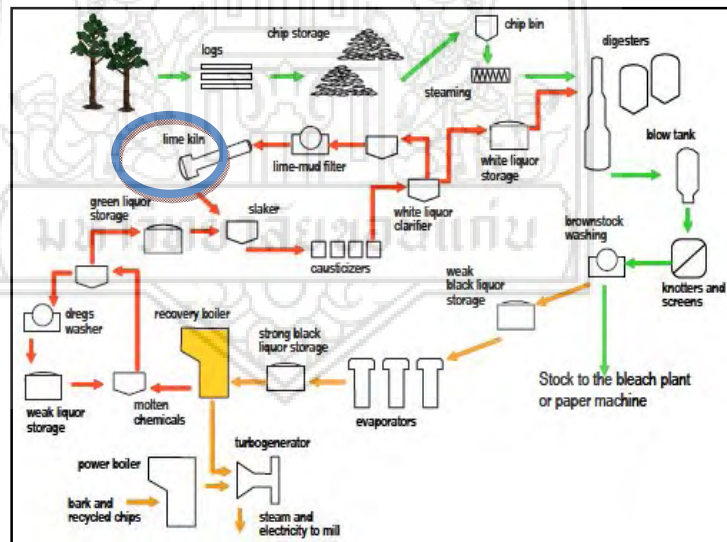


บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การศึกษาการทำงานของเตาเผาปูนขาว

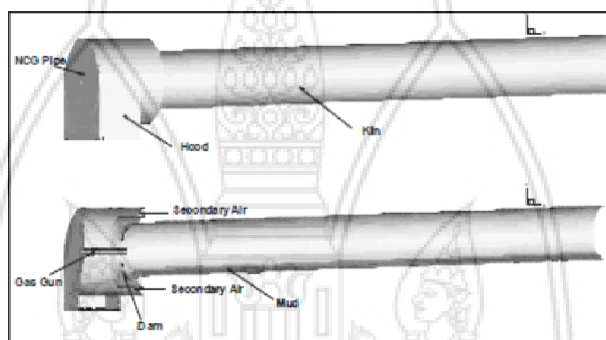
เตาเผาปูนขาว (Rotary lime kiln) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการเกิดปฏิกิริยาในการเปลี่ยนแคลเซียมคาร์บอเนตให้เป็นปูนขาว หรือแคลเซียมออกไซด์ นั่นคือการผลิตปูนขาว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการที่ใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษในโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษ ซึ่งในส่วนนี้ของกระบวนการนี้จะผลิตของเหลวขาว (White liquor) จากของเหลวเขียว (Green liquor) โดยการเติมปูนขาว และผลิตปูนขาวเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ดังภาพที่ 1 แสดงถึงกระบวนการการผลิตเยื่อกระดาษ โดยเตาเผาปูนขาวนี้จะทำหน้าที่ผลิตปูนขาวโดยปฏิกิริยานี้จะเรียกว่ารีเบิร์นนิ่ง (Reburning) เนื่องจากว่าปฏิกิริยานี้ต้องการความร้อนมาก และจะเกิดที่อุณหภูมิสูงกว่า 850 องศาเซลเซียส อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเพื่อรักษาอัตราการเกิดปฏิกิริยานี้ให้เพียงพอควรจะต้องควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 1100 องศาเซลเซียส โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเตาเผาปูนขาวแสดงได้ดังนี้ $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2$



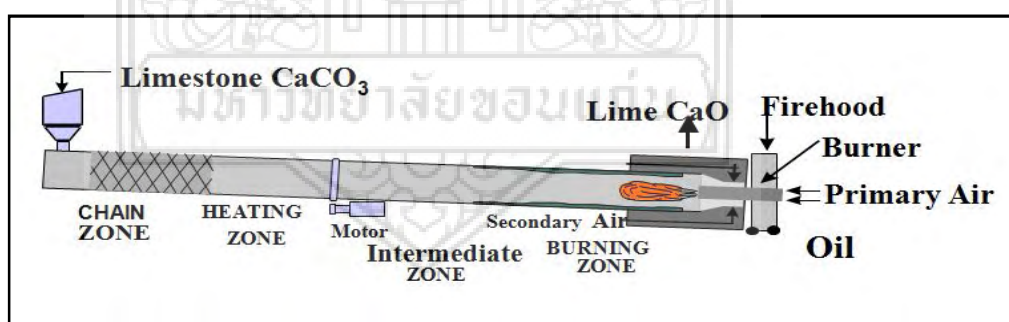
ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ [1]

1.1 เตาเผาปูนขาว

มีลักษณะเป็น Cylindrical brick-lined steel drum นั่นคือ มีลักษณะเป็นทรงกระบอกวงแหวนอนทำมุมเอียง 1.8 องศา ดังภาพที่ 2 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.8 เมตร และยาว 74 เมตร ฐานรองด้วยวงแหวน 3 วง บนส่วนที่เป็น Roller และหมุนโดยมอเตอร์ที่ควบคุมความเร็วรอบได้ (Inverter speed controlled motor) 1.0 – 1.5 รอบ/นาที เพื่อป้องกันการเกิดกำลังการล้า (Power failure) เตาจะหมุนอย่างช้าๆ โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลช่วย (Aux diesel engine) ที่เดินเครื่องด้วยสแตเตอร์ (Starter) จะใช้ระบบไฟฟ้า ลักษณะการทำงานคือ ปูนขาวและฟลูก๊าส (Flue gas) จะมีลักษณะไหลสวนทางกัน (Counter currently) ดังภาพที่ 2 (b) นั่นคือหัวฉีดให้ความร้อนจะอยู่ส่วนปลายสุดทางด้านขวามือจะมีการปล่อยฟลูก๊าสออกมา ขณะที่ปูนเปียก (Lime mud) ถูกป้อนเข้ามาทางด้านซ้ายมือ จะได้รับความร้อนจากฟลูก๊าสเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้ถึงอุณหภูมิที่จะเกิดปฏิกิริยา



(a) ลักษณะภายนอกเตาเผาปูนขาว [2]



(b) ลักษณะภายในเตาเผาปูนขาว

ภาพที่ 2 ลักษณะของเตาเผาปูนขาวทั่วไป

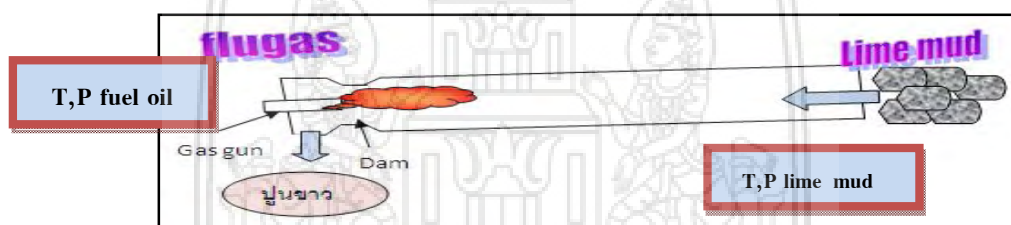
เตาเผาปูนขาวจะใช้เวลาในการเผาไหม้ประมาณ 4 - 5 ชั่วโมง ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของการหมุน (Rotation speed) โดยปกติความสามารถในการผลิตปูนขาวจะอยู่ที่ 120 ตันต่อวัน ซึ่งมีอัตราการป้อนปูนเปียก 6.1 ลิตร/วินาที



ภาพที่ 3 เตาเผาปูนขาวแบ่งเป็น 4 ส่วน

เตาเผาปูนขาวโดยหลักจะแบ่งเป็น 4 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 3

1. Burning zone (Reaction zone): แคลเซียมคาร์บอเนตจะเปลี่ยนเป็นแคลเซียมออกไซด์
 2. Intermediate zone : ปูนได้รับความร้อนจนกระทั่งถึงอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยา
 3. Heating zone : ปูนได้รับความร้อนสะสมก่อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยา
 4. Chain zone : เป็นส่วนที่น้ำระเหยออกจากปูนขาว
- โดยจะมีการวัดอุณหภูมิและความดันรวมทั้งมีการบันทึกข้อมูลโดยจะมีการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ทางเข้าของ Lime mud และ ที่ทางปล่อย Flugas ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความดันที่เตาเผาปูนขาว

สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ใน 3 ส่วนแรกจะได้รับความความร้อนจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง และมีการนำก๊าซที่เผาไหม้ไม่หมด (Non-condensable stripping gases) มาช่วยในการเผาไหม้ ปูนขาวที่ได้จากการเผาไหม้จะมีอุณหภูมิสูงและถูกทำให้เย็นใน Satellite cooler ดังภาพที่ 5 โดยส่วนที่ปล่อยความร้อนจากปูนขาวจะถูกนำไปอุ่นอากาศเพื่อป้อนกลับเข้าไปเป็นอากาศที่จะใช้ในสันดาปเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ ปริมาณน้ำมันที่ใช้ประมาณ 800 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 19.2 ตันต่อวัน จะผลิตปูนขาวได้ 120 ตันต่อวัน

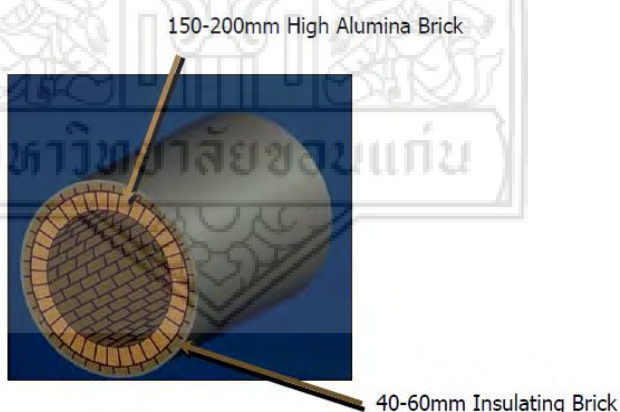


ภาพที่ 5 บริเวณ Satellite cooler

หลังจากแยก Lime mud ออกจากของเหลวจะได้ปูนขาวที่มีรูพรุนเนื้อละเอียด (Homogenous and porous) ค่า Activity ของปูนขาวจะแปรผันโดยตรงกับความเป็นรูพรุน และพื้นที่ผิวของอนุภาคปูนขาวซึ่งมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิหนึ่งหลังจากนั้นค่านี้จะลดต่ำลง ฉะนั้นการทำงานของเตาเผาถ้าเป็นไปอย่างถูกต้องก็จะทำให้ได้ผลผลิตที่คงที่ ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป การเปลี่ยนโครงสร้างผลึกของปูนขาวจะมีผลทำให้ปูนขาวที่ได้เผาไหม้มากเกินไป (Over burn lime)

1.2 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ทำเตาเผา

ภายในเตาเผาจะก่อด้วยอิฐทนไฟ (High Alumina Brick) ฉาบด้วยฉนวนภายนอก (Insulating Brick) โดยมีความหนาของอิฐ 150-200 mm และความหนาของฉนวน 40-60 mm ดังภาพที่ 6

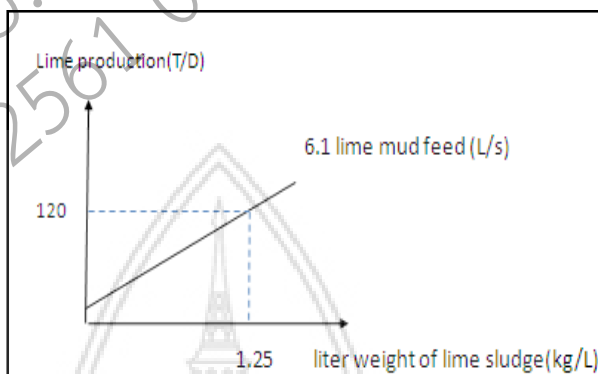


ภาพที่ 6 แสดงถึงวัสดุที่ใช้สร้างเตาเผาปูนขาว [1]

1.2.1 คุณสมบัติของปูนเป็ยก

ปูนเป็ยกที่มีการป้อนเข้ามานั้นต้องมี % dry solid คงที่โดยตลอด นั่นคือมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน มีความชื้น และ Soluble alkali คงที่ Na_2O ประมาณ 0.1 - 0.3 %

เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด โดยที่ 32 % Dry solid จะมีค่าน้ำหนัก 1.250 kg/L ซึ่งค่านี้จะสามารถนำไปกำหนดอัตราการป้อนปูนเปลือก ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟความสัมพันธ์แสดงอัตราการป้อน Lime mud feed

1.2.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้คือ น้ำมันเตาประมาณ 800 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 19.2 ตันต่อวัน จะผลิตปูนขาวได้ 120 ตันต่อวัน โดยทั่วไปอุณหภูมิของปูนขาวประมาณ 1100 องศาเซลเซียส โดยมีคุณสมบัติดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันที่ใช้สำหรับเตาเผาปูนขาว

| Heavy fuel oil | Value |
|---------------------------|-----------------------------|
| Gross calorific value | 10219 kcal/kg, 42.785 MJ/kg |
| Lower heating value (LHV) | 40.33 MJ/kg |
| Specific gravity @ 15 °C | 0.98 |
| Viscosity @ 50 °C | 135 cSt |
| Sediment | 0.15% |
| Pour point | 24 |
| Flash point | 64 |

นอกจากนี้ ยังมีการนำก๊าซซึ่งยังไม่ควบแน่น (Non-condensable gas , NCG) นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงช่วยในการเผาไหม้อีกด้วยโดย NCG จะออกแบบเพื่อลดมลพิษที่จะปล่อยสู่บรรยากาศโดยเฉพาะก๊าซซัลเฟอร์ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์, เมธิลเมอแคบเทน, ไคเมธิลซัลไฟด์ และไคเมธิลไคซัลไฟด์

1.2.3 อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้

อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เป็นอากาศช่วงแรกที่เข้ามาพร้อมกับหัวฉีด โดยมีคุณสมบัติดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้

| Combustion Air | °C |
|---|----|
| Air temperature at the suction duct inlet | |
| - for performance test | 30 |
| - maximum | 45 |
| Reference temperature for heat balance | 25 |

1.3 หัวเผา Lime Kiln

หัวฉีดที่ใช้จะออกแบบเพื่อใช้สำหรับการเผาไหม้ทั้งแบบก๊าซธรรมชาติ และน้ำมัน ในการเผาไหม้โดยใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง สิ่งสำคัญคือการฉีดกระจายน้ำมันให้เป็นฝอย (Oil atomizing) และการผสมกันระหว่างน้ำมันกับอากาศ หัวฉีดจะติดตั้งที่ส่วนของปลายเตา และสามารถปรับได้ตามสภาวะที่เหมาะสมเพื่อป้องกันความร้อนของหัวฉีด โดยเปลวไฟที่ได้ควรจะแคบเพื่อไม่ให้เกิดผลเสียต่อผนัง

1.4 โครงสร้างของหัวฉีด

1.4.1 หัวฉีดน้ำมัน (Oil burner) น้ำมันที่ได้จะไหลเข้าทางปากท่อจนถึงปลายสุดของหัวฉีดที่เป็นจุดที่น้ำมันถูกฉีดกระจายออกโดยความดันของไอน้ำที่ไหลเข้าท่อจากด้านนอก โดยหัวฉีดน้ำมันจะเป็นแบบ Hemispherical และมีรูขนาดต่างๆ โดยไอน้ำที่ไหลออกมาจะเกิดการจุดประกายทันทีที่ออกจาก Nozzle ความหนืดของน้ำมันที่ Nozzle ประมาณ 20 ตารางมิลลิเมตรต่อวินาทีสำหรับการฉีดกระจายที่ถูกต้อง

1.4.2 หัวฉีดก๊าซธรรมชาติ (Natural gas burner) เมื่อมีการใช้หัวฉีดก๊าซธรรมชาติท่อของหัวฉีดน้ำมันจะเคลื่อนที่ไปด้านหลังของ Burner frame ดังนั้นหัวฉีดจะกำบังอยู่ในขอบของ Burner เพื่อป้องกันการอุดตันของ Oil nozzle และเมื่อไม่ใช่ Natural gas อากาศช่วงแรกจะถูกปล่อยเข้ามาเพื่อทำให้หัวฉีดเย็นลง

1.4.3 อากาศช่วงแรก (Primary air) อากาศช่วงแรกประมาณ 10-15% ของปริมาณอากาศที่ใช้ทั้งหมด ภายในหัวฉีดจะมีอากาศส่วนนี้ไหลผ่านบริเวณ Outer most pipe เพื่อให้หัวฉีดเย็นลงโดยอากาศนี้จะแบ่งเป็น Axial และ Radial air โดย Damper ที่ปลายสุดของหัวฉีด (End of burner) Axial air จะอยู่ถัดจาก Natural gas duct ส่วน Radial air จะอยู่ข้างนอกสุด อัตราส่วนระหว่าง Axial air และ Radial air ถูกปรับโดยสกรูที่ Damper ปลายอีกด้านของหัวฉีด (Tip of burner) มี Guide wings ทำมุม 45 องศา กับแกนกลางของหัวฉีดซึ่งทำให้ Radial air เกิดการไหลแบบปั่นป่วน ในการเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติที่นั่นก๊าซ และอากาศจะผสมกันทันทีที่ปลายสุดของหัวอากาศส่วนมากจะเป็น Radial air ทำให้แน่ใจได้ว่าการผสมกันของเชื้อเพลิง และอากาศจะสมบูรณ์ ความยาวของเปลวไฟถูกปรับโดยอัตราส่วนของ Radial air ซึ่งโดยปกติในการเผาไหม้ของน้ำมัน สัดส่วนของ Axial air เป็นศูนย์ และสำหรับการเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติจะใช้ Axial air เล็กน้อยเท่านั้น

2. ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาเกี่ยวกับเตาเผาปูนขาวในปี 2001 [1-3] เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสาเหตุที่เกิดขึ้นของ Sludge ที่เกาะบริเวณผนังเตาเผาปูนขาวโดยเตาเผาปูนขาวเมื่อมีการเผาปูนจะก่อให้เกิดการก่อตัวของปูนเป็นก้อนติดบริเวณผนังทำให้ ปูนที่ป้อนเข้ามาไม่สามารถสัมผัสความร้อน ได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นผลเนื่องมาจากปูนที่เกาะอยู่ผนังมีการสัมผัสความร้อน และยังคงไม่ให้ปูนที่ถูกป้อนเข้ามาไหลเข้ามาข้างขึ้น จึงมีการศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิด sludge และศึกษาหาแนวทางการแก้ไขทั้งหมด 4 ปัจจัย คือปัจจัยแรก เป็นการศึกษาผลจากปริมาณปูนขาวต่อวัน คือ 125, 150, 200, 250, 300, 350 และ 400 ตัน/วัน ตามลำดับ โดยให้จำนวนปูนที่ถูกป้อน, เปอร์เซ็นต์อากาศเกิน และปริมาณคาร์บอนเดียมที่เติมทั้งหมดมีค่าคงที่ โดยอิงปริมาณปูนที่ต้องการแต่ละวันมีมาก ปูนที่เกาะบริเวณผนังก็มีการเกาะติดบริเวณผนังมากขึ้นด้วย จากนั้นจึงทำการศึกษาปริมาณอากาศเกินที่ค่าต่างๆคือ 5%, 10%, 20%, 30% และ 40% อากาศเกิน โดยให้ปริมาณปูนที่ต้องการต่อวันมีค่าคงที่เท่ากับ 300 ตัน/วัน พบว่าเมื่ออากาศเกินมีค่า 10 % ทำให้มีการก่อตัวของเตาเผาปูนขาวน้อยลง และเมื่อเพิ่มอากาศเกินมากขึ้น การก่อตัวของปูนบริเวณผนังมีค่าคงที่ จึงเลือกใช้ปริมาณอากาศเกิน 10 % และปัจจัยต่อมาคือการเลือกปริมาณร้อยละของปูนที่ถูกป้อนเข้ามา คือร้อยละ 60, 70, 80

และ 90 ของปูนที่ถูกป้อนเข้ามา โดยปริมาณปูนที่ป้อนเข้ามาไม่ว่าจะร้อยละเท่าไรก็ตามแต่ปูนที่เกาะบริเวณผนังจะมีค่าคงที่ตลอดความยาวเตาเผา จึงเลือกร้อยละ 90 ของปูนที่ป้อนเข้ามา เพราะว่า มีค่ามากแต่การเกาะผนังมีค่าเท่าเดิม ปัจจัยสุดท้ายที่ศึกษาคืออัตราการเผาไหม้ที่มีค่าต่าง ๆ กัน ดังนี้ 1,461, 1,436, 1,419, 1,344, 1,147 และ 1,059 ft^3/min โดยอัตราการเผาไหม้ที่ 1,059 ft^3/min มีการก่อตัวบริเวณผนังมากที่สุด และโดยอัตราการเผาไหม้ที่ 1,461 ft^3/min มีการก่อตัวของปูนบริเวณผนังน้อยที่สุด จากผลที่ได้ปัจจัยที่มีผลต่อการก่อตัวของปูนมากที่สุดคือความต้องการของผลิตภัณฑ์ปูนขาวที่ได้ ยังมีความต้องการมาก การก่อตัวก็จะยิ่งมากขึ้น รองลงมาคืออัตราการเผาไหม้ ถ้ามีอัตราการเผาไหม้น้อยก็จะทำให้มีการก่อตัวของปูนขาวมากขึ้น และเปอร์เซ็นต์อากาศเกินมีผลน้อย และมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณปูนที่มีการป้อนเข้ามา ฉะนั้นในการศึกษางานวิจัยยังไม่ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อรูปร่างของเปลวไฟ [4-6] มีการทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เชื้อเพลิงที่มีหลายชนิดในเตาเผาปูนขาว และจากการใช้วิธี CFD หาค่าตำแหน่งหัวเผาและการวางมุมของท่อที่ปล่อยก๊าซซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ทำให้ได้มองเห็นรูปร่างเปลวไฟเป็นไปตามที่คาดหวัง นั่นคือเปลวไฟที่สามารถนำความร้อนจากเชื้อเพลิงมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และได้ปูนที่มีคุณภาพ โดยจะใช้น้ำมันเตาและน้ำมันสนเป็นพื้นฐาน และมีการนำก๊าซที่ควบคุมไม่หมดกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งน้ำมันเตาจะถูกใช้ด้วย อัตรา 3 MBtu / hr และรวมเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ใช้ในเตาโดยรวมทั้งน้ำมันสน SOG และ NCG จะมีอัตราทั้งหมด 65 MBtu / hr ซึ่งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจะอยู่ประมาณ 77 – 100 % นอกนั้นจะเพิ่มอัตราส่วนอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ประมาณ 15% ไหลผ่านตลอดหัวเผานั้นคือเป็นอากาศส่วนแรก ส่วนอากาศส่วนที่สองจะเป็นอากาศเกินที่ผ่านตลอด บริเวณที่ทำให้ปูนเย็นตัวลง (Planetary cooler) โดยอากาศที่ได้จะถูกถ่ายเทความร้อนจากปูนทำให้อากาศถูกอุณหภูมิโดยประมาณเท่ากับ 600 องศาฟาเรนไฮด์ โดยโมเดลที่ใช้จะมีการถ่ายเทรังสีความร้อน และเลือกใช้โมเดลความปั่นป่วนเป็นแบบ standard $k-\epsilon$ เป็นการจำลองเตาเผาปูนที่ใช้ในบริษัท Eastern Québec ซึ่งจากการจำลองแบบมีการขึ้นระยะของหัวเผาเป็น 3 ระยะ คือ

1. หัวเผาอยู่บริเวณวงแหวน (Dam) โดยเปลวไฟที่ได้จะเผาไหม้บริเวณวงแหวนและอากาศที่ถูกปล่อยเข้ามา จะถูกบังคับด้วยวงแหวนทำให้อากาศที่จะใช้เผาไหม้ไม่เพียงพอและยังเกิดการลอยตัวของเปลวไฟ ทำให้ปลายเปลวไฟ ลอยตัวไม่มีการสัมผัสกับปูนที่ถูกป้อนเข้ามาทำให้ การเผาไหม้ไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควร

2. หัวเผาอยู่หลังวงแหวน (Dam) 3 ฟุต การวางหัวเผาที่ระยะนี้ถือว่าเป็นระยะที่ดีที่สุด เนื่องจากว่า เปลวไฟที่ได้มีความกว้างเหมาะสม ไม่มีการเข้าใกล้กับผนังของเตามากจนเกินไป และมีระยะเปลวไฟที่เหมาะสมกับปูนขาวที่ถูกป้อนเข้ามาเพื่อมาเผาไหม้

3. หัวเผาอยู่หลังวงแหวน 6 ฟุต (Dam) เปลวไฟที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นการเผาไหม้บริเวณ

หลังวงแหวน ซึ่งจะทำให้มีการสูญเสียของผิวชั้นในเตาเผาปูนขาวก่อให้เกิดความเสียหาย และคุณภาพปูนที่ได้คือมีการได้รับความร้อนมากเกินไปทำให้คุณภาพปูนไม่เหมาะสม และหลังจากทำการศึกษาระยะการวางหัวเผาแล้ว จากนั้นก็จะศึกษามุมที่เหมาะสมของท่อที่ใช้ปล่อยก๊าซ ซึ่งไม่สามารถควบแน่นได้ (Non condensable gas, NCG) โดยนำท่อที่ปล่อยก๊าซ NCG วางที่มุมปกติกับระยะเหมาะสมของหัวเผาที่จากการทำการทดลองก่อนหน้านี้ โดยวางเหนือจากหัวเผาขึ้นไป 2 ฟุต เพลวไฟจะมีการลอยตัวสูงขึ้นมากจนชนผนังเตา ความร้อนส่วนใหญ่จึงอยู่บริเวณผนังเตาด้านบน ก่อให้เกิดความเสียหายมาก นั่นคืออิฐที่ก่อตัวภายในเกิดการหลุดเสียหาย ดังนั้นจึงมีการทดลองโดยลดมุมของท่อก๊าซซึ่งไม่สามารถควบแน่นได้ 1.8 องศาจากแนวแกนราบ และสังเกตการกระจายตัวของอุณหภูมิ และปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่เกิดขึ้น พบว่าการลอยตัวของเพลวไฟมีการชนผนังด้านบนน้อยลง และมีการกระจายตัวของเพลวไฟอย่างทั่วถึงแต่ในงานวิจัยไม่มีการลองปรับมุมของหัวเผาแต่การปรับมุมของท่อก๊าซซึ่งไม่สามารถควบแน่นได้ซึ่งถ้ามีการปรับมุมของหัวเผาด้วยอาจจะส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในเตาได้ดีขึ้นจากเดิม [7-10] ศึกษาการใช้แบบจำลองในการนำมาปรับปรุง และพัฒนากระบวนการต่างๆ ของเตาเผาปูนขาว โดยการสร้างแบบจำลองเตาเผาปูนขาวโดยใช้วิธีทางพลศาสตร์ของไหล เพื่อจำลองการเผาไหม้ การถ่ายเทความร้อนในเตาเผาโดยสร้างแบบเป็น 3 มิติ โดยศึกษาการกระจายตัวของความเร็ว อุณหภูมิ และการกระจายตัวของแก๊ส รวมทั้งปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในเตาเผาปูนขาว และมีการยื่นระยะท่อของก๊าซซึ่งไม่สามารถควบแน่นได้เข้าไปในแนวคู่ขนานกับระยะ Dam อีกด้วย รวมทั้งมีการศึกษาการวางมุมของหัวเผาที่มีการเอียงลง 5 องศา พบว่าช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายต่อเตาเผาปูนขาวได้ แต่ยังไม่ได้ศึกษาว่ามีการกระจายอุณหภูมิอย่างไรเมื่อมีการเปลี่ยนมุมมองเสาหัวเผา จึงเป็นแนวคิดว่าถ้ามีการเปลี่ยนลักษณะการวางมุมหัวเผาที่ตำแหน่งพิกัดต่างๆ น่าจะมีผลต่อการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาจึงได้นำปัจจัยนี้มาศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้