

**Mechanizmy i struktury transformacji wiedzy
i transferu technologii w obszarze
zaawansowanych technologii materiałowych
na przykładzie działalności Instytutu
Technologii Eksploatacji – PIB i Programu
Wieloletniego PW-004**



Adam MAZURKIEWICZ, Jan WALKOWICZ, Jerzy SMOLIK

Zebranie Plenarne Komitetu Nauki o Materiałach PAN

Instytut Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu

13 października 2008 r.



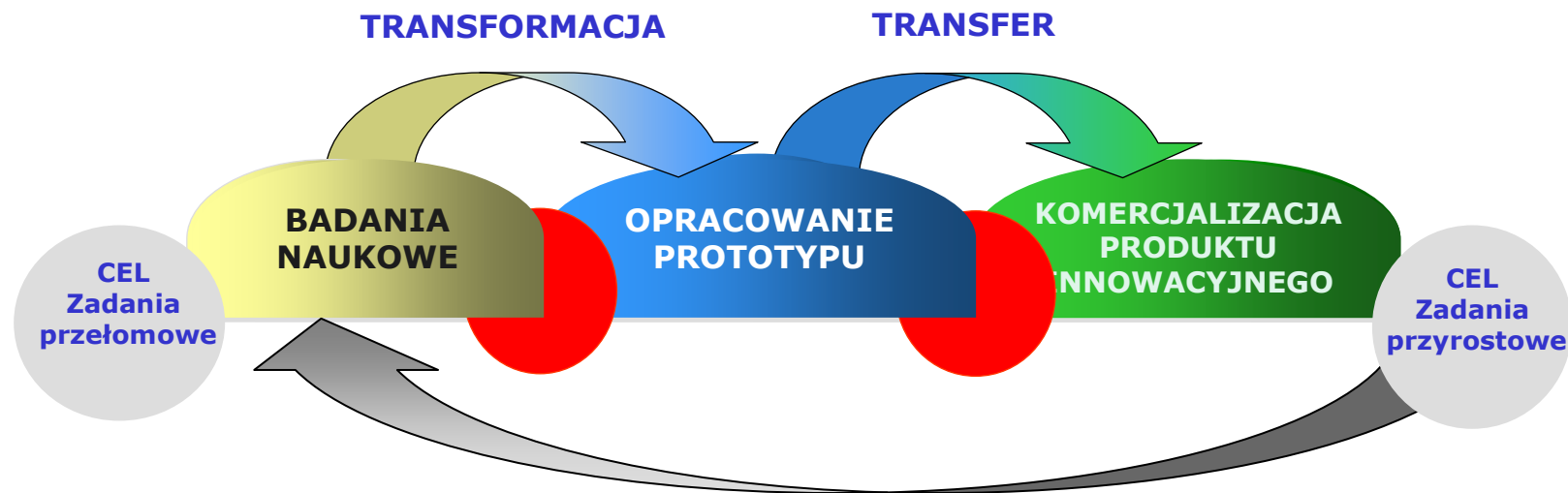


PLAN PREZENTACJI

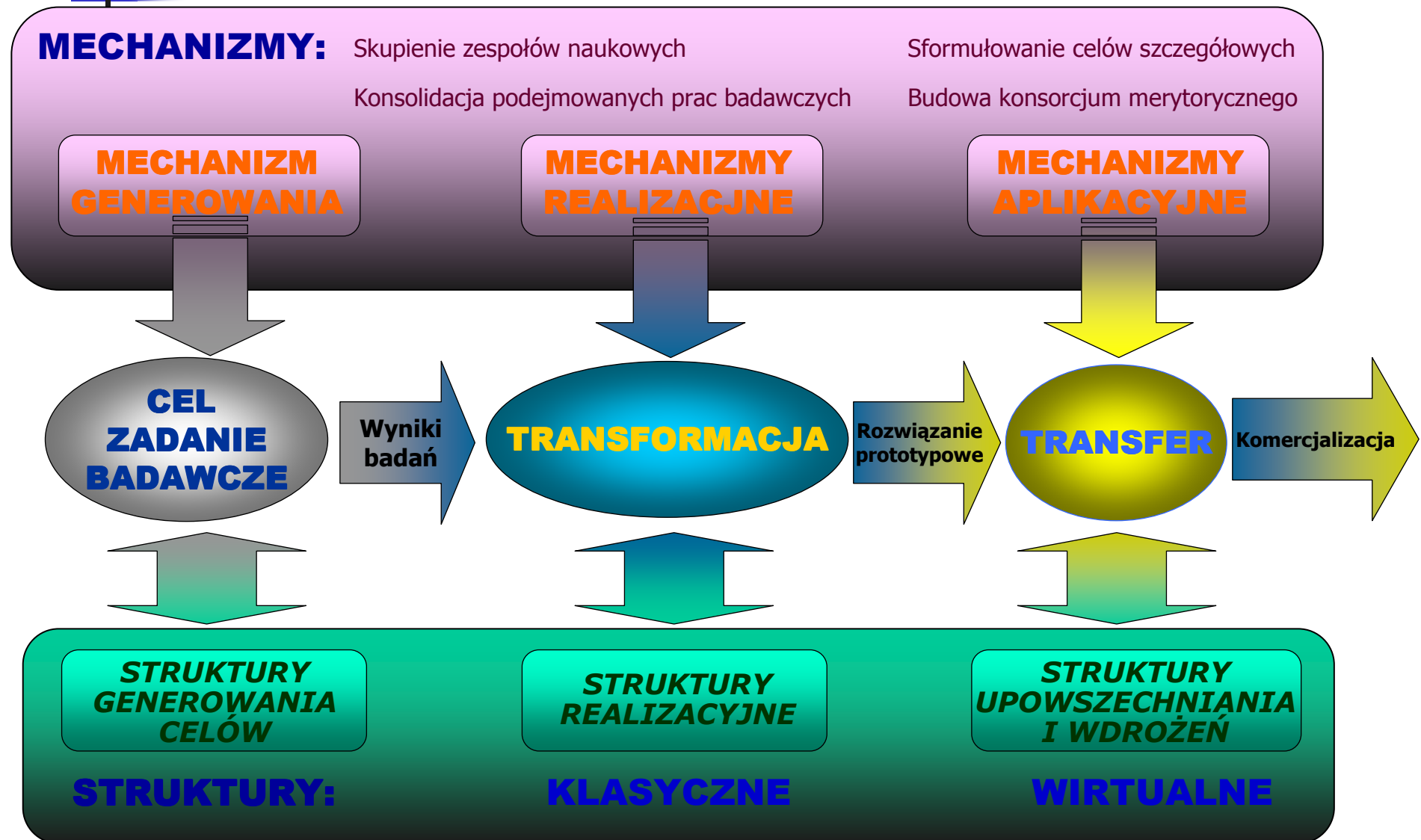
- **MODELOWE MECHANIZMY I STRUKTURY TRANSFERU TECHNOLOGII DO ZASTOSOWAŃ PRZEMYSŁOWYCH**
- **ZADANIA NAUKOWO-BADAWCZE ORAZ STRUKTURA REALIZACYJNA STRATEGICZNEGO, RZĄDOWEGO PROGRAMU WIELOLETNIEGO PW-004**
- **PRZYKŁADY MECHANIZMÓW I STRUKTUR OPERACYJNYCH DLA WYBRANYCH ZADAŃ BADAWCZYCH**



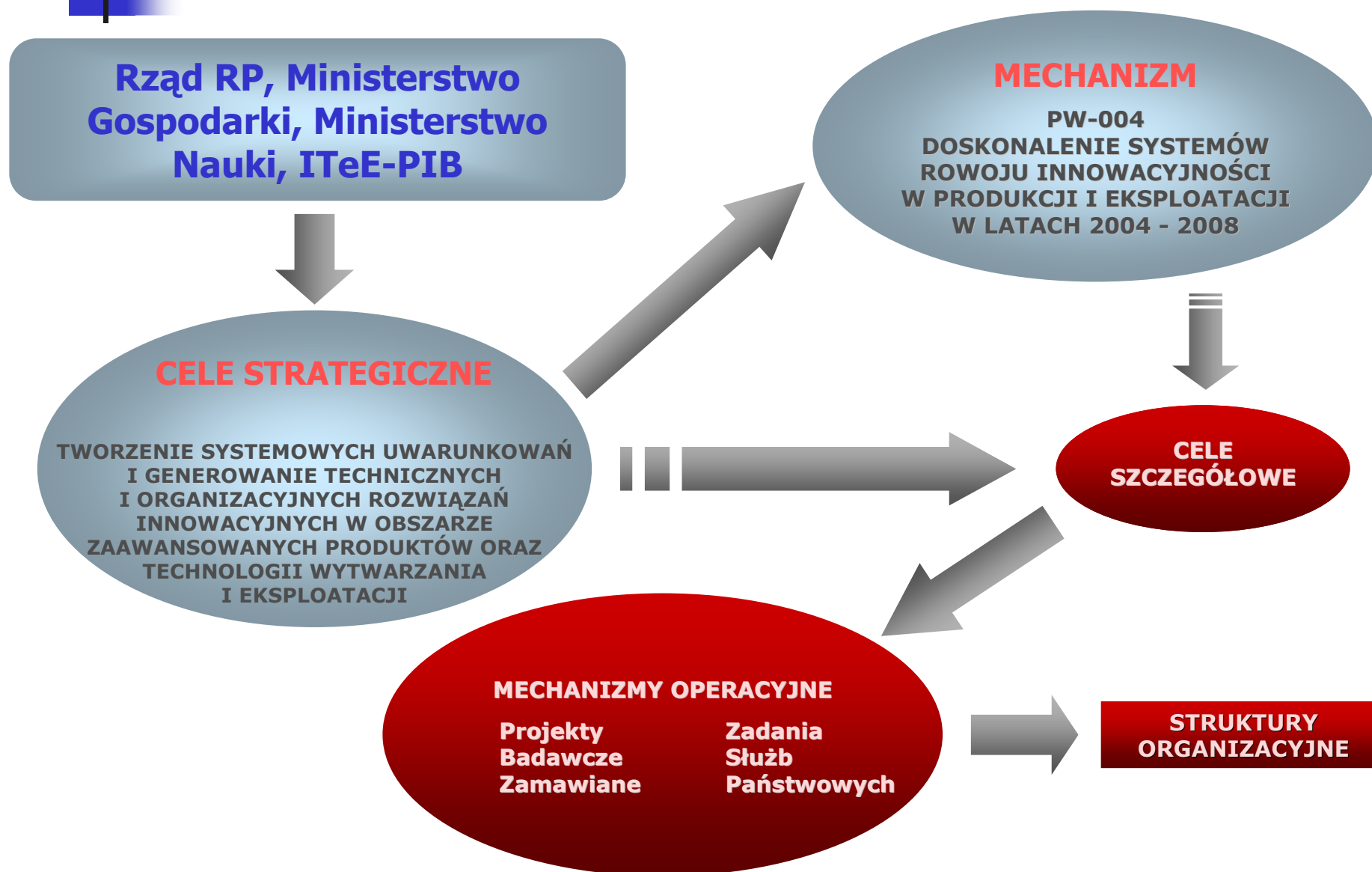
Procesy transformacji i transferu wiedzy



MECHANIZMY I STRUKTURY



STRUKTURY GENEROWANIA CELÓW STRATEGICZNYCH





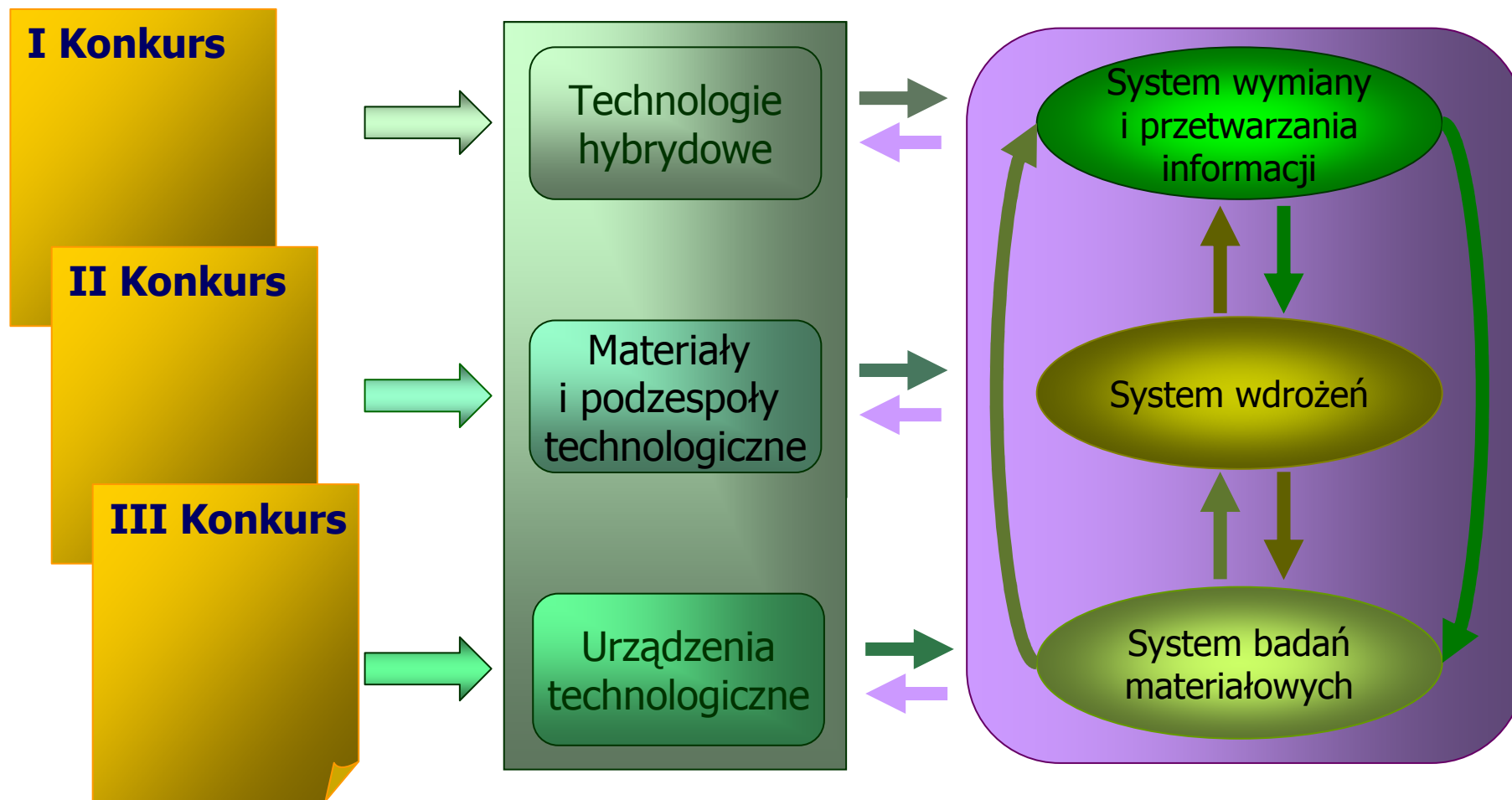
STRATEGICZNY, RZĄDOWY PROGRAM WIELOLETNI

GRUPY TEMATYCZNE PW-004

- ✓ Doskonalenie procesów transformacji wiedzy i transferu technologii do gospodarki
- ✓ Rozwój zaawansowanych technologii w inżynierii powierzchni
- ✓ Doskonalenie systemów racjonalizacji zużycia zasobów w procesach wytwarzania i eksploatacji maszyn i urządzeń technicznych
- ✓ Rozwój technicznych systemów przeciwdziałania zagrożeniom technicznym i usuwania skutków katastrof
- ✓ Technologie i metody zmniejszenia uciążliwości ekologicznej przemysłowych procesów wytwarzania oraz eksploatacji maszyn i urządzeń technicznych
- ✓ Metody i aparatura testowa w zakresie produktów, procesów i bezpieczeństwa technicznego
- ✓ Metody i urządzenia do wspomagania systemów jakości w procesach wytwarzania i eksploatacji
- ✓ Rozwój doskonalenia zawodowego w zakresie zaawansowanych technologii produkcji i eksploatacji

Rozwiązania w zakresie technologii wielostopniowych opracowane w ramach PBZ-04

Projekt Badawczy Zamawiany PBZ-04:
„Rozwój nanotechnologii w inżynierii powierzchni”



Mechanizm opracowywania zaawansowanych technologicznie hybrydowych warstw wierzchnich

I Konkurs (PW-004/ITE/04/2004)

1. Procesy osadzania powłok

parametry procesów osadzania

- rozpylanie magnetrone stałoprądowe i impulsowe (DC/RF/MW PAPVD),
- odparowanie stałoprądowym łukiem próżniowym (PAPVD),
- osadzanie z plazmy wyładowania jarzeniowego (RF/MW PACVD),
- ablacja laserowa (PLD),
- implantacja jonowa i osadzanie ze wspomaganie wiązką jonów (IBAD),
- odparowanie wiązką elektronową z jonizacją par (EB-PVD).

właściwości powłok

- nc-TiN/a-Si₃N₄, nc-CrN/a-Si₃N₄;
- Al-Cu-Fe(CrCo), Al-Ni-Co-Si;
- UNCD;
- Si_xN_y, BN, DLC, CrN_x;
- CrN-Me, CrN-MeN, CrN-MeC;
- MCrAlY, Al₂O₃, TiN/Al₂O₃, ZrO₂-Y₂O₃-Al₂O₃.

2. Procesy obróbki dyfuzyjnej

parametry procesów obróbki dyfuzyjnej

właściwości warstw dyfuzyjnych

- azotowanie jarzeniowe,
- azotowanie gazowe,
- nawęglanie próżniowe,
- chromowanie i tytanowanie próżniowe.

3. Badanie właściwości warstw powierzchniowych, budowa baz danych

dobór konfiguracji materiałowych i kombinacji procesów technologicznych

- bazy danych,
- systemy ekspertowe.

optymalizacja procesów hybrydowych

wstępne parametry

4. Procesy hybrydowe

- procesy duplex,
- kompozyty: „warstwa dyfuzyjna-powłoka PVD/CVD”,
- powłoki z barierą cieplną.

Mechanizm opracowywania zaawansowanych technologicznie hybrydowych warstw wierzchnich

I Konkurs (PW-004/ITE/04/2004)

1. Procesy osadzania powłok

- ✦ rozpylanie magnetronowe stałoprądowe i impulsowe (DC/RF/MW PAPVD),
- ✦ odparowanie stałoprądowym łukiem próżniowym (PAPVD),
- ✦ osadzanie z plazmy wyładowania jarzeniowego (RF/MW PACVD),
- ✦ ablacja laserowa (PLD),
- ✦ implantacja jonowa i osadzanie ze wspomaganie wiązką jonów (IBAD),
- ✦ odparowanie wiązką elektronową z jonizacją par (EB-PVD).

- nc-TiN/a-Si₃N₄, nc-CrN/a-Si₃N₄;
- Al-Cu-Fe(CrCo), Al-Ni-Co-Si;
- UNCD;
- Si_xN_y, BN, DLC, CrN_x;
- CrN-Me, CrN-MeN, CrN-MeC;
- MCrAlY, Al₂O₃, TiN/Al₂O₃,
ZrO₂-Y₂O₃-Al₂O₃.

2. Procesy obróbki dyfuzyjnej

- ✦ azotowanie jarzeniowe,
- ✦ azotowanie gazowe,
- ✦ nawęglanie próżniowe,
- ✦ chromowanie i tytanowanie próżniowe.

3. Badanie właściwości warstw powierzchniowych, budowa baz danych

- ✦ bazy danych,
- ✦ systemy ekspertowe.

4. Procesy hybrydowe

- ✦ procesy duplex,
- ✦ kompozyty: „warstwa dyfuzyjna-powłoka PVD/CVD”,
- ✦ powłoki z barierą cieplną.



Rozwiązania w zakresie technologii wielostopniowych opracowane w ramach PBZ-04

II Konkurs (PW-004/ITE/04/2005)

1. Próżniowe technologie modyfikacji warstwy wierzchniej

- ✚ dyfuzyjne powłoki Ni-Al oraz Ni-Pt-Al modyfikowane hafnem na stopach niklu (Arc-PVD)
- ✚ warstwy dyfuzyjne na stopach tytanu (nawęglanie próżniowe)
- ✚ warstwy węglaozotku tytanu na stopach magnezu (MOPACVD)

2. Materiały na targety i technologie wytwarzania targetów dla procesów PAPVD i EB-PVD

- ✚ spieki z NiAl i kompozyty TiC-TiB₂ na źródła par dla nakładania powłok metodami PVD
- ✚ nanokrystaliczne targety Al do źródeł łukowych
- ✚ targety ceramiczne na bazie tlenku cyrkonu (YSZ + Gd, Nd, La)

3. Przygotowanie technicznych warunków transferu technologii do wdrożeń przemysłowych

- ✚ weryfikacja modelowych technologii obróbki powierzchniowej
- ✚ weryfikacja przydatności opracowanych materiałów na targety

Rozwiązania w zakresie technologii wielostopniowych opracowane w ramach PBZ-04

III Konkurs (PW-004/ITE/04/2006)

1. Wytwarzanie nanostrukturalnych warstw kompozytowych do podwyższania trwałości narzędzi specjalnych

- ultra-twarde powłoki dwuwarstwowe ($\text{CrN/Si}_3\text{N}_4$)/TiN na narzędzia skrawające z węglików spiekanych
- nanostrukturalne warstwy kompozytowe na bazie węgla do mechanicznej obróbki drewna i materiałów drewnopochodnych
- spieków diamentu z nanokrystaliczną osnową WC/Co na ostrza narzędzi skrawających do obróbki drewna

LIACO
SP. Z O.O.FABA

2. Wytwarzanie nanostrukturalnych warstw kompozytowych do podwyższania trwałości elementów urządzeń technicznych

- warstw kompozytowych MeC na potrzeby przemysłu motoryzacyjnego
- nanostrukturalne, wielowarstwowe powłoki PAPVD osadzone metodami MeIID i EB-PVD dla przemysłu motoryzacyjnego
- odporne na ścieranie nanostrukturalne warstwy kompozytowe typu Fe-Cr-Mo natryskiwane cieplnie

iskracelsa
hutaostrowiec

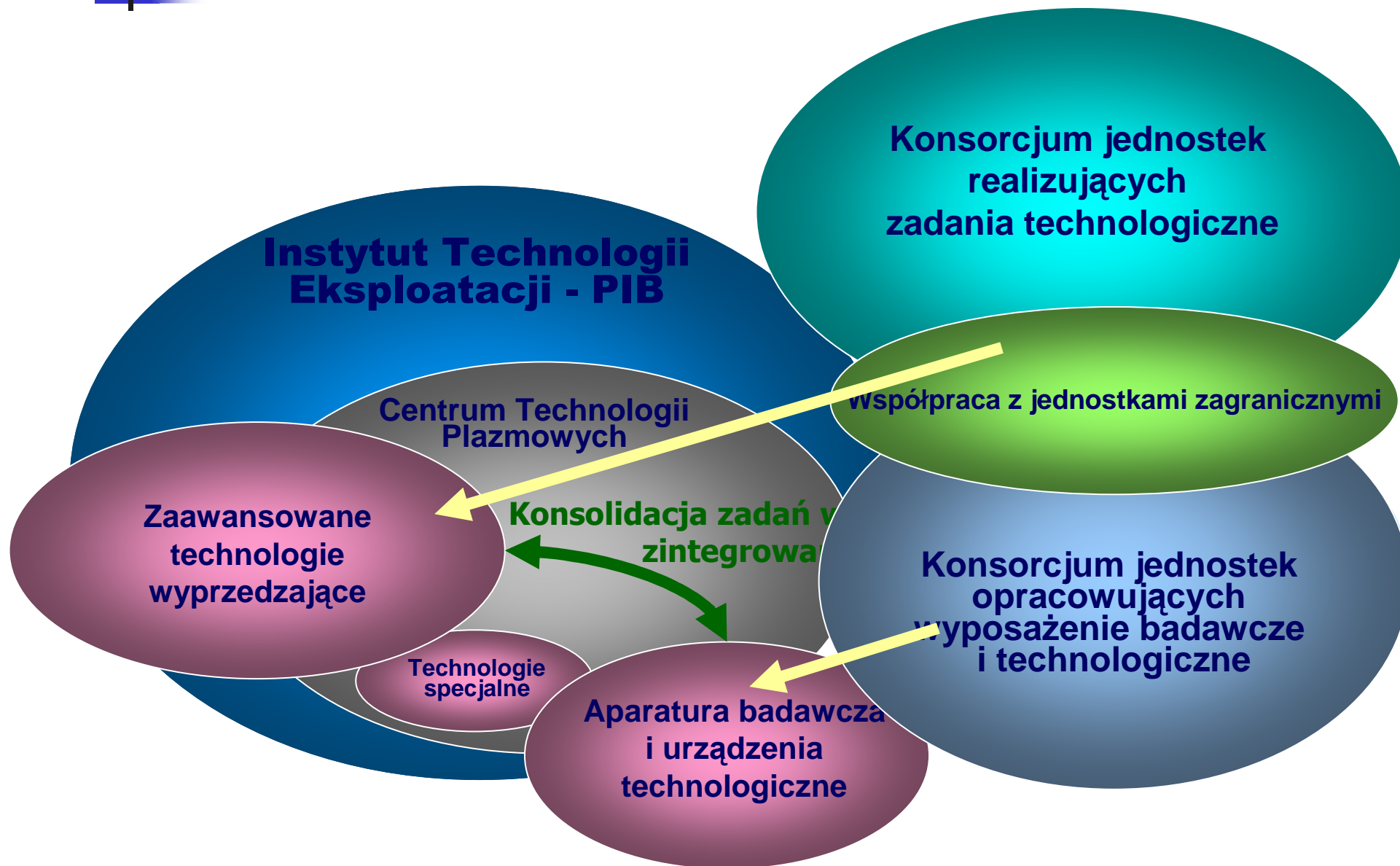
3. Wytwarzanie urządzeń i podzespołów technologicznych oraz systemów do monitorowania i sterowania procesami modyfikacji warstwy wierzchniej

- system kontroli i sterowania procesem wieloźródłowego rozpylania magnetronego oparty o emisyjną spektroskopię plazmy
- wielofunkcyjne stanowisko technologiczne do realizacji hybrydowych technologii obróbki powierzchniowej
- czujnik magnetyczny do pomiaru in situ wzrostu warstwy azotowanej w systemach monitorowania procesów azotowania gazowego



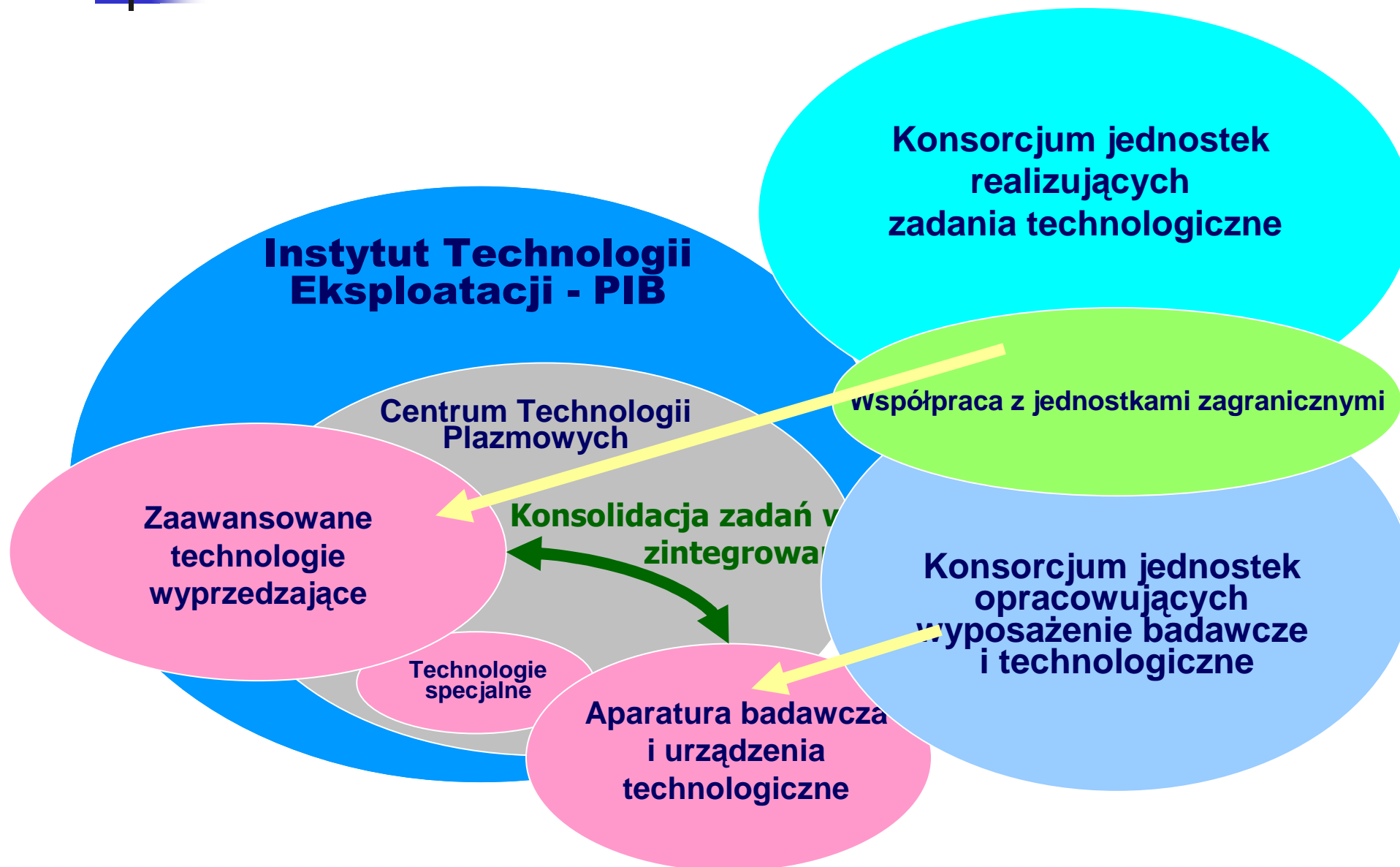


Ewolucja struktur wdrażania technologii obróbki powierzchniowej w ITeE





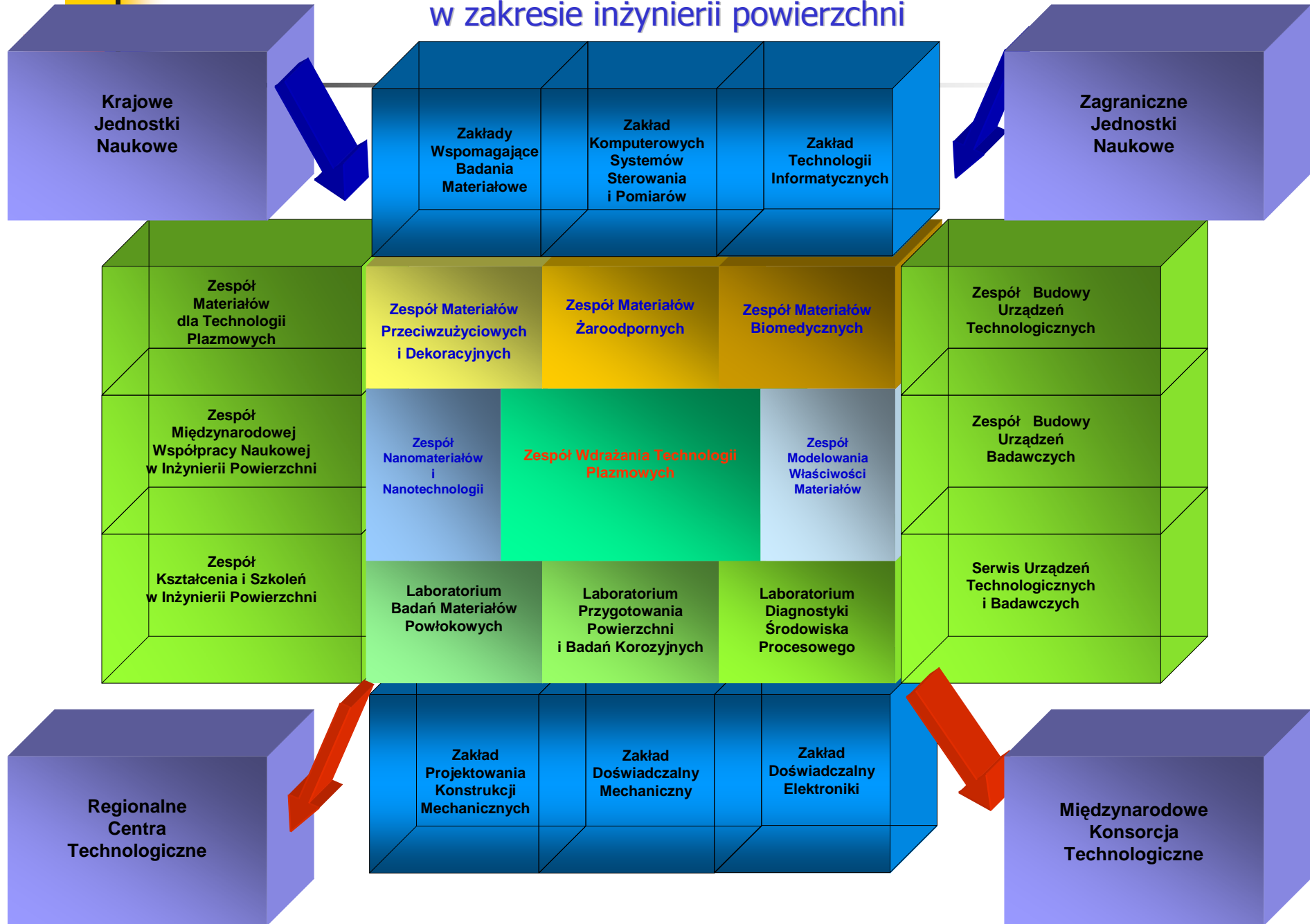
Ewolucja struktur wdrażania technologii obróbki powierzchniowej w ITeE



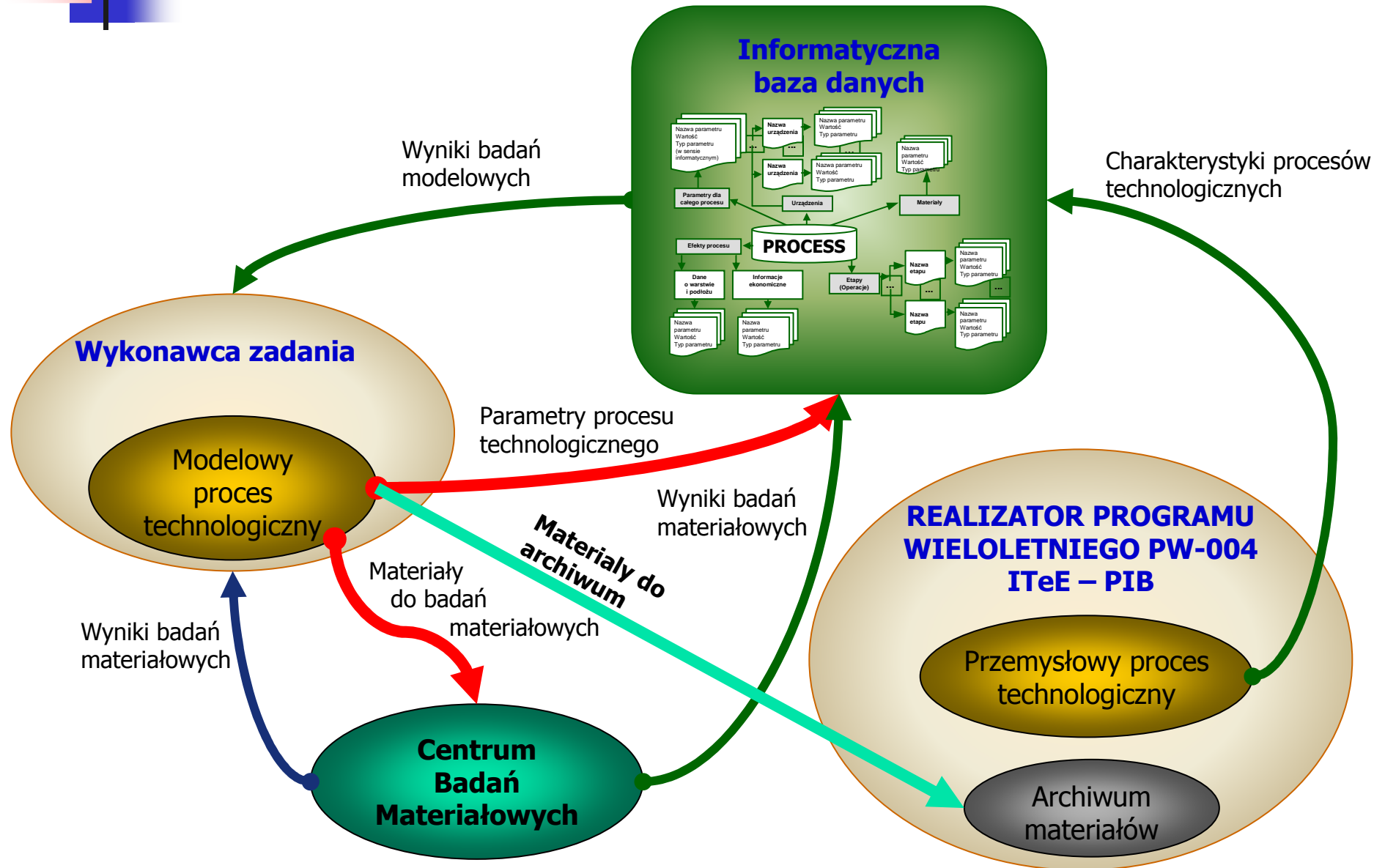
STRUKTURA MODELOWEGO CENTRUM TRANSFERU TECHNOLOGII W ZAKRESIE INŻYNIERII POWIERZCHNI



Struktura modelowego centrum transferu technologii w zakresie inżynierii powierzchni

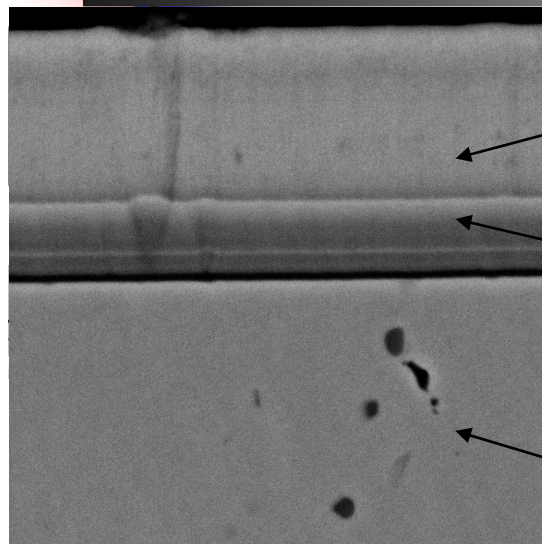


Komputerowe wspomaganie prac badawczych



Zaawansowane technologie

Warstwy z barierą cieplną



- powłoka termoizolacyjna
- Warstwa ceramiczna $ZrO_2 + 7\%$ wagowo Y_2O_3 (TBC)
- warstwa przejściowa
- bariera dyfuzyjna dla tlenu Al_2O_3
- $NiAl-Hf$
- warstwa wiążąca (BC) $MCrAlY$
- bariera dyfuzyjna dla pierwiastków stopowych
- Nimonic 80A

CEL
ZADANIA PRZEŁOMOWE

MECHANIZM PZ4
ROZWÓJ NANOTECHNOLOGII W INŻYNIERII POWIERZCHNI

EFEKT

Łopatkki turbin silników odrzutowych

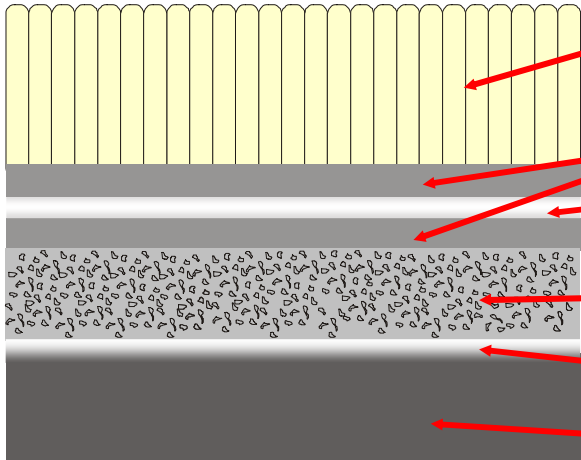


STRUKTURA (wirtualna)



Zaawansowane technologie

Warstwy z barierą cieplną



powłoka termoizolacyjna
warstwa ceramiczna
ZrO₂+7% wagowo Y₂O₃ (TBC)

warstwa przejściowa

bariera dyfuzyjna dla tlenu Al₂O₃

warstwa wiążąca
(BC) MCrAlY

bariera dyfuzyjna dla pierwiastków stopowych

nadstop

CEL
ZADANIA
BADAWCZE

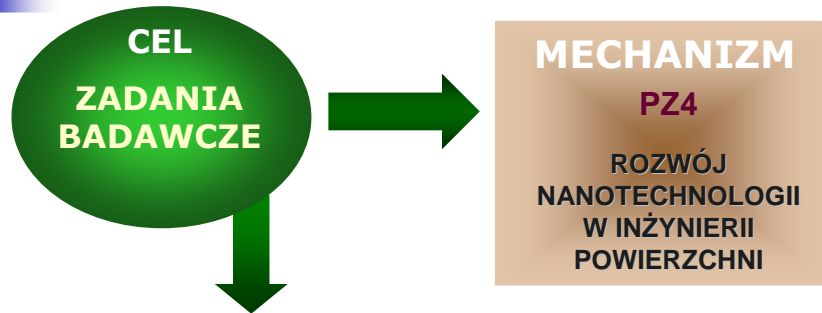
MECHANIZM
PZ4
ROZWÓJ
NANOTECHNOLOGII
W INŻYNIERII
POWIERZCHNI

STRUKTURA (wirtualna)

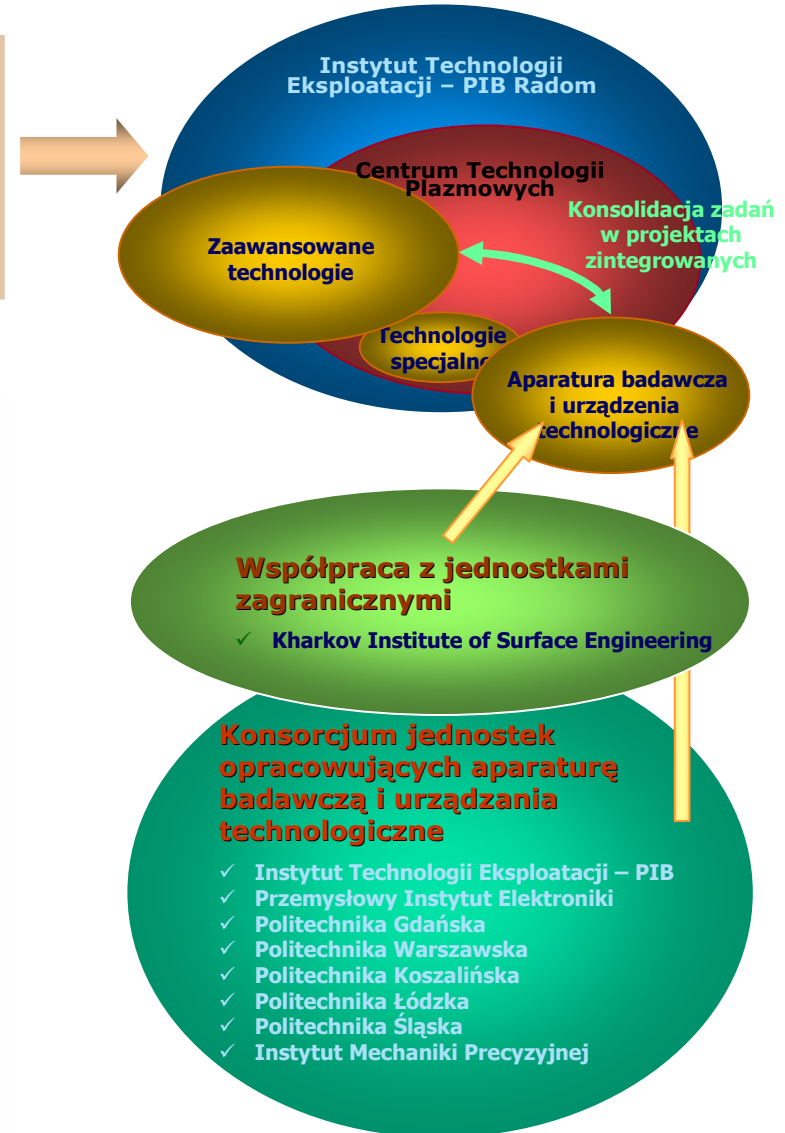
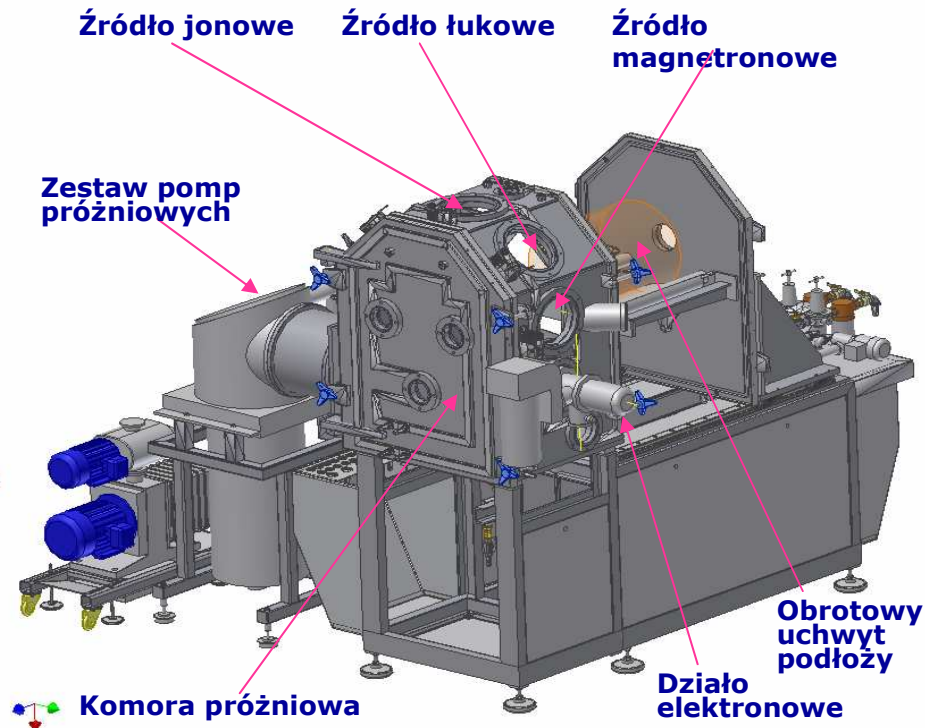


Aparatura badawcza i urządzenia technologiczne

STRUKTURA (wirtualna)

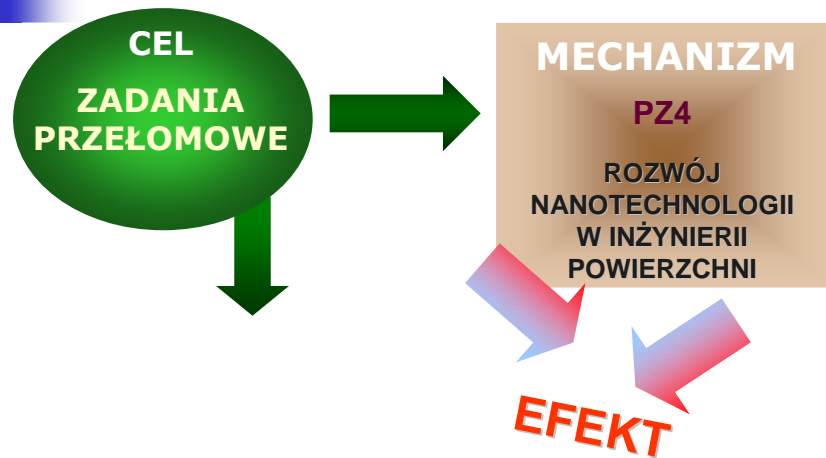


Urządzenie hybrydowe EB-PVD



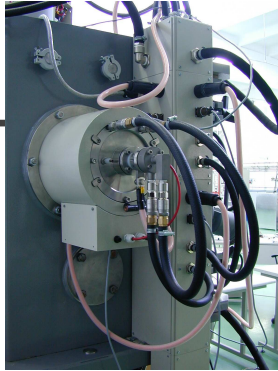
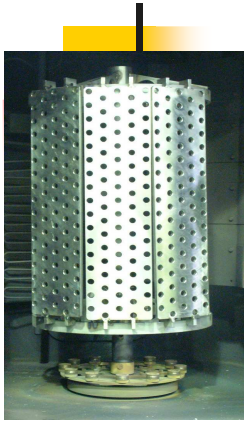
Aparatura badawcza i urządzenia technologiczne

STRUKTURA (wirtualna)



Prototyp urządzenia hybrydowego EB-PVD

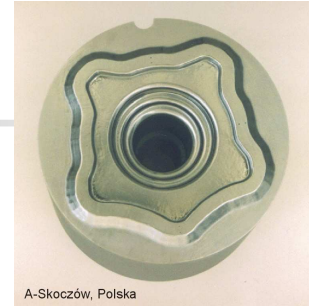




D-METAV S.A., Rumunia



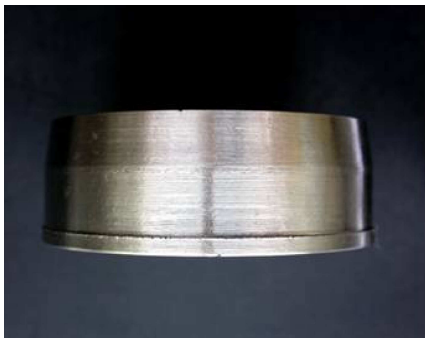
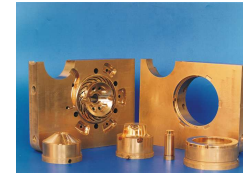
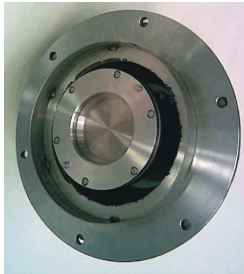
C-SIDENOR I+D S.A., Hiszpania



A-Skoczów, Polska



B-FLT-Kraśnik, Polska



International Heat Treatment and Surface Engineering

incorporating **Heat Treatment of Metals**

October 2007
Volume 1
Number 3



Communicating efficient
industry practice

Knowledge transfer mechanisms for advanced surface engineering technologies

A. Mazurkiewicz*

A breakthrough in the area of PVD/CVD coating technologies, as in other surface engineering technologies, requires not only technical innovation but also innovative technological and organisational support. The cohesion of these diverse areas forms a basis for obtaining theoretical and physical models, which give rise to prototypes for the rapid application of breakthrough solutions. Mechanisms and structures aimed at reaching breakthrough research objectives are presented, taking as an example the investigation and application of new materials, particularly using surface engineering PVD plasma technologies. The advanced technology of thermal barrier coatings (TBC) is described and the associated process development, including the design and construction of a unique hybrid device for TBC creation, are presented. By means of this example, a combination of breakthrough and incremental research is explored and a real path for balancing research and knowledge transfer, leading to innovative solutions and technologically advanced product application, is demonstrated.

Keywords: Surface engineering, Hybrid technologies, Thermal barrier coatings, Knowledge transfer, Technology centre

Introduction

The demand for advanced technologies in manufacturing has been growing very rapidly in recent years. This concerns, in particular, plasma technologies related to surface engineering. These technologies are more and more commonly used to increase the durability of tools and important machine elements. These include components for working in extreme environments, as well as for increasing the quality, and combined properties of products manufactured on a mass scale. Nearly every successful implementation requires the development of a specialised technology, which depends on the type of the product, its size, material used, working conditions, etc. Technological apparatus used for elaborating and applying new technologies is therefore very complicated and expensive and requires highly specialised personnel for its operation. Moreover, its processing capacity usually exceeds the immediate production needs. The characteristics of plasma surface engineering technologies mentioned above demonstrate that these technologies should be developed and used in specialised technology centres, closely interrelated with both research and industrial sectors. Such a situation requires the establishment of new mechanisms for the acquisition of knowledge simultaneously from many research centres, transformation of this knowledge into viable industrial technologies and, in the final stage, transfer of the solutions obtained into industry. Very often, because

of the breakthrough nature of the research and technological solutions, it is necessary to create a special network and virtual structures which give direct access to specialised laboratories, devices and most of all to researchers and practitioners. It is also essential to secure appropriate financing for such undertakings – usually they are very expensive and at the same time are associated with high risk. In the framework of strategic governmental programmes or international projects, as well as scientific and technical studies in general, these projects require the application of innovative organisational methods. The process for the creation of new methods and structures of knowledge transfer for advanced technologies is presented in this paper using the example of specialised PVD/CVD coatings, together with the use of novel technological devices and innovative organisational structures essential for their application.

Mechanisms and structures of knowledge transfer

Knowledge transformation and its transfer for advanced technologies and products into the economy shown in Fig. 1 are very complex processes¹ that require the creation of special mechanisms and structures for generating the aims and objectives of a project as well as methods for their realisation, procedures for research development and pilot production activities.

In the past, the lack of such mechanisms and collaborative structures on a large scale has resulted in low participation rates of Polish scientific, economic and governmental units in the framework programmes of the European Union, particularly in the sixth Framework Programme.

Institute for Sustainable Technologies – National Research Institute, Radom, Poland

*Corresponding author, email adam.mazurkiewicz@itee.radom.pl



PODSUMOWANIE

- ✚ Strategiczne, wieloletnie programy badawcze - skuteczna i efektywna forma transformacji wiedzy naukowej do zastosowań gospodarczych;
- ✚ Struktury wirtualne determinantą rozwoju badań naukowych i prac rozwojowych;
- ✚ Interdyscyplinarność badań i aplikacji w inżynierii powierzchni - wyznacznik sukcesu w transformacji wiedzy w obszarze zaawansowanych technologii.