

国际乏燃料后处理发展趋势

——记第三次核燃料和废物管理国际会议——

1991年4月在日本仙台市召开了第三次核燃料和废物管理国际会议(RECOD'91),参加会议的有来自世界21个国家的660多位代表,会上宣读了论文135篇,其内容涉及各国核燃料循环政策,后处理工厂的设计和建造,化学工艺和设备,过程化学,化学分析,乏燃料管理和废物处置,核燃料再循环以及临界控制和安全保障等领域。

此次会议是在海湾战争结束后不久召开的,海湾战争给予许多国家,尤其是缺乏能源资源的工业先进国家以极大的冲击,使人们进一步认识到依赖从国外进口石油等矿物资源的不稳定性和不可靠性,各工业发达国家为了满足本国经济高速发展的需要,都在认真考虑开发本国的能源资源。由于核能具有的固有优点,它将成为人们关注的主要目标,核能可望在能源结构中所占比重日益增长。要想实现本国核能的相对独立性,必须减少燃料铀的进口。为此必须在本国建造核燃料后处理工厂,把提取出的再生铀和残留铀返回反应堆中继续使用,以实现燃料的闭路循环。过去人们主要考虑是把铀用于快堆,由于种种原因,各国对快堆的发展都放慢了速度。当前的趋势是把铀和钚制成的混合氧化物燃料(MOX),返回到轻水堆使用。为此,美、英、法、德、日、意等国在MOX燃料的研制、加工和轻水堆中使用方面正在大力开展研究。

乏燃料后处理是实现燃料循环的关键环节。后处理化工流程中的普雷克斯流程(PUREX)已被公认为是一种成熟的技术。在积累了约37年的运行经验的基础上,90年代将是建造工业规模后处理工厂的兴旺时期,以便适应大量出堆的氧化物燃料后处理的需求。法国截至1991年1月已处理了约3500t氧化物,计划于1993年完成UP2厂的扩建工作,届时UP2厂的处理能力将从目前的400t/a提高到800t/a;新建的UP3厂已于1990年开始热运行,容量为800t/a,主要用于处理日本的乏燃料。英国的Thorp厂近期已接近完工,正在冷运行,容量为1200t/a。日本东海村厂至今已处理了约500t氧化物,居世界第二位,容量为210t/a。正在建设中的六所村厂(Rokkasho-Mura)计划于1998年投产,容量为800t/a。苏联的乌拉尔厂于1976年运行,容量为400t/a,正在建设中的西伯利亚厂处理能力为1000t/a。

新建处理厂采用的先进技术要点如下:

1. 前端过程 几何尺寸安全的连续溶解器;加强除碘措施,以防止碘扩散到溶剂萃取阶段,方法是向溶解液在沸腾温度下通入 NO_x 和空气,溶解尾气中采用干法除碘;离心或过滤法去除不溶性残渣。

2. 溶剂萃取 在共去污阶段(1A)低酸洗涤除氟,高酸洗涤除铈。除铈的目的在于避免Tc进入U/Pu分离阶段,因为Tc可能催化 HNO_3 氧化 N_2H_4 ,从而造成U(IV)还原Pu(IV)的效率降低;广泛采用无盐过程以减少废液产生量 and 提高安全性,例如U(IV)加 N_2H_4 还原分离U/Pu,羟胺加 N_2H_4 用于还原纯化铀循环,亚硝气氧化Pu(III)调价等;加强从水相中洗涤去除残存的TBP;萃取设备的选择是在共去污和铀线纯化循环使用脉冲柱,铀线纯化循环用混合澄清槽,法国新建的UP3厂在U/Pu分离阶段也使用槽子。

3. 尾端 催化 H_2 还原生产 $\text{U}(\text{NO}_3)_4$;流化床脱硝生产 UO_3 ;微波脱硝生产 PuO_2 。

4. 铀的“阻拦”技术 用于U/Pu分离和Pu线纯化循环的出口有机相,方法是U(IV)加 N_2H_4 还原Pu(IV),目的在于进一步降低铀在有机相中的保留,使用的设备为特制混合澄清槽,以提高传质和化学反应效率。

5. 铈的控制 在共法污中(1A)尽量使Np进入高放废液,方法有丁醛还原,控制电位电解还原和光化还原;在铀线第二纯化循环(2D)采用溶剂分流法同时去除Np,Pu。

6. 高放废液处理 使用CMPO或DIDPA萃取分离超铀元素(TRU),分离出的TRU返回快堆进行嬗变,残留高放废液再进行玻璃固化。从高放废液中提取贵金属Ru-Rh-Pd和分离Cs-Sr也受到重视。

根据我国核燃料后处理研究现状,参考国际后处理发展水平,我们应该在除碘技术,无盐过程,铀的“阻拦”技术,铈的走向控制和铈的化学行为等方面进一步深入研究,以适应和满足我国后处理事业的发展。

(中国原子能科学研究院 何建玉供稿)