



DEKONTAMINASI HYPALON DAN NEPRENE GLOVES, PVC DAN BEMCOT TISSUE DENGAN MEDIATOR PERAK (II)

Suardiyono

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN

ABSTRAK

DEKONTAMINASI HYPALON GLOVES, NEPRENE GLOVES, PVC DAN BEMCOT TISSUE DENGAN MEDIATOR PERAK (II). Telah dilakukan dekontaminasi *hypalon gloves*, *neoprene gloves*, PVC dan *bemcot tissue* menggunakan sel oksidasi elektrokimia berskala laboratorium dengan kondisi anolit 0,05 M $\text{AgNO}_3/4$ M HNO_3 , katolit 13 M HNO_3 , temperatur 20, 30 dan 40 °C, arus 10 amper dan kecepatan pengadukan 1000 rpm. Faktor dekontaminasi (FD) Hypalon gloves (*chlorosulphonated polyethylene*) dan polyvinyl chloride (PVC) pada waktu elektrolisis sampai 180 menit, temperatur antara 30 °C – 40 °C adalah berkisar antara 100 – 200. *Neoprene glove* tidak dapat di dekontaminasi karena terjadi penggumpalan dan lengket satu sama lain. *Beamcot tissue (cellulosic material)* tidak dapat diaplikasikan untuk didekontaminasi karena telah terdekomposisi habis menjadi CO_2 selama elektrolisis.

ABSTRACT

DECONTAMINATION OF HYPALON GLOVES, NEPRENE GLOVES, PVC AND BEMCOT TISSUE USING MEDIATOR OF SILVER (II) ION. The decontamination of *Hypalon gloves*, *Neoprene gloves*, PVC and *bemcot tissue* using a laboratory scale electrochemical oxidation cell were carried out under the condition of anolyte of 0,05 M $\text{AgNO}_3/4$ M HNO_3 , catholyte of 13 M HNO_3 , temperature of 20, 30 and 40 °C, current of 10 A and stirring speed of 1000 rpm. The decontamination factor (DF) of Hypalon gloves (*chlorosulphonated polyethylene*) and polyvinyl chloride (PVC) at the electrolysis time until 180 minutes, temperature between 30 °C – 40 °C was about 100 – 200. *Neoprene gloves* might not suitable for this decontamination, because occurred the hump and adhesive on the surface among the neoprene glove sheets due to their partial decomposition which interferes the decontamination was observed. *Bemcot tissue (cellulosic material)* is inapplicable for this decontamination, because it was completely decomposed to be carbon dioxide during electrolysis.

PENDAHULUAN

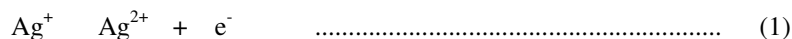
Industri nuklir yang menggunakan bahan baku uranium, plutonium, amerisium dan turunan-turunannya untuk penelitian, pembuatan bahan bakar reaktor riset maupun reaktor daya dan digunakan untuk keperluan lainnya; menimbulkan berbagai jenis limbah padat terkontaminasi radionuklida pemancar α seperti : baja tahan karat bekas wadah uranium-plutonium oksida (MOX), karet sarung tangan, filter, tisu, kertas, plastik, PVC dan lain-lain. Limbah padat terkontaminasi α tersebut perlu didekontaminasi sampai mencapai batas aman untuk dibuang ke lingkungan atau didaur ulang[1,2].

Dekontaminasi dengan metode oksidasi elektrokimia menggunakan mediator larutan ion perak (II) atau disebut mediator Ag^{2+} , memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut: peralatannya sangat kompak dan dapat diinstal di dalam *glove box*, kondisi pengoperasian yang ringan di bawah tekanan normal dan suhu

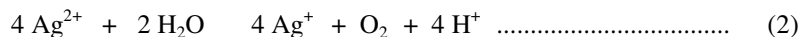
Suwardiyono: Dekontaminasi Hypalon Gloves, Neoprene Gloves, Pvc Dan Bemcot Tissue Dengan Mediator Perak (II).

kamar, dan material radioaktif berada di dalam fase cair [1]. Untuk itu dekontaminasi dengan metode oksidasi elektrokimia menggunakan mediator Ag^{2+} telah banyak digunakan untuk dekontaminasi limbah terkontaminasi α .

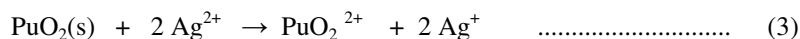
Pada anode, larutan perak nitrat dalam bentuk Ag^+ teroksidasi menjadi Ag^{2+} dengan potensial redok 1,98 volt [3,4].



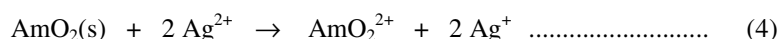
Pada temperatur kamar Ag^{2+} perlahan-lahan tereduksi dan H_2O terdekomposisi dengan lepasnya oksigen [5].



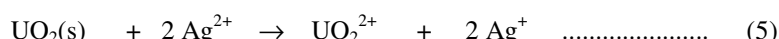
Mediator Ag^{2+} adalah sangat reaktif dan dapat melarutkan berbagai jenis komponen radioaktif, yang sangat sukar larut sekalipun. Seperti contoh, plutonium dioksida yang sangat sulit dilarutkan, kecuali di dalam larutan asam kuat dan asam hidrofiorida. Namun demikian Ag^{2+} melarutkan plutonium dioksida dengan mudah dan dikonversi menjadi ion plutonil (PuO_2^{2+}) [3]:



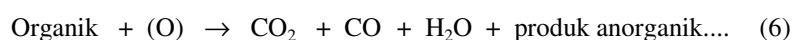
Amerisium dioksida teroksidasi oleh Ag^{2+} menjadi larutan ion amerisil (AmO_2^{2+}):



Uranium dioksida teroksidasi oleh Ag^{2+} menjadi larutan ion uranil (UO_2^{2+}):



Mediator Ag^{2+} sangat reaktif, sehingga dengan cepat bereaksi dengan senyawa organik dan mengoksidasinya menjadi CO_2 , CO , H_2O , dan produk anorganik, dll. [6].



Dalam penelitian ini akan dilakukan regenerasi atau pembangkitan Ag^{2+} , pelarutan dan dekontaminasi *hypalon gloves*, *neoprene gloves*, *PVC* dan *bemcot tissue* menggunakan sel oksidasi elektrokimia skala laboratorium, dengan kondisi anolit 0,05 M $AgNO_3/4$ M HNO_3 , katolit 13 M HNO_3 , temperatur 20, 30 dan 40 °C, arus 10 amper dan kecepatan pengadukan 1000 rpm. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan kondisi optimum regenerasi atau pembangkitan Ag^{2+} , dekontaminasi *hypalon gloves*, *heoprene gloves*, *PVC* dan *hemcot tissue*.

TATA KERJA

Peralatan

1. Alat yang digunakan untuk percobaan adalah sel oksidasi elektrokimia berskala laboratorium yang dibuat dari bahan gelas dan teflon seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Sel ini terdiri dari kompartemen anode kapasitas 4 liter dan kompartemen katode kapasitas 0,15 liter, dimana keduanya dipisahkan oleh membran keramik. Anode terbuat dari bahan platina berbentuk anyaman keranjang yang memiliki luasan 181 cm² dan juga katode dibuat dari bahan dan bentuk yang sama dengan luasan 93 cm². Pengaduk terbuat dari teflon di tempatkan di dalam kompartemen anode. Kompartemen anode diisi dengan dengan anolit 0,05 M $AgNO_3/4$ M HNO_3 dan kompartemen katode diisi dengan katolit 13 M HNO_3 . Temperatur anolit dikontrol dengan air pendingin yang disirkulasikan di dalam jaket pendinginan.
2. Alat yang diperlukan lainnya adalah: Alat ukur titrator otomatis, ICP spektrometri, TOC Analyser, Ultrasonik Cleaner, Timbangan Analitik, Pecach scitilator α , Glove box, Lampu Infra merah, Peralatan laboratorium dll.

Suwardiyono: Dekontaminasi Hypalon Gloves, Neoprene Gloves, Pvc Dan Bemcot Tissue Dengan Mediator Perak (II).

Bahan

1. Larutan perak nitrat, dengan konsentrasi 0,05 M AgNO₃/4 M HNO₃.
2. Larutan asam nitrat, dengan konsentrasi 13 M HNO₃.
3. Hypalon gloves, Neoprene gloves, PVC dan Bemcot tissue.
4. Larutan Uranium nitrat 2.32 gU/l.
5. Deterjen, dll.

Regenerasi Ag²⁺

Proses regenerasi Ag²⁺, sel oksidasi elektrokimia dioperasikan pada temperatur 20 °C, 30 °C dan 40 °C, dengan arus 10 amper, dan kecepatan pengadukan 1000 rpm. Selama proses elektrolisis dilakukan pengambilan sampel, kemudian sampel tersebut dilakukan pengukuran konsentrasi Ag²⁺ dengan menggunakan alat ukur titrator otomatis.

Preparasi Sampel

Sampel – sampel *Hypalon gloves*, *Neoprene gloves*, *PVC* dan *Bemcot tissue* dikontaminasi dengan uranium dengan tujuan untuk membuat simulasi limbah padat terkonyaminasi α . Sebagian besar metode penetrasi kontaminasi ini telah digunakan untuk mengkondisikan sampel [3]. *Hypalon gloves*, *Neoprene gloves*, *PVC* dan *Bemcot tissue* (ukuran 20 mm x 20 mm) dibersihkan dengan larutan deterjen di dalam bak ultrasonic kecuali bemcot tissue. Setelah dibilas dengan air bebas mineral dan dikeringkan, sampel-sampel tersebut sebagian di ampelas/digosok agar kontaminasi melekat kuat, kemudian kontaminasi diaplikasikan ke permukaan.

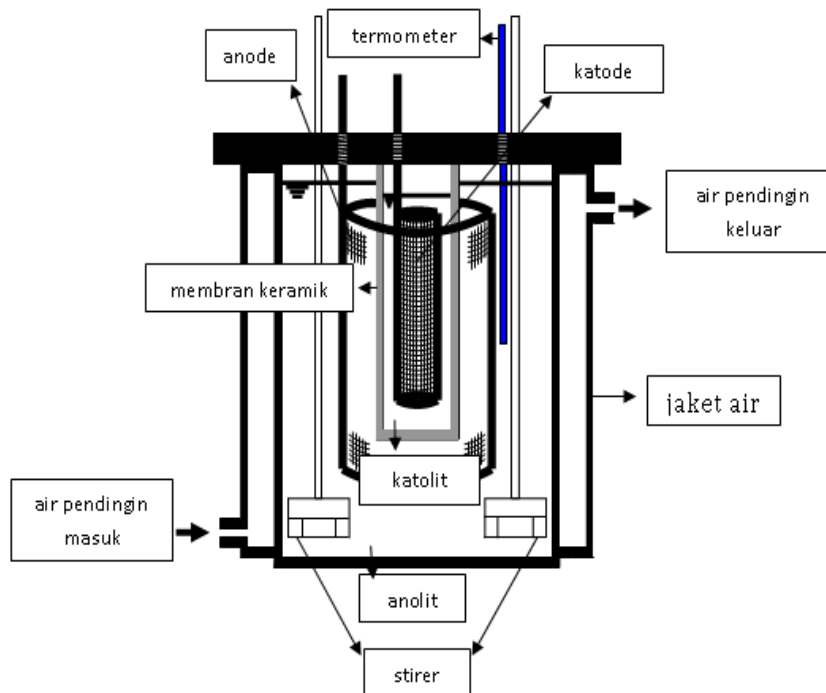
Di dalam aplikasi mengkontaminasi, sampel-sampel tersebut di panaskan dengan lampu infra merah pada suhu 80 °C, kemudian 200 μ l larutan uranium nitrat 2.23 gU/l diteteskan pada permukaan sampel dan dikeringkan. Untuk memperkuat adhesitas oksida uranium, sampel-sampel tersebut dipanaskan pada suhu 80 °C selama 10 menit menggunakan lampu infra merah.

Pelarutan *Hypalon gloves*, *Neoprene gloves*, *PVC* dan *Bemcot tissue*

Sampel *hypalon gloves*, *neoprene gloves*, *PVC* dan *bemcot tissue* (ukuran 20 mm x 20 mm) sebanyak seratus buah di cuci dengan menggunakan deterjen di dalam bak ultrasonik kecuali *bemcot tissue*, setelah itu dicuci dengan air bebas mineral dan dikeringkan. Semua sampel sebelum dan sesudah elektrolisis ditimbang terlebih dahulu, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kehilangan berat. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam larutan anolit. Sel elektrokimia dioperasikan pada kondisi elektrolisis dengan temperatur 20 °C, 30 °C dan 40 °C, dengan arus 10 amper, dan kecepatan pengadukan 1000 rpm. Selama proses elektrolisis dilakukan pengambilan sampel untuk mengetahui *rate* pelarutan total karbon organik, menggunakan Total Organic Carbon (TOC) *analyzer*. *Rate* dekomposisi atau kecepatan pelarutan ditentukan dengan berat yang hilang setelah elektrolisis.

Dekontaminasi *Hypalon glove* dan *PVC*

Sampel *hypalon glove* dan *PVC* (42 buah, ukuran 20 mm x 20 mm) yang telah dikontaminasi dengan uranium digantung secara vertikal dengan kawat *stainless steel* kemudian dimasukkan ke dalam larutan anolit. Setelah elektrolisis, setiap sampel dicelupkan sebentar ke dalam air bebas mineral untuk mengeliminasi larutan kontaminan yang tidak melekat terjatuh dan selanjutnya dikeringkan pada suhu kamar. Radioaktivitas sampel sebelum dan sesudah dekontaminasi diukur menggunakan alat ukur pencacah α .



Gambar 1. Sel oksidasi elektrokimia skala laboratorium

HASIL DAN PEMBAHASAN

Regenerasi Ag^{2+}

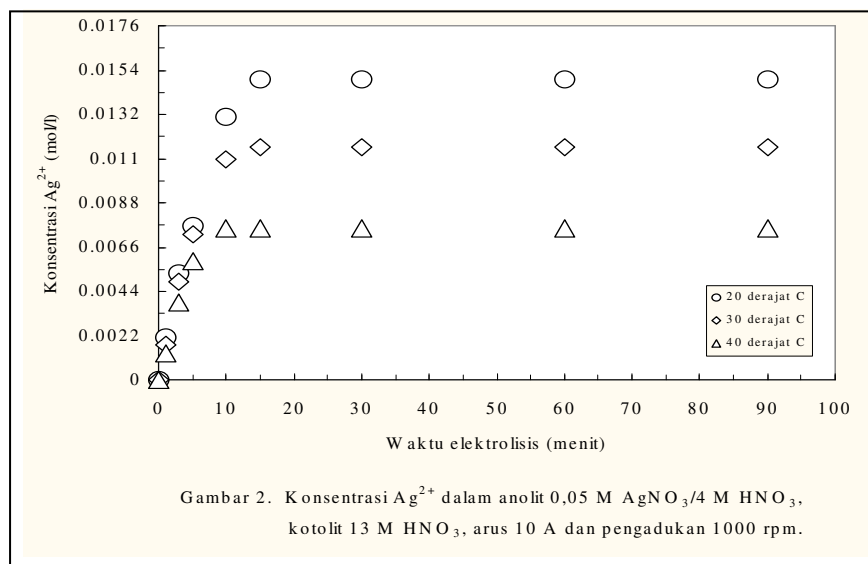
Regenerasi Ag^{2+} dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum dan karakteristik dari konsentrasi Ag^{2+} dalam kondisi anolit 0,05 M $\text{AgNO}_3/4$ M HNO_3 dan katolit 13 M HNO_3 pada temperatur elektrolisis 20 °C, 30 °C dan 40 °C, dengan arus 10 amper dan kecepatan pengadukan 1000 rpm. Hasil percobaan dapat ditunjukkan pada Gambar 2, yaitu grafik konsentrasi Ag^{2+} versus waktu elektrolisis dengan parameter temperatur elektrolisis. Konsentrasi Ag^{2+} pada temperatur 20 °C, 30 °C dan 40 °C, berturut-turut kondisi optimum tercapai pada konsentrasi Ag^{2+} sebesar 0,0149456 mol/l terjadi pada menit ke 15, konsentrasi Ag^{2+} sebesar 0,011626 mol/l terjadi pada menit ke 15 dan konsentrasi Ag^{2+} sebesar 0,0075620 mol/l pada menit ke 10. Selanjutnya setelah kondisi optimum konsentrasi Ag^{2+} tercapai, maka terjadi kesetimbangan dan konstan selama elektrolisis. Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa dengan adanya kenaikan temperatur elektrolisis, maka konsentrasi Ag^{2+} akan mengalami penurunan yang cukup signifikan.

Pelarutan *Hypalon gloves, Neoprene gloves, PVC dan Bemcot tissue*

Pelarutan permukaan *Hypalon gloves, Neoprene gloves, PVC dan Bemcot tissue* akan menunjukkan tingkat penghilangan atau pelepasan kontaminasi \square yang telah penetrasi masuk ke dalam permukaan. Untuk mendapatkan pelarutan yang optimum, percobaan ini telah dilakukan pada kondisi temperatur 20 °C, 30 °C dan 40 °C, dengan arus 10 amper, dan kecepatan pengadukan 1000 rpm. Hasil percobaan ini dapat ditunjukkan pada **Tabel 1**. Kecepatan pelarutan *hypalon gloves, neoprene gloves, PVC dan bemcot tissue*.

Suwardiyono: Dekontaminasi Hypalon Gloves, Neprene Gloves, Pvc Dan Bencot Tissue Dengan Mediator Perak (II).

Kecepatan pelarutan *hypalon gloves* pada temperatur 20 °C, 30 °C dan 40 °C, berturut-turut sekitar 0.03, 0.07 dan 0.22 wt%/jam. Tidak ada jumlah pelarutan *total organic carbon* (TOC) yang signifikan, maka *hypalon gloves* dapat diaplikasikan untuk dilakukan dekontaminasi.



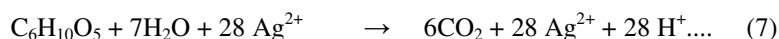
Gambar 2. Konsentrasi Ag²⁺ dalam anolit 0,05 M AgNO₃/ 4M HNO₃ ko to lit 13 M HNO₃, Arus 10 A dan pengadukan 1000 rpm

Tabel 1. Kecepatan pelarutan *hypalon gloves*, *neoprene gloves*, *PVC* dan *bencot tissue*

No	Material	Suhu (°C)	Arus (A)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	TOC (mg/jam gr-sampel)	Dekomp. Rate (wt%/hr)
1	<i>Hypalon gloves</i>	20	10	1000	No. TOC	0.03
2	<i>Hypalon gloves</i>	30			No. TOC	0.07
3	<i>Hypalon gloves</i>	40			0.042	0.22
4	<i>Neoprene gloves</i>	30			0.15	0.76
5	<i>PVC</i>				0.032	0.009
6	<i>Bencot tissue</i>				24.62	23.53

Kecepatan pelarutan dari *neoprene gloves*, *PVC* dan *bencot tissue* pada temperatur 30 °C adalah 0.76, 0.009 dan 23.5 wt%/jam. *Total organic carbon* (TOC) yang ditimbulkan *neoprene gloves*, *PVC* dan *bencot tissue* adalah sekitar 0.15 mg/jam *g-neoprene glove*, 0.032 mg/jam *g-PVC* dan 24.62 mg/jam *g-bencot tissue*. Untuk *neoprene glove* kemungkinan tidak bisa didekontaminasi, karena terjadi penggumpalan/lengket satu sama lain selama elektrolisis. Untuk *PVC*, dapat disimpulkan bahwa melihat hasil kecepatan pelarutan dan TOC organik intermediet gabungan yang ditimbulkan dari *PVC*, maka bisa dilakukan dekontaminasi. *Bencot tissue* telah terdekomposisi/terlarut habis ke dalam CO₂ selama elektrolisis 4 jam, ini tidak dapat diaplikasikan untuk didekontaminasi. Oksidasi elektrokimia dari *cellulose* oleh Ag²⁺ adalah :

Suwardiyono: Dekontaminasi Hypalon Gloves, Neoprene Gloves, Pvc Dan Bemcot Tissue Dengan Mediator Perak (II).



Dekontaminasi Hypalon gloves dan PVC

Dekontaminasi *hypalon glove* dan *PVC* terkontaminasi uranium, adalah dilakukan pada kondisi temperature 30 °C, arus 10 amper, kecepatan pengadukan 1000 rpm. Hasilnya seperti yang terlihat pada tabel 2. Faktor Dekontaminasi (FD) *hypalon glove* dan *PVC* pada waktu elektrolisis 10 – 180 menit, temperatur 30 °C adalah 100 -200, lebih rendah jika dibandingkan dengan *stainless steel*. Sedangkan Faktor Dekontaminasi (FD) unuk sampel *hypalon glove* dan *PVC* yang permukaannya digosok ampelas sebelum dikontaminasi uranium adalah sebesar redah sekitar 30 – 80. Ini tidak jelas mengapa Faktor Dekontaminasi menjadi rendah sekali.

Tabel 2. FD Hypalon gloves dan PVC

No	Material	Suhu (°C)	Arus (A)	Kecepatan Pengadukkan (rpm)	FD (10-180) menit
1	<i>Hypalon gloves</i>	30	10	1000	100
2	<i>PVC</i>				200
3	<i>Hypalon gloves</i> (digosok)				30
4	<i>PVC</i> (digosok)				80

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa konsentrasi Ag^{2+} akan mengalami kesetimbangan dan konstan setelah kondisi optimumnya tercapai. Kenaikan temperatur elektrolisis menurunkan konsentrasi Ag^{2+} . Faktor dekontaminasi (FD) untuk *hypalon gloves* dan *PVC* pada waktu elektrolisis sampai 180 menit adalah berkisar antara 100 – 200, ini lebih rendah jika dekontaminasi dengan bahan *stainless steel*. *Neoprene gloves* kemungkinan tidak dapat diaplikasikan untuk didekontaminasi, karena terjadi penggumpalan/lengket satu sama lain selama elektrolisis. *Bemcot tissue* tidak dapat diaplikasikan untuk didekontaminasi, karena *bemcot tissue* terdekomposisi/terlarut habis ke dalam CO_2 selama elektrolisis. Dari hasil penelitian terdahulu yaitu dekontaminasi *stainless steel* dan sekarang dekontaminasi *hypalon gloves* dan *PVC*, menunjukkan bahwa metode dekontaminasi dengan oksidasi elektrokimia menggunakan mediator perak II (Ag^{2+}), dapat diaplikasikan untuk dekontaminasi limbah-limbah padat terkontaminasi α seperti *stainless steel*, *hypalon gloves* dan *PVC*.

DAFTAR PUTAKA

1. S. Sugikawa, M. Umeda, "Alpha Bearing Waste Treatment by Electrochemical Oxidation Technique", Conference on Safewaste 2000, October 2 - 4, 2000.
2. Y. Suzuki, A. Maeda, S. Sugikawa, I. Takeshita, "Waste Management inNUCEF ", Conference on Atlanta 2000, Avignon, France, October 24 - 26, 2000.
3. C. Mertz, D. B. Chamberlain, L. Chen, C. Corner, G. F. Vandegrift, "Decontamination of Actinide and Fission Products from Stainless Steel Surfaces", ANL, Argonne Illinois, Chicago, USA, April 14 - 17, 1996.
4. A. P. Tolboys, S. S. Coop, "Radioactive Contamination and Decontamination Tests on Rubber Gloves", Johns Hopkins University, USA, December 15, 1952.

Suwardiyono: Dekontaminasi Hypalon Gloves, Neprene Gloves, Pvc Dan Bemcot Tissue Dengan Mediator Perak (II).

5. J. B. Webber, W. R. Kennedy, "Radioactive Decontamination Tests on Surgeon's Surgeon's Gloves Contaminated with Plutonium", Los Alamos Scientific Laboratory of University of California, Los Alamos New Mexico, USA, May 20, 1957.
6. V. Van Alsenoy, A. Rahier, "The Electrochemical Oxidation of Organic Wastes and Activated Graphite by Ag^{+2} in Nitric Acid": a literature study, SCK-CEN, Mol, Belgium, August 1996.
7. J. L. Ryan, L. A. Bray, E. J. Wheelwright, "Catalyze Electrolytic Plutonium Oxide Dissolution (CEPOD)", PNL, Richland 1982.
8. J. L. Bray, L. A. Ryan, E. J. Wheelwright, "Electrochemical Process for Dissolving Plutonium Dioxide and Leaching Plutonium from Scrap on Waste", AICE, Miami, Florida 1986.
9. A. C. Almon, B. R. Buchanan, "Electrolytic destruction of Spent Tributylphosphate Extractant Using Silver Catalyzed Electrochemical Oxidation (U)", Westinghouse Savannah River Company, Aiken, South California 29808, USA, September 30 - October 4, 1990.
10. Z. Chiba, P. R. Lewis, L. C. Murguia, "Mediated Electrochemical Oxidation Treatment for Rocky Flats Combustible Low - Level Mixed Waste", Lawrence Livermore National Laboratory Livermore, CA 94550, USA, 1994.
11. D. E. Wedman, T. O. Nelson, Y. Rivera, K. Weisbrod, H. E. Martinez, S. Limback, "Electrolytic Decontamination of the 3013 Inner Can", Los Alamos National Laboratory Los Alamos, NM 87545, USA, 1998.
12. N. Nelson, CerOx Corporation Sunnyvale, California, "Mediated Electrochemical Oxidation of Mixed Wastes", Hazardous and Radioactive Waste Treatment Technologies Handbook, USA, 2001.
13. D. F. Steele, D. Richardson, J. D. Campbell, D. R. Craig and J. D. Quinn, "The low Temperature Destruction of Organic Waste by Electrochemical Oxidation", Technology Division, AEA Technology, Dunray, UK, *Trans IchemE*, Vol.68, Part B, *May 1990*.
14. C. Madic, M. Lecomte, "Treatment of Solid waste Highly Contaminated by Alpha Emitters: Recent Developments of Leaching Process with Continuous Electrolyte Regeneration", CEA Centre d'etudes Nucleaires de Fontenay-oux - Roses, France, Tucson, AZ (US) February 25 - March 1, 1990.
15. J.J. Izquierdo, A. Lavenu, B. Kniebihli, "The Centralized Alpha Waste Treatment Facility (UCD) at La Hague", Fifth International Conference on Recycling, Conditioning and Disposal, Nice, France, October 25 - 28, 1998.