ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เครื่องวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) สำหรับการบำบัด รุ่น Testo 340

การวัดปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) สำหรับใช้ในหอบำบัดมาตรฐานแบบเปียก ดังแสดงในภาพผนวกที่ 1 และ 2 รายละเอียดดังนี้

testo

testo 340
Flue gas analyser

Instruction manual en

ภาพผนวกที่ 1 เครื่อง Testo 340

Technical Data

	Meas. range	Accuracy
O_2 measurement	0 to 25 Vol. %	±0.2 Vol. %
CO measurement (H_2 compensated)	0 to 10,000 ppm	±10 ppm or ±10% of mv (0 to 200 ppm) ±20 ppm or ±5% of mv (201 to 2,000 ppm) ±10% of mv (2,001 to 10,000 ppm)
CO_{low} measurement (H_2 compensated)	0 to 500 ppm	±3 ppm (0 to 39.9 ppm) ±5% of mv (remaining range)
NO measurement	0 to 3,000 ppm	±5 ppm (0 to 99 ppm) ±5% of mv (100 to 1,999 ppm) ±10% of mv (2,000 to 3,000 ppm)
NO_{low} measurement	0 to 300 ppm	±3 ppm (0 to 39.9 ppm) ±5% of mv (remaining range)
NO_2 measurement*	0 to 500 ppm	±10 ppm (0 to 199 ppm) ±5% of mv (remaining range)
SO_2 measurement*	0 to 5,000 ppm	±10 ppm (0 to 99 ppm) ±10% of mv (remaining range)
Temperature meas. Probe Type K (NiCr-Ni)	-40 to 2,192 °F	32.89 °F (32 to 210.2 °F) ±0.5 % of mv (remaining range)
Draft measurement	-0.58 to 0.58 psi	0.0004 psi (-0.043 to 0.043 hPa) ±1.5 % of mv (remaining range)
Differential pressure measurement	-2.9 to 2.9 psi	0.007 psi (-0.724 to 0.724 psi) ±1.5 % of mv (remaining range)
Absolute pressure measurement	8.7 to 16.68 psi	0.14 psi
Calculated parameters Efficiency Flue gas loss Flue gas dewpoint	 0 to 120 % 0 to 99.9 % 211.82 °F	
CO_2 measurement (calculation from O_2)	0 to CO_2 max.	±0.2 Vol. %

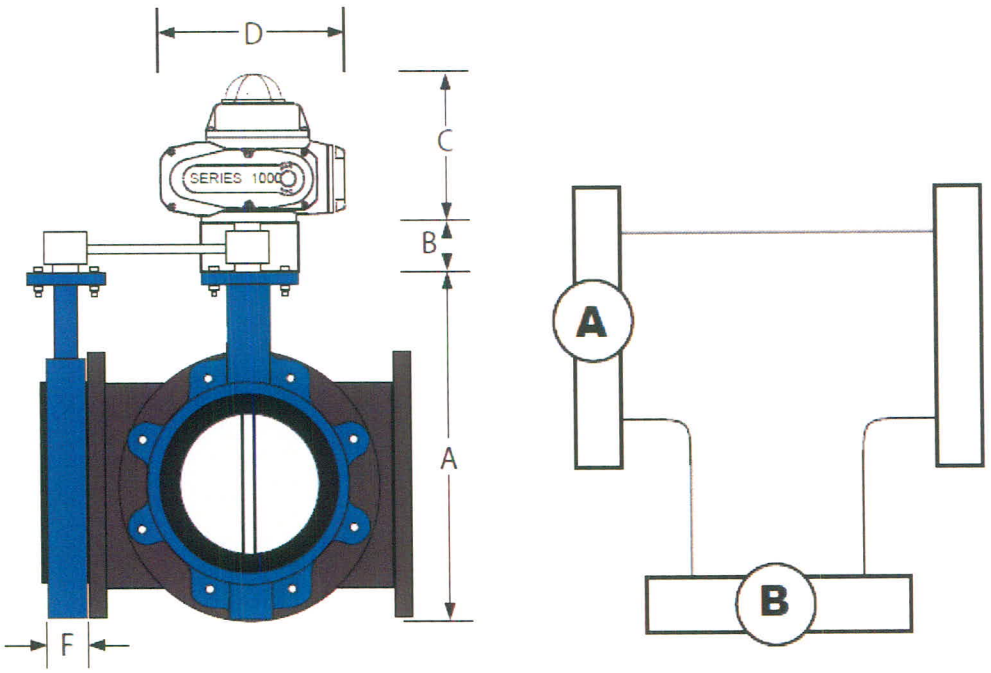
*To avoid drift, a maximum measurement duration of 2 hours should not be exceeded.

Measuring range extension		
Single dilution, factor 5 (standard)		
CO (H_2 compensated)	Meas. range Accuracy	700 ppm to 50,000 ppm ±10 % of mv (additional error)
CO_{low} (H_2 compensated)	Meas. range Accuracy Resolution	300 ppm to 2,500 ppm ±10 % of mv (additional error) 0.1 ppm
NO	Meas. range Accuracy	500 ppm to 15,000 ppm ±10 % of mv (additional error)
NO_{low}	Meas. range Accuracy Resolution	150 ppm to 1,500 ppm ±10 % of mv (additional error) 0.1 ppm
SO_2	Meas. range Accuracy	500 ppm to 25,000 ppm ±10 % of mv (additional error)
Dilution of all sensors, factor 2 (option, Part no. 0440 3350)		
O_2	With dilution over all sensors: Meas. range Accuracy Resolution	0 to 25 vol.% ±1 vol.% additional error (0 to 4.99 vol.%) ±0.5 vol.% additional error (5 to 25 vol.%) 0.01 vol.%
CO (H_2 compensated)	Meas. range Accuracy	700 ppm to 20,000 ppm ±10 % of mv (additional error)
CO_{low} (H_2 compensated)	Meas. range Accuracy	300 ppm to 1,000 ppm ±10 % of mv (additional error)
NO	Meas. range Accuracy	500 ppm to 6,000 ppm ±10 % of mv (additional error)
NO_{low}	Meas. range Accuracy	150 ppm to 600 ppm ±10 % of mv (additional error)
NO_2	Meas. range Accuracy	200 ppm to 1,000 ppm ±10 % of mv (additional error)
SO_2	Meas. range Accuracy	500 ppm to 10,000 ppm ±10 % of mv (additional error)

ภาพผนวกที่ 2 คุณลักษณะของเครื่อง Testo 340

ภาคผนวก ข การออกแบบระบบควบคุมวาล์วสามทางอัตโนมัติสำหรับหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาตรฐานแบบเปียกแบบระบบหมุนเวียนการบำบัด

การออกแบบระบบควบคุมวาล์วสามทางอัตโนมัติด้วยระบบไฟฟ้า สำหรับหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาตรฐานแบบเปียกแบบระบบหมุนเวียนการบำบัด ดังแสดงในภาพผนวกที่ 3 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



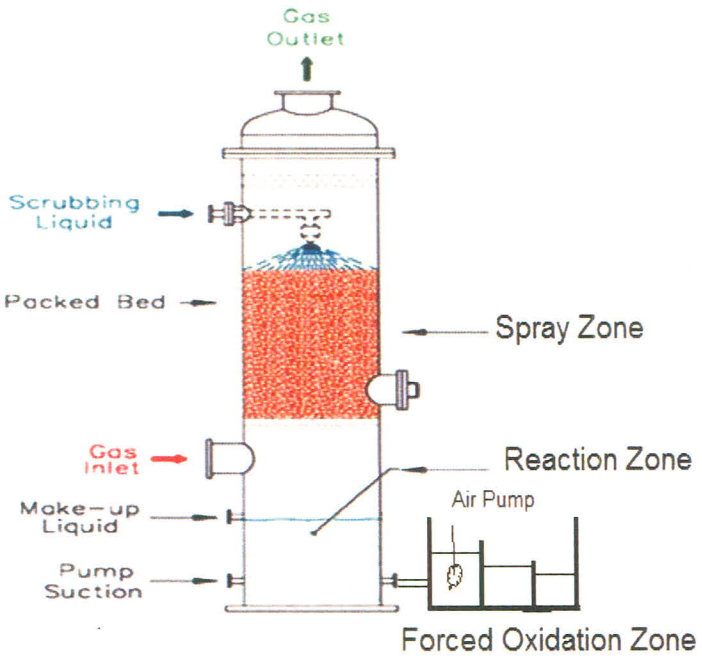
ขนาด (นิ้ว)	A	B	C	D	E	F
6 นิ้ว	13.5	2.0	5.5	8.0	8.0	2.0
8 นิ้ว	16.0	3.0	6.5	10.0	9.0	2.5

หมายเหตุ ภาพขวาเป็นระบบควบคุมทิศทางการไหล ขั้นตอนที่ 1 วาล์ว A เปิด วาล์ว B ปิด และขั้นตอนที่ 2 วาล์ว A ปิด วาล์ว B เปิด

ภาพผนวกที่ 3 ต้นแบบวาล์วสามทางอัตโนมัติ

ภาคผนวก ค ระบบการทำงานของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาตรฐานแบบเปียก แบบระบบหมุนเวียนการบำบัดด้วยสารละลายดูดซับระบบด่างคู่ (Double Alkali)

ระบบการทำงานของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาตรฐานแบบเปียกแบบระบบหมุนเวียนการบำบัดด้วยสารละลายดูดซับระบบด่างคู่ (Double Alkali) มีการทำงานดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 4 และปฏิกิริยาเคมีในส่วนต่างๆ ดังนี้



ภาพภาคผนวกที่ 4 ระบบการทำงานของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาตรฐานแบบเปียกแบบระบบหมุนเวียนการบำบัดด้วยสารละลายดูดซับระบบด่างคู่ (Double Alkali)

ปฏิกิริยาเคมีใน Spray Zone ประกอบด้วย

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ถังเตรียมน้ำโซดาไฟ

$$Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow 2NaOH_{(aq)} + CO_{2(g)}$$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่หอบำบัด

$$SO_{2(g)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{3(aq)} + H_2O_{(s)}$$

ปฏิกิริยาเคมีใน Reaction Zone ประกอบด้วย

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ถังเตรียมน้ำปูนใส

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + Heat$$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ถังส่วนล่าง

$$Ca(OH)_{2(aq)} + Na_2SO_{3(aq)} \longrightarrow CaSO_{3(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \quad \text{<Regeneration>}$$

ปฏิกิริยาเคมีใน Forced Oxidation Zone ประกอบด้วย

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ถังน้ำล้น

$$CaSO_{3(aq)} + 2H_2O_{(l)} + 0.5O_{2(g)} \longrightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O_{(s)} \quad \text{<Gypsum>}$$

ภาคผนวก ง การประชาสัมพันธ์งานวิจัย และเข้าดูงานหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาตรฐานแบบเปียกแบบระบบหมุนเวียนการบำบัด

การเข้าศึกษาดูงานหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาตรฐานแบบเปียกแบบระบบหมุนเวียนการบำบัด ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในวันศุกร์ที่ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2556 โดยทีมนักวิจัยจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัดสุแห่งชาติ (MTEC) ดังแสดงในภาพผนวกที่ 4 ถึง 7

ภาพผนวกที่ 5 การเข้าศึกษาดูงานหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาตรฐานแบบเปียกแบบระบบหมุนเวียนการบำบัด

ภาพผนวกที่ 6 การเข้าศึกษาดูงานหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาตรฐานแบบเปียกแบบระบบหมุนเวียนการบำบัด (ต่อ)

ภาพผนวกที่ 7 การเข้าศึกษาดูงานหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาตรฐาน แบบเปียกแบบระบบหมุนเวียนการบำบัด (ต่อ)

ภาพผนวกที่ 8 การเข้าศึกษาดูงานหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มาตรฐาน แบบเปียกแบบระบบหมุนเวียนการบำบัด (ต่อ)

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
ต้องการออกแบบและสร้างหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบเปียกที่เหมาะสมและสามารถนำมาใช้กับกระบวนการรมผลลำไยสดในเชิงอุตสาหกรรมขนาดกลางและเชิงการค้า	1. ทำการสำรวจข้อมูลขนาดของห้องรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตามสถานประกอบการที่รมลำไยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์	1. ทำการสำรวจข้อมูลขนาดของห้องรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสถานประกอบการเขตจังหวัดภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ ลำพูน และเชียงราย ที่รมลำไยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์	1.1 ทำการสำรวจขนาดของห้องรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มขนาด และหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้กันอยู่เป็นเปียก 1.2 ทำการออกแบบและคำนวณส่วนประกอบต่างๆ ของหอบำบัดและคำนวณต้นทุนการก่อสร้างดังตารางที่ 3
	2. การเขียนแบบและออกแบบส่วนประกอบหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบมาตรฐาน	2. ได้ต้นแบบหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาตรฐานแบบเปียกทั้งระบบไม่หมุนเวียนการบำบัดและหมุนเวียนการบำบัด	2.1 ทำการเขียนแบบหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาตรฐานแบบเปียก 2.2 ก่อสร้างหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาตรฐานแบบเปียกด้วยระบบหมุนเวียนการบำบัด 2.3 ทดสอบอัตราการไหลของก๊าซและอัตราการไหลของน้ำปูนใสพร้อมติดตั้งระบบตรวจวัดและควบคุมการทำการที่ระดับต่างๆได้ 2.3 ทดสอบหาค่าความดันตกคร่อมซึ่งที่ระดับอัตราการไหลของก๊าซและอัตราการไหลของน้ำปูนใสต่างๆ

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
	3.ทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาตรฐานแบบเปียกด้วยระบบไม่หมุนเวียนการบำบัด (แบบใช้งานปกติ)	3.1 ทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาตรฐานแบบเปียกด้วยระบบไม่หมุนเวียนการบำบัดที่ระดับอัตราการไหลของก๊าซและอัตราการไหลของน้ำปูนใสต่างๆ ด้วยการทดสอบและวิเคราะห์ผลทางสถิติ 3.2 ทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาตรฐานแบบเปียกด้วยระบบไม่หมุนเวียนการบำบัดด้วยสารละลายในการดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ชนิดต่างๆ ด้วยการทดสอบและวิเคราะห์ผลทางสถิติ	3.1 ได้สภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์คือที่ระดับอัตราการไหลของก๊าซเท่ากับ 165 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที และอัตราการไหลของน้ำปูนใสเท่ากับ 70 ลิตรต่อนาที ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพหอบำบัดเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 63.11% โดยใช้เวลาในการบำบัด 40 นาที 3.2 ได้สภาวะที่เหมาะสมของสารละลายที่ใช้ในการดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของหอบำบัดมาตรฐานแบบเปียกด้วยระบบหมุนเวียนการบำบัด คือการใช้สารละลายดูดซับระบบด่างคู่ สำหรับการวิเคราะห์ในเรื่องต้นทุนการใช้งานพบว่ายังไม่เหมาะสมในเชิงการค้าเนื่องจากมีต้นทุนสูงกว่าระบบสารละลายดูดซับเป็นน้ำปูนใส

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
	4. ทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาตรฐานแบบเปียกด้วยระบบหมุนเวียนการบำบัด (แบบพัฒนาใหม่)	4.1 ทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาตรฐานแบบเปียกด้วยระบบหมุนเวียนการบำบัดที่ระยะเวลาในการดูดเข้าหอบำบัดและที่ระยะเวลาในการหมุนซ้ำในหอบำบัดต่างๆ ด้วยการทดสอบและวิเคราะห์ผลทางสถิติ 4.2 ปรับปรุงการทำงานของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาตรฐานแบบเปียกด้วยระบบหมุนเวียนการบำบัดที่เพื่อลดระยะเวลาในการบำบัดลง ด้วยการเพิ่มอัตราการไหลของก๊าซให้สูงขึ้น และเปรียบเทียบผลที่แตกต่าง	4.1 ได้สภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาตรฐานแบบเปียกด้วยระบบหมุนเวียนการบำบัดที่ระยะเวลาในการดูดเข้าหอบำบัดเท่ากับ 1 นาที และที่ระยะเวลาในการหมุนซ้ำในหอบำบัดเท่ากับ 2 นาที ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพหอบำบัดเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 89.55% โดยใช้เวลาในการบำบัด 70 นาที ซึ่งมีค่าสูงกว่าระบบเดิมอยู่ 40% 4.2 ได้ผลการปรับปรุงการทำงานของหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาตรฐานแบบเปียกด้วยระบบหมุนเวียนการบำบัดที่เพื่อลดระยะเวลาในการบำบัดลงด้วยการเพิ่มอัตราการไหลของก๊าซเท่ากับ 272 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ซึ่งสามารถลดระยะเวลาลงได้ เกือบ 20% 4.3 ได้ผลเปรียบเทียบหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยระบบไม่หมุนเวียนการบำบัดและระบบหมุนเวียนการบำบัดดังแสดงในตารางที่ 46