

超臨界流體技術應用於廢棄物資源化介紹

一、超臨界流體技術介紹

常見純物質有固、液、氣三相，於氣-液共存時，液相密度大於氣相密度，當系統溫度及壓力達到某一特定點時，氣-液兩相密度趨於相同，兩相合併為一均勻相。此一特定點即定義為該物質的臨界點，所對應的溫度、壓力和密度則分別定義為該純物質的臨界溫度(T_c)、臨界壓力(P_c)和臨界密度(ρ_c)。若超過此點時，無論壓力如何增加皆無法使之液化，溫度如何升高亦無法使之返回氣相，我們稱此高於臨界溫度及臨界壓力的均勻相為超臨界流體。由典型的超臨界流體三種狀態之物理性質比較，可以明顯看出超臨界流體之物性均在氣體與液體之間。具有類似氣體的擴散性及液體的溶解能力，同時兼具低黏度及低表面張力的特性，使得超臨界流體能夠滲入微孔隙的物質。因此，用於萃取時其萃取速率比液體快而有效，尤其是其溶解能力可隨溫度、壓力及極性而變化，最常使用的超臨界流體有二氧化碳、水、丙烷及甲醇等。

超臨界流體技術的研究方向可說是五花八門，基本上皆是取代有機溶劑的使用，其中包括咖啡因的去除、香辛料之萃取、植物精油/色素及其機能性成份的萃取分離、廢棄物產氫資源化、高分子降解單體回收、藥物或一些特殊分子之結晶製造、聚合物之塑形溶劑、精密電子零件/晶片，甚至半導體及光纖的清洗、聚合物的化學合成製造、藥物及特殊化學物質及香味的酵素合成，以及利用超臨界水氧化處理廢棄物等。

二、超臨界流體資源化研究與實例

(一)超臨界二氧化碳萃取技術

超臨界二氧化碳萃取技術應用非常廣泛，1978年德國建立世界第一套咖啡因萃取商業化工廠，後來應用於茶葉之咖啡因、啤酒花精或植物精油等之萃取；近年來之研究及工業化應用則普遍用於中草藥或區域性原料之機能性成份萃取，就目前台灣及中國大陸而言，較為廣泛之題材主要在於中草藥(如：當歸、人參及柴胡等)、植物色素(如：-胡蘿蔔素、葉黃素及番茄紅素等)與精油(如：薑精油及茴香精油等)之萃取等。台灣主要以機能性成份萃取之研究為主，商業化生產方面則多停留於數公升至數十公升萃取槽之中間量產規模；而中國大陸由於具有原料及人工便宜之優勢，近年來超臨界流體技

術之發展及應用較為明顯，除了設備廠商興起外，目前約有十幾家廠商以超臨界萃取技術進行食品原料或機能性成份之生產（萃取槽規模數十至數百公升），並有相關產品於市面上銷售。

(二)超臨界水部分氧化廢棄物產氫技術

美國 GA (General Atomics)公司從 2000 年 5 月開始研究，利用超臨界水部分氧化廢棄物產氫技術，預計 2009 年 12 月完成商業化(40 噸/天)運轉。美國 GA 公司研究報告指出，利用商業化(處理量 40 噸/天)超臨界水部分氧化技術產氫(8,000GJ/year)，分析成本約 3 美元/GJ。

Yu. D.等人在 1993 年研究利用超臨界水部分氧化產氫，操作溫度 600 、操作壓力 350 大氣壓、滯留時間 0.5 秒，100 克葡萄糖可以產生 11.3 克氫氣。

日本東北大學 Arai 教授，2003 年利用超臨界水部分氧化正十六烷產氫，操作溫度 400 、操作壓力 400 大氣壓。

(三)超臨界甲醇回收廢寶特瓶

日本熊本大學 Goto 教授與日本三菱重工(MHI)共同合作開發超臨界甲醇回收聚對苯二甲酸乙二醇酯(polyethylene terephthalate, PET)降解單體 PET 與乙二醇(ethylene glycol, EG)。操作溫度 280 320 、操作壓力 130 200 大氣壓、滯留時間 2 120 分鐘，在日本已完成一座超臨界甲醇回收廢寶特瓶實驗工廠，未來將準備商業化運轉。

(四)超臨界水回收單體

超臨界水可以水解高分子(PET、尼龍 6(Nylon-6)、纖維(Cellulose))，並回收單體，超臨界水水解高分子的反應機制複雜，以回收 Cellulose 與葡萄糖(Glucose)的研究較完整。對於加成聚合反應的高分子(如 PS、PE、PP)，主要反應為裂解，並不會有水解反應發生。

三、國內外超臨界流體應用於資源化技術現況

國外將超臨界流體應用於資源化技術已有相當多的研究與實例，國內對於超臨界流體技術的應用大多偏向中草藥萃取與清洗技術開發，超臨界流體技術應用於廢棄物資源化，未來仍有很大的努力空間。◆

【工業技術研究院環安中心副研究員 陳政群 / 研究員 盧昱彰】