

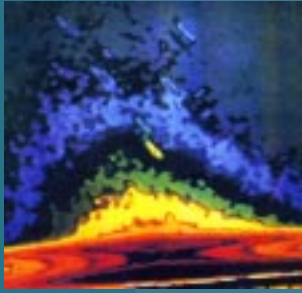
LIETUVOS
ENERGETIKOS
INSTITUTAS



LITHUANIAN
ENERGY
INSTITUTE



**PLAZMINIŲ TECHNOLOGIJŲ LABORATORIJA
PLASMA PROCESSING LABORATORY**



Laboratorijos vedėjas
Head of Laboratory
Dr. Pranas Valatkevičius

PLAZMINIŲ TECHNOLOGIJŲ LABORATORIJA
Įkurta 1967 m.
PLASMA PROCESSING LABORATORY

Founded in 1967

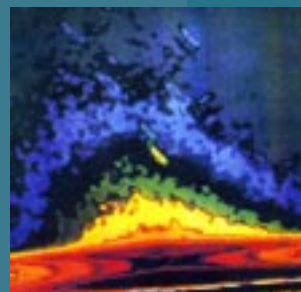
Laboratorijos darbuotojai:
Staff of Laboratory:

Prof. Liudvikas Pranevičius
Dr. Romualdas Juškevičius
Dr. Romualdas Kėželis
Dr. Vitas Valinčius
Vladas Mėčius
Algimantas Vileišis
Juožas Meištavičius
Jūratė Kryžienė
Jonas Aukščionis
Stasys Aikas
Liudas Pranevičius
Antanas Skrebūnas

Breslaujos 3, 3035 Kaunas
Tel.: (8-27) 75 41 94
Fax: (8-27) 35 12 71
El. paštas: vitas@isag.lei.lt

3 Breslaujos str., Kaunas LT-3035, LITHUANIA
Tel.: +370 (7) 754194
Fax: +370 (7) 351271
E-mail: vitas@isag.lei.lt





LABORATORIJOS MOKSLINĖ IR GAMYBINĖ VEIKLA

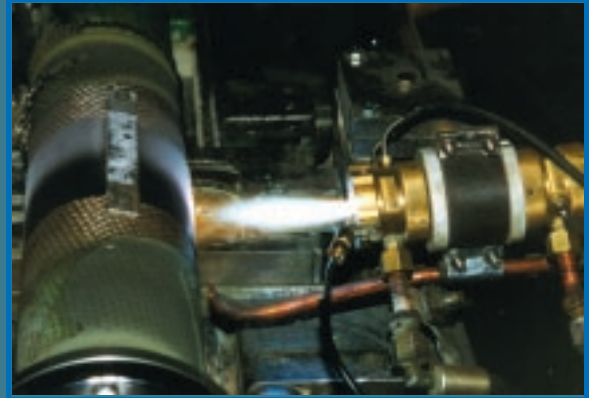
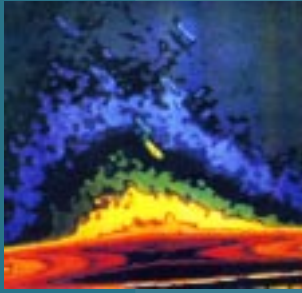
PLAZMINIŲ TECHNOLOGIJŲ LABORATORIJA yra Lietuvos energetikos instituto padalinys. Laboratorijoje sprendžiamos šios problemos:

- projektuojami ir gaminami aukštatempertūrinio srauto generatoriai - linijiniai dvikameriniai elektrolankiniai dujų kaitintuvai (plazmotronai), skirti plazmochemijai, metalurgijai, statybinių medžiagų pramonei, termoizoliacinių medžiagų gamybai, toksinių medžiagų ir pesticidų naikinimui, sunkiai besilydančių keramikinių medžiagų išlydymui ir apdirbimui. Ištekantių iš plazmotronų dviatomų dujų srauto temperatūra - iki 7000K, srauto greitis - iki 1 Ma;
- projektuojami ir gaminami aukštos kokybės tiristoriniai elektrolankinių kaitintuvų maitinimo šaltiniai su stabiliomis charakteristikomis. Galimas plataus diapazono švelnus srovės reguliavimas;
- vykdomi eksperimentiniai tyrimai aukštos temperatūros dujų srautuose, tiriant dujų dinamiką ir šilumos mainus srovėse, įvairios formos ir matmenų kanaluose, šilumokaičių elementų modeliuose;
- projektuojami ir gaminami elektrolankiniai reaktoriai, tiriamos elektros lanko voltamperinės, šiluminės ir aerodinaminės charakteristikos parametrų kitimo intervale: $I = 100-600 \text{ A}$, $U = 50-1600 \text{ V}$, $P = 10-500 \text{ kW}$;
- tiriama elektros lanko ir plazmos srauto sąveika su įvairiomis dispersinėmis medžiagomis;
- vykdomi tyrimai tikslu išlydyti ir išpluoštinti keramikines medžiagas;
- vykdomi darbai siekiant perdirbti ir nukenksminti toksines medžiagas;
- dujinamas kietas kuras;
- atliekami įvairių paviršių apsauginiai ir kietinantys plazminiai padengimai.

RESEARCH AND MANUFACTURING ACTIVITIES

The PLASMA PROCESSING LABORATORY is a department of the LITHUANIAN ENERGY INSTITUTE. The laboratory has experience of work in the following research and development areas:

- construction and production of high temperature generators - linear two chamber arc heaters of gases (plasmotrons) used in plasma chemistry, metallurgy, production of building and thermo-insulating materials, neutralization of hazardous substances and processing of hard ceramics. The temperature of gases leaving plasma generators is about 7.000 K and the flow rate approaches 1 Ma;
- construction and production of power sources for arc-plasma generators with high performance voltamperic characteristics and smooth current tuning;
- diagnostics of high temperature plasma jets and flows in leaving torches of different shape and size and studies of gas dynamics and heat transfer;
- construction and production of arc-plasma reactors with varying voltamperic, temperature distribution and air-dynamic characteristics in the range of parameters: $I = 100-600 \text{ A}$, $U = 50-1600 \text{ V}$ and $P = 10-500 \text{ kW}$;
- investigation of interaction of plasma with dispersed materials;
- investigation of melting of ceramics;
- the conversion of solid fuel into gaseous one;
- neutralization of toxic materials;
- modification of surface properties of construction materials;
- formation of barrier coatings on the surfaces of construction materials employing plasma spraying technology.



30 kW, 200 A plazmos fakelas
The plasma torch: 30 kW, 200 A

PLAZMINĖS TECHNOLOGIJOS

Plazminių technologijų laboratorija, turi daugiau nei 30 metų patirtį aukštatemperatūrinių srautų tyrimų srityje. Savo aerodinaminiuose įrenginiuose su 30-500 kW galingumo plazmotronais, gali sėkmingai modeliuoti naujas plazmines technologijas. Laboratorija turi bandomosios gamybos technologinę įrangą, kuri naudojama medžiagų (metalu, plastmasių ir keramikos) paviršinių sluoksnių mechaninėms, tribologinėms, cheminėms ir optinėms savybėms keisti bei modifikuoti. Plazminė miltelinė technologija naudojama apsauginėms (antikorozinėms ir barjerinėms) dangoms ant konstrukcinių medžiagų ir įvairių detalių paviršiaus formuoti, o taip pat nusidėvėjusiems paviršiams restauruoti.

PLAZMINĖ MILTELINĖ DANGŲ TECHNOLOGIJA

Tai technologija, kurios metu metalų ir jų junginių dispersinės dalelės įpurškiamos į atmosferinio slėgio plazmos fakelą. Jame dalelės skystėja, jos suaktyvinamos ir įgauna papildomą kinetinę, potencinę ir aktyvacijos energiją. Tokiu būdu konstrukcinės medžiagos ir detalės padengiamos 5-30 μm storio danga, kurios sudėtį sąlygoja įpurškiamų miltelių ir darbinių dujų sudėtis bei dinamika. Dirbant atmosferinio slėgio oro aplinkoje, formuojamos keramininės dangos (oksidai ir oksinitridai), atsparios mechaninei erozijai ir dilimui.

Tai ekologiškai švari technologija.

Supaprastinta plazmos generatoriaus schema
The simplified scheme of plasma spray gun

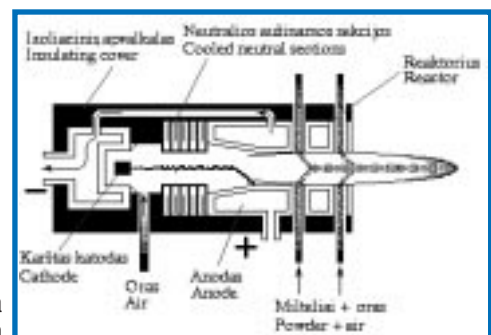
PLASMA PROCESSING TECHNOLOGIES

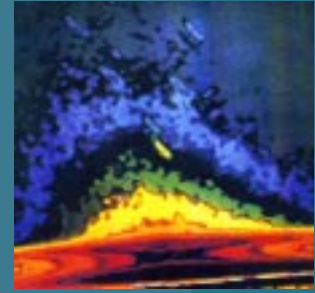
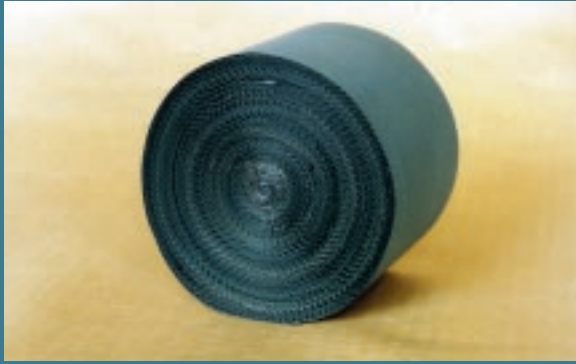
Laboratory has experience of more than 30 years of work with high temperature flows and plasma. It is equipped with apparatus enabling to conduct research and development programs employing 30- 500 kW plasmatrons. The laboratory has technological equipment for the plasma modification of surfaces and plasma-spray deposition of thick coatings with different mechanical, chemical and optical properties.

PLASMA SPRAYING TECHNOLOGY

The barrier coatings (oxides and nitrides) are deposited on the surface of construction materials to improve anticorrosion and tribological properties. It is the technology when mixture of powder is introduced in the plasma channel at the atmospheric pressure. Powder is melted and oxidized in plasma and directed to the surfaces needed to cover. The thickness of the coating is 5-30 μm, and composition and structure depend on the composition of powder and plasma parameters. The plasma powder coating deposition technology is used for the restoration of the mechanically worn surfaces.

It is environmentally friendly technology.





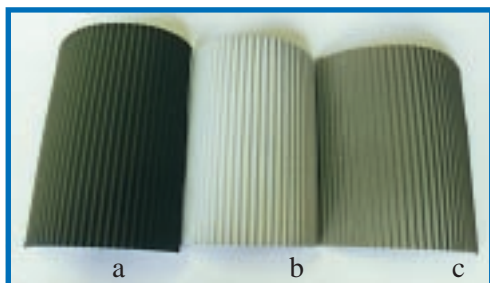
PAVIRŠIŲ AKTYVINIMAS PLAZMA

Paveikti plazma kieto kūno (metalo, polimerų ir keramikos) paviršiai tampa chemiškai aktyvūs. Skystos ar dujinės fazės medžiagos atomai, kontaktuojantys su plazma aktyvintu paviršiumi, formuoja su juo stiprius cheminius ryšius. Tai išsprendžia aktualias mechaninio sukibimo (adhezijos) tarp kietų kūnų su skirtingomis fizikinėmis-mechaninėmis savybėmis problemas (pavyzdžiui, norint paviršius suklijuoti ar padengti specialios paskirties dažais ar dangomis).

Kieto kūno paviršiaus aktyvinimas plazmoje - tai laisvų cheminių ryšių sudarymas paviršiuje plazmos sąveikos su kietais kūnais metu. Tai universalus reiškinys, taikomas metalams, keramikai ir plastams.

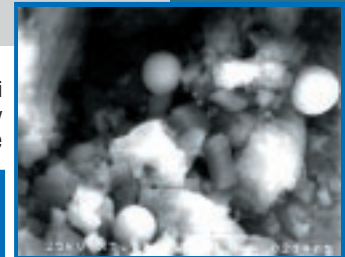
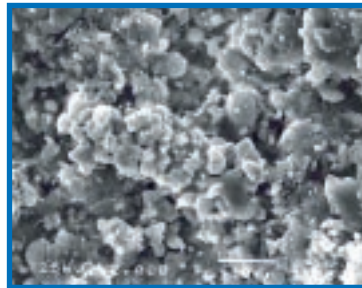
SAUSAS PAVIRŠIAUS VALYMAS PLAZMOJE

Plazmos sraute deguonies atomai aktyviai jungiasi su anglies atomais ir formuoja lakius junginius, kurie kambario temperatūroje desorbuojasi, pašalindami nuo paviršiaus anglį. Tokiu būdu, plazmoje nuo kietų kūnų paviršiaus sausu būdu atominiame lygyje pašalinama anglis, angliavandeniai bei kiti junginiai, kurie sąveikos su plazma metu lengvai disocijuoja.



Al ir Al_2O_3 dangos (b), įsodrintos CuO ir Cr_2O_3 (a) ir anglimi (c)
The views of $Al + Al_2O_3$ coatings (b), doped with CuO or Cr_2O_3 (a) and carbon (c)

Al ir Al_2O_3 dangos su išvystytu paviršiumi
 $Al + Al_2O_3$ coatings with highly developed surface



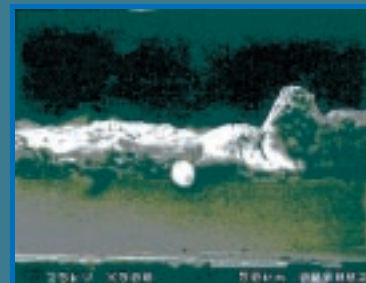
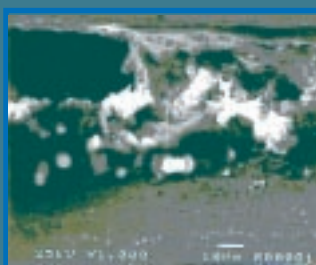
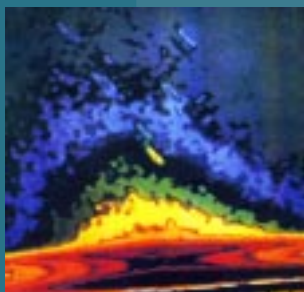
PLAZMA SURFACE ACTIVATION

The surfaces of materials become activated after interaction with plasma. The gases and liquids contacting activated surfaces form strong chemical links. It makes good adhesion between plasma activated surfaces and adsorbate arriving from contacting medium. The good adhesion is obtained between solids with differing properties. Plasma activation is used to improve adherence of glue and paint. It is universal phenomena for metals, glasses and plastics.

PLAZMA DRY CLEANING

Materials after mechanical processing include many carbonaceous impurities on the surface. The oxygen plasma cleans surfaces without application wet chemicals at room temperature. The surface becomes clean on the atomic level. The plasma cleaning is based on the heterogeneous reaction of atomic oxygen with carbon atoms. The products of reaction are desorbed at room temperature. Plasma acts as generator of atomic oxygen and initiates dissociation of organic compounds on the surface.





Padengtos Al ir Al_2O_3 plieninės plokštelės paviršiaus mikroskopinis vaizdas
The cross sectional views of Al + Al_2O_3 coatings in scanning electron microscopy

KIETŲ KŪNŲ PAVIRŠINIŲ SLUOKSNIŲ ĖSDINIMAS PLAZMOJE

Plazmoje įgreitinti ir jonizuoti atomai, turėdami perteklinę kinetinę energiją, sąveikos su kietų kūnų paviršiais metu išmuša jų atomus. Tokiu būdu realizuojamas paviršinio sluoksnio pašalinimas arba ėsdinimas atominiame lygyje. Šis procesas vadinamas fizikiniu medžiagos dulkejimu ir taikytinas visoms medžiagoms, nepriklausomai nuo jų cheminės sudėties ar struktūros. Procesas vyksta kambario temperatūroje.

PAVIRŠIAUS REOLOGINIŲ SAVYBIŲ KEITIMAS PLAZMOJE

Kontaktuojant kietiems kūnams su skysčiais dažnai svarbu sudaryti reikalingas paviršiaus drėkinimo sąlygas. Kieti kūnai po sąveikos su plazma keičia savo reologines savybes. Priklausomai nuo poveikio, pastebimas drėkinimo kampo sumažėjimas ar padidėjimas.

Paveikus kieto kūno paviršių plazma, tos pačios medžiagos paviršiuje lokališkai formuojamos sritys su skirtingomis reologinėmis savybėmis. Pavyzdžiui, norint kad tepalai nepatektų į nedarbines sritis, kontakto sritys paveikiamos plazma, tuo pagerinant tepalų drėkinimo sąlygas.

TOKSINIŲ MEDŽIAGŲ NUKENKSMINIMAS PLAZMOJE

Esant aukštesnėms kaip 4000 K dujų temperatūroms, elektros lanko energijos sąskaita deguonies ir kenksmingų medžiagų molekules plazminiame reaktoriuje suskyla į atomus, radikalus, elektronus ir teigiamus jonus. Auštant plazmai susidaro CO_2 , H_2O , HCl , HF , P_4O_{10} ir kt. Polichlorbifenolių, metilbromido, fenilgyvsidabrio acetato, chloro ir fosforo turinčių pesticidų, poliaromatinių dažų suskilimo laipsnis plazmos sraute siekia 99,9998%. Neutralizuojant junginius, tokius kaip CCl_4 mišinys su metiletilketonu, transformatorinis tepalas, turintis 13-18% polichlorinių bifenolų ir tiek pat trichlorbenzolo, pastebėta, kad efektyvumas, naikinant chlorą turinčius komponentus, žymiai didesnis, negu neutralizuojant įprastiniais metodais. Ištekant iš plazmotrono reaktoriaus dujas pakanka tik analizuoti ir išvalyti nuo rūgščių bei anhidridų.

PLASMA ETCHING OF MATERIALS

The energetic particles arriving from plasma with energies exceeding sputtering threshold energy remove surface atoms (physical sputtering). The reactive particles from plasma react with atoms of substrate and reaction products are desorbed (chemical sputtering). Physical sputtering process does not depend on the composition of the substrate material and takes place at room temperature. It is used to remove very thin surface layers of materials.

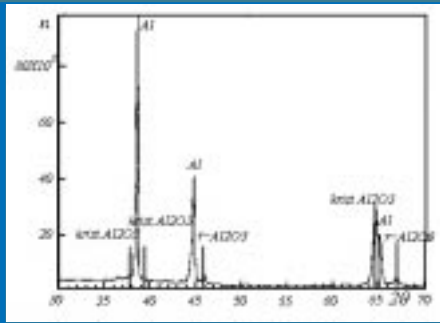
HYDROPHILATION PROPERTIES

The wetting properties of materials may be modified by plasma. Interaction of plasma with materials changes microstructure and free energy of surface and affects the wetting angle. In dependence on the plasma irradiation parameters the wetting angle increases or decreases.

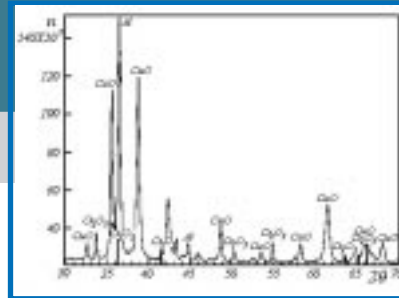
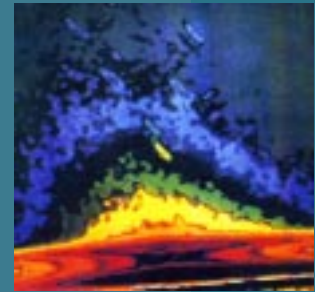
The local plasma affection changes hydrophilation properties of local areas on the surface. It is important when deposited liquid have to be localized on the surface in the limited areas where lubrication is needed, for example, in the areas of contacts of two bodies.

NEUTRALIZATION OF TOXIC MATERIALS IN PLASMA

The toxic materials at temperatures 4000 K break down and are converted into radicals, molecules, atoms, positive and negative ions and electrons. The broken products form new chemical compounds which are environmentally clean. The percentage of neutralized particles approaches 99.998%. The plasma neutralization efficiency of compounds including fluorine and chlorine atoms is higher than the effi-



Al ir Al_2O_3 (a) bei Al ir Al_2O_3 su legiruojančiomis CuO ir Cr_2O_3 priemaišomis (b) dangų ant plieninės plokštelės rentgenogramos
X-ray analysis results of coatings of Al + Al_2O_3 (a) and Al + Al_2O_3 with 10% CuO + 5% Cr_2O_3 (b) on steel substrates



PLAZMINIS METALO IR BETONO PJAUSTYMAS

Tai įvairios paskirties didelių gabaritų masyvių metalinių ir gelžbetoninių konstrukcijų ardymas įkai-tintu iki 4000 K oro srautu. Jis taikomas tais atvejais, kai tradicinių ardymo būdų panaudojimas ribojamas dėl pašalinio poveikio (neleistina vibracija, smūgiai ir kt.).

PLASMA CUTTING OF CONSTRUCTIVE MATERIALS

The cutting of metals and other const- ructive materials by plasma torch at temperatu- res 4.000 K is used in special cases when other methods are not applicable, for example, to avoid vibration and deformations.

AUKŠTATEMPERATŪRINIO MINERALINIO PLUOŠTO GAMYBA

Aukštatemperatūrinis mineralinis pluoštas ne- pakeičiamas mufelinių krosnių, MHD generatorių, aukštakrosnių gamyboje. Taikant plazminį metodą, gaunamas ultraplonų (0,50 - 2 μm) siūlelių aukštos kokybės vata, kurios darbo temperatūra siekia 1300 K. Gamybai naudojama pigi vietinė žaliava - smėlis, dolomitas ir jų mišiniai bei kitos keramikinės medžiagos. Medžiagos pluoštinamos naudojant aukštate- peratūrinio srauto kinetinę energiją.

MANUFACTURING OF HIGHTEMPERATURE MINERAL FIBRE

The hightemperature mineral fibre is produ- ced employing plasma technology. The ultra-thin threads are obtained with diameter 0.5 - 2 mm. The working temperature of the fibre material is up to 1300 K. The cheap local materials are used in production of the fibre. The fibre is used in the construction of high temperature furnaces.

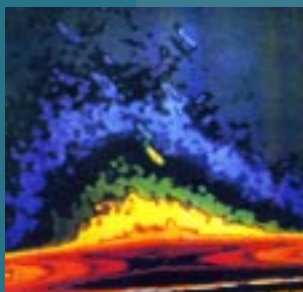
AMORFINIŲ KERAMIKINIŲ MEDŽIAGŲ LYDYMAS IR PLUOŠTINIMAS

Naudojant plazmos ir gamtinių dujų mišinių aukštos temperatūros srautą, iš juostinio arba sumalto stiklo atliekų gaminamas ultraplonas aktyvus pluoš- tas, tinkamas paviršiams izoliuoti vietoje asbesto. Ši nauja technologija gali būti taikoma tais atvejais, kai reikalinga gauti aukštos kokybės ultraploną izoliacinį ar dekoratyvinį pluoštą iš sumaltų ir presuotų kera- mikinių medžiagų. Nedideli šio pluošto kiekiai, sumai- šyti su tradiciniais metodais pagamintu pluoštu žy- miai pagerina jo izoliacines savybes. Granuliuotas ir nuspalvintas ultraplonas pluoštas gali būti naudoja- mas pastatų fasadų, sienų ir jų elementų apdailai.

THE MELTING OF HIGH TEMPERATURE CERAMICS AND PRODUCTION OF FIBRE

The glass waste materials affected by plas- ma in special conditions are converted into ul- trathin fibre material used for thermal isolation in building industry. Small quantities of the fibre mixed with regularly used thermoisolating ma- terials significantly improve properties of ther- moisolation. The additives give color to the fi- ber which makes it as decorative material.





Cheminių elementų pasiskirstymas Al ir Al_2O_3 dangose, legiruotose CuO ir Cr_2O_3 priemaišomis
Distribution of chemical components on the Al+ Al_2O_3 coating surfaces doped with CuO+ Cr_2O_3

AZOTINIŲ TRĄŠŲ GAMYBOS TECHNOLOGIJA

Esant aukštesnei už 3000 K temperatūrai, vyksta intensyvi azoto molekulių disocijacija. Štai ga atšaldant disocijuotą orą (vad. grūdinimo procesu), azoto oksidai nesuskyla ir besijungdami su vandens garais, sudaro silpną azoto rūgštį, tinkančią azotinių trąšų gamybai. Trąšų gamybai galima suprojektuoti ir pagaminti kilnojimą įrenginį.

SUNKIAI BESILYDANČIŲ KERAMIKINIŲ MEDŽIAGŲ PERDIRBIMAS

Sunkiai besilydančios ir kietos keramikinės medžiagos (MgO, ZrO_2 , įvairūs karbidai, nitridai ir kt.) turi didžiulę reikšmę pasaulinėje pramonėje (keramikiniai vidaus degimo varikliai, keramikiniai guoliai, kosminių aparatų korpusų elementai ir kt.). Viena iš nedaugelio jų gamybos technologijų yra plazminė. Plazminiu metodu šios medžiagos sodrinamos, pakeičiamos jų mechaninės ir fizinės savybės. Pvz., paprastai išgaunamas MgO daugelyje atvejų kaip aukštatemperatūrinė medžiaga netinka dėl galimybės reaguoti su kontaktuojančiomis medžiagomis. Plazminiame reaktoriuje jį išlydžius, po to sumalus ir iš jo suformavus reikiamą paviršių, MgO šią savybę praranda.

NAUJŲ MEDŽIAGŲ PAIEŠKA IR SINTEZĖ

Laboratorijoje atliekami parengtiniai darbai naujų katalitinių medžiagų su naujomis savybėmis paieškai. Atliekami paieškomieji tyrimai, skirti XXI a medžiagos - fullerėnų sintezės klausimams. Fullerėnų sintezė vyksta plazmocheminiame reaktoriuje su anglies elektrodais. Elektros lanko ir elektrodų sąveikos rezultate formuojasi cheminiai junginiai, turintys sferinę klasterių struktūrą. Iškilė idėja fullerėnų sintezę vykdyti elektros lanke esant atmosferiniam slėgiui ir tekant gamtinių dujų srautui.

PRODUCTION OF NITRIC FERTILIZERS

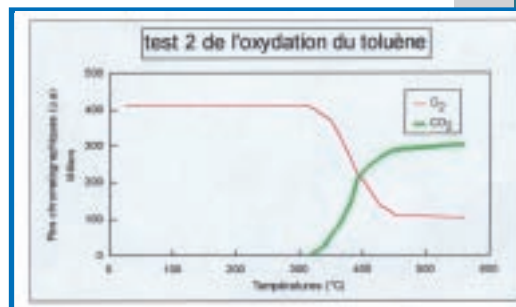
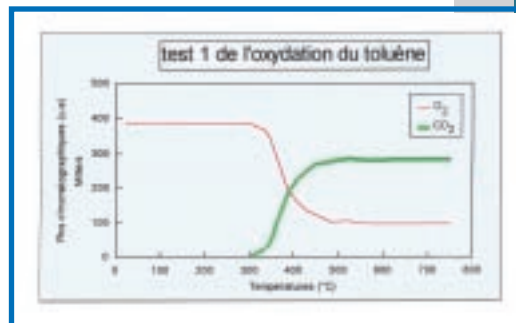
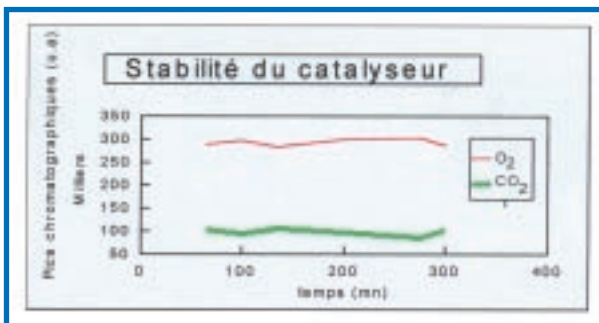
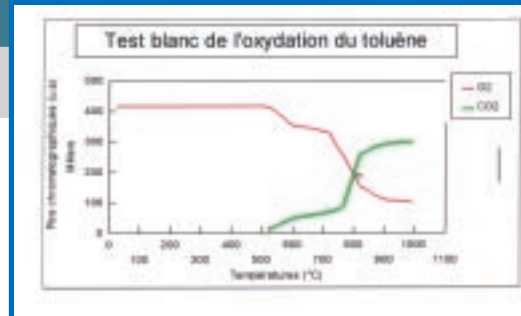
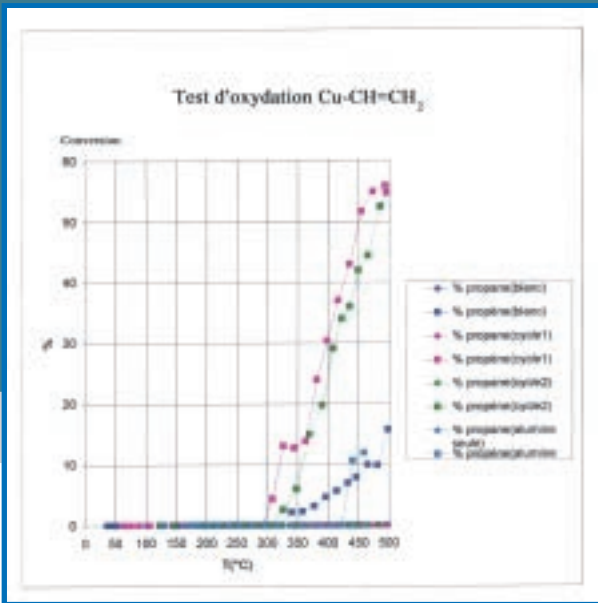
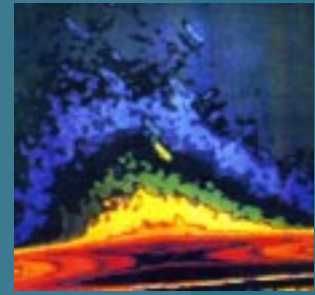
An intensive dissociation of nitrogen molecules and forming of nitrogen oxides happens by existing temperature higher than 3000 K. Suddenly cooling (nmd. hardening process) nitrogen oxides doesn't decay. Chemical combination with steam forms a weak nitric acid which serves for produce of nitric fertilizers.

PROCESSING OF HIGH TEMPERATURE HARD CERAMICS

Hard and hard melting ceramics (MgO , ZrO_2 , cementcarbones, nitrides, etc.) are of great importance in the world industry. One of few their technologies of production is the plasma processing. Physical and mechanical properties of materials changes using plasma. E. g.: MgO produced using traditional methods in many cases doesn't serve as a high-temperature material because of possibility to combine to contact materials: MgO losses that property after melting in plasma reactor.

PLASMA SYNTHESIS OF NEW MATERIALS

The synthesis of new materials and new phases of materials is under investigation. The arc production of fullerenes at the atmospheric pressure in the ambient of CH_4 gas is considered.



Al ir Al₂O₃ dangų, legiruočių CuO ir Cr₂O₃ priemaišomis, katalitinės savybės
The catalytical properties of the Al+Al₂O₃ coatings doped with CuO and Cr₂O₃

PLAZMINIŲ TECHNOLOGIJŲ TAIKYMAS

Plazminės technologijos taikomos:

- mechanikoje ir metalurgijoje medžiagų paviršinėms savybėms keisti ir modifikuoti;
- medicinoje ir maisto pramonėje formuojant apsaugines dangas ant detalių, kontaktuojančių su žmogaus organais ir maisto produktais;
- cheminėje pramonėje, formuojant antikoroziines ir barjerines dangas ant konstrukcinių medžiagų paviršių, kontaktuojančių su chemiškai agresyviomis dujomis ir skysčiais;
- pramonėje, paruošiant kontaktuojančius paviršius geram jų sukibimui gauti.

AREAS OF APPLICATIONS

The plasma processing technologies are used in:

- mechanics and metallurgy for the surface properties modification;
- medicine and food industry for protection of organic materials contacting with processing machinery and instrumentation;
- chemical industry for corrosion protection and barrier coatings to protect constructive materials working in chemically reactive ambient;
- industry where surface cleaning and activation is important factor.



TEIKIAMOS PASLAUGOS

Kvalifikuotas laboratorijos personalas:

- teikia konsultacijas,
- gamina bandomuosius pavyzdžius,
- organizuoja gamybą.

SERVICES

The laboratory personnel:

- consults;
- produces experimental samples;
- organizes production.

LABORATORIJOS BENDRADARBIAI

- Poitiers universitetas (Prancūzija);
- Aristotelio universitetas (Graikija);
- UAB "Norta";
- Vytauto Didžiojo universitetas;
- Kauno technologijos universitetas;
- Termoizoliacijos institutas;
- UAB "Saga".

COLLABORATORS OF THE LABORATORY

- Poitiers University (France);
- Aristotle University (Greece);
- JSC "Norta";
- Vytautas Magnus University;
- Kaunas University of Technology;
- Institute Termoizoliacija (of Thermal Insulation);
- JSC "Saga".