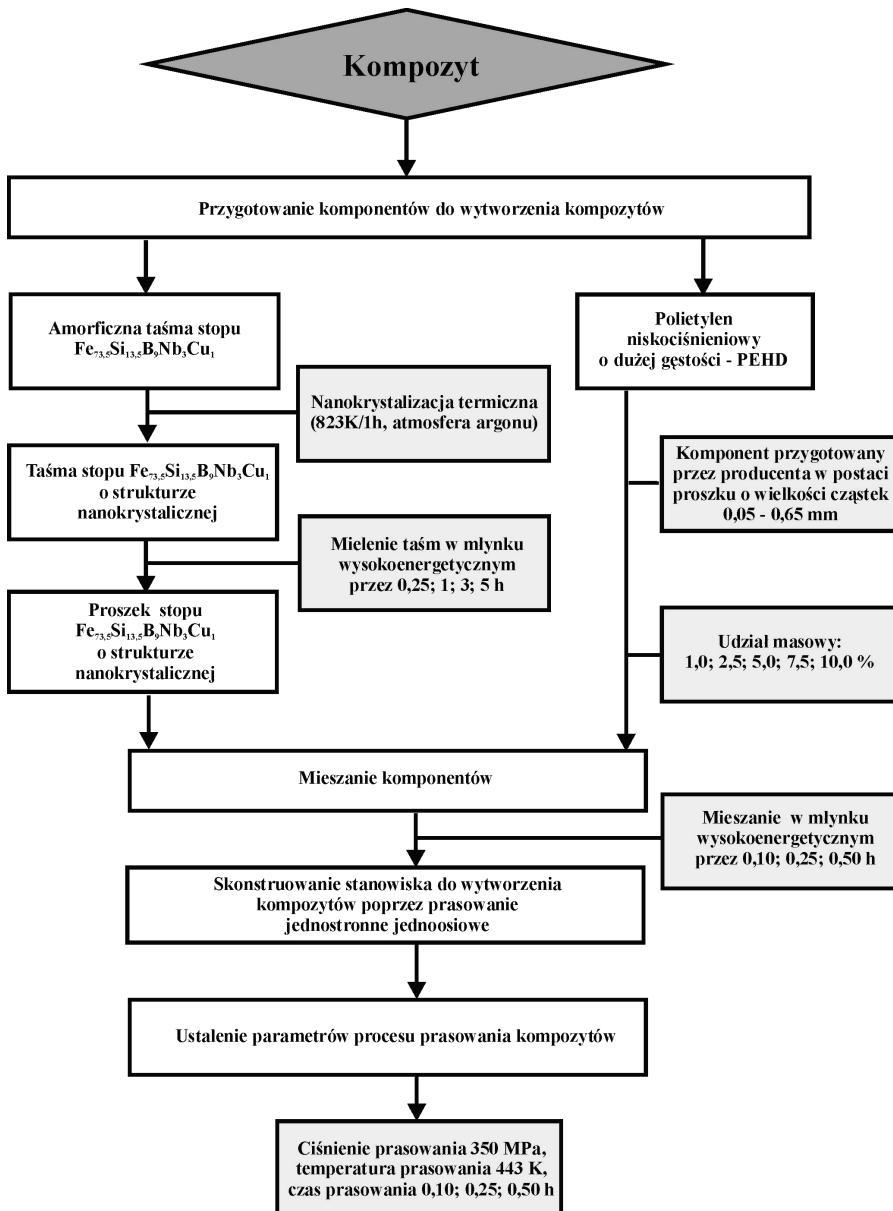
Nanokrystaliczne materiały magnetycznie miękkie, otrzymane przez kontrolowaną nanokryształizację materiałów amorficznych, odkryli Yoshizawa i inni [76]. Najczęściej badanymi materiałami z tej grupy są stopy Fe-Si-B-Nb-Cu, wśród których najlepiej poznanym stopem wykorzystywanym do produkcji materiału o handlowej nazwie FINEMET jest stop  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ . Wadą tych stopów, która zawęża zakres ich stosowania, są ograniczenia ich postaci geometrycznej. Amorficzna taśma po procesie nanokryształizacji charakteryzuje się dużą kruchością.

W celu rozszerzenia możliwości aplikacyjnych tych stopów z taśm można wytworzyć proszki mogące stanowić komponent do wytworzenia kompozytów, gdzie środkiem wiążącym mogą być materiały polimerowe [77, 78].

W tym celu podjęto badania nad rozwiązaniem materiałowo-technologicznym prowadzącym do wytworzenia kompozytów złożonych z nanokrystalicznych proszków  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  i polietylenu.

Koncepcja technologiczna jest oparta na wykorzystaniu procesu nanokryształizacji termicznej amorficznych taśm, a następnie ich wysokoenergetycznego mielenia celem wytworzenia proszku o optymalnej wielkości cząstek i związanie ich z polietylenem [78].

Schemat operacji materiałowo-technologicznych wytwarzania kompozytów, na którym uwzględniono przygotowanie i spreparowanie komponentów oraz opracowanie stanowiska do ich produkcji, przedstawiono na rysunku 29.



Rysunek 29. Schemat operacji materiałowo-technologicznych wytwarzania kompozytów [78]

Proszki stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  przygotowano poprzez wysokoenergetyczne mielenie litych taśm o strukturze nanokrystalicznej wytworzonej w operacji kontrolowanej krystalizacji w temperaturze 823 K przez 1 h w atmosferze argonu. Uzyskano strukturę nanokrystaliczną składającą się z fazy  $\alpha$ -Fe(Si) o średniej wielkości ziarna  $d = 13,7$  nm i amorficznej osnowy o optymalnych własnościach magnetycznie miękkich [76, 78, 79].

Mielenie taśm o strukturze nanokrystalicznej powoduje ich rozdrobnienie. Wytypowano następujące czasy mielenia: 0,25; 1; 3 oraz 5 godzin. Proces mielenia przeprowadzono w wysokoenergetycznym młynku typu „shaker” 8000 SPEX CertiPrep Mixer/Mill [78].

Wybór polietylenu niskociśnieniowego o dużej gęstości (PEHD), jako materiału wiążącego proszki stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$ , został dokonany ze względu na to, że jest on jednym z najtańszych i najczęściej stosowanych polimerów termoplastycznych, łatwym w obróbce, a jego temperatura przetwórstwa, wynosząca 443 K, powoduje jednocześnie relaksację naprężeń wewnętrznych powstałych w wyniku mielenia taśm stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$ . Upraszcza to technologię wytwarzania kompozytów poprzez połączenie w jednej operacji procesu relaksacji naprężeń wewnętrznych w proszkach oraz procesu prasowania [80-82]. Założono, że udział masowy polietylenu w kompozycie powinien być zminimalizowany, ponieważ jest on materiałem niemagnetycznym, z drugiej jednak strony powinien zapewnić kompozytowi spójność. W badaniach wykorzystano kompozyty o następujących udziałach masowych polietylenu: 1,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 %.

W wyniku mielenia w materiale zachodzą procesy, które powodują zmiany struktury i własności magnetycznych uzyskanych proszków. Wzrost czasu mielenia powoduje nieznaczne zmiany wielkości ziarn w porównaniu z wynikami otrzymanymi dla taśm (tabl. 12). Spowodowane jest to prawdopodobnie nasileniem się naprężeń wewnętrznych występujących w taśmach podczas procesu mielenia.

**Tablica 12.** Zestawienie średniej wielkości ziarn proszków stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$   
w zależności od czasu mielenia taśm [78]

Nanokrystalizacja termiczna (823 K/1 h) + wysokoenergetyczne mielenie	Czas mielenia taśm, h			
	0,35	1	3	5
Średnia wielkość ziarna d, nm	11,2	13,3	14,3	22,0

Badania magnetyczne wykazują, że proszki otrzymane przez mielenie taśm stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  po nanokrystalizacji termicznej mają znacznie gorsze własności magnetyczne w porównaniu do tych samych materiałów w postaci taśm (tabl. 13).

**Tablica 13.** Zestawienie własności magnetyczne proszków stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  [78]

Rodzaj proszku	$H_c$ , $A \cdot m^{-1}$	$B_r$ , T	$H_{max}$ , $kA \cdot m^{-1}$	$B_s$ , T
Nanokrystalizacja termiczna (823 K/1 h) + mielenie 0,25 h	521,04	0,0039	796	1,196
Nanokrystalizacja termiczna (823 K/1 h) + mielenie 1 h	879,06	0,0112	796	1,200
Nanokrystalizacja termiczna (823 K/1 h) + mielenie 3 h	946,34	0,0055	796	1,195
Nanokrystalizacja termiczna (823 K/1 h) + mielenie 5 h	1290,37	0,0072	796	1,223

Wynika to z oddziaływania trzech grup czynników:

- kształtu i wielkości cząstek proszków,
- struktury cząstek proszku,
- naprężeń wewnętrznych w cząstkach proszku powstałych w wyniku mielenia.

Znaczne pogorszenie własności magnetycznych proszków w porównaniu z litymi taśmami nanokrystalicznymi należy wiązać ze zjawiskiem odmagnesowania, jak również – w przypadku bardzo małych jednodomenowych cząstek proszku – ze zjawiskiem superparamagnetyzmu [83, 84].

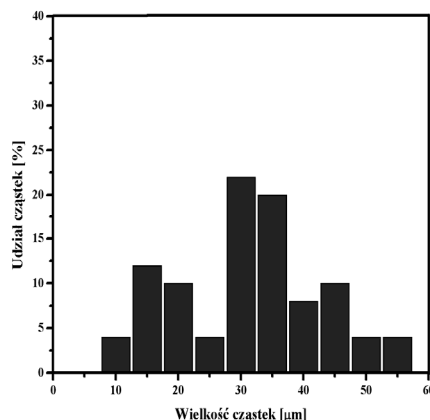
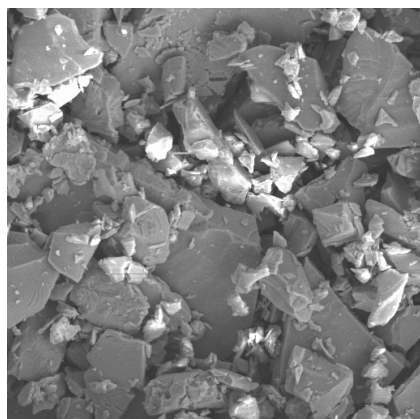
Najlepsze własności magnetyczne posiada proszek powstały przez mielenie nanokrystalicznych taśm stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  przez 0,25 h. Cząstki proszku są największe z uzyskanych w eksperymencie i mają kształt płatkowy (tabl. 14, rys. 30).

Realizując przedłożoną koncepcję technologiczną kompozyty wytworzono w wyniku prasowania jednostronnego jednoosiowego przygotowanych komponentów w module składającym się z matrycy oraz opasającej ją grzałki, który sprzężono z maszyną wytrzymałościową ZWICK typu Z100 przebrojoną na ściskanie (rys. 31).



**Tablica 14.** Zestawienie średniej wielkości cząstek proszków stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  w zależności od czasu mielenia taśm [78]

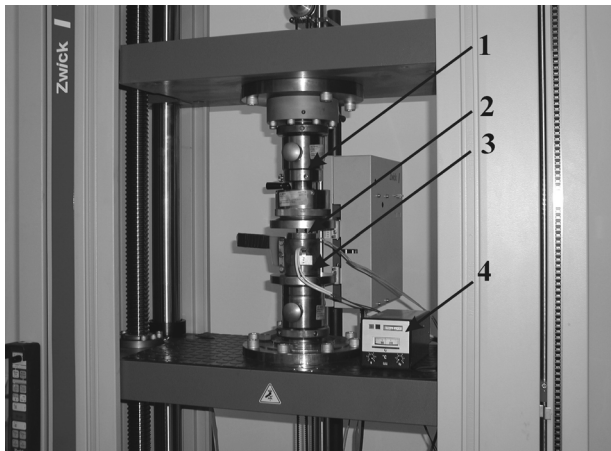
Nanokrystalizacja termiczna (823 K/1 h) + nanokrystalizacja mechaniczna	Czas mielenia taśm, h			
	0,25	1	3	5
Średnia wielkość cząstek, $\mu\text{m}$	34,708	20,256	15,342	8,130
Wartość maksymalna, $\mu\text{m}$	69,2	42,4	30,4	17,8
Wartość minimalna, $\mu\text{m}$	10,3	8,9	5,1	2,2
Odchylenie standardowe, s	12,491	8,879	7,578	4,474
Wariancja, $s^2$	156,015	78,840	57,424	20,013



**Rysunek 30.** Histogram wielkości cząstek proszku oraz ich zdjęcie po 0,25 h mielenia taśm stopu  $Fe_{73,5}Cu_1Nb_3Si_{13,5}B_9$  po nanokrystalizacji termicznej (823 K/1 h); pow. 500x [78]

Wybór metody wiązania proszków stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  z polietylenem (PEHD) zdeteterminowany był następującymi kryteriami:

- możliwością wytworzenia elementów o dowolnych, skomplikowanych kształtach,
- realizacją procesu prasowania w temperaturze 443 K (co jest istotne uwzględniając metastabilną strukturę proszków stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$ ),
- zbliżeniem cząstek proszku podczas procesu prasowania, co zwiększa ich powierzchnię styku oraz powoduje mechaniczne zazębianie się.



*Rysunek 31. Zdjęcie stanowiska do prasowania kompozytów: 1 – maszyna wytrzymałościowa przezbrojona na ściskanie, 2 – matryca, 3 – grzałka, 4 – miernik temperatury*

Aby uzyskać gęstości kompozytów najbardziej zbliżone do gęstości teoretycznej wybrano maksymalne możliwe do zrealizowania na opracowanym stanowisku ciśnienie prasowania równe 350 MPa. Możliwie największa gęstość powoduje zmniejszenie szczelin powietrznych w wytworzonych kompozytach. Wzrost szczelin powietrznych powoduje linearyzację zależności  $B = f(H)$ , a tym samym – pogorszenie własności magnetycznych wytworzonych materiałów.

Wśród zastosowanych czasów prasowania (0,1; 0,25 oraz 0,5 h) za optymalny uznano czas równy 0,25 h. Pozwalał on na najszybsze całkowite związanie użytych komponentów w kompozyt.

Temperaturę procesu prasowania kompozytów określiła temperatura przetwórstwa polietylenu jako jednego z komponentów. Wynosiła ona 443 K i mieściła się równocześnie w zakresie temperaturowym wyżarzania odprężającego drugiego komponentu – proszków stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$ .

Wśród badanych udziałów masowych polietylenu w kompozytach maksymalnym okazał się udział masowy wynoszący 7,5%, ponieważ większa ilość tego komponentu w kompozycie powodowała jego wypływanie z matrycy podczas prasowania. Minimalny udział masowy polietylenu kształtował się na poziomie 2,5%; mniejsza ilość tego komponentu w kompozycie nie zapewniała już spójności materiału.

Wśród badanych materiałów najlepszymi własnościami mechanicznymi charakteryzują się kompozyty o udziale masowym polietylenu 5 % (tabl. 15-17).

Najlepsze własności mechaniczne ( $R_c = 57,27$  MPa,  $A_c = 8,68\%$ ,  $E_c = 659,81$  MPa) ma kompozyt z proszkiem stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  mielonym przez 1 h (tabl. 15-17).

**Tablica 15.** Zestawienie własności kompozytów o udziale masowym polietylenu 2,5% [78]

Czas mielenia taśm, h	$H_c$ , $A \cdot m^{-1}$	$B_r$ , T	$H_{max}$ , $k A \cdot m^{-1}$	$B_s$ , T	$\mu_{max}$	$P_{max}$ , W/kg	$R_c$ , MPa	$A_c$ , %	$E_c$ , MPa
0,25	537,69	0,0061	796	1,304	81	1,748	25,65	8,27	309,91
1	706,20	0,0073	796	1,294	80	1,310	53,41	8,98	594,31
3	862,58	0,0094	796	1,272	65	1,706	43,57	6,60	659,63
5	935,19	0,0101	796	1,324	64	1,811	28,81	9,51	302,91

**Tablica 16.** Zestawienie własności kompozytów o udziale masowym polietylenu 5,0% [78]

Czas mielenia taśm, h	$H_c$ , $A \cdot m^{-1}$	$B_r$ , T	$H_{max}$ , $k A \cdot m^{-1}$	$B_s$ , T	$\mu_{max}$	$P_{max}$ , W/kg	$R_c$ , MPa	$A_c$ , %	$E_c$ , MPa
0,25	421,88	0,0034	796	1,248	80	1,804	50,25	10,34	485,75
1	604,94	0,0058	796	1,139	76	1,391	57,27	57,27	659,81
3	697,09	0,0088	796	1,289	62	2,036	46,73	46,73	379,29
5	932,16	0,0104	796	1,274	60	1,990	54,47	54,47	340,63

**Tablica 17.** Zestawienie własności kompozytów o udziale masowym polietylenu 7,5% [78]

Czas mielenia taśm, h	$H_c$ , $A \cdot m^{-1}$	$B_r$ , T	$H_{max}$ , $k A \cdot m^{-1}$	$B_s$ , T	$\mu_{max}$	$P_{max}$ , W/kg	$R_c$ , MPa	$A_c$ , %	$E_c$ , MPa
0,25	362,33	0,0033	796	1,240	60	1,014	39,35	10,95	359,13
1	626,71	0,0059	796	1,300	34	0,597	55,52	14,85	373,84
3	673,56	0,0105	796	1,127	30	1,001	56,57	10,36	545,87
5	783,47	0,0126	796	1,070	26	0,528	47,08	16,44	286,33

Najkorzystniejsze własności magnetyczne mają kompozyty z nanokrystalicznym proszkiem stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  powstałym przez mielenie taśm przez 0,25 h. Wykazują one najmniejsze wartości natężenia pola koercji i pozostałości magnetycznej oraz najwyższe wartości przenikalności względnej i indukcji nasycenia (tablice 15-17).

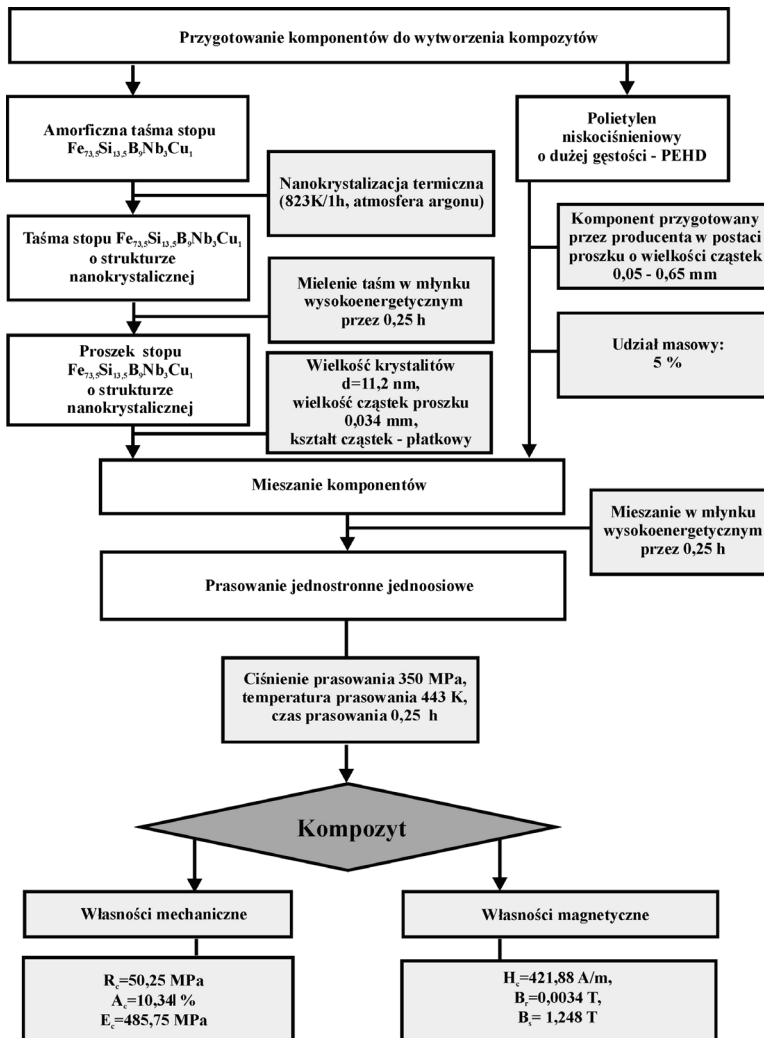
Największy wpływ na własności magnetyczne kompozytów wywiera kształt i wielkości cząstek zastosowanych proszków. Cząstki powstałe przez mielenie taśm stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  przez 0,25 h są największe i mają kształt płytek o ostrych krawędziach oraz wydłużonych płatków, co powoduje, że zjawisko odmagnesowania dla tych cząstek jest najmniejsze.

Gęstość kompozytów zależna jest od wielkości cząstek proszku stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  zastosowanego do ich wytworzenia. Im mniejsze cząstki proszku (dłuższy czas mielenia) tym gęstość bliższa jest gęstości teoretycznej. Otrzymane gęstości wynoszą  $63,8 \div 64,5\%$  gęstości teoretycznej dla kompozytów z proszkami stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  powstałymi przez mielenie taśm przez 0,25 h oraz  $66,7 \div 67,7\%$  gęstości teoretycznej dla kompozytów z proszkami stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  powstałymi przez mielenie taśm przez 5 h (tablica 18).

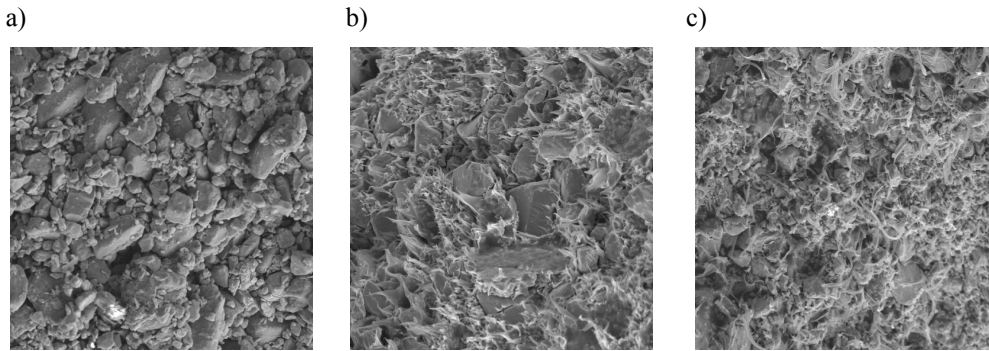
**Tablica 18.** Zestawienie wyników pomiarów densometrycznych kompozytów [78]

Rodzaj kompozytu		Gęstość średnia $\rho$ , g/cm <sup>3</sup>	Odchylenie standardowe, s	Wariancja, s <sup>2</sup>	Gęstość teoretyczna $\rho_{\text{teoret}}$ , g/cm <sup>3</sup>
Udział masowy PEHD w kompozycie, %	Czas mielenia taśm, h				
2,5	0,25	4,81	0,31	0,096	7,53
	1	5,01	0,26	0,067	
	3	5,05	0,30	0,090	
	5	5,10	0,20	0,040	
5,0	0,25	4,72	0,33	0,109	7,36
	1	4,80	0,28	0,078	
	3	4,80	0,31	0,096	
	5	4,99	0,26	0,069	
7,5	0,25	4,64	0,21	0,044	7,19
	1	4,65	0,24	0,058	
	3	4,77	0,22	0,048	
	5	4,80	0,22	0,048	

Najkorzystniejszym rozwiązaniem ze względu na własności mechaniczne i magnetyczne jest wytworzenie kompozytu o udziale masowym polietylenu 5% z proszkiem stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  powstałym przez mielenie taśm w czasie 0,25 h. Optymalny przebieg operacji materiałowo-technologicznych dla wytworzenia kompozytu o najkorzystniejszej kombinacji własności mechanicznych i magnetycznych przedstawiono na rysunku 32. Przykłady struktury wytworzonych kompozytów przedstawiono na rysunku 33.



**Rysunek 32.** Schemat operacji materiałowo-technologicznych dla wytworzenia kompozytu o najkorzystniejszej kombinacji własności mechanicznych i magnetycznych [78]



**Rysunek 33.** Zdjęcia przykładowych struktur przełomów dla kompozytów z proszkiem stopu  $Fe_{73,5}Cu_1Nb_3Si_{13,5}B_9$  po nanokrystalizacji termicznej (823 K/1h) mielonym przez 3 h dla różnego udziału masowego polietylenu w kompozycie; a) 2,5%, b) 5,0%, c) 7,5%; pow. 500x [78]

Opracowany ramowy proces materiałowo-technologiczny otrzymywania kompozytów składających się z nanokrystalicznych proszków materiału magnetycznie miękkiego oraz polimeru termoplastycznego może stanowić podstawę dla stosowania różnych modyfikacji technologicznych umożliwiających wybór operacji pod kątem oczekiwanych własności magnetycznych i mechanicznych kompozytów.

## 6. Podsumowanie

Przytoczone informacje nie wyczerpują niezwykle obszernej i złożonej problematyki materiałów metalowych o strukturze amorficznej i nanokrystalicznej. Aktualnie stanowią one atrakcyjną grupę materiałów nie tylko do badań podstawowych, ale jako materiały zaawansowane wypełniają coraz to szersze obszary zastosowań. W tych materiałach tkwi potencjalna możliwość wszechstronnego zastosowania. W wielu przypadkach o zastosowaniu metalowych materiałów amorficznych i nanokrystalicznych decyduje wzrost innowacyjności wyrobów, a nie – cena. Jednak wraz z sukcesami w zakresie wytwarzania i aplikacji materiałów amorficznych i nanokrystalicznych pojawiają się coraz nowsze bariery i problemy do rozwiązania.

## Literatura

1. R. Zallen, *Fizyka ciał amorficznych*, PWN, Warszawa, 1994.
2. H. Gleiter, *Materials with ultrafine microstructures: Retrospectives and perspectives*, *Nanostructured Materials* 1 (1992) 1-19.
3. R.W. Siegel, *Synthesis and properties of nanophase materials*, *Materials Science and Engineering A* 168 (1993) 189-197.
4. R.W. Siegel, *Nanostructured materials - mind over matter*, *Nanostructured Materials* 3 (1993) 1-18.
5. C. Suryanarayana, *Nanocrystalline materials*, *International Materials Reviews* 40/2 (1995) 41-64.
6. H. Gleiter, *Nanocrystalline materials*, *Progress in Materials Science* 33/4 (1989) 223-315.
7. H. Gleiter, *Nanostructured materials: basic concepts and microstructure*, *Acta Materialia* 48/1 (2000) 1-29.
8. M.E. McHenry, M.A. Willard, D.E. Laughlin, *Amorphous and nanocrystalline materials for applications as soft magnets*, *Progress in Materials Science* 44 (1999) 291-433.
9. M.C. Narasimahan, US Patent 4 212 343.
10. M.C. Narasimahan, US Patent 4 142 571.
11. M.C. Narasimahan, US Patent 4 221 257.
12. B. Ciszewski, W. Przetakiewicz, *Nowoczesne materiały w technice*, Wydawnictwo Bellona, Warszawa, 1993.
13. H.A. Davies, *Amorphous Metallic Alloys, Metallic glass formation*, Butterworths & Co, London, 1983.
14. J. Rasek, *Wybrane zjawiska dyfuzyjne w metalach krystalicznych i amorficznych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 2000.
15. U. Köster, *Micromechanisms of Crystallization in Metallic Glasses*, *Zeitschrift für Metallkunde* 75 (1984) 691-697.
16. U. Köster, *Phase transformations in rapidly solidified alloys*, *Key Engineering Materials* 81-83, (1993) 647.
17. T. Nasu, K. Nagaoka, M. Sakurai, K. Suzuki, *Structural changes in Pd-Si power mixtures during amorphization process by mechanical alloying*, *Physica B* 208-209 (1995) 631-632.
18. T. Lou, B. Ding, X. Gu, G. Li, Z. Hu, *Mechanical alloying of Fe-Nb-C materials*, *Materials Letters* 28 (1996) 129-132.
19. I. Börner, J. Eckert, *Nanostructure formation and steady-state grain size of ball-milled iron powders*, *Materials Science and Engineering A* 226-228 (1997) 541-545.
20. C. Suryanarayana, *Mechanical alloying and milling*, *Progress in Materials Science* 46 (2001) 1-184.
21. M. Pękała, M. Jachimowicz, V.I. Fadeeva, H. Matyja, A. Grabias, *Magnetic and structural studies of ball milled Fe<sub>78</sub>B<sub>13</sub>Si<sub>13</sub>*, *Journal of Non-Crystalline Solids* 287 (2001) 380-384.

22. M. Pękała, M. Jachimowicz, V.I. Fadeeva, H. Matyja, Phase transformations in Co-B-Si alloys induced by high-energy ball milling, *Journal of Non-Crystalline Solids* 287 (2001) 360-365.
23. M. Jurczyk, *Nanomateriały*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2001.
24. T. Radomski, A. Ciszewski, *Lutowanie*, WNT, Warszawa, 1985.
25. N. De Cristofaro, C. Henschel, Metals brazing foils, *Welding Journal* 57 (1978) 33-38.
26. N. De Cristofaro, D. Bose, Brazing and soldering with rapidly solidified filler metals, *Proceedings of the International Conference "Rapidly Solidified Materials"*, ASM's San Diego, 1986, 415.
27. P. Sexton, N. De Cristofaro, Homogenous ductile brazing foils, US Patent 4 148 973.
28. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, A. Waszczuk, Spoiwa do lutowania na osnowie niklu w postaci taśm, *Prace naukowo-badawcze w ramach CPBR.7.3, Cel nr 16.2.1, maszynopis niepublikowany*, Biblioteka Instytutu Metaloznawstwa Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1986-1989.
29. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, A. Waszczuk, Spoiwa do lutowania na osnowie niklu w postaci taśm, *Prace Instytutu Spawalnictwa* 7 (1990) 44-56.
30. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, A. Waszczuk, Sprawozdanie z pracy naukowo-badawczej BK-336/RMT-2/91, maszynopis niepublikowany, Biblioteka Instytutu Metaloznawstwa Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1991.
31. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, Designing the brazed joint properties with application of amorphous tapes as a filler metal, *Journal of Materials Processing Technology* 53 (1995) 405-412.
32. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, Použitie amorfných trárnych pasok nabáze zliatin niklu v prousouh tvrdeho spajkovania, *Zvãranie – Svařovani* 1 (1999) 6-9.
33. M.E. McHenry, M.A. Willard, D.E. Laughlin, Amorphous and nanocrystalline materials for applications as soft magnets, *Progress in Materials Science* 44 (1999) 291-433.
34. A. Makino, K. Suzuki, A. Inoue, T. Masumoto, Magnetic properties and core losses of nanocrystalline FeMB (M Zr, Hf or Nb) alloys, *Materials Science and Engineering A* 179-180 (1994) 127-131.
35. K. Suzuki, A. Makino, A. Inoue, T. Masumoto, Soft magnetic properties of nanocrystalline bcc Fe-Zr-B and Fe-M-B-Cu (M=transition metal) alloys with high saturation magnetization (invited), *Journal of Applied Physics* 70 (1991) 6232.
36. Y. Naitoh, T. Bitoh, T. Hatanai, Applications of nanocrystalline soft magnetic Fe-M-B (M = Zr, Nb) alloys, *NanoStructured Materials* 8 (1997) 987-995.
37. A. Hernando, *Nanomagnetism*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1993.
38. S. Lesz, Kształtowanie struktury nanokrystalicznej przez kontrolowaną krystalizację amorficznego stopu typu Fe-Hf-B, *Praca doktorska*, Gliwice, 2001.
39. A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, tom 3, PWN, Warszawa, 1994.
40. T. Kulik, Nanokrystaliczne materiały magnetycznie miękkie otrzymywane przez krystalizację szkielek metalicznych, *Prace naukowe Politechniki Warszawskiej: Inżynieria Materiałowa* 7 (1998) 3-114.



41. D. Szewieczek, S. Lesz, Krystalizacja amorficznego stopu  $\text{Fe}_{85,4}\text{Hf}_{1,4}\text{B}_{13,2}$ , Proceedings of the 10<sup>th</sup> Jubilee International Scientific Conference „Achievements in Mechanical and Materials Engineering” AMME’01, Gliwice – Kraków – Zakopane, 2001, 549-554.
42. S. Lesz, R. Szewczyk, D. Szewieczek, A. Bieńkowski, The structure and magnetoelastic properties of the Fe-based amorphous alloy with Hf addition, Journal of Materials Processing Technology 157-158 (2004) 743-748.
43. S. Lesz, D. Szewieczek, J.E. Frąckowiak, Evolution of structure and magnetic properties of amorphous  $\text{Fe}_{85,4}\text{Hf}_{1,4}\text{B}_{13,2}$  alloy obtained by controlled crystallization, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 19/2 (2006) 29-34.
44. K. Suzuki, J.M. Cadogan, Critical behaviour in the temperature dependence of the coercivity for nanocrystalline soft-magnetic materials, Philosophical Magazine Letters 77/6 (1998) 371-379.
45. P. Kwapuliński, J. Rasek, Z. Stokłosa, G. Haneczok, Optimisation of soft magnetic properties in Fe–Cu–X– $\text{Si}_{13}\text{B}_9$  (X=Cr, Mo, Zr) amorphous alloys, Journal of Magnetism and Magnetic Material 234/2 (2001) 218-226.
46. J. Czerwiński (pod red.), Poradnik - Ochrona przed korozją, WKŁ, Warszawa, 1986.
47. J. Adamczyk, Inżynieria wyrobów stalowych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2000.
48. G. Kortüm, Elektrochemia, PWN, Warszawa, 1971.
49. Polska Norma PN-EN ISO 8044: Korozja metali i stopów. Podstawowe terminy i definicje, PKN, Warszawa, 2002.
50. R. Winston Revie, Uhlig’s Corrosion Handbook, John Wiley&Sons, Canada, 2000.
51. G.L. Trigg, Encyclopedia of Applied Physics, vol. 9, VCH-Publisher, USA, 1994.
52. A. Baron, Korozja elektrochemiczna amorficznych i nanokrystalicznych stopów  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  oraz  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ , Praca doktorska, Gliwice, 2004.
53. D. Szewieczek, A. Baron, G. Nawrat, Elektromechanical behavior of  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  alloy in sulphate and chloride solution, Journal of Materials Processing Technology 175 (2006) 411-415.
54. D. Szewieczek, A. Baron, Electrochemical corrosion properties of amorphous  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  alloy, Journal of Materials Processing Technology 157-158 (2004) 442-445.
55. M. Stratmann, G.S. Frankel, Encyclopedia of Electrochemistry – Corrosion and Oxide Films, vol. 4, Wiley-VCH, 2003.
56. M.G.S Ferreira, C.A. Melendres, Electrochemical and Optical Techniques for the Study and Monitoring of Metallic Corrosion, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 1991.
57. Ch.M.A. Bret, A.M.O. Brett, Electrochemistry – Principles, Methods and Applications, Oxford University Press, Oxford, 1993.
58. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, Z. Paszenda, Corrosion investigations of nanocrystalline iron based alloy, Journal of Materials Processing Technology 78 (1998) 171-176.
59. M. Pourbaix, Wykłady z korozji elektrochemicznej, WNT, Warszawa, 1978.

60. A. Królikowski, *Seminarium Naukowe: Metody elektrochemiczne w badaniach korozyjnych*, Karpacz, 1991.
61. D.D. Macdonald, Some Advantages and Pitfalls of Electrochemical Impedance Spectroscopy, *Corrosion* 46 (1990) 229-243.
62. F. Mansfeld, Don't Be Afraid of Electrochemical Techniques — But Use Them with Care!, *Corrosion Science* 44 (1988) 856-869.
63. J. Mieluch, Z. Warsza, Impedance methods of electrochemical testing, *Ochrona przed korozją* 33/2 (1990) 25-29.
64. C. Gabrielli, Identification of Electrochemical Processes by Frequency Response, Technical Report no.004/83, France, 1998.
65. D. Szewieczek, A. Baron, Corrosion resistance of amorphous  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$  alloy, Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Scientific Conference “Achievements in Mechanical and Materials Engineering” AMME’2002, Gliwice – Zakopane, 2002, 529-534.
66. D. Szewieczek, A. Baron, Electrochemical corrosion and its influence on magnetic properties of  $\text{Fe}_{75.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  alloy, *Journal of Materials Processing Technology* 52 (2007) 5690-5695.
67. D. Szewieczek, A. Baron, G. Nawrat, Corrosion of amorphous and nanocrystalline Fe-based alloys and its influence on their magnetic behavior, *Electrochimica Acta* 175 (2006) 411-415.
68. A. Pardo, E. Otero, M.C. Merino, M.D. López, M. Vázquez, P. Agudo, The influence of Cr addition on the corrosion resistance of  $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  metallic glass in marine environments, *Corrosion Science* 44 (2002) 1193-1211.
69. A. Padro, E. Otero, M.C. Merino, M.D. López, M. Vázquez, P. Agudo, The influence of Cr addition on the corrosion resistance of  $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  metallic glass in  $\text{SO}_2$  contaminated environments, *Corrosion Science* 43/4 (2001) 689-705.
70. A. Padro, E. Otero, M.C. Merino, M.D. López, M. Vázquez, P. Agudo, Influence of Cr addition on the corrosion resistance and magnetic properties of amorphous  $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  in simulated industrial environments, *Journal of Non-Crystalline Solids* 287 (2001) 421-427.
71. T. Kulik, Nanokrystaliczne materiały magnetycznie miękkie otrzymywane przez krystalizację szkieł metalicznych, *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, Warszawa, 1998.
72. K. Lu, Nanocrystalline metals crystallized from amorphous solids: nanocrystallization, structure and properties, *Materials Science and Engineering R* 16 (1996) 161-221.
73. M.E. McHenry, M.A. Willard, D.E. Laughlin, Amorphous and nanocrystalline materials for applications as soft magnets, *Progress in Materials Science* 44 (1999) 291-433.
74. R.W. Siegel, Nanostructured materials ”mind over matter”, *NanoStructured Materials* 4/1 (1994) 121-138.
75. C. Suryanarayana, Nanocrystalline materials, *International Material Reviews* 2/40 (1995) 41-64.
76. Y. Yoshizawa, S. Oguma, K. Yamauchi, New Fe-based soft magnetic alloys composed of ultrafine grain structure, *Journal of Applied Physics* 64/10 (1988) 6044-6046.

77. D. Szewieczek, B. Ziębowicz, L.A. Dobrzański, Badania wstępne nad uzyskaniem kompozytów typu polimer – proszek szkła metalicznego, Proceedings of the 10<sup>th</sup> Jubilee Scientific International Conference “Achievements in the Mechanical and Materials Engineering” AMME’2001, Gliwice – Kraków – Zakopane, 2001, 555-558.
78. B. Ziębowicz, Struktura i własności materiałów kompozytowych złożonych z nanokrystalicznych proszków stopu  $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$  i polietylenu, Praca doktorska, Gliwice, 2004.
79. Y. Yoshizawa, Magnetic properties and microstructure of nanocrystalline Fe-based alloys, Journal of Metastable and Nanocrystalline Materials 1 (1999) 51-62.
80. Opracowanie zbiorowe, Tworzywa sztuczne. Poradnik, WNT, Warszawa, 2000.
81. B. Łączyński, Tworzywa wielkocząsteczkowe. Rodzaje i własności, WNT, Warszawa, 1982.
82. R. Sikora, Tworzywa wielkocząsteczkowe. Rodzaje, własności i struktura, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 1991.
83. H. Heptner, H. Stroppe, Magnetyczne i indukcyjne badania metali, Wydawnictwo Śląsk, Warszawa, 1974.
84. H. Reinboth, Technologia i zastosowanie materiałów magnetycznych, WNT, Warszawa, 1964.

# Życiorys Profesor Danuty Szewieczek

## DANE PODSTAWOWE

Urodzona: 3. listopada 1936 roku w Świętochłowicach

Zamieszkała: w Gliwicach

Zatrudniona: w Politechnice Śląskiej jako profesor zwyczajny

Dyscyplina naukowa: inżynieria materiałowa

Specjalność: materiały amorficzne i nanokrystaliczne, metaloznawstwo, obróbka cieplna, zarządzanie jakością

## STOPNIE NAUKOWE I ZAWODOWE

### *magister inżynier mechanik*

Politechnika Śląska w Gliwicach

Wydział Mechaniczny, 02.07.1960 r.

Kierunek: Mechanika

Specjalność: Metaloznawstwo i obróbka cieplna

### *doktor nauk technicznych*

Politechnika Śląska w Gliwicach

Wydział Mechaniczny, 25.11.1969 r.

### *doktor habilitowany nauk technicznych*

Politechnika Śląska w Gliwicach

Wydział Mechaniczny Technologiczny, 27.06.1977 r.

Specjalność: Metaloznawstwo i obróbka cieplna

### *profesor tytularny nauk technicznych*

Politechnika Śląska w Gliwicach

Wydział Mechaniczny Technologiczny, 14.04.2005 r.

Dyscyplina naukowa: Inżynieria materiałowa

## PRZEBIEG PRACY ZAWODOWEJ

1960-1961	Fabryka Lin i Drutu w Zabrze	stażysta
1961-1963	Centralne Laboratorium Przemysłu Wytobów Metalowych w Zabrze	kierownik pracowni
1963-1969	Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach	starszy asystent
1969-1977	Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach	adiunkt
1977-1979	Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach	adiunkt dr hab. inż.
1979-1992	Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach	docent
1992-2005	Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach	prof. ndzw. mianowany
2005	Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach	prof. ndzw. tytularny
2007	Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach	prof. zw. tytularny

## DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWO-BADAWCZA

Na opublikowany dorobek naukowy Profesor Danuty Szewieczek składa się ok. 130 pozycji. Prace w większości zostały opublikowane w zespołach autorskich ze względu na to, że dotyczyły złożonych zagadnień, zarówno poznawczych jak i technologicznych. Spośród publikacji 20 zostało zamieszczone w czasopismach PAN, a 20 – w czasopismach z tzw. „listy filadelfijskiej” (baza cytowań SCI). Ponadto jest autorką lub współautorką 51 niepublikowanych prac naukowo-badawczych i projektów badawczych.

Obszar zainteresowań naukowych i działalności badawczej Profesor Danuty Szewieczek obejmuje zarówno problematykę klasycznego metaloznawstwa i obróbki cieplnej, jak i zagadnienia nowych, niekonwencjonalnych materiałów i technologii.

Aktywność naukowo-badawczą rozpoczęła podczas pracy w Centralnym Laboratorium Przemysłu Wytobów Metalowych w Zabrze, gdzie, oprócz bieżących badań własności

i struktury wyrobów metalowych takich jak: blachy, druty, liny, wałki giętkie, igły, biegacze, gremple itp., uczestniczyła w pracach mających na celu modernizację oraz opracowywanie nowych procesów technologicznych. Były to prace wykonywane głównie na zlecenia Zjednoczenia Przemysłu Wyrobów Metalowych lub zakładów i fabryk tego Zjednoczenia.

Po przejściu do pracy w Katedrze Metaloznawstwa Politechniki Śląskiej w 1963 roku główny kierunek zainteresowań naukowych Profesor Danuty Szewieczek koncentrował się wokół problemu wpływu szybkiego nagrzewania tworzyw metalicznych na ich strukturę i własności. Tematyką tą zajmowała się do 1978 roku. Dorobkiem tych lat są prace dotyczące wpływu szybkości nagrzewania na procesy rekrytalizacji, odpuszczania i sferoidyzacji stali i stopów.

Opracowania w tym zakresie pozwalają na uzyskanie materiałów o wysokich parametrach użytkowych, skrócenie czasu obróbki cieplnej, automatyzację procesów, połączenie w cyklu ciągłym z obróbką plastyczną, polepszenie ekonomiki wytwarzania. Z tego zakresu wykonała 10 współautorskich prac naukowo-badawczych w ramach problemów rządowych, węzłowych i branżowych zrealizowanych między innymi na zamówienia Instytutu Metali Nieżelaznych w Gliwicach, Huty „Baildon” – Mikrohuta w Katowicach, a także Fabryki Lin i Wyrobów z Drutu w Zabrze. Opublikowała w zakresie tej tematyki 14 artykułów w czasopiśmie zagranicznych i krajowych oraz 8 artykułów w materiałach konferencyjnych, między innymi w Materiałach Konferencji Metaloznawczych Komitetu Hutnictwa PAN, Materiałach Konferencji Mikroskopii Ciała Stałego, Materiałach Sympozjów: Metallkunde und Warmebehandlung (Karl-Marks-Stadt) oraz materiałach Konferencji Ciągarskich w Ostrawie i Włocławku. Uzyskała w omawianej problematyce 2 współautorskie patenty („Sposób ciągłego przyspieszonego wyżarzania rekrytalizującego stali niskowęglowej” oraz „Sposób ulepszenia cieplnego drutów stalowych sprężynowych”). Prace naukowo-badawcze dotyczące omawianej problematyki kilkakrotnie zostały nagrodzone przez Rektora Politechniki Śląskiej. Również w tej dziedzinie wykonała pracę doktorską i habilitacyjną. Praca doktorska, obroniona w 1969 roku, nt.: „Wpływ udarowego wyżarzania rekrytalizującego na zmiany strukturalne odkształconego żelaza” została wykonana pod promotorstwem Prof. zw. Fryderyka Stauba, dr h.c. Wykazuje ona zarówno aspekty naukowe jak i aplikacyjne. Praca stanowi obszerne studium eksperymentalne z zakresu wpływu stopnia odkształcenia plastycznego na przebieg rekrytalizacji w procesie szybkiego nagrzewania. Aspekt aplikacyjny związany jest z możliwością wykorzystania rekrytalizacji udarowej do regulacji wielkości ziarna, szczególnie po krytycznym odkształceniu plastycznym. Praca ta otrzymała Nagrodę JM Rektora Politechniki Śląskiej.

W 1977 roku uzyskała stopień doktora habilitowanego nauk technicznych na podstawie rozprawy pt.: „Oddziaływanie odpuszczania z dużymi szybkościami nagrzewania i odkształcenia plastycznego na umocnienie stali sprężynowej węglowej”. Rozprawę poświęcono obróbce cieplno-mechanicznej z uwzględnieniem wpływu szybkości nagrzewania drutów ze stali niestopowych. Stanowi ona studium nad oddziaływaniem wad sieci krystalicznej i atomów węgla w procesie odpuszczania martenzytu, a także wpływ granic ziarn i substruktury na umocnienie stali w obecności wydzielenia fazy wtórnej. Z pracy wynikają wnioski zarówno o znaczeniu poznawczym jak i technologicznym. Szybkie nagrzewanie przy współdziałaniu dziedzicznej dużej gęstości wad sieci przez martenzyt powoduje zmianę zakresów przemian zachodzących podczas odpuszczania stali w stosunku do procesu prowadzonego konwencjonalnie, a mianowicie – rozpad martenzytu odbywa się z pominięciem wydzielenia węglika metastabilnego, proces wydzielenia cementytu kończy się w temperaturze ok. 450°C, austenit szczątkowy rozpada się w zakresie od 450°C do 500°C, sferoidyzacja cementytu zachodzi powyżej 600°C, w zakresie temperatur od 450°C do 700°C przebiega zdrowienie i rekrytalizacja „in situ” osnowy. Uzyskane w procesie odpuszczania struktury cechuje duża dyspersja. W wyniku zmian zachodzących w czasie odpuszczania z dużymi szybkościami nagrzewania, stal przy tej samej temperaturze odpuszczania wykazuje podwyższone własności plastyczne i technologiczne przy zachowaniu stosownych własności mechanicznych w porównaniu do stali po obróbce cieplnej konwencjonalnej. Skojarzenie odkształcenia plastycznego na zimno ulepszonej stali daje optymalne wyniki po odpuszczaniu w temperaturze 500°C i odkształceniu plastycznym ze stopniem odkształcenia około 30 i 85%. Ujawnione metodą mōsbauerowską ciekawe zjawisko częściowego rozpuszczania cementytu przy odkształceniach odpuszczonej stali ze stopniami odkształcenia plastycznego wyższymi aniżeli 30%. Wynik aplikacyjny pracy stanowią dwie technologie wytwarzania drutów sprężynowych o wysokich własnościach użytkowych. Wyniki pracy zostały wykorzystane do uzyskania patentu. Praca habilitacyjna została wyróżniona Indywidualną Nagrodą Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki III stopnia.

W omawianej grupie tematycznej interesujące rezultaty uzyskano w zakresie udarowego wyżarzania sferoidyzującego wyrobów walcowanych po regulowanym chłodzeniu z temperatury walcowania. Opracowano interesujące studium strukturalne dotyczące fragmentacji i sferoidyzacji węglików stali łożyskowych. Wynikiem zastosowania cyklicznego udarowego wyżarzania sferoidyzującego było znaczne skrócenie czasu tej obróbki cieplnej, a wyniki stanowiły podstawę do opracowania technologii. Wyniki poznawcze pracy zostały opublikowane w 5 artykułach.

Następnym zagadnieniem stanowiącym przedmiot zainteresowania naukowego Profesor Danuty Szewieczek począwszy od 1976 roku jest tematyka otrzymywania i zastosowania materiałów mikrokryształicznych, amorficznych i nanokryształicznych. W działalności w tym kierunku naukowo-badawczym, opartym również na technologicznym wykorzystaniu bardzo dużych prędkości zmian temperatury, zawarta jest problematyka wpływu ultraszybkiego chłodzenia ze stanu ciekłego na proces krzepnięcia materiałów metalowych. Działalność ta wymagała skutecznego połączenia badań podstawowych z poszukiwaniem odpowiednich rozwiązań technologicznych w tym zakresie. Zajęcie się tą tematyką pociągało za sobą konieczność zaprojektowania i zbudowania odpowiedniego urządzenia do tego celu. Pozwoliło to na opracowanie technologii odlewania włókien o strukturze amorficznej. Prace w tej grupie tematycznej były realizowane w ramach:

- Międzyresortowego Problemu Badań Podstawowych nr 20 pt. „Krzepnięcie metali i stopów” w latach 1976-1978 w pracy pt.: „Wpływ lokalnych bardzo dużych szybkości nagrzewania i chłodzenia na proces krystalizacji”,
- Międzyresortowego Problemu Badań Podstawowych nr 20 pt.: „Podstawy krystalizacji i modyfikacji stopów odlewniczych” w latach 1979-1980 w pracy na temat jak wyżej.

Wyniki uzyskane w wymienionych pracach badawczych opublikowano w 3 artykułach współautorskich w czasopiśmie PAN oraz 4 artykułach zamieszczonych w materiałach konferencyjnych. Prace zostały wyróżnione Zespołową Nagrodą II Stopnia Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki.

Jedną z perspektywicznych grup w obrębie materiałów uzyskiwanych poprzez szybkie chłodzenie ze stanu ciekłego są materiały dodatkowe do lutowania o strukturze amorficznej lub mikrokryształicznej w postaci taśm. Z tych też względów od 1982 roku zajęła się problematyką prowadzoną w ramach:

- Problemu Węzłowego nr 05.15 „Metody i środki mechanizacji i automatyzacji prac spawalniczych” w pracy pt. „Oszczędnościowe luty srebrne i ich bezsrebrne zamienniki w postaci ciągliwej folii amorficznej” prowadzonej w latach 1982-1985,
- Centralnego Programu Badawczo Rozwojowego 7.3 pt.: „Techniki spawalnicze” w celu 16.2.1 pt.: „Spojwa do lutowania na osnowie niklu w postaci taśm” w latach 1986-1989,
- Centralnego Programu Badawczo Rozwojowego 2.4 pt.: „Nowe materiały i ich technologie” w celu A.2.2.3 pt.: „Opracowanie technologii odlewania taśm lutowniczych o strukturze amorficznej lub mikrokryształicznej” w latach 1986-1989,



- działalności statutowej „Materiały dodatkowe do spajania w postaci taśm o strukturze amorficznej”, projekt badawczy BK-336/RMT-2/91 i „Opracowanie warunków technologicznych stosowania wybranych spoiw w postaci taśm o strukturze amorficznej w procesie lutowania wysokotemperaturowego”, projekt badawczy BW-227/RMT-2/92.

W zakresie pracy wykonanej w ramach Problemu Węzłowego nr 05.15 przy współpracy z Zakładem Doświadczalnym Elektroniki i Mechaniki Precyzyjnej Politechniki Śląskiej zaprojektowano i wykonano prototypowe urządzenie do ciągłego odlewania taśm UFA-1, opracowano technologię wytwarzania taśm ze stopów stanowiących bezsrebrowe zamienniki lutów srebrnych. Wykonana praca pozwoliła na rozszerzenie asortymentu postaciowego stopów lutowniczych, dotychczas nie produkowanych w kraju. Praca została wyróżniona Nagrodą Zespołową III Stopnia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 1987 roku. W dalszych pracach z tej dziedziny objętych planem CPBR 2.4 i 7.3 opracowano składy chemiczne i technologie produkcji taśm o strukturze mikrokryształicznej i amorficznej lutów twardych typu Cu-P, Cu-Sn-P, Cu-Ni-Sn-P oraz Ni-Cr-Si-B i Ni-P, a także – warunki technologiczne ich stosowania. W wyniku aplikacji uzyskanych wyników badań istnieje możliwość wyprodukowania taśm (o szerokości w zakresie od 5 do 30 mm i grubości w zakresie od 0,03 do 0,06 mm) ze stopów, których skład chemiczny nie zezwala na uzyskanie ich drogą konwencjonalnych technik wytwarzania. Wyniki prac wykonanych przez zespoły pod Jej kierownictwem zostały przedstawione na konferencjach krajowych i zagranicznych i opublikowane, a prace publikowane z tego zakresu były przytaczane przez innych autorów zagranicą. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań podpisano również umowę wdrożeniową na produkcję taśm lutowniczych ze stopów na osnowie miedzi, srebra i niklu z Zakładem Nietypowej Produkcji Małotonażowej i Prototypów przy Instytucie Metali Nieżelaznych w Gliwicach. Taśmy ze stopu w osnowie niklu typu Ni-Cr-Si-B (BNi2) zostały wdrożone w automatycznej linii produkcji katalizatorów samochodowych w Przedsiębiorstwie Produkcji Katalizatorów Lindo-Gobex w Gorzowie Wielkopolskim.

Jednym z głównych nurtów zainteresowań naukowych Profesor Danuty Szewieczek są materiały amorficzne i nanokrystaliczne. Badania w wymienionym kierunku zainteresowań realizowała w ramach projektu badawczego KBN (grant promotorski) działalności statutowej. Wynikiem realizacji prac obejmujących zagadnienia kształtowania struktury nanokrystalicznej poprzez kontrolowaną krystalizację amorficznych stopów magnetycznie miękkich (Fe-Hf-B, Fe-Cu-Nb-Si-B, Fe-Co-Nb-B-Cu) są 23 publikacje (w tym 5 w czasopismach Journal

of Materials Processing Technology) oraz 2 obronione prace doktorskie nt.: „Kształtowanie struktury nanokrystalicznej poprzez kontrolowaną krystalizację amorficznego stopu typu Fe-Hf-B” (z wyróżnieniem) oraz „Wpływ struktury na własności magnetycznie miękkich stopów  $Fe_{73,5-x}Co_xCu_1Nb_3Si_{13,5}B_9$  (x=10, 30, 40)”.

Część realizowanych badań dotyczy odporności korozyjnej stopów na osnowie żelaza, niklu i kobaltu o strukturze amorficznej i nanokrystalicznej. Własności korozyjne i elektrochemiczne często są decydującymi w aplikacji materiałów o strukturze amorficznej i nanokrystalicznej, a przebieg korozji w złożonych warunkach pracy obejmujących wpływ środowiska oraz temperatury w wymienionych wyżej materiałach nie został dotychczas w pełni wyjaśniony. Rezultatem prowadzonych badań są liczne publikacje, w tym z tzw. „listy filadelfijskiej”. Prace publikowane z tego zakresu były przytaczane przez innych autorów (baza cytowań SCI), co świadczy o aktualności prowadzonej tematyki badawczej. W ramach tej grupy tematycznej została wykonana i obroniona (z wyróżnieniem) w 2004 roku praca doktorska nt.: „Korozja elektrochemiczna amorficznych i nanokrystalicznych stopów na osnowie żelaza”.

Badania kształtowania własności w wyniku nanokrystalizacji termicznej realizowanej poprzez kontrolowaną krystalizację stopów amorficznych prowadzono na próbkach w postaci cienkich taśm. Taśmy po nanokrystalizacji termicznej charakteryzują się znaczną kruchością, co ogranicza ich aplikację. Dlatego też ostatnio obserwuje się zainteresowanie materiałami nanokrystalicznymi w postaci proszków, które przez różnego rodzaju konsolidację można kształtować w określone wyroby, z perspektywami zastosowań. W zakresie tej grupy tematycznej zajęła się badaniami nad opracowaniem kompozytowych, nanokrystalicznych materiałów o regulowanych własnościach magnetycznie miękkich. Opracowano kompozytowe, nanokrystaliczne materiały oparte na kompozycji polietylenu i proszków nanokrystalicznych materiałów ferromagnetycznych uzyskanych w procesie wysokoenergetycznego mielenia taśm po nanokrystalizacji termicznej.

Prace badawcze dotyczące tego kierunku obejmują liczne publikacje oraz obronioną we wrześniu 2004 roku pracę dokorską nt.: „Struktura i własności materiałów kompozytowych złożonych z nanokrystalicznych proszków stopu  $Fe_{73,5}Cu_1Nb_3Si_{13,5}B_9$  i polietylenu”.

Ponieważ od 2002 roku do 2006 roku Profesor Danuta Szewieczek pełniła funkcję kierownika Zakładu Zarządzania Jakością w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej, skierowała swoją działalność naukową w tym właśnie kierunku. Jej wynikiem jest 65 publikacji oraz 2 zakończone prace doktorskie nt.: „Modelowanie

wybranych procesów technologicznych drutu stalowego z uwzględnieniem polityki jakości i ochrony środowiska” (2004 rok, z wyróżnieniem) oraz „Optymalizacja wybranych procesów technologicznych ze względu na kryterium ich efektywności” (2006 rok).

W 2006 roku zdała egzamin potwierdzający kompetencje audytora wewnętrznego w zakresie systemów zarządzania jakością opartych o wymagania normy ISO 9001.

## **OSIĄGNIĘCIA DYDAKTYCZNE**

Przez cały czas pracy zawodowej w Politechnice Śląskiej w Gliwicach Profesor Danuta Szewieczek zawsze uważała działalność dydaktyczną za bardzo istotną część aktywności zawodowej. Począwszy od 1 grudnia 1963 roku, kiedy została mianowana na stanowisko starszego asystenta, prowadziła zajęcia dydaktyczne, początkowo ćwiczenia laboratoryjne, od 1966 roku wykłady na studiach wieczorowych, a od 1969 roku wykłady, seminaria, ćwiczenia projektowe, prace przejściowe i dyplomowe na różnych latach wszystkich rodzajów studiów: dziennych, wieczorowych, zaocznych, podyplomowych i doktoranckich. Prowadziła wykłady na różnych Wydziałach Politechniki Śląskiej (Mechanicznym Technologicznym, Górnictwa i Geologii, Inżynierii i Technologii Chemicznej, Matematyczno-Fizycznym) i latach studiów, w tym doktoranckich. W szczególności prowadziła ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotów: Metaloznawstwo, Metaloznawstwo i obróbka cieplna, Metaloznawstwo spawalnicze, Fizyka metali, Badania nieniszczące i niszczące i Badania strukturalne oraz wykłady z przedmiotów: Technologia metali, Techniki wytwarzania, Materiałoznawstwo, Metaloznawstwo, Metaloznawstwo i obróbka cieplna i cieplno-chemiczna, Obróbka cieplna i powierzchniowa, Technologia obróbki cieplnej, Kształtowanie własności wyrobów metalowych, Projektowanie, automatyzacja, robotyzacja procesów technologicznych obróbki cieplnej, Automatyzacja, robotyzacja procesów technologicznych obróbki cieplnej i warstw wierzchnich, Projektowanie procesów technologicznych obróbki cieplnej i powierzchniowej, Wstęp do nauki o materiałach.

Profesor Szewieczek jest współautorem 8 skryptów Politechniki Śląskiej dla studentów wszystkich kierunków studiów, w tym 3 pod Jej redakcją naukową. Skrypt pt.: „Ćwiczenia laboratoryjne z obróbki cieplnej stopów metali” pod Jej redakcją naukową ukazał się w 3 wydaniach (1992, 1994 i 1999 rok) i uzyskał w 1993 roku Zespołową Nagrodę JM Rektora Politechniki Śląskiej I stopnia za osiągnięcia w dziedzinie dydaktyki.

W 1998 roku wydano podręcznik akademicki o charakterze monografii pt.: „Obróbka cieplna wyrobów metalowych”. W 2009 roku opublikowano podręcznik akademicki jako wydanie zbiorowe (D. Szewieczek, T. Karkoszka, B. Krupińska, M. Roszak) pt. „Wprowadzenie do projektowania procesów obróbki cieplnej metali i stopów”.

W 1972 roku otrzymała dodatek specjalny za osiągnięcia w pracy dydaktyczno-wychowawczej, a w 1996 roku – Zespołową Nagrodę JM Rektora Politechniki Śląskiej I stopnia za osiągnięcia w dziedzinie dydaktyki.

Była promotorem ok. 160 prac dyplomowych i 120 prac przejściowych. Opiekowała się w latach 1968-1970 grupami studenckimi, a w latach 1970-1974 była opiekunem roku studenckiego. W latach 1968-1974 była referentem praktyk studenckich dla specjalizacji „Metaloznawstwo i obróbka cieplna”.

W latach 1978-1980 jako Kierownik Studiów Podyplomowych i Zaocznych była inicjatorem, koordynatorem i współautorem nowo opracowanych programów studiów.

W latach 1981-1987 jako Prodziekan ds. Nauczania była koordynatorem prac nad unowocześnieniem planów i programów studiów dziennych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej.

W okresie od 1999 do 2005 roku jako Prodziekan ds. Studenckich była zaangażowana w rozwój i modernizację systemu planów studiów w pełni zgodnego z Europejskim Elastycznym Trójstopniowym Systemem studiów ECTS. Opracowano modułową strukturę planów studiów związaną z ustaleniem uogólnionego minimum programowego realizowanego na czterech kierunkach studiów (Automatyka i Robotyka, Edukacja Techniczno-Informatyczna, Mechanika i Budowa Maszyn, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji) Wydziału, decydującego o tożsamości każdego z nich. Przejrzysta i koherentna struktura planów programowych studiów prowadzonych na Wydziale umożliwiła wprowadzenie „Wydziałowego Systemu Punktów Kredytowych – ECTS” oraz pełną elastyczność w realizacji toku studiów przez każdego studenta, kolejno inżynierskich I stopnia, uzupełniających magisterskich II stopnia, doktoranckich III stopnia, jak również wyboru różnych ścieżek edukacyjnych.

## **DZIAŁALNOŚĆ ORGANIZACYJNA, NAGRODY I WYRÓŻNIENIA**

Od roku 1971 do 1976 Profesor Danuta Szewieczek była delegatem asystentów i adiunktów do Rady Wydziału Mechanicznego Technologicznego. Funkcję Społecznego Wydziałowego

Inspetora Pracy pełniła w latach 1972-1977. Była skarbnikiem Śląskiej Sekcji Metaloznawczej w latach 1974-1977. W latach 1975-1976 była członkiem komisji egzaminu dyplomowego dla studentów studiów zaocznych i wieczorowych Wydziału Mechanicznego Technologicznego. Funkcję Kierownika Studiów Podyplomowych oraz Zaocznych Wydziału Mechanicznego pełniła w latach 1978-1980. Pracowała w komisjach naboru kandydatów na I rok studiów na Wydziale Mechanicznym Technologicznym w latach 1977-1987, 1995, 1998. Od 1999 roku do 2006 roku pełniła funkcję V-ce przewodniczącej Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej. Przez dwie kadencje w latach 1981-1987 sprawowała funkcję Prodziekana ds. Nauczania Wydziału Mechanicznego Technologicznego. Od 1999 do 2005 roku była Prodziekanem ds. Studenckich Wydziału Mechanicznego Technologicznego.

W latach 1981-1987 oraz 1999-2006 była przewodniczącą ok. 800 Komisji Egzaminu Dyplomowego na wszystkich kierunkach studiów na Wydziale. Od 1999 roku do 2005 roku była Przewodniczącą Wydziałowej Komisji ds. przyznawania pomocy materialnej.

Aktywnie uczestniczyła w pracach organizacyjnych Uczelni. W latach 1987-1990 była V-ce przewodniczącą Uczelnianej Komisji Dyscyplinarnej dla studentów Politechniki Śląskiej. Przewodniczyła Uczelnianej Komisji ds. opracowania przyznawania świadczeń pomocy materialnej dla studentów studiów dziennych w 1991 roku. Od 1993 do 1996 roku była przewodniczącą Uczelnianej Odwoławczej Komisji Dyscyplinarnej dla studentów Politechniki Śląskiej.

W latach 1990-1993 sprawowała funkcję przewodniczącej Wydziałowej Komisji Wyborczej organów jednoosobowych i kolegialnych. Przewodniczyła stałej komisji Rady Wydziału ds. Stopnia Naukowego Doktora w dyscyplinie „Inżynieria materiałowa” w latach 1990-1993, a w 1993 roku była przewodniczącą połączonego składu komisji ds. Stopnia Naukowego Doktora oraz Komisji Studium Doktoranckiego w dyscyplinie „Inżynieria materiałowa”. Od 1993 roku jest członkiem Komisji Rady Wydziału ds. Stopnia Naukowego Doktora w dyscyplinie „Inżynieria materiałowa”, a także członkiem Komisji Rady Wydziału ds. Stopnia Naukowego Doktora Habilitowanego oraz Tytułu Naukowego w dyscyplinie „Inżynieria materiałowa”.

Była członkiem wielu komisji egzaminacyjnych na studiach doktoranckich oraz przewodniczącą komisji Rady Wydziału ds. Przeprowadzenia Obrony Pracy Doktorskiej.

Od roku 2002 do 2006 roku pełniła funkcję Kierownika Zakładu Zarządzania Jakością w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej, zajmując się

nadzorem nad prowadzeniem zajęć dydaktycznych, opieką naukową i organizacyjną badań dla pracowników Zakładu.

Przez wiele lat Profesor była członkiem: Komitetu Budowy Maszyn PAN, Sekcji Fizyki i Materiałoznawstwa Komitetu Metalurgii PAN, Komisji Nauki o Materiałach PAN oraz licznych komisji Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej, w tym Wydziałowej Komisji Wyborczej organów jednoosobowych i kolegialnych, Stałej Komisji Rady Wydziału ds. Stopnia Naukowego Doktora w dyscyplinie „Inżynieria Materiałowa”, połączonego składu Komisji ds. Stopnia Naukowego Doktora oraz Komisji Studium Doktoranckiego w dyscyplinie „Inżynieria Materiałowa”, Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej, Wydziałowej Komisji ds. przyznawania pomocy materialnej, Komisji Rady Wydziału ds. Stopnia Naukowego Doktora Habilitowanego oraz Tytułu Naukowego w dyscyplinie „Inżynieria Materiałowa” oraz Komitetu Programowego International Scientific Conference „Materials, Mechanical and Manufacturing Engineering”. W latach 2007-2011 była członkiem Komitetu Programowego Międzynarodowej cyklicznej Konferencji Naukowej „Achievements in Mechanical and Materials Engineering”.

Profesor Danuta Szewieczek wypromowała dotychczas 6 doktorów, była recenzentem 15 prac doktorskich. Ponad 160 osób pod Jej kierunkiem napisało prace inżynierskie i magisterskie. Była Przewodniczącą wielu Komisji Egzaminu Dyplomowego oraz Komisji Rady Wydziału ds. Przeprowadzania Obrony Pracy Doktorskiej.

Za udział w działalności organizacyjnej uzyskała liczne indywidualne i zespołowe Nagrody JM Rektora Politechniki Śląskiej zarówno za całokształt osiągnięć naukowych, jak i dydaktycznych.

## Wykaz wybranych publikacji Profesor Danuty Szewieczek

### Podręczniki akademickie i skrypty

1. D. Szewieczek, Obróbka cieplna materiałów metalowych (podręcznik akademicki o charakterze monografii), Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1998, 1-261.
2. D. Szewieczek, T. Karkoszka, B. Krupińska, M. Roszak, Wprowadzenie do projektowania procesów obróbki cieplnej metali i stopów, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2009.
3. D. Szewieczek (red.) i in., Ćwiczenia laboratoryjne z obróbki cieplnej stopów metali, skrypt uczelniany nr 1571, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1992, 1-213.
4. D. Szewieczek (red.) i in., Ćwiczenia laboratoryjne z obróbki cieplnej stopów metali, skrypt uczelniany nr 1878, Wydanie II, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1994, 1-213.
5. D. Szewieczek (red.) i in., Ćwiczenia laboratoryjne z obróbki cieplnej stopów metali, skrypt uczelniany nr 2189, Wydanie III poprawione i uzupełnione, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1999.

### Artykuły

1. Ł. Cieślak, D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, Odlewanie taśm techniką bardzo szybkiego chłodzenia ze stanu ciekłego na przykładzie wybranych metali i stopów, Zeszyty PAN: Krzepnięcie metali i stopów 3 (1980) 155-164.
2. Ł. Cieślak, D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, W Mazur, Stanowisko do ultraszybkiego chłodzenia stopów metali ze stanu ciekłego, Zeszyty PAN: Krzepnięcie metali i stopów 3 (1980) 228-235.
3. Ł. Cieślak, D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, A. Waszczuk, Wpływ parametrów procesu ciągłego odlewania na geometrię i jakość taśm metalicznych o strukturze niekryształicznej, Zeszyty Ossolineum: Krzepnięcie metali i stopów VI (1983) 109-126.
4. Ł. Cieślak, D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, Wykorzystanie dużych szybkości chłodzenia w procesach krystalizacji ze stanu ciekłego metali i stopów, Zeszyty Ossolineum: Krzepnięcie metali i stopów VI (1983) 128-135.
5. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, A. Waszczuk, Copper – phosphorus brazing filler alloys in rapidly quenched tape form, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference “Rapidly Quenched Metals”, Elsevier Science, 1985, 1791-1794.

6. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, Designing the brazed joint properties with application of amorphous tapes as a filler metal, *Journal of Materials Processing Technology* 53 (1995) 405-412.
7. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, Z. Paszenda, A. Żymła, Influence of passivation process on the corrosion resistance of amorphous tapes, *Journal of Materials Processing Technology* 64 (1997) 371-378.
8. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, Z. Paszenda, Corrosion investigations of nanocrystalline iron based alloy, *Journal of Materials Processing Technology* 78 (1998) 171-176.
9. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, Použitie amorfných tvárných pásoK na báze zliatin niklu v prousouh tvrdeho spajkovania, *Zváranie-Svařování* 1 (1999) 6-9.
10. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, S. Lesz, Changes of mechanical properties and fracture morphology of amorphous tapes involved by heat treatment, *Journal of Materials Processing Technology* 109 (2001) 190-195.
11. D. Szewieczek, *Struktury nanokrystaliczne, Przegląd Eureka* 5 (2002) 19.
12. S. Lesz, R. Szewczyk, D. Szewieczek, A. Bieńkowski, The structure and magnetoelastic properties of the Fe-based amorphous alloy with Hf addition, *Journal of Materials Processing Technology* 157-158 (2004) 743-748.
13. D. Szewieczek, S. Lesz, The structure and selected physical properties of the nanocrystalline  $\text{Fe}_{92,4}\text{Hf}_{4,2}\text{B}_{3,4}$  alloy, *Journal of Materials Processing Technology* 157-158 (2004) 771-775.
14. B. Ziębowicz, D. Szewieczek, L.A. Dobrzański, Magnetic properties and structure of nanocomposites of polder  $\text{Fe}_{73,5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13,5}\text{B}_9$  alloy - polymer type, *Journal of Materials Processing Technology* 157-158 (2004) 776-780.
15. D. Szewieczek, L.A. Dobrzański, B. Ziębowicz, Structure and magnetic properties of nanocomposites of nanocrystalline powder – polymer type, *Journal of Materials Processing Technology* 157-158 (2004) 765-770.
16. D. Szewieczek, L.A. Dobrzański, B. Ziębowicz, A. Przybył, G. Matula, Magnetic properties and structure of the finemet alloy powders bound with polymer, *Processing and Fabrication of Advanced Materials XIII/II* (2004) 394-403.
17. D. Szewieczek, A. Baron, Electrochemical corrosion properties of amorphous  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$  alloy, *Journal of Materials Processing Technology* 157-158 (2004) 442-445.
18. B. Ziębowicz, D. Szewieczek, L.A. Dobrzański, Structure and properties of the  $\text{Fe}_{73,5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13,5}\text{B}_9$  alloy powders bound with polyethylene, *Journal of Materials Processing Technology* 162-163 (2005) 149-155.
19. D. Szewieczek, S. Lesz, Influence of structure on the evolution of magnetic and mechanical properties of amorphous and nanocrystalline  $\text{Fe}_{85,4}\text{Hf}_{1,4}\text{B}_{13,2}$  alloy, *Journal of Materials Processing Technology* 162-163 (2005) 254-259.



20. D. Szewieczek, A. Baron, Electrochemical corrosion and its influence on magnetic properties of  $\text{Fe}_{75,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$  alloy, *Journal of Materials Processing Technology* 162-163 (2005) 940-946.
21. D. Szewieczek, A. Baron, G. Nawrat, Electrochemical behaviour of  $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$  alloy in sulphate and chloride solution, *Journal of Materials Processing Technology* 175 (2006) 411-415.
22. B. Krupińska, D. Szewieczek, Analysis of technological process on the basis of efficiency criterion, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 17 (2006) 421-424.
23. T. Karkoszka, D. Szewieczek, Analysis of the wire rod superficial processing based on the quality criterion, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 18 (2006) 443-446.
24. A. Baron, W. Simka, G. Nawrat, D. Szewieczek, A. Krzyżak, Influence of electrolytic polishing on electrochemical behaviour of austenitic steel, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 18 (2006) 55-58.
25. D. Szewieczek, T. Raszka, Influence of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  on magnetic properties of  $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{73,5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13,5}\text{B}_9$  ( $x=10, 40$ ) alloys, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 17 (2006) 161-164.
26. B. Ziębowicz, D. Szewieczek, L.A. Dobrzański, Manufacturing technology of the composite materials: nanocrystalline material - polymer type, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 14 (2006) 37-42.
27. R. Babilas, B. Krupińska, D. Szewieczek, The optimisation of a technological process forms a competitive position of the factory, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 16 (2006) 177-183.
28. S. Lesz, D. Szewieczek, J. Frąckowiak, Structure and magnetic properties of amorphous and nanocrystalline  $\text{Fe}_{85,4}\text{Hf}_{1,4}\text{B}_{13,2}$  alloy, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 19/1 (2006) 29-34.
29. D. Szewieczek, T. Raszka, Structure and magnetic properties of  $\text{Fe}_{63,5}\text{Co}_{10}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13,5}\text{B}_9$  alloy, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 18 (2006) 179-182.
30. B. Ziębowicz, D. Szewieczek, L.A. Dobrzański, Structure and properties of the  $\text{Fe}_{73,5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13,5}\text{B}_9$  alloy powders bound with polyethylene, *Journal of Materials Processing Technology* 175 (2006) 457-462.
31. B. Krupińska, D. Szewieczek, L.A. Dobrzański, Improvement of technological processes by the use of technological efficiency analysis, *Archives of Materials Science and Engineering* 28/12 (2007) 751-756.
32. A. Baron, D. Szewieczek, G. Nawrat, Corrosion of amorphous and nanocrystalline Fe-based alloys and its influence on their magnetic behavior, *Electrochimica Acta* 52 (2007) 5690-5695.
33. T. Karkoszka, D. Szewieczek, Operational control in the steel wire production, *International Journal of Computational Materials Science and Surface Engineering* 1/3 (2007) 306-319.

34. D. Szewieczek, L.A. Dobrzański, B. Krupińska, M. Krupiński, The optimisation of technological processes on basis of technological efficiency analysis, *International Journal of Computational Materials Science and Surface Engineering* 1/2 (2007) 289-302.
35. J. Michalska, D. Szewieczek, The 5S methodology as a tool for improving the organization, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 24/2 (2007) 211-214.
36. M. Roszak, D. Szewieczek, Application of value analysis in processes of cog-wheels production, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 20 (2007) 559-562.
37. B. Krupińska, D. Szewieczek, The automation of analysis of technological process effectiveness, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 24/2 (2007) 199-202.
38. B. Krupińska, D. Szewieczek, Computer assistance in the technological process efficiency analysis, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 20 (2007) 543-546.
39. J. Michalska, D. Szewieczek, The improvement of the quality management by the activity-based costing, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 21/1 (2007) 91-94.
40. B. Ziębowicz, D. Szewieczek, L.A. Dobrzański, New possibilities of application of composite materials with soft magnetic properties, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 20 (2007) 207-210
41. T. Karkoszka, D. Szewieczek, Occupational risk assessment in the process of continuous steel casting, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 24/2 (2007) 207-210.
42. D. Szewieczek, T. Raszka, J. Olszewski, Optimisation the magnetic properties of the  $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$  ( $x=10;30;40$ ) alloys, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 20 (2007) 31-36.
43. M. Dudek-Burlikowska, D. Szewieczek, Quality estimation methods used in product life cycle, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 24/2 (2007) 203-206.
44. M. Dudek-Burlikowska, D. Szewieczek, Quality estimation of sale process with usage of quality methods in chosen company, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 20 (2007) 531-534.
45. T. Karkoszka, D. Szewieczek, Risk of the processes in the aspect of quality, natural environment and occupational safety, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 20 (2007) 539-542.
46. A. Baron, D. Szewieczek, R. Nowosielski, Selected manufacturing techniques of nanomaterials, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 20 (2007) 83-86.
47. D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, S. Lesz, Structure and mechanical properties of amorphous  $\text{Fe}_{84}\text{Nb}_7\text{B}_9$  alloy during crystallization, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 24/1 (2007) 87-90.
48. S. Topolska, D. Szewieczek, The visualisation of manufacturing process of pipes welding, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 20 (2007) 575-578.

49. S. Lesz, D. Szewieczek, J. Tyrlik-Held, Correlation between fracture morphology and mechanical properties of NANOPERM alloys, *Archives of Materials Science and Engineering* 29/2 (2008) 73-80.
50. B. Krupińska, D. Szewieczek, Analysis of technological process on the basis of nonmaterials values, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 31/2 (2008) 786-793.
51. M. Dudek-Burlikowska, D. Szewieczek, Customer's satisfaction the element of proquality strategies of organization, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 28/1 (2008) 91-94.
52. A. Baron, W. Simka, G. Nawrat, D. Szewieczek, Electropolishing and chemical passivation of austenitic steel, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 31/2 (2008) 197-202.
53. D. Szewieczek, T. Karkoszka, A. Zając, Incompatibilities analysis in the accredited laboratory, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 28/2 (2008) 203-210.
54. D. Szewieczek, M. Roszak, D. Helizanowicz, Methodology of the quality management in the productive process, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 30/1 (2008) 87-94.
55. M. Dudek-Burlikowska, D. Szewieczek, The modern quality control of preproduction sphere in a company, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 30/1 (2008) 79-86.
56. T. Karkoszka, D. Szewieczek, The wire rod superficial processing and the quality and environmental criterion, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 31/2 (2008) 778-785.
57. B. Krupińska, D. Szewieczek, L.A. Dobrzański, Computer-assisted the optimisation of technological process, *Archives of Materials Science and Engineering* 36/2 (2009) 96-102.
58. D. Szewieczek, T. Karkoszka, A. Zając, Analysis of the clients' satisfaction in the accredited laboratory, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 35/1 (2009) 95-102.
59. M. Dudek-Burlikowska, D. Szewieczek, The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 36/1 (2009) 95-102.
60. T. Karkoszka, D. Szewieczek, Control of measurement equipment in the aspect of integrated quality management, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 40/1 (2010) 95-100.

**WNIOSEK**  
**o przyznanie godności**  
**HONOROWEGO PROFESORA POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ**  
**Prof. dr hab. inż. Danucie SZEWIECZEK**  
**wnioskodawca:**  
**Prof. dr hab. inż. Jerzy Świder**  
**Dziekan Wydziału Mechanicznego Technologicznego**

*Uzasadnienie wniosku:*

Biorąc pod uwagę wybitne osiągnięcia zawodowe i niezwykle efektywny wkład Pani Prof. zw. hab. inż. Danuty SZEWIECZEK Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych w rozwój Politechniki Śląskiej, a zwłaszcza Wydziału Mechanicznego Technologicznego w ciągu ok. 50 lat pracy naukowo-dydaktycznej na Politechnice Śląskiej w Gliwicach, a w szczególności:

- wybitną ocenę merytoryczną dorobku naukowego i publikacyjnego Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK, obejmującego ok. 130 opublikowanych prac o ważnym znaczeniu w Kraju i zagranicą w uprawianych przez Nią obszarach dyscypliny naukowej „Inżynieria materiałowa”, dotyczących materiałów amorficznych i nanostrukturalnych, zwłaszcza magnetycznie miękkich i ich technologii, udarowej obróbki cieplnej stopów metali oraz zagadnień organizacji produkcji i zarządzania jakością, jak również uwzględniając bardzo wysoką pozycję naukową jaką zyskała przez dziesięciolecia w środowisku naukowym,
- bardzo wysoką ocenę dorobku w zakresie kreowania własnej Szkoły Naukowej przez kształcenie kadr naukowych, obejmujące opiekę promotorską nad 6 zakończonymi pracami doktorskimi, w większości wyróżnionymi oraz opracowaniem ponad 100 recenzji prac doktorskich oraz artykułów naukowych i projektów badawczych, świadczących o bardzo wysokiej pozycji merytorycznej Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK w środowisku naukowym,
- niezwykle wysoką ocenę dorobku dydaktyczno-wychowawczego Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK w Politechnice śląskiej oraz przygotowanych przez Nią pomocy dydaktycznych i osobistego wkładu w kształtowanie nowoczesnych programów studiów

na Wydziale Mechanicznym Technologicznym, wypromowaniem rzeszy kilkuset inżynierów i magistrów inżynierów oraz wykonaniem ponad 350 recenzji prac dyplomowych, a także bardzo dobrą opinię jaką Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK przez dziesięciolecie cieszy się wśród studentów, którzy do dziś uznają Ją za Przyjaciela,

- wybitną ocenę dorobku organizacyjnego Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK na macierzystej Politechnice Śląskiej i na Wydziale Mechanicznym Technologicznym oraz wielkiego osobistego zaangażowania w realizację bieżących zadań Wydziału i Uczelni potwierdzoną przez demokratyczne wybory na liczne ważne funkcje, w tym przez cztery kadencje na funkcje Prodziekana odpowiedzialnego za sprawy studenckie i dydaktyki oraz kolejno przez dwie kadencje V-przewodniczącej Uczelnianej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów Politechniki Śląskiej i następnie Przewodniczącej Uczelnianej Odwoławczej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów Politechniki Śląskiej, co świadczy o niezwykle wysokiej ocenie Jej aktywności przez społeczność akademicką Wydziału i Uczelni,
- wzorowe walory etyczne Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK, Jej pracowitość, odpowiedzialność, lojalność, skromność i bardzo wysoką kulturę osobistą oraz ciągle „młodzieńcze” zaangażowanie w realizację podjętych zadań,

po zasięgnięciu opinii merytorycznych, w roku 75. Rocznicy Urodzin, wnioskuję o przyznanie godności Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danucie SZEWIECZEK Profesorowi zwyczajnemu w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej, w uznaniu wybitnego dorobku naukowo-badawczego, dydaktyczno-wychowawczego, organizacyjnego oraz w zakresie kreowania kadry naukowej, w okresie ponad 50 lat pracy zawodowej i naukowej, głównie w Politechnice Śląskiej w Gliwicach.

*Gliwice, dnia 12 maja 2011 roku*

*Prof. zw. dr hab. inż. Jerzy Świder*

*Dziekan*

*Wydziału Mechanicznego Technologicznego*

*Politechnika Śląska*

**OPINIA**

**w sprawie nadania godności i tytułu  
Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej  
Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danucie SZEWIECZEK  
Profesorowi zwyczajnemu w Instytucie  
Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych  
na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej**

**Biorąc pod uwagę wybitne osiągnięcia zawodowe i niezwykle efektywny wkład Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych w rozwój Politechniki Śląskiej, a zwłaszcza Wydziału Mechanicznego Technologicznego w ciągu ok. 50 lat pracy naukowo-dydaktycznej na Politechnice Śląskiej w Gliwicach, a w szczególności:**

- wybitną ocenę merytoryczną dorobku naukowego i publikacyjnego Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK, obejmującego ok. 130 opublikowanych prac o ważnym znaczeniu w Kraju i zagranicą w uprawianych przez Nią obszarach dyscypliny naukowej „Inżynieria materiałowa”, dotyczących materiałów amorficznych i nanostrukturalnych, zwłaszcza magnetycznie miękkich i ich technologii, udarowej obróbki cieplnej stopów metali oraz zagadnień organizacji produkcji i zarządzania jakością, jak również uwzględniając bardzo wysoką pozycję naukową jaką zyskała przez dziesięciolecia w środowisku naukowym,
- bardzo wysoką ocenę dorobku w zakresie kreowania własnej Szkoły Naukowej przez kształcenie kadr naukowych, obejmujące opiekę promotorską nad 6 zakończonymi pracami doktorskimi, w większości wyróżnionymi oraz opracowanie ponad 100 recenzji prac doktorskich oraz artykułów naukowych i projektów badawczych, świadczących o bardzo wysokiej pozycji merytorycznej Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK w środowisku naukowym,
- niezwykle wysoką ocenę dorobku dydaktyczno-wychowawczego Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK w Politechnice Śląskiej oraz przygotowanych przez Nią pomocy dydaktycznych i osobistego wkładu w kształtowanie nowoczesnych programów studiów na Wydziale Mechanicznym Technologicznym, wypromowaniem rzeszy kilkuset

inżynierów i magistrów inżynierów oraz wykonaniem ponad 350 recenzji prac dyplomowych, a także bardzo dobrą opinię jaką Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK przez dziesięciolecia cieszy się wśród studentów, którzy do dziś uznają Ją za Przyjaciela,

- wybitną ocenę dorobku organizacyjnego Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK na macierzystej Politechnice Śląskiej i na Wydziale Mechanicznym Technologicznym oraz wielkiego osobistego zaangażowania w realizację bieżących zadań Wydziału i Uczelni, potwierdzoną przez demokratyczne wybory na liczne ważne funkcje, w tym przez cztery kadencje na funkcje Prodziekana odpowiedzialnego za sprawy studenckie i dydaktyki oraz kolejno przez dwie kadencje V-przewodniczącej Uczelnianej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów Politechniki Śląskiej i następnie Przewodniczącej Uczelnianej Odwoławczej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów Politechniki Śląskiej, co świadczy o niezwykle wysokiej ocenie Jej aktywności przez społeczność akademicką Wydziału i Uczelni,
- wzorowe walory etyczne Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK, Jej pracowitość, odpowiedzialność, lojalność, skromność i bardzo wysoką kulturę osobistą oraz ciągle „młodzieńcze” zaangażowanie w realizację podjętych zadań,

**z pełnym przekonaniem i niezwykle osobistą satysfakcją, jako uprzednio student, a następnie przez dziesięciolecia bezpośredni przełożony, w roku 75. Rocznicy Urodzin, w pełni popieram wniosek o nadanie Godności i Tytułu: Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danucie SZEWIECZEK Profesorowi zwyczajnemu w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej, w uznaniu wybitnego dorobku naukowo-badawczego, dydaktyczno-wychowawczego, organizacyjnego oraz w zakresie kreowania kadry naukowej, w okresie ponad 50 lat pracy zawodowej i naukowej, głównie w Politechnice Śląskiej w Gliwicach.**

### **1. Szczegółowe uzasadnienie**

Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK Profesor zwyczajny w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej, urodzona 3 listopada 1936 roku w Świętochłowicach w roku 1960 uzyskała dyplom magistra inżyniera mechanika w specjalizacji „*Metaloznawstwo i obróbka*

*ciepna*” po ukończeniu studiów wyższych na Wydziale Mechanicznym (obecnie Mechanicznym Technologicznym) Politechniki Śląskiej. Stopień naukowy doktora nauk technicznych nadała Jej Rada Wydziału Mechanicznego Technologicznego w dniu 25 listopada 1969 roku na podstawie pracy doktorskiej pt. *„Wpływ udarowego wyżarzania rekrystalizującego na zmiany strukturalne odkształconego żelaza”*, wykonanej pod opieką promotorską Pana Prof. zw. Fryderyka Stauba dr h.c. Ta sama Rada Wydziału nadała Jej stopień naukowy doktora habilitowanego nauk technicznych w dniu 27 lipca 1977 roku na podstawie dorobku naukowego oraz rozprawy habilitacyjnej pt.: *„Oddziaływanie odpuszczania z dużymi szybkościami nagrzewania i odkształcenia plastycznego na umocnienie stali sprężynowej węglowej”*. W wyniku poparcia odpowiedniego wniosku przez tę samą Radę Wydziału, w dniu 14 kwietnia 2005 roku uzyskała tytuł naukowy profesora nauk technicznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, a z dniem 1 czerwca 2007 roku została mianowana na stanowisko Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej, na którym pracuje do dziś, w ostatnich trzech latach w niepełnym wymiarze czasu pracy.

Od ukończenia trzyletniego stażu przemysłowego w okresie od 1 września 1960 roku do 1 grudnia 1963 roku w Fabryce Lin i Drutów w Zabrze i w Centralnym Laboratorium Przemysłu Wyrobów Metalowych w Zabrze, gdzie była kierownikiem pracowni rentgenograficznej Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK Profesor zwyczajny w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej, nieprzerwanie jest pracownikiem Politechniki Śląskiej, kolejno w przemianowywanych jednostkach tj. Katedrze Metaloznawstwa, Instytucie Metaloznawstwa i Spawalnictwa, Instytucie Metaloznawstwa oraz Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, w latach 1963-1969 pracując na stanowisku starszego asystenta, w latach 1969-1978 na stanowisku adiunkta, w latach 1979-1991 na stanowisku docenta, w latach 1991-2005 na stanowisku Profesora nadzwyczajnego, od 14 kwietnia 2005 do 31 maja 2007 roku jako mianowany Profesor nadzwyczajny tytułarny, a wreszcie od 1 czerwca 2007 roku do dziś na stanowisku Profesora zwyczajnego. W latach 1978-1980 była kierownikiem Studiów Podyplomowych oraz Zaocznych, w latach 1981-1987 i ponownie w latach 1999-2005 – Prodziekanem Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej poprzednio ds. Nauczania, a następnie ds. Studenckich. W latach 2002-2006 była ponadto Kierownikiem Zakładu Zarządzania Jakością Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej. Odebrała 2 staże naukowe w Słowacji i Rosji.



Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK Profesor zwyczajny w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej pełniła liczne funkcje w gremiach opiniodawczych, doradczych i roboczych na macierzystej Uczelni i Wydziale m.in. Przewodniczącej Uczelnianej Odwoławczej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów Politechniki Śląskiej (1993-1996), V-przewodniczącej Uczelnianej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów Politechniki Śląskiej (1987-1990), Przewodniczącej Uczelnianej Komisji ds. Pomocy Materialnej dla Studentów Studiów Dziennych (1991). Była Przewodniczącą licznych Komisji Wydziałowych, w tym Komisji Wyborczej (1990-1993), Komisji ds. Przyznawania Pomocy Materialnej (1999-2005), Komisji Egzaminu Dyplomowego (łącznie dla ok. 700 egzaminów), oraz Przewodniczącą Komisji Rady Wydziału, w tym ds. Stopnia Naukowego Doktora w dyscyplinie „Inżynieria Materiałowa” (1990-1992) a następnie ds. Stopnia Naukowego Doktora oraz Studiów Doktoranckich w dyscyplinie „Inżynieria Materiałowa” (1992-1993) oraz ds. Przewodów Doktorskich (8-krotnie), a także Przewodniczącą Komisji Konkursowej przeglądu prac dyplomowych średnich szkół technicznych (2000-2002). W latach 1999-2005 była także V-przewodniczącą Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej na I rok Studiów. W latach 1977-1987 była członkiem Komisji Naboru Kandydatów na I rok Studiów na Wydziale, a w latach 1991-2007 była stałym członkiem Komisji Rady Wydziału: ds. Stopnia Naukowego Doktora Habilitowanego i Tytułu Naukowego w dyscyplinie „Inżynieria Materiałowa”. W latach 1996-1998 była członkiem Komitetu Budowy Maszyn PAN oraz członkiem Sekcji Fizyki i Materiałoznawstwa Komitetu Metalurgii PAN, a w latach 2000-2005 była członkiem Komisji Nauki o Materiałach i Inżynierii Materiałowej Oddziału PAN w Katowicach. Od roku 1984 jest Rzeczoznawcą Zespołu Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich w specjalności „*Obróbka cieplna i cieplno-chemiczna*”. Za swe osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK Profesor zwyczajny w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej uzyskała liczne nagrody i wyróżnienia, w tym dwukrotnie indywidualne (1978, 2007), oraz dwukrotnie zespołowe nagrody Ministra (1983, 1987), trzykrotnie indywidualne nagrody JM Rektora Politechniki Śląskiej (2002, 2003, 2006) oraz 6-krotnie zespołowe nagrody JM Rektora Politechniki Śląskiej (1993, 1996, 2000, 2001, 2004, 2005). Jest odznaczona Złotym Krzyżem Zasługi (1987), Medalem Komisji Edukacji Narodowej (2000) oraz Odznaką „Zasłużonemu dla Politechniki Śląskiej” (1998) i Medalem 60-lecia Politechniki Śląskiej (2005).

Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK Profesor zwyczajny w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej ma bardzo wartościowy dorobek naukowy, cechujący się znaczącym i oryginalnym wkładem do dyscypliny naukowej „*Inżynieria materiałowa*” w zakresie uprawianych przez Nią badań wpływu niekonwencjonalnych procesów technologicznych, w tym głównie dużych szybkości nagrzewania i chłodzenia, na strukturę i własności materiałów inżynierskich głównie funkcjonalnych, ale także w początkowym okresie pracy – konstrukcyjnych, badań materiałów nanostrukturalnych magnetycznie miękkich oraz ich technologii i odporności na korozję elektrochemiczną oraz w obszarze kwalitologii i zagadnień sterowania jakością w przemyśle, zapewniający Jej uznaną pozycję w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym. Na dorobek publikacyjny Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej składa się ok. 130 pozycji, w tym ponad 20 artykułów opublikowanych w czasopismach o światowym obiegu umieszczonych na tzw. liście filadelfijskiej, ponad 20 w innych czasopismach zagranicznych lub anglojęzycznych wydawanych w Kraju, ponad 20 artykułów w czasopismach krajowych PAN i w innych czasopismach krajowych, ok. 10 artykułów w materiałach zagranicznych konferencji naukowych oraz ok. 60 artykułów w materiałach konferencji międzynarodowych w Kraju oraz konferencji ogólnopolskich. Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK Profesor zwyczajny w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej ponadto uczestniczyła w ponad 50 konferencjach naukowych głównie w Kraju, na których prezentowała wyniki badań wykonanych przez siebie i kierowany przez Nią zespół. Dorobek naukowy Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej dopełnia wydanie w roku 1998 autorskiego podręcznika akademickiego pt. „*Obróbka cieplna wyrobów metalowych*” (wyd. Pol. Śl., Gliwice, 1998, ss. 1-261) o wybitnych walorach monograficznych sporych fragmentów tej książki. Praca ta została uzupełniona czterokrotnie wznawianym skrypcem akademickim pod redakcją naukową Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej pt. „*Ćwiczenia laboratoryjne z obróbki cieplnej stopów metali*” (wyd. Pol. Śl.,

Gliwice, 1992, 1994, 1999, 2007) nagrodzonym nagrodą zespołową I stopnia przez JM Rektora Politechniki Śląskiej, a także współautorstwem 5 innych skryptów uczelnianych i 2 autorskich monografii. Jest ponadto współautorką 2 patentów oraz ponad 50 (w większości zespołowych) prac wykonanych na zamówienie przemysłu, w ramach problemów węzłowych lub międzyresortowych, projektów badawczych własnych i promotorskich oraz ok. 30 prac zrealizowanych w ramach działalności statutowej i badań własnych.

W początkowym okresie aktywności naukowej, zwieńczonym uzyskaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego, głównym kierunkiem zainteresowań naukowych Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej było badanie wpływu szybkiego nagrzewania metalowych materiałów inżynierskich na ich strukturę i własności, a w tym wpływu szybkości nagrzewania na procesy rekrytalizacji, odpuszczania i sferoidyzacji stali i stopów. Opracowania w tym zakresie umożliwiły uzyskanie materiałów o wysokich własnościach użytkowych, skrócenie czasu obróbki cieplnej, automatyzację procesów, w których połączono obróbkę cieplną w cyklu ciągłym z obróbką plastyczną, polepszenie ekonomiki wytwarzania i uzyskały kilka nagród JM Rektora Politechniki Śląskiej. W tej dziedzinie wykonane zostały również praca doktorska nt. „*Wpływ udarowego wyżarzania rekrytalizującego na zmiany strukturalne odkształconego żelaza*”, oraz rozprawa habilitacyjna pt. „*Oddziaływanie odpuszczania z dużymi szybkościami nagrzewania i odkształcenia plastycznego na umocnienie stali sprężynowej węglowej*” wyróżniona indywidualną Nagrodą Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki III stopnia. Interesujące rezultaty uzyskano w zakresie udarowego wyżarzania sferoidyzującego produktów walcowanych po regulowanym chłodzeniu z temperatury walcowania, oraz fragmentacji i sferoidyzacji węglików stali łożyskowych w wyniku zastosowania cyklicznego udarowego wyżarzania sferoidyzującego, co wpłynęło na znaczne skrócenie czasu tej obróbki cieplnej.

Główne osiągnięcia naukowe Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej dotyczą materiałów nanokrystalicznych, mikrokrystalicznych i amorficznych. Jej osobiste zainteresowania tą tematyką datują się jeszcze od roku 1976, kiedy to rozpoczęto w Kraju zainteresowanie tą tematyką w ramach centralnych programów badawczych i stawiają ją w rzędzie naukowców, którzy z niesłabnącym

zaangażowaniem uczestniczą w tym ciągle awangardowym nie tylko w Kraju, kierunku badań. O niekwestionowanej pozycji Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w tym obszarze badawczym świadczyć może m.in. znacząca liczba cytowań Jej prac przez wielu Autorów z różnych zagranicznych i krajowych ośrodków naukowych. Szczegółowe zagadnienia związane z tą tematyką dotyczyły między innymi opracowania technologii odlewania włókien o strukturze amorficznej i zostały wyróżnione Zespołową Nagrodą II Stopnia Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki. Kolejne prace dotyczyły materiałów dodatkowych do lutowania o strukturze amorficznej lub mikrokrystalicznej w postaci taśm, w ramach których opracowano prototypowe urządzenie do ciągłego odlewania taśm, oraz technologię wytwarzania taśm ze stopów stanowiących bezsrebrowe zamienniki lutów srebrnych, a przez to rozszerzenie asortymentu stopów lutowniczych, dotychczas nie produkowanych w Kraju, co zostało uwieńczone kolejną Nagrodą Zespołową III Stopnia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W dalszych pracach z tej dziedziny opracowano składy chemiczne i technologie produkcji taśm o szerokości 5÷30 mm i grubości 0,03÷0,06 mm o strukturze mikrokrystalicznej i amorficznej z lutów twardych typu Cu-P, Cu-Sn-P, Cu-Ni-Sn-P oraz Ni-Cr-Si-B i Ni-P, a także ustalono warunki technologiczne ich stosowania. Prace te zostały wdrożone do praktyki przemysłowej w Zakładzie Nietypowej Produkcji Małotonażowej i Prototypów przy Instytucie Metali Nieżelaznych w Gliwicach, oraz w Przedsiębiorstwie Produkcji Katalizatorów Lindo-Gobex w Gorzowie Wielkopolskim.

Kolejne prace Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej obejmują zagadnienia kształtowania struktury nanokrystalicznej przez kontrolowaną krystalizację amorficznych stopów magnetycznie miękkich Fe-Hf-B, Fe-Cu-Nb-Si-B, Fe-Co-Nb-B-Cu, co zaowocowało m.in. 2 kierowanymi przez nią pracami doktorskimi nt.: „*Kształtowania struktury nanokrystalicznej poprzez kontrolowaną krystalizację amorficznego stopu typu Fe-Hf-B*” (p. dr inż. Sabina Lesz, 2001, wyróżniona) oraz nt. „*Kształtowania struktury nanokrystalicznej i wybranych własności przez kontrolowaną krystalizację stopu typu  $Fe_{83-x}Co_xNb_3B_{13}Cu_1(x=5\div30)$* ” (p. dr inż. Tomasz Raszka, 2006). Dalsze badania w wymienionym obszarze tematycznym dotyczą odporności korozyjnej stopów na osnowie żelaza, niklu i kobaltu o strukturze amorficznej i nanokrystalicznej, czego

wynikiem jest m.in. kolejna zakończona praca doktorska nt. *"Korozji elektrochemicznej amorficznych i nanokrystalicznych stopów na osnowie żelaza"* (p. dr inż. Aleksandra Baron, 2004, wyróżniona). Kolejne badania dotyczą opracowania kompozytowych, nanokrystalicznych materiałów o regulowanych własnościach magnetycznie miękkich opartych na kompozycji polietylenu i proszków nanokrystalicznych materiałów ferromagnetycznych, uzyskanych w procesie wysokoenergetycznego mielenia taśm po nanokrystalizacji cieplnej i obejmują kolejną zakończoną pracę doktorską pt. *„Struktura i własności materiałów kompozytowych złożonych z nanokrystalicznych proszków stopu  $Fe_{73,5}Cu_1Nb_3Si_{13,5}B_9$  i polietylenu"* (p. dr inż. Bogusław Ziębowicz, 2004). Po objęciu funkcji Kierownika Zakładu Zarządzania Jakością Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK Profesor zwyczajny w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej zajęła się również problematyką kwalitologii, czego wynikiem są m.in. 2 zakończone prace doktorskie pt. *„Modelowanie wybranych procesów technologii drutu stalowego z uwzględnieniem polityki jakości i ochrony środowiska"* (p. dr inż. Tatiana Karkoszka, 2004, wyróżniona) oraz pt. *„Optymalizacja wybranych procesów technologicznych ze względu na kryterium ich efektywności"* (p. dr inż. Beata Krupińska, 2006).

Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK Profesor zwyczajny w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej opracowała ponad 100 recenzji prac doktorskich, poufnych opinii o planowanych projektach naukowo-badawczych i o wykonanych raportach badawczych i sprawozdaniach z wykonanych projektów badawczych, o zakończonych pracach naukowo-badawczych wykonanych w ramach działalności statutowej, o osiągnięciach zawodowych w związku ze staraniami o uzyskanie I stopnia specjalizacji zawodowej, oraz awansowych w związku z mianowaniem na stanowisko adiunkta i artykułów w języku angielskim do czasopism z tzw. *„Listy filadelfijskiej"*, a także ok. 350 recenzji zakończonych prac dyplomowych magisterskich i inżynierskich, zrealizowanych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej. Ta znaczna liczba opracowanych recenzji niewątpliwie świadczy o dużym uznaniu środowiska naukowego dla Jej kompetencji naukowych i wiedzy.

Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK Profesor zwyczajny w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym

Politechniki Śląskiej w ciągu ok. 50 lat pracy na Politechnice Śląskiej wykazała się wielkimi osiągnięciami organizacyjnymi i wychowawczymi. Liczne misje organizacyjne, które sprawowała w tym okresie, dowodziły bardzo dużego zaufania okazywanego Jej przez studentów oraz przełożonych, a także bardzo wysokiej oceny Jej walorów etycznych. Wśród wielu odpowiedzialnych funkcji, potwierdzających tę ocenę, wymienić można sprawowanie przez Nią przez wiele lat funkcji Przewodniczącej i V-przewodniczącej Uczelnianych Komisji Dyscyplinarnych dla Studentów Politechniki Śląskiej, Odwoławczej i I instancji, a także Przewodniczącej licznych Komisji Rady Wydziału i Wydziałowych, w tym ponad 800 egzaminów dyplomowych oraz ds. Stopni naukowych doktora i doktora habilitowanego w dyscyplinie „*Inżynieria materiałowa*”, a także przez wiele lat członka a następnie V-przewodniczącej Wydziałowych Komisji Rekrutacyjnych. Dowodem na to, że Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK Profesor zwyczajny w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej zyskała niespotykane zaufanie kolejnych roczników studenckich, była Jej zdecydowana akceptacja przez środowisko studenckie, jako kandydatki na funkcję Prodziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej początkowo ds. Nauczania, a następnie ds. Studenckich, na którą była wybrana na 4 kadencje Władz Dziekańskich. Nigdy nie zawiodła tego zaufania, zawsze będąc rzecznikiem studentów i ich rzeczywistych interesów. Niezwykłe sprawnie prowadziła sprawy blisko 4,5 tysiąca studentów Wydziału, z jednej strony w sposób niezwykle ciepły dbając o ich sprawy, a z drugiej strony stawiając im wysokie wymagania, zapewniając wyjątkową dyscyplinę studiów oraz jedną z najwyższych na Uczelni sprawności i efektywności nauczania. Obdarzała studentów wręcz „matczyną miłością”, a oni z kolei odwdzięczali się Jej zrozumieniem i zaufaniem. Jako Jej przełożony – Dziekan Wydziału bardzo wysoko oceniałem Jej aktywność i sprawność organizacyjną, dzięki której Wydział przez wiele lat uzyskiwał jedną z najwyższych na Uczelni pozycji w zakresie realizacji zadań dydaktycznych oraz cieszył się bardzo dużym zainteresowaniem wśród kandydatów na studia. Z powodzeniem kierowała przez 4 lata Zakładem Zarządzania Jakością, zyskując sobie zaufanie podległych pracowników oraz efektywnie mobilizując ich do pracy naukowej i dydaktycznej. Wielokrotnie udowodniła, że jest pracownikiem bardzo odpowiedzialnym, pełnym twórczej inwencji, a przy tym niezwykle zdyscyplinowanym i w pełni podporządkowanym interesom Wydziału i Uczelni, a nade wszystko skromnym. Jest przy tym aktywna w środowisku naukowym i inżynierskim. Nic dziwnego, że ta działalność przyniosła

Kandydatce liczne nagrody JM Rektora Politechniki Śląskiej oraz Medal Komisji Edukacji Narodowej, a także nagrodę indywidualną Ministra za całokształt aktywności zawodowej.

Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuta SZEWIECZEK Profesor zwyczajny w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej zyskała ogromne doświadczenie dydaktyczne. Początkowo prowadziła ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotów: *Metaloznawstwo, Metaloznawstwo i obróbka cieplna, Metaloznawstwo spawalnicze, Fizyka metali, Badania nieniszczące i niszczące i Badania strukturalne*, a od 1966 roku wykłady na studiach wieczorowych, oraz od 1969 roku wykłady, seminaria, ćwiczenia projektowe, prace przejściowe i dyplomowe na różnych latach wszystkich rodzajów studiów dziennych, wieczorowych, zaocznych, podyplomowych i doktoranckich na Wydziałach Mechanicznym Technologicznym oraz Górnictwa i Geologii, Chemicznym i Matematyczno-Fizycznym Politechniki Śląskiej. Prowadziła lub prowadzi nadal wykłady z przedmiotów: *Technologia metali, Techniki wytwarzania, Materialoznawstwo, Metaloznawstwo, Metaloznawstwo i obróbka cieplna i cieplno-chemiczna, Obróbka cieplna i powierzchniowa, Technologia obróbki cieplnej, Kształtowanie własności wyrobów metalowych, Projektowanie, automatyzacja, robotyzacja procesów technologicznych obróbki cieplnej, Automatyzacja, robotyzacja procesów technologicznych obróbki cieplnej i warstw wierzchnich, Projektowanie procesów technologicznych obróbki cieplnej i powierzchniowej*, oraz *Wstęp do nauki o materiałach*, a obecnie, niemal wyłącznie wykłady specjalistyczne dla Słuchaczy Studiów Doktoranckich. Opracowała przy tym kilka nowych cykli wykładów dotychczas nie prowadzonych w Politechnice Śląskiej, zwracając uwagę na wprowadzenie aktualnych, najnowocześniejszych treści programowych, wszystkie programy zajęć na bieżąco dostosowując do współczesnych osiągnięć wiedzy i rozwiązań technologicznych, przygotowując do nich stosowne prezentacje komputerowe, a także gromadząc odpowiednie prospekty, katalogi i inne materiały pomocnicze. Jest współautorką 8 skryptów oraz podręcznika akademickiego pt.: *„Obróbka cieplna wyrobów metalowych”*. Była promotorem ok. 150 prac dyplomowych i tyluż prac przejściowych. Opiekowała się grupami studenckimi (1968-1970), oraz była opiekunem roku studenckiego (1970-1974), oraz praktyk studenckich dla specjalizacji *„Metaloznawstwo i obróbka cieplna”* (1968-1974). Jako Kierownik Studiów Podyplomowych i Zaocznych (1978-1980) była inicjatorem, koordynatorem i współautorem nowo opracowanych programów studiów, oraz jako Prodziekan ds. Nauczania koordynatorem prac nad unowocześnieniem planów i programów studiów dziennych na Wydziale Mechanicznym

Technologicznym Politechniki Śląskiej (1981-1987). W latach 1999-2005 jako Prodziekan ds. Studenckich była zaangażowana w rozwój i modernizację systemu planów studiów w pełni zgodnego z Europejskim Elastycznym Trójstopniowym Systemem Studiów oraz wprowadzenie „Wydziałowego Systemu Punktów Kredytowych – ECTS”, co zapewniło pełną elastyczność w realizacji toku studiów przez każdego studenta Wydziału na 4 kierunkach studiów, kolejno inżynierskich I stopnia, uzupełniających magisterskich II stopnia, doktorskich III stopnia, jak również wyboru indywidualnych ścieżek edukacyjnych. Osiągnięcia te kilkakrotnie zyskały wyróżnienie nagrodami JM Rektora Politechniki Śląskiej w dziedzinie dydaktyki.

## 2. Podsumowanie

**Przedstawione w niniejszym opracowaniu argumenty, podkreślające wybitne i niezwykle osiągnięcia naukowo-badawcze, dydaktyczno-wychowawcze, organizacyjne oraz w zakresie kreowania kadry naukowej, stanowiące ok. 50-letni dorobek zawodowy Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty SZEWIECZEK Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w pełni uzasadniają wniosek o nadanie Jej w Roku 75. Rocznicy Urodzin, Godności i Tytułu: Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej, jak przedstawiono to na wstępie niniejszego opracowania.**

*Prof. zw. dr hab. inż. Leszek A. Dobrzański M. Dr H.C.  
Dyrektor Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych  
Wydziału Mechanicznego Technologicznego  
Politechniki Śląskiej*



## OPINIA

**nt. dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego**

**Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty Szewieczek**

**Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych**

**na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej**

**w związku z wnioskiem o przyznanie godności i tytułu**

**„Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej”**

Panią Profesor dr hab. inż. Danutę Szewieczek znam osobiście od wielu lat i mam dla Niej wielkie uznanie i szacunek, jako naukowca, dydaktyka i człowieka o wyjątkowej życzliwości dla wszystkich, z którymi współpracuje.

Pani Prof. dr hab. inż. Danuta Szewieczek od 50 lat związana jest z Wydziałem Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, zajmując ostatnio pozycję profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych.

Pani Prof. dr hab. inż. Danuta Szewieczek w roku 1960 uzyskała dyplom magistra inżyniera mechanika w specjalizacji „Metaloznawstwo i obróbka cieplna” po ukończeniu studiów wyższych na Wydziale Mechanicznym (obecnie Mechanicznym Technologicznym) Politechniki Śląskiej. 25 listopada 1969 roku uzyskała na Wydziale Mechanicznym Technologicznym stopień naukowy doktora nauk technicznych na podstawie pracy doktorskiej pt.: „Wpływ udarowego wyżarzania rekrytalizującego na zmiany strukturalne odkształconego żelaza”. Stopień naukowy doktora habilitowanego nauk technicznych w dniu 27 lipca 1977 roku na podstawie dorobku naukowego oraz rozprawy habilitacyjnej pt. „Oddziaływanie odpuszczania z dużymi szybkościami nagrzewania i odkształcenia plastycznego na umocnienie stali sprężynowej węglowej”.

W dniu 14 kwietnia 2005 roku uzyskała tytuł naukowy Profesora nauk technicznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, a z dniem 1 czerwca 2007 roku została mianowana na stanowisko Profesora zwyczajnego w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej, na którym pracuje do dziś.

Pani Prof. dr hab. inż. Danuta Szewieczek od 1 września 1960 roku do 1 grudnia 1963 roku zatrudniona była na stanowisku kierownika pracowni rentgenograficznej w Fabryce Lin i Drutów

w Zabrze i w Centralnym Laboratorium Przemysłu Wyrobów Metalowych w Zabrze, gdzie była kierownikiem pracowni rentgenograficznej, a następnie w Politechnice Śląskiej, kolejno w Katedrze Metaloznawstwa, Instytucie Metaloznawstwa i Spawalnictwa, Instytucie Metaloznawstwa oraz Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych w latach 1963-1969 pracując na stanowisku starszego asystenta, w latach 1969-1978 na stanowisku adiunkta, w latach 1979-1991 na stanowisku docenta, w latach 1991-2005 na stanowisku Profesora nadzwyczajnego, od 14 kwietnia 2005 do 31 maja 2007 roku, jako mianowany Profesor nadzwyczajny tytularny, a wreszcie od 1 czerwca 2007 roku do dziś na stanowisku Profesora zwyczajnego. W latach 1978-1980 była kierownikiem Studiów Podyplomowych oraz Zaocznych, w latach 1981-1987 i ponownie w latach 1999-2005 – Prodziekanem Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej poprzednio ds. Nauczania, a następnie ds. Studenckich. W latach 2002-2006 była ponadto Kierownikiem Zakładu Zarządzania Jakością Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej. Odebrała 2 staże naukowe w Słowacji i Rosji.

Dorobek naukowy Pani Profesor jest imponujący i wnosi znaczący wkład do dyscypliny naukowej „Inżynieria materiałowa”, w zakresie uprawianych przez Nią badań wpływu zaawansowanych procesów technologicznych, w tym głównie dużych szybkości nagrzewania i chłodzenia, na strukturę i własności materiałów konstrukcyjnych i funkcjonalnych, badań materiałów nanostrukturalnych magnetycznie miękkich oraz ich technologii i odporności na korozję elektrochemiczną oraz sterowania jakością w przemyśle, zapewniając Jej uznaną pozycję w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym.

Dorobek publikacyjny Pani Prof. zw. dr hab. inż. Danuty Szewieczek obejmuje ok. 130 pozycji, w tym ponad 20 artykułów opublikowanych w czasopismach o światowym obiegu umieszczonych na liście filadelfijskiej, ponad 20 w innych czasopismach zagranicznych lub anglojęzycznych wydanych w Polsce, ponad 20 artykułów w czasopismach krajowych PAN i w innych czasopismach krajowych, ok. 10 artykułów w materiałach zagranicznych konferencji naukowych oraz ok. 60 artykułów w materiałach konferencji międzynarodowych w Kraju oraz konferencji ogólnopolskich.

Dorobek ten rozszerza dodatkowo wydanie w roku 1998 autorskiego podręcznika akademickiego pt. „Obróbka cieplna wyrobów metalowych” (Wyd. Pol. Śl., Gliwice, 1998) oraz skryptów akademickich, także współautorstwo 5 innych skryptów uczelnianych i 2 autorskich monografii, 2 patentów oraz ponad 50 prac badawczych.

Głównymi kierunkami zainteresowań naukowych Pani Prof. dr hab. inż. Danuty Szewieczek były:

- badania wpływu szybkiego nagrzewania metalowych materiałów inżynierskich na ich strukturę i własności, w tym wpływu szybkości nagrzewania na procesy rekrytalizacji odpuszczania i sferoidyzacji stali i stopów,
- badania materiałów nanokrystalicznych, mikrokrystalicznych i amorficznych, w tym kształtowania struktury nanokrystalicznej przez kontrolowaną krystalizację amorficznych stopów magnetycznie miękkich Fe-Hf-B, Fe-Cu-Nb-Si-B, Fe-Co-Nb-B-Cu.

Pani Prof. dr hab. inż. Danuta Szewieczek opracowała ponad 100 recenzji prac doktorskich, opinii o projektach naukowo-badawczych, o osiągnięciach zawodowych w związku ze staraniami o uzyskanie I stopnia specjalizacji zawodowej, oraz awansowych w związku z mianowaniem na stanowisko adiunkta i artykułów zagranicznych, a także ok. 350 recenzji zakończonych prac dyplomowych magisterskich i inżynierskich.

Pani Prof. dr hab. inż. Danuta Szewieczek ma wielkie osiągnięcia organizacyjne i wychowawcze. Są to m.in. udziały w misjach organizacyjnych:

- pełnienie funkcji Przewodniczącej i V-przewodniczącej Uczelnianych Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów Politechniki Śląskiej, Odwoławczej i I instancji,
- przewodniczącej licznych Komisji Rady Wydziału,
- członka i V-przewodniczącej Wydziałowych Komisji Rekrutacyjnych,
- Prodziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej, początkowo ds. Nauczania a następnie ds. Studenckich, którą piastowała przez 4 kadencje,
- kierownika Zakładu Zarządzania Jakością.

Pani Prof. dr hab. inż. Danuta Szewieczek ma ogromny dorobek dydaktyczny obejmujący ćwiczenia, seminaria i wykłady z przedmiotów: Metaloznawstwo, Metaloznawstwo i obróbka cieplna, Metaloznawstwo spawalnicze, Fizyka metali Badania nieniszczące i niszczące, Badania strukturalne, Technologia metali, Techniki wytwarzania, Materiałoznawstwo, Metaloznawstwo i obróbka cieplna i cieplno-chemiczna, Obróbka cieplna i powierzchniowa, Technologia obróbki cieplnej, Kształtowanie własności wyrobów metalowych, Projektowanie, automatyzacja i robotyzacja procesów technologicznych obróbki cieplnej, Automatyzacja, robotyzacja procesów technologicznych obróbki cieplnej i warstw wierzchnich, Projektowane procesów technologicznych obróbki cieplnej i powierzchniowej, Wstęp do nauki o materiałach, a obecnie, niemal wyłącznie wykłady specjalistyczne dla Słuchaczy Studiów Doktoranckich.

Pani Prof. dr hab. inż. Danuta Szewieczek uzyskała liczne nagrody i wyróżnienia, w tym dwukrotne indywidualne (1978, 2007), oraz dwukrotnie zespołowe nagrody Ministra (1983, 1987), trzykrotnie indywidualne nagrody JM Rektora Politechniki Śląskiej (2002, 2003, 2006) oraz 6-krotnie zespołowe nagrody JM Rektora Politechniki Śląskiej (1993, 1996, 2000, 2001, 2004, 2005).

Jest odznaczona Złotym Krzyżem Zasługi (1987), Medalem Komisji Edukacji Narodowej (2000) oraz Odznaką „Zasłużonemu dla Politechniki Śląskiej” (1998) i Medalem 60-lecia Politechniki Śląskiej (2005).

### **Wniosek końcowy**

Pani Prof. dr hab. inż. Danuta Szewieczek jest uczoną o niekwestionowanym autorytecie mającą wybitne osiągnięcia w zakresie nauki, dydaktyki i kształcenia kadr naukowych oraz osiągnięcia organizacyjne, jak również wielkie zasługi, zwłaszcza dla rozwoju Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej.

Wymienione niezwykle pozytywne wyróżniki osobowości Pani Profesor wynikają głównie z:

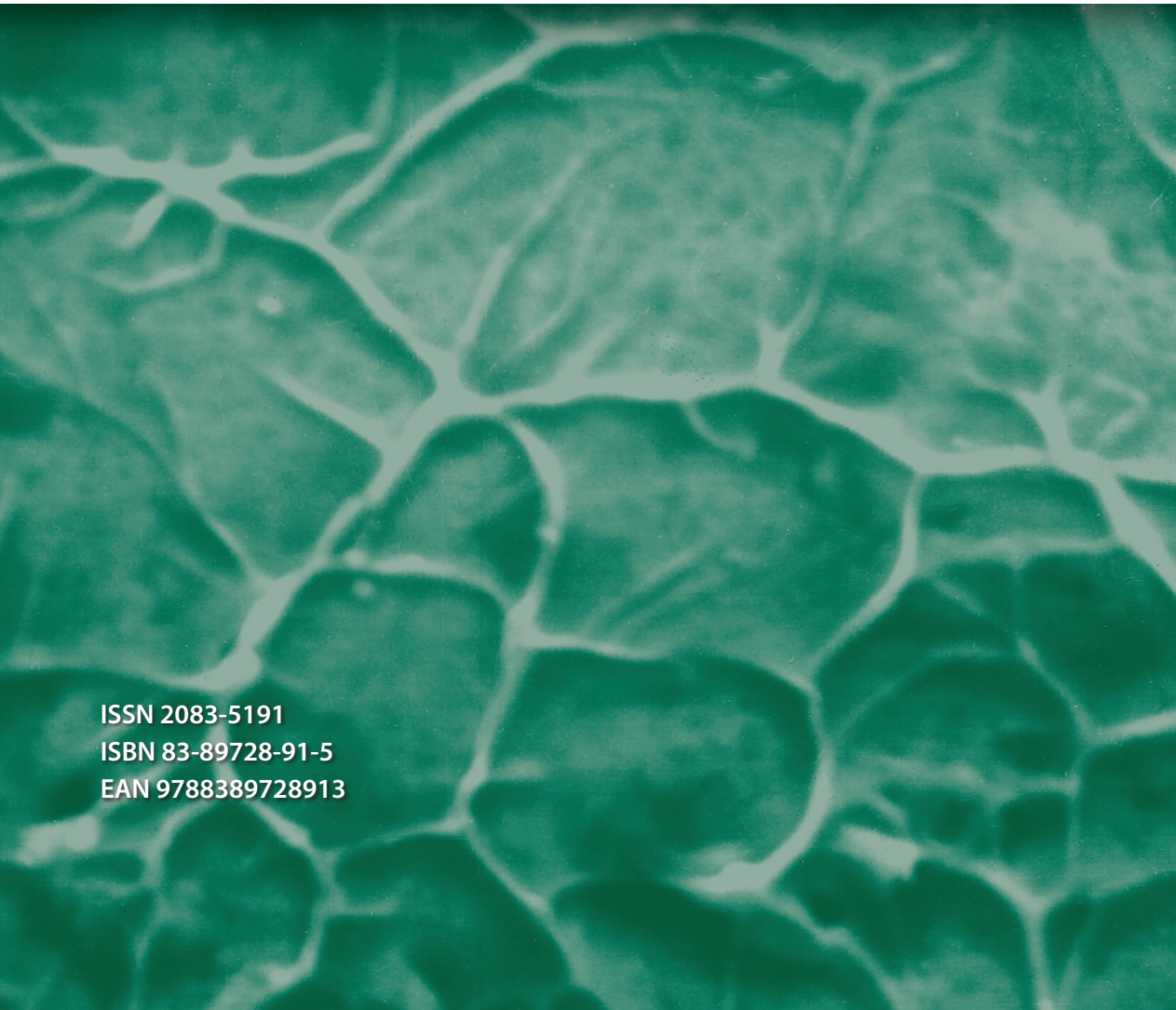
- wysokiej jakości Jej dorobku naukowego i publikacyjnego, obejmującego ok. 130 opublikowanych prac w obszarze dyscypliny naukowej „Inżynieria materiałowa”, dotyczących materiałów amorficznych i nanostrukturalnych magnetycznie miękkich i ich technologii, udarowej obróbki cieplnej stopów metali oraz zagadnień organizacji produkcji i zarządzania jakością,
- bardzo wysokiej pozycji w środowisku naukowym,
- osiągnięć w zakresie tworzenia własnej szkoły naukowej, m. im. w wyniku wypromowania 6 doktorów, opracowania ponad 100 recenzji prac doktorskich oraz artykułów naukowych i projektów badawczych,
- wielkiego dorobku dydaktyczno-wychowawczego, m.in. przygotowania licznych pomocy dydaktycznych, wypromowania kilkuset inżynierów i magistrów inżynierów oraz wykonania ponad 350 recenzji prac dyplomowych,
- wielkiego dorobku organizacyjnego m.in. pełnienia licznych ważnych funkcji, Prodziekana odpowiedzialnego za sprawy studenckie i dydaktykę oraz V-przewodniczącej Uczelnianej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów Politechniki Śląskiej, Przewodniczącej Uczelnianej Odwoławczej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów Politechniki Śląskiej,

- nienagannej etyki i pozytywnego stosunku do otoczenia.

Wybitne wyżej wymienione osiągnięcia i zasługi w pełni uzasadniają przyznanie Pani Prof. dr hab. inż. Danucie Szewieczek tytułu i godności Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej.

Przyznanie w roku 75. rocznicy urodzin Pani Profesor tytułu i godności Honorowego Profesora Politechniki Śląskiej byłoby właściwym uhonorowaniem Pani Profesor i uznaniem Jej niekwestionowanych zasług w Politechnice Śląskiej.

*Prof. zw. dr hab. inż. Jerzy Nowacki  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny*



ISSN 2083-5191  
ISBN 83-89728-91-5  
EAN 9788389728913