

寧波 PS 廠製程 低階蒸汽回收改善

台化公司

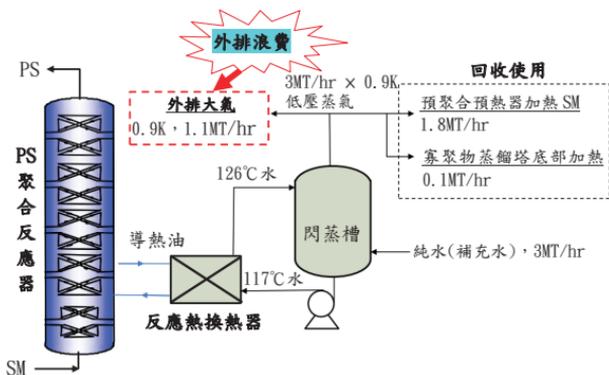
一、寧波聚苯乙烯 (PS) 製程簡介：

寧波 PS 製程有兩條年產能各 10 萬噸的生產線，設計年產能 20 萬噸，生產流程分為四個階段：第一階段為苯乙烯初步聚合，主要決定分子量和接枝率等性質來控制強度特性；第二階段提高溫度以大量提高聚合度，並利用反應溫度來調整成品的流動性；第三階段利用高溫及真空抽除將未反應的苯乙烯 (SM) 單體回收；第四階段將完成聚合反應的 PS 降溫固化，切成顆粒狀產品。

二、改善前運轉狀況說明

PS 聚合為放熱反應，在第二生產階段聚合產生之反應熱由導熱油吸收，導熱油再經由換熱器由 117°C 純水將反應熱帶走，形成 126°C 高溫水，高溫水進入閃蒸槽後部分蒸發為約 3.0MT/hr 的 0.9K 119°C 的低壓蒸氣，其中 1.9MT/hr 蒸汽回收於製程中使用，但有 1.1MT/hr 蒸氣外排大氣造成熱能及純水浪費。

製程反應熱產生及回收使用示意如下圖：

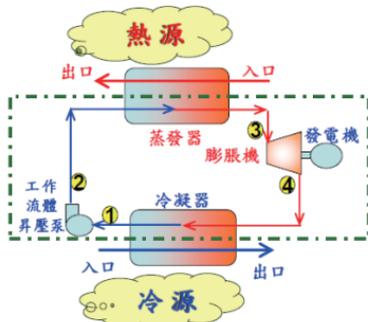


三、改善對策說明

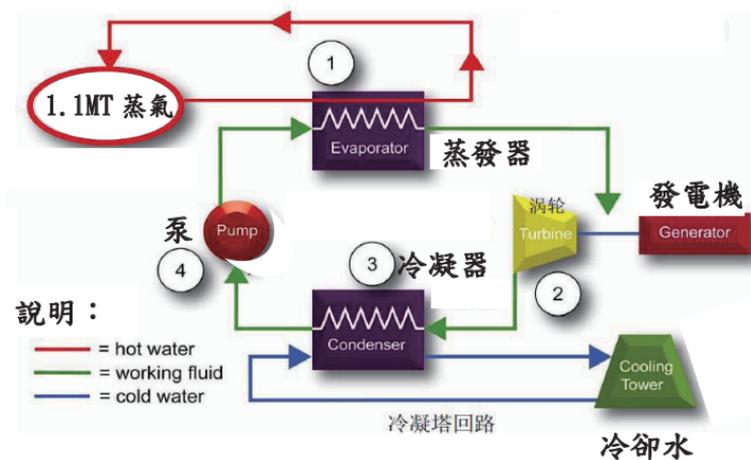
0.9K、1.1MT/h 外排蒸氣為低階熱能，廠內已無法再利用，洽詢周圍生產單位也無需求。為將低階蒸氣回收，研究增設有機朗肯循環 (Organic Rankine Cycle, 簡稱 ORC) 發電機，利用低溫沸點有機物 (例如：四氟乙烷 R134a 或五氟丙烷 R245fa、碳氫化合物等) 的循環系統，將低溫熱能轉換為電力，並聯入廠內電網使用，另蒸汽冷凝成水後也可回收作為純水使用。

四、ORC 發電機說明

傳統發電方式，一般以水為介質，利用高溫將水汽化後，推動汽輪機進行發電。而 ORC 發電為利用低沸點的有機物為循環介質來取代傳統發電機的水，只需較低的溫度，即可將有機物汽化，推動汽輪機進行發電，因此可以回收低溫廢熱來發電。



寧波 PS 製程增設的 ORC 發電機即利用沸點 32°C 的一氟二氯乙烷 (R141B)，於蒸發器吸收了蒸氣的熱能後，揮發成高壓氣體。廢熱蒸氣發電機工作原理如下圖所示：



- (1) 0.9K 蒸氣加熱低溫液態 R141B，使其形成 115°C ， 9.5Bar
- (2) 115°C 9.5Bar 氣態 R141B 推動渦輪葉輪高速旋轉發電後，成為 57.3°C ， 1.2Bar
- (3) 氣態低壓介質到冷凝器，藉由冷凝水帶走熱，降到 32°C ， 1Bar (液態)
- (4) 32°C ， 1Bar 液態低溫介質利用泵浦加壓至 10Bar 後打回蒸發器，從第 (1) 步驟重新循環

五、改善效益

1. 低溫發電機價格 4,628 仟元，配管及配線工程經費 1,351 仟元，總投資 5,979 仟元。

2. 年發電量：

$70\text{KW} \times 8,000 = 560$ 仟 KWH/年 (折合 CO_2 排放量 513.5MT/Y)

$560,000(\text{KWH}) \times 3.2(\text{元}/\text{KWH}) \div 1,000 = 1,792$ 仟元 (NT)/年

3. 年節省純水量：

$1.1 \times 8,000 = 8,800$ 噸 / 年

$8,800$ 噸 / 年 $\times 38.35$ 元 / 噸 $\div 1,000 = 337.5$ 仟元 (NT) / 年

→ 電費 + 水費共節省 2,130 仟元 (NT) / 年

4. 回收年限：

稅前淨利 = 2,130 仟元 / 年 - 5,979 / (15 + 1) - 5,979 \times 財息 2.25%

= 1,621 仟元 / 年

回收年限 = $5,979 / [1,621 \times (1 - 15\%) + 5,979 / (15 \text{ 年} + 1)]$

= 2.73 年

