



CFBC

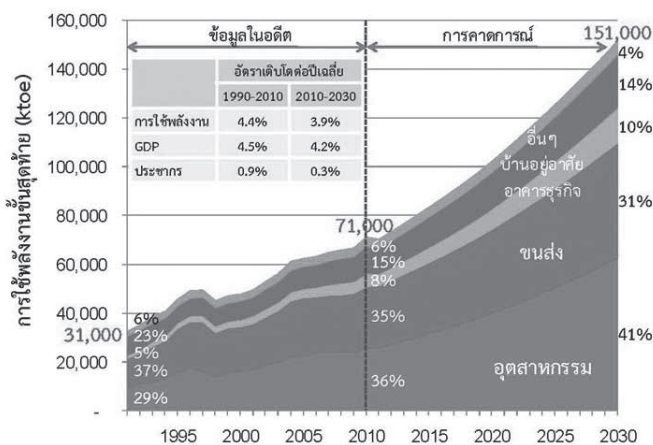
เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด สำหรับหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม (CFBC Clean Coal Technology for Industrial Boilers)



1. บทนำ (Introduction)

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยพื้นฐานของการผลิต ทั้งในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม การใช้พลังงานและการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกันตลอดช่วงระยะเวลากว่า 20 ปีที่ผ่านมา นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533-2554 โดยมีค่าเฉลี่ยของการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและการขยายตัวทางเศรษฐกิจอยู่ที่อัตราเฉลี่ยร้อยละ 4.4 และ 4.5 ต่อปี^[1] ตามลำดับ ดังรูปที่ 1.1 โดยภาคอาคารธุรกิจและภาคอุตสาหกรรมจะมีอัตราการ

เพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานที่สูงกว่าอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจค่อนข้างมาก คือ สูงเป็น 3.71 และ 3.0 เท่าของปี พ.ศ. 2553 ตามลำดับ การเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศถือเป็นปัจจัยหลักที่ขับเคลื่อนให้แนวโน้มการใช้พลังงานของประเทศเพิ่มขึ้น และจำนวนของปริมาณการใช้พลังงานนี้กว่าร้อยละ 55% เราต้องนำเข้าจากต่างประเทศ โดยที่พลังงานส่วนใหญ่นำเข้าเกือบทั้งหมดจะเป็นพลังงานฟอสซิล ในรูปของน้ำมันดิบ ถ่านหิน และแก๊สธรรมชาติ และในบรรดาพลังงานฟอสซิลเหล่านี้ พลังงานจากถ่านหินถือได้ว่าเป็นพลังงานที่มีศักยภาพอย่างมากต่อการที่จะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ทั้งภาคอุตสาหกรรมและการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากมีต้นทุนที่ถูกและมีปริมาณสำรองในโลกที่มาก แต่ก็มีผลกระทบต่อมลภาวะของโลก อันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้พลังงานฟอสซิลชนิดนี้



▲ รูปที่ 1.1 การใช้พลังงาน และแนวโน้มความต้องการพลังงานในอนาคตกรณีปกติ (BAU)

(ที่มา : แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573), กระทรวงพลังงาน)

2. ถ่านหิน (Coal)

ถ่านหิน เป็นหินตะกอนชนิดหนึ่งที่เกิดจากการตกตะกอนสะสมของซากพืชในยุคดึกดำบรรพ์เป็นเวลายาวนานหลายล้านปี ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เราจะพบว่าถ่านหินมักเกิดร่วมกับหินทรายและหินดินดาน ทั้งนี้ เพราะเมื่อซากพืชโบราณเหล่านี้ล้มตายลง ก็จะถูกฝังหรือกดทับโดยตะกอนอื่นๆ ซึ่งโดยปกติก็จะได้แก่ทรายและโคลนดังกล่าว และเปลี่ยนสภาพไปเป็นถ่านหินในที่สุด การสะสมตัวของถ่านหินจะเริ่มจากอินทรีย์วัตถุ ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่ น้ำหนักซึ่งเกิดจากการกดทับของตัวเอง หรือตะกอนอื่นๆ ก็ตาม จะทำให้อุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้น

ไฮโดรเจนและออกซิเจนก็จะเริ่มลดน้อยลงและหนีหายออกไป คุณภาพของถ่านหินจะขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนที่มีอยู่ ถ่านหินที่มีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนต่ำที่สุด คือ ประมาณ 60% ให้ค่าความร้อนประมาณ 3,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และมีคุณภาพต่ำสุด ได้แก่ **ลิกไนท์ (Lignite)** ในขณะที่ **ซับบิทูมินัส (Sub-bituminous)** มีคาร์บอนประมาณ 75% **บิทูมินัส (Bituminous or Soft Coal)** มีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนประมาณ 85% และ **แอนทราไซต์ (Anthracite)** มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนสูงถึง 90-95% ให้ค่าความร้อนประมาณ 7,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และมีคุณภาพสูงที่สุด เนื่องจากถ่านหินมีแหล่งสำรองกระจายอยู่ทั่วโลกและปริมาณค่อนข้างมาก การขุดถ่านหินขึ้นมาใช้ประโยชน์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ถ่านหินมีราคาถูกกว่าน้ำมัน ด้วยเหตุนี้ถ่านหินจึงนิยมถูกนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอุตสาหกรรม และใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้าของโลก โดยมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 41 มากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ในประเทศไทยถ่านหินถูกนำไปใช้ในการผลิตภาคไฟฟ้าถึงร้อยละ 81 และที่เหลือร้อยละ 19 ใช้ในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งเรียงตามลำดับการใช้จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ อุตสาหกรรมซีเมนต์ กระดาษ เยื่อไฟเบอร์ อาหาร ปูนขาว ไบโอสูบ โลหะ แบตเตอรี่ และอื่นๆ เนื่องจากถ่านหินมีปริมาณสำรองจำนวนมาก คือ ปริมาณสำรองในประเทศไทย 2,075 ล้านตัน^[2] และในปี ค.ศ. 2011 มีปริมาณความต้องการใช้ถ่านหินเป็นพลังงานหลักทั่วโลกเพิ่มขึ้นประมาณ 30.3 เปอร์เซ็นต์จากปี ค.ศ. 1969^[3] และเชื้อเพลิงถ่านหินมีความมั่นคงในการจัดหา แต่ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ โดยมลภาวะที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหิน ได้แก่ ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxide of Nitrogen : NO_x) ,ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide : SO₂) , คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide : CO) และฝุ่นละออง (Total Suspended Particulates : TSP) เป็นต้น ดังนั้น การนำเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดมาใช้ จึงมีความสำคัญและจำเป็นเพื่อเปลี่ยนทัศนคติที่ไม่ดีต่อการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ และเพื่อส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

3. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่พัฒนาเพื่ออุตสาหกรรมหม้อไอน้ำ เป็นเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้ (Combustion Technology) โดยเลือกใช้ระบบการเผาไหม้ถ่านหินเป็นชนิดฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน (Circulating Fluidized Bed Combustion : CFBC) และเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ (Post-combustion Technology) โดยเลือกใช้เครื่องดักจับฝุ่นชนิดใช้ไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator : ESP) ซึ่งถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีกำจัดฝุ่นที่ทันสมัยและมีความน่าเชื่อถือที่สุดในปัจจุบัน

3.1 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้ (Combustion Technology)

1. ระบบการเผาไหม้ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน

(Circulating Fluidized Bed Combustion : CFBC)

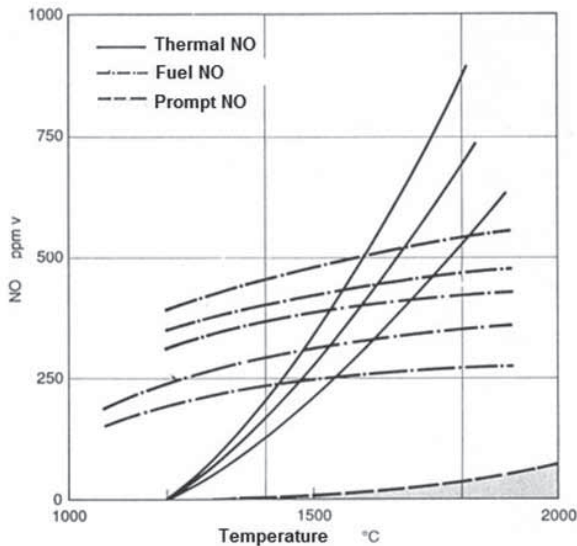
เป็นระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง (ถ่านหิน) ที่ถูกออกแบบให้เชื้อเพลิงและสารตัวกลางของแข็ง (Media) ที่อาจเป็นขี้เถ้าจากการเผาไหม้ และหรือทรายที่มีขนาดเชื้อเพลิงต่ำกว่า 10 มิลลิเมตร คลุกเคล้ากันและลอยตัวอยู่ในอากาศที่ถูกป้อนเข้าห้องเผาไหม้ ทำให้ทั้งเชื้อเพลิงและสารตัวกลางอยู่ในสภาวะที่เหมือนของไหล โดยประสิทธิภาพของการเผาไหม้ที่สูงจะเกิดจากการคลุกเคล้าของอากาศแบบปั่นป่วน (Turbulence) ในห้องเผาไหม้ และอากาศร้อนกับขี้เถ้าบางส่วนเมื่อออกจากห้องเผาไหม้แล้วก็จะผ่านเข้าไซโคลน เพื่อแยกถ่านหินบางส่วนที่ยังเผาไหม้ไม่หมดหมุนเวียนกลับมา (Circulate) เข้าห้องเผาไหม้ใหม่ เพื่อเผาไหม้ซ้ำ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของระบบนี้สูงถึง 95-98 เปอร์เซ็นต์ และการลดปริมาณอากาศในห้องเผาไหม้ที่เหมาะสม รวมถึงการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการเผาไหม้อยู่ระหว่าง 870-880 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับตารางระบบการเผาไหม้ฟลูอิดไคซ์เบด ระบบการเผาไหม้ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียนจะมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบการเผาไหม้ฟลูอิดไคซ์เบดแบบที่ใช้ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Fluidized Bed Combustion : AFBC) เนื่องจากการเผาไหม้ส่วนใหญ่จะเกิดที่ห้องเผาไหม้ที่ไม่มีการทำให้เกิดอากาศแบบปั่นป่วน และไม่มีการหมุนเวียนเชื้อเพลิงกลับมาเข้าห้องเผาไหม้

ตารางการเปรียบเทียบระบบการเผาไหม้ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียนกับแบบที่ใช้ความดันบรรยากาศ

พารามิเตอร์	ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน	ฟลูอิดไคซ์เบดแบบที่ใช้ความดันบรรยากาศ
อุณหภูมิการเผาไหม้	870-880 องศาเซลเซียส	850-920 องศาเซลเซียส
ขนาดเชื้อเพลิง	ถ่านหิน < 10 มิลลิเมตร	ถ่านหิน < 10 มิลลิเมตร
ประสิทธิภาพทางความร้อน	87 เปอร์เซ็นต์	82 เปอร์เซ็นต์
การปล่อย NO _x	< 100 ppm	< 250-300 ppm
การกำจัดซัลเฟอร์	กำจัดซัลเฟอร์ในระบบมากกว่า 95%	กำจัดซัลเฟอร์ในระบบมากกว่า 75%

2) การควบคุมการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน

ระบบการเผาไหม้ฟลูอิดเบดแบบหมุนเวียน จึงสามารถควบคุมการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน (Emissions $\text{NO}_x < 100 \text{ ppm}$) ได้ดีกว่าระบบการเผาไหม้แบบฟลูอิดเบดที่ความดันบรรยากาศ (Emissions $\text{NO}_x < 250\text{-}300 \text{ ppm}$) ซึ่งไนโตรเจนออกไซด์จะเกิดขึ้นในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงมากกว่า 1,100 องศาเซลเซียส ตามกราฟ



▲ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกลไกการเกิดไนโตรเจนออกไซด์กับอุณหภูมิการเผาไหม้ [4]

Thermal NO คือ ปฏิกิริยาการเกิดไนโตรเจนออกไซด์ที่มีออกซิเจนเกินจำนวนมาก
 Fuel NO คือ ปฏิกิริยาการเกิดไนโตรเจนออกไซด์ที่มีออกซิเจน, เวลาการทำปฏิกิริยาและอุณหภูมิการเผาไหม้เกี่ยวข้อง และเป็นปฏิกิริยาที่รวดเร็วกว่า Thermal NO
 Prompt NO คือ ปฏิกิริยาการเกิดไนโตรเจนออกไซด์ที่มีออกซิเจนน้อย โดยไนโตรเจน (N_2) จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ (CH , CN)

สามารถคำนวณหาปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เมื่อทราบปริมาณของไนโตรเจนออกไซด์ (NO) จากเครื่องวัดแก๊สทั่วไป (Portable Flue Gas Analyzers) ในหน่วยหนึ่งในล้านส่วน (ppm) ได้ต่อไปตามสมการ

$$\text{NO}_x = \text{NO} \div 0.95$$

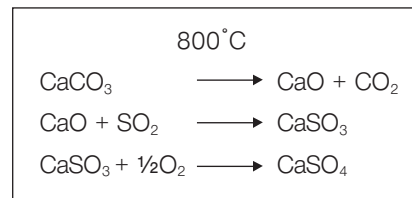
$$\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$$

สมการการคำนวณ NO_x , NO , NO_2

เนื่องจากโดยสมมุติฐาน ในไนโตรเจนออกไซด์จะมีแก๊สที่จุดระเบิดได้ (Combustion Gases) ประกอบอยู่ 95% ของปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนโดยประมาณ^[5]

3) การควบคุมการเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

การควบคุมการเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะควบคุมที่คุณภาพของถ่านหิน โดยใช้ถ่านหินที่มีปริมาณกำมะถันต่ำและการเติมหินปูน เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เข้าไปพร้อมกับถ่านหิน ซึ่งหินปูนเมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิประมาณ 800°C จะสลายตัวเป็นแคลเซียม ทำหน้าที่ร่วมกับอากาศส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ทำปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดเป็นยิปซัม (CaSO_4) และระบบการเผาไหม้ฟลูอิดเบดแบบหมุนเวียนมีประสิทธิภาพการกำจัดกำมะถันในระบบมากกว่า 95% สามารถควบคุมการเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ดีกว่าระบบการเผาไหม้แบบฟลูอิดเบดที่ความดันบรรยากาศที่มีประสิทธิภาพการกำจัดกำมะถันในระบบมากกว่า 75% ตามสมการการเกิดปฏิกิริยา



ปฏิกิริยาการเกิดยิปซัมจากหินปูนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์^[6]

4) การควบคุมการเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

การควบคุมการเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ต้องควบคุมอุณหภูมิระหว่างการเผาไหม้ให้สูงกว่า 716 องศาเซลเซียส และมีเวลาในห้องเผาไหม้เพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตามการเกิดปฏิกิริยา^[6]

1. คาร์บอนมอนอกไซด์ออกซิไดซ์ในบรรยากาศเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอนุมูลอิสระ (OH^\cdot) คือ

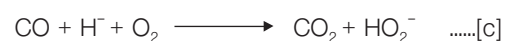


ซึ่งมีปฏิกิริยาที่ตามมาของอนุมูลอิสระ (H^\cdot) และออกซิเจน (O_2) จะเกิดอนุมูลอิสระ (HO_2^\cdot) คือ



โดย M คือ พลังงานที่ดูดซับโมเลกุล เช่น ไนโตรเจน (N_2) หรือออกซิเจน (O_2)

2. คาร์บอนมอนอกไซด์ออกซิไดซ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอนุมูลอิสระ (H^\cdot) จากปฏิกิริยา [b] คือ



3. คาร์บอนมอนอกไซด์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและโฟตอนของพลังงานแสง ($h\nu$) จะเกิดโอโซน (O_3) คือ



ไอโซนจะทำหน้าที่ออกซิไดซ์คาร์บอนมอนอกไซด์ต่อไปในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ (Troposphere)

3.2 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ (Post-Combustion Technology)

1) เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitators : ESP)

หลักการทำงานของเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต เป็นเครื่องมือที่ใช้แรงไฟฟ้าในการแยกอนุภาคออกจากกระแสก๊าซ โดยมีหลักการคือใส่ประจุไฟฟ้าให้อนุภาคแล้วผ่านอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเข้าไปในสนามไฟฟ้าสถิต อนุภาคเหล่านี้จะเคลื่อนที่เข้าหาและถูกเก็บบนแผ่นเก็บซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าตรงกันข้ามกับของอนุภาค เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตมีประสิทธิภาพสูงในการเก็บอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพถึง 99.5% หรือสูงกว่า ความดันสูญเสียมีค่าต่ำสามารถรับก๊าซร้อนในปริมาณมากได้ ปัจจุบันใช้เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตอย่างแพร่หลายในการควบคุมมลพิษอากาศของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ โรงจักรไฟฟ้าและหม้อน้ำ โรงหล่อหลอมโลหะ โรงปูนซีเมนต์ และโรงงานผลิตสารเคมี เป็นต้น

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้⁷⁾

1. การใส่ประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาค
2. การเก็บอนุภาคที่มีประจุ โดยใช้แรงไฟฟ้าสถิตจากสนามไฟฟ้า
3. การแยกฝุ่นออกจากขั้วเก็บในเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตไปยังถังพัก

ส่วนประกอบของเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตมี 4 ส่วนดังนี้

1. ขั้วปล่อยประจุ (Discharge Electrodes) : เป็นลักษณะเส้นลวดหน้าตัดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.25 ซม. ถ่วงด้วยน้ำหนักเรียงเป็นแนวตรง กึ่งกลางระหว่างขั้วเก็บที่เป็นแผ่นหรือท่อ แล้วใส่แรงดันไฟฟ้าสูงให้แก่ขั้วปล่อยประจุเพื่อให้เกิดการแตกตัวเป็นโคโรนาระบบจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการควบคุมสนามไฟฟ้าที่เกิดระหว่างขั้วปล่อยประจุและขั้วเก็บเรียกว่า T-R set ประกอบด้วยเครื่อง Transformer และ Rectifier ซึ่งจะแปลงศักย์ไฟฟ้าจาก 400-480 โวลต์ เป็นประมาณ 50,000 โวลต์ และเปลี่ยนกระแสสลับเป็นกระแสตรงส่งไปยัง Precipitator Field
2. ขั้วเก็บ (Collection Electrodes) : ส่วนใหญ่ใช้เป็นแผ่น (Plate) เนื่องจากทำให้รับปริมาณของก๊าซได้มากและได้ประสิทธิภาพสูง
3. เครื่องแยกฝุ่น (Rapper) : ใช้สำหรับเอาฝุ่นออกจากแผ่นเก็บ (Collection Plate) จากโครงของขั้วปล่อยประจุ (Discharge Electrode Frame) และจากแผ่นที่ใช้กระจายการไหลของก๊าซ (Gas Distribution Plate) โดยเครื่องแยกฝุ่นมี 2 แบบ คือ แบบติดตั้งบนหลังคาและแบบติดตั้งบนด้านข้าง

4. ถังพัก (Hopper) : ถังพักจะมีลักษณะชันมาก เพื่อให้ฝุ่นไหลไปที่วาล์วระบายฝุ่น (Solid Discharge Valve) และเข้าสู่ Pneumatic Line ตรงกลางของถังพักมีแผ่น Anti-Sneakage Hopper Baffle เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสก๊าซที่ไม่ได้รับการบำบัดไหลผ่านส่วนบนของถังพัก นอกจากนี้มี Heater สำหรับทำให้ฝุ่นร้อนเพื่อช่วยในการถ่ายเท และมี Anti-Sneakage Baffle ที่ผนังด้านข้างของเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตด้วย เพื่อป้องกันก๊าซที่ไม่ได้บำบัดไหลผ่านผนังด้านข้างของเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต

4. unสรุป (Conclusion)

ถ่านหินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่จะยังคงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของโลกและประเทศไทยต่อไปอีกนาน เนื่องจากมีปริมาณสำรองค่อนข้างมาก และจากข้อมูลข้างต้น การนำเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดมาใช้ในขณะเผาไหม้ (Combustion Technology) โดยเลือกใช้ระบบการเผาไหม้ชนิดฟลูอิดไรซ์เบดแบบหมุนเวียน (Circulating Fluidized Bed Combustion : CFBC) และเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ (Post-combustion Technology) โดยเลือกใช้แบบเครื่องดักจับฝุ่นชนิดใช้ไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator : ESP) โดยทั้งสองเป็นเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่ทันสมัยและมีความน่าเชื่อถือที่สุดในปัจจุบัน อันน่าจะช่วยสร้างทัศนคติที่ดีต่อการใช้ถ่านหินเป็นแหล่งพลังงาน และใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า

เอกสารอ้างอิง (Referents)

- [1] แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573), กระทรวงพลังงาน
- [2] ปริมาณสำรองถ่านหินในประเทศไทย, กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ, กระทรวงพลังงาน
- [3] Coal Statistics, World coal association, <http://www.worldcoal.org>
- [4] Air Quality ,book edited by Ashok Kumar, ISBN 978-953-307-131-2, Published: August 18, 2010 under CC BY-NC-SA 3.0 license
- [5] Calculating the concentration of nitrogen oxides NO_x, <http://www.tasatec.com>
- [6] SO₂ aggression to calcium carbonate stones, D. Aregba-Driollet IMB, Bordeaux 1 university Joint work with R. Natalini and F. Diele IAC-CNR
- [7] ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ, นพภาพร พานิชและคณะ, กรมโรงงานอุตสาหกรรม ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547

สามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ “เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดสำหรับหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม” ได้ที่บริษัท ฟูลซิสเต็ม เอ็นจิเนียริง จำกัด
Office : 349/545 ถนนพหลโยธินซอย 2 แขวงบางไผ่ เขตบางแค กรุงเทพมหานคร 10160
Factory : 66 หมู่ 2 ตำบลกระทุ่มล้ม อำเภอสสามพราน จังหวัดนครปฐม 73220
โทรศัพท์ : 0-2420-6444-5, 0-2497-9280-4 แฟกซ์ : 0-2497-9255 www.fsetech.com, e-Mail : fullsystem1@yahoo.com