

# 污染防治技術

廠內改善

## 酸性絮灰之生成機構及其防制方法

詹玉勳\*

### 一、前　　言

酸性絮灰 (Acid Smut) 係由多數粒子所聚集，並凝結有硫酸等物質而呈酸性。重油等液體燃料，經燃燒之後所產生之灰及未燃燒之碳 (Unburned Carbon) 等物質互相碰撞而凝聚成雪絮狀灰，其粒度不定，並依燃料中所含有硫份 (Sulfur Content) 之多寡而形成性狀不同之絮狀灰。通常未燃碳之粒徑大小皆在  $50\mu\text{m}$  以下，酸性絮灰則係聚合多數粒子而成，其粒徑大於  $125\mu\text{m}$ 。大氣中若有酸性絮灰之存在，降落地面後將污染吾人之生活環境，使建築物及農作物受到污損，並影響人畜之健康。

本文係摘自日本電力中央研究所之技術研究報告，其對於酸性絮灰生成過程及防制方法之探討，頗為深入，茲摘述如下，俾供參考應用。

### 二、酸性絮灰之生成機構 (Formation Mechanism of Acid Smut)

酸性絮灰為附着於煙流之路徑壁面或彎曲部之灰粒凝結硫酸之後，再剝離而呈雪絮狀酸性灰，然後隨煙流飛散進入環境大氣之中。

其生成機構分為煙囪入口前之煙道及煙囪等兩部份加以說明：

- (1) 煙囪入口前之煙道中酸性絮灰之生成：此一部份的酸性絮灰係由於煙氣中之塵粒附着於空氣預熱器低溫部，再與煙氣中的硫酸凝結後又剝離而生成之酸性雪絮狀灰粒。至於由鍋爐傳熱面所產生者，如附着於空氣預熱器出口之灰斗或風門，以及煙道補強凸板上等之煙塵與煙氣中的硫酸凝結後再剝離而飛散於煙氣中的酸性灰粒。此兩種酸性灰的產生量約為總產生量之 20~30%。
- (2) 煙囪內酸性絮灰之形成：此一部份的酸性絮灰，係由於附着煙囪內壁之煙塵凝結煙氣中的硫酸後，又剝離而飛散於煙氣中，而形成酸性之雪絮狀灰粒，其形成量約為總產生量之 70~80%。

### 三、燒油鍋爐產生酸性絮灰之探討

茲以酸性絮灰之生成機構及其生成要因為依據，來探討燒油鍋爐產生酸性絮灰之條件及其生成部位等情況。

- (1) 酸性絮灰之生成因素係受煙氣中之煙塵、硫酸、排氣溫度、煙囪壁面溫度及煙流等之影響，

\* 臺灣電力公司環境保護委員會工程師

其中尤其受硫酸成份之影響最為顯著。

- (2) 在煙道直管部份，幾乎無酸性絮灰之存在，但若因煙道補強而有凸片或煙氣有亂流之處，則煙塵往往有增加堆積之可能性，所堆積的煙塵將與硫酸凝結而生成酸性絮灰。
- (3) 關於煙道及煙肉等之壁面溫度，在再生型空氣預熱器(Wöngstrom Air Pre-heater)內，其熱交換元件的溫度於 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 長度便已降至150°C以下，因此空氣預熱器至煙肉入口之煙道壁面溫度將較煙氣溫度降低約30°C，煙肉內壁溫度則依保溫方式之不同而異，其與煙溫之差約在10~20°C之間。至於煙氣的酸露點通常在空氣預熱器入口約為110~160°C之間，空氣預熱器出口則在100~140°C之間，因此在各部位之壁面將有硫酸凝結，而增加酸性絮灰之形成，其中在空氣預熱器元件及煙肉內壁所佔比例較大。
- (4) 為探討產生酸性絮灰之主要部位，經測定煙肉入口與出口之酸性絮灰量結果，判定約有70%的酸性絮灰係在煙肉內生成，且與鍋爐運轉條件無關。
- (5) 酸性絮灰量，並不因鍋爐省煤器(Economizer)出口O<sub>2</sub>在1~2%以下運轉時，煙塵遽增，反而有減少酸性絮灰之趨勢。O<sub>2</sub>在1~2%以上時，空氣預熱器出口的含塵量約呈一定，但因SO<sub>3</sub>增加之故酸性絮灰量則隨之增多。
- (6) 鍋爐負載升高時，酸性絮灰量將較正常時增加一倍，此因低負載時，煙速較慢而在煙道壁面堆積較多的煙塵，負載一旦升高則煙速加快，以致原堆積之塵層，將隨之剝離而飛散逸出之故。
- (7) 在煙道所生成的酸性絮灰，因呈塊狀，其重量較大之故，大部份的酸性絮灰皆降落於煙肉周圍100公尺以內，而最遠不會超過500公尺以外。

#### 四、影響形成酸性絮灰之因素

影響形成酸性絮灰之因素有SO<sub>3</sub>濃度、煙塵粒度、煙道壁面之構造及煙速等，茲分述如下：

- (1) 煙氣中SO<sub>3</sub>之影響：在鍋爐燃燒中，其煙氣若不注入氨氣等物質以中和酸性物質，則煙氣中會有SO<sub>3</sub>之存在，並依煙道之保溫施工方式及保溫狀態，在煙道壁面將有硫酸凝結，或因煙氣溫度關係，尤其在溫度達酸露點以下時，煙塵粒子上亦會凝結液狀硫酸，則煙塵粒子對煙氣流徑壁面之附着力將大為增加而增加酸性絮灰之形成。
- (2) 煙塵粒度之影響：重油在鍋爐中噴霧燃燒之後，其灰為多孔質之故，平均粒徑稍大，故其附着力將較弱。而在煙氣中有注氨中和時，其粒度較小，其對煙道壁面之附着力雖然稍大，但因煙氣中已無SO<sub>3</sub>之故，將無酸性絮灰之產生。
- (3) 煙道壁面之影響：煙道壁面若因內襯表面粗糙，則接近壁面處煙氣會有亂流現象發生，而使煙塵粒子之附着力大為增加。
- (4) 煙速之影響：鍋爐燃燒所產生的酸性絮灰，以長時間運轉之後，煙道壁之煙塵堆積達飽和，而開始剝落時，較為令人關切。該時單位面積單位時間之煙塵飽和剝離量為 $\Delta G_m$ ，由附着面飛散之煙塵量為 $\Delta G'$ ，則

$$\begin{aligned}\Delta G' &= A \cdot \rho \cdot \Delta V_m (\text{g/hr}) \\ &= A \cdot \Delta G_m\end{aligned}$$

由實驗得知

$$\Delta G_m = E n_m V_g^{-\frac{1}{2}} M (1 - e^{-PV_g}) (1 - e^{-\alpha z})$$

E : 煙塵絮灰表面狀況及其密度有關之係數。

$n_m$  : 單位面積煙塵最大剝離個數(個/m<sup>2</sup>)

$V_g$  : 排煙流速(m/s)

M : 煙氣含塵濃度(g/Nm<sup>3</sup>)

P : 煙塵粒子表面狀況有關之係數。

$\alpha$  : 煙塵粒子表面狀況、附着面狀況及溫度等相關之係數。

Z : 時間(hr.)

由上式可知煙塵之飽和剝離量與排煙流速亦有密切關係，依據實驗，煙速在小於5m/s以下時，可能是附着之煙塵不易剝落之故，酸性絮灰量極小，當煙速約在15m/s時 $\Delta G_m$ 急遽增加，煙速再高則飽和剝離量反而降低，且剝離後會被吹散之故，在煙速為30m/s以上時，酸性絮灰量反而減少。

## 五、酸性絮灰之防制方法

目前燒油火力發電廠係採用低過剩空氣(Low Excess Air)運轉方式，以減低 SO<sub>3</sub> 之轉換量，併用注入中和添加劑方法防制酸性絮灰之產生。甚至有部份發電廠則增裝靜電集塵器把煙塵完全除去，以防制酸性絮灰之發生。茲將各種防制方法分述如下：

(1)低過剩空氣運轉法：酸性絮灰之發生，受到 SO<sub>3</sub> 濃度及酸露點之影響極大，欲降低酸性絮灰之生成，由鍋爐運轉立場看來，以低過剩空氣運轉方法最為有效，此法主要是在減少 SO<sub>2</sub> 轉換為 SO<sub>3</sub> 之量，亦為目前採用最廣泛的方法。火力發電廠在運轉上必須控制到沒有黑煙的發生，要達成此一目標，除了改善燃燒裝置之外，其省煤器出口之 O<sub>2</sub> 含量皆控制在 0.6~1.2% 之低過剩空氣條件運轉，俾可減少 SO<sub>3</sub> 之產生。

(2)注入添加劑法：以低過剩空氣方式運轉之鍋爐，仍有 5~10ppm 的 SO<sub>3</sub> 產生，若再注入 SO<sub>3</sub> 中和用添加劑，則可防制酸性絮灰之產生。此種添加劑的注入方法有二，①為燃料油中添加法，添加劑雖有粉末或液體等多種，但效果皆不甚明確，目前以添加氫氧化鎂 [Mg(OH)<sub>2</sub>] 最為普遍。②為煙道注入法，注入煙道之添加劑，以氣體最為普遍，近來在燒重油的鍋爐，大都皆有注氮，但氮氣與 SO<sub>3</sub> 在 200°C 以上時，則互相作用而生成 NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub> 而熔附爐壁，或附着於空氣預熱器低溫部，而可能產生堵塞作用，因此實施注氮方式，通常皆注入 200°C 以下之煙氣中。注氮之特徵是能够迅速擴散於煙氣中，氮之漏失較少。通常氮注入率與燃料之重量比為 0.04% 時，即可使 SO<sub>3</sub> 急遽下降，酸露點則近於水露點。在煙氣中注氮結果，SO<sub>3</sub> 會被中和，煙塵不易凝聚，因此煙塵粒度呈為細小，則可使絮灰量減少。雖然在煙氣中注氮，但煙塵仍會附着於煙囪內壁，當其剝離後仍會形成絮灰而飛散於環境之中，只是此種絮灰已全無硫酸存在。

(3)靜電集塵器法：為了保護環境，最近有一部份的全燒重油鍋爐，已增設靜電集塵器併用低過剩空氣法及注氮法，不但解決了酸性絮灰問題，同時亦將造成環境污染的煙塵除去，靜電集

塵器的集塵效率約在80%已足，餘下 $40\sim60\text{mg/Nm}^3$ 之煙塵濃度，且不含硫酸之故，對環境幾乎已不發生影響。

(4)煙道改善法：由煙道改善以減少酸性絮灰的方法有二，如能加以運用或與上述各種方法併用，則可收到更大的效果。①煙肉內之煙速，由底部至頂部皆維持在 $30\text{m/s}$ 以上，高速度煙流不但使絮灰再分散，且使煙塵不易附着煙道，則酸性絮灰生成量自可減少。②加強煙肉之保溫工事，使煙肉內壁溫度，不降至露點以下。煙肉內壁必須儘量光滑，減少凸片等使煙塵不易附着於煙肉內壁，亦可減少酸性絮灰之生成。

#### 参考文献：

アシッド・スマットの生成機構およびその防止法

作者：小谷田一男、星澤欣二、小野哲夫

出版：（日本）電力中央研究所技術第一研究所

頁數、年份：共56頁1970年12月出版