

W 2008 r. w ramach działalności statutowej realizowano 3 tematy badawcze obejmujące wytwarzanie, badanie właściwości i praktyczne zastosowania ośrodków zjonizowanych i promieniowania laserowego do celów technicznych i ekologicznych. Poza działalnością statutową realizowano inne projekty badawcze dotyczące tej samej tematyki, finansowane przez MNiSW. Część badań realizowana była w ramach współpracy międzynarodowej.

W Zakładach Z1 i Z3 realizowano wspólny temat statutowy O3/T1 pn. „Zastosowania techniki plazmowej i laserowej” pod kierunkiem prof. J. Mizeraczyka.

W Zakładzie Z2 tematem statutowym były „Spektroskopowe metody nieniszczącej analizy materiałów i diagnostyki procesowej”, O3/T2. Realizacją tego tematu kierował prof. G. Śliwiński.

### **O3/T1. Zastosowania techniki plazmowej i laserowej**

Celem prac prowadzonych w ramach zadania „Zastosowanie mikrofalowej techniki plazmowej” są badania i doskonalenie mikrofalowych źródeł plazmy oraz diagnostyka i modelowanie plazmy. Wszystkie prace prowadzone w 2008 roku dotyczyły generatorów plazmy na częstotliwości 2,45 GHz i wyładowań pod ciśnieniem atmosferycznym.

W okresie sprawozdawczym kontynuowano rozbudowę i modernizację bazy eksperymentalnej Zakładu O3/Z1. W rezultacie dysponujemy kilkoma niezależnymi stanowiskami dla badania

*In 2008 in the frame of statute activity has been realised 3 research topics encompassing production, investigation of properties and practical application of ionised media and laser radiation for technical and ecological purposes. Apart from statute activity, realised were other research activities regarding same topics and financed by the Ministry of Science and Higher Education (MNiSW). Part of investigations have been realised in the frame of international cooperation.*

*In the Department Z1 and Z3 realised the following statute topic:*

*O3/T1 “Applications of laser and plasma technology” Coordinator: Professor J. Mizeraczyk.*

*In the Department Z2 realised have been following statute topics: O3/T2 “Spectroscopic methods for non-destructive analysis of materials and process diagnostics” Coordinator: Professor G. Śliwiński.*

### **O3/T1. Applications of laser and plasma technology**

*The objective of works, carried out in the frame of the topic “The use of microwave plasma technology”, are investigations and modification of microwave plasma generators as well as diagnostics and plasma modelling. All works carried out in 2008 regarded plasma generators at frequency 2.45 GHz and discharges under atmospheric pressure.*

*In the reporting year, has been continued extension and modernisation of experimental facilities at the O3/Z1 De-*

i użytkowania mikrofalowych generatorów plazmy, pracującymi na zalecanej dla stosowania w przemyśle częstotliwości mikrofal 2,45 GHz i wyposażonymi w układy zasilania, kontroli i pomiaru mocy mikrofal i wydatku gazów roboczych.

Główny wysiłek badawczy włożono w wykonanie prac związanych z opracowaniem i optymalizacją mikrofalowych źródeł plazmy. Ta prowadzona od kilku lat tematyka, jest obecnie realizowana w ramach działalności statutowej i projektów badawczych MNiSW PB 3020/T02/2006/31 (pt. „Badania i optymalizacja mikrofalowych źródeł plazmy o dużym natężeniu przepływu gazów do zastosowań przemysłowych”) i PB 0895/B/T02/2007/33 (pt. „Badania metod generacji i właściwości mikroplazmy mikrofalowej pod ciśnieniem atmosferycznym”). Głównym celem jest optymalizacja istniejących i opracowanie nowych, doskonalszych mikrofalowych generatorów plazmy stosowanych w przemysłowych technologiach obróbki gazów (produkcja wodoru w procesie reformingu węglowodorów, destrukcja gazów szkodliwych dla środowiska).

Zakres tych długofalowych prac obejmuje:

- diagnostykę i fizyczne modelowanie wytwarzanej plazmy,
- badanie elektrodynamicznych charakterystyk generatorów,
- analizę efektywności transferu mocy do plazmy i stabilności pracy generatorów,

*partment. In effect we have at our disposal several independent research places for investigations and usage of microwave plasma generators, operating at industrially recommended, microwave frequency of 2.45 GHz and equipped with supply systems, control and measurement of microwave power and working gas expenditure.*

*The main effort of research done in the work related to the development and optimization of microwave plasma sources. This kind of activities, carried out for several years now, is presently realised in the frame of statute activity and a contract with a Ministry of Science and Higher Education research project “Research and optimization of microwave plasma sources with a high flow rate of gases for industrial use” (PB 3020/T02/2006/31) and “Research of generation methods and properties of microwave micro plasma at atmospheric pressure” (PB 0895/B/T02/2007/33). Their objective is optimisation of existing and development of new, more refined microwave plasma generators used in industrial gas treatment technologies (production of hydrogen in the process of reforming of hydrocarbons, the destruction of environmentally harmful gases).*

*The scope of long-term activities encompasses the following topics:*

- *Diagnostics and physical modelling of produced plasma,*
- *Electro dynamical investigations of generator characteristics,*

- analizę wpływu warunków wyładowania oraz czynników geometrycznych na przebieg procesów chemicznych w obrabianych gazach,
- modelowanie rozkładów pola elektrycznego w obszarze wyładowania.
- *Analysis of effectiveness of power transfer to plasma and stability of generator operation,*
- *Analysis of influence of discharge conditions and geometrical factors on chemical processes in the processed gases,*
- *Modelling of distributions of electric field in the area of discharge.*

W roku 2008 w wyniku powyższych prac powstała zmodyfikowana wersja urządzenia do plazmowej obróbki gazów w przepływie wirowym o dużych natężeniach. Urządzenie to zastosowano do produkcji wodoru w procesie plazmowej pirolizy metanu ( $\text{CH}_4$ ) oraz do destrukcji czynnika chłodniczego HFC-134a ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ ). Dzięki modyfikacjom uzyskano najlepsze aktualnie wyniki dotyczące zakresu absorbowanej mocy mikrofal (obniżenie dolnej granicy do 0,6 kW).

W badaniach produkcji wodoru w procesie plazmowej pirolizy metanu uzyskano najlepsze aktualnie wyniki dotyczące stopnia konwersji metanu (do 99,88%), selektywności konwersji metanu (100%) i energetycznej efektywności produkcji wodoru (do 381 gH<sub>2</sub>/kWh po uwzględnieniu strat w wysokości 33%). W przypadku użycia wyłącznie metanu jako gazu wprowadzanego do plazmy mikrofalowej jedynymi produktami pirolizy metanu okazał się wodór i sadza. Natomiast w przypadku mieszaniny  $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$  dodatkowymi produktami były CO i  $\text{C}_2\text{H}_2$ . Powstawanie powyższych produktów zostało wykazane również w numerycznym modelowaniu kinetyki reakcji chemicznych zachodzących w plazmie mikrofalowej.

*In the year 2008 as a result of mentioned above works has been modified the version of the device to the plasma treatment of gas in rotating flow with high flow rates. This device was used for the production of hydrogen in the process of plasma pyrolysis of methane ( $\text{CH}_4$ ) and to the destruction of the refrigerant HFC-134a ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ ). With the aid of modifications achieved were the best results with regard to the scope of the current absorbed microwave power (reducing the lower limit to 0.6 kW).*

*In the production of hydrogen in the process of plasma pyrolysis of methane the best results were obtained with regard to the current level of methane conversion (up to 99.88(100%) and energy efficiency of hydrogen production (up to 381 gH<sub>2</sub>/kWh taking into account the loss of 33%). In the case of using methane as a gas introduced into the microwave plasma, the only products of methane pyrolysis has proved to be hydrogen and soot. In the case of  $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$  compound additional products were present, namely CO and  $\text{C}_2\text{H}_2$ . The emergence of these products has been demonstrated in numerical modeling of kinetics of chemical re-*

Jak wcześniej wspomniano, w roku 2008 powyższe urządzenie zastosowano również do destrukcji czynnika chłodniczego HFC-134a ( $C_2H_2F_4$ ) w przepływie wirowym. Uzyskano bardzo dobre wyniki, tj. stopień destrukcji, selektywność konwersji do wodoru, energetyczna masowa efektywność destrukcji oraz masowa szybkość destrukcji wyniosły odpowiednio: 94%, 100%, 44  $kg[C_2H_2F_4]/kWh$  oraz 54  $kg[C_2H_2F_4]/h$ .

W okresie sprawozdawczym kontynuowano spektroskopowe badania koncentracji elektronów w plazmie. Metoda opiera się na wyznaczeniu poszerzenia Starka linii atomowej  $H_\beta$  emitowanej przez plazmę, bowiem zależy ono ściśle od koncentracji elektronów w badanej plazmie. Koncentrację elektronów wyznaczono w oparciu o dwie teorie: Gig-Card i GKS. Metoda wykorzystana została do pomiaru koncentracji elektronów w wyładowaniu mikrofalowym podtrzymywanym falą powierzchniową.

Prace z zakresu mikrowyładowań mikrofalowych pod ciśnieniem atmosferycznym obejmowały optymalizację i prowadzenie dalszych badań nad współosiowymi generatorami mikroplazmy w celu uzyskania stabilnego mikrowyładowania w azocie.

W roku 2008 prowadzono również badania teoretyczne nad wyznaczeniem rozkładu pola elektromagnetycznego wewnątrz osiowoosymetrycznych mikrofalowych źródeł plazmy. Zmodyfikowano opracowaną w latach wcześniejszych metodę wyznaczania takich roz-

*actions taking place in the microwave plasma.*

*As previously mentioned, in 2008 also applied this device to destruction of the refrigerant HFC-134a ( $C_2H_2F_4$ ) in the rotating flow. The very good results were achieved, i.e. the degree of destruction, the selectivity of the conversion to hydrogen, energy efficiency of mass destruction and the speed of mass destruction were, respectively: 94%, 100%, 44  $kg[C_2H_2F_4]/kWh$  and 54  $kg[C_2H_2F_4]/h$ .*

*During the reporting period were continued spectroscopic study of electrons in the plasma concentration. The method is based on the Stark extension of atomic line  $H_\beta$  emitted by the plasma, as it is strictly dependent on the concentration of electrons in the test plasma. The concentration of electrons was determined based on two theories: Gig-Card and GKS. The method was used to measure the concentration of electrons in the wave of unloading microwave discharge sustained by the surface wave.*

*The work on microwave microdischarges at atmospheric pressure included optimization and further research on coaxial generators of microplasma in order to obtain a stable microdischarges in nitrogen.*

*In the year 2008 carried out also was the theoretical study on determination of the distribution of electromagnetic field inside the axially symmetric microwave plasma sources. The method of determination of such schedules, developed in earlier years, using a commercial*

kładów, wykorzystującą komercyjny program FlexPDE, przeznaczony do obliczania układów równań różniczkowych cząstkowych. Opracowana obecnie metoda umożliwia wyznaczenie rozkładów pola elektromagnetycznego również w przypadkach, gdy wewnątrz źródła plazmy znajdują się niejednorodne dielektryki, w tym także plazma. Przeprowadzono symulacje rozkładów pola elektromagnetycznego w mikrofalowym generatorze plazmy, stosowanym do produkcji wodoru w procesie pirolizy metanu w zależności od długości elektrody wewnętrznej i koncentracji elektronów.

Badania teoretyczne mikrofalowych źródeł plazmy obejmowały ponadto analizę przekazywania mocy mikrofal z falowodu prostokątnego, stanowiącego tor zasilający, do plazmy. Analizę przeprowadzono wykorzystując komercyjny program COMSOL Multiphysics. Otrzymano trójwymiarowe rozkłady pola elektrycznego w torze mikrofalowym. Opracowano metodę wyznaczania charakterystyk strojenia generatora w zależności od geometrii i wymiarów generatora plazmy. Zbadano wpływ wysokości obniżonej sekcji falowodu oraz koncentracji elektronów w plazmie na kształt charakterystyk strojenia, a tym samym na efektywność przekazywania mocy mikrofal do plazmy.

Zadanie pod nazwą „Zastosowanie techniki laserowej do wizualizacji przepływów” dotyczyło zastosowania impulsowych laserów Nd:YAG do wizualizacji przepływów gazów oraz pomiaru pól

*code FlexPDE (designed for calculation of partial differential equations systems) has been modified. The method developed now allows determination of distribution of electromagnetic field also in cases when inhomogeneous dielectrics can be found inside the source of plasma, also including the plasma. The simulations have been accomplished of the distribution of electromagnetic field in the microwave plasma generator, used for the production of hydrogen in the pyrolysis of methane, depending on the length of the inner electrode and the concentration of electrons.*

*Theoretical studies of microwave plasma sources, included additionally the analysis of microwave transmission of power from a rectangular waveguide, serving as a track power to the plasma. The analysis was performed using a commercial software COMSOL Multiphysics. The results, which has been received were three-dimensional distribution of electric field in the microwave track. Also elaborated was the method of determining the characteristics of tuning the generator, depending on the geometry and dimensions of the plasma generator. Investigated was the influence of a lowered part of the waveguide and electron concentration in plasma on the shape of tuning characteristics and at the same time the effectiveness of microwave power transfer to plasma.*

*The task called “The application of laser techniques for flow visualization” concerned the usage of laser pulse Nd:YAG for the visualization and mea-*

prędkości przepływów metodą PIV (Particle Image Velocimetry). W ramach tego zadania kontynuowano wizualizacje i badania rozkładu pól prędkości w modelach elektrofiltru z uwzględnieniem trzech składowych prędkości (metoda 3D PIV). Dzięki uzyskanym wynikom zweryfikowano zeszłoroczny model numeryczny przepływu elektrohydrodynamicznego w modelu elektrofiltru typu drut-płyta. Określono również wpływ szeregu parametrów związanych z budową i pracą elektrofiltru na skuteczność odpylania. Uzyskane rezultaty są przydatne do oceny skuteczności pracy elektrofiltrów, w tym do oceny usuwania submikronowych cząstek pyłu. Jest to aktualny temat badawczy w dziedzinie elektrofiltrów. Wykonano też badania przepływu w pompie elektrohydrodynamicznej (EHD) wykonanej wg własnego oryginalnego projektu. Pompy EHD, ze względu na brak części mechanicznych, które ulegają zużyciu, są szczególnie atrakcyjne dla układów mikroelektromechanicznych.

Badania dotyczące pomp EHD i elektrofiltrów były wspierane dwoma projektami MNiSW: PB 1857/B/T02/2007/33 pt. „Skuteczność odpylania cząstek submikronowych dla różnych struktur przepływu pyłu w elektrofiltrze – zastosowanie laserowej metody 3D PIV (Three-Dimensional Particle Image Velocimetry)” oraz PB 4224/B/T02/2008/34 pt. „Miniaturowe pompy elektrohydrodynamiczne (mikropompy EHD) przeznaczone do układów chłodzących w mikroelektro-

*surement of gas flow velocity field using PIV method (Particle Image Velocimetry). In the frame of that topic were carried out visualizations and investigations of velocity field distributions in models of electrofilters with account of three velocity components (3D PIV). Thanks to obtained results has been developed a numerical model of electrohydrodynamical flow in a model of electrofilter of a wire-plate type. Also determined was the influence of a series of parameters related to construction and operation of electrofilters on the efficiency of dedusting. Obtained results are useful in the assessment of efficiency of electrofilter operation including the evaluation of removal of submicron dust particles. This is an actual research topic in the area of electrofilters. Also the studies has been made about the flow in the electro-hydrodynamic pump (EHD) manufactured by the in-house original design. EHD pumps, due to the lack of mechanical parts, which are subject to wear, are particularly attractive for micro-electro mechanical systems.*

*Research on electrostatic and EHD pumps were supported by two projects of Ministry of Science and Higher Education: The effectiveness of dust removal of submicron particles for different flow structures in the dust electrofilter – application of laser methods for 3D PIV (Three-Dimensional Particle Image Velocimetry) (PB 1857/B/T02/2007/33), and Miniature electrohydrodynamic pumps (micro-pumps EHD) for cooling systems in*

nice”. Wykonano je we współpracy z następującymi ośrodkami zagranicznymi: McMaster University, Department of Engineering Physics, Faculty of Engineering, Hamilton, Ontario, Kanada, Prof. J.-S. Chang; Laboratoire d'Electrostatique et de Matériaux Diélectriques, Université Joseph Fourier, Francja, Prof. P. Atten.

Zadanie pod nazwą „Zastosowanie techniki laserowej do mikroobróbki materiałów” dotyczyło optymalizacji opracowanej wcześniej metody bezpośredniego naświetlania laserowego umożliwiającej wykonywanie ścieżek o minimalnej gęstości upakowania na poziomie 50/50  $\mu\text{m}$  oraz budowy urządzenia laserowego ULMM do mikroobróbki materiałów. Opracowane w ramach niniejszego projektu rozwojowego urządzenie do mikroobróbki laserowej ULMM charakteryzuje się wysoką precyzją i jakością obróbki materiałów. Jest ono przystosowane do wykonywania metalowych szablonów stosowanych w technologii montażu powierzchniowego (SMT). Szablony wykonane za pomocą tego urządzenia charakteryzują się większą precyzją wykonania niż szablony wykonane tradycyjną metodą chemiczną. Jednocześnie koszt wykonania szablону za pomocą urządzenia ULMM jest niższy niż przy pomocy elektroformowania a porównywalny z kosztem wykonania szablonów metodą chemiczną. Warto zaznaczyć, że udało się osiągnąć podstawowy cel, jakim było zbudowanie urządzenia do laserowej mikroobróbki materiałów, które byłoby dostępne

*microelectronics (PB 4224/B/T02/2008/34). Investigations regarding electrostatic and EHD pumps were carried out in cooperation with the following foreign research centers: McMaster University, Department of Engineering Physics, Faculty of Engineering, Hamilton, Ontario, Canada, Prof. J.-S. Chang; Laboratoire d'Electrostatique et de Matériaux Diélectriques, Université Joseph Fourier, France, Prof. P. Atten.*

*The task called The application of laser technology for material micro-processing concerned the optimization method developed previously of direct laser irradiation which allows creating paths with a minimum packing density of the level 50/50  $\mu\text{m}$  and the construction of laser devices ULMM for materials microprocessing. Developed in the framework of this developing project device for laser microprocessing ULMM is characterized by high precision and quality of materials processing. It is designed to create metal templates used in surface mounting technology (SMT). Templates made by means of this device are characterized by a greater precision than the implementation of templates made using traditional chemical method. At the same time the cost of implementation of the template using the ULMM device is lower than through the electro-forming, and comparable to the cost of implementation of templates using the chemical method. It is noteworthy that the primary goal has been achieved, i.e. the devices for laser*

cenowo dla małych i średnich polskich przedsiębiorstw. Szacunkowa cena prezentowanego urządzenia to 500 tys. PLN (w wersji dostępnej komercyjnie), czyli kilkakrotnie mniej niż porównywalne urządzenie obecnie dostępne na rynku np. urządzenie MicroCut firmy LPKF – cena około 800 tys. Euro.

Badania były częściowo finansowane przez dwa projekty MNiSW: rozwojowy pt. „Urządzenie do laserowej mikroobróbki materiałów (ULMM)” i badawczy PB 4226/B/T02/2008/34 pt. „Laserowa metoda odwzorowania schematu połączeń obwodów elektrycznych o wysokiej gęstości upakowania na płytkach drukowanych”.

Należy podkreślić, iż opracowane urządzenie do mikroobróbki materiałów było prezentowane na Międzynarodowych Targach Poznańskich w 2008 i otrzymało Złoty Medal MTP w kategorii „Transfer wyników badań naukowych do praktyki gospodarczej”, co może potwierdzić wysoką innowacyjność tego urządzenia w skali światowej.

Tematyka tegorocznych prac dotyczących „Zastosowania techniki plazmowej do oczyszczania gazów i wody” obejmowała badania eliminacji fenolu i bakterii za pomocą impulsowego wyładowania koronowego w wodzie, oraz zastosowanie techniki spektroskopii indukowanej laserem (Laser Induced Spectroscopy) do pomiarów czasowo-przestrzennych rozkładów rodników OH w wyładowaniu koronowym przy powierzchni wody.

W roku 2008 badania eliminacji

*microprocessing of materials which would be affordable for small and medium-sized Polish companies was built. The estimated price of the presented device is 500 thousand PLN (commercial version), that is several times less than comparable device currently on the market i.e. MicroCut device made by LPKF – the estimated price 800 thousand Euro.*

*The research was partially funded by two projects of Ministry of Science and Higher Education (KBN): the development project “Device for laser microprocessing of materials (ULMM)” and research project “Laser method of scheme connections mapping of electrical circuits with high packing density on printed sheets” PB 4226/B/T02/2008/34.*

*It should be noted that a device designed for microprocessing materials was presented at the Poznan International Fair in 2008, and won the Gold Medal in category “The transfer of research results into practice”, which could confirm the high innovation of this device in the world.*

*The scope of this year works concerning “The applications of plasma technology for the purification of gases and water” included studies of phenol and bacteria elimination by means of pulse corona discharge and application of laser induced spectroscopy, for the measurements of time-spatial schedules OH radicals in corona discharge at the water surface.*

*In the year 2008 the research on the elimination of phenol in water by means*

fenolu w wodzie za pomocą impulsowego wyładowania koronowego w wodzie dotyczyły numerycznego modelowania kinetyki reakcji chemicznych. Modelowanie wykonano we współpracy z Prof. G.V. Nichipor z Joint Institute of Power and Nuclear Research, Academy of Sciences of Belarus, Mińsk, Białoruś. Efektem modelowania było poznanie mechanizmów utleniania fenolu w wodzie z dodatkiem soli żelaza. Zbadano również efektywność destrukcji bakterii *Escherichia coli* w wodzie rzecznej. Uzyskane wyniki są bardzo obiecujące i skłoniły nas rozpoczęcia prac nad domowym urządzeniem do oczyszczania wody.

W ramach współpracy z Oita University, Department of Electrical and Electronic Engineering, Oita, Japonia, Prof. T. Ohkubo, kontynuowane były prace nad zastosowaniem techniki spektroskopii indukowanej laserem (Laser Induced Spectroscopy) do pomiarów czasowo-przestrzennych cząstek aktywnych w plazmie nierównowagowej stosowanej do dekompozycji tlenków azotu. W roku 2008 głównym rezultatem był przestrzenny pomiar stopnia produkcji rodników OH w wyładowaniu koronowym przy powierzchni wody.

### **O3/T2. Spektroskopowe metody nieniszczącej analizy materiałów i diagnostyki procesowej**

W roku 2008 opublikowano wyniki uzyskane w badaniach cienkich warstw napawanych laserem, preparowanych dla zastosowań w ekstremalnych warunkach obciążeń oraz w środowiskach

*of pulse corona discharge in water related to numerical modeling of chemical reaction kinetics. Modeling was made in cooperation with Prof. G.V. Nichipor z Joint Institute of Power and Nuclear Research, Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus. The result of modeling was to learn about the mechanisms of oxidation of phenol in water with the addition of iron salts. The research has been done also on the effectiveness of destruction of bacteria *Escherichia coli* in rivers water. The results are very promising and has led us to start work on a domestic water treatment device.*

*In the framework of cooperation with Oita University, Department of Electrical and Electronic Engineering, Oita, Japan, prof. T. Ohkubo, has been continued works on the application of laser-induced spectroscopy techniques (LIS) for the measurement of time-space-active particles in non-equilibrium plasma, applied to the decomposition of nitrogen oxides. In 2008 the main outcome was the spatial measure of production of OH radicals in corona discharge at the water surface.*

### **O3/T2. Spectroscopic methods for non-destructive analysis of materials and process diagnostics**

*In 2008 the results have been published obtained in studies of thin layers of laser cladding, prepared for use in extreme conditions and loads in aggressive environments. Based on measurements of the chemical composition of samples microsection (EDX), micro hardness,*

agresywnych. Na podstawie pomiarów składu chemicznego zglądów próbek (EDX), mikrotwardości, odporności na korozję i na ścieranie oraz badań strukturalnych (SEM), wykazano zależność podatności na mikropęknięcia od temperatury wstępnego podgrzania materiału podłoża. Ilość mikropęknięć malała ze wzrostem tej temperatury. Powyżej wartości 920 K nie obserwowano mikropęknięć. Doświadczalnie potwierdzono wyniki obliczeń uzyskane na modelu numerycznym. Spadek odporności korozyjnej oraz na ścieranie badanych warstw stelliteowych przypisano zależnej od temperatury migracji cząstek F z podłoża do warstwy. Badania wykonano przy współpracy z instytutem CENIM-CSIC/Madryt (Hiszpania).

W wyniku prac nad nowymi materiałami MMC (Metal Matrix Composite), zapoczątkowanych współpracą z instytutem VITO/Mol (Belgia), zbadano przypadek dyspergowania węglików krzemu i wolframu (SiC, WC) w miękkiej matrycy stopu Al6061. Do uzyskania kontrolowanej dyspersji cząstek twardych w matrycy, wykorzystano superpozycję oddziaływania intensywnej wiązki laserowej, z kinetycznym efektem gazodynamicznym wstrzykiwania cząstek w strumieniu gazu roboczego. Wyniki SEM badań mikrostruktury dla przypadku SiC wskazują, że wstępne podgrzewanie podłoża powyżej temperatury 600 K zapewnia jednorodny rozkład cząstek wstrzykiwanych SiC przy głębokościach penetracji do ok. 1 mm i zawartości

*resistance to abrasion and corrosion, and structural studies (SEM), have shown the vulnerability of dependence on the micro-cracks from the preheating temperature of the substrate material. The number of micro cracks decreased with the increase of the temperature. Above the 920 K no micro-cracks were observed. Experimentally confirmed were the results obtained in the calculation using the numerical model. The decrease of resistance to abrasion and corrosion of tested stellite layers is assigned a temperature-dependent migration of F particles from the substrate to the layer. The research were performed in cooperation with the Institute CENIM-CSIC/Madrid (Spain).*

*As a result of the development of new materials MMC (Metal Matrix Composite), initiated in cooperation with the Institute VITO/Mol (Belgium), investigated was the case of dispersing silicon carbide and tungsten carbide (SiC, WC) in a soft matrix of alloy Al6061. For obtaining controlled dispersion of hard particles in the matrix, used was the superposition impact of intense laser beam, with the kinetic effect of gas-dynamic injection of particles in a stream of working gas. The structural studies (SEM) of microstructure of the case of silicon carbide SiC shows, that preheating substrate temperature above 600 K provides a homogeneous distribution of particles injected to SiC, at depth of penetration up to about 1 mm and a volume of up to 35%. In the micro-structure are found*

objętościowej do 35%. W mikrostrukturze stwierdzono obecność wytrąceń  $Al_4C_3$  w postaci płytek, separowanych obszarami eutektycznymi Si-Al, potwierdzoną pomiarami dyfrakcyjnymi (XRD) oraz składu chemicznego (XEDS). Pomiar ścieralności wykazał wartości kilkakrotnie niższe od mierzonych dla materiału podłoża. Dla przypadku wstrzykiwania cząstek WC w takich samych warunkach doświadczalnych, stwierdzono głębokość penetracji do  $100\ \mu m$ , jednak obszar wzbogacony był pokryty cienką warstwą przetopionego materiału podłoża. Podane wyniki potwierdzają oczekiwaną poprawę własności badanego materiału w przypadku preparacji MMC z użyciem cząstek twardych SiC.

W ramach projektu I.1.5 Sieci Ekoenergia, wykonano i uruchomiono unikalne stoisko badawcze termicznej depolimeryzacji biomasy. Proces spalania konwencjonalnych mieszanek paliwowych badano równolegle na modelu obliczeniowym. Opracowano opis kinetyki jonów w płomieniu benzynowo/powietrznym dla różnych koncentracji paliwa, wykazując przy tym możliwość kontroli spalania przy użyciu sond Langmuira.

Zapoczątkowane w ubiegłym roku badania systemów chłodzenia do mikroukładów generacji oraz wymiany energii zaowocowały opracowaniem układu zasilania i chłodzenia modułów diod laserowych. Opisano również mechanizm wymiany ciepła w mikro- i nanoskali. Wyjaśniono znaczenie na-

*$Al_4C_3$  precipitation in the form of platelets, separated by the eutectic Si-Al areas, confirmed by the diffractive measurements (XRD) and chemical composition (XEDS). Measurement of abrasiveness demonstrated the value several times lower than the values measured for the substrate material. For the case of WC particles injected in the same experimental conditions, the depth of penetration was found to up  $100\ \mu m$ , however the area was enriched by the thin layer of melted substrate material. The results confirm the expected improvement of the test material in the case of preparation MMC with the use of hard particles SiC.*

*Within the project I.1.5 of EcoEnergy Network, constructed and launched a unique research stand of thermal depolymerization of biomass. Combustion process of conventional fuel mixtures was studied in the same time to the calculation model. Developed a kinetic description of ions in the flame of benzene/air for different concentration of fuel, demonstrating the possibility of combustion control using the Langmuir probes.*

*Launched last year research of cooling systems for the chipsets of generation and energy exchange, have resulted in the development of power system and cooling modules for laser diodes. Also were described the mechanism of heat transfer in micro-and nano-scale. Explained the importance of nano-processes of heat transport as a result of the provision of ultrashort pulses of energy. Research were carried*

noprocessów transportu ciepła w wyniku dostarczania ultrakrótkich impulsów energii. Badania wykonano metodą Dynamiki Molekularnej. Wykazano nie-furierowski (anomalny) charakter procesów transportu ciepła od obszaru wzbudzenia do cząstek nanowarstwy. Skompletowano i uruchomiono moduł lasera diodowego o mocy ciągłej 50 W, o ile wiadomo – pierwszy w kraju. Prace były wspierane środkami projektu MNiSW, 3T10B 014 30.

Rozwijano badania na nowym stoisku spektrometru NIR, pracującego w zakresie widmowym 1,2-2,5  $\mu\text{m}$ , przeznaczonego do nieniszczącej detekcji związków organicznych i uruchomionego w połowie 2007 r. W oparciu o analizę statystyczną widm absorpcji próbek papieru:

- dokonano modyfikacji układu detekcji spektrometru i uzyskano znaczącą poprawę wartości S/N mierzonych widm;
- zaprojektowano i wykonano komorę do przyspieszonego starzenia próbek papieru. Przeprowadzono analizę różnych metod postarzenia papieru, na podstawie przeglądu literatury wybrano optymalne parametry sztucznego postarzenia, oraz opracowano procedury przygotowania i postarzenia próbek;
- zaprojektowano i wykonano komorę klimatyczną umożliwiającą regulację wilgotności powietrza (RH) w zakresie od 25 do 100 %.

W części badawczej zebrano wartościowy materiał doświadczalny, m. in.:

*out using Molecular Dynamics method. There has been shown abnormal nature (non-Fourier) of the processes of heat transport from the area of excitation to particles of the nano-layer. Completed and launched was the diode laser module with a continuous power 50 W (in so far as is known – the first in the country). This work was supported by the project of Ministry of Science and Higher Education No. 3T10B 014 30.*

*The research were continued at the new research place with new spectrometer NIR, working in the spectral field range of 1.2-2.5  $\mu\text{m}$ , intended for non-destructive detection of organic compounds, and running by mid-year 2007. Based on a statistical analysis of the absorption spectra of samples of paper:*

- *Modified was the system of detection spectrometer and obtained significant improvements in S/N value of measured spectra;*
- *Designed and constructed was the chamber of the accelerated aging of paper samples. An analysis has been done of the various methods of paper aging. On the basis of a review of the literature had been selected optimal parameters of artificial aging, and developed procedures for preparing and aging samples;*
- *Designed and built was the climatic chamber capable of regulating the air humidity (RH) in the range of 25 to 100%.*

*As part of a experimental research was collected a valuable material such as:*

- określono wpływ własności podłoża papierowego na charakterystyki spektroskopowe występujących na nim zaplamień. Badania przeprowadzono dla zestawu próbek modelowych wykonanych dla kilku rodzajów papierów współczesnych, różniących się składem włóknistym;
- zbadano wpływ koncentracji substancji chemicznych na papierze na warunki ich identyfikacji. Analizowano przy tym wpływ różnych algorytmów wstępnej obróbki statystycznej mierzonych widm (pre-procesingu) na wynik identyfikacji oraz określono próg czułości techniki NIR dla wybranych substancji chemicznych;
- zbadano wpływ wilgotności otoczenia na warunki identyfikacji substancji w zakresie spektralnym NIR. Określono zakresy widmowe, w których RH powietrza wpływa na charakterystyki spektralne prób papieru, oraz możliwości redukcji wpływu zmian RH na warunki identyfikacji substancji na papierze.
- *Determined was the influence of the paper foundation properties on spectroscopic characteristics of present stains. The research was conducted at a set of model samples taken for several types paper, differing in the fibrous composition;*
- *Investigated were the effects of concentrations of chemicals on the paper on their identification. Analyzed was the effect of different algorithms of pre-treatment statistical value of measured spectra (pre-processing) on the outcome of the identification. Determined was the threshold of sensitivity of NIR technology for selected chemicals;*
- *Investigated was the effect of ambient humidity for identification conditions of substances in the field of spectral NIR. Defined were spectral ranges, in which the RH of air affects the spectral characteristics of paper samples, and the possibility of reducing the impact of changes in RH conditions for identification of substances on paper.*

W dalszej części planowane są pomiary, mające na celu porównanie pewności i czułości detekcji techniki NIR z innymi, spektroskopowymi technikami analitycznymi. Jako techniki referencyjne wybrano spektroskopię ramanowską (FTRaman) oraz w podczerwieni (FTIR) a pomiary rozpoczną się pod koniec 2008 r. Prace są prowadzone w ramach projektu badawczego własnego MNiSW.

*Measurements to compare the sensitivity and confidence of detection of NIR technique with others, spectroscopic analytical techniques, began at the end of year 2008. As reference techniques were selected the Raman spectroscopy (FTRaman) and infrared technique (FTIR). These works were carried out within the framework of a own research project of Ministry of Science and Higher Education.*

W ramach realizacji projektu SPO-WKP 473, pozyskano i udostępniono aparaturę analityczną oraz 2 urządzenia do laserowego oczyszczania powierzchni. Promocja projektu obejmowała badania stosowane, dotyczące laserowego oczyszczania, skanowania, oraz przypadki zastosowań nieniszczących technik diagnostyki i analizy materiałów, w zleceniach z przemysłu oraz również w projektach konserwacji obiektów historycznych.

*As part of the project SPO WKP-473, obtained and made available was the analytical equipment and 2 apparatus for the laser surface cleaning. Promotion of the project include applied research, regarding the laser cleaning and scanning, and usage of non-destructive techniques of diagnosis and analysis of materials in the industry and projects of preservation of historical sites.*

Jerzy Mizeraczyk

*Translated by Dariusz Mikielwicz*