

Bericht über die ITG-Diskussionssitzung „Angewandte Pulsed-Power-Technik“ am 11. April 2008 in Karlsruhe

Am Freitag, den 11. April 2008 fand anlässlich der 112. Sitzung des ITG - Fachausschusses 8.6 „Vakuumelektronik und Displays“ im Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM) am Forschungszentrum Karlsruhe eine halbtägige Diskussionssitzung zum Thema „Angewandte Pulsed-Power-Technik“ statt. Danach konnten die Pulsed-Power-Anlagen des IHM besichtigt werden.

Nach der Begrüßung der 17 Teilnehmer durch den Institutsleiter des IHM, Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Thumm, gab der stellvertretende Leiter der IHM-Abteilung Hochleistungsimpulstechnik, Dr. Wolfgang Frey, eine Einführung in die Organisationsstruktur dieser Abteilung. Die Hochleistungsimpulstechnik ist die Basistechnologie der drei Arbeitsgebiete Oberflächenvergütung mit Elektronenstrahlen, Bioelektrik und Elektrodynamische Fragmentierung von Feststoffen, die in der Abteilung verfolgt werden. Die folgenden 4 Vorträge hatten diese Anwendungen der Pulsed-Power-Technik zum Thema.

Dr. Alfons Weisenburger berichtete über „Gepulste Elektronenstrahlen und ihre Anwendungen (GESA)“. Intensive gepulste Elektronenstrahlen werden seit einigen Jahren am IHM zur Modifizierung von Materialoberflächen eingesetzt. Diese intensiven gepulsten Elektronenstrahlen werden mit den so genannten GESA-Anlagen (steht für **G**epulste **E**lektronen-**S**trahl **A**nlage) erzeugt. Eine der Besonderheiten dieser Anlagen sind die kalten Vielpunkt-Explosions-Feldemissions-Kathoden. Diese Art von Kathoden, entwickelt am Efremov Institut in St. Petersburg, Russland, erlauben die Erzeugung großflächiger gepulster Elektronenstrahlen. Zwei der drei Anlagen erzeugen einen planaren Elektronenstrahl mit Elektronenenergien zwischen 60 und 150 keV bzw. 200 bis 400 keV, einem Strahldurchmesser von zwischen 4 und 6 cm, einer Energiedichte an der zu bearbeitenden Oberfläche bis zu 2 bzw. 6 MW/cm² und einer Pulsdauer von 4 bis 250 µs. Die dritte Anlage hat eine zylindrische Kathode, die einen radial konvergierenden Elektronenstrahl mit einer Zylinderlänge von ca. 30cm mit einer Elektronenenergie von 120 keV und eine maximalen Energiedichte von bis zu 2MW/cm² erzeugt. Durch die volumetrische Energiedeposition wird ein nahezu adiabatisches Schmelzen eines definierten Materialvolumens erreicht, bei dem das darunter liegende Material nahezu kühl bleibt. Dies führt durch Wärmeleitung zu einem schnellen Abkühlvorgang ($< 10^7$ K/s) und somit zu veränderter Mikrostruktur und im Falle des Schmelzlegierens auch zu modifizierter Zusammensetzung. Durch die geänderte Oberflächenstruktur und Zusammensetzung werden der Reibverschleiß, die Härte und die Oxidationsbeständigkeit positiv verändert. Verschiedene Anwendungen des GESA – Prozesses z.B. ein verbesserter Verschleißwiderstandes von Automobilteilen (Tassenstößel, Ventile, Zahnräder, ..), ein verbessertes Oxidationsverhaltens von MCrAlY „bond coats“ für Wärmedämmschichten auf Turbinenschaufeln und die Verbesserung des Korrosionsverhaltens von Stählen in Flüssigmetallen (Pb, Pb/Bi) wurden explizit diskutiert.

Über die „Anwendung von gepulsten elektrischen Feldern und Unterwasser-Korona-Entladungen zur Entkeimung von belasteten Abwässern“ wurde von Dr. Wolfgang Frey berichtet. Die Abtötung von Bakterien mittels gepulster elektrischer Felder basiert auf der feldinduzierten Porenbildung (Elektroporation) in der Plasmamembran. Nach erfolgter Porenbildung verliert die Zelle ihr Cytoplasma und stirbt ab. In grundlegenden Laboruntersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Wirksamkeit der Keimabtötung mittels Elektroporation in einem Feldstärkebereich von 40 bis 100 kV/cm mit der aufgewandten elektrischen Impulsenergie skaliert und von der Impulsform weitestgehend unabhängig ist. Für eine chemiefreie Keimreduktion in belasteten Abwässern um 3,5 Log-Stufen werden 120kJ/l benötigt. Das Verfahren arbeitet nebenwirkungsfrei. Die Laborwerte konnten beim Betrieb einer Pilotanlage in Zusammenarbeit mit dem Uniklinikum in Mainz und einem Anlagenbauer bestätigt werden. Der Energiebedarf kann durch Vorwärmung auf ca. 25% reduziert werden. Eine Alternative zur reinen Feldbehandlung stellt die Abwasserentkeimung mittels Unterwasser-Korona-Entladungen dar. Zusätzlich zur Felddexposition wirken hier UV-Strahlung, Schockwellen und elektrochemisch erzeugte Oxidantien keimabtötend. Der spezifische Energiebedarf für eine Keimreduktion um 3,5 Log-Stufen bei Umgebungstemperatur liegt hier bei 50kJ/l.

Im Anschluss daran referierte Dr. Martin Sack über weitere „Anwendungen der Elektroporation“. Unter Elektroporation versteht man dabei den Aufschluss pflanzlicher Zellen durch die Anwendung gepulster elektrischer Felder über den Zellmembranen. In Folge einer Umlagerung von Bilipidmolekülen der Zellmembran kommt es zu einer Porenbildung, die bei genügend hoher Energieapplikation irreversibel erfolgt. Durch diese Poren können Zellinhaltsstoffe leicht aus einem Gewebe extrahiert werden. Die Anwendung der Elektroporation im technischen Maßstab ermöglicht optimierte Verfahrensabläufe gegenüber herkömmlichen Verarbeitungsmethoden: So erhält man beim Abpressen von Fruchtsäften aus elektroporierter Maische eine höhere Produktausbeute bei gleichzeitig schonender Verarbeitung. Bei der Herstellung von Weiß- und Rotwein können durch die Elektroporation Geschmacks- und Farbstoffe innerhalb kurzer Zeit und bei vernachlässigbarer Erwärmung extrahiert werden. Und nicht zuletzt bietet die Elektroporation beispielsweise bei der Verarbeitung von Zuckerrüben oder der Entsaftung von Grünpflanzen für einen kraftstofferzeugenden Bio-to-Liquid (BTL)-Prozess Möglichkeiten zu einer energiesparenden Prozessführung. Zur Durchführung von Versuchen im Technikumsmaßstab wurden am IHM in den vergangenen Jahren mehrere, teils mobile Elektroporationsanlagen entwickelt und gebaut, mit denen die Prozessführung und die Anlagentechnik erprobt und optimiert wird. Ziel ist die Umsetzung der Verfahren in den industriellen Maßstab. Daran wird zusammen mit industriellen Kooperationspartnern gearbeitet.

Abschließend berichtete Dr. Peter Hoppé über das Verfahren „Elektrodynamische Fragmentierung – FRANKA“ zur industriellen Fragmentierung von Verbundwerkstoffen und Mineralien. Er erläuterte zunächst das Funktionsprinzip dieser Anlagen: durch energetische Hochspannungsimpulse mit Spannungen von typisch 300kV und Entladeströmen von typisch 10kA werden die unterschiedlichsten Materialien beaufschlagt und dabei besonders selektiv zerlegt. So kann beispielsweise Beton in seine ursprünglichen Bestandteile Kies, Sand und Zementstein aufgetrennt und zur Herstellung von hochwertigem Beton wiederverwendet werden. Vom HGF-Programm Umwelt wurden diese Arbeiten wegen ihres Potentials bezüglich Nachhaltigkeit und Schonung der Ressourcen gefördert. Anschließend wurden die verschiedenen, am IHM entwickelten und gebauten Anlagen, beschrieben. Danach wurde der Stand der Kooperation mit der Industrie aufgezeigt: Laboranlagen, die nach diesem Prinzip arbeiten, wurden bereits kommerzialisiert, industrielle Prototypen befinden sich in der Entwicklung.

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Thumm

Universität Karlsruhe (TH)
Institut für Höchstfrequenztechnik und Elektronik (IHE)
und
Forschungszentrum Karlsruhe
Leiter des
Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM)

Postfach 3640
D-76021 Karlsruhe

Address(office): Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Fax (office): (Germany=xx49) 7247 82 4874

Phone (office): (Germany=xx49) 7247 82 2440 / 2441

email (office): manfred.thumm@ihm.fzk.de

Internet (office): www.fzk.de/ihm
