

บทที่ 4

การสร้างแบบจำลองเตาเผา และขั้นตอนการประมวลผล

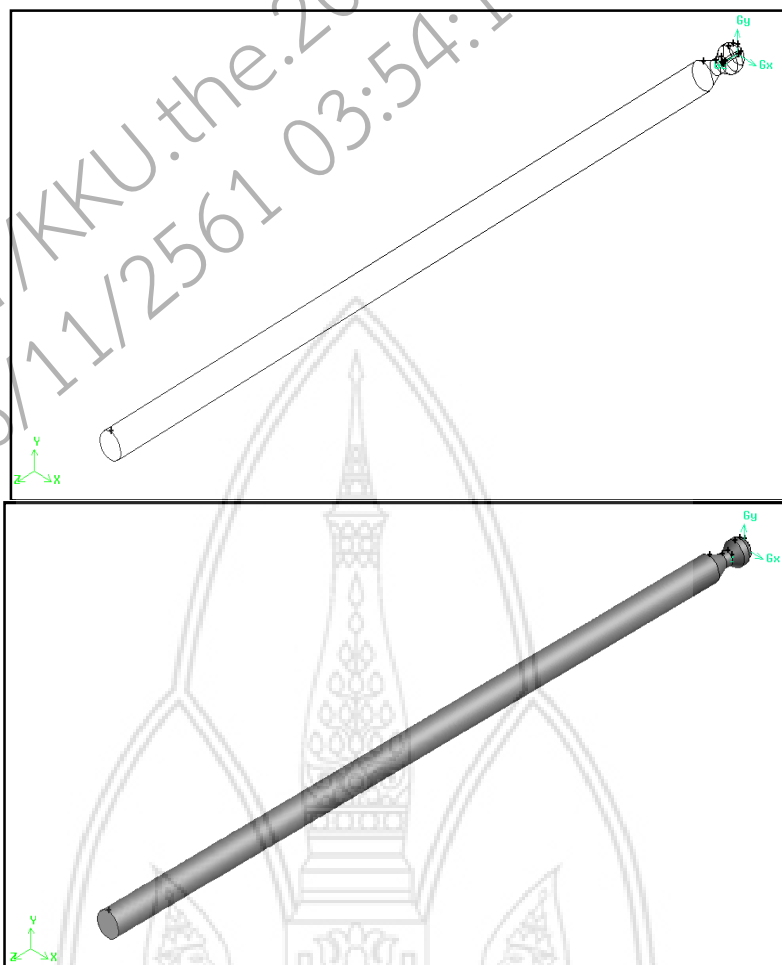
1. การสร้างแบบจำลองเตาเผาปูนขาว

1.1 ลักษณะทางกายภาพของเตาเผา

เตาเผาปูนขาว มีลักษณะเป็น Cylindrical brick-lined steel drum นั่นคือ มีลักษณะเป็นทรงกระบอก วางแนววางแนวนอน ทำมุมเอียง 1.8 องศา มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.8 เมตร และยาว 74 เมตร ฐานรองด้วยวงแหวน 3 วง บนส่วนที่เป็น Roller และ หมุนโดยมอเตอร์ที่ควบคุมความเร็วรอบได้ (Inverter speed controlled motor) 1.0 – 1.5 รอบ/นาที เพื่อป้องกันการเกิดกำลังการล้ม (Power failure) ของเตา จะหมุนอย่างช้าๆ โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลช่วย (aux diesel engine) ที่เดินเครื่องด้วย starter โดยใช้ระบบไฟฟ้า ลักษณะการทำงานคือ ปูนขาว และ ฟลูก้าซจะมีลักษณะไหลสวนทางกัน (Counter currently) ดังภาพที่ 2 (b) ในบทที่ 2 นั่นคือหัวฉีดให้ความร้อนจะอยู่ส่วนปลายสุดจะมีการปล่อยฟลูก้าซขณะที่ lime mud ถูกป้อนเข้ามา จะได้รับความร้อนจากฟลูก้าซเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้ถึงอุณหภูมิที่จะเกิดปฏิกิริยา

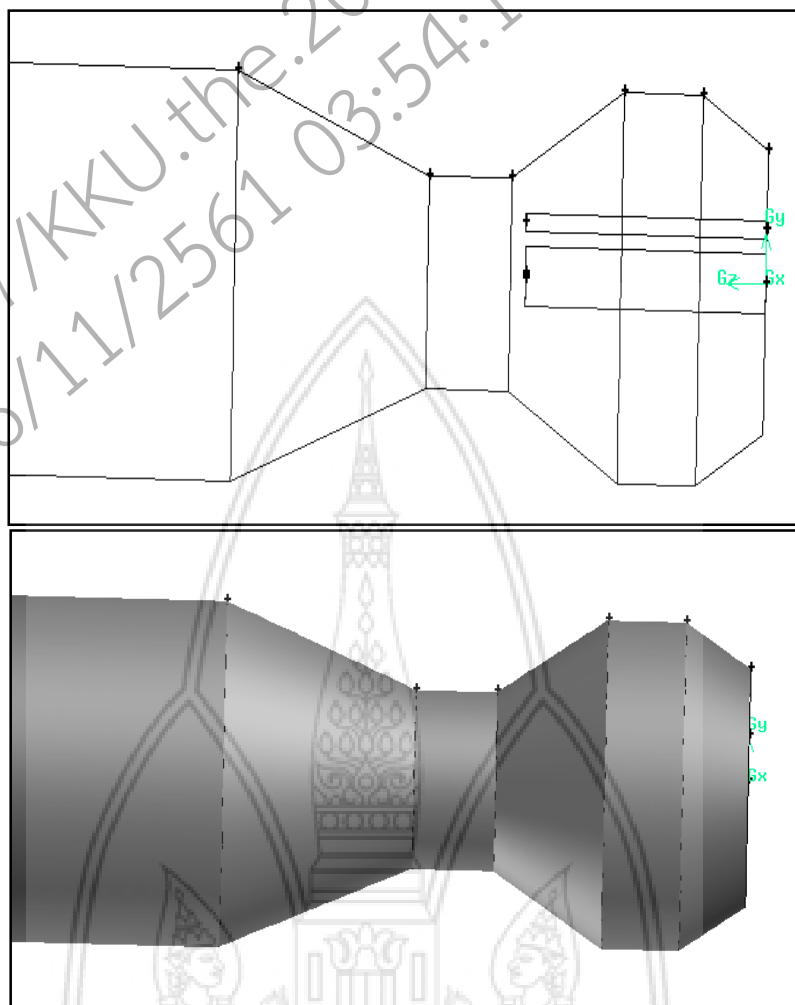
1.2 ลักษณะทางกายภาพของแบบจำลองเตาเผา

ในการสร้างแบบจำลองของเตาเผา จะสร้างจากลักษณะทางกายภาพของจริงแต่จะสร้างเฉพาะส่วนของห้องเผาไหม้ซึ่งเป็นช่องว่างของปริมาตรที่มีของไหลไหลภายในเตาเผา โดยในงานวิจัยนี้จะพิจารณาในส่วนที่ไม่มีผลิตภัณฑ์อยู่ในเตาเผา ซึ่งจะได้แบบจำลองดังภาพที่ 10 และภาพที่ 11 จากนั้นสร้างหัวเผาที่มีลักษณะการวางมุมที่แตกต่างกัน โดยจะทำการประมวลผลในสถานะสม่ำเสมอของอุณหภูมิและความดันเพื่อให้เห็นถึงลักษณะการกระจายความเร็วและอุณหภูมิและความดันที่เกิดขึ้น โดยจะทำการประมวลผลโดยให้ค่าตัวแปรเริ่มต้นได้แก่ อุณหภูมิและความดันเข้าที่หัวเผา โดยในการสร้างแบบจำลองจะสร้างจากโปรแกรม Gambit แล้วนำเข้าไปวิเคราะห์ผลในโปรแกรม Ansys Fluent



ภาพที่ 10 แบบจำลองเตาเผาปูนขาวตลอดความยาว

จากภาพที่ 10 แสดงถึงแบบจำลองเตาเผาปูนขาวที่ถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรม Gambit โดยจำลองมาจากเตาเผาปูนขาวที่ใช้ในโรงงาน โดยแสดงทั้ง โครงร่างและแบบ 3 มิติ โดยมีขนาด และความยาวเหมือนเตาเผาปูนขาวทุกสัดส่วน เพื่อต้องการให้ผลการศึกษามีความแม่นยำมากที่สุด

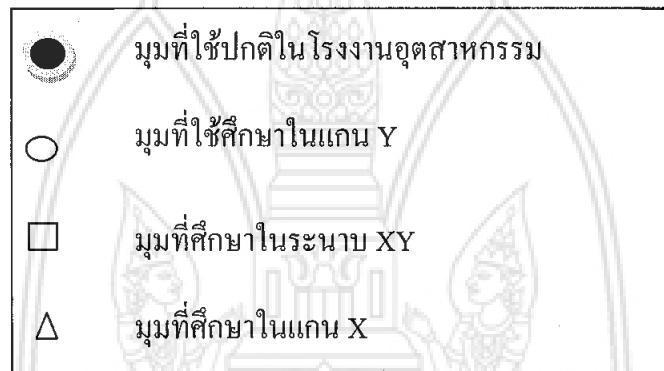
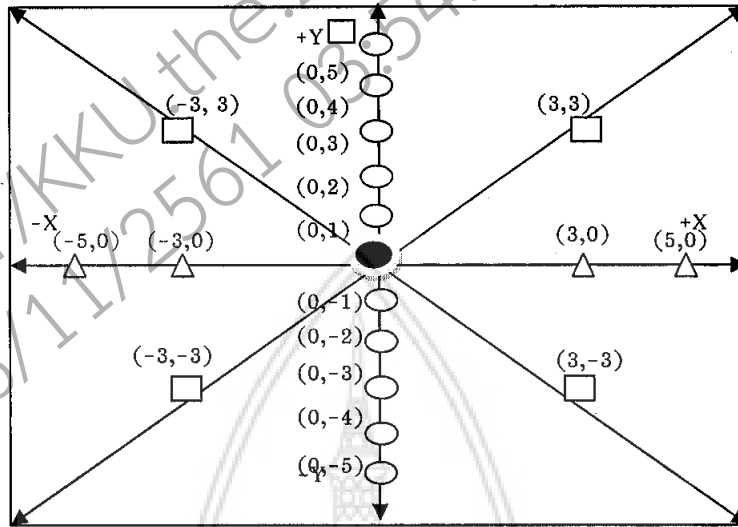


ภาพที่ 11 แบบจำลองเตาเผาปูนขาวแสดงแบบขยายในช่วงของการเผาไหม้

จากภาพที่ 11 จะแสดงให้เห็นถึงแบบจำลองที่เห็นหัวเผาได้เด่นชัดขึ้น เนื่องจากเตามีความยาวมาก จึงขยายเฉพาะส่วนให้เห็นถึงบริเวณหัวเผา ในแบบโครงสร้าง และมุมมองแบบตรงต้น

2. แบบจำลองเตาเผาปูนขาวที่มีลักษณะการวางมุมหัวเผาที่มุมต่างๆ

สำหรับการสร้างแบบจำลองที่มีลักษณะการวางมุมหัวเผาที่แตกต่างกัน โดยการสร้างจะเหมือนกับการสร้างแบบจำลองเตาเผาที่มีการใช้งานจริงตามปกตินั้นจะเปลี่ยนแค่ลักษณะการวางมุมดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ลักษณะการวางมุมหัวเผาที่ได้ทำการศึกษา

จากภาพที่ 12 จะสร้างแบบจำลองเตาเผาปูนขาวที่มีการวางมุมของหัวเผาที่มีการเปลี่ยนมุมทั้งแกน X แกน Y และในระนาบ XY ซึ่งในการเปลี่ยนพิกัดมุมในแนวแกน X,Y และในระนาบ XY นี้จะอธิบายโดยการยกตัวอย่าง เช่น มุมที่ใช้ในการศึกษาในแกน Y ที่พิกัด (0,1) คือ การปรับการวางมุมให้หัวเผาเอียงขึ้นในแนวแกน +Y 1 องศา และถ้าเป็นพิกัดในแนวแกน X เช่น (1,0) นั่นคือการวางมุมหัวเผาที่เอียงไปทางแกน +X เป็นมุม 1 องศา เป็นต้น โดยแบบจำลองที่สร้างและใช้ในการศึกษางานวิจัยนี้ ดังแสดงในตารางที่ 6

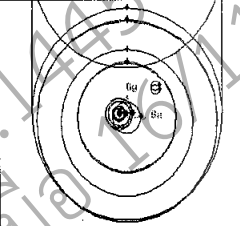
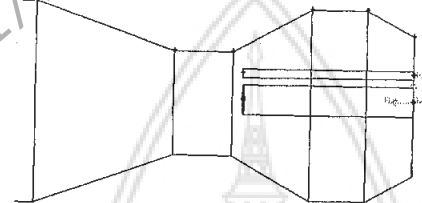
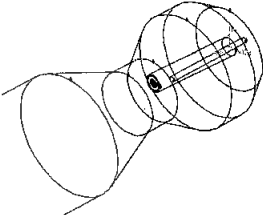
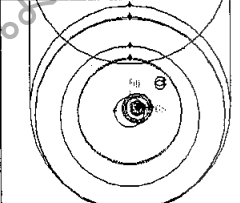
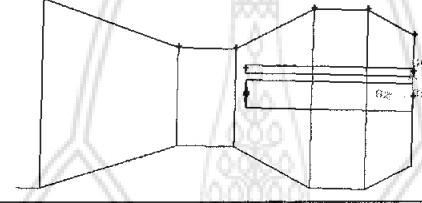
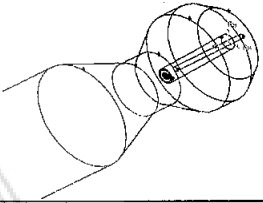
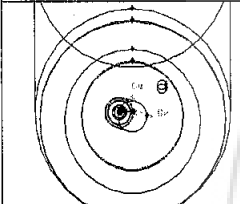
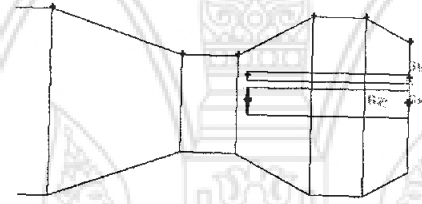
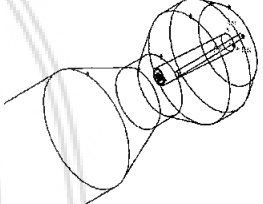
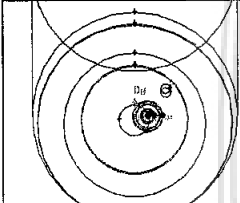
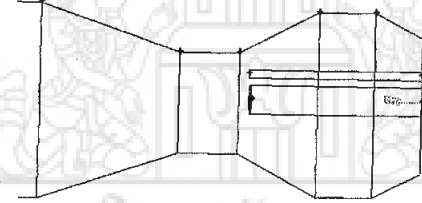
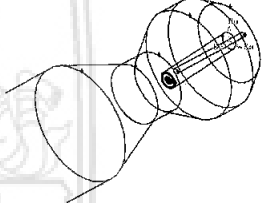
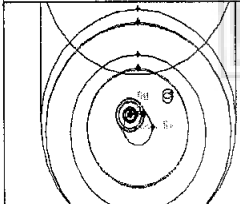
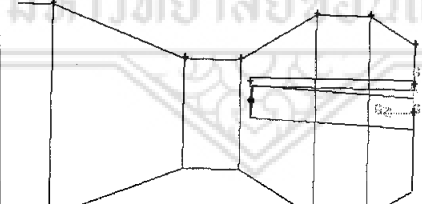
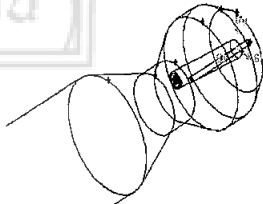
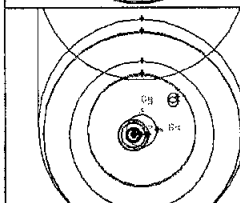
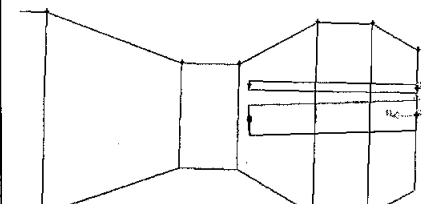
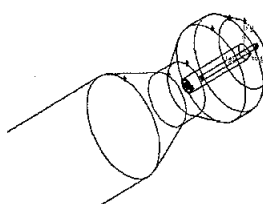
ตารางที่ 6 ลักษณะการวางมุมของหัวเผาที่พิกัดต่างๆ

ลักษณะแบบจำลองที่พิกัดต่างๆ			
ตัดแนวแกน Z	ตัดแนวแกน X	ตัดแนวแกน Y	พิกัด
			(0,1)
			(0,2)
			(0,3)
			(0,4)
			(0,5)
			(0,0)

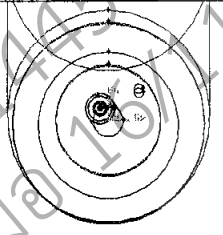
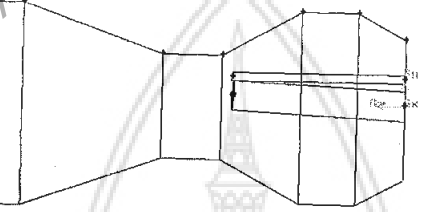
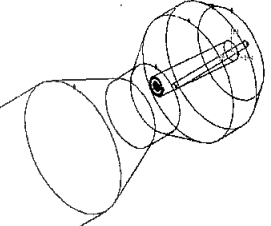
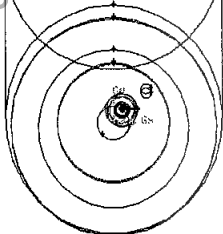
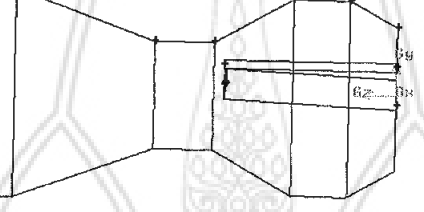
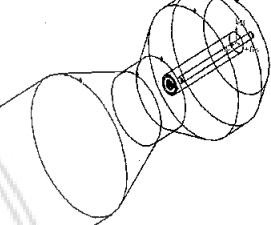
ตารางที่ 6 ลักษณะการวางมุมของหัวเสาที่พิกัดต่างๆ (ต่อ)

ลักษณะแบบจำลองที่พิกัดต่างๆ			
ตัดแนวแกน Z	ตัดแนวแกน X	ตัดแนวแกน Y	พิกัด
			(0,-1)
			(0,-2)
			(0,-3)
			(0,-4)
			(0,-5)

ตารางที่ 6 ลักษณะการวางมุมของหัวเสาที่พิกัดต่างๆ (ต่อ)

ลักษณะแบบจำลองที่พิกัดต่างๆ			
ตัดแนวแกน Z	ตัดแนวแกน X	ตัดแนวแกน Y	พิกัด
			(3,0)
			(-3,0)
			(5,0)
			(-5,0)
			(3,3)
			(-3,-3)

ตารางที่ 6 ลักษณะการวางมุมของหัวเผาที่พิกัดต่างๆ (ต่อ)

ลักษณะแบบจำลองที่พิกัดต่างๆ			
ตัดแนวแกน Z	ตัดแนวแกน X	ตัดแนวแกน Y	พิกัด
			(3,-3)
			(-3,3)

จากตารางที่ 6 แสดงถึงแบบจำลองที่วางหัวเผาตามพิกัดมุมที่ได้นำมาศึกษาในงานวิจัยทั้งหมด 19 กรณีศึกษาในพิกัดแนวแกน Y 10 กรณีศึกษาคือ เอียงขึ้น 1, 2, 3, 4, 5 องศาและเอียงลง -1,-2,-3,-4 องศาและ -5 องศาตามลำดับ และแนวแกน X 4 กรณีศึกษาคือ เอียงไปทางขวา 3, 5 องศาและทางซ้าย -3,-5 องศาตามลำดับ และ 5 กรณีสุดท้ายคือมีทั้งในพิกัดแกน (X,Y) และมุมปกติ (0,0) เป็นพิกัดมุมที่ใช้ในโรงงาน

3. การวิเคราะห์ทางไฟในตัวอย่างด้วยโปรแกรม ANSYS FLUENT

3.1 ค่าตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรม ANSYS FLUENT

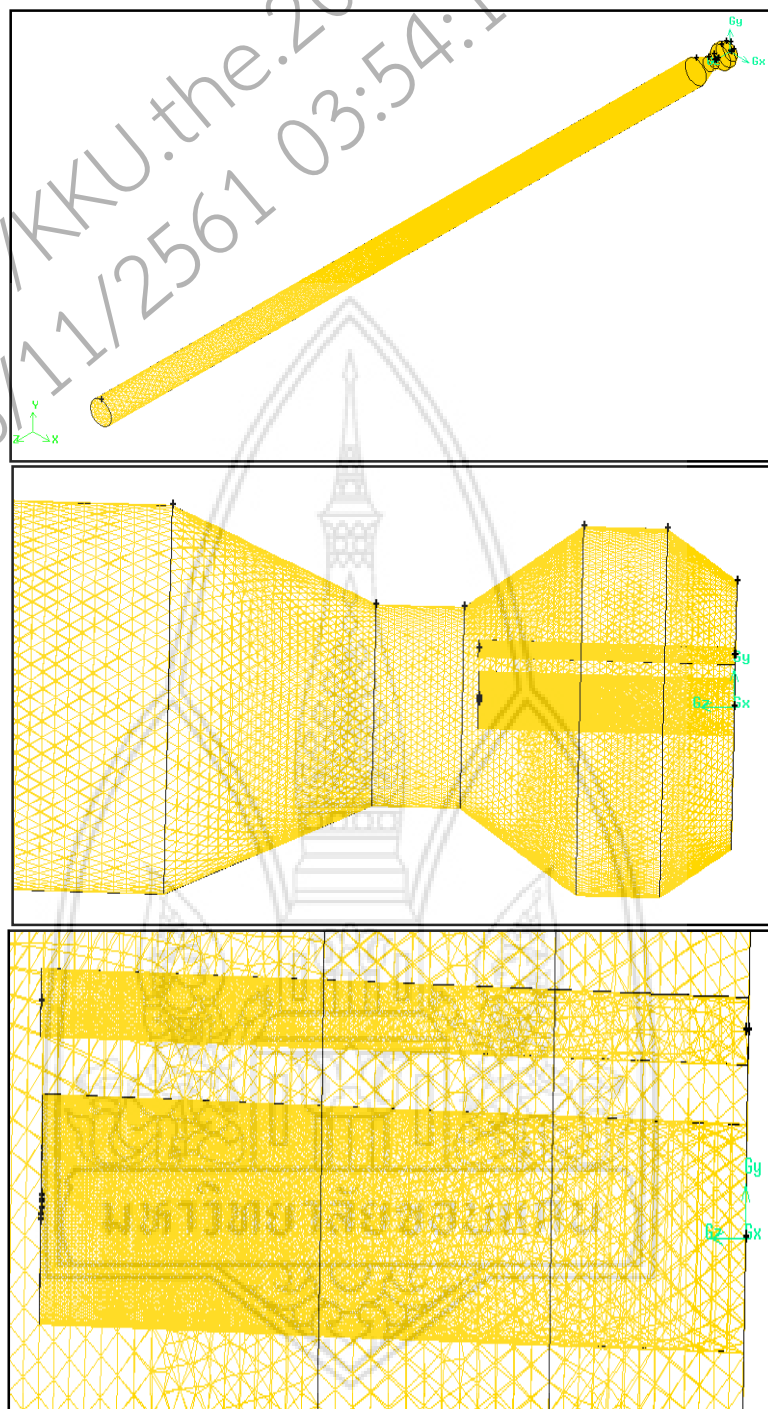
จากการวัดค่าอุณหภูมิอากาศที่ไหลผ่านทางเข้าและทางออกของเตาเผาจะนำมาเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ได้จากวิธีการทางไฟในตัวอย่างประมวลผลเพื่อหาการกระจายอุณหภูมิของการใช้งานเตาเผาที่มีการวางมุมปกติ และเมื่อเปรียบเทียบแล้วได้ผลลัพธ์ออกมาใกล้เคียงกันก็จะนำมาวิเคราะห์การกระจายอุณหภูมิสำหรับการวางมุมของหัวเผาในลักษณะต่างๆ เนื่องจากรายงานวิจัยในครั้งนี้จำลองจากสถานะจริงของเตาเผาแต่เป็นการจำลองจากสถานะที่ไม่ได้ใส่ปูนเข้ามาเผาเพราะต้องการศึกษาเพียงว่าลักษณะการวางมุมของหัวเผามุมใดที่จะมีผลทำให้เกิดการกระจายอุณหภูมิที่สูงกว่ามุมเดิมตามแนวความยาวของเตาเผา เพราะฉะนั้นในการกำหนดค่าตัวแปรที่ใช้จะใช้ค่าเดียวกันกับค่าที่ใช้ในสถานะการทำงานที่มีการวางมุมหัวเผาที่มุมปกติ

3.2 กระบวนการวิธีที่ใช้วิเคราะห์(Analysis Criteria)

สำหรับการแบ่งเอลิเมนต์ของเตาเผาปูนขาวจะใช้เอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยม (Tet/Hybrid) ชนิดทีกริด (TGrid) เพราะเหมาะสำหรับรูปร่างทรงกลมที่มีความโค้งมน ดังภาพที่ 13 โดยมีจำนวนเอลิเมนต์โดยเฉลี่ยประมาณ 490,000 เอลิเมนต์ ถ้ามีการแบ่งเอลิเมนต์มากกว่านี้ จะไม่สามารถประมวลผลได้เนื่องจากว่าความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลมีหน่วยความจำสำหรับการประมวลผลไม่เพียงพอ และจากการประมวลผลด้วยการแบ่งเอลิเมนต์ดังที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อนำไปใช้วิเคราะห์ผลในโปรแกรม Ansys Fluent ได้ผลวิเคราะห์ออกมา โดยให้ค่าการกระจายอุณหภูมิตลอดความยาวเตาเผาตรงกับค่าการกระจายอุณหภูมิของเตาเผาที่มีการทำงานที่สถานะจริง จึงได้ใช้วิธีการแบ่งเอลิเมนต์สำหรับทุกแบบจำลอง เช่นเดียวกันกับแบบจำลองทางกายภาพของเตาเผาที่มีสถานะการทำงานเช่นเดียวกับเตาเผาที่ใช้ปฏิบัติงานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม



10.14457/KKU.the.2010.383
เมื่อ 16/11/2561 03:54:10



ภาพที่ 13 ลักษณะของการแบ่งเอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยม

3.3 การกำหนดค่าในโปรแกรม

3.3.1 การกำหนดค่าที่สถานะอ้างอิง

งานวิจัยนี้มีการกำหนดค่าตัวแปรอ้างอิง เพื่อใช้เป็นค่าเบื้องต้น ในงานวิจัยนี้จะกำหนดค่าในโปรแกรมด้วยวิธีกราฟิก (Graphical User Interface, GUI) โดยสถานะอ้างอิงจะกำหนดดังนี้

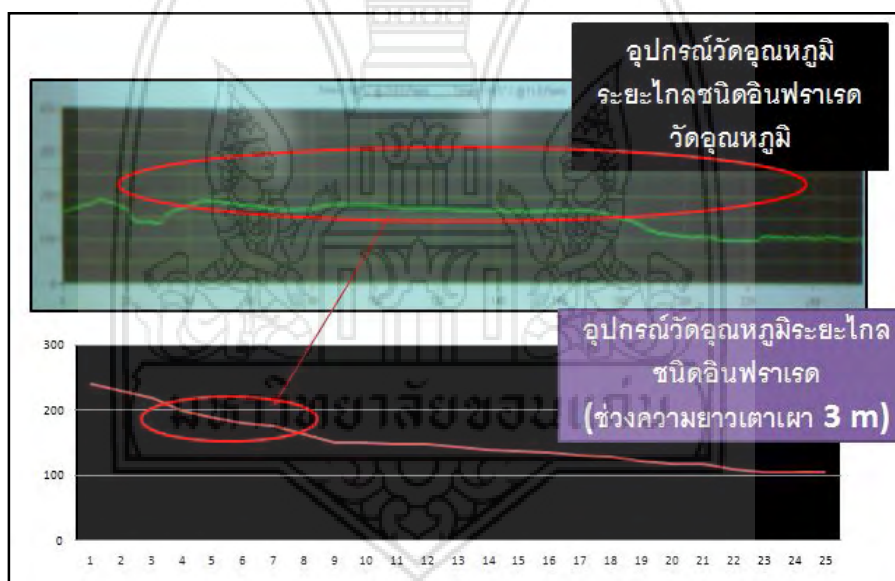
ตารางที่ 7 ค่าอ้างอิงที่ใช้กำหนดในการวิเคราะห์

Boundary condition	Value
1. หัวฉีดน้ำมัน	ความดัน 38000 kPa อุณหภูมิ 300 °C
2. หัวฉีด NCG	ความดัน 6700 kPa อุณหภูมิ 300 °C
3. STEAM	ความดัน 38000 kPa อุณหภูมิ 1060 °C
4. WALL	อุณหภูมิ 26 °C
5. เตาหมุน	ความเร็วรอบ 1.05 rpm

โดยจากตารางที่ 7 เป็นค่าที่จะกำหนดเป็นค่าเริ่มต้นของแบบจำลอง โดยค่าเหล่านี้จะได้จากการเก็บข้อมูลในโรงงาน แต่ในการกำหนดค่าไม่ได้กำหนดค่าคุณสมบัติของผนังเตาเผาปูนขาว เพราะในการกำหนดคุณสมบัติของผนังเตาจะทำให้การประมวลผลในโปรแกรมทำงานมากกว่าปกติ และสำหรับข้อจำกัดของแบบจำลองคือ ไม่คิดการสูญเสียความร้อน โดยผลิตภัณฑ์ปูนขาวที่นำมาเผาเนื่องจากในการสร้าง และวิเคราะห์แบบจำลองมีรูปแบบที่ซับซ้อน และ ยุ่งยากและในงานวิจัยนี้สนใจเฉพาะลักษณะของการวางมุมหัวเผาที่จะมีผลต่อการกระจายอุณหภูมิที่จะทำให้ อุณหภูมิภายในเตามีค่ามากที่สุด และดูจากลักษณะของเปลวไฟที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ปูนขาวในเตาเผาปูนขาว

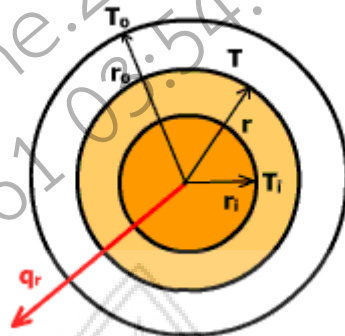
4. ค่าการกระจายอุณหภูมิของเตาเผาปูนขาว

สำหรับค่าการกระจายอุณหภูมิของเตาเผาปูนขาวที่ใช้ในโรงงานนั้น จะวัดจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิระยะไกลชนิดอินฟราเรด และอุปกรณ์ที่ใช้วัดภายในเตาคือ เทอร์โมคัปเปิลที่ติดตั้งไว้ทั้งหมด 2 จุด โดยจุดแรกจะติดตั้งที่บริเวณหัวเผา และอีกด้านหนึ่งจะติดตั้งที่บริเวณทางออกของปลุก๊าซโดยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิระยะไกลจะใช้สำหรับวัดการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาปูนขาวเฉพาะบริเวณ Burning zone ซึ่งเป็นช่วงของการเผาไหม้เพื่อพิจารณาในกรณีที่อุณหภูมิมีความสูงมากกว่าปกติจะทราบว่าเกิดการเสียหายหรือหลุ่ร่อนของอิฐทนไฟภายในเตา ดังนั้น เราจะทราบค่าการกระจายอุณหภูมิเฉพาะช่วง Burning zone รวมทั้งทางเข้า และทางออกของเตาเผาปูนขาว ดังนั้น ในการหาค่าการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาปูนขาวตลอดทั้งแนวความยาวเตาเผาจึงได้มีการใช้อุปกรณ์วัดระยะไกลแบบมือถือวัดบริเวณผิวของเตาโดยจะแบ่งเป็นช่วงละ 3 เมตร และเตามีความยาวทั้งหมด 70 เมตร ดังนั้นจึงมีทั้งหมด 25 ช่วง จากนั้นนำไปเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเตาเผากับบริเวณ Burning zone เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งในโรงงานกับการอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบมือถือจะพบว่ามีค่าอุณหภูมิผิวเตาใกล้เคียงกันดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิในโรงงานกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบมือถือ

จากนั้นจะใช้วิธีการหาค่าการกระจายอุณหภูมิภายในเตาด้วยวิธีการถ่ายเทความร้อน โดยเราทราบเฉพาะสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่านั้น ดังนั้นจึงพิจารณาจากการนำความร้อนบริเวณผิวเตาดังแสดงใน ภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แสดงวิธีหาค่าการนำความร้อนของวัตถุทรงกระบอก

จากภาพที่ 15 สมการการนำความร้อนคือ

$$q_r = \frac{2\pi L(T_i - T_o)}{\ln \frac{r_o}{r_i}} \quad (35)$$

q_r = ค่าการนำความร้อน	W
L = ความยาวเตาเผา	m
T_i = อุณหภูมิภายในเตา	°C
T_o = อุณหภูมิผิวเตา	°C
r_o = รัศมีภายนอกเตา	m.
r_i = รัศมีภายในเตา	m.

โดยนำค่าการกระจายอุณหภูมิบริเวณผิวของเตาเผาปูนขาวที่ได้จากการใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิระยะไกลแบบมือถือมาหาค่าการกระจายอุณหภูมิภายในเตา