

Mgr inż. Ewa SZYMAŃSKA, dr inż. Beata PACHUTKO
Instytut Obróbki Plastycznej, Poznań

Badania struktury i właściwości metali w nowoczesnym laboratorium badawczym Instytutu Obróbki Plastycznej

Investigation of metal structure and properties in the modern laboratory of the Metal Forming Institute

Streszczenie

W artykule przedstawiono historię i aktualne możliwości badawcze Zakładu Badania Metali Instytutu Obróbki Plastycznej. Podano metody badawcze objęte akredytacją Polskiego Centrum Akredytacji oraz stosowane przez Zakład metody nie akredytowane. Wyszczególniono projekty badawcze Instytutu, w których realizacji Zakład uczestniczył.

Abstract

The article describes the history and the present day investigation possibilities of the Department of Metal Investigation of the Metal Forming Institute. The investigation methods included in the accreditation of the Polish Centre of accreditation, as well as those not accredited, have been specified. The Institute's investigation projects in which the Department had been involved, have been presented.

Słowa kluczowe: akredytowane laboratorium badawcze, metoda badawcza, badanie metali, aparatura laboratoryjna

Key words: *accredited investigation laboratory, investigation method, metal investigation, laboratory apparatus*

Instytut Obróbki Plastycznej powstał dnia 1 grudnia 1948 r. z inicjatywy prof. Feliksa Tychowskiego, jako Zakład Obróbki Bezwiórowej Głównego Instytutu Mechaniki. W roku 1952 otrzymał uprawnienia i nazwę Instytutu Obróbki Plastycznej. W 1959 r. placówka została przekształcona w Centralne Laboratorium Obróbki Plastycznej, a w 1971 r., w uznaniu dorobku naukowego i wdrożeniowego, przywrócono jej rangę i nazwę Instytutu. Od początku swego istnienia Instytut działał w dziedzinie pozahutniczej obróbki plastycznej, na potrzeby szeroko rozumianego przemysłu metalowego, rozwiązując wiele ważnych dla gospodarki problemów technicznych i organizacyjnych.

W 1949 r. utworzono pierwsze specjalistyczne pracownie, w tym **Laboratorium Metalograficzne**, kierowane przez inż. Zbigniewa Głowackiego - późniejszego profesora Politechniki Poznańskiej. Laboratorium Metalograficzne rozwijało się poszerzając kadrę, wyposażenie aparaturowe i zakres realizowanych badań. W 1975 r. Laboratorium przekształcone zostało w Zakład Badania Metali i zachowało tę nazwę do dnia dzisiejszego.

The Metal Forming Institute was founded on 1st December 1948 as the Chipless Processing Division of the Chief Institute of Mechanics. In 1952, it has been granted the authorization and name of the Metal Forming Institute. In 1959, the enterprise was transformed into the Central Laboratory of Metal Forming, but, in recognition of its scientific and implementation achievements, it has recovered the rank and name of an institute. Since the beginning, the Institute dealt with non-metallurgical metal forming for the needs of broadly understood metal industry, solving many technical and organizational problems important for the economy.

The first specialist teams, including the Metallographic Laboratory headed by Zbigniew Głowacki, M.Sc.Eng. later a professor of the Poznan University of Technology, were created in 1949. The Metallographic Laboratory was developing, extending its staff, equipment and scope of investigation. In 1975, the Laboratory was transformed in the Department of Metal Investigation and has kept the name till the present day.

Zakład z dużymi sukcesami realizował własne prace naukowo-badawcze, prowadził badania wspierające prace innych zakładów i pracowni naukowo-badawczych Instytutu oraz rozwiązywał szereg problemów metaloznawczych w przemyśle.

Od 1997 r. Zakład Badania Metali jest akredytowanym laboratorium badawczym Instytutu. Wdrożony w Zakładzie System Zarządzania podlegał ciągłemu doskonaleniu pod nadzorem Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji, a od 2002 r. - Polskiego Centrum Akredytacji. W 2006 roku wdrożono w Zakładzie system zgodny z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005 - Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących. Zakład ma aktualnie Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego Nr AB 105 ważny do 12.01.2011 r.

Zakład Badania Metali Instytutu Obróbki Plastycznej - wiodąca jednostka naukowo-badawcza o znaczeniu międzynarodowym z zakresu pozahutniczej obróbki plastycznej metali, uczestniczy w badaniach w trzech głównych dziedzinach - obróbki plastycznej objętościowej, obróbki plastycznej blach i technologii kształtowania wyrobów z proszków metali.

Dziedziny te obejmują badania z zakresu:

- zaawansowanych materiałów konstrukcyjnych stosowanych w przemyśle motoryzacyjnym;
- technologii przemysłowych produktów dotyczących rozwoju innowacyjnych technologii w wybranych niszach technologicznych oraz metody i technologie modernizacji maszyn, urządzeń i narzędzi, automatyzacja i robotyzacja produkcji;
- nanomateriałów i nanoukładów wielofunkcyjnych. Tematyka prac obejmuje optymalizację węzłów trących w implantach i endoprotezach z zastosowaniem nanowarstw o korzystnych własnościach tribologicznych oraz zastosowanie nanotechnologii i nanocząstek do wytwarzania spieków o niskim współczynniku tarcia.

Profesjonalny zespół specjalistów inżynierii materiałowej, wspomagany techniką informatyczną oraz nowoczesną aparaturą laboratoryjną (m.in. mikroskop świetlny i skaningowy z EDS, maszyny wytrzymałościowe, twardościomierze, spektrometr emisyjny z wyładowaniem jarzeniowym, defektoskop ultradźwiękowy, maszynę do badania tłoczności blach, dyfraktometr rentgenowski), uczestniczy w ważnych, często przełomowych badaniach w ramach prac statutowych, projektów badawczych, prac badawczo-rozwojowych, współpracując z krajowymi i zagranicznymi jednostkami naukowymi i przemysłowymi.

The department has been successfully performing its own scientific and research work, supporting other scientific departments and teams of the Institute and solving numerous problems of metallography in industry.

Since 1997, the Department of Metal Investigation is an accredited testing laboratory of the Institute. The Management System implemented in the Department has been continuously improved under the supervision of the Polish Centre of Investigation and Certification. And, since 2002, the Polish Centre of Accreditation. In 2006, the system conforming with PN-EN ISO/IEC 17025:2005 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, was implemented in the Department. At the moment, the Department has the Accreditation Certificate of Testing Laboratory no. AB 105, valid till 12.01.2011.

The Department of Metal Investigation of the Metal Forming Institute is a leading scientific and investigation entity of international significance in the scope of non-metallurgical metal forming and it participates in investigations in three main fields: volumetric metal forming, sheet metal forming and technologies of forming metal powder products.

Those fields include investigations in scope of:

- *advanced constructional materials applied in the automotive industry;*
- *industrial products involving innovative technologies in selected technological niches, as well as the methods and technologies of modernizing machines, tools and devices, production automation and robot application;*
- *multifunctional nanomaterials and nanosystems. The subjects includes optimization of the friction nodes in implants and endoprostheses with the use of nanolayers with advantageous tribological properties, as well as the application of nanotechnology and nanoparticles for producing sinters of low friction coefficient.*

The professional team of material engineering experts, supported by informatic techniques and modern laboratory apparatus (an optical and a scanning microscope with EDS, testing machines, hardness testers, glow discharge spectrometer, ultrasonic defectoscope, metal sheet drawability testing machine, x-ray diffractometer) takes part in important, often crucial, investigations within statutory activities, research projects, research and development works in collaboration with domestic and foreign scientific and industrial entities.

Ważnym obszarem działalności Instytutu i Zakładu Badania Metali jest powiązanie z nauką międzynarodową, w tym ze znaczącymi ośrodkami Unii Europejskiej. Zakład realizując badania z zakresu inżynierii materiałowej, uczestniczył w licznych projektach międzynarodowych m.in.:

Projekty EUREKA

- ROTOR Technologia i wyposażenie do rotacyjnego dokładnego kształtowania części z materiałów proszkowych (1998–2000)
- GEFEST Nowa generacja narzędzi kuźniczych (1999–2001)
- METALTEST Wysokowytrzymałe materiały do kształtowania na zimno w asortymencie drutów i prętów (1999–2001)
- REC-OXIDE Przetwarzanie tlenkowych odpadów przemysłowych do ponownego wykorzystania w przemyśle metalurgicznym (2002–2004)
- FGM MAG-TOOL Opracowanie technologii wytwarzania narzędzi nowej generacji o wysokich własnościach wytrzymałościowych do cięcia i obróbki objętościowej (2003–2006)

Projekty V Programu Ramowego UE

- INETFORSMEP Inteligentny układ do kształtowania na gotowo produktów z blachy (2002–2005)
- INT-PULS-FORM Oplącalne i ekologiczne kształtowanie blach przy zastosowaniu technologii inteligentnego dociskacza pulsującego (200–2004)
- NAS-TRIBO Nanostrukturalne powłoki o podwyższonych własnościach tribologicznych (2002–2004)

Projekty VI Programu Ramowego UE

- NANOBLEBUS Nanokompozytowe Łożyska Ślizgowe do Układu Wentylacyjnego Samolotu Airbus INTAS (2005–2007)
- BEARINGS Nowa generacja łożysk pracujących w ekstremalnych warunkach stosowanych w przemyśle lotniczym (2006–2009)
- MANUDIRECT Ultraprecyzyjna produkcja na gotowo (2006–2010)

An important field of activity of the Institute and the Metal Investigation Department is the relations with international science including important centres of the European Union. Performing investigations in the scope of material engineering, the department has participated in a many international projects including:

EUREKA Projects

- ROTOR Technology and equipment for rotational precision forming of powder material parts (1998–2000)
- GEFEST New generation of forging tools (1999–2001)
- METALTEST High strength wire and strip materials for cold forming (1999–2001)
- REC-OXIDE Processing of industrial oxide waste for recycling in the metallurgical industry (2002–2004)
- FGM MAG-TOOL Elaboration of the technology of manufacturing new generation tools with high strength properties for cutting and volumetric processing (2003–2006)

Projects of the EU 5th Framework Program

- INETFORSMEP Intelligent system for net shape forming of metal sheet products (2002–2005)
- INT-PULS-FORM Profitable and ecological forming of sheets using the technology of intelligent pulsating blank holder (2001–2004)
- NAS-TRIBO Nanostructural coatings with improved tribological properties (2002–2004)

Projects of the EU 6th Framework Program

- NANOBLEBUS Nanocomposite sliding bearings for the air conditioning system of the Airbus INTAS airplane (2005–2007)
- BEARINGS New generation of bearing working in extreme condition applied in the aerospace industry (2006–2009)
- MANUDIRECT Net shape forming in manufacturing (2006–2010)



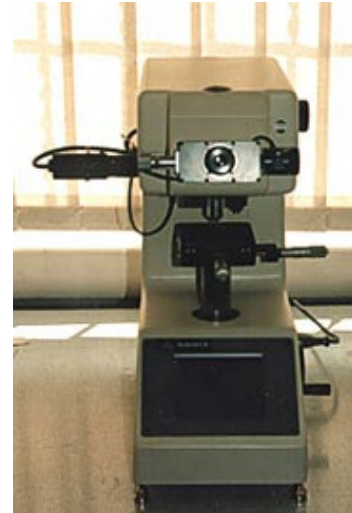
Rys. 1. Maszyna wytrzymałościowa INSTRON 4483

Fig. 1. INSTRON 4483 testing machine



Rys. 2. Mikroskop optyczny ECLIPSE L150

Fig. 2. ECLIPSE L150 optical microscope



Rys. 3. Twardościomierz MICROMET 2104

Fig. 3. MICROMET 2104 hardness tester

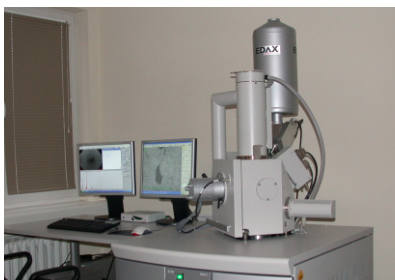
Zakres akredytacji Zakładu Badania Metali obejmuje następujące metody badawcze:

- statyczną próbę rozciągania w temperaturze otoczenia w zakresie sił do 1000 kN, z możliwością określenia:
 - wytrzymałości na rozciąganie,
 - górnej i dolnej granicy plastyczności (do 100 kN),
 - naprężenia granicznego przy przyroście nieproporcjonalnym (do 100 kN),
 - wydłużenia procentowego po rozerwaniu,
 - przewężenia procentowego przekroju,
 - wytrzymałości na rozciąganie obiektów technicznych,
- próbę udarności sposobem Charpy'ego KCV i KCU w temperaturze otoczenia w zakresie: 15 kGm (147 J) i 30 kGm (294 J),
- pomiary twardości:
 - sposobem Vickersa HV 0,3 i HV 0,5,
 - sposobem Rockwella HRC, HRA,
- pomiary mikrotwardości:
 - sposobem Vickersa HV 0,05, HV 0,1,
 - sposobem Knoopa HK 0,1,
- obserwacje mikrostruktury wyrobów stalowych i żeliwnych z określeniem:
 - rodzaju i rozkładu faz,
 - wielkości i rozmieszczenia wydzieleń cementytu,
 - pasmowości i segregacji węglików,
 - siatki węglików na granicach ziaren,
 - struktury Widmannstättena,

The scope of accreditation of the Metal Investigation Department includes the following investigation methods:

- *static tensile testing at ambient temperature in the force range of up to 1000 kN with the possibility to determine:*
 - *tensile strength,*
 - *upper and lower yield strength,*
 - *total elongation proof strength at non-proportional extension (up to 100 kN),*
 - *percentage elongation after fracture,*
 - *percentage reduction of area,*
 - *tensile strength of technical objects,*
- *KCV and KCU Charpy test at ambient temperature in the range of 15 kGm (147 J) and 30 kGm (294 J),*
- *hardness measurements:*
 - *by Vickers method HV 0.3 and HV 0.5*
 - *by Rockwell method HRC, HRA*
- *microhardness measurements:*
 - *by Vickers method HV 0.05, HV 0.1,*
 - *by Knoop method HK 0.1,*
- *surveys of the microstructure of steel and cast iron products with the determination of:*
 - *kinds and distribution of phases,*
 - *size and dislocation of cementite inclusions,*
 - *network of carbides at grain boundaries,*
 - *Windmannstätten structure,*

- nieciągłości materiału wynikających z procesów technologicznych (obróbki cieplnej, obróbki plastycznej),
- mikrostruktury żeliw szarych i sferoidalnych (cechy wydzielen grafitu, cechy osnowy metalowej, cechy wtrąceń eutektyki fosforowej i cementytu),
- obserwacje mikrostruktury metali nieżelaznych i ich stopów z określeniem:
 - rodzaju i rozkładu faz,
 - nieciągłości materiału wynikających z procesów technologicznych (obróbki cieplnej, obróbki plastycznej).
- *material discontinuity resulting from the technological processes (heat treatment, plastic forming),*
- *microstructure of grey and spheroidal cast iron (features of graphite phase, features of metal matrix, features of phosphide eutectic and cementite inclusions),*
- *surveys of the microstructure of non-ferrous metals and their alloys with the determination of:*
 - *kinds and distribution of phases,*
 - *material discontinuity resulting from the technological processes (heat treatment, plastic forming).*



Rys. 4. Skaningowy mikroskop elektronowy FEI Inspect S i mikroanalizator rentgenowski EDS EDAX Genesis 2

Fig. 4. FEI Inspect S electronic microscope and EDAX Genesis 2 and EDS x-ray microanalyzer



Rys. 5. Defektoskop ultradźwiękowy USN 60 SW

Fig. 5. USN 60 SW supersonic flaw detector



Rys. 6. Spektrometr emisyjny z wyładowaniem jarzeniowym GDS 500A

Fig. 6. GDS 500A glow discharge spectrometer



Rys. 7. Profilometr Hommelwerke T8000 RC

Fig. 7. Hommelwerke T8000 RC profile measurement gauge



Rys. 8. Twardościomierz TIV

Fig. 8. TIV hardness tester

Oprócz metod akredytowanych, Zakład prowadzi badania z wykorzystaniem następujących metod:

- badania tłochności blach i taśm metodą Erichsen,
- technologicznej próby zginania blach i drutów celem określenia podatności materiału do odkształceń plastycznych,
- próby udarności z określeniem siły w funkcji drogi łamania,

In addition to the accredited methods, the Department performs investigations with the use of the following methods:

- *sheet and strip drawability investigation by the Erichsen method,*
- *technological bending test of sheets and wires in order to determine the material susceptibility to plastic strain,*
- *impact test with the determination of the force as a function of the breaking path,*

- próby udarności sposobem Charpy'ego KCV i KCU w temperaturach obniżonych do -40°C ,
 - identyfikacji faz występujących w metalach metodą rentgenowskiej analizy fazowej,
 - wyznaczania zawartości austenitu szczątkowego w zahartowanych stalach metodą rentgenowską,
 - wyznaczania krzywych wzmocnienia i naprężeń uplastyczniających w zakresie temperatury $20-1200^{\circ}\text{C}$ metodą beztarciowego ściskania próbek,
 - statycznej próby rozciągania w temp. podwyższonych (do 800°C) z wyznaczeniem granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie,
 - pomiarów tensometrycznych sił i naprężeń w narzędziach i maszynach,
 - pomiarów naprężeń własnych materiałów metodą rentgenowską $\sin^2\psi$,
 - badań zmęczeniowych (do 200 kN),
 - pomiarów grubości warstw metodą pomiaru twardości z wyznaczeniem: głębokości odwęglania, grubości warstw hartowanych powierzchniowo, grubości warstw azotowanych, nawęglanych i azotonawęglanych,
 - pomiarów wielkości ziarna metodą porównawczą i metodą siecznych Snyder-Graffa,
 - badań nieniszczących metodą ultradźwiękową i penetracyjną,
 - pomiarów twardości sposobem Rockwella HRB, HR30T i HR30N,
 - badania struktury za pomocą mikroskopu elektronowego,
 - badania składu chemicznego za pomocą mikroanalizatora rentgenowskiego EDS,
 - określania składu chemicznego stali za pomocą spektrometru emisyjnego z wyładowaniem jarzeniowym,
 - wyznaczania parametrów chropowatości powierzchni za pomocą profilometru,
 - pomiarów twardości Vickersa za pomocą przenośnego twardościomierza TIV.
- Rocznie dla odbiorców z przemysłu laboratorium wykonuje ok. 100 badań dotyczących właściwości materiałów, przyczyn zużycia i uszkodzenia wyrobów i narzędzi.*

Klientami laboratorium są między innymi firmy: Delphi – Ostrów Wlkp., Intermetal - Inowrocław, Marcopol – Chwaszczyno k. Gdyni, VW Odlewnia - Poznań, GKN Drivline - Oleśnica, Mikroma - Września, Timken Polska - Sosnowiec, SKF - Poznań, Electrolux - Oława, Amica - Wronki, Bomet - Barlinek, Grupa Kęty - Kęty.

Intensyfikacja współpracy z jednostkami zewnętrznymi pozwala na zbieranie i wymianę kolejnych doświadczeń, a także podejmowanie nowych wspólnych przedsięwzięć innowacyjnych.

- *KCV and KCU Charpy impact test at temperatures close to -40°C ,*
- *identification of phases present in metals by the method of x-ray phase analysis,*
- *determination of the retained austenite content in hardened steels by the x-ray method,*
- *determination of the work-hardening curves and yield stresses in the temperature range of $20-1200^{\circ}\text{C}$ by the method of frictionless compression of samples,*
- *static tensile test at raised temperatures (up to 800°C) with the determination of the yield strength and the tensile strength,*
- *extensometric measurements of stress in tools and machines,*
- *measurements of material internal stresses by the $\sin^2\psi$ x-ray method,*
- *fatigue tests (up to 200 kN),*
- *layer thickness measurements by the method of hardness measurement with the determination of: decarbonizing depth, thickness of surface hardened layers, thickness of nitrided layers, carbonized ones and nitrogen carbonized ones,*
- *grain size measurements by the comparative method and by the Snyder-Graff secant method,*
- *non-destructive testing by the ultrasonic and penetrant method,*
- *hardness measurements by Rockwell HRB, HR30T and HR30N methods,*
- *microstructure examination by means of an electron microscope,*
- *examination of chemical composition by means of an EDS x-ray microanalyzer,*
- *determination of steel chemical composition by means of an emission spectrometer with glow discharge,*
- *determination of roughness parameters by means of a profile measurement gauge,*
- *Vickers hardness measurement by means of a TIV hardness tester.*

Annually, the Department performs about 100 investigations concerning material properties, reasons of wear and product or tool failures. Some of the Department's customers are: Delphi, Ostrów Wlkp.; Intermetal, Inowrocław; Marcopol, Chwaszczyno k.Gdyni; VW Foundry, Poznań; GKN Drivline, Oleśnica; Mikroma,Września; Timken Polska, Sosnowiec; SKF,Poznań; Electrolux, Oława; Amica, Wronki; Bomet, Barlinek; Kęty Group, Kęty. Intensification of collaboration with other entities allows for collection and exchange of experience, as well as undertaking new common innovative actions.