

## **PLASMA, VERGASUNG UND VERSCHMELZUNG VON ORGANISCHEN UND ANORGANISCHEN ABFÄLLEN**

1. Durch die immer stärker werdenden Umwelt – und Energieprobleme des neuen Jahrtausends, haben wir uns seit dem Jahr 2004, zusammen mit dem Prof. Ivan Imriš, von der Technischen Universität Košice, hauptsächlich an der Entwicklung von Plasmatechnologie für Entsorgung, Vergasung, Schmelzung und Rückgewinnung von hochwertigen Rohstoffen gearbeitet.  
In den letzten 8 Jahren haben wir es durch intensive Weiterentwicklung geschafft, unser Produkt zu einer weltweit führenden Technologie in die Praxis zu integrieren. Diese Technologie unterschreitet alle Umweltschutznormen nachweislich erheblich. 80% aller auf der Welt bekannten, gefährlichen Abfälle, in flüssiger, fester, oder Gas-Form, egal ob organisch, oder anorganisch, können entsorgt beziehungsweise reduziert werden.
2. Plasma arbeitet in einer Schutzatmosphäre ohne Sauerstoff. Bei der Vergasung von z.B. Plastik, oder organischen Stoffen, entsteht bei einer Temperatur von 1800 Grad Zinngas, das zur weiteren Energieproduktion in einem BHKW genutzt werden kann. Diese Entsorgungstechnologie benötigt keinen Kamin, das ist einzigartig auf der Welt. Bei diesem Prozess, außer BHKW Abgas, gibt es keine andere Emission.
3. Bei diesem Prozess entstehen Zinngas und Schlacke, die vergleichbar mit der Schlacke aus der Eisengewinnung ist. Bei Elektroschrottentsorgung ist es möglich, die ureingesetzten Metalle, wie Kupfer, Silber, Palatinum, Gold und Rhodium und weitere Metalle zu gewinnen. Von Plastikstoffen entsteht Zinngas, wie bereits beschrieben. Genauso ist es möglich, die Abfallprodukte, die bei der Erdölraffinerie entstehen, zu entsorgen. Auch zu diesen zu entsorgenden Produkten gehören alle verschmutzten Dosen und Behälter, die mit ÖL, Fetten, Schmierstoffen in Berührung gekommen sind.
4. Bei der Braunkohlevergasung entsteht Zinngas, das danach bei der Bioethanolvergärung verwendet werden kann.
5. Ein wichtiges Einsatzgebiet von Plasma ist die Vergasung von Kommunal Müll. Bei diesem Vergasungsprozess verringert sich das Endvolumen auf 2 bis 8 %. Es entsteht Schlacke, wie bereits beschrieben, und Zinngas. Der Strombedarf für diesen Vergasungsprozess wird durch das anfallende Zinngas abgedeckt, weitere 30 bis 50 % des produzierten Stromes durch Zinngas kann in das örtliche Stromnetz eingespeist werden.
6. Bei der herkömmlichen Verbrennung von Kommunal Müll entsteht 30 bis 40 % Asche. Diese Asche wird wie Sondermüll behandelt. Durch den Einsatz von Plasma ist es möglich, das Volumen zu reduzieren und die daraus entstehende Schlacke kann im Baugewerbe verwendet werden. Bei diesen Verbrennungsanlagen fallen schädliche Stoffe an, die strengstens verboten sind zu verbrennen, aber durch Plasma ist es möglich diese Schadstoffe in Kombination mit der Asche zu vergasen. Beides ist auch getrennt möglich.
7. Weitere Einsatzmöglichkeiten von Plasma ist die Entsorgung aller Krankenhaus-Abfälle (Dialyse), Pharmaindustrie, Lebensmittelindustrie. Das sind nur einige Beispiele in dieser kurzen Erläuterung. In speziellen Fällen ist es sehr hilfreich direkten Kontakt mit uns aufzunehmen.

Kontakt: Jaroslav Silvestrie

Mail: [plazgaz@gmail.com](mailto:plazgaz@gmail.com)

Tel.: +421 907 919 326

## **PLAZMOVÝ REAKTOR NA SPRACOVANIE ODPADOV**

Imriš I.

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta. Katedra energetickej techniky,  
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovenská republika  
E-mail: [Ivan.Imris@tuke.sk](mailto:Ivan.Imris@tuke.sk).

## **PLASMAREAKTOR FÜR DIE ABFALL BEHANDLUNG**

Imriš I.

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta. Katedra energetickej techniky,  
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovenská republika  
E-mail: [Ivan.Imris@tuke.sk](mailto:Ivan.Imris@tuke.sk).

### **Zusammenfassung**

Jährlich werden eine Million Tonnen feste Abfälle auf der Welt erzeugt. Die gebräuchlichste Methode zur thermischen Behandlung von festen Abfällen ist die Verbrennung; erzeugte Wärmeenergie, drastische Reduzierung des Volumens der festen Abfälle zur Ablagerung, aber Produktion sehr giftiger Rückstände, wie Asche und Flugstaub. Die Plasma-Vergasung und der Schmelzprozess bieten eine vollständige Vergasung von allen organischen und Kunststoff-Materialien, zur Produktion eines wasserstoff und kohlenmonoxidreichen Synthesegases, das nach der Reinigung für Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden kann. Alle nicht brennbaren, inerten Materialien und Metalle werden geschmolzen und verwandeln sich in Schlacke und Metalllegierungen, die für die Metallproduktion oder im Tiefbau verwendet werden können. Aufgrund der Konstruktion eines 3 kVA Labor-Plasma-Reaktors und Vergasungstests von verschiedenen Arten von Materialien, wurden größere Plasmareaktoren für die industrielle Feststoffabfallbehandlung vorgeschlagen und gebaut. Der vorgeschlagene Plasmareaktor mit der hohlen Graphitelektrode für die Abfallbehandlung ohne jeglichen Fest- oder Flüssigabfallstoff, ist wirtschaftlich realisierbar und umweltfreundlich.

Schlüsselwörter: Verwertung, Wasserstoff, Flüssigkeiten, Plasma, Reaktor, Abfall

## 1. Einleitung

Die menschliche Gesellschaft erzeugt jährlich riesige Mengen an Festabfall, der verschiedene Arten von Materialien, wie Papier, Kunststoffe, Metalle, Glas, organische Bestandteile usw., enthält. Die gebräuchlichste Methode zur thermischen Behandlung von festen Abfällen ist die Verbrennung [1, 2, 3]. Der Verbrennungsprozess, die genutzte Wärmeenergie, reduzieren drastisch das Volumen der festen Abfällen für die Ablagerung, aber die dabei anfallende Asche und Flugstäube sind sehr giftige Rückstände, mit hohen Gehalten an Schwermetallen, Dioxinen und Furanen, welche den Boden und das Grundwasser verunreinigen können [4, 5, 6]. Um diese Probleme zu vermeiden, sind zahlreiche metallurgische Prozesse für die Abfallbehandlung untersucht worden. Plasmatechnologie, die gemeinhin in der Metallurgie verwendet wird, scheint eine interessante Methode zu verkörpern [7, 8, 9].

Die Plasmavergasung und der Schmelzprozess, vorgestellt in diesem Beitrag, sind ein möglicher Weg für die energetische Verwertung und komplexe Behandlung von festen Abfällen unter dem Gesichtspunkt des Umweltschutzes und Recyclings von Ressourcen. Mit der Plasmavergasung und dem Schmelzprozess, beschrieben in Abb. 1 [10, 11], können feste Abfälle mit verschiedenen Komponenten verarbeitet werden:

- Organische und Kunststoff-Materialien (Textilien, Holz, Kunststoffe, etc.)
- Nicht-brennbare reaktionsträge Materialien (Glas, Keramik, etc.)
- Nicht-flüchtige Metalle (Fe, Cu, Al, etc.)
- Flüchtige Metalle (Hg, Cd, Zn, Pb, etc.)

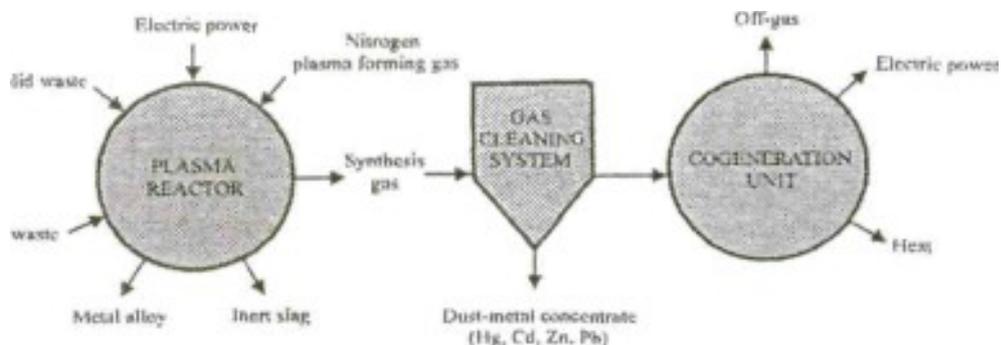
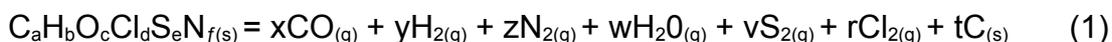


Abb. 1 - Arbeitsablaufdiagramm für die Verarbeitung von festen Abfällen durch Plasmavergasung und Schmelzverfahren

Im Plasmareaktor werden die organischen und Kunststoff-Komponenten, aus festen Abfällen, in hoch energetisches Synthesegas umgewandelt, durch thermische Zersetzung der Makromoleküle, in einfache Moleküle, mittels folgender Gleichung [12]:



Das Volumen des Synthesegases, das durch thermische Zersetzung von organischen und Kunststoff-Materialien erzeugt wird, ist sehr klein, so dass das hocheffiziente Gas-Reinigungs-System zur wirksamen Entfernung von flüchtigen Metallen und Sauerstoffkomponenten verwendet werden kann. Aufgrund der hohen Temperatur und des niedrigen Sauerstoff-Potentials im Plasmareaktor und die rasche Abkühlung des Synthesegases in der Abgasreinigung, wird die Bildung von Dioxinen und Furanen nebensächlich [4, 5]. Die flüchtigen Metalle aus dem Synthesegas, wie Quecksilber, Cadmium, Zink und Blei, werden verdampft und können als Metall-Konzentrat, Staub und Gas separiert werden. Die sauren Komponenten werden getrennt, z.B. Schwefeldioxid und Salzsäure werden ausgewaschen und zu einer anderen Art von Salzen im hocheffizienten Gas-Reinigungssystem abgeschieden. Gereinigtes hochenergetisches Synthesegas, ähnlich reformiertem Erdgas, kann mit sehr geringer Umweltbelastung im Kraft-Wärmekopplungs-System für Elektro- und Wärme-Energiegewinnung [13] verwendet werden. Alle nicht brennbaren inerte Materialien und nicht flüchtigen Metalle aus Kommunalabfällen werden geschmolzen und umgewandelt, zu inerte Schlacke und Metalllegierungen [14, 15]. Das Metall-Konzentrat, Staub und Metalllegierungen sind für die Metallproduktion geeignet und die inerte Schlacke kann im Tiefbau eingesetzt werden.

## **2. Thermisches Plasma**

Das Plasma wird als der vierte Aggregatzustand bezeichnet. Die Substanz, ist aus einer Mischung von Elektronen, Ionen und neutralen Teilchen, obwohl insgesamt neutral. Der Grad der Ionisation des Plasmas ist die Proportionale von Atomen, die Elektronen verloren haben, im Falle der Plasmen hauptsächlich durch die Temperatur gesteuert. Plasma-Technologie erfordert die Schaffung eines nachhaltigen elektrischen Lichtbogens, durch einen elektrischen Strom, durch den das plasma-bildende Gas (Argon, Stickstoff und Luft) strömt. Der hochintensive Plasmalichtbogen hat eine Temperatur von über 8000 K [16, 17]. Thermische Plasmen werden durch Plasmabrenner, die in zwei Hauptgruppen unterteilt werden können, hergestellt: nichtübertragene Lichtbögen und übertragene Lichtbögen. Der Bogen nichtübertragener Art, Typ „Taschenlampe“, in Bild 2a dargestellt, enthält die beiden Elektroden, so dass der Lichtbogen tatsächlich innerhalb der Fackel brennt. Es ist nur durch die Verwendung eines hohen Gasflusses möglich, dass eine Flamme aus teilweise ionisiertem Gas die Brennerdüse verlässt. Die übertragenen Lichtbögen, in 2b und 2c dargestellt, enthalten nur eine Elektrode, mit der Gegenelektrode, wobei das Material erwärmt wird. Die Elektrode für übertragenen Lichtbogen, Art „Fackel“, können kalt (Abb. 2b) oder heiß (Abb. 2c) sein. Eine gebräuchliche heiße Elektrode ist in der Regel die hohle Graphit-Elektrode, die mit höherer Stromstärke arbeitet. Die wichtigste treibende Kraft für die Plasmaflamme für den übertragenen Lichtbogen, Art „Fackel“, ist das elektrische Feld zwischen den Elektroden. Das bedeutet, dass die Wärmeübertragung und Effizienz für übertragene Lichtbogen, Typ „Fackeln“, höher als für nicht übertragene Lichtbogen-Systeme ist.

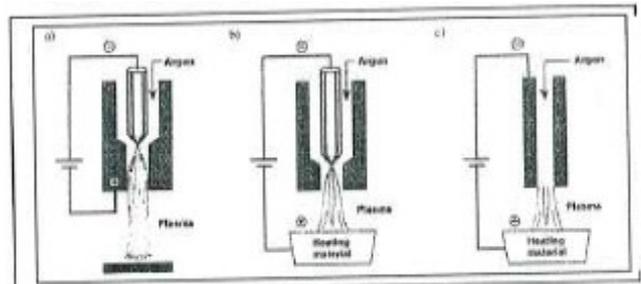


Abb. 2 - Schema des Plasma-Lichtbogen-Systems

- a) Nicht-übertragenes Lichtbogen-System
- b) Übertragenes Lichtbogen-System mit Kalt-Elektrode
- c) übertragenes Lichtbogen System mit Heiß-Hohl-Graphit Elektrode

Nach diesen Schlussfolgerungen eignet sich das einfachste Plasmaheizungssystem für den High-Power-Reaktor, der unter neutraler oder reduzierender Atmosphäre vorgeschlagen wurde. Es ist der gleichstromübertragene Plasmalichtbogenreaktor, mit einzelner hohler Graphit-Elektrode, der zur Verarbeitung von Kommunalabfällen, (3D-CAD-Modell in Abb. 3) eingesetzt werden kann.

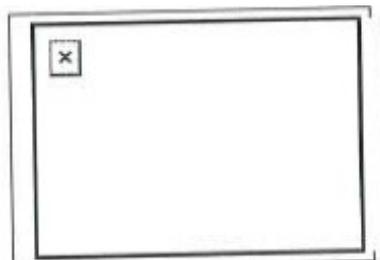


Abb. 3 - 3D-CAD Modellierung im Labormaßstab DC übertragenen Plasmalichtbogenreaktor

- 1- Graphit Hohlelektrode - Kathode
- 2- feuerfest ausgekleidete Zylinderschale
- 3- Graphittiegel – Anode

### 3. 3kVA Labor-Plasma-Reaktor

Der im Labormaßstab 3 kVA Gleichstrom übertragene Plasmalichtbogenreaktor mit einzelnen hohlen Graphit-Elektroden für die Verarbeitung von Kommunalabfällen durch die Plasma-Vergasung und den Schmelzprozess (Abb. 3), wurde entwickelt und hergestellt in der Abteilung Energietechnik [11, 18]. Der Reaktor besteht aus dem mit feuerfestem Material ausgekleideten, zylindrischen Mantel, der Graphittiegel fungiert als Reaktor-Feuerstelle, der Anode, und der zentralen Graphit-Hohlelektrode, die in einer vertikalen Konfiguration angeordnet ist und die Kathode bildet. Der zylindrische Stahlmantel ist mit feuerfestem Material ausgekleidet und hat einen Innendurchmesser von 80 mm. Er ist ein Bestandteil des Plasma-Reaktors. Der obere Teil der Schale ist mit einem wassergekühlten Vorschub-System und dem Abgas-Anschluss ausgestattet. Die untere Anode ist starr.

Der Plasmabogen wird stabilisiert durch die Einstellung der oberen hohlen Graphit-Elektrode mittels eines mechanischen Systems und der dadurch möglichen Auf- und Ab-Bewegung der Elektrode während des Betriebs des Reaktors. Das Ende der Kathode ist ausgestattet mit wassergekühlter Kathodenhalterung und plasmabildendem Gaszufuhrsystem. Die Aluminiumoxidbuchsen mit Graphithülse in der axialen Öffnung im wassergekühlten Deckel des Plasmareaktors, sichern den Leerweg der Graphit-Hohlelektrode, ohne elektrisches Kurzschließen des Körpers. Der Labor-Plasma-Reaktor wird mit einem 3,5-kVA-Transformator und Wechselstrom-Gleichstrom-Thyristor gesteuertem Gleichrichter geliefert. Das Diagramm des Labor-Gleichstrom-übertragenen Plasmalichtbogenreaktors und das 3D-CAD-Modell sind in Abb. 4 vorgestellt. Der Labor-Plasma-Reaktor ist in Abb. 5 dargestellt.

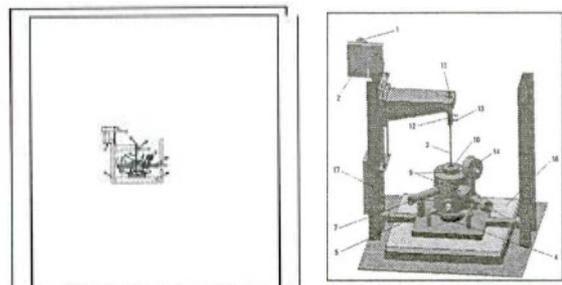


Abb. 4 - Das Diagramm des Labormaßstab DC übertragenen Plasmalichtbogenreaktors und 3D-CAD-Modells

- 1- Elektromotor
- 2- Kathode Bewegungsmechanismus
- 3- Graphit-Elektrode Hohl-Kathode
- 4- Graphittiegel-Anode
- 5- Abgas-Auslass
- 6- Aluminiumoxid-Auskleidung
- 7- Gasentnahme Bohrung,
- 8- Wärmefühler,
- 9- Wasserkühler
- 10- Kathodendichtung
- 11- Wasserkühler der Kathoden-Klemmung
- 12- Kathode Klemme
- 13- Plasma Formiergas
- 14- Beschickung/Zuführung
- 15- Vorschubsystem
- 16- Isolationsplatte
- 17- Gehäuse

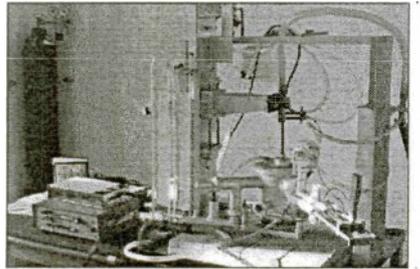


Abb. 5 - Der 3 kW Labormaßstab Gleichstrom übertragenen Plasmalichtbogenreaktor

Das Plasma wird zwischen einer hohlen Graphit-Elektrode - Kathode und einer Graphit-Tiegel - Anode erzeugt. Die Plasma-Energie wird über die Stromstärke und Spannung gesteuert. Die Länge des Plasmalichtbogens ist proportional zu dem Strom, der durch Einstellen des Abstands zwischen Anode und Kathode, gesteuert wird. Die elektrische Verarbeitung der Daten und die mechanischen Bewegungssysteme wurden entwickelt zum Steuern und Einstellen der vertikalen Kathodenposition im Plasmareaktor.

Während des Betriebes fließt das Stickstoffgas durch die Hohl-Graphit-Elektrode mit einer Durchflussmenge von 5.5 l/min, als plasmabildendes Gas. Die optimalen Arbeitsbedingungen für den stabilen Plasma-Lichtbogen sind 120 A Strom and 25 V Spannung. Dazu arbeitet das elektrische Steuerungs-System mit Stromintervallen von 115 A bis 125 A, wie in Abb. 6 beschrieben.

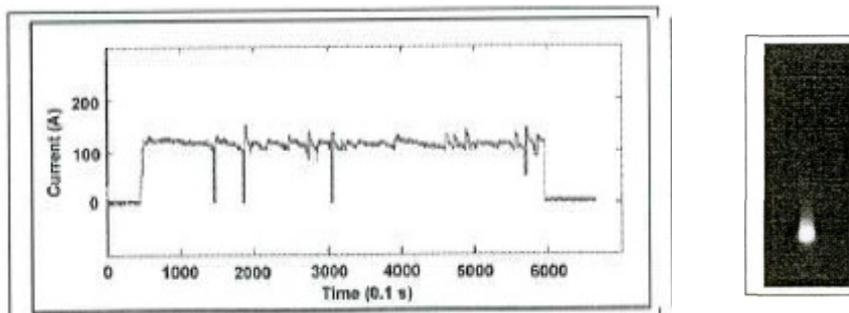


Abb. 6 - Die Schwankung des elektrischen Stroms im Plasmareaktor und Plasmabogen

#### 4. Plasma-Reaktoren mit höherer Leistung

Auf der Basis des Abgleiches der experimentellen Daten von Konstruktion und Labor, bezogen auf den 3 kVA Gleichstrom übertragene Plasmabogenreaktor und die vorausgehenden Tests mit der Plasnavergasung verschiedener Arten von Kunststoffmaterialien [13] in diesem Reaktor, wurde der Gleichstrom-übertragene Plasmabogenreaktor mit höherer Leistung entwickelt und gebaut, für weiterführende Studien der Plasnavergasung und des Schmelzprozesses. Das Beispiel des 80 kVA Gleichstrom-übertragenen Plasmabogenreaktors mit Hohl-Graphit Elektrode zeigt Abb. 7.

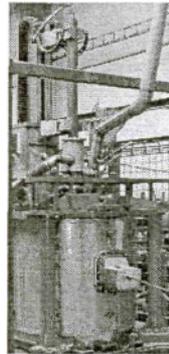
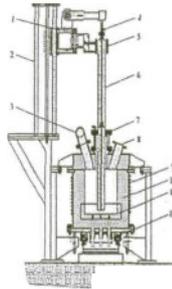


Abb. 6 -Diagramm und Sicht auf den 80 kVA Gleichstrom-übertragenen Plasmabogenreaktor

- 1- Kathoden Bewegungsmechanismus
- 2- Gehäuse
- 3- Auslass
- 4- Plasmabildendes Stickstoff Gas
- 5- Kathodhalterung
- 6- Hohl-Graphit-Elektrode Kathode
- 7- Wassergekühlte Kathodendichtung
- 8- Material Zuführöffnung
- 9- Stahlschale
- 10-Aluminiumfutter
- 11-Graphit-Tiegel-Anode
- 12-Anoden Verbindung

Der Gleichstromtransfer 80kVA Plasmalichtbogenreaktor besteht aus einem zylindrischen Stahlmantel, 920 mm im Durchmesser, ist mit einem gießbaren Aluminiumoxid ausgekleidet und schließt mit einem Graphittiegel ab, dient als Reaktorherd und der Anode (Abb. 7). Baum-Edelstahl-Graphit-Stäbe werden für den Anschluss von Graphittiegel Anode an luftgekühlten Kupferklemmen verwendet. Die Gewindebohrung im Graphittiegel ist in der Nähe des Herdes angeordnet. Die Kathode ist die zentrale Graphit-Hohlelektrode, mit 100 mm Durchmesser, in einer vertikalen Konfiguration mit ausreichender mechanischer Bewegungsfreiheit angeordnet. Diese bietet die Möglichkeit der Bewegung der Elektrode nach oben und unten während des Betriebes eines Plasmareaktors. Während des Betriebes fließt der Stickstoffgasstrom durch die hohle Graphit-Elektrode, verwendet als plasmabildendes Gas. Das Dach des Reaktors ist der Stahlmantel, ausgekleidet mit gießbarem Aluminiumoxid. Baum-Anschlüsse sind im Dach (Abb. 7) angeordnet.

Ein zentral gelegener Anschluss ist für die wassergekühlte Kathodendichtung, welche nicht nur gegen den Austritt von Synthesegas aus dem Plasma-Reaktor zur Verfügung steht, sondern auch als eine elektrische Trennung der Kathode vom Rest des Reaktors dient, die aus Sicherheitsgründen geerdet ist. Zwei peripher gelegene Anschlüsse sind für die Zufuhr von Materialien und Abgasausstoß. Ein ausgeklügeltes, wassergekühltes Vorschubsystem, mit denen die Einsatzstoffe in der Größenordnung von 0,1 bis 5,0 mm kontinuierlich unter Nutzung der Schwerkraft, direkt durch die Zufuhröffnung in das Bad in der Nähe der Plasma-Säule, ohne das Eindringen von Luft in den Plasmareaktor, zugeführt werden, ist entwickelt worden. Diese Konstruktion der Kathoden-Dichtung und Einspeisungen in den Plasmareaktor, erlaubt im Betrieb einen permanenten, leicht negativen Druckzustand.

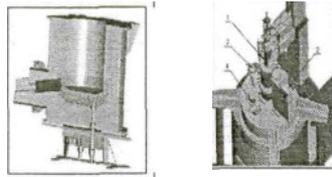


Abb. 7 - 3D-CAD Modell vom Kernstück des 80 kVA Plasmareaktors

- 1- Hohl-Graphit-Elektrode - Kathode
- 2- Einlass
- 3- Auslass
- 4- Sichtloch

Die Plasma-Reaktoren sind ausgestattet mit einem Dreiphasen-Transformator und AC-DC Thyristor Gleichrichter. Variable Leistungsintensität kann ausgewählt werden. Der Lauf des Plasmareaktors ist computergesteuert überwacht. Im Betrieb wird der Stickstoff-Gasstrom durch die hohle Graphit-Elektrode und die optimalen Betriebsparameter - Ströme und Spannungen automatisch auf einem konstanten Niveau für den stabilen Plasmabogen gehalten. Die Beispiele der Zeitschwankung des elektrischen Stroms, der Spannung und Temperatur 30 kVA Plasmareaktor und Plasma in 80 kVA Plasmareaktor sind dargestellt in Abb. 8.

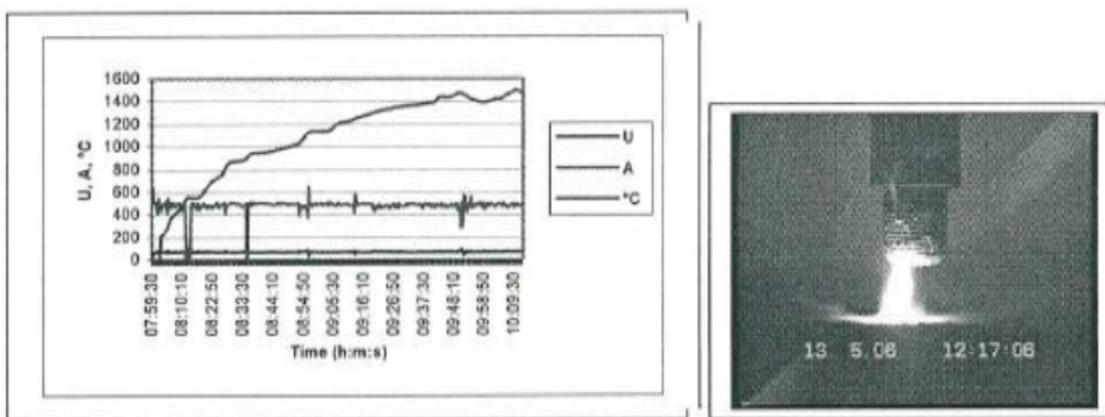


Abb. 8 -Die Zeit-Fluktuation des elektrischen Stroms, Spannung und Temperatur im 30 kVA DC Plasmareaktor mit hohlen Graphitelektroden und Plasmalichtbogen im 80 kVA Plasmareaktor.

## 5. Ergebnis

Die neuen Regelungen der EU verlangen die stoffliche und energetische Verwertung von festen Abfällen. So ist in Zukunft die breitere Anwendung von Plasma-Vergasung und Schmelzprozessen für die Abfallbehandlung zu erwarten. Das vorgeschlagene Verfahren ist wirtschaftlich realisierbar, umweltfreundlich, mit hoher Material- und Energieverwertung. Feste oder flüssige Abfälle fallen nicht an.

Auf den Grundlagen der Konstruktion von Labor-Plasma-Reaktor und Vergasungs-Tests verschiedener Arten von Materialien in der Technischen Universität Košice und nach der Zusammenarbeit mit QEL Ltd. und GAZOTECH Ltd. Firmen in Bardejov, die neuen DC Plasma-Reaktoren mit Hohl-Graphit-Elektrode wurden vorgeschlagen und gebaut für die industrielle Anwendung.

## Referenzen

1. Imris I., Klenovcanova A.: Možnosti energetickeho využívania odpadov. Strojne inžinierstvo 2001, I. cast' zbornika, sekcia c.1 Tepelna energetika a technika prostredia, 22. November 2001, p.68-74.
2. Horbaj P., Imris I., Klenovcanova A.: Zneskodnovanie odpadov na Slovensku, Energia, 4, 2000, p.56-59.
3. Obroucka K., Fiedor J.: Energeticke charakteristiky vybranych spalitelnych odpadu, Acta Metallurgica Slovaca, 11, 2005, str.258-264.
4. Menad N., Björkman Bo.: Thermodynamic Conditions for the Reduction of Dioxins During Combustion of the Organic Parts Contained in Electronic Wastes, In: Rewas 99. Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, Publication of TSM, INASMET, San Sebastian, Spain, 5-9, September, 1999, p. 937-949.
5. Yazawa A., Nakazawa S.: Thermodynamic Evaluation of Dioxins and Abatement Effect of Inhibitors in Combustion Gas. Manuscript.
6. Macakova S., Siska F., Pliesovska N.: Overenie ekotoxicity solidifikovaného odpadu (popolceka zo zariadenia na tepelne zneskodnovanie komunálneho odpadu Kosice) a možnosti jeho využitia pre ucely pozemneho stavitel'stva, In: Odpady-konferencia a vystava, Praha, CR. 23-25 November 1989.
7. Ye G., Viklund-White Ch.: The Utilization of Metallurgical Reactors for the Processing of Wastes, In: Rewas 99, Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, Publication of TSM, INASMET, San Sebastian, Spain, 5-9, September, 1999), p. 213-222.
8. Goodwill J.E., Schmitt R.J.: Plasma Arc Technology for Waste Treatment in the Metals Industry, In: Proceeding of the Plasma Arc Technology, Current Practices for Waste Treatment: An Information Exchange, Current Technologies Corporation, Alexandria, Virginia, 29-30 October 1996, p.179-194.
9. Imris I., Klenovcanova A., Imris M., Molcan P.: Prehl'ad plazmovych technologii pouzivany'ch na likvidaciu odpadov. Acta Mechanica Slovaca, c.3, 2003, p.301-318.
10. Imris I. : Energy recovery from municipal solid waste by plasma process, Acta mechanica Slovaca, 1,2004, str.75-86.
11. Imris I., Klenovcanová A.: Energy Recovery from Waste by Plasma Gasification and Smelting Process. In: Recycling and Waste Treatment in Mineral and Metal Processing: Technical and Economy Aspects, GTC print AB, Lulea, 16-20 June, 2002, Sweden, Volume 2, p. 481-488
12. Horbaj P., Imris I.: Niektore možnosti využívania komunálneho odpadu, In: Medzinarodna konferencia TOP 2000, Casta Papiernicka 15-16 jun 2000, p. 233-243.
13. Imris I., Klenovcanova A. and Molcan P.: Energy recovery from waste by the plasma gasification process, Archives of thermodynamics, Vol.26, No.2, 2005, p.3-16.
14. Imris I., Klenovcanova A., Imris M.: Thermodynamics of Iron Reduction from Carrons Process Leaching Residues, In: Proceedings of James M. Toguri Symposium, Fundamentals of Metallurgical Processing. CIM, Ottawa, Ontario, Canada, 20-23 August 2000, p. 71-81.
15. Imris I., Klenovcanova A., Imris M., Buzek Z., Bajger Z., Krayzel M. : Možnosti využívania plazmovej technologie pri spracovávaní odpadov, Hutnicke listy, 4-5, 2002, str.37-43.
16. Chen F. F.: Úvod do fyziky plazmatu, Academia, Praha 1984.
17. Frank-Kamenickij D.A.: Plazma - stvrte skupenstvo hmoty. Slovenske vydavatel'stvo Technickej literatury Bratislava, 1966.
18. Holubecky P.: Konstrukcia plazmovej pece pre splynovanie odpadov. Acta Mechanica Slovaca c.3- A, 2004, p.505-512.

Názov a adresa zákazníka: Ing. Tomáš Brestovič, doktorand,  
Katedra energetickej techniky, TU Košice  
Požadované skúšky: Podľa žiadanky zákazníka  
Identifikácia vzorky: Vzorka 122  
**Predmet skúšky:**

Na základe Vašej požiadavky zo dňa 9.1.2009 bol v Laboratóriu Koksovne vykonaný rozbor jednej vzorky plynu. Vzorka bola v LK prevzatá 9.1.2009. Výsledok rozboru bol nasledovný:

Druh rozboru	Výsledky	Metóda	Rozšírená neistota	A-akreditované N-neakreditované
		PP1-ZT21-44		
Metán $CH_4$	7,56 %	GC-TCD	5 % *	A
Vodík $H_2$	43,7 %	GC-TCD	2 % *	A
Kyslík $O_2$	0,11 %	GC-TCD	**	N
Dusík $N_2$	14,5 %	GC-TCD	2 % *	A
Oxid uhličitý $CO_2$	2,95 %	GC-TCD	5 % *	A
Oxid uhoľnatý $CO$	28,6 %	GC-TCD	2 % *	A
Etén ( $C_2H_4$ )	2,10 %	GC-FID	5 % *	A
Etán ( $C_2H_6$ )	0,24 %	GC-FID	10 % *	A
Etín ( $C_2H_2$ )	0,04 %	GC-FID	10 % *	A
suma $C_3$ uhľovodíkov	0,11 %	GC-FID	**	N
suma $C_4$ uhľovodíkov	0,036 %	GC-FID	**	N
suma $C_{5,a}$ uhľovodíkov	0,10 %	GC-FID	**	N
Výhrevnosť	12,77 MJ/Nm <sup>3</sup> )	PP1-ZT21-44		N

Poznámka: výsledky sú udávané v molárných percentách.

\* - neistota je uvedená z nameranej hodnoty

\*\* - pod medzu stanoviteľnosti nad limit detekcie

\*\*\* - pod limit detekcie

\*\*\*\* - mimo rozsah akreditácie

GC-TCD plynová chromatografia, tepelne vodivostný detektor

GC-FID plynová chromatografia, plameňový ionizačný detektor

Výsledky skúšok sa týkajú len skúšaných vzoriek. Protokol môže byť reprodukováný len celý. Časť protokolu môže byť reprodukováná len s písomným súhlasom Laboratória Koksovne.					
Poznámka (doplňky, výnimky, nedostatky a pod.): NH - nameraná hodnota					
Dátum prevzatia vzoriek:	9.1.2009	Za technickú stránku výsledkov zodpovedá: meno a funkcia:	Ing. Miroslav Obr Tech. riadenia kvality, manažér kvality:	Schválil: meno a funkcia:	Ing. Jozef Stano Vedúci odboru Laboratória Koksovne
Dátum vykonania skúšok:	9.1.2009	Podpis:		Podpis:	
		Dátum:	9.1.2009	Dátum:	9.1.2009

F-PP/ZT21/PM1/08-12/08-02-5