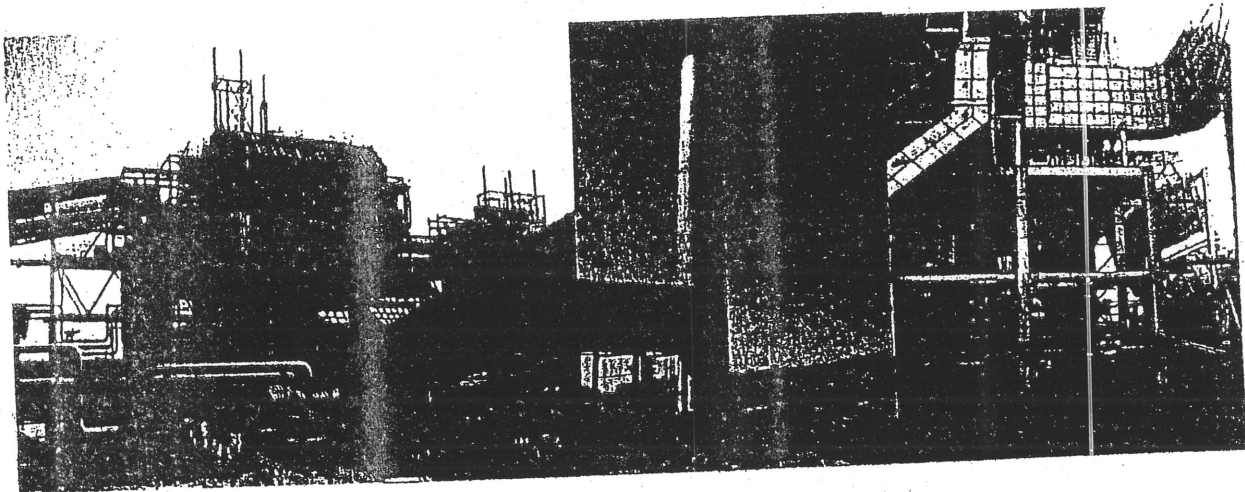


เอกสารแนบที่ 6 คู่มือปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบ  
และดูแลระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ



คู่มือปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบและดูแลระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ

จัดทำโดย

บริษัทน้ำตาลวังขนาย จำกัด

222 ม.9 ต.แก้งแก อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม

## แหล่งกำเนิดและปริมาณอากาศเสีย

ในกระบวนการผลิตน้ำตาลและกระแสไฟฟ้าจากกากอ้อย ของโรงงานน้ำตาลวังขนาย จำกัด จะมีแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ๆ เพียงแหล่งเดียว คือการเผาไหม้ของกากอ้อยจากหม้อไอน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำป้อนโรงงาน และใช้หมุนเทอร์ไบน์ผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้ป้อนหม้อไอน้ำ เป็นพืชน้ำตาลที่ผ่านการผลิตน้ำตาลแล้ว ดังนั้นองค์ประกอบหลัก ๆ ของกากอ้อยที่เหลือ จึงมีเพียงเส้นใย หรือ Cellulose โดยมีธาตุคาร์บอน (C) เป็นธาตุหลัก และอาจจะมีน้ำตาล Sucrose และน้ำตาลค้างอยู่ในปริมาณเล็กน้อย เมื่อนำกากอ้อยไปเผาไหม้ จะได้พลังงานความร้อน (Energy) จำนวนหนึ่ง ซึ่งสามารถไปต้มน้ำให้เดือด กลายเป็นไอน้ำ ส่วนของเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ จะประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ไอน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) เเขม่าควัน (Fly Ash) ขี้เถ้าหนักที่เหลือจากการเผาไหม้ (Ash) ก๊าซออกซิเจน ( $\text{O}_2$ ) และกากของเสียที่ไม่ได้เผาไหม้ ดังนั้นจะเห็นว่าของเสียที่เป็นสารมลพิษทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้กากอ้อยจะมีเพียงขี้เถ้าหรือเเขม่าควัน (Fly Ash) ที่ระบายออกทางปล่องระบายเท่านั้น ซึ่งโรงงานมีระบบกำจัดระของขี้เถ้าชนิดท่อ (Multicyclone) ใช้สำหรับกำจัดขี้เถ้าที่เกิดขึ้น

## ข้อมูลทั่วไปหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำของโรงงานมีทั้งหมด 3 ชุด เป็นผลิตภัณฑ์ของ TAKUMA ซาวิต หลอดน้ำ (Water tube) แบบแนวนอน ออกแบบโดยใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น แต่ละชุดมีขนาดที่แตกต่างกันคือ มีขนาด 200T/H 1 ตัว และมี ขนาด 60T/H 2 ตัว

# ระบบบำบัดมลพิษจากปล่องระบายหม้อไอน้ำ

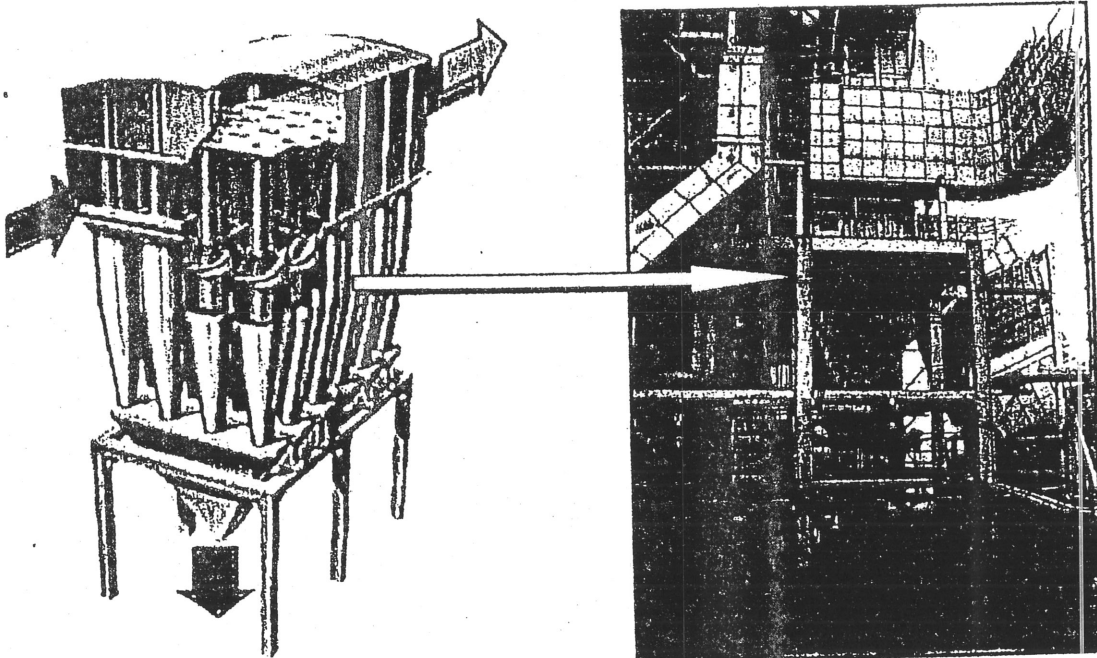
## ระบบ มัลติไซโคลน(Multicyclone)

### หลักการทำงานของระบบกำจัดมลพิษ

สารมลพิษทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้กากอ้อยจะมีเพียงขี้เถ้าหรือเถ้าหมัก

(Fly Ash) ที่ระบายออกทางปล่องระบายเท่านั้น ซึ่งโรงงานมีระบบกำจัดละอองขี้เถ้าชนิดท่อ

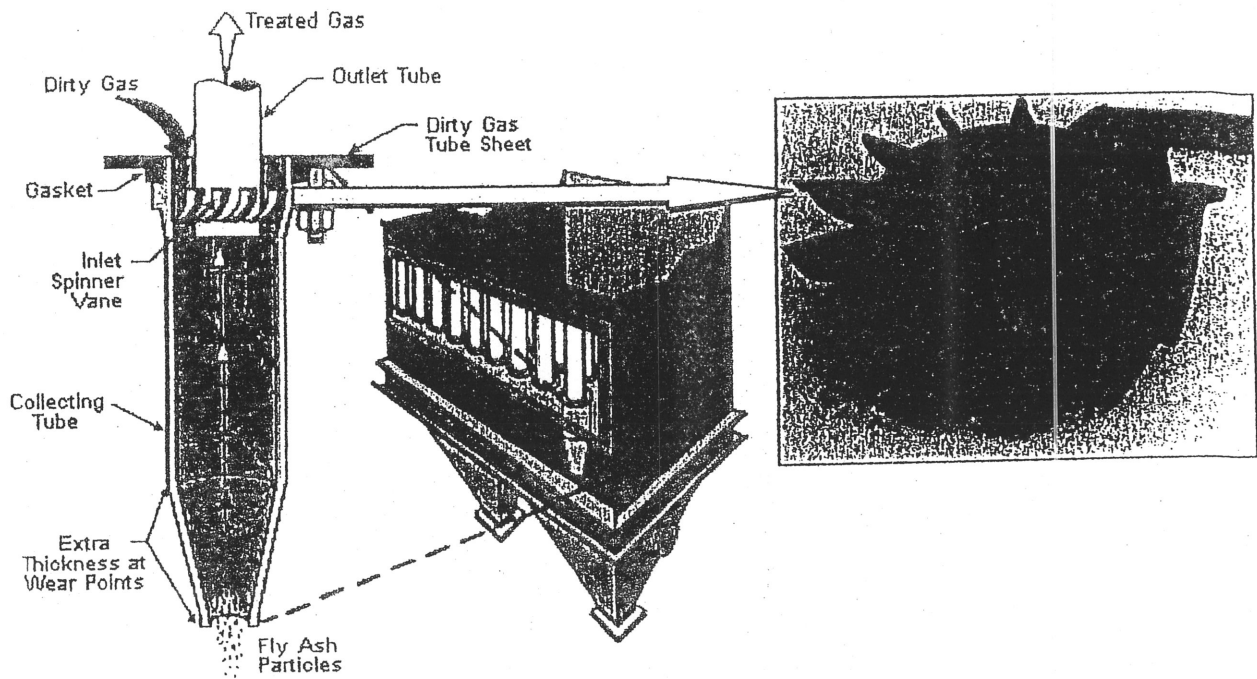
(Multi cyclone) ตัวอย่างตามรูปที่ 1.1 ใช้สำหรับกำจัดขี้เถ้าที่เกิดขึ้น ก่อนจะระบายอากาศร้อนที่ผ่าน  
การกำจัดขี้เถ้าดังกล่าวแล้ว ออกทางปล่องระบายซึ่งมี 3 ปล่อง ทั้งนี้มีรายละเอียดระบบการกำจัด  
ละอองขี้เถ้าชนิดท่อ และคุณลักษณะของปล่องระบายอากาศเสียของโรงงาน ดังนี้



รูปที่ 1.1 (Multicyclone)

อุปกรณ์กำจัดละอองขี้เถ้าชนิดท่อ (Multicyclone): คืออุปกรณ์ชนิดหมุนนั่นเอง แต่  
ได้ปรับปรุงเพื่อใช้สำหรับงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีปริมาณฝุ่นละอองจากการผลิตค่อนข้างสูง  
การทำงานของอุปกรณ์มีการดักละอองขี้เถ้าเป็น 2 ตอน กล่าวคือ ตอนบนของอุปกรณ์ประกอบด้วย  
ท่อตามขวางขนาดเล็ก ๆ เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 นิ้วถึง 6 นิ้ว จำนวนมาก เรียงกันอยู่ในแนวนอน  
และด้านล่างเป็นท่อขนาดเล็กเช่นกัน วางอยู่ในแนวตั้ง ท่อทั้งสองชุดนี้ติดตั้งอยู่ในโครงสร้างเดียวกัน





รูปที่ 1.2 ตัวอย่างการทำงาน

การทำงานของอุปกรณ์กำจัดละอองขี้เถ้า ตามรูปที่ 1.2 เริ่มจากเมื่อฟลูแก๊ส (ก๊าซเสีย) จากหม้อไอน้ำแต่ละเตาไหลผ่านเข้าอุปกรณ์กำจัดละอองขี้เถ้าที่ติดตั้งไว้ 1 ชุดต่อหม้อไอน้ำ 1 เตาซึ่งก๊าซเสียจะผ่านทางท่อชุดแรก (แนวนอน) โดยจะต้องผ่านใบพัดลมเสียก่อน ซึ่งจะทำให้ก๊าซเสียที่ไหลผ่าน เคลื่อนที่แบบควงสว่านไปตามท่อ ละอองขี้เถ้าหนักกว่าก๊าซเสีย จะถูกเหวี่ยงออกไปติดกับผนังของท่อ ซึ่งส่วนด้านปลายของท่อแนวนอนนี้จะทำเป็น 2 ชั้น ท่อชั้นในต่อไปยังทางออก ส่วนท่อชั้นนอกจะต่อไปยังท่อชุดที่ 2 ซึ่งวางอยู่ในแนวตั้ง เมื่อก๊าซเสียเคลื่อนที่ในท่อชุดแรกมาถึงปลายท่อ ก๊าซที่สะอาดจะผ่านออกสู่ภายนอก ส่วนก๊าซเสียที่มีละอองขี้เถ้าปนอยู่จะผ่านเข้าท่อชุดที่สอง ซึ่งวางในแนวตั้ง และจะหมุนควงสว่านจากบนลงล่าง พาเอาขี้เถ้าลงไปและตกลงยังห้องดักฝุ่นด้านล่างของไซโคลน ส่วนก๊าซที่สะอาดจะผ่านออกทางท่อชั้นในด้านบนของท่อชุดที่สอง และออกไปยังปล่องระบายต่อไป ประสิทธิภาพการกำจัดประมาณ 50-90 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคที่ปนเปื้อน

ปล่องระบาย : จำนวน 3 ปล่อง ก๊าซเสียจากหม้อไอน้ำแต่ละชุด ที่ผ่านการกำจัดละอองขี้เถ้าจะระบายออกสู่บรรยากาศทางปล่องระบายควันทอง 35 เมตร อุณหภูมิปลายปล่องประมาณ  $180^{\circ}\text{C}$  อัตราการไหลของไอเสีย ประมาณ 210,270 ลบ.ม./ชม./ปล่องระบาย สำหรับสารมลพิษไม่มี โดยมีแค่  $\text{CO}_2$ , ASH,  $\text{O}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  เท่านั้น

## การติดตามตรวจสอบการใช้งานของไซโคลน

### 1. สภาพของอุปกรณ์

ตรวจสอบสภาพการสึกกร่อน การกัดกร่อนของไซโคลน

ต้องทำการติดตามตรวจสอบสภาพการกัดกร่อนของระบบตามท่อและตัวระบบเพื่อป้องกันการรั่วของระบบ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัด

### 2. การสังเกตการระบายฝุ่นออกสู่ปล่อง

ถ้ามองเห็นได้ชัดว่ามีฝุ่นละอองทางปล่องมองเห็นได้ชัด (Visible Emission) แสดงว่าไซโคลนมีปัญหา ในกรณีที่ค่าความทึบแสงที่วัดที่ปล่องมีค่าสูงเป็นระยะๆ อาจบ่งชี้ว่า กระบวนการผลิตได้ปล่อยอนุภาคที่มีขนาดเล็กซึ่งไซโคลนไม่สามารถจำกัดได้ ควรจับบันทึกช่วงระยะเวลาที่ค่าความทึบแสงสูงสุดไว้เพื่อ ตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตในภายหลัง สำหรับไซโคลนบางครั้งค่าเฉลี่ยความทึบแสงอาจ ไม่ได้บ่งชี้ถึงสภาพการทำงานทั้งนี้เพราะขนาดของฝุ่นละอองที่ถูกดักจับไว้มีขนาดใหญ่เกินไปที่จะกระจาย แสง ดังนั้น ค่าความทึบแสงอาจมีค่าต่ำในขณะที่มีการระบายฝุ่นละอองปริมาณมากซึ่งสังเกตได้จากฝุ่น ละอองที่ตกตันที่พื้นใต้อยู่ข้างๆ ตำแหน่งที่ระบายฝุ่นนั้นๆ

### 3. การสังเกตฝุ่นฟุ้งกระจาย (Fugitive) ที่ปล่อยออกมาจากอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต การขนย้ายวัสดุ และกองวัสดุที่เก็บไว้

ฝุ่นฟุ้งกระจายที่ปล่อยออกมาจากบริเวณกระบวนการผลิตอย่างน้อยที่สุดมีสาเหตุบางส่วนมาจากการไหล ซึมของอากาศเข้าไปในท่อต่างๆ หรือตัวไซโคลนให้ตรวจสอบบริเวณกระบวนการผลิตและท่อต่างๆ อย่าง ละเอียด

4.การตรวจสอบการไหลซึมอากาศ (Air Infiltration) เข้าไปในตัวไซโคลน ที่เก็บฝุ่นละออง(Hopper) วาล์วสำหรับปล่อยฝุ่นละอองที่ดักจับไว้ (Solid Discharge Valve) และท่อทางเข้า

ในกรณีที่ไม่ได้ใช้ไซโคลนดักฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ให้เดินสำรวจรอบๆ อุปกรณ์ และที่เก็บฝุ่นละอองว่ามีเสียงการรั่วเกิดขึ้นใกล้กับรอยเชื่อมท่อต่างๆ วาล์วสำหรับปล่อยฝุ่นละอองที่ดักจับได้ และฝาครอบช่องทางเข้าหรือไม่

5.การวัดค่าความดันสูญเสีย (Static Pressure Drop) ที่ทางเข้าและทางออกของไซโคลน

ความดันสูญเสียเป็นตัวบ่งชี้ถึงอัตราการไหลและความต้านทานต่อการไหลของก๊าซ

- ถ้าค่าความดันสูญเสียมีค่าสูงกว่าค่าปกติที่กำหนด แสดงว่าอาจเกิดการอุดตันขึ้น
- ถ้าค่าความดันสูญเสียมีค่าต่ำกว่าค่าปกติที่กำหนด แสดงว่าอัตราการไหลของก๊าซมีค่าลดลง หรือปะทะกัน และท่อทางออกอาจสึกกร่อน

6.การวัดค่าอุณหภูมิของก๊าซที่ทางเข้าและทางออก

ถ้าอุณหภูมิของก๊าซที่ทางเข้าและทางออกมีค่าต่างกันมาก จะเกิดการไหลซึมของอากาศอย่างรุนแรง

7.วาล์วสำหรับปล่อยฝุ่นละอองที่ดักจับได้

ตรวจสอบการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง และการเปิดออกอย่างต่อเนื่องของวาล์ว สำหรับปล่อยฝุ่นละอองที่ดักจับได้

## รายละเอียดการคำนวณ

### ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ

#### รายการคำนวณประกอบของระบบป้องกันสิ่งแวดล้อม (ด้านมลพิษทางอากาศ)

TAKUMA N6200 (200ตัน)

#### BOILER DESIGNED FIGURES

- อัตราการผลิตไอน้ำ	G =	200,000	kg /hr.
- แรงดันไอน้ำ	P =	28	kg./cm. <sup>2</sup> G
- อุณหภูมิไอน้ำ	T <sub>steam</sub> =	360 + / - 10	°C
- อุณหภูมิน้ำโบลดาวน์	T <sub>blowdown</sub> =	230	°C
- อุณหภูมิน้ำจาก Deaerator	T <sub>deaerator</sub> =	80	°C
- อุณหภูมิอากาศที่เข้า	T <sub>air used</sub> =	30	°C
- อุณหภูมิแก๊สเสียที่ออกปล่องเตา	T <sub>chamber</sub> =	180	°C
- ค่าความชื้นเชื้อเพลิง	ω =	53	%
- ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	L.C.V. =	4400 - (50 X ω)	kcal/hr.
- ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	η <sub>boiler</sub> =	83	%
- ปริมาณอากาศส่วนเกิน	α <sub>over air</sub> =	40	%

#### TYPICAL ANALYSIS OF DRY BAGASSE

- คาร์บอน	C =	49.5	%
- ไฮโดรเจน	H =	5.9	%
- ออกซิเจน	O =	42.2	%
- ซัลเฟอร์	S =	0.1	%
- เถ้า	Ash =	2.3	%

#### CALCULATION

- ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้	G =	200,000	kg./hr.
- คัดน้ำโบลดาวน์ที่ 5% จะได้	W <sub>blowdown</sub> =	200,000 x 5%	
	=	10,000	kg./hr.

- ค่าความร้อนของไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 360 °C ความดันที่ 25 MPa( เปิดตาราง Superheated Vapor)

จะได้ค่า  $h_g = 3,148.9 \text{ kJ./kg.}$

ฉะนั้น  $h_1 = 3,142.6 \times 0.239 \text{ kcal./kg.}$

$= 752.587 \text{ kcal./kg.}$

- ค่าความร้อนของน้ำจาก Deaerator ที่อุณหภูมิ 80 °C ( เปิดตาราง Saturated steam )

จะได้ค่า  $h_f = 334.91 \text{ kJ./kg.}$

ฉะนั้น  $h_2 = 334.91 \times 0.239 \text{ kcal./kg.}$

$= 80.043 \text{ kcal./kg.}$

- ค่าความร้อนของน้ำโบลตวาร์ ที่ความดัน 28 bar อุณหภูมิ 230 °C( เปิดตาราง Saturated steam )

จะได้ค่า  $h_f = 966.78 \text{ kJ./kg.}$

ฉะนั้น  $h_3 = 966.78 \times 0.239 \text{ kcal./kg.}$

$= 231.06 \text{ kcal./kg.}$

- ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง คิดที่ค่าความชื้นเชื้อเพลิง = 53 %

จากสมการ  $L.C.V. = 4,400 - (50 \times \omega) \text{ kcal/hr.}$

แทนค่า  $= 4,400 - (50 \times 53) \text{ kcal/hr.}$

$= 1,750 \text{ kcal/hr.}$

- ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้

จากสมการ  $q_1 = \frac{[G \times (h_1 - h_2)] + [W_{\text{blowdown}} \times (h_3 - h_2)]}{L.C.V. \times \eta_{\text{boiler}}} \text{ kg./hr.}$

แทนค่า  $= \frac{[200,000 \times (752.587 - 80.043)] + [10,000 \times (231.06 - 80.043)]}{1,750 \times 83\%}$

$= 91,441.271 \text{ kg./hr}$

- ปริมาณอากาศที่ใช้ตามทฤษฎีต่อน้ำหนักเชื้อเพลิง ที่ค่าความชื้นเชื้อเพลิง = 53 %

จากสมการ  $V_{\text{air theory}} = \frac{[8.89 C + 26.7 (H - O / 8) + 3.33 S]}{100}$

จากค่า TYPICAL ANALYSIS OF DRY BAGASSE จะได้

คาร์บอน	C	=	$49.5 \times [1 - (53 / 100)]$	=	23.265 %
ไฮโดรเจน	H	=	$5.9 \times [1 - (53 / 100)]$	=	2.773 %
ออกซิเจน	O	=	$42.2 \times [1 - (53 / 100)]$	=	19.834 %
ซัลเฟอร์	S	=	$0.1 \times [1 - (53 / 100)]$	=	0.047 %
เถ้า	Ash	=	$2.3 \times [1 - (53 / 100)]$	=	1.081 %

แทนค่า

$$V_{\text{air theory}} = \frac{\{(8.89 \times 23.265) + [26.7 \times (2.773 - (19.834/8))] + (3.33 \times 0.047)\}}{100}$$

$$= 2.148 \quad \text{Nm}^3/\text{kg. fuel}$$

- ปริมาณอากาศที่ใช้จริงต่อน้ำหนักเชื้อเพลิง

จากสมการ	$V_{\text{air used}} =$	$(1 + q_{\text{over air}}) \times V_{\text{air theory}} \times q_{\text{fuel}}$	Nm. <sup>3</sup> /hr.
แทนค่า	=	$(1 + 0.45) \times 2.148 \times 91,441.271$	Nm. <sup>3</sup> /hr.
	=	284,836.77	Nm. <sup>3</sup> /hr.

- ปริมาณอากาศที่ใช้จริง

จากสมการ	$q_{\text{air used}} =$	$V_{\text{air used}} \times (273 + T_{\text{air used}}) / 273$	m. <sup>3</sup> /hr.
แทนค่า	=	$273,726.524 \times (273 + 30) / 273$	m. <sup>3</sup> /hr.
	=	316,137.519	m. <sup>3</sup> /hr.

ปริมาตรก๊าซเสียที่เกิดขึ้นตามทฤษฎีต่อน้ำหนักเชื้อเพลิง ที่ค่าความชื้นเชื้อเพลิง = 53 %

จากสมการ	$V_{\text{gas theory}} =$	$(1.87 C + 0.7 S + 11.2 H + 1.24 \omega) / [100 + (0.79 \times V_{\text{air theory}})]$
แทนค่า	=	$\frac{(1.87 \times 23.265) + (0.7 \times 0.047) + (11.2 \times 2.773) + (1.24 \times 53)}{100 + (0.79 \times 2.148)}$
	=	1.380 Nm. <sup>3</sup> /kg. fuel

- ปริมาตรก๊าซเสียที่เกิดขึ้นจริงต่อน้ำหนักเชื้อเพลิง

$$\text{จากสมการ} \quad V_{\text{gas used}} = V_{\text{gas theory}} + (q_{\text{over air}} \times V_{\text{air theory}})$$

$$\text{แทนค่า} \quad = 1.380 + [(45/100) \times 2.148]$$

$$= 2.3466 \quad \text{Nm}^3/\text{kg.}$$

fuel

- ปริมาตรก๊าซเสียที่เกิดขึ้นจริง

$$\text{จากสมการ} \quad V'_{\text{gas used}} = V_{\text{gas used}} \times q_{\text{fuel}}$$

$$= 2.3466 \times 87,884.969 \quad \text{Nm}^3/\text{hr.}$$

$$= 214,563.217 \quad \text{Nm}^3/\text{hr.}$$

- ปริมาตรก๊าซเสียที่เกิดขึ้นจริง

$$\text{จากสมการ} \quad q_{\text{gas used}} = V'_{\text{gas used}} \times (273 + T_{\text{chamber}}) / 273 \quad \text{m}^3/\text{hr.}$$

$$= 206,230.868 \times (273 + 205) / 273 \quad \text{m}^3/\text{hr.}$$

$$= 356,033.469 \quad \text{m}^3/\text{hr.}$$

Dust Quantity

$$\% \text{ Ash (at wet base)} = 0.95 \quad \%$$

$$\% \text{ Ash ส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด} = 2 \quad \%$$

$$\% \text{ Ash ละเียดย} = 50 \quad \%$$

$$\% \text{ Ash ละเียดยที่เผาไหม้ไม่หมด} = 40 \quad \%$$

$$\% \text{ Ash ที่ตกได้ดรัม} = 30 \quad \%$$

$$\% \text{ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดักฝุ่น} = 80 \quad \%$$

$$\text{ปริมาณ} \quad \text{Ash}_{\text{wet base}} = q_{\text{fuel}} \times \% \text{ Ash}$$

$$= 91,441.271 \times 0.95 / 100$$

$$= 868.692 \quad \text{kg./hr.}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณ } Ash_{\text{ส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด}} &= q_{\text{fuel}} \times \% \text{ Ash ส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด} \\
 &= 91,441.271 \times 2 / 100 \\
 &= 1,828.825 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จะได้ปริมาณ } Ash_{\text{total}} &= \text{ปริมาณ } Ash_{\text{wet base}} + \text{ปริมาณ } Ash_{\text{ส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด}} \\
 &= 950.037 + 1,757.699 \\
 &= 2,697.517 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณ } Ash_{\text{ละเอียด}} &= Ash_{\text{wet base}} \times \% \text{ Ash ละเอียด} \\
 &= 868.692 \times 20 / 100 \\
 &= 173.738 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณ } Ash_{\text{ละเอียดที่เผาไหม้ไม่หมด}} &= Ash_{\text{ส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด}} \times \% \text{ Ash ละเอียดที่เผาไหม้ไม่หมด} \\
 &= 868.692 \times 15 / 100 \\
 &= 130 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณ } Ash_{\text{ออกจากห้องเผาไหม้}} &= Ash_{\text{ละเอียด}} + Ash_{\text{ละเอียดที่เผาไหม้ไม่หมด}} \\
 &= 173.738 + 130 \\
 &= 303.73 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณ } Ash_{\text{ออกส่วนน้ำที่ stoker}} &= Ash_{\text{total}} - Ash_{\text{ที่ออกจากห้องเผาไหม้}} \\
 &= 2,697.517 - 303.73 \\
 &= 2,393.787 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณ } Ash_{\text{ตกได้ดรัม}} &= Ash_{\text{ที่ออกจากห้องเผาไหม้}} \times \% \text{ Ash ที่ตกได้ดรัม} \\
 &= 303.73 \times 30 / 100 \\
 &= 91.119 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{ปริมาณ} \quad \text{Ash}_{\text{ไปยังอุปกรณ์ดักฝุ่น}} &= \text{Ash}_{\text{ออกจากห้องเผาไหม้}} - \text{Ash}_{\text{ตกใต้ครี}} \\ &= 303.73 - 30.373 \\ &= 273.357 \quad \text{kg./hr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณ} \quad \text{Ash}_{\text{ตกที่อุปกรณ์ดักฝุ่นซึ่งได้}} &= \text{Ash}_{\text{ไปยังอุปกรณ์ดักฝุ่น}} \times \text{ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดักฝุ่น} \\ &= 273.357 \times 80 / 100 \\ &= 232.353 \quad \text{kg./hr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณ} \quad \text{Ash}_{\text{ออกไปที่ปล่องเตา}} &= \text{Ash}_{\text{ไปยังอุปกรณ์ดักฝุ่น}} - \text{Ash}_{\text{ตกที่อุปกรณ์ดักฝุ่นซึ่งได้}} \\ &= 273.357 - 232.353 \\ &= 41.004 \quad \text{kg./hr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตร} \quad \text{ฝุ่นที่ปล่อง} &= \text{Ash}_{\text{ออกไปที่ปล่องเตา}} \times 1,000 / V'_{\text{gas used}} \\ &= 41.004 \times 1,000 / 206,230.868 \\ &= 0.191 \quad \text{g./Nm}^3 \\ &= 191.0 \quad \text{mg./Nm}^3\end{aligned}$$

## รายละเอียดการคำนวณ

### ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ

#### รายการคำนวณประกอบของระบบป้องกันสิ่งแวดล้อม (ด้านมลพิษทางอากาศ)

WUHAN WGC60/25 (60ตัน) 2 ชุด

#### BOILER DESIGNED FIGURES

- อัตราการผลิตไอน้ำ	G	=	60,000	kg./hr.
- แรงดันไอน้ำ	P	=	25	kg./cm. <sup>2</sup> G
- อุณหภูมิไอน้ำ	T <sub>steam</sub>	=	360 + / - 10	°C
- อุณหภูมิน้ำโบลดาวน์	T <sub>blowdown</sub>	=	230	°C
- อุณหภูมิน้ำจาก Deaerator	T <sub>deaerator</sub>	=	80	°C
- อุณหภูมิอากาศที่เข้า	T <sub>air used</sub>	=	30	°C
- อุณหภูมิแก๊สเสียที่ออกปล่องเตา	T <sub>chamber</sub>	=	180	°C
- ค่าความชื้นเชื้อเพลิง	ω	=	53	%
- ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	L.C.V.	=	4400 - (50 X ω)	kcal/hr.
- ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	η <sub>boiler</sub>	=	83	%
- ปริมาณอากาศส่วนเกิน	Q <sub>over air</sub>	=	40	%

#### TYPICAL ANALYSIS OF DRY BAGASSE

- คาร์บอน	C	=	49.5	%
- ไฮโดรเจน	H	=	5.9	%
- ออกซิเจน	O	=	42.2	%
- ซัลเฟอร์	S	=	0.1	%
- เถ้า	Ash	=	2.3	%

#### CALCULATION

- ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้	G	=	60,000	kg./hr.
- คัดน้ำโบลดาวน์ที่ 5% จะได้	W <sub>blowdown</sub>	=	60,000 x 5%	
		=	3,000	kg./hr.
- ค่าความร้อนของไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 360 °C ความดันที่ 2.5 MPa. (เปิดตาราง Superheated Vapor )				
จะได้ค่า	h <sub>g</sub>	=	3,148.90	kJ./kg.

$$\begin{aligned} \text{ฉะนั้น} \quad h_1 &= 3,148.90 \times 0.239 \quad \text{kcal./kg.} \\ &= 752.587 \quad \text{kcal./kg.} \end{aligned}$$

- ค่าความร้อนของน้ำจาก Deaerator ที่อุณหภูมิ 80 °C ( เปิดตาราง Saturated steam )

$$\begin{aligned} \text{จะได้ค่า} \quad h_f &= 334.91 \quad \text{kJ./kg.} \\ \text{ฉะนั้น} \quad h_2 &= 334.91 \times 0.239 \quad \text{kcal./kg.} \\ &= 80.04 \quad \text{kcal./kg.} \end{aligned}$$

- ค่าความร้อนของน้ำโบลตาว์น ที่ความดัน 28 bar อุณหภูมิ 230 °C ( เปิดตาราง Saturated steam )

$$\begin{aligned} \text{จะได้ค่า} \quad h_f &= 966.78 \quad \text{kJ./kg.} \\ \text{ฉะนั้น} \quad h_3 &= 966.78 \times 0.239 \quad \text{kcal./kg.} \\ &= 231.06 \quad \text{kcal./kg.} \end{aligned}$$

- ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง คิดที่ค่าความชื้นเชื้อเพลิง = 53 %

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad \text{L.C.V.} &= 4,400 - (50 \times \omega) \quad \text{kcal./hr.} \\ \text{แทนค่า} &= 4,400 - (50 \times 53) \quad \text{kcal./hr.} \\ &= 1,750 \quad \text{kcal./hr.} \end{aligned}$$

-หาอัตราการประหยัดเชื้อเพลิงหลังติดตั้ง

Economizer

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad q' &= [1 - (q_2 / q_1)] \times 100 \\ &= [1 - (25,904.794 / 28,093.403)] \times 100 \\ \text{แทนค่า} &= 100 \\ &= 7.790 \quad \% \end{aligned}$$

- ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad q_1 &= \frac{[G \times (h_1 - h_2)] + [W_{\text{blowdown}} \times (h_3 - h_2)]}{\text{L.C.V.} \times \eta_{\text{boiler}}} \quad \text{kg./hr.} \end{aligned}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{[60,000 \times (752.587 - 80.04)] + [3,000 \times (231.06 - 80.04)]}{1,750 \times 83\%}$$

$$= 25,904.794 \quad \text{kg./hr}$$

- ฉะนั้นปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้จริง คัดการสูญเสียจากขี้เถ้า ส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด และสิ่งเจือปน รวม 3.081 %

$$\text{จากสมการ} \quad q_{\text{fuel}} = q_2 / [1 - (2 / 100)]$$

$$\text{แทนค่า} = 25,904.794 / [1 - (2 / 100)]$$

$$= 26,433.463 \quad \text{kg./hr.}$$

- ปริมาณอากาศที่ใช้ตามทฤษฎีต่อน้ำหนักเชื้อเพลิง ที่ค่าความชื้นเชื้อเพลิง = 53 %

$$\text{จากสมการ} \quad V_{\text{air theory}} = [8.89 C + 26.7 (H - O / 8) + 3.33 S] /$$

100

จากค่า TYPICAL ANALYSIS OF DRY BAGASSE จะได้

คาร์บอน	C	=	$49.5 \times [1 - (53 / 100)]$	=	23.265 %
ไฮโดรเจน	H	=	$5.9 \times [1 - (53 / 100)]$	=	2.773 %
ออกซิเจน	O	=	$42.2 \times [1 - (53 / 100)]$	=	19.834 %
ซัลเฟอร์	S	=	$0.1 \times [1 - (53 / 100)]$	=	0.047 %
เถ้า	Ash	=	$2.3 \times [1 - (53 / 100)]$	=	1.081 %

แทนค่า

$$V_{\text{air theory}} = \{ (8.89 \times 23.265) + [26.7 \times (2.773 - (19.834 / 8))] + (3.33 \times 0.047) \} / 100$$

$$= 2.148 \quad \text{Nm}^3/\text{kg. fuel}$$

- ปริมาณอากาศที่ใช้จริงต่อน้ำหนักเชื้อเพลิง

$$\text{จากสมการ} \quad V_{\text{air used}} = (1 + q_{\text{over air}}) \times V_{\text{air theory}} \times q_{\text{fuel}} \quad \text{Nm}^3/\text{hr.}$$

$$\text{แทนค่า} = (1 + 0.45) \times 2.148 \times 25,904.794 \quad \text{Nm}^3/\text{hr.}$$

$$= 82,339.43 \quad \text{Nm}^3/\text{hr.}$$

$$\begin{aligned} \text{ฉะนั้น} \quad h_1 &= 3,148.90 \times 0.239 \quad \text{kcal./kg.} \\ &= 752.587 \quad \text{kcal./kg.} \end{aligned}$$

- ค่าความร้อนของน้ำจาก Deaerator ที่อุณหภูมิ 80 °C ( เปิดตาราง Saturated steam )

$$\text{จะได้ค่า} \quad h_1 = 334.91 \quad \text{kJ./kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{ฉะนั้น} \quad h_2 &= 334.91 \times 0.239 \quad \text{kcal./kg.} \\ &= 80.04 \quad \text{kcal./kg.} \end{aligned}$$

- ค่าความร้อนของน้ำโบลดาร์น ที่ความดัน 28 bar อุณหภูมิ 230 °C ( เปิดตาราง Saturated steam )

$$\text{จะได้ค่า} \quad h_1 = 966.78 \quad \text{kJ./kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{ฉะนั้น} \quad h_3 &= 966.78 \times 0.239 \quad \text{kcal./kg.} \\ &= 231.06 \quad \text{kcal./kg.} \end{aligned}$$

- ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง คิดที่ค่าความชื้นเชื้อเพลิง = 53 %

$$\text{จากสมการ} \quad \text{L.C.V.} = 4,400 - (50 \times \omega) \quad \text{kcal/hr.}$$

$$\text{แทนค่า} \quad = 4,400 - (50 \times 53) \quad \text{kcal/hr.}$$

$$= 1,750 \quad \text{kcal/hr.}$$

-หาอัตราการประหยัดเชื้อเพลิงหลังติดตั้ง

Economizer

$$\text{จากสมการ} \quad q' = [1 - (q_2 / q_1)] \times 100$$

$$[1 - (25,904.794 / 28,093.403)] \times$$

$$\text{แทนค่า} \quad = 100$$

$$= 7.790 \quad \%$$

- ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad q_1 &= \frac{[G \times (h_1 - h_2)] + [W_{\text{blowdown}} \times (h_3 - h_2)]}{\text{L.C.V.} \times \eta_{\text{boiler}}} \quad \text{kg./hr} \end{aligned}$$

- ปริมาณอากาศที่ใช้จริง

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad q_{\text{air used}} &= V_{\text{air used}} \times (273 + T_{\text{air used}}) / 273 && \text{m}^3/\text{hr.} \\ \text{แทนค่า} &= 82,339.43 \times (273 + 30) / 273 && \text{m}^3/\text{hr.} \\ &= 62,025.044 && \text{m}^3/\text{hr.} \end{aligned}$$

- ปริมาณก๊าซเสียที่เกิดขึ้นตามทฤษฎีต่อน้ำหนักเชื้อเพลิง ที่ค่าความชื้นเชื้อเพลิง = 53 %

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad V_{\text{gas theory}} &= (1.87 C + 0.7 S + 11.2 H + 1.24 \omega) / [100 + (0.79 \times V_{\text{air theory}})] \\ \text{แทนค่า} &= \frac{(1.87 \times 23.265) + (0.7 \times 0.047) + (11.2 \times 2.773) + (1.24 \times 53)}{100 + (0.79 \times 2.148)} \\ &= 1.380 && \text{Nm}^3/\text{kg. fuel} \end{aligned}$$

- ปริมาณก๊าซเสียที่เกิดขึ้นจริงต่อน้ำหนักเชื้อเพลิง

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad V_{\text{gas used}} &= V_{\text{gas theory}} + (q_{\text{over air}} \times V_{\text{air theory}}) \\ \text{แทนค่า} &= 1.380 + [(45/100) \times 2.148] \\ &= 2.3466 && \text{Nm}^3/\text{kg. fuel} \end{aligned}$$

- ปริมาณก๊าซเสียที่เกิดขึ้นจริง

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad V'_{\text{gas used}} &= V_{\text{gas used}} \times q_{\text{fuel}} \\ &= 2.3466 \times 87,884.969 && \text{Nm}^3/\text{hr.} \\ &= 62,025.044 && \text{Nm}^3/\text{hr.} \end{aligned}$$

- ปริมาณก๊าซเสียที่เกิดขึ้นจริง

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad q_{\text{gas used}} &= V'_{\text{gas used}} \times (273 + T_{\text{chamber}}) / 273 && \text{m}^3/\text{hr.} \\ &= 82,339.43 \times (273 + 205) / 273 && \text{m}^3/\text{hr.} \\ &= 102,920.678 && \text{m}^3/\text{hr.} \end{aligned}$$

# Dust Quantity

% Ash (at wet base)	=	0.95	%
% Ash ส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด	=	2	%
% Ash ละเอียด	=	20	%
% Ash ละเอียดที่เผาไหม้ไม่หมด	=	15	%
% Ash ที่ตกได้ดรัม	=	10	%
% ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดักฝุ่น	=	85	%

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณ } \text{Ash}_{\text{wet base}} &= q_{\text{fuel}} \times \% \text{ Ash} \\
 &= 26,433.463 \times 0.95 / 100 \\
 &= 251.118 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณ } \text{Ash}_{\text{ส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด}} &= q_{\text{fuel}} \times \% \text{ Ash ส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด} \\
 &= 26,433.463 \times 2 / 100 \\
 &= 528.699 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จะได้ปริมาณ } \text{Ash}_{\text{total}} &= \text{ปริมาณ } \text{Ash}_{\text{wet base}} + \text{ปริมาณ } \text{Ash}_{\text{ส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด}} \\
 &= 251.118 + 528.699 \\
 &= 779.787 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณ } \text{Ash}_{\text{ละเอียด}} &= \text{Ash}_{\text{wet base}} \times \% \text{ Ash ละเอียด} \\
 &= 251.118 \times 20 / 100 \\
 &= 50.224 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณ } \text{Ash}_{\text{ละเอียดที่เผาไหม้ไม่หมด}} &= \text{Ash}_{\text{ส่วนที่เผาไหม้ไม่หมด}} \times \% \text{ Ash ละเอียดที่เผาไหม้ไม่หมด} \\
 &= 528.699 \times 15 / 100 \\
 &= 79.300 \quad \text{kg./hr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณ } \text{Ash}_{\text{ออกจากห้องเผาไหม้}} &= \text{Ash}_{\text{ละเอียด}} + \text{Ash}_{\text{ละเอียดที่เผาไหม้ไม่หมด}}
 \end{aligned}$$

$$= 50.224 + 79.300$$

$$= 129.524 \quad \text{kg./hr.}$$

ปริมาณ  $Ash_{\text{ออกส่วนน้ำที่ stoker}}$  =  $Ash_{\text{total}} - Ash_{\text{ที่ออกจากห้องเผาไหม้}}$

$$= 779.787 - 129.524$$

$$= 650.263 \quad \text{kg./hr.}$$

ปริมาณ  $Ash_{\text{ตกได้ดรัม}}$  =  $Ash_{\text{ที่ออกจากห้องเผาไหม้}} \times \% \text{ Ash ที่ตกได้ดรัม}$

$$= 129.524 \times 10 / 100$$

$$= 12.952 \quad \text{kg./hr.}$$

ปริมาณ  $Ash_{\text{ไปยังอุปกรณ์ดักฝุ่น}}$  =  $Ash_{\text{ออกจากห้องเผาไหม้}} - Ash_{\text{ตกได้ดรัม}}$

$$= 129.524 - 12.952$$

$$= 116.572 \quad \text{kg./hr.}$$

ปริมาณ  $Ash_{\text{ตกที่อุปกรณ์ดักฝุ่นขั้นแรก}}$  =  $Ash_{\text{ไปยังอุปกรณ์ดักฝุ่น}} \times \text{ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดักฝุ่น}$

$$= 116.572 \times 85 / 100$$

$$= 99.086 \quad \text{kg./hr.}$$

ปริมาณ  $Ash_{\text{ออกไปที่ปล่องเตา}}$  =  $Ash_{\text{ไปยังอุปกรณ์ดักฝุ่น}} - Ash_{\text{ตกที่อุปกรณ์ดักฝุ่นขั้นแรก}}$

$$= 116.572 - 99.086$$

$$= 17.486 \quad \text{kg./hr.}$$

ปริมาตร  $\text{ฝุ่นที่ปล่อง}$  =  $Ash_{\text{ออกไปที่ปล่องเตา}} \times 1,000 / V'_{\text{gas used}}$

$$= 17.486 \times 1,000 / 62,025.044$$

$$= 0.282 \quad \text{g./Nm.}^3$$

$$= 282 \quad \text{mg./Nm.}^3$$