

## 第2屆大專校院綠色化學創意競賽 創意說明書

### 一、主題

難處理鋁渣能資源循環回收技術

### 二、動機

鋁是一種常用的金屬，在冶煉過程表面與氧反應，生成一層緻密的氧化鋁層( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )，為使鋁礦不繼續向內氧化，通常在冶煉過程中加入鹽類( $\text{NaCl}$ 、 $\text{KCl}$ )與表層鋁生成熔點較高的化合物以保護內部的金屬鋁不被氧化，該層在冶煉完成後，被移除，衍生廢棄物(鋁渣)，即一次鋁渣；一次鋁渣中所含單質鋁比例仍高，具提煉價值，通常再處理以回收殘餘鋁金屬，所衍生廢棄物為二次鋁渣，其成分多含：鋁及鋁氧化物、氮化鋁及鹽類(氯化鈉、氯化鉀)，視來源不同亦可能有：碳化鋁、磷化鋁、氧化鐵、氧化鎂等雜質。

二次鋁渣因成分複雜導致分離與處理不易，至今仍無成熟資源化的商業化處理技術，多採取安定化後掩埋方式處置。但因鋁渣之氮化鋁成分，接觸水後(下雨)容易發生化學反應而釋放惡臭氨氣，令鄰近民眾厭惡；單質鋁及碳化鋁與水反應生成氫氣與甲烷，若以掩埋處理，此種高熱值可燃性氣體可能引發火災。由於二次鋁渣掩埋處理衍生環境汙染問題，又浪費能資源，因此，開發新穎二次鋁渣資源化技術勢在必行。

### 三、目的

#### (一) 能資源全回收

二次鋁渣因單質鋁含量相對低、雜質(例如：碳化鋁、氮化鋁)量多，氮化鋁分解速率緩慢，貯存及資源化過程處理易衍生氨氣惡臭，造成資源化處理困難，尤其，非法棄置二次鋁渣，導致重大環境污染問題，因此，可商業化之二次鋁資源化技術之開發非常重要與急迫。本能資源循環回收技術重點是開發：(1)蒸氣水解二次鋁渣，回收之安定鋁渣，經造粒作為陶瓷顆粒(輕質骨材)；(2)衍生惡臭氨氣導入水相，再以新型流體式電容去離子(FdCDI)技術分離、富集銨離子，進而產生濃氨水產品；(3)氣液分離回收高熱值可燃氣體(例如： $H_2$ 及 $CH_4$ )連接發電機產生電力，此種電力自給、操作簡單之新穎設計程序，因無添加藥品而無衍生廢棄物，屬環境友善、零廢棄、及全回收之綠色製程。

#### (二) 導入綠色化學設計理念

本創意符合綠色12原則(PRODUCTIVELY)中之防廢(prevent wastes)、再生(Renewable materials)、簡潔(Omit derivatization steps)、可解(Degradable chemical products)、保安(Use safe synthetic methods)、節能(Temperature, Pressure ambient)、降輔(Very few auxiliary substances)、物盡(E-factor, maximize feed in product)、及低毒(Low toxicity of chemical products)等至少9個原則；

##### 1. 防廢(Prevent wastes) - 全回收而無衍生廢棄物

- (1) 因無添加藥品於此種新型二次鋁渣資源化處理程序而無衍生廢棄物，自無最終處置掩埋需求；
- (2) 氣液分離氨氣導入水相(幾無 $NO_x$ 排放)，再以新型新流體式電容去離子(FdCDI)技術分離回收水循環再利用及富集銨離子產生濃氨水產品；回收之高熱值可燃性氣體逕自發電(幾無 $NO_x$ 排放)，提供二次鋁渣資源化處理程序之

電力需求；

(3) 回收之安定鋁渣，經造粒作為陶瓷顆粒，以為輕質骨材製程之主要或添加物。

## 2. 再生(Renewable materials) - 全回收製造可商品化產品及產生電力

(1) 回收富集之銨離子製造濃氨水產品；

(2) 回收之安定鋁渣，經造粒作為陶瓷顆粒，應用於輕質骨材製程；

(3) 回收之高熱值可燃氣體連接發電機產生電力(電力自給)。

## 3. 簡潔(Omit derivatization steps) - 無添加藥品，程序簡單

(1) 以水蒸氣與二次鋁渣反應，使反應中衍生惡臭物質進入水相，透過電容去離子技術富集氨水，無添加藥品，程序簡單、易自動化；

(2) 所開發之新型新流體式電容去離子(FdCDI)技術只以低電壓(0.8~1.2 V)操作，設備成本低與程序操作維修相對簡易，以電吸附(electrosorption)銨離子分離回收水循環再利用及再生(regeneration)富集銨離子製造濃氨水產品。

## 4. 可解(Degradable chemical products) - 產品均可再利用，不成為環境負擔

(1) 回收富集之銨離子製造濃氨水產品，提供他廠降低煙道NO<sub>x</sub>排放氣體濃度；

(2) 回收之安定鋁渣，經造粒作為陶瓷顆粒，應用於輕質骨材製程；

(3) 回收之高熱值可燃氣體連接發電機產生電力(電力自給)。

## 5. 保安(Use safe synthetic methods) - 反應溫度低，富集惡臭物質製造濃氨水產品

(1) 水蒸氣與二次鋁渣反應在常壓操作，水蒸氣溫度低於110°C，不涉及劇烈反應；

(2) 回收之高熱值可燃性氣體逕自發電(幾無NO<sub>x</sub>排放)，無儲存安全顧慮與風險；

(3)反應衍生惡臭物質進入水相，再分離回收水(循環再利用)及富集銨離子製造濃氨水產品。

6. 節能(Temperature, Pressure ambient) - 電力自給

回收之高熱值可燃性氣體逕自發電(幾無NO<sub>x</sub>排放)，提供二次鋁渣資源化處理程序之電力需求。

7. 降輔(Very few auxiliary substances) - 全程無添加加入藥劑，零廢棄

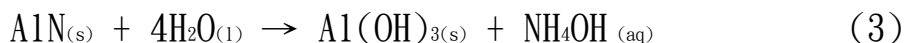
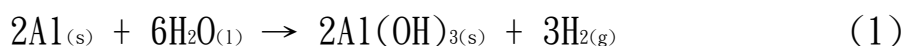
8. 物盡(E-factor, maximize feed in product) - 全回收製造可商品化產品及產生電力，類似概念，也可應用於資源化處理其他泥渣廢棄物

9. 低毒(Low toxicity of chemical products) - 富集製程惡臭物質製造濃商用氨水產品

四、設計大綱 (含流程圖及照片更佳)

(一) 二次鋁渣資源化技術

傳統二次鋁渣處理常添加化學藥劑與水泥進行固化處理，也避免接觸雨水而反應生成氨氣臭味，溶出鹽類與重金屬可能汙染土壤及地下水；非法棄置將衍生周邊土壤、地下水汙染、惡臭、及能資源浪費等重大環境問題。本創意 (如圖1) 透過水蒸氣與二次鋁渣之氮化鋁、碳化鋁及單質鋁，與水反應之化學反應式：



將反應產生之甲烷氣(碳化鋁與水反應產生)與氫氣(單質鋁與水反應產生)導入燃氣發電機產生電力，以達到能源循環；而反應產生之氨氣(氮化鋁與水反應產生)則由流體電容去離子技術富集製造商用濃氨水產品。

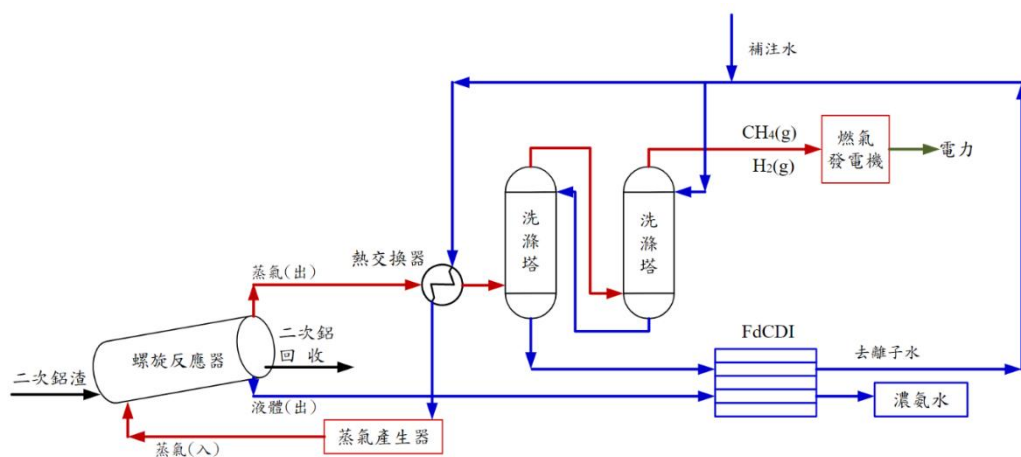


圖1、二次鋁渣資源化流程圖

## (二) 流體電容去離子 (Fluidized capacitive deionization (FdCDI))

水蒸氣與二次鋁渣反應生成物經洗滌塔，使氨氣溶於水生成銨離子，再以新開發之流體電容去離子(簡稱FdCDI)技術(如圖2)，為透過低電壓(0.8~1.2 V)於電極表面形成電雙層(electric double layer (EDL))以電吸附(electrosorption)水中 $\text{NH}_4^+$ 離子而循環回收去離子水；電吸附之離子可在0電壓或反向電壓時，脫附而富集於水溶液，回收濃度較高之商用氨水產品。全程不添加化學藥劑，達到到零汙泥、零廢棄與能資源循環之目的。

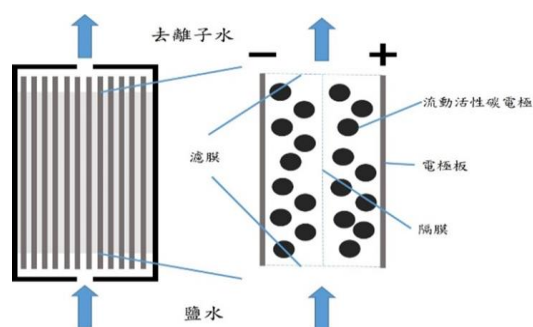


圖2、反應器設計