เอกสารอ้างอิง

1. Hahn, Richard B. Zirconium and Hafnium in Treatise on Analytical Chemistry, Part II, Vol. 5 (Kolthoff, I.M., Elving, P.J. and Sandell, E.B. eds.) pp. 61-131, Interscience Publishers, New York, 1961.

2. Benedict, M., Pigford, T.H., and Levi, H.W. Nuclear Chemical Engineering, 2 d ed., pp. 318 - 350 McGraw-Hill Book Company, New York, 1981.

3. Greenfield, P. Zirconium in Nuclear Technology, in M & B Monograph ME/12 (Cook, J.G. ed.) pp. 57, Mills & Boon, London, 1972.

4. Lustman, B. and Kertze, F. (eds) The Metallurgy of Zirconium, 1 st ed., pp. 1-129, McGraw - Hill, New York, 1955.

5. Bradley, D.C. and Thorton, P. Zirconium and Hafnium in Comprehensive Inorganic Chemistry Vol. 3 Pergamon Press, New York, 1973.

6. Jamrack, W.D. Rare Metal Extraction by Chemical Engineering Techniques, Vol. 2 pp. 1-187, Pergamon Press, New York, 1963.

7. Royston, D. and Alfredson, P.G. "Review of Processes for the Production of Hafnium-Free Zirconium." AAEC/TM 570, October, 1970.

8. _____. "The Separation of Zirconium and Hafnium by Solvent Extraction-a literature review." AAEC/TM 538, April, 1970.

9. กาญจนา ศริญญาวัจน์ "การศึกษาการสกัดธอเรียมจากสารละลายกรดไนตริกด้วยไตรบิวทิลฟอสเฟตในน้ำมันก๊าด" โครงการประกาศนียบัตรชั้นสูง, หน้า 1-17, แผนกวิชาเคมีเทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2519.

10. Googin, J.M. The Separation of Hafnium from Zirconium in Progress in Nuclear Energy series III, Process Chemistry Vol. 2 (Bruce, F.R., Fletcher, J.M. and Hyman, H.H. eds.) pp. 194-209, Pergamon Press, Oxford, 1958.

11. Wack, Morton E., Karasuddhi, Preecha and Siri-Upathum, Chyagrit. "Determination of Half-Life" Radioisotope Methodology and Nuclear Techniques Nuclear Radiation Measurement, Laboratory Manual, Department of Nuclear Technology, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, (1980): 19-25.

12. อารีรัตน์ คอนดวงแก้ว และวันชัย ธรรมวานิช "การวัดเทอร์มัล นิวตรอน ฟลักซ์ ในท่ออาบนิวตรอนต่าง ๆ ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ฯ" รายงานวิชาการประจำปี 2524, พปส-3-4, หน้า 212, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน, 2524.

13. Chitrakorn, S. "A Study on the Extraction of Zirconium from Zircon in Thailand." Master's Thesis, Department of Chemistry, Graduate School, Chulalongkorn University, 1979.

14. Shelton, S.M., Dilling, E.D. and McClain, J.H. The Production of Zirconium and Hafnium in Progress in Nuclear Energy Series V, Metallurgy and Fuels, Vol. 1 (Harwell, H.M., and Howe, J.P. eds.) pp. 301-305, Pergamon Press, London, 1956.

15. Morrison, G.H. and Freiser, H. Solvent Extraction in Analytical Chemistry. pp. 1-156, Wiley & Sons, New York, 1965.

16. Peppard, D.F. Applications of Liquid-Liquid Extraction in Inorganic Separations in Progress in Nuclear Energy Series IX, Analytical Chemistry Vol. 2 (Crouthamel, C.E. ed.) pp. 201-223, Pergamon Press, Oxford, 1961.

17. Ernest Foley, The Production of Reactor Grade ZrO_2 and HfO_2 in Proceedings of a Symponium an Extractive Metallurgy of Refractory Metal, pp. 341-358, Illinois, Feb 22-26, 1981.

18. อำนวย อรุณรุ่งอารีย์ "การศึกษาวิธีการแยกแรร์เอิร์ทในระดับกึ่งห้องทดลอง โดยวิธีอิออนเอกซ์เชนจ์" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, หน้า 4-13, แผนกวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2519.

19. The British Drug Houses. "Ion Exchange Resins." 5 th ed., pp. 2-9, The British Drug House Ltd., Poole, England, 1965.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ข้อกำหนดความบริสุทธิ์ของโลหะเซอร์โคเนียมฟรุน (zirconium sponge) ชนิดนิวเคลียร์เกรด [7]

Element	Maximum Permissible Impurities (ppm)
Aluminium	75
Boron	0.5
Cadmium	0.5
Carbon	250
Chlorine	1,300
Chromium	200
Cobalt	20
Copper	30
Hafnium	150
Iron	1,500
Manganese	50
Nickel	70
Nitrogen	50
Oxygen	1,400
Silicon	120
Titanium	50
Tungsten	50
Uranium (Total)	3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ข้อมูลเกี่ยวกับ Ion Exchange Resins (19)

TABLE I

Type of Resin Matrix	Functional Group(s)	Characteristics
Cross-linked polystyrene	$-SO_3H$	Strongly acid cation exchangers
Phenolic	$-OH$, $-CH_2SO_3H$, $-SO_3H$	Strongly acid cation exchangers
Cross-linked methacrylic acid	$-COOH$	Weakly acid cation exchangers
Cross-linked polystyrene	Quaternary ammonium type	Strongly basic anion exchangers
Cross-linked polystyrene	$-NH_2$, $-NHR$, $-NR_1R_2$	Weakly basic anion exchangers
Phenolic	$-OH$, $-NH_2$, $-NHR$, $-NR_1R_2$	Weakly basic anion exchangers

TABLE II

Cation Exchangers

Commercial Name	Type	Functional Group(s)	Total Exchange Capacity in mg-equivalents per ml wet resin
Amerlite IR-120	Cross-linked polystyrene	$-SO_3H$	1·9
Amberlite IRC-50	Cross-linked methacrylic acid	$-COOH$	3·5
Amberlite 200	Cross-linked polystyrene	$-SO_3H$	1·75
Dowex 50 Dowex 50W	Cross-linked polystyrene	$-SO_3H$	1·9
Zeo-Karb 215	Phenolic	$-OH$; $-SO_3H$	0·92
Zeo-Karb 216	Phenolic	$-OH$; $-COOH$	1·0
Zeo-Karb 225	Cross-linked polystyrene	$-SO_3H$	2·0
Zeo-Karb 226	Cross-linked methacrylic acid	$-COOH$	3·0

TABLE III

Anion Exchangers

Commercial Name	Type	Functional Group(s)	Approximate Total Exchange Capacity in mg-equivalents per ml of moist resin
Amberlite IRA-400 .	Cross-linked polystyrene	Quaternary ammonium groups	1·2
Amberlite IRA-401 .	Cross-linked polystyrene	Quaternary ammonium groups	1·0
Amberlite IRA-402 .	Cross-linked polystyrene	Quaternary ammonium groups	1·35
Amberlite IRA-410 .	Cross-linked polystyrene	Quaternary ammonium groups	1·35
Amberlite IR-4B .	Phenolic	-OH ; nuclear amino groups	2·5
Amberlite IR-45 .	Cross-linked polystyrene	$-N(C_3H_7)_2$	2·0
De-Acidite FF-Ip .	Cross-linked polystyrene	Quaternary ammonium groups	1·2
De-Acidite E . .	Phenolic	-OH ; nuclear amino groups	1·0
De-Acidite H-Ip .	Cross-linked polystyrene	$> N(CH_3)_2^+$	1·3
De-Acidite J . .	Cross-linked polystyrene	Primary, secondary and tertiary amine groups	2·4
De-Acidite K . .	Cross-linked polystyrene	Quaternary ammonium groups	0·8
De-Acidite M-Ip .	Cross-linked polystyrene	Primary, secondary and tertiary amine groups	1·9
De-Acidite N-Ip .	Cross-linked polystrene	Quaternary ammonium groups	1·2
Dowex 1 . . .	Cross-linked polystyrene	Quaternary ammonium groups	1·33
Dowex 2 . . .	Cross-linked polystyrene	Quaternary ammonium groups	1·33
Dowex 4 . . .	Epi-amine	Tertiary amine groups	*
Dowex 21K . .	Cross-linked polystyrene	Quaternary ammonium groups	1·25

* Operating capacity (average) 24 g per litre as CaO.

TABLE IV

	Cation Exchangers		Anion Exchangers	
	Strongly acid	Weakly acid	Strongly basic	Weakly basic
Functional group	Sulphonic acid	Carboxylic acid	Quaternary ammonium	Amino
Effect of increasing pH value on capacity	No effect	Increases	No effect	Decreases
Stability of salts	Stable	Hydrolyse on washing	Stable	Hydrolyse on washing
Conversion of salts to free acid or free base	Requires excess of strong acid	Readily regenerated	Requires excess of sodium hydroxide	Readily regenerated with sodium carbonate or ammonia
Rate of exchange	Rapid	Slow unless ionised	Rapid	Slow unless ionised

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาว นิตยา รัตนเลิศ เกิดวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2499 จังหวัดสงขลา สำเร็จปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตอรรถกวีสุนทร (หาดใหญ่) ปีการศึกษา 2521 ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งนักนิวเคลียร์เคมี กองเคมี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์-เทคโนโลยีและการพลังงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย