

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หัวเผาน้ำมันพืชสำหรับหุงต้มอาหารในครัวเรือน

Vegetable Oil Burner for cooking purposes




ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี..... - 4 เม.ย. 2548

b.....
i.....

ปริญญาโทปีการศึกษา 2545
 ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
 คณะ วิศวกรรมศาสตร์
 เรื่อง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 หัวหน้าน้ำมันพืชสำหรับหุงต้มอาหารในครัวเรือน
 Vegetable Oil Burner for cooking purposes
 ผู้จัดทำ

1. นาย ณรัชต์ ศรีธรรมมา รหัสประจำตัว 42010502
2. นาย วรพงษ์ ศรีวรวิทย์ รหัสประจำตัว 42010609


 อาจารย์ที่ปรึกษา
 (ผศ.ดร. จารุวัตร เจริญสุข)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวเผาน้ำมันพืชสำหรับหุงต้มอาหารในครัวเรือน

นายณรัตน์ ศรีธรรมมา 42010502
 นายวรพงษ์ ศรีวรวิทย์ 42010609
 ผศ.ดร. จารุวัตร เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน ก๊าซหุงต้ม (LPG) เป็นเชื้อเพลิงที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารอย่างแพร่หลาย แต่เนื่องจากเชื้อเพลิงประเภทนี้เป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป จึงส่งผลให้ก๊าซหุงต้มมีราคาสูงขึ้น ดังนั้นน้ำมันพืชจึงได้รับความสนใจที่จะนำใช้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย โดยโครงการนี้จะนำเสนอวิธีการนำน้ำมันพืชที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่เพื่อแทนที่การใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG)

โครงการนี้เป็นการพัฒนาลักษณะของหัวเผาน้ำมันโดยให้เผาไหม้ร่วมกับก๊าซหุงต้ม เพื่อใช้ความร้อนจากก๊าซหุงต้มทำให้เกิดการระเหยและการจุดติดของน้ำมัน โดยจะนำเสนอการแก้ปัญหาเรื่องของเขม่าควันเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์โดยปรับปรุงลักษณะการผสมกันของเชื้อเพลิงกับอากาศ เพื่อให้ความร้อนถ่ายเทไปยังภาชนะหุงต้มได้มากที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vegetable Oil Burner for cooking purposes

Naran Sritunma

Worapong Sriworawit

Assit.Prof.Dr.Jaruwat Charoensuk Advisor

Abstract

Recently, the common fuel use for cooking is LPG. It is not a renewable energy resource with increasing in cost. Therefore, vegetable oil becomes more attractive, especially for Thailand. This project shows that how to reuse the used vegetable oil as fuel instead of LPG.

This project concerns the development of combustor of used vegetable oil, by allowing this operation works with liquefied petroleum gas (LPG) and obtaining Heat from LPG for heating the vegetable oil up to their auto-ignition temperature. The purposed design is achieved by improving the oil inlet to avoid blockage by unburned oil or soot and maximizing heat transfer to the cooking utensil.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่สำเร็จไปด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน ซึ่งบุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงคือ ผศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์คำริ จันทร์แสงสุข ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ตลอดจนถึงคำแนะนำต่าง ๆ ในการทำโครงการนี้ รวมถึงเสียบียงอาหาร และที่ปรึกษาโทที่ให้แนวคิดในการทำงาน รวมถึงให้ความช่วยเหลือเมื่อประสบปัญหาต่างๆ

และบุคคลที่เราต้องขอบพระคุณที่สำคัญที่สุดคือบิดามารดา และครอบครัวอันเป็นที่รักและเคารพ รวมถึงเพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจในการศึกษาเสมอมา พวกเราระลึกถึงความห่วงใยและกำลังใจจากทุกท่านเสมอมา จึงขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายณรินทร์ ศรีธรรมมา
นายวรพงศ์ ศรีวรวิทย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	2
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	3
กิตติกรรมประกาศ	4
สารบัญ	5
สารบัญภาพ	6
บทที่ 1 บทนำ	7
1.1 ความสำคัญและความเป็นมา	7
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	7
1.3 ขอบเขตของโครงการ	7
1.4 วิธีการดำเนินงาน	7
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	9
2.1 ทฤษฎีการเผาไหม้	9
2.2 คุณสมบัติของก๊าซ LPG	14
2.3 คุณสมบัติของน้ำมันพืช	17
2.4 ทฤษฎีทางอุณหพลศาสตร์	22
2.5 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน	22
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ	27
3.1 หัวเผาแบบที่ 1	28
3.2 หัวเผาแบบที่ 2	32
3.3 หัวเผาแบบที่ 3	35
3.4 การออกแบบการทดลอง	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง	40
สรุปแนวทางการพัฒนา	40
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	45
เอกสารอ้างอิง	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้าที่	
รูปที่ 2.1	การพัฒนาชั้นของขอบเขตการพาความร้อน	24
รูปที่ 3.1	แสดงแนวคิดการจัดการความร้อน	28
รูปที่ 3.2	ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 1 ชั้นนอก	29
รูปที่ 3.3	ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 1 ชั้นใน	29
รูปที่ 3.4	ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 1	29
รูปที่ 3.5	โครงสร้างของหัวเผาแบบที่ 1	30
รูปที่ 3.6	แสดงแนวคิดการจัดการด้านความร้อน ของการ preheat ด้วยก๊าซ LPG ของหัวเผาแบบที่ 1	30
รูปที่ 3.7	ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 2 ชั้นนอก	32
รูปที่ 3.8	ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 2 ชั้นใน	32
รูปที่ 3.9	ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 2	33
รูปที่ 3.10	โครงสร้างของหัวเผาแบบที่ 2	33
รูปที่ 3.11	แสดงแนวคิดการจัดการด้านความร้อน ของการ preheat ด้วยก๊าซ LPG ของหัวเผาแบบที่ 2	33
รูปที่ 3.12	ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 3	35
รูปที่ 3.13	โครงสร้างของหัวเผาแบบที่ 3	36
รูปที่ 3.14	แสดงแนวคิดการจัดการด้านความร้อน ของการ preheat ด้วยก๊าซ LPG ของหัวเผาแบบที่ 3	36
รูปที่ 3.15	แสดงขั้นตอนวิธีในการคำนวณเพื่อหาค่า q	39
รูปที่ 4.1	แผนภูมิแสดงอุณหภูมิสูงสุดของเปลวไฟในหัวเผาแต่ละแบบ	41
รูปที่ 4.2	แผนภูมิแสดงเวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟของหัวเผาแต่ละแบบ	41
รูปที่ 4.3	เปลวไฟที่ได้จากหัวเผาแบบที่ 1	44
รูปที่ 4.4	เปลวไฟที่ได้จากหัวเผาแบบที่ 2	44
รูปที่ 4.5	เปลวไฟที่ได้จากหัวเผาแบบที่ 3	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและเป็นมา

ก๊าซธรรมชาติ เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญแหล่งหนึ่ง ซึ่งนอกจากจะใช้เป็นเชื้อเพลิง ในงานอุตสาหกรรมและการขนส่งแล้ว ยังใช้ในการผลิตพลังงานอื่น ๆ เช่น ไฟฟ้า เป็นต้น แต่เนื่องจาก ก๊าซธรรมชาติเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป จากการสำรวจพบว่าก๊าซธรรมชาติที่มีในประเทศไทย สามารถนำมาใช้ได้ก็เพียง 10-20 ปีเท่านั้น ดังนั้น การค้นหาแหล่งพลังงานอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ทดแทน พลังงานจากก๊าซธรรมชาติจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง พลังงานอื่นซึ่งสามารถใช้ทดแทนได้แก่ น้ำมัน และ ถ่านหิน แต่ก็ยังเป็นทรัพยากรประเภทเดียวกันกับก๊าซธรรมชาติซึ่งใช้แล้วหมดไปไม่สามารถสร้างใหม่ได้ ดังนั้นการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ

น้ำมันพืช เป็นแหล่งไขมันบริโภคที่สำคัญที่สุดเนื่องจากมีปริมาณการใช้ในอาหารสูงสุด สามารถผลิตได้เองในประเทศ โดยทั่วไปน้ำมันที่ได้จากพืชมีนับร้อยชนิด แต่ที่สำคัญในทางการค้าคือ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันจากเมล็ดทานตะวัน น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันงาและน้ำมันปาล์ม หลังจากที่น้ำมัน พืชผ่านการใช้งานแล้วจะถูกนำไปทิ้งทำให้เกิดการสูญเสียทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมแก่ ประเทศ

ดังนั้นปริญญาโทฉบับนี้ จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับหัวเผาใช้น้ำมันพืชใช้แล้วสำหรับ หุงต้มในครัวเรือน เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนพลังงานจากก๊าซธรรมชาติ และลดการสูญเสียทางด้าน เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการทิ้งน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบ และสร้างหัวเผาน้ำมันพืชสำหรับการหุงต้ม
2. เพื่อการทดสอบหาเงื่อนไขการทำงานของอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้น และหาประสิทธิภาพ ของหัวเผาแบบต่างๆ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้มีขอบเขตคือ ออกแบบและสร้างหัวเผาน้ำมันพืชสำหรับการหุงต้ม รวมทั้ง คำนวณหาประสิทธิภาพหัวเผาแต่ละตัวในช่วงที่สามารถใช้งานได้จริง

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาการจุดติดไฟของน้ำมันพืช
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและทำการศึกษาด้านแบบของหัวเผาน้ำมันพืชที่มีมาก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการพัฒนาหัวเผาน้ำมันพืชโดยอ้างอิงจากทฤษฎีที่ได้ศึกษามาและปัญหาที่พบจากหัวเผา
รุ่นแรก ๆ
4. ทดลองและทดสอบหาประสิทธิภาพของหัวเผา น้ำมันพืชที่พัฒนาขึ้น

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถนำหัวเผาที่ออกแบบได้ไปใช้ได้จริง
2. ลดปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้มลง และ ลดค่าใช้จ่ายในการหุงต้ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีการเผาไหม้

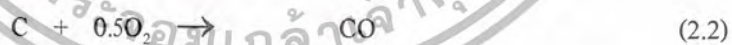
ปฏิกิริยาเคมีของการเผาไหม้ หมายถึงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง (ตั้งแต่ 1,000 องศาเซลเซียสขึ้นไปโดยประมาณ) เกิดขึ้นเร็วมาก (ในช่วงเวลา 1 ไมโครวินาที – 10 มิลลิวินาที) เป็นปฏิกิริยาที่เป็นเอกพันธ์หรือเป็นเนื้อเดียวกัน (homogenous) ในภูมิภาคแก๊สระหว่างโมเลกุลของเชื้อเพลิงหรือ โมเลกุลที่เกิดจากการแตกตัวของเชื้อเพลิง และออกซิเจน ซึ่งโดยทั่วไปใช้อากาศ ปฏิกิริยาในภูมิภาคแก๊สมีความซับซ้อนมากทั้งในส่วนของจำนวนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น และส่วนที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตและพื้นผิวของภาชนะ หรืออุปกรณ์ที่บรรจุอยู่

ปฏิกิริยาการเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ไม่ใช่ปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลโดยตรง แต่จะเริ่มต้นด้วยการแตกตัวของโมเลกุลของเชื้อเพลิงเป็นอนุมูลอิสระที่ว่องไว (active free radicals) จำนวนมาก เป็นขั้นตอนการเริ่มต้นของลูกโซ่ (chain initiation) อนุมูลอิสระที่ว่องไวจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่น ได้ทั้งอนุมูลอิสระและอนุมูลขั้นกลาง (intermediate radicals) อื่นๆ ซึ่งก็จะทำปฏิกิริยาก่อลูกโซ่ (chain initiation) ทั้งที่เกิดขึ้นพร้อมๆกัน (simultaneous) และที่เกิดเป็นลำดับก่อนหลังกัน (consecutive) หลายรูปแบบ (branching, dissociation, abstraction) ทำให้เกิดทั้งผลิตภัณฑ์ และอนุมูลอื่นๆอีกมาก สุดท้ายคือปฏิกิริยาที่ให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายและอนุมูลที่ไม่ว่องไว ตามด้วยการสิ้นสุดปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain termination)

เมื่อเกิดการเผาไหม้จนสมบูรณ์แล้ว สามารถเขียนปฏิกิริยารวมของการเผาไหม้ได้ ดังนี้
เชื้อเพลิงประเภทไฮโดรคาร์บอน จะเกิดปฏิกิริยารวม
ถ้ามีการเผาไหม้สมบูรณ์ จะเกิดปฏิกิริยา



ถ้ามีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (บางส่วน) จะเกิดปฏิกิริยา



ได้คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และไอน้ำ

ถ้าเชื้อเพลิงมีไนโตรเจน จะเกิดไนโตรเจนออกไซด์ และถ้าใช้อากาศ ไนโตรเจนจากอากาศส่วนหนึ่ง ก็จะกลายเป็นไนโตรเจนออกไซด์ด้วย แต่เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิไดซ์ไนโตรเจนใช้พลังงานสูงมาก จึงเกิดปฏิกิริยาน้อย ปริมาณแก๊สไนโตรเจนในพลูแก๊สมีค่าน้อย อยู่ในระดับต่ำกว่าพันส่วนในล้านส่วน ในการพิจารณาทั่วไปจะไม่นำมาคิด ยกเว้นต้องการคำนวณผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม

2.1.1 การคำนวณโมลในการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการเผาไหม้ในรูปของก๊าซผสม (Gaseous mixture) สามารถแสดงโดยใช้โมล เพราะ ปริมาตรที่เท่ากันของก๊าซที่ความดันและอุณหภูมิหนึ่งจะมีจำนวน โมเลกุลเท่ากันตามกฎของอะโวกาโด (Avogadro's law) และน้ำหนักของก๊าซที่ปริมาตรเท่ากันเป็นสัดส่วนกับน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซนั้น

ถ้า M เป็นน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซ 1 โมล ดังนั้น น้ำหนักของก๊าซเท่ากับ M ปอนด์ ซึ่งน้ำหนัก โมเลกุลของก๊าซแสดงตามตารางที่ 2.1

$$1 \text{ mole ของ } O_2 = 21 \text{ ปอนด์ของ } O_2$$

$$1 \text{ mole ของ } H_2 = 2 \text{ ปอนด์ของ } H_2$$

$$1 \text{ mole ของ } CH_4 = 16 \text{ ปอนด์ของ } CH_4$$

จากตารางที่ 2.1 สามารถใช้แสดงที่ความดันและอุณหภูมิหนึ่งที่คงที่ ปริมาตรของก๊าซ 1 โมลจะ ขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซนั้น ที่ 60 °F และความดันบรรยากาศ (30 นิ้วปรอท) ปริมาตรจำเพาะของออกซิเจน เป็น 11.819 ลบ. ฟุต/ปอนด์ ดังนั้น 1 โมลของออกซิเจนมีปริมาตรเท่ากับ $32 \times 11.819 = 378.21$ ลบ. ฟุต ในทำนองเดียวกันที่ 60 °F และความดันบรรยากาศ ค่าปริมาตรจำเพาะทั้งไฮโดรเจนเป็น 187.723 ลบ.ฟุต/ ปอนด์ และ 1 โมลของไฮโดรเจนมีปริมาตรเท่ากับ $2.016 \times 187.723 = 378.45$ ลบ. ฟุต

ตารางที่ 2.1 ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของสารต่าง ๆ

สารที่เผาไหม้ได้	ปฏิกิริยาเคมี	โมล	ปอนด์	ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (Btu/lb)
คาร์บอน (เป็นคาร์บอนมอนนอกไซด์)	$2C + O_2 = 2CO$	$2 + 1 = 2$	$24 + 32 = 56$	3,960
คาร์บอน (เป็นคาร์บอนไดออกไซด์)	$C + O_2 = CO_2$	$1 + 1 = 1$	$12 + 32 = 44$	14,100
	$2CO + O_2 = 2CO_2$	$2 + 1 = 2$	$56 + 32 = 88$	4,345
คาร์บอนมอนนอกไซด์	$2H_2 + O_2 = 2H_2O$	$2 + 1 = 2$	$4 + 32 = 36$	61,100
ไฮโดรเจนซัลเฟอร์ (เป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์)	$S + O_2 = SO_2$	$1 + 1 = 1$	$32 + 32 = 64$	3,980
มีเทน	$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$	$1 + 2 = 1 + 2$	$16 + 64 = 80$	23,875
อะเซทิลีน	$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$	$2 + 5 = 4 + 2$	$52 + 160 = 212$	21,500
เอทิลีน	$C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$	$1 + 3 = 2 + 2$	$28 + 96 = 124$	21,635
อีเทน	$2C_2H_6 + 7O_2 = 4CO_2 + 6H_2O$	$2 + 7 = 4 + 6$	$60 + 224 = 284$	22,325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาระดับมัธยมศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรเจนซัลไฟด์	$2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$2 + 3 = 2 + 2$	$68 + 96 = 164$	7,100
-----------------	--------------------------------------------------------------------------	-----------------	-----------------	-------

เศษส่วน โมลขององค์ประกอบของผสม (Mixture) คือ จำนวน โมลขององค์ประกอบหารด้วย ผลรวมจำนวน โมลขององค์ประกอบทั้งหมดของของผสม จำนวน โมลของก๊าซอุดมคติที่มีปริมาตร เดียวกัน ตามกฎของอะโวกาโดร์ (Avogadro's law) ของผสมของก๊าซอุดมคติ ค่าเศษส่วน โมลของ องค์ประกอบจะเท่ากับเศษส่วนปริมาตร

$$\frac{\text{โมลขององค์ประกอบ}}{\text{โมลทั้งหมด}} = \frac{\text{ปริมาตรขององค์ประกอบ}}{\text{ปริมาตรทั้งหมดของของผสม}} \quad (2.4)$$

2.1.2 ความร้อนจากการเผาไหม้

ปฏิกิริยาการเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reactions) จากความรู้เบื้องต้นทางคานความร้อนของปฏิกิริยา (thermo chemistry) สามารถคำนวณปริมาณ ความร้อนจากปฏิกิริยาใดๆ ได้หลายวิธี เช่น คำนวณจากความร้อนของปฏิกิริยาที่สภาวะมาตรฐาน (standard heat of reaction, ΔH_r°) คือ ความดัน 1 บรรยากาศ และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หรือ คำนวณจากความร้อนของการเกิด (ของสารใดๆ) ที่สภาวะมาตรฐาน (standard heat of formation, ΔH_f°) ความร้อนของปฏิกิริยาที่สภาวะมาตรฐาน และความร้อนของการเกิดที่สภาวะมาตรฐานดังกล่าว สามารถ หาค่าได้จากตาราง ในหนังสือและคู่มือทางเคมีฟิสิกส์ และเทอร์โม ไดนามิกส์ทั่วไปสำหรับปฏิกิริยาการเผา ไหม้ แสดงเป็นความร้อนของการเผาไหม้ที่สภาวะมาตรฐาน (standard heat of combustion, ΔH_c°) สามารถคำนวณได้ในลักษณะเดียวกัน เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน จึงมีค่าเป็นลบเสมอ ถ้ามีค่า เป็นบวก แสดงว่าสารนั้นไม่สามารถเผาไหม้ หรือถูกออกซิไดซ์ได้

ในการคำนวณพลังงานความร้อนจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ให้ค่าเป็นลบ ซึ่งไม่สะดวกแก่ การใช้งานจึงนิยมใช้ห่อม ค่าความร้อน (heating value หรือ calorific value) ซึ่งมีค่าเท่ากับความร้อนของ การเผาไหม้ที่สภาวะมาตรฐานแต่มีค่าเป็นบวก สำหรับเชื้อเพลิงธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็น ถ่านหิน น้ำมันและ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม หรือชีวมวล ไม่ใช่สารประกอบบริสุทธิ์ ไม่สามารถคำนวณจากความร้อนของ ปฏิกิริยา หรือความร้อนของการเกิดมาตรฐานของสารหรือธาตุบริสุทธิ์ได้ จำเป็นต้องทำการทดลองใน เครื่องมือเฉพาะที่เรียกว่า บอมบ์ แคลอริมิเตอร์ (bomb calorimeter) สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งและ ของเหลว และแคลอริมิเตอร์ที่มีน้ำไหลผ่าน (water flow calorimeter) สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นแก๊ส การ แสดงค่าความร้อนมี 2 วิธี

ค่าความร้อนรวม (Total heating value, THV)

ค่าความร้อนรวมของเชื้อเพลิงชนิดหนึ่ง หมายถึงปริมาณความร้อนที่จะให้ออกมา หลัง การเผาไหม้สมบูรณ์ โดยที่ตัวทำปฏิกิริยาเริ่มต้นและผลผลิตสุดท้ายทั้งหมดอยู่ภายใต้ความดันหนึ่ง บรรยากาศ และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงและที่เกิดเป็นผลผลิตจากการเผา ไหม้มีอยู่ในรูปของน้ำ (ของเหลว) อาจเรียกว่า ค่าความร้อนขั้นสูง (Higher heating value, HHV) หรือค่า ความร้อนทั้งหมด (Gross heating value, GHV)

ค่าความร้อนสุทธิ (Net heating value, NHV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความร้อนสิทธิของเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งให้คำจำกัดความเช่นเดียวกัน แต่หลังจากการเผาไหม้สมบูรณ์ น้ำที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงและที่เกิดเป็นผลผลิตจากการเผาไหม้อยู่ในรูปของไอน้ำ อาจเรียกว่าค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower heating value, LHV) ดังนั้น ความแตกต่างระหว่างค่าความร้อนรวมและค่าความร้อนสุทธิ จึงมีค่าเท่ากับความร้อนของการระเหยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสของน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในผลผลิตของการเผาไหม้ (ทั้งที่เกิดขึ้นขณะเผาไหม้ และที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงเริ่มต้น) หรือแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการ

$$HHV = NHV + n H_2O \Delta H_{vap, 25^\circ C} \quad (2.5)$$

2.1.3 พลังงานการจุดไฟ และอุณหภูมิการจุดไฟ

พลังงานส่วนแรกที่ต้องให้เพื่อเริ่มต้นเกิดปฏิกิริยาถูกใช้ เรียกว่า พลังงานการจุดไฟ (ignition energy) ซึ่งอาจไม่ใช่วิธีวัดโดยตรง แต่มักจากวัดอุณหภูมิการจุดไฟ (ignition temperature) ซึ่งเป็นอุณหภูมิของส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศที่ต่ำที่สุดที่จะจุดติดไฟได้เอง อุณหภูมิการจุดไฟจึงเป็นเครื่องบ่งชี้ระดับพลังงานที่ต้องให้แก่วัสดุผสมของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 2.1

แต่ดังที่กล่าวมาแล้ว ปฏิกิริยาการเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาถูกใช้ ดังนั้นเราสามารถทำให้ส่วนผสมติดไฟได้ โดยให้พลังงานการจุดไฟในบริเวณเล็กๆ เพียงบริเวณเดียวก็เพียงพอแล้ว ยกตัวอย่างเช่น การใช้ไม้ขีดจุดหัวเตาแก๊สหุงต้ม หรือการใช้ประกายไฟจากหัวเทียนจุดระเบิดส่วนผสมในกระบอกสูบเครื่องยนต์ อุณหภูมิการจุดแสดงถึงความยากง่ายที่เชื้อเพลิงจะเกิดการเผาไหม้ ซึ่งหมายถึงความปลอดภัยในการใช้งานด้วย ประโยชน์ของค่านี้ในอุตสาหกรรมคือ ใช้เป็นค่าอุณหภูมิอ้างอิงในการอุ่นเตา ก่อนจุดหัวเผา

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่เป็นเนื้อเดียวกันสามารถเกิดได้ในช่วงความดันและอุณหภูมิกว้าง ถ้าส่วนผสมระหว่างแก๊สเชื้อเพลิงและอากาศเกิดปฏิกิริยาภายใต้ความดันสูง จะเป็นปฏิกิริยาที่ความเร็วเหนือเสียง (supersonic reaction) เรียกว่าการระเบิด (detonations) และถ้าส่วนผสมระหว่างแก๊สเชื้อเพลิงและอากาศเกิดปฏิกิริยาที่ความดันบรรยากาศ หรือภายใต้ความดันต่ำ จะเป็นปฏิกิริยาที่มีความเร็วต่ำกว่าเสียง (subsonic reaction) เรียกว่าการเผาด้วยความร้อน (deflagrations) แต่ค่าที่นิยมใช้มากกว่า คือ การเกิดเปลวไฟ (flames) เพราะว่าที่ความดันปกติ แนวหรือขอบเขตของการเผาไหม้ปรากฏเป็นแสงสว่าง ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

ตาราง 2.2 อุณหภูมิติดไฟของเชื้อเพลิงในอากาศ

Combustible	Formular	Temperature °C
Sulfer	S	470
Charcoal	C	650
Fix carbon (semibituminous coal)	C	765

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fix carbon (anthracite)	C	840-1115
Acetylene	C ₂ H ₂	580-825
Ethane	C ₂ H ₆	880-1165
Ethylene	C ₂ H ₄	900-1020
Hydrogen	H ₂	1065-1095
Methane	CH ₄	1170-1380
Carbon Monoxide	CO	490-560
Kerosene	-	490-560
Gasoline	-	500-800

2.1.4 การคำนวณการเผาไหม้

การคำนวณการเผาไหม้เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการออกแบบทั้งหมดและเป็นการประเมินสมรรถนะทั้งหมดของหม้อไอน้ำและองค์ประกอบส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

- 1) ปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีที่มีการเปลี่ยนแปลง
- 2) ปริมาณของความร้อนที่ปล่อยออกมา
- 3) ประสิทธิภาพของกระบวนการเผาไหม้ทั้งเงื่อนไขในอุดมคติและความจริง

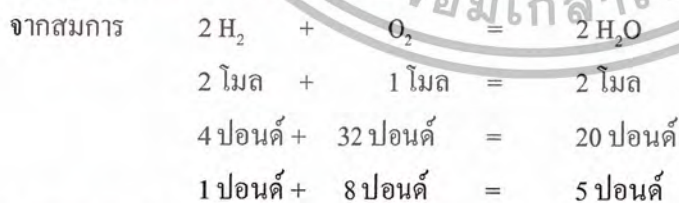
2.1.4.1 อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้

ถ้าคาร์บอน, ไฮโดรเจน, และซัลเฟอร์ เป็นองค์ประกอบที่เผาไหม้ในเชื้อเพลิง อากาศที่ต้องการสำหรับการเผาไหม้ 1 ปอนด์ และเชื้อเพลิงความทฤษฎี

$$A_1 = 11.53C + 34.34\left(H_2 - \frac{O_2}{8}\right) + 4.29S \quad (2.6)$$

ซึ่ง C, H₂, S, O₂ เป็นส่วนโดยน้ำหนักของคาร์บอน, ไฮโดรเจน, ออกซิเจน, ซัลเฟอร์ ค่าคงที่ในสมการ 2.5 ได้จากตารางที่ 2.2 ซึ่งตัวแปรในเทอมของ (H₂ - $\frac{O_2}{8}$) เป็นเศษ

ส่วนโดยน้ำหนักของไฮโดรเจนที่รวมกับ O₂ ในเชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของไอน้ำ



1 ปอนด์ของ H₂ ทำปฏิกิริยากับ 8 ปอนด์ ของ O₂ หรือ : O₂ เท่ากับ 1:8 ดังนั้นน้ำหนักของ H₂ จะเท่ากับ น้ำหนักของ $\frac{O_2}{8}$

ถ้าเชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิงก๊าซ ที่แตกตัวอยู่ในรูปของไฮโดรคาร์บอนในองค์ประกอบของเชื้อเพลิง ปริมาณของอากาศจะแปรตามองค์ประกอบของเชื้อเพลิง โดยใช้ค่าคงที่ตามตารางที่ 2.2 สำหรับปริมาณ อากาศที่ต้องการในการเผาไหม้ (lb air/fuel) เชื้อเพลิงก๊าซที่ประกอบด้วยก๊าซเผาไหม้ได้หลายชนิดได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_1 = 2.47\text{CO} + 34.34\text{H}_2 + 17.27\text{CH}_4 + 13.30\text{C}_2\text{H}_2 + 14.81\text{C}_2\text{H}_4 + 16.12\text{C}_2\text{H}_6 + 6.10\text{H}_2\text{S} - 4.32\text{O}_2 \quad (2.7)$$

สัญลักษณ์โมเลกุล หมายถึง เศษส่วน โดยน้ำหนักขององค์ประกอบของก๊าซ (gaseous compound) ถ้าการวิเคราะห์เชื้อเพลิงก๊าซแสดงในรูป เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากตารางที่ 2.4 สามารถแสดงความต้องการอากาศสำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซได้ ตัวอย่างเช่น

$$A_1 = 2.38(\text{CO} + \text{H}_2) + 9.53\text{CH}_4 + 11.91\text{C}_2\text{H}_2 + 14.29\text{C}_2\text{H}_4 + 16.68\text{C}_2\text{H}_6 + 7.15\text{H}_2\text{S} - 4.76\text{O}_2 \quad (2.8)$$

สัญลักษณ์โมเลกุล หมายถึง เศษส่วนโดยปริมาตรขององค์ประกอบของก๊าซ (gaseous compound)

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้สามารถหาได้จากตารางที่ 1 ถ้าสมมติให้การเผาไหม้เป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กับอากาศตามทฤษฎี ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้แสดงในรูป ปอนด์ผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ต่อปอนด์ของเชื้อเพลิง แสดงไว้ดังนี้

$$\text{CO}_2 = 3.656\text{C}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 8.974\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}^*$$

$$\text{SO}_2 = 2.0\text{S}$$

$$\text{N}_2 = 8.86\text{C} + 26.41\left(\text{H}_2 - \frac{\text{O}_2}{8}\right) + 3.29\text{S} + \text{N}_2^x$$

$$* = \text{เศษส่วนโดยน้ำหนักของ H}_2\text{O ในเชื้อเพลิงในรูปของความชื้น}$$

$$x = \text{เศษส่วนโดยน้ำหนักของ N}_2 \text{ ในเชื้อเพลิงในรูป N}_2$$

สัญลักษณ์โมเลกุล หมายถึง เศษส่วนโดยปริมาตรขององค์ประกอบของก๊าซ (gaseous compound)

2.2 คุณสมบัติของก๊าซ LPG

2.2.1 คุณสมบัติทางเคมี ของก๊าซ LPG หมายถึงรวมถึง ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่มีส่วนประกอบคาร์บอน C ในระดับ C3 และ C4 ซึ่งในระดับนี้ไฮโดรคาร์บอนจะสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวได้ภายใต้ความดันที่ไม่สูงมากนักที่อุณหภูมิปกติ ไฮโดรคาร์บอนกลุ่มนี้ประกอบด้วย

โพรเพน	Propane	C_3H_8
โพรปีรีน	Propylene	C_3H_6
บิวเทน	Butane	C_4H_{10}
บิวไทรน	Butylene	C_4H_8

และมีสารประกอบที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอน รวมอยู่บ้างเล็กน้อย เช่น Ethane C_2H_6 , Ethylene C_2H_4 เนื่องจากความหลากหลายของส่วนประกอบทำให้มีการตั้งมาตรฐานก๊าซ LPG ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงให้แน่ชัด และเป็นข้อมูลในการออกแบบระบบให้ถูกต้องและปลอดภัย

อย่างไรก็ตาม C3 และ C4 ที่ปรากฏอยู่ในส่วนผสมของก๊าซ LPG อาจแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ พวก Saturated และ Unsaturated ซึ่งทั้งสองกลุ่มนี้ต่างกันตรงลักษณะการจับตัวของคาร์บอนอะตอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่ม Saturated Hydrocarbon

ได้แก่ Propane, N – Butane, iso-Butylene

กลุ่ม Unsaturated Hydrocarbon

ได้แก่ Propylene, N – Butylene, iso-Butylene

2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพ ของก๊าซ LPG นั้น มีทั้งลักษณะของเหลวและก๊าซ ซึ่งมีคุณสมบัติต่างกันดังนี้

2.2.2.1 สถานะของเหลว

เนื่องจาก LPG มีจุดเดือดต่ำมากคือ โพรเพน -42 องศาเซลเซียส นอร์มัลบิวเทน -0.5 องศาเซลเซียส ไอโซบิวเทน 11.7 องศาเซลเซียส ดังนั้น LPG จะมีจุดเดือดและสถานะเป็นก๊าซที่บรรยากาศ เว้นเสียแต่ถูกอัดด้วยความดันอยู่ในถัง ค่าความดันที่ทำให้เป็นของเหลวคือความดันไอของ LPG เอง

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของ LPG สถานะของเหลว

	โพรเพน	นอร์มัลบิวเทน	ไอโซบิวเทน
น้ำหนักโมเลกุล	44.097	28.124	58.124
จุดเดือด(องศาเซลเซียสที่ 1 ความดันบรรยากาศ)	-42.045	-0.50	-11.72
อุณหภูมิวิกฤต(องศาเซลเซียส)	96.67	152.03	134.99
ความดันวิกฤต(บรรยากาศ)	41.94	37.47	36.00

2.2.2.2 สถานะก๊าซ

ช่วงการลุกไหม้ (Flammability Limits in Air) ก๊าซที่สันดาปได้จะมีช่วงส่วนผสมกับอากาศเพียงช่วงเดียวที่จุดไฟแล้วลุกไหม้ได้ เพราะอากาศผสมอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม ช่วงการลุกไหม้ได้จะแสดงค่าเป็นร้อยละของปริมาตร ก๊าซต่ออากาศ ค่าความเข้มข้นสูงของช่วงการลุกไหม้เรียกว่าค่าของบนส่วนทางด้านต่ำ เรียกว่า ค่าขอบล่าง LPG (ของผสมระหว่าง โพรเพนกับบิวเทน) จะลุกไหม้ในช่วง 2-9% โดยโพรเพนมีช่วงการลุกไหม้ 2.4-9.5% ในอากาศและบิวเทนมีช่วงการลุกไหม้ 1.8-8.4% ในอากาศ ถ้าส่วนผสมมากหรือน้อยกว่านี้จะไม่ลุกติดไฟ

- **อุณหภูมิของการจุดติดไฟ (Ignition Temperature)** เมื่อค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิให้กับเชื้อเพลิงจนเลยอุณหภูมิค่าหนึ่งแล้ว แม้จะ ไม่มีประกายไฟหรือสาเหตุของการติดไฟ เชื้อเพลิงก็จะลุกไหม้เองตามธรรมชาติอุณหภูมิต่ำสุดที่เริ่มเกิดการลุกไหม้ตามธรรมชาตินี้ เรียกว่าอุณหภูมิของการจุดติดไฟของโพรเพนคือ 460-580 องศาเซลเซียส ของบิวเทนคือ 410-550 องศาเซลเซียส

- **อุณหภูมิของเปลวไฟ (Flame Temperature)** อุณหภูมิของเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ของ LPG สูงมากพอที่จะหลอมละลายโลหะต่างๆ ได้ โดยโพรเพนมีอุณหภูมิเปลวไฟในอากาศ 1930 องศาเซลเซียส และบิวเทน 1900 องศาเซลเซียส

- **อัตราส่วนปริมาตรของเหลว/ก๊าซ (Liquid/Vapor Volume Ratio)** LPGเหลวเมื่อกลายเป็นก๊าซ ปริมาตรจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก โดย โพรเพน 1 หน่วยปริมาตรเมื่อกลายเป็นก๊าซแล้วจะมีปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น 27 หน่วยที่ 15.5 องศาเซลเซียส ส่วนบิวเทน 1 หน่วยปริมาตรเมื่อกลายเป็นก๊าซแล้วจะมีปริมาตรเป็น 233 หน่วยที่ 15.5 องศาเซลเซียส

- ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of Combustion) ค่าความร้อนของก๊าซ LPG หมายถึง ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการนำเอาก๊าซ LPG หนึ่งหน่วยน้ำหนัก หรือหนึ่งหน่วยปริมาตรมาเผาไหม้ที่ ความดันและอุณหภูมิปกติ (25 องศาเซลเซียส) ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 ค่าความร้อนของการเผาไหม้ก๊าซ LPG

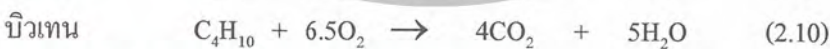
ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	โพรเพน	นอมัลบิวเทน	ไอโซบิวเทน
Gross : กิโลแคลอรี/กก.	11,943	11,742	11,174
บีทียู/ปอนด์	21,497	21,135	21,085
กิโลแคลอรี/ลบ.ม.	23,700	30,600	30,500
บีทียู/ลบ.ฟุต	2,663	3,438	3,427
Net : กิโลแคลอรี/กก.	10,989	10,837	10,810
บีทียู/ปอนด์	19,780	19,506	19,458
กิโลแคลอรี/ลบ.ม.	22,250	29,400	29,200
บีทียู/ลบ.ฟุต	2,500	3,304	3,281

หมายเหตุ Gross หมายถึง เมื่อน้ำที่ได้จากการเผาไหม้อยู่ในสถานะของเหลว

Net หมายถึง เมื่อน้ำที่ได้จากการเผาไหม้อยู่ในสถานะของก๊าซ

- ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (Air Requirement)

ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่ผสมอยู่ในอากาศเป็นร้อยละ 21 โดยปริมาตร และเป็นปัจจัยที่ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ ดังนั้นปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าไปในห้องเผาไหม้ จะต้องมีปริมาตรที่แน่นอน ในกรณีที่ก๊าซ LPG เผาไหม้อย่างสมบูรณ์ทั้งหมด ก็จะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ การเปลี่ยนแปลงนี้เขียนเป็นสมการเคมีได้ดังนี้



ดังจะเป็น ได้จากสมการเหล่านี้ ปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นต่อการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะเป็น 5 เท่าในกรณีของโพรเพน และเป็น 6.5 เท่าในกรณีของบิวเทน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในอากาศมีประมาณ 21% ดังนั้นในการเผาไหม้โพรเพนอย่างสมบูรณ์ 1 ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้อากาศ 24 ลูกบาศก์เมตร ส่วนบิวเทน 1 ลูกบาศก์เมตร จะใช้อากาศ 31 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้ว LPG ต้องการปริมาณอากาศมากกว่าเล็กน้อย

- สี่ กลิ่น ความเป็นพิษและการละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LPG บริสุทธิ์จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ดังนั้นจึงต้องเติมสารประกอบที่มีกลิ่นลงไป เพื่อให้ผู้ใช้ทราบเมื่อเกิดการรั่วซึมของแก๊ส หรือผู้ใช้ลืมปิดวาล์วหลังการใช้งาน สารประกอบที่เติมลงไปคือ เมอร์แคปแทน (mercaptane)

LPG เป็นสารที่ไม่มีพิษ แต่ในกรณีที่เกิดการสันดาปอย่างไม่สมบูรณ์ก็จะเกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ได้เช่นกัน นอกจากนี้ LPG มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายเช่นเดียวกับพวกน้ำมันหอมระเหย จึงสามารถละลายหรือทำให้อุปกรณ์ที่ทำจากยางธรรมชาติเสียคุณสมบัติได้ ดังนั้นอุปกรณ์ที่บรรจุ LPG จึงควรใช้วัสดุที่ไม่ได้ทำจากยางธรรมชาติ

2.3 คุณสมบัติของน้ำมันพืช

2.3.1 ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมันพืช

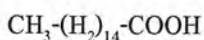
น้ำมันพืชเป็นสารประกอบอินทรีย์จำพวกเอสเทอร์ เกิดจากปฏิกิริยาของสารพวกแอลกอฮอล์ที่เรียกว่า กลีเซอรอล กับกรดอินทรีย์ที่เรียกว่ากรดไขมัน ซึ่งอยู่ในรูปสารประกอบ ไตรกลีเซอไรด์ ดังรูป น้ำมันพืชจะสลายตัวให้กลีเซอรอล และกรดไขมันที่อุณหภูมิสูง ๆ กรดไขมันเกิดออกซิเดชันทำให้ลูกไปใหม่ได้แต่กลีเซอรอลจะไม่เกิด

- กรดไขมัน

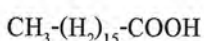
กรดไขมันเป็นกรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic Acid: -COOH) ต่อกับ ไฮโดรคาร์บอน ความแตกต่างของกรดไขมันอยู่ที่จำนวนอะตอมของคาร์บอน และตำแหน่งความไม่อิ่มตัว กรดไขมันในธรรมชาติส่วนใหญ่จะเป็นไฮโดรคาร์บอนสายตรงยาวต่ออยู่กับหมู่คาร์บอกซิลิกหมู่เดียวกันนี้ กรดไขมันที่พบในธรรมชาติส่วนมากจะมีอะตอมคาร์บอนเป็นเลขคู่ อยู่ในช่วง 4-30 อะตอม แต่ส่วนใหญ่ที่พบอยู่ระหว่าง 12-24 อะตอม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คาร์บอน 16 และ 18 อะตอม พันธะที่ต่อระหว่างอะตอมคาร์บอนมีทั้งชนิดพันธะเดี่ยวพันธะคู่ กรดไขมันที่มีเฉพาะพันธะเดี่ยวเรียกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid) พบเป็นปริมาณสูงในไขมันสัตว์ ส่วนกรดไขมันที่มีเฉพาะพันธะคู่รวมอยู่ด้วยเรียกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) พบมากในน้ำมันพืช

การนับตำแหน่งคาร์บอนเพื่อบอกตำแหน่งพันธะคู่มี 2 วิธี คือนับจากปลายคาร์บอน ใช้สัญลักษณ์ Δ (Delta) หากนับจากปลายเมทิล (CH₃) จะใช้สัญลักษณ์ n หรือ ω (Omega) ในการกล่าวถึงกรดไขมันแต่ละชนิดนิยมเขียนในรูปรหัสซึ่งบอกจำนวนคาร์บอน จำนวนพันธะคู่และตำแหน่ง เช่น กรดลินโนเลอิก มีคาร์บอน 18 อะตอม 2 พันธะคู่ที่ตำแหน่ง 9 และ 12 หรือ n-6 จะมีรหัสเป็น C_{18:2}, Δ_{9,12}:n-6

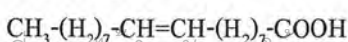
กรดไขมันที่มีความยาว โมเลกุลตั้งแต่ 6 ถึง 18 คาร์บอนจัดเป็นกรดไขมันขนาดกลางซึ่งพบเป็นส่วนประกอบหลักของไขมันส่วนใหญ่ กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุดคือ กรดปาล์มมิติก (Palmitic Acid) และกรดสเตียริก (Stearic Acid) ส่วนชนิดไม่อิ่มตัวที่พบมากที่สุดคือกรด โอเลอิก (Oleic Acid)



Palmitic Acid (C_{16:2})



Stearic Acid (C_{18:0})



Oleic Acid (C_{18:1})

2.3.2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันพืช

น้ำมันพืชเป็นเอสเทอร์ระหว่างกลีเซอรอลกับกรดไขมัน คุณสมบัติทางเคมีจะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาใน โมเลกุล ไขมันตรงพันธะเอสเทอร์และใน โมเลกุลกรดไขมัน

2.3.3 ปฏิกริยาที่พันธะเอสเทอร์

พันธะเอสเทอร์จะสลายได้ง่ายในกรดหรือด่าง ถ้าสลายในปฏิกิริยาอาจผันกลับได้ (Reverseable) เพราะถ้ามีด่างจะทำให้กรดที่มีอยู่แตกตัวเป็นอออนลบ และมีแนวโน้มที่จะไม่ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ผลจากการสลายพันธะเอสเทอร์ทำให้เกิดการเปลี่ยนหมู่กรดไขมันและแอลกอฮอล์ สารใหม่ที่ได้จะเป็นอะไรขึ้นอยู่กับสารที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

2.3.4 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันพืช

การทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันพืชจะใช้มาตรฐานของน้ำมันดีเซลเป็นตัวเปรียบเทียบ โดยคุณสมบัติของน้ำมันพืชที่ใช้ในการทดสอบจะบ่งบอกถึงความยากง่ายในการติดไฟ และอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันพืชที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ความร้อนจำเพาะ ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ จุดเดือด จุดควบไฟ ค่าความร้อน และน้ำหนักโมเลกุล

2.3.4.1 ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)

ความถ่วงจำเพาะ หมายถึง ค่าความหนาแน่นของน้ำมัน โดยวัดความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิมาตรฐาน 15 องศาเซลเซียส เครื่องมือที่ใช้วัดความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเรียกว่า ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ดังนั้น ความบริสุทธิ์ของน้ำมันแต่ละชนิดสามารถได้จากค่าความถ่วงจำเพาะ

2.3.4.2 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น หมายถึง มวลน้ำมันต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ความหนาแน่นของน้ำมันขึ้นอยู่กับค่า ซาปอนนิฟิเคชัน (Saponification) ค่าไอโอดีน (Iodine) ปริมาณกรดไขมันอิสระ และอุณหภูมิของน้ำมัน โดยที่ค่าความหนาแน่นจะเปลี่ยนแปลงไป เมื่อค่า ซาปอนนิฟิเคชัน และค่าไอโอดีนเพิ่มขึ้น

สำหรับโครงการนี้ ความหนาแน่นของน้ำมันพืชมีความสำคัญในการออกแบบหัวเผา ซึ่งใช้หาค่า Reynold number สำหรับคำนวณหาขนาดของหัวเผาที่เหมาะสม

2.3.4.3 ความร้อนจำเพาะ (Specific heat)

ความร้อนจำเพาะ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้ให้น้ำมันหนึ่งหน่วยมวลมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ที่สภาวะความดันคงที่ หรือปริมาตรคงที่

ความร้อนจำเพาะของน้ำมันพืชและไขมันหาได้จากสมการ

$$C = 0.47 + 0.00073T \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

C = ค่าความร้อนจำเพาะ, $\text{kCal/kg } ^\circ\text{C}$

T = อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำมัน $^\circ\text{C}$

ค่าความร้อนจำเพาะจะบ่งบอกได้ถึงปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการ Preheat น้ำมันพืช ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นมากที่จะขาดเสียมิได้

2.3.4.4 ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent heat)

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้สารหนึ่งหน่วยมวล เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ สามารถหาค่าดังกล่าวได้จากสมการ

$$L = (110.9 - 0.09T) \frac{2.328}{Spgr} \quad (2.12)$$

เมื่อ

L = ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ kJ/kg

T = อุณหภูมิการกลายเป็นไอ, $^\circ\text{F}$

$Spgr$ = ความถ่วงจำเพาะที่ $60/60$ $^\circ\text{F}$

ในการออกแบบและคำนวณเกี่ยวกับหัวเผา ซึ่งจะต้องมีการเปลี่ยนสถานะของน้ำมันพืชขณะ Preheat ค่าความร้อนแฝงจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการคำนวณทางด้าน Heat Transfer

2.3.4.5 จุดเดือด (Boiling point)

จุดเดือด หมายถึง อุณหภูมิของเชื้อเพลิงซึ่งความดันไอของเชื้อเพลิงเหลวเท่ากับความดันบรรยากาศที่กระทำต่อผิวหน้าของเชื้อเพลิง น้ำมันพืชประกอบด้วยสารประกอบทางเคมีหลายชนิด และมีช่วงการเดือดกว้าง ค่าจุดเดือดสามารถหาได้จากค่าเฉลี่ยซึ่งสามารถหาได้โดยนำน้ำมันตัวอย่าง 100 มิลลิลิตรมากลั่นตามมาตรฐาน ASTM D86 บันทึกค่าอุณหภูมิที่ปริมาตรการกลั่นเริ่มจากหยดแรกของการกลั่น และทุก 10% ปริมาตรที่กลั่นได้ นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรที่กลั่นได้ โดยให้แกน x เป็นปริมาตรที่กลั่นได้ และแกน y เป็นอุณหภูมิ จากนั้นสมการของเส้นกราฟซึ่งอุณหภูมิเป็นฟังก์ชันของปริมาตร $y = f(x)$ หรือ $t_{bp} = f(v)$ หาพื้นที่เฉลี่ยใต้กราฟ นำปริมาตรทั้งหมดไปหาพื้นที่เฉลี่ยภายใต้เส้นกราฟ จะได้อุณหภูมิจุดเดือดเฉลี่ยของน้ำมัน

จุดเดือดก็เป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่จำเป็นในการคำนวณหาขนาดของชุดท่อทองแดงในหัวเผาซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป

2.3.4.6 จุดวาบไฟ และจุดติดไฟ (Flash point and Fire point)

จุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุดของของเหลวที่ไอของน้ำมันเกิดติดไฟและดับทันที จุดนี้หาได้

จากการค่อยๆ ให้ความร้อนแก่น้ำมัน พอถึงจุด ๆ หนึ่ง อุณหภูมิจะเกิดเปลวไฟกวาดไปบนพื้นผิวหน้า น้ำมันวาบหนึ่งและดับ ส่วนจุดติดไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่เอน้ำมันเกิดติดไฟ และติดอยู่ได้ไม่ต่ำกว่า 5 วินาที

หัวเผา น้ำมันพืช จำเป็นต้องมีการอุ่นน้ำมันพืชให้มีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิจุดติดไฟ เพื่อความแน่นอนในการลุกติดไฟของน้ำมันพืช

2.3.4.7 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของน้ำมันมีอิทธิพลต่อรูปร่างของละอองน้ำมันที่ฉีดออกมาจากหัวฉีด หากน้ำมันมีความหนืดสูงจะทำให้การฉีดเป็นฝอยได้ไม่ดี ละอองน้ำมันมีขนาดใหญ่ น้ำมันจะพุ่งไปไกล และเป็นสาย ทำให้น้ำมันรวมกับอากาศได้ไม่ดี ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ น้ำมันที่มีความหนืดต่ำเกินไป จะทำให้น้ำมันที่พ่นออกมาเป็นฝอยละเอียดมากจึงพุ่งไปได้ไม่ไกลเท่าที่ควร การเผาไหม้จะไม่ดี โดยทั่วไปน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีความหนืดอยู่ในช่วง 1.4-4.1 Cst ที่ 40 องศาเซลเซียส

ความหนืดเกี่ยวพันกับการไหลในท่อของแข็งของน้ำมันพืช จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องพิจารณาค่าความหนืดของน้ำมันพืชในทางด้าน Fluid Mechanics

2.3.5 คุณสมบัติของทองแดง

ทองแดงเป็นโลหะชนิดหนึ่งในสองสามชนิดที่พบอยู่ตามธรรมชาติ หรืออยู่ในสภาพที่เป็นโลหะอยู่ตามดินตามหิน อียิปต์โบราณมีความชำนาญในเรื่องการนำทองแดงจากธรรมชาติมาใช้ อย่างน้อยเป็นเวลา 7,000 ปีล่วงมาแล้ว ต่อมาจึงได้มีการค้นพบวิธีการนำทองแดงออกจากสินแร่โดยการถลุง

ทองแดงเป็นโลหะที่มีสีน้ำตาลแดงสะอาด นำมาตัด โค้งหรือตีให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ง่าย จะดึงให้เป็นเส้นละเอียด ๆ ได้ง่ายด้วย ก้อนทองแดงขนาดลูกกอล์ฟ ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 40 มิลลิเมตร สามารถดึงเป็นเส้นลวดได้ยาวถึง 25 กิโลเมตร

ทองแดงเป็นโลหะที่มีความสามารถในการล่อไฟฟ้าการนำความร้อนได้ดีกว่าโลหะอื่น ๆ นอกจากเงิน โรงงานทำเครื่องไฟฟ้าเป็นแหล่งที่ใช้ทองแดงมากที่สุด ทองแดงเป็นจำนวนมากถูกนำไปทำเป็นโลหะผสมต่าง ๆ เช่น ทองเหลือง บรอนซ์ และคิวโปรนิกเกิล คุณสมบัติที่มีประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของทองแดง หรือโลหะผสมของทองแดงคือ ไม่เกิดสนิมเหมือนเหล็กหรือเหล็กกล้า ซึ่งคุณสมบัติทางด้านเทอร์โมไดนามิกส์ของทองแดงและทองแดงผสมที่อุณหภูมิ 300 K แสดงได้ในตารางที่ 2.9 และค่าสภาพการนำความร้อนและค่าการนำความร้อนจำเพาะของทองแดงที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถแสดงได้ในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติทางด้านเทอร์โมไดนามิกส์ของทองแดงที่อุณหภูมิ 300 K

Composition	Melting Point	Properties at 300 K
-------------	---------------	---------------------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	(K)	ρ (kg/m ³)	C_p (J/kg•K)	k (W/m•k)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)
Pure Copper	1358	8933	385	401	117
Commercial bronze (90% Cu, 10% Al)	1293	8800	420	52	14
Phosphor gear bronze (89% Cu, 11% Sn)	1104	8780	355	54	17
Cartridge brass (70% Cu, 30% Zn)	1188	8530	380	110	33.9
Constantan (55% Cu, 45% Ni)	1493	8920	384	23	6.71

ตารางที่ 2.6 ค่าสภาพรณนำความร้อนและค่าการนำความร้อนจำเพาะของทองแดงที่อุณหภูมิต่างๆ

Composition	Properties at Various Temperature (K)						
	k (W/m•k) / C_p (J/kg•K)						
	100	200	400	600	800	1000	1200
Pure Copper	482	413	393	379	366	352	339
	252	356	397	417	433	451	480
Commercial bronze (90% Cu, 10% Al)		42	52	59			
		785	460	545			
Phosphor gear bronze (89% Cu, 11% Sn)		41	65	74			
Cartridge brass (70% Cu, 30% Zn)	75	95	137	149			
		360	395	425			
Constantan (55% Cu, 45% Ni)	17	19					
	237	362					

2.3.6 การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเหลว

2.3.6.1 การกลายเป็นไอ

การกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงเหลวมีความสำคัญต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงและมีผลต่อการควบคุมอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โดยองค์ประกอบที่มีผลกระทบต่ออัตราการกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงมีหลายประการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การแพร่กระจายของเชื้อเพลิงเหลวซึ่งทำให้ อัตราการกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเมื่อพื้นที่ผิวของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น โดยการแพร่กระจาย ทำให้อัตราการเผาไหม้มากขึ้น ปกติทำได้โดยให้เชื้อเพลิงเป็นละออง
2. พลังงานความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอในกระบวนการเผาไหม้
3. ความดันขณะที่เชื้อเพลิงกลายเป็นไอนี้มีความสำคัญ กล่าวคือ ขณะที่ความดันเพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิจากห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นทำให้เชื้อเพลิงเหลวกลายเป็นไอน้ำมากขึ้นไปด้วย เชื้อเพลิงเหลวที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากเมื่ออุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการแตกตัว การแพร่กระจายของเชื้อเพลิงเหลวเกิดขึ้นจากการให้ความดันสถิตแก่เชื้อเพลิงเหลวที่ผ่านหัวฉีด ทำให้เชื้อเพลิงเป็นละออง หยดเชื้อเพลิงที่ออกจากหัวฉีดจะมีความดัน ไม่คงที่ ส่วนที่ระเหยง่ายจะถูกตีไป ผลจากไอเชื้อเพลิงผสมกับอากาศทำให้เกิดปฏิกิริยาก่อนการเผาไหม้

ในงานด้านการพัฒนาหัวเผาในส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งคือการพัฒนาการผสมกันระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงให้ดียิ่งขึ้น จึงออกมาเป็นหัวเผาที่จะกล่าวถึง ในบทต่อไป

2.3.6.2 การผสมของไอเชื้อเพลิงเหลวกับอากาศ

หลังจากเชื้อเพลิงเหลวกลายเป็นไอ และผสมกับอากาศก่อนเกิดการเผาไหม้ ลักษณะของกระบวนการผสมของไอเชื้อเพลิงและอากาศมีความสำคัญคือ การเผาไหม้จะแตกต่างกันระหว่างเชื้อเพลิงเหลวเป็นไอหมดก่อนการเผาไหม้ และเชื้อเพลิงเหลวถูกล้อมรอบด้วยเปลวไฟ และเกิดการเผาไหม้

2.4 ทฤษฎีทางอุณหพลศาสตร์

กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์สำหรับระบบปิด(มวลควบคุม) กล่าวว่า พลังงานที่เข้าหรือออกจากระบบโดยสุทธิซึ่งเป็นผลเนื่องจากความร้อนและงานนั้น ย่อมเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของพลังงานทั้งหมดในระบบ และเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$${}_1Q_2 - {}_1W_2 = E_1 - E_2 = U_2 - U_1 + 1/2m(C_2^2 - C_1^2) + mg(Z_2 - Z_1) \quad (2.12)$$

โดยที่

${}_1Q_2$	=	ปริมาณความร้อนถ่ายเทเข้าระบบ
${}_1W_2$	=	งานที่ให้กับระบบ
$U_2 - U_1$	=	การเปลี่ยนแปลงของพลังงานภายในของระบบ
$1/2m(C_2^2 - C_1^2)$	=	การเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์ของระบบ
$mg(Z_2 - Z_1)$	=	การเปลี่ยนแปลงของพลังงานศักย์ของระบบ

2.5 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน สามารถแยกพิจารณาออกได้อย่างเด่นชัดเป็น 3 แบบ คือ การนำ การพา และการแผ่รังสี

2.5.1 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อนเป็นรูปแบบหนึ่งของการถ่ายเทความร้อน ในลักษณะของการแลกเปลี่ยนพลังงานจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยเคลื่อนแบบจลน์ (Kinetic motion) หรือ การชนกันโดยตรงของ โมเลกุลซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในของไหลที่หยุดนิ่ง ส่วนในกรณีของโลหะนั้นจะเป็นการไหลของกระแสอิเล็กตรอน สำหรับของแข็งที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระมากมายที่เคลื่อนไหลอยู่ภายใน โครงสร้างของ โมเลกุล (Lattice) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีตามไปด้วย ยกตัวอย่างเช่น ทองแดง เงิน เหล็ก เป็นต้น อันเป็นผลจากการนำหรือถ่ายเทพลังงานความร้อน โดยอิเล็กตรอนอิสระเหล่านี้

กฎสหสัมพันธ์ของการนำความร้อน โดยถือเกณฑ์การสังเกตจากการทดลอง กำเนิดจากบิโธท์ (Biot) แต่ต่อมานักฟิสิกส์-คณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ โจเซฟ ฟูริเยร์ (Joseph Fourier) นำหลักการนี้มาวิเคราะห์เป็นทฤษฎีความร้อน กฎนี้กล่าวว่า อัตราการไหลของการนำความร้อนในทิศทางที่กำหนดเป็นสัดส่วนกับพื้นที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อนและเกรเดียนต์ของอุณหภูมิในทิศทางนั้น สำหรับการไหลของความร้อนในทิศทาง x กฎของฟูริเยร์กำหนดเป็น

$$q_x = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad \text{W} \quad (2.13)$$

หรือ $q_x = -k \frac{\partial T}{\partial x} \quad \text{W/m}^2 \quad (2.14)$

โดยที่ q_x คือ อัตราการนำความร้อนที่ผ่านพื้นที่ A ในทิศทางบวก x

q_x คือ ฟลักซ์ความร้อนในทิศทางบวก x

k คือ ค่าการนำความร้อนของวัสดุ (Thermal conductivity of material) และเป็นค่า

บวก

2.5.2 การพาความร้อน (Convection heat transfer)

เมื่อของไหลผ่านวัตถุที่เป็นของแข็งหรือไหลผ่านภายในช่องทางการไหล โดยที่อุณหภูมิของของไหลและผิวของของแข็งมีค่าแตกต่างกัน การถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลและผิวของของแข็งจะเกิดขึ้นเมื่อของไหลเคลื่อนที่สัมผัสกับผิวของของแข็ง กลไกการถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การพาความร้อน” ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดขึ้น โดยการทำขึ้นเอง โดยใช้ปัมหรือพัดลมเป็นตัวทำให้เกิดแรงกระทำให้ของไหลไหลผ่านบนพื้นผิว การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การพาความร้อนแบบบังคับ” (Forced convection) ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดจากแรงลอยตัว ซึ่งมีผลมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในของไหล การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า การพาความร้อนแบบอิสระ หรือการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Free or Natural convection) เช่น ปล่อยแผ่นวัตถุร้อนที่วางอยู่ในแนวตั้งไว้ในอากาศเย็นที่หยุดนิ่ง ชั้นของอากาศที่ติดกับพื้นผิวของแผ่นวัตถุจะมีการเคลื่อนที่เพราะเกรเดียนต์อุณหภูมิในอากาศเป็นผลทำให้เกรเดียนต์ของความหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ โดยการเคลื่อนที่ของของไหลมีผลกระทบต่อสนามอุณหภูมิภายในของไหล การคำนวณหาการกระจายของอุณหภูมิและการถ่ายเทความร้อนแบบการพาในทางปฏิบัติเป็นเรื่องที่สลับซับซ้อนมาในทางวิศวกรรม เพื่อให้การคำนวณหาการถ่ายเทความร้อนง่ายขึ้นระหว่างผิวที่ร้อน T_w และอุณหภูมิของของไหลเย็นที่ไหลผ่านบนผิวที่อุณหภูมิ T_f ตามที่แสดงในรูป 2.1 โดยค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนถูกกำหนดเป็น

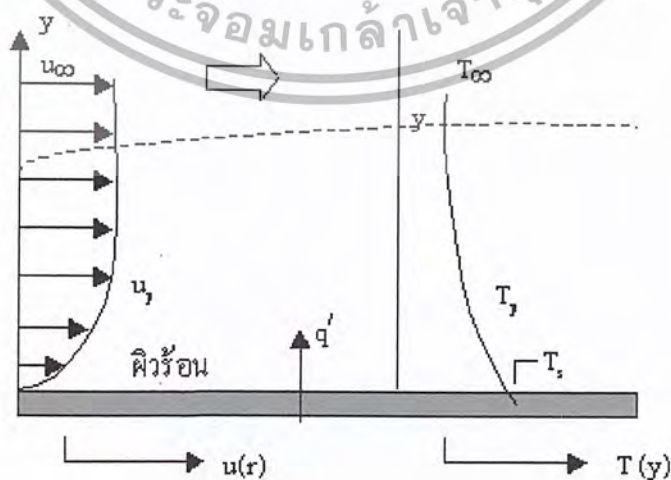
$$q' = h(T_w - T_f) \quad (2.15)$$

โดยที่ q' เป็นฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทจากผนังร้อนไปยังของไหลที่เย็น (มีหน่วยเป็น W/m^2) ถ้าการถ่ายเทความร้อนเกิดจากของไหลที่ร้อน ไปยังผนังเย็น จะได้ว่า

$$q' = h(T_f - T_w) \quad (2.16)$$

โดยที่ q' เป็นฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทจากของไหลที่ร้อน ไปยังผนังเย็น สมการ (อัน(16) เป็นสมการที่ได้มาจากกฎการเย็นตัวของนิวตัน (Newton's law of Cooling) โดยที่อุณหภูมิมีหน่วยเป็นเซลเซียส หรือเคลวิน และค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h มีหน่วยเป็น $W/m^2 \cdot ^\circ C$)

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h (Convection heat transfer coefficient or film convective coefficient) จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของการไหล (เช่น ลามินาร์ หรือเทอร์บูเลนต์) รูปทรงของวัตถุ พื้นที่ที่ของไหลไหลผ่าน คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของของไหล อุณหภูมิเฉลี่ย และตำแหน่งต่าง ๆ ตามพื้นผิวของวัตถุ นอกจากนี้ยังขึ้นกับกลไกของการถ่ายเทความร้อนว่าเป็นการพาความร้อนแบบบังคับ (การเคลื่อนที่ของของไหลเกิดจากปั๊มหรือพัดลม) หรือเป็นการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (การเคลื่อนที่ของของไหลเนื่องจากแรงลอยตัว) ค่าของ h จะแปรเปลี่ยนไปตามตำแหน่งต่าง ๆ ตามพื้นผิววัตถุ ดังนั้นในทางวิศวกรรมแล้ว เพื่อความสะดวกจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยตลอดพื้นผิว (h_m) แทนค่า h ที่ตำแหน่งนั้น ๆ ในการพิจารณาการพาความร้อนตลอดทั้งพื้นผิว สมการ (2.15) และสมการ (2.16) ค่า h จึงถูกแทนด้วยค่า h_m ดังนั้น q' จึงเป็นค่าฟลักซ์ความร้อนเฉลี่ยตลอดบริเวณที่พิจารณา



รูปที่ 2.1 การพัฒนาชั้นของขอบเขตในการพาความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิได้อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสามารถวิเคราะห์ได้จากการพิจารณาการไหลผ่านวัตถุซึ่งมีรูปทรงเรขาคณิตง่าย ๆ เช่น แผ่นเรียบ หรือการไหลภายในท่อทรงกระบอก สำหรับการไหลผ่านวัตถุที่มีรูปทรงสลับซับซ้อน ค่า h สามารถหาได้จากวิธีการทางการทดลอง ซึ่งค่าที่ได้จะมีช่วงของความแตกต่างกันกว้างมากตามแต่ละรูปแบบ สำหรับการประยุกต์ต่าง ๆ ตาราง 2.6 แสดงให้เห็นถึงค่า h ที่ได้จากการไหลในบางรูปแบบ

ตารางที่ 2.7 แสดงค่า h ที่ได้จากการไหลในบางรูปแบบ

ชนิดของการไหล	$h, \text{W/m}^2\text{C}$
การพาแบบอิสระ ที่ $\Delta T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	
แผ่นเรียบแนวตั้ง 0.25 เมตร ใน :	
- อากาศบรรยากาศ	5
- น้ำมันเครื่องยนต์ (น้ำ)	37 (440)
ทรงกระบอกแนวอน O.D. 0.02 เมตร ใน :	
- อากาศบรรยากาศ	8
- น้ำมันเครื่องยนต์ (น้ำ)	62 (741)
ทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.02 เมตร ใน :	
- อากาศบรรยากาศ	9
- น้ำมันเครื่องยนต์ (น้ำ)	60 (606)
การพาความร้อนแบบบังคับ	
อากาศบรรยากาศ $25 \text{ }^\circ\text{C}$, $U_\infty = 10 \text{ m/s}$ ผ่านแผ่นเรียบ :	
$L = 0.1 \text{ m}$	39
$L = 0.5 \text{ m}$	17
การไหลที่ 5 m/s ผ่านทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 cm. :	
อากาศบรรยากาศ	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันเครื่องยนต์	1,800
น้ำที่ 1 kg/s ภายในท่อ 2.5 cm. -I.D.	10,500
การเดือดของน้ำที่ 1 atm.	
- การเดือดในภาชนะ	3,000
- การเดือดที่ฟลักซ์ความร้อนสูงสุด	35,000
- การเดือดเป็นฟิล์ม	300
การกลั่นตัวของไอน้ำที่ 1 atm.	
- การกลั่นตัวเป็นแผ่นบาง ๆ บนท่อแนวนอน	9,000-25,000
- การกลั่นตัวเป็นแผ่นบาง ๆ บนท่อแนวตั้ง	4,000-11,000

สำหรับโครงการนี้เป็นรูปแบบที่เป็นแบบเฉพาะ จึงไม่สามารถนำค่าในตารางที่ 2.6 ไปใช้ได้ จึงต้องใช้การคำนวณทางด้าน Fluid mechanics และ Heat Transfer ซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อไป

2.5.3 การพาแบบบังคับสำหรับไหลภายในท่อ

การไหลภายในท่อมีความแตกต่างจากการไหลภายนอกคือ การไหลภายในท่อมักมีขอบเขตจำกัด โดยที่ความหนาของบาวนด์รีเลเยอร์ ไม่สามารถเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ได้ เพราะว่าเมื่อไหลไปได้ระยะหนึ่ง บาวนด์รีเลเยอร์ก็ก่อตัวเต็มพื้นที่หน้าตัดของท่อจึงไม่สามารถขยายออกไปได้ รูปร่างของความเร็วมักมีลักษณะชัดเจนแน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงต่อไปอีก ซึ่งการไหลลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การไหลที่ปรับตัวเต็มที่แล้ว (fully developed flow)

กรณีฟลักซ์ความร้อนที่ผิวคงที่

กรณีนี้จะพบว่าง่ายที่จะหาค่า q_{conv} ทั้งหมด เพราะว่า q_s'' ไม่ขึ้นอยู่กับ x ดังนั้น

$$q_{conv} = q_s''(P \cdot L) \quad (2.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

การออกแบบและการคำนวณ

ใช้ทฤษฎีการเผาไหม้เบื้องต้นออกแบบหัวเผาให้มีการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ และคำนวณหาขนาดของวัสดุที่ใช้ในการ preheat น้ำมันพืชให้การเป็นไอ ซึ่งการคำนวณความยาวท่อทองแดงที่ใช้ในการ preheat สามารถหาได้จาก

$$q'' = \frac{T_{\infty o} - T_{\infty i}}{\frac{1}{h_o} + \frac{r_o \ln(r_o/r_i)}{K_{\text{copper}}} + \frac{r_o}{r_i h_i}} \quad (3.1)$$

$$h_o = \overline{NU}_D \left(\frac{K_{\infty}}{D_o} \right) \quad (3.2)$$

$$\overline{NU}_D = C Re_D^m Pr_o^n \left(\frac{Pr_o}{Pr_s} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (3.3)$$

$$Re_D = \frac{VD_o}{\nu_{01}} \quad (3.4)$$

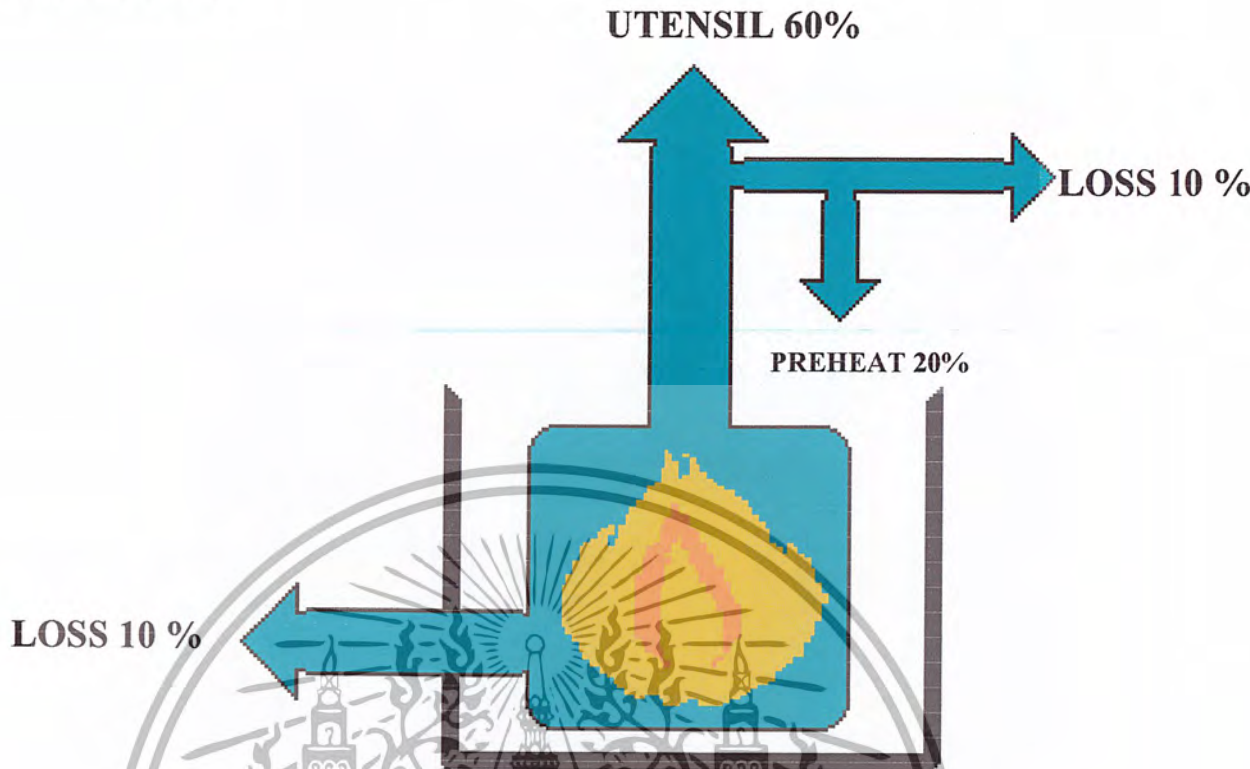
$$h_i = \frac{48}{11} \left(\frac{K_{\infty}}{D_i} \right) \quad (3.5)$$

$$\frac{T_{\infty i2} - T_{\infty i1}}{L} = \frac{q_s P}{mc_p} \quad (3.6)$$

$$q''_s = \frac{q''_{\max} + q''_{\min}}{2} \quad (3.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบหัวเผา



รูปที่ 3.1 แสดงแนวคิดการจัดการความร้อน

แบบที่ 1

โครงการแบบที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อนำพลังงานจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ในรูปแบบของเชื้อเพลิงหุงต้ม ซึ่งมีการศึกษาถึงการนำน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งานแล้วกลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้ง โดยนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เพื่อลดปริมาณแก๊สหุงต้ม

การจุดติดไฟของหัวเผา

ใช้หลักการของ Diffusion Flame คือ ให้อากาศและเชื้อเพลิงผสมกันที่บริเวณเปลวไฟโดยทำให้เกิดการลุกไหม้โดยให้พลังงานในการจุดไฟที่สูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดการลุกไหม้เกิดเปลวไฟขึ้น ปฏิริยาการเผาไหม้เป็นปฏิริยาลูกโซ่จึงสามารถดำเนินต่อไปได้เอง

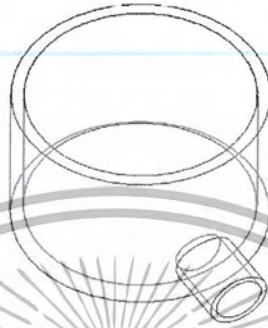
หลักการออกแบบ

3.1 หัวเผาแบบที่ 1

ลักษณะหัวเผาแบบนี้จะเป็นการทดแทนแก๊สหุงต้ม 100% โดยขนาดของหัวเผาระจะออกแบบให้มีรูปทรงและขนาดเหมาะกับการใช้งาน กับเครื่องครัว โดยใช้แก๊สหุงต้ม(LPG)เป็นเชื้อเพลิง ในการอุ่นน้ำมันให้กลายเป็นไอเพื่อที่จะทำให้น้ำมันสามารถจุดติดไฟได้ โดยให้ความร้อนแก่น้ำมันที่ไหลอยู่ในท่อทองแดงที่ขดอยู่ในห้องเผาไหม้ของหัวเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับห้องเผาไหม้ ถูกออกแบบให้บริเวณรอบของผนังมีการเจาะรู เพื่อเติมอากาศจากเครื่องเป่าลม เพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และให้อากาศผสมกับน้ำมันพีชได้ดียิ่งขึ้น โดยออกแบบห้องเผาไหม้ให้อากาศเข้ามาหมุนวนแบบ swirl และมีการ preheat ตัวเอง โดยการผ่านน้ำมันเข้าไปในท่อทองแดงที่ขดอยู่ในห้องเผาไหม้ซึ่งจะได้รับความร้อนจากเปลวไฟในห้องเผาไหม้ หัวจ่ายน้ำมันมีรูเดียวและมีทิศทางพุ่งลง เพื่อให้เปลวไฟกระจายรอบทิศ



รูปที่ 3.2 ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 1 ชั้นนอก

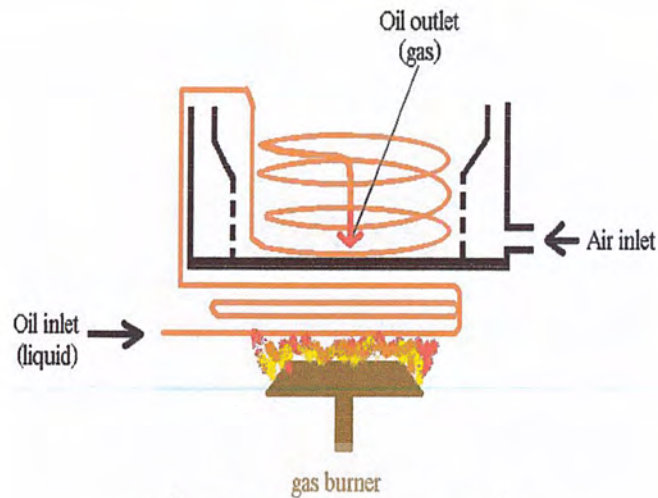


รูปที่ 3.3 ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 1 ชั้นใน



รูปที่ 3.4 ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของหัวเผาแบบที่ 1



รูปที่ 3.6 แสดงแนวคิดการจัดการด้านความร้อนของการ preheat ด้วยก๊าซ LPG ของหัวเผาแบบที่ 1

การคำนวณ

เราจะใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นตัวอย่าง ในการคำนวณ ซึ่งจากตารางที่ 1 เราจะได้ค่าการจุดติดไฟของน้ำมันถั่วเหลือง และเราจะทำการออกแบบ ได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. สมมติค่าเพื่อใช้ในการคำนวณ
 - ที่สภาวะคงที่
 - คุณสมบัติต่าง ๆ คงที่
 - ไม่คิดความแตกต่างของความสูงและความเร็ว
 - การเผาไหม้แบบสมบูรณ์ $\eta = 100\%$
 - น้ำมันที่ใช้แล้วมีคุณสมบัติที่ยังไม่ผ่านการใช้
2. กำหนดอุณหภูมิห้องเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส
3. กำหนดอุณหภูมิในหัวเผาเท่ากับ 400 องศาเซลเซียส ที่สามารถทำให้น้ำมันถั่วเหลืองสามารถติดไฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดน้ำมัน	จุดเกิดควัน	จุดเผาไหม้
น้ำมันละหุ่ง	200	335
น้ำมันข้าวโพด	277	359
น้ำมันถั่วเหลือง	256	256

ตารางที่ 3.1 แสดงจุดที่น้ำมันพืชสามารถติดไฟได้เอง

4. ส่วนผสมของน้ำมันถั่วเหลือง PALMITIC 8.3%, STEARIC 5.4% ,OLEIC 24.9%
LINOLEIC 52.7% ,LINOLENIC 7.9% ,ARACHIDIC 0.9%

5. น้ำมันพืชให้ค่า LHV = 36400 $\frac{KJ}{Kg}$

6. ส่วนแก๊สหุงต้มจะให้ค่า HHV = 50000 $\frac{KJ}{Kg}$

$$LHV = HHV - m_w h_{fg} \quad (3.7)$$

7. ในแก๊สหุงต้มมีส่วนผสมของโพรเพน เป็นส่วนใหญ่บิวเทน เป็นส่วนน้อย

8. ความดันย่อยของไอน้ำ

$$P_v = \frac{\text{จำนวนโมล} \times P_{atm}}{\text{จำนวนโมลของแก๊สเสีย}} \quad (3.8)$$

9.
$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_{water} gh}{\rho_{air}}} \quad (3.9)$$

10.
$$Q_{exit} = mc_p \Delta t \quad (3.10)$$

11.
$$Q_{entrance} = mLHV \quad (3.11)$$

12.
$$\eta = \frac{Q_{exit}}{Q_{entrance}}$$

13. ความหนาแน่นของน้ำมันพืชที่ยังไม่ผ่านการใช้งานเท่ากับ $935.84 \frac{Kg}{m^3}$

14. ความหนาแน่นของน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งานแล้วเท่ากับ $936.23 \frac{Kg}{m^3}$

15. ความหนาแน่นของอากาศเท่ากับ $1.23 \frac{Kg}{m^3}$

ค่าที่ได้จากการคำนวณ

ความยาวของท่อทองแดง

1.5 หุน	ส่วนแก๊ส	53.43	เซนติเมตร	ส่วนน้ำมัน	45.112	เซนติเมตร
2 หุน	ส่วนแก๊ส	51.68	เซนติเมตร	ส่วนน้ำมัน	42.55	เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่พบและแนวคิดในการแก้ไขของหัวเผาแบบที่ 1

1. ต้องเสียเวลาในการรอให้น้ำมันกลายเป็นไอ เนื่องจากมีการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อน โคนอากาศที่อยู่รอบๆ เพราะไม่มีฉนวนกันลม หนทางแก้ไขโดยนำหัวเผาก๊าซLPGที่ใช้ในการ preheat เข้าไปไว้ข้างในหัวเผาน้ำมันซึ่งจะช่วยป้องกันอากาศจากภายนอกได้

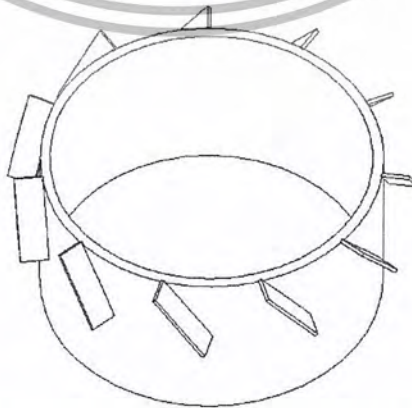
2. พลังงานความร้อนจากแก๊ส LPG ที่ใช้ในการ preheat ส่วนหนึ่งสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ เพราะความร้อนจากเปลวไฟถูกถ่ายให้แก่ขดลวดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นเลย สามารถแก้ไขได้โดยนำหัวเผาก๊าซLPG มาไว้ในหัวเผาน้ำมันเพื่อที่ในขั้นตอนการpreheat ความร้อนจากเปลวไฟส่วนหนึ่งจะได้ถูกถ่ายทอดไปยังภาชนะหุงต้ม

3.2 หัวเผาแบบที่ 2

เป็นแบบดัดแปลงมาจากหัวเผาแบบที่ 1 โดยออกแบบให้อากาศจากเครื่องเป่าลมหมุนวนแบบ swirl โดยครีปที่ติดอยู่ในห้องเผาไหม้ และนำหัวเผาก๊าซLPG มาไว้ข้างในหัวเผาน้ำมัน โดยที่ลักษณะของหัวจ่ายน้ำมันยังคงเป็นแบบเดิม

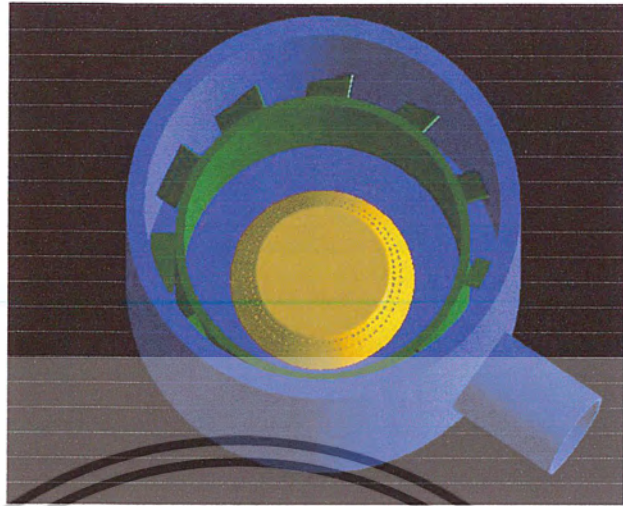


รูปที่ 3.7 ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 2 ชั้นนอก

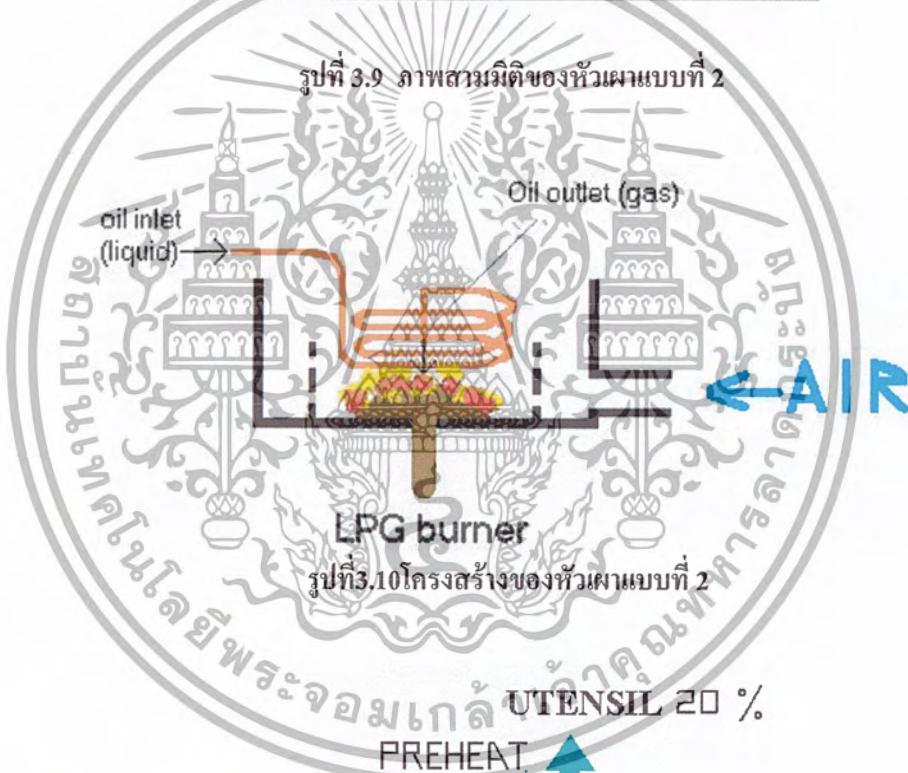


รูปที่ 3.8 ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 2 ชั้นใน

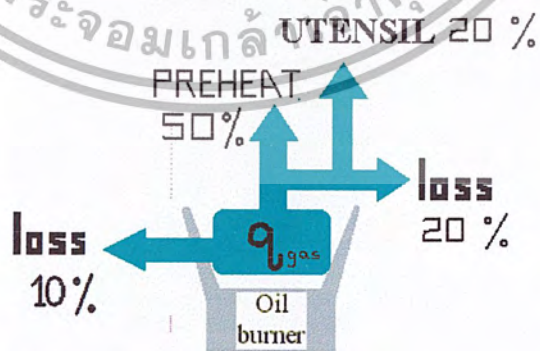
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 2



รูปที่ 3.10 โครงสร้างของหัวเผาแบบที่ 2



รูปที่ 3.11 แสดงแนวคิดการจัดการด้านความร้อนของการ preheat ด้วยก๊าซ LPG ของหัวเผาแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นตัวอย่างในการคำนวณ ซึ่งจากตารางที่ 1 เราจะได้ค่าการจุดติดไฟของน้ำมันถั่วเหลือง และเราจะทำการออกแบบ ได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. สมมติค่าเพื่อใช้ในการคำนวณ
 - a. ที่สภาวะคงที่
 - b. คุณสมบัติต่างๆ คงที่
 - c. ไม่คิดความแตกต่างของความสูงและความเร็ว
 - d. การเผาไหม้แบบสมบูรณ์ $\eta = 100\%$
 - e. น้ำมันที่ใช้แล้วมีคุณสมบัติที่ยังไม่ผ่านการใช้
2. กำหนดอุณหภูมิห้องเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส
3. กำหนดอุณหภูมิในหัวเผาเท่ากับ 400 องศาเซลเซียส ที่สามารถทำให้น้ำมันถั่วเหลืองสามารถติดไฟได้

ตารางที่ 3.1 แสดงจุดที่น้ำมันซึ่งสามารถติดไฟได้เอง

ชนิดน้ำมัน	จุดเกิดควัน	จุดเผาไหม้
น้ำมันละหุ่ง	200	335
น้ำมันข้าวโพด	277	359
น้ำมันถั่วเหลือง	256	256

4. ส่วนผสมของน้ำมันถั่วเหลือง PALMITIC 8.3%, STEARIC 5.4%, OLEIC 24.9%
LINOLEIC 52.7%, LINOLENIC 7.9%, ARACHIDIC 0.9%
5. น้ำมันพืชให้ค่า LHV = $36400 \frac{KJ}{Kg}$
6. ส่วนแก๊สหุงต้มจะให้ค่า HHV = $50000 \frac{KJ}{Kg}$
 $LHV = HHV - m_w h_{fg}$
7. ในแก๊สหุงต้มมีส่วนผสมของโพรเพน เป็นส่วนใหญ่บิวเทน เป็นส่วนน้อย
8. ความดันย่อยของไอน้ำ

$$P_v = \frac{\text{จำนวน โมล} \times P_{atm}}{\text{จำนวน โมลของแก๊สเสีย}}$$

$$9. \quad v = \sqrt{\frac{2 \rho_{water} gh}{\rho_{air}}}$$

$$10. \quad Q_{exit} = mc_p \Delta t$$

$$11. \quad Q_{entrance} = mLHV$$

$$12. \quad \eta = \frac{Q_{exit}}{Q_{entrance}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ความหนาแน่นของน้ำมันพืชที่ยังไม่ผ่านการใช้งานเท่ากับ $935.84 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
14. ความหนาแน่นของน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งานแล้วเท่ากับ $936.23 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
15. ความหนาแน่นของอากาศเท่ากับ $1.23 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

ค่าที่ได้จากการคำนวณ

ความยาวของท่อทองแดง

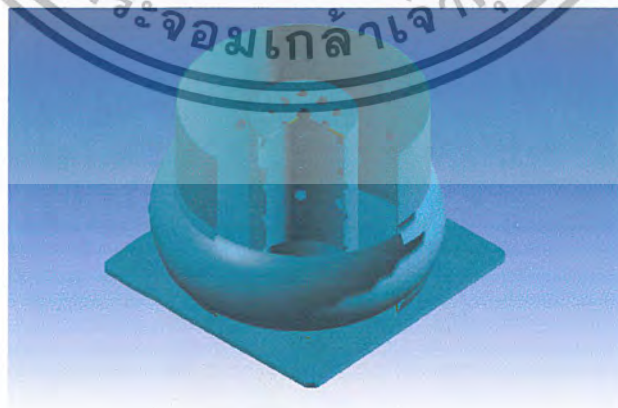
1.5 หุน	50.89	เซนติเมตร
2 หุน	48.28	เซนติเมตร

ปัญหาที่พบในหัวเผาแบบที่ 2

- การผสมกันระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงยังไม่ดีพอซึ่งสังเกตได้จากสีของเปลวไฟ ทำให้ได้อุณหภูมิเฉลี่ยของเปลวไฟประมาณ 643°C ซึ่งไม่สูงมาก
- เวลาในการ preheat มากเกินไป สามารถแก้ไขโดยจัดระบบการ preheat ให้ดีขึ้น ซึ่งจะเป็นไปตามรูปแบบของหัวเผาแบบที่ 3

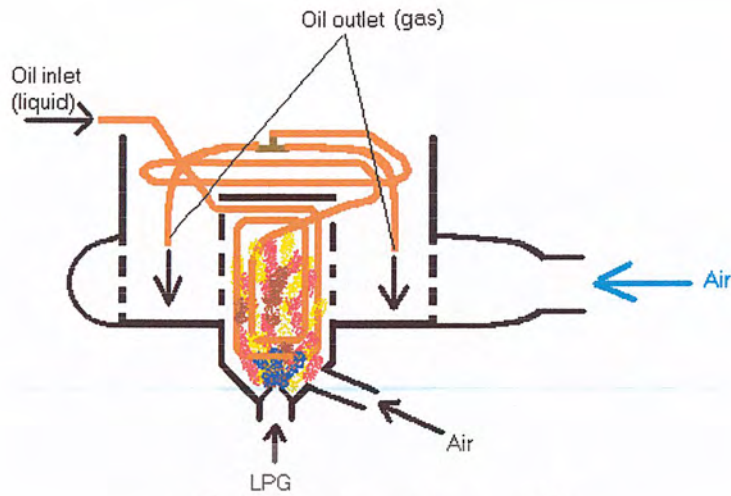
3.3 หัวเผาแบบที่ 3

เป็นการพัฒนาจากหัวเผาแบบที่ 2 การอุ่นน้ำมันใช้ชุดท่อทองแดงที่ขดอยู่ใน preheat chamber ซึ่งมีหลักการทำงานโดยฉีดก๊าซ LPG และอากาศเข้าไปแบบ swirl โดยตรง เพื่อให้มีการ preheat ที่ดีขึ้นเพื่อที่จะลดเวลาในการ preheat ลง แต่ยังสามารถนำความร้อนที่ได้จากก๊าซ LPG ออกมาใช้ได้ เหมือนกับแบบที่ 2 โดยผ่านทางรูที่อยู่รอบๆ preheat chamber ส่วนอากาศที่เป่าเข้ามาที่ห้องเผาไหม้ของน้ำมันเป็นแบบ reverse เพื่อทำให้เกิดการ swirl ของอากาศ

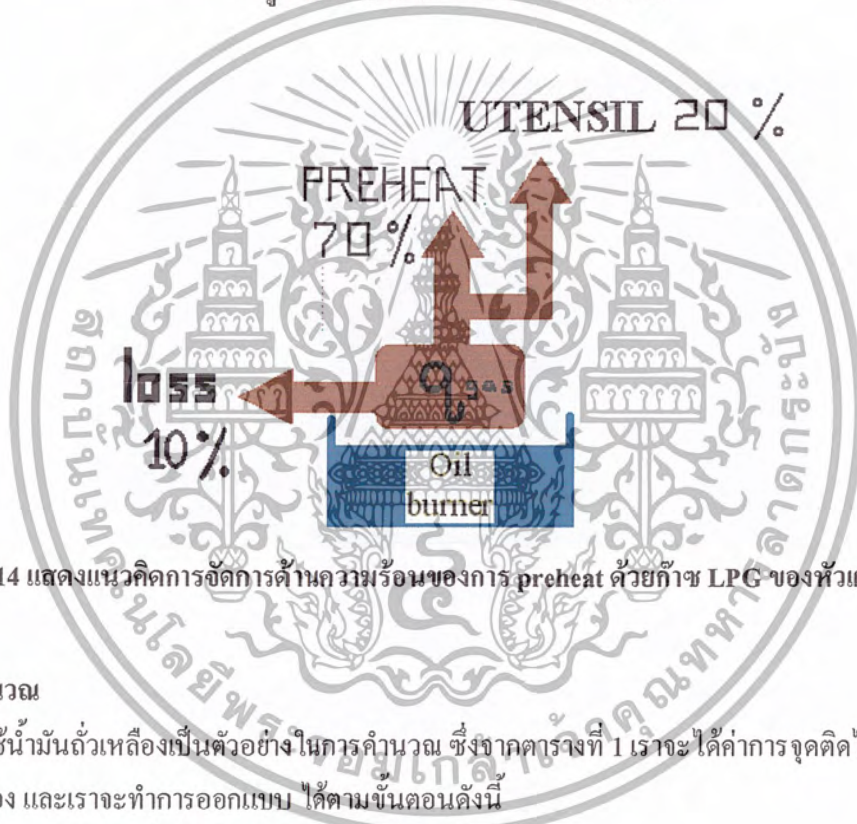


รูปที่ 3.12 ภาพสามมิติของหัวเผาแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 โครงสร้างของหัวเผาแบบที่ 3



รูปที่ 3.14 แสดงแนวคิดการจัดการด้านความร้อนของการ preheat ด้วยก๊าซ LPG ของหัวเผาแบบที่ 3

การคำนวณ

เราจะใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นตัวอย่างในการคำนวณ ซึ่งจากตารางที่ 1 เราจะได้ค่าการจุดติดไฟของน้ำมันถั่วเหลือง และเราจะทำการออกแบบ ได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. สมมติค่าเพื่อใช้ในการคำนวณ
 - f. ที่สภาวะคงที่
 - g. คุณสมบัติต่าง ๆ คงที่
 - h. ไม่คิดความแตกต่างของความสูงและความเร็ว
 - i. การเผาไหม้แบบสมบูรณ์ $\eta = 100\%$
 - j. น้ำมันที่ใช้แล้วมีคุณสมบัติที่ยังไม่ผ่านการใช้
2. กำหนดอุณหภูมิห้องเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส
3. กำหนดอุณหภูมิในหัวเผาเท่ากับ 400 องศาเซลเซียส ที่สามารถทำให้น้ำมันถั่วเหลืองสามารถติดไฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงจุดที่น้ำมันพืชสามารถติดไฟได้เอง

ชนิดน้ำมัน	จุดเกิดควัน	จุดเผาไหม้
น้ำมันละหุ่ง	200	335
น้ำมันข้าวโพด	277	359
น้ำมันถั่วเหลือง	256	256

4. ส่วนผสมของน้ำมันถั่วเหลือง PALMITIC 8.3%, STEARIC 5.4% ,OLEIC 24.9%
 LINOLEIC 52.7% ,LINOLENIC 7.9% ,ARACHIDIC 0.9%

5. น้ำมันพืชให้ค่า LHV = 36400 $\frac{KJ}{Kg}$

6. ส่วนแก๊สหุงต้มจะให้ค่า HHV = 50000 $\frac{KJ}{Kg}$

$$LHV = HHV - m_w h_{fg}$$

7. ในแก๊สหุงต้มมีส่วนผสมของไฮโดรเจน เป็นส่วนใหญ่มีเทน เป็นส่วนน้อย

8. ความดันย่อยของไอน้ำ

$$P_v = \frac{\text{จำนวนโมล} \times P_{\text{atm}}}{\text{จำนวนโมลของแก๊สเสีย}}$$

9.
$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_{\text{water}} gh}{\rho_{\text{air}}}}$$

10.
$$Q_{\text{exit}} = mc_p \Delta t$$

11.
$$Q_{\text{entrance}} = mLHV$$

12.
$$\eta = \frac{Q_{\text{exit}}}{Q_{\text{entrance}}}$$

13. ความหนาแน่นของน้ำมันพืชที่ยังไม่ผ่านการใช้งานเท่ากับ 935.84 $\frac{Kg}{m^3}$

14. ความหนาแน่นของน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งานแล้วเท่ากับ 936.23 $\frac{Kg}{m^3}$

15. ความหนาแน่นของอากาศเท่ากับ 1.23 $\frac{Kg}{m^3}$

ค่าที่ได้จากการคำนวณ

ความยาวของท่อทองแดง

1.5 หุน	ส่วนแก๊ส	51.7	เซนติเมตร	ส่วนน้ำมัน	45.17	เซนติเมตร
2 หุน	ส่วนแก๊ส	49.58	เซนติเมตร	ส่วนน้ำมัน	43.55	เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบการทดลอง

วัตถุประสงค์ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของหัวเผาน้ำมันที่ได้ออกแบบและทำการสร้างขึ้นมา โดยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของหัวเผาที่ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงที่ทดสอบ โดยวิธีเดียวกัน

ตัวแปรควบคุม :

อุณหภูมิน้ำเริ่มต้นและสุดท้ายของการทดลอง

ปริมาณน้ำที่ใช้ทดลองอัตราการไหลของน้ำมันพืช

ตัวแปรต้น :

ขนาดและความยาวของท่อทองแดงในการอุ่นน้ำมัน

ชนิดของหัวเผา

ตัวแปรตาม :

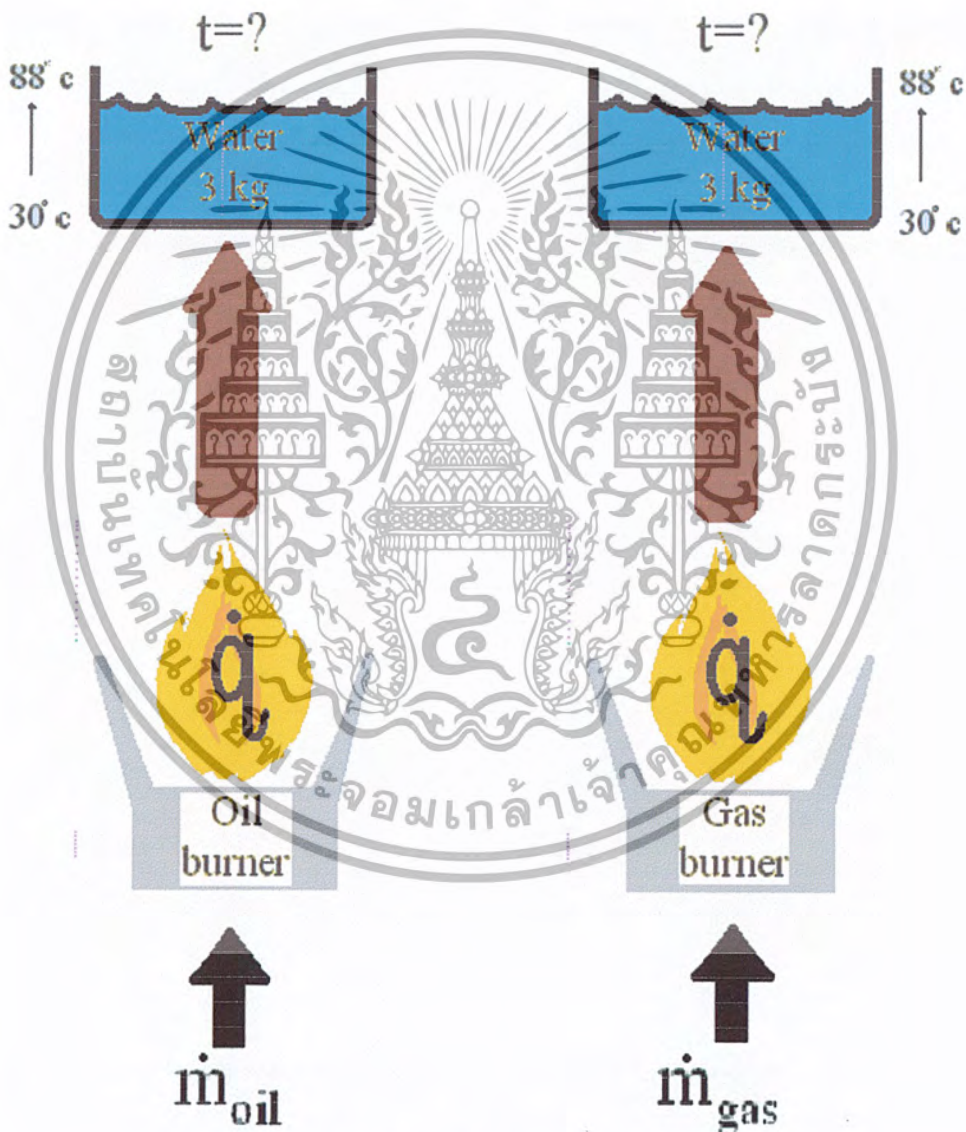
- เวลาในการจุดติดหัวเผา
- อุณหภูมิของเปลวไฟ
- เวลาในการต้มน้ำ
- อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

ทำการต้มน้ำมวล 3 Kg จากอุณหภูมิ 30 °C จนถึงอุณหภูมิ 88 °C โดยใช้หัวเผาที่ได้ออกแบบและทำการสร้างขึ้นมาทั้ง 3 แบบ โดยใช้ขนาดของท่อทองแดง 2 ขนาดคือ 1.5 นิ้วและ 2 นิ้ว ทำการจับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจนได้อุณหภูมิ 88 °C ทำการคำนวณหาปริมาตรของน้ำมันพืชที่ใช้ในการต้มน้ำ จากนั้นทำการทดลองซ้ำโดยใช้เตาแก๊สแทนหัวเผาน้ำมันพืช เพื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการใช้หัวเผาน้ำมันพืชเพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของหัวเผาที่ได้จากการทดลองและมีการติดตั้ง low pressure pump และชุดควบคุมอัตราการไหลแบบปรับค่าได้เพื่อให้ควบคุมอัตราการไหลได้คงที่



รูปที่ 3.15 แสดงขั้นตอนวิธีการคำนวณเพื่อหาค่า q

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

สรุปแนวทางในการพัฒนา

ในการทดลองครั้งนี้ได้พัฒนาหัวเผาน้ำมันพืชขึ้นมา 3 แบบ โดยแบบที่ 1 เป็นการออกแบบหัวเผาโดยหัวเผาที่ใช้สามารถทดแทนแก๊สหุงต้ม 100% ซึ่งมีขนาดของหัวเผาออกแบบให้เหมาะกับการใช้งาน กับเครื่องครัว และใช้แก๊สหุงต้มในการอุ่นน้ำมัน แต่พบว่าหัวเผาแบบนี้ต้องเสียเวลาในการรอให้น้ำมันกลายเป็นไอ ทำให้พลังงานความร้อนจากแก๊ส LPG ที่ใช้ในการ preheat ส่วนหนึ่งสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นจึงมีการออกแบบหัวแบบที่ 2 ซึ่งดัดแปลงมาจากหัวเผาแบบที่ 1 ใช้อากาศจากเครื่องเป่าลมหมุนวนแบบ swirl มีครีบริบที่ติดอยู่ในห้องเผาใหม่เพิ่มการผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศได้ดียิ่งขึ้น โดยทำการติดตั้งหัวแก๊ส LPG ไว้ด้านในหัวเผา ซึ่งผลการทดลองพบว่าการผสมกันระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงยังไม่ดีพอ ทำให้ได้อุณหภูมิของเปลวไฟไม่สูงมากและใช้เวลาในการ preheat มากเกินไป ส่วนหัวเผาแบบที่ 3 พัฒนาจากหัวเผาแบบที่ 2 การอุ่นน้ำมันใช้ชุดท่อทองแดงในการ preheat มีรูปแบบคล้ายกับการขดของท่อใน heat exchanger ซึ่งผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังตารางข้างล่างนี้

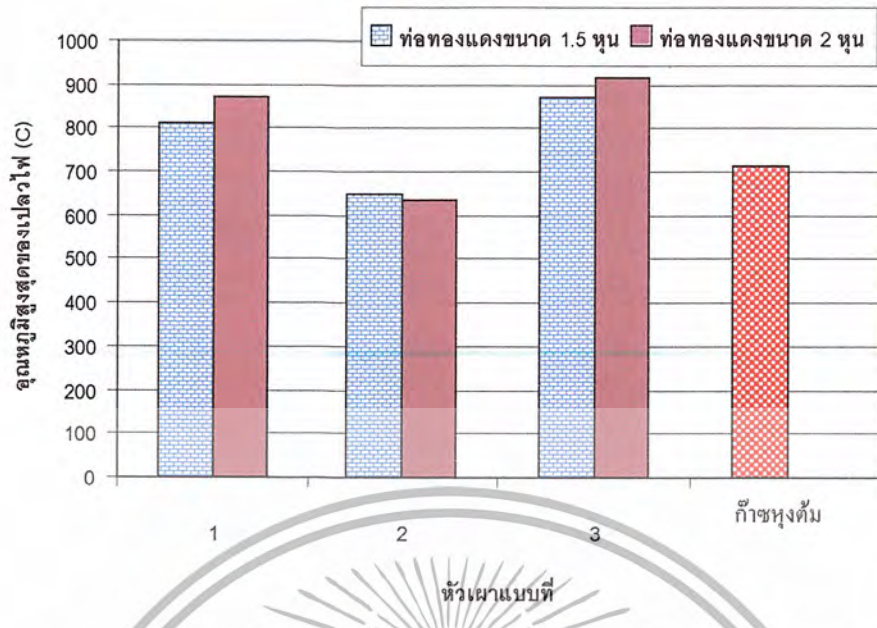
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลอง

การทดลอง	เวลาในการจุดติดไฟ (นาทิจ)	ปริมาณน้ำมันพืชที่ใช้ (cc)	เวลาในการต้มน้ำ 3Kg (นาทิจ)	อุณหภูมิสูงสุด (C)
แบบที่ 1 (1.5 หุ่น)	4.41	135.61	6.53	809
แบบที่ 1 (2 หุ่น)	5:27	126.08	6.24	970
แบบที่ 2 (1.5 หุ่น)	4:34	111.967	5.41	640
แบบที่ 2 (2 หุ่น)	4.59	103.43	5.15	615
แบบที่ 3 (1.5 หุ่น)	2.23	97.19	4.56	871
แบบที่ 3 (2 หุ่น)	2.41	96.86	4.55	917
แก๊สหุงต้ม	ทันที		4.24	712

ในการทดลองต้มน้ำปริมาณ 3 Kg ที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จนมีอุณหภูมิถึง 88 องศาเซลเซียส โดยผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งผลการทดลองพบว่าหัวเผาแบบที่ 1 ซึ่งมีความกว้างของท่อเท่ากับ 2 หุ่น ใช้เวลาในการจุดติดไฟนานที่สุด คือ 5.27 นาที และแบบที่ 1 ขนาด 1.5 หุ่น ใช้ปริมาณน้ำมันพืชมากที่สุดคือ 135.61 cc แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองพบว่าหัวเผาแบบที่ 3 (1.5 หุ่น) ใช้เวลาในการต้มน้ำน้อยที่สุดคือ 4 นาที 55 วินาที แต่ยังใช้เวลานานกว่าหัวเผาก๊าซ LPG ที่ใช้เวลาเพียง 4 นาที 24 วินาที

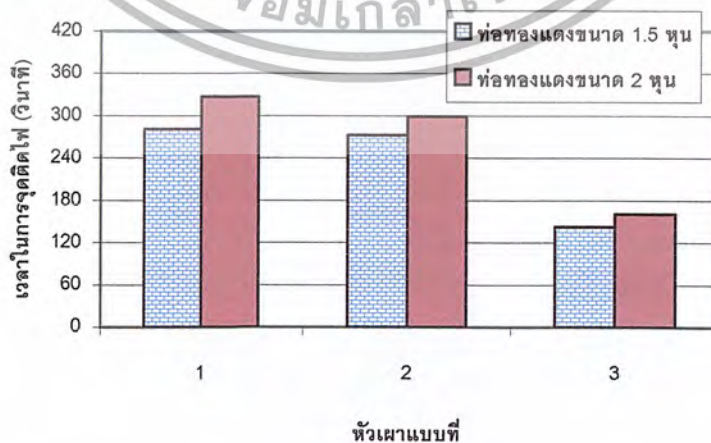
เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับการจุดติดไฟโดยใช้แก๊สพบว่า การใช้แก๊สสามารถจุดติดไฟได้เร็วกว่าหัวเผาทุก ๆ แบบ มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งน้อย สามารถหยุดระบบได้ทันที และเปลวไฟที่ได้ไม่มีควันและกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิสูงสุดของเปลวไฟในหัวเผาแต่ละแบบ

แต่จากการทดลองดังกล่าวพบว่าปัญหาที่พบในการทดลองครั้งนี้เกิดเนื่องจากระบบการส่งน้ำผ่านเชื้อเพลิงของชุดทดลองใช้การส่งลงจากที่สูงโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงซึ่งทำให้ไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลให้คงที่ตลอดเวลาได้ ทำให้ไม่สามารถทำการทดลองที่นำเชื้อถั่วได้ ดังนั้นจึงทำการแก้ปัญหาที่พบในการทดลองโดยทำการติดตั้ง low pressure pump และชุดควบคุมอัตราการไหลแบบปรับค่าได้ ซึ่งเมื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดของเปลวไฟกับหัวเผาแบบต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการใช้แก๊สหุงต้ม (รูปที่ 4.1) พบว่าหัวเผาน้ำมันพืชแบบที่ 3 ให้อุณหภูมิของเปลวไฟสูงสุดเท่ากับ 917 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แก๊สพบว่าความร้อนที่ได้จากหัวเผาแบบที่ 1 และ หัวเผาแบบที่ 3 ซึ่งมีความกว้างของท่อทั้งสองแบบให้ความร้อนสูงกว่าการใช้แก๊ส หัวส่วนเผาแบบที่ 2 ให้ปริมาณความร้อนน้อยกว่าการใช้แก๊ส



รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงเวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟของหัวเผาแต่ละแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟเปรียบเทียบกับหัวเผา น้ำมันพืชแบบต่าง ๆ พบว่าหัวเผาแบบที่ 3 (1.5 หุน) ใช้ในการจุดติดไฟเร็วที่สุด คือ 2.23 นาที ส่วนหัวเผาแบบที่ 1 (2 หุน) ใช้เวลาในการจุดติดไฟนานที่สุด แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่าหัวแก๊สสามารถจุดติดไฟได้ทันที

ในการทดลองคัมน์้ำ 3 Kg โดยให้มีอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 88 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันพืชและเวลาที่ใช้ในการคัมน์้ำพบว่าหัวเผาน้ำมันพืชแบบที่ 3 (2 หุน) ใช้ปริมาณน้ำมันพืชและเวลาในการคัมน์้ำน้อยกว่าหัวเผาแบบอื่น ๆ คือ 96.86 cc และ 4 นาที 55 วินาที เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับการใช้แก๊สหุงต้มพบว่าแก๊สหุงต้มใช้เวลาในการคัมน์้ำเร็วกว่าหัวเผาน้ำมันพืชทั้ง 3 แบบ

ผลการทดลองที่ได้จะนำไปคำนวณหาค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการคัมน์้ำและความร้อนเกิดขึ้นในกระบวนการ และประสิทธิภาพของหัวเผานิตต่าง ๆ โดยความร้อนที่ได้สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$Q_{input} = mLHV \quad (3.18)$$

$$Q_{output} = mc_p \Delta T \quad (3.19)$$

ส่วนประสิทธิภาพจากหัวเผาหาได้จาก

$$\eta_{burner} = \frac{Q_{output}}{Q_{input}} \quad (3.20)$$

ตารางที่ 4.4 แสดงประสิทธิภาพและข้อสังเกตที่ได้จากหัวเผาแบบต่าง ๆ จากตารางสามารถสรุปได้ว่าแก๊สหุงต้มใช้ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและเวลาในการหุงระบบน้อยที่สุด ไม่มีเสียงในขณะที่ติดเปลวไฟ เปลวไฟที่ได้ไม่มีควันและกลิ่น ส่วนหัวเผาน้ำมันพืชมีข้อดีคือให้พลังงานความร้อนมากกว่าการใช้แก๊สหุงต้ม และหัวเผาแบบที่ 3 มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแก๊สหุงต้ม

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและข้อสังเกตที่ได้จากหัวเผาใช้น้ำมันพืช 3 แบบ

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง	2050	2170	2150	2200	2150	2300	1500
เวลาในการหยุดระบบ	เกือบทันที	เกือบทันที	เกือบทันที	เกือบทันที	เกือบทันที	เกือบทันที	ทันที
เสียง	มี	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี
ควัน	มี	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี
กลิ่น	มี	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี
การดูแลรักษา	ต้อง	ต้อง	ต้อง	ต้อง	ต้อง	ต้อง	ไม่ต้อง
สารเหนียวดำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	น้อย
Q output (KJ)	727.15	727.15	727.15	727.15	727.15	727.15	727.15
Q input (KJ)	4491.76	4176.17	3708.91	3425.97	3219.22	3208.39	2865.63
ประสิทธิภาพ	0.16	0.17	0.20	0.21	0.23	0.23	0.25

เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้วกับแก๊สหุงต้ม โดยกำหนดให้ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ให้พลังงาน 10.87 kw

ซึ่ง	gas burner ค่าเชื้อเพลิง	= 114.912	บาท
	oil burner ค่าไฟฟ้าของ blower	= 3.213	บาท
	ค่าเชื้อเพลิง (used oil)	= 28.64	บาท
	รวมค่าใช้จ่ายของการใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว	= 31.853	บาท
	ค่าเชื้อเพลิง (new oil)	= 358.787	บาท
	oil burner ค่าไฟฟ้าของ blower	= 3.213	บาท
	รวม	= 362.00	บาท

ซึ่งจากการคำนวณค่าใช้จ่ายของการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองแบบพบว่า การใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว สามารถลดค่าใช้จ่ายจากการใช้แก๊สหุงต้มจาก 362 บาท เหลือ 31.853 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 เปลวไฟที่ได้จากหัวเผาแบบที่ 1



รูปที่ 4.4 เปลวไฟที่ได้จากหัวเผาแบบที่ 2



รูปที่ 4.5 เปลวไฟที่ได้จากหัวเผาแบบที่ 3

จากรูปที่ 4.1 เปลวไฟที่ได้จากหัวเผาแบบที่ 1 ไม่กระจายรอบหัวเผาและอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ไม่เพียงพอ โดยการออกแบบหัวเผาแบบที่ 2 ขึ้นมาโดยได้ลักษณะของเปลวไฟดังรูปที่ 4.2 ซึ่งอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้มีเพิ่มขึ้นแต่ยังไม่เพียงพอ และการกระจายไม่ดีพอ จึงออกแบบหัวเผาแบบที่ 3 ได้ลักษณะของเปลวไฟดังรูปที่ 4.3 ซึ่งเปลวไฟเกิดการ swirl ทำให้แก้ปัญหาเรื่องการกระจายของเปลวไฟได้ดี และอากาศที่อัดเพื่อใช้ในการเผาไหม้มากขึ้นสังเกตได้จากการเผาไหม้เกิดควันน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบสามารถวิเคราะห์ได้ว่า หัวเผาแบบแก๊ส LPG มีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกับ หัวเผาทั้ง 4 ชนิด ส่วนหัวเผาน้ำมันพืชที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ หัวเผาแบบที่ 3 ซึ่งให้เปลวไฟอุณหภูมิสูงสุดด้วย สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้ ซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปได้ในตารางที่ 5.1

อุณหภูมิที่วัดได้เป็นอุณหภูมิ ณ สภาวะสมดุล (Equilibrium Temperature) ระหว่างความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้กับความร้อนที่สูญเสียจากเทอร์โมคอปเปิลคู่สี่งัดล้อม

ตารางที่ 5.1 ผลเปรียบเทียบด้านต่างๆของหัวเผาน้ำมันพืชทั้ง 3 แบบและหัวเผาแก๊ส LPG

การทดลอง	type 1(1.5)	type1(2)	type2(1.5)	type2(2)	type3(1.5)	type3(2)	gas LPG
เวลาในการจุดติดไฟ	4:41	5:27	4:34	4:59	2:23	2:41	ทันที
ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (cc)	135.61	126.08	111.97	103.43	97.19	96.86	
เวลาในการต้มน้ำ 3กก (นาที)	6:53	6:24	5:41	5:15	4:56	4:55	4:24
คุณสมบัติของน้ำมันพืชที่ใช้	ใช้ได้ช่วงกว้าง	ใช้ได้ช่วงกว้าง	ใช้ได้ช่วงกว้าง	ใช้ได้ช่วงกว้าง	ใช้ได้ช่วงกว้าง	ใช้ได้ช่วงกว้าง	ใช้ได้ช่วงกว้าง
ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง	2050	2170	2150	2200	2150	2300	1500
การหยุดการเผาไหม้	เกือบทันที	เกือบทันที	เกือบทันที	เกือบทันที	เกือบทันที	เกือบทันที	ทันที
เสียง	มี	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี
ควัน	มี	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี
กลิ่น	มี	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี
การดูแลรักษา	ต้อง	ต้อง	ต้อง	ต้อง	ต้อง	ต้อง	ไม่ต้อง
สารเหนียวดำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	น้อย
Q output (KJ)	727.146	727.146	727.146	727.146	727.146	727.146	727.146
Q input (KJ)	4491.76	4176.172	3708.905	3425.968	3219.216	3208.391	2865.628
ประสิทธิภาพ	0.161884428	0.174117828	0.196054091	0.212245415	0.225876735	0.226638835	0.253747521
อุณหภูมิสูงสุด	809	870	651	635	871	917	712

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. David W. Pensen ; “Combustion Theory” ,A Wiley – Interscience Publication,1989
2. ญัฐกรณ์ ธรรมโกสิทธิ์ ; “Fire For Life” , Mitr-Maitree publishing ,1992
3. Reynolds W.C ; “Thermodynamics” , McGraw – Hill BookComppany , 1965
4. Lever R. Cool ; “Heat Transfer” , Harper and Row Publishers, New York, 1980



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้