



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เครื่องผลิตแก๊สซิไฟเออร์จากยางรถยนต์

โดย นายประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จังหวัดนครนายก

บทคัดย่อ

การออกแบบเตาแก๊สซีฟเอร์ที่ใช้กับยางรถยนต์เป็นเชื้อเพลิงแบบแก๊สไหลขึ้นบน เพื่อหลีกเลี่ยงเถ้า และยางเหนียวจากยางรถยนต์ที่มีปริมาณมาก อาจจะเข้าไปอุดตันระบบการไหลของแก๊สในส่วนตะแกรงเตา

ระบบแก๊สซีฟเอร์ที่ออกแบบเบื้องต้นประกอบด้วยชุดเตาปฏิกรณ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 400 มม. สูง 1,800 มม. ชุดควบแน่นน้ำมัน และชุดทำความสะอาดแก๊สด้วยระบบสเปรย์น้ำ และชุดหัวเผา

จากการทดลองเบื้องต้นที่ชุดสเปรย์น้ำ มีผงเขม่าดำปะปนออกมาน้อยมาก และมีละอองน้ำมันเชื้อเพลิงติดปะปนออกมา ส่วนชุดควบแน่นน้ำมัน ได้น้ำมันออกมาระดับหนึ่ง แต่แก๊สที่ได้การติดไฟยากเนื่องจากค่าความร้อนเชื้อเพลิงแก๊สต่ำ จึงหยุดระบบชุดสเปรย์น้ำที่ใช้ทำความสะอาดแก๊สและชุดควบแน่นน้ำมันดังกล่าวออกเพื่อลดการสูญเสียแรงดันในระบบและค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ซึ่งปรากฏเปลวไฟที่หัวเผาลุกไหม้ดีมากขึ้น ผงเขม่าดำถูกเผาไหม้หมดไม่มีเขม่าดำ ปรากฏที่เปลวไฟของแก๊ส

จากการทดลองเผายางรถยนต์ครั้งละ 25 กก. ในระหว่างการทดลองแรกใช้เชื้อเพลิงยางในรถยนต์ 100 เปอร์เซ็นต์ ยางจะจับเหนียวเป็นก้อนและอุดช่องอากาศคอเตา จึงได้กำหนดอัตราส่วนผสมยางนอก ต่อ ยางใน 1:1; 2:1 และ 3:1

ค่าพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงยางกำหนดที่ 37,114.78 kJ/kg และ แก๊สซีฟเอร์ 5,450 kJ/m³ ส่วนค่าความเร็วลมที่หัวเผาแปรจะตามการบังคับลมของลิ้นบังคับลมปีกผีเสื้อที่ 30, 60, 90 องศา และการสูญเสียแรงดันเชื้อเพลิงในเตาซึ่งจะแปรตามอัตราส่วนผสมของยางนอกต่อยางในค่าความเร็วลมที่ได้อยู่ในช่วง 1.71-3.55 เมตรต่อวินาที ค่าพลังงานความร้อนที่ระบบผลิตได้อยู่ในช่วง 73.19 – 150.67 kW ที่ความเร็วลม 1.171 และ 3.52 m/sec ประสิทธิภาพความร้อนระบบเตาอยู่ในช่วง 65.2-73.1 เปอร์เซ็นต์

ดัชนีปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ต่อน้ำหนักเชื้อเพลิงยางให้อยู่ในช่วง 4.44 - 4.9 ลูกบาศก์เมตร ต่อ กิโลกรัมยาง

ความเร็วลม 3.41 เมตรต่อวินาที อัตราส่วนผสมยางนอกต่อยางใน 1:1 ประสิทธิภาพความร้อนระบบเตาสูงสุด 73.19 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ต่อน้ำหนักเชื้อเพลิงยาง 4.9 ลูกบาศก์เมตร ต่อ กิโลกรัมยาง

Abstract

This research project aims to design upward-flow gasifier that using rubber tire as fuel to alleviate blockage problem at gasifier screen of ash and gum generated from rubber tire combustion.

The system consist of 400 mm diameter 1800 mm height kiln, fuel oil condensation set, water-spray gas cleaner set and gas burner set.

Preliminary investigation found smut and fuel droplets at waste water discharge from water-spray gas cleaner set, some of fuel oil obtained at fuel oil condensation set and low heating value fuel gas was generated at this working condition due to excessive pressure loss inside fuel oil condensation set and water-spray gas cleaner set. Thereafter, higher fuel gas was obtained when stop condensation set and water-spray gas cleaner set working and no smut and fuel droplets found.

Primary experimental result of inner rubber tire burner of 25 kg found that burned product form a sticky gum clogged air-way inside gasifier. The 1:1, 1:2 and 1:3 ratio of inner and outer tire was selected for another experiment.

The heating value of 37,114.78 kJ/kg and 5,450 kJ/m³ were found for rubber tire and gasifier. The wind speed of gas burner set varied between 1.77-3.55 m/s depend on level of air-throttle butterfly valves (30, 60 and 90 deg) and pressure loss during fuel burn which depend on ratio of inner and outer tire. However, 73.19-150.67 kW heat energy was measured at 1.17-3.52 m/s wind speed, 65.2-73.1 % of heat efficiency of gasifier and 4.44 m³/kg of fuel gas and burner source mass index was calculated.

At 3.4 m/s wind speed of gas burner set and 1:1 inner and outer rubber tire burn, 73.19 % of heat efficiency of gasifier and 4.9 m³/kg of fuel gas and burner source mass index was found.

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้เลี้ยงดูและให้การศึกษาแก่ข้าพเจ้า ขอ
กราบขอบพระคุณครู อาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า
ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ให้ทุนวิจัยในครั้งนี้ งานวิจัยฉบับนี้หวังว่าจะ
เป็นประโยชน์ต่อประชาชนและประเทศชาติ

นายประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1	
บทนำ.....	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย.....	3
ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2	
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
สถานการณ์ยางในประเทศไทย.....	4
ส่วนประกอบในยางรถยนต์.....	4
การจัดการยางใช้แล้วในปัจจุบัน.....	4
การแปรรูปยางใช้แล้ว.....	5
ยางที่ใช้แล้วและพลังงาน.....	5

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยางรถยนต์.....	5
กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส.....	7
เตาผลิตแก๊ส (Gasifier).....	7
ปฏิกิริยาที่สำคัญที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นของ Gasifier.....	11
บทที่ 3	
การออกแบบและคำนวณ.....	13
การออกแบบระบบแก๊สซิไฟเออร์.....	13
การคำนวณการหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนเตา.....	15
ดัชนี การให้แก๊สเชื้อเพลิงต่อการใช้เชื้อเพลิง.....	17
ตัวอย่างการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อนเตา.....	17
ตัวอย่างการ หาดัชนี.....	18
บทที่ 4	
การออกแบบการทดลอง.....	19
อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทำการทดลอง.....	19
วิธีการทดลอง.....	22
ผลที่ได้จากการทดลอง.....	22
บทที่ 5	
สรุปและข้อเสนอแนะ.....	32
ข้อเสนอแนะ.....	32
ปัญหาและอุปสรรค.....	32

บรรณานุกรม.....	33
-----------------	----

ภาคผนวก	34
---------------	----



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ส่วนผสมโดยประมาณของยางรถยนต์.....	6
ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลองอัตราส่วน ยางนอก :ยางใน เป็น 1:1.....	26
ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดลองอัตราส่วน ยางนอก: ยางใน เป็น 2:1.....	27
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทดลองอัตราส่วน ยางนอก: ยางใน เป็น 3:1.....	28



สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของระบบแก๊สซีไฟเออร์.....	13
รูปที่ 4.1 เชื้อเพลิงยางนอกรถยนต์.....	20
รูปที่ 4.2 เชื้อเพลิงยางในรถยนต์.....	20
รูปที่ 4.3 ตาชั่งน้ำหนักขนาด 15 กิโลกรัม.....	20
รูปที่ 4.4 ตาชั่งละเอียดขนาด 1 กรัม.....	20
รูปที่ 4.5 เครื่องวัดความเร็วลม.....	20
รูปที่ 4.6 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบโลหะคู่.....	20
รูปที่ 4.7 ถังนิรภัยป้องกันการระเบิดและจามของเตา.....	21
รูปที่ 4.8 ชุดทำความสะอาดแก๊สด้วยน้ำ.....	21
รูปที่ 4.9 ชุดควบแน่นน้ำมัน.....	21
รูปที่ 4.10 ชุดกรองกลับ.....	21
รูปที่ 4.11 ช่องจุดเตา.....	21
รูปที่ 4.12 ชุดพัดลมเป่าอากาศเข้าเตา.....	21
รูปที่ 4.13 ชุดปั้มน้ำใช้ในระบบทำความสะอาดแก๊ส หอควบแน่น.....	22
รูปที่ 4.14 น้ำมันที่ไหลออกจากหอควบแน่น.....	23
รูปที่ 4.15 น้ำมัน คีบที่ได้จากหอควบแน่น.....	23
รูปที่ 4.16 น้ำมันคีบทดลองจุดไฟ.....	24
รูปที่ 4.17 ถังย่างที่หลีกเลี่ยงจากการเผาไหม้.....	24
รูปที่ 4.18 ปรากฏการณ์ของน้ำมันสีขาวน้ำมันที่ได้จากการควบแน่นเมื่อหยุดระบบควบแน่น.....	24
รูปที่ 4.19 เปลวไฟที่หัวเผาระยะแรกจะปรากฏปริมาณแก๊สจะเพิ่มขึ้นละอองน้ำมันสีขาว	
คล้ายหมอกควัน.....	24
รูปที่ 4.20 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเปลวไฟสีส้มรูปที่ เมื่อปรับความเร็วลมเพิ่มได้ปริมาณ	
ไม่มีควันเปลวไฟที่ หัวเผาแก๊สเพิ่มขึ้น	24
รูปที่ 4.21 การเผยแพร่สู่สาธารณะบนวารสารยานยนต์ และYouTube.....	24
รูปที่ 4.22 แผนภูมิแสดงอัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่อชั่วโมง.....	25

รูปที่ 4.23 แผนภูมิแสดงค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากเตาต่อเวลา.....	26
---	----

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 4.24 แสดงประสิทธิภาพพลังงานความร้อนของระบบเตาแก๊สซีฟออร์	
ใช้ยางรถยนต์ เป็นเชื้อเพลิง.....	30
รูปที่ 4.25 แผนภูมิแสดงปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ต่อเวลา.....	31
รูปที่ 4.26 แผนภูมิแสดงปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ต่อ 1 กิโลกรัมเชื้อเพลิงยาง.....	31



บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากสถานะในปัจจุบันประเทศไทยต้องเสียเงินเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานหลายแสนล้านบาท ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศจำนวนมาก นับวันปัญหาพลังงานจะเป็นปัญหาเพิ่มมากขึ้นเป็นทวีคูณ เนื่องจากราคาพลังงานสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและจะขาดแคลนในอนาคต รัฐบาลพยายามหาแนวทางในการแก้ปัญหาไม่ว่าจะเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน การใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การหาแหล่งพลังงานเพิ่มเติม และการใช้พลังงานทดแทน เพื่อให้ปัญหาดังกล่าวคลี่คลายลง จากปัญหาดังกล่าวในปัจจุบันประเทศไทยมีขบวนการรถยนต์ที่หมดสภาพจากการใช้งานปีละหลายล้านคัน ซึ่งยังไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง และยังเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อคิดจะนำมาใช้ในรูปพลังงานทดแทน ในลักษณะการเผาไหม้โดยตรงก็จะมีปัญหาในเรื่องมลภาวะในอากาศ เนื่องจากเมื่อถูกเผาไหม้จะเกิดควันและเขม่าดำ จากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และมีผงถ่านดำ (Carbon Black) ที่ผสมลงไปในยางเพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการคงทนต่อสภาพการใช้ของยาง ที่ปะปนออกมา ทำให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศไม่ว่าจะเป็นปัญหากลิ่นและควันต่อชุมชน

ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยนำขบวนมาเผาในเตาปฏิกรณ์ที่มีการกำจัดอากาศ จะเกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ,แก๊สมีเทน (CH₄) ซึ่งเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน คือ เครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้โดยตรงเลย โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์หรือใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้ร่วมกับน้ำมันดีเซลบางส่วน หรือนำไปใช้กับหัวเผา ซึ่งความร้อนที่ได้จากการเผาสามารถใช้กับหม้อต้มไอน้ำ (Boiler) ใช้ในการอบแห้ง เช่น อบแห้งยางพารา ฯลฯ มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องก็จะเกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติอย่างมหาศาล ทั้งในด้านของพลังงาน และสิ่งแวดล้อม

หลักการทำงานของเตาปฏิกรณ์ ภายในเตาขณะเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจะเกิดโซนต่างๆ ภายในเตา บริเวณที่ใกล้หัวจ่ายลมจะเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ความร้อนจากโซนนี้จะถ่ายออกไปยังโซนรอบข้าง ทำให้เชื้อเพลิงกลายเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และน้ำมันดิน (Tar) เกิดขึ้น น้ำมันดิน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์นี้จะถูกบังคับให้ย้อนกลับมาผ่านโซน

ที่กลับมาถูกไหม้อย่างสมบูรณ์ ทำให้น้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นแก๊สที่มีคุณภาพ หลังจากนั้นแก๊สก็จะถูกทำให้สะอาด และลดอุณหภูมิลงด้วยไซโคลนเปียก และกรองแห้ง ก็จะได้แก๊สที่มีความสะอาดสามารถนำไปใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงได้ ทั้งในรูปเผาไหม้ให้ความร้อนโดยตรง หรือใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ทั้งเครื่องยนต์แก๊สโซลีน และเครื่องยนต์ดีเซล

เตาที่ออกแบบจะประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังนี้

(1)ระบบป้อนยาง โดยยางที่ถูกตัดเป็นชิ้น ให้มีขนาดประมาณ 1 นิ้ว ใส่งใน Hopper ยางจะถูกป้อนเข้าลงในเตาอย่างช้าๆ โดยสกรูเกลียวทำหน้าที่เป็นตัวป้อนยาง

(2)เตาปฏิกรณ์จะประกอบด้วย

- ช่องจุดไฟเตาในขณะเริ่มแรกของการเดินเตา
- หัวจ่ายลมมายังบริเวณการเผาไหม้
- ใบกวนป้องกันการจับกันเป็นก้อนของยาง และช่วยทำให้เชื้อเพลิงไหลเข้าสู่โซนของการเผาไหม้ได้ดีขึ้น
- ช่องแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไปสู่ไซโคลน
- ช่องระบายไถ่

(3)ชุดทำความสะอาดแก๊ส จะประกอบไปด้วยไซโคลนเปียก และตัวกรองแห้ง ทำหน้าที่

ดักฝุ่น และเขม่า จะประกอบไปด้วยตัวไซโคลน 2 ตัวที่ต่ออนุกรมกันตัวไซโคลนจะมีปั้มน้ำแรงดันสูงทำหน้าที่ฉีดน้ำให้เป็นละออง และมีถังตกตะกอนของน้ำ 2 ใบแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ออกจากเตาปฏิกรณ์ แก๊สดังกล่าวจะมีฝุ่น และเขม่า Carbon Black ที่ผสมอยู่ภายในยางหลุดออกมา ในขั้นแรกจะถูกกำจัดด้วยไซโคลนเปียก ซึ่งจะมีหัวฉีดละอองน้ำเป็นตัวช่วย ทำให้ Carbon Black ไหลลงสู่ถังตกตะกอน น้ำที่ไหลลงสู่ถังตกตะกอนจะไหลผ่านไปยังถังพัก เพื่อปั้มกลับไปใช้ใหม่ ซึ่ง Carbon Black ที่ได้ดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผสมเพื่อผลิตยางเกรดต่ำได้ เช่น ยางรองพื้นในรถยนต์ แผ่นยางรองเครื่องจักร แผ่นยางกันโคลน ฯลฯ หลังจากนั้นแก๊สจะผ่านไปยังกรองแห้งที่ใช้ใยแก้วเป็นตัวดักฝุ่น และละอองน้ำที่ติดมากับแก๊ส

(4)ชุดพัฒนาคูณแก๊สเพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องภายในเตาปฏิกรณ์ แต่ถ้าในกรณีที่แก๊สถูกนำไปใช้กับเครื่องยนต์ที่สันดาปภายใน เมื่อเครื่องยนต์เดินดีแล้วก็ไม่จำเป็นต้องใช้พัฒนาคูณแก๊สดังกล่าว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สร้างเครื่องผลิตแก๊สจากยางรถยนต์
2. ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน
3. ลดปัญหาสิ่งแวดล้อม
4. สามารถนำวัสดุที่ทิ้งนำกลับมาใช้ให้เป็น
5. เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ไร้ประโยชน์
6. นำผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง(carbon black) ที่ได้มาใช้

ขอบเขตการวิจัย

1. สร้างเตาผลิตแก๊สซิฟิเคชันแบบ ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 0.75 ลูกบาศก์เมตร แบบชนิด Drown Draft ซึ่งลักษณะเตาชนิดนี้จะมีข้อได้เปรียบคือ แก๊สที่ได้จะมีความสะอาด ปริมาณน้ำมันดินที่ ติดมาจะมีปริมาณน้อย
2. เปรียบเทียบปริมาณของแก๊สที่เกิดขึ้นกับ ปริมาณของการสิ้นเปลืองปริมาณยางรถยนต์ ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ
 1. สร้างเครื่องผลิตแก๊สซิฟิเคชันที่สามารถนำยางรถยนต์ที่หมดสภาพการใช้งานแล้วมาใช้ ใน รูปพลังงานทดแทน ซึ่งสามารถลดการนำเข้าการใช้พลังงานจากต่างประเทศ และเป็นการ ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน
 2. ลดปัญหาสภาวะสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากปริมาณยางรถยนต์ที่หมดสภาพการใช้งาน
 3. สามารถนำผงถ่านดำ (Carbon Black) ที่เกิดจากเขม่าควันกลับมาใช้ประโยชน์ได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถานการณ์ยางในประเทศไทย

จากรายงานของสำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมพบว่า ในปี 2546 ที่ผ่านมา ประเทศไทย รวมผลิตปีละประมาณ 9.5 ล้านเส้น ในจำนวนนี้จำหน่ายในประเทศประมาณ 88% ยางนอกรถบรรทุกมีการผลิตรวม 3.9 ล้านเส้น ในจำนวนนี้จำหน่ายในประเทศประมาณ 75% จักรยานยนต์ ผลิตยางนอกรวมประมาณ 15.6 ล้านเส้น โดยจำหน่ายในประเทศประมาณ 70% ในส่วนของยางจักรยาน ผลิตยางนอกประมาณ 19.7 ล้านเส้น ในจำนวนนี้จำหน่ายในประเทศเพียง 26% มียางเก่าที่ต้องทำลายอัตราเฉลี่ยปีละกว่า 85,000 ตัน ได้มีการนำยางเก่ากลับไปใช้ประโยชน์เพียงปีละประมาณ 30 % เท่านั้น นั่นหมายถึงปริมาณที่เหลืออีก 70 % จะถูกนำไปทิ้งในที่ต่างๆ อันนำไปสู่ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การเผาทำลายยางต่างๆ โดยปราศจากความรู้และความเข้าใจถึงมลพิษที่จะเกิดขึ้นและปัญหาด้านสุขภาพเช่นยางเก่าที่เปื่อยขึ้นจะกลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงหรือเป็นที่อาศัยของสัตว์มีพิษต่างๆ

ส่วนประกอบในยางรถยนต์

ศูนย์แลกเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ แห่งสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย รายงานยาง ประกอบด้วยยาง สดส่วนร้อยละ 85 เหล็กเส้น (เสริมใยเหล็ก) ร้อยละ 12 และไฟเบอร์อีกร้อยละ 3 ในทางเคมีนั้น ยาง 1 เส้นจะประกอบด้วย ไฮโดรคาร์บอนในสัดส่วนร้อยละ 51 คาร์บอนแบล็ก ร้อยละ 26 น้ำมัน ร้อยละ 13 ออกไซด์ของสังกะสี ร้อยละ 2 กำมะถัน ร้อยละ 1 และสารประกอบทางเคมีอื่นๆ

การจัดการยางใช้แล้วในปัจจุบัน

กรณียางรถบรรทุกหรือรถโดยสาร หากหน้ายางนั้น ยังไม่สึกหรอมากนัก จะมีการนำกลับไปจำหน่ายเป็นยางเปอร์เซ็นต์ หรือนำไปทำการหล่อดอกยางใหม่ โดยในการหล่อดอกยางใหม่นี้ เป็นกิจกรรมที่ลดการใช้พลังงานและวัตถุดิบ

กรณียางรถยนต์ หรือรถบรรทุกเล็กในประเทศไทย จะไม่นิยมนำยางเก่าไปหล่อดอกยางใหม่ เนื่องจากพบว่ามียางเก่าที่มีต้นทุนที่สูง และผู้ใช้รถยนต์หรือรถกระบะส่วนใหญ่ จะนิยมซื้อยางใหม่ไปใช้เพื่อความปลอดภัยมากกว่า

การแปรรูปยางใช้แล้ว

ในยุโรปและอเมริกา ได้มีการนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วไปใช้ประโยชน์ในลักษณะอื่นๆ ในอเมริกา ยางเก่าในอเมริกานั้น ได้ถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ 40%, กำจัดโดยการฝังกลบ 38%, อีก 9% ถูกใช้ในงานก่อสร้างหรือด้านโยธา นอกจากนี้ มีการนำยางเก่ากลับไปหล่อหรือใช้ใหม่อีก 7% และส่งไปจำหน่ายเป็นยางใช้แล้วในตลาดต่างประเทศ และอื่นๆ อีก 6%

ยางที่ใช้แล้วและพลังงาน

ยางมีส่วนประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนซึ่งก่อให้เกิดพลังงานได้ ยางรถยนต์จะมีค่าความร้อนประมาณ 27918 ถึง 34897 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ยางรถยนต์กับเชื้อเพลิงแข็งอื่นๆ ได้พบว่าการเผาไหม้ของยางรถยนต์ จะมีปริมาณน้อยกว่าจากกำมะถันที่เกิดขึ้น ส่วนผสมของกำมะถันและซีลีเนียมในยางรถยนต์อยู่ประมาณ 23%

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยางรถยนต์

ยางรถยนต์และยางรถจักรยานยนต์ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยางรถยนต์มีดังต่อไปนี้

1. ยางธรรมชาติ ได้แก่ ยางแผ่น ยางแท่ง และยางเครป โดยผู้ผลิตยางรถยนต์และยางรถจักรยานยนต์พยายามที่จะพัฒนาการใช้ยางธรรมชาติในการผลิตยางรถยนต์ เพื่อเพิ่มคุณภาพ โดยเฉพาะในด้านความทนทานและลดต้นทุนการผลิต คุณสมบัติของยางธรรมชาติที่สำคัญ คือ ความเหนียว และความหนืด แต่มีข้อเสียคือ คุณภาพของยางธรรมชาติไม่มีความสม่ำเสมอ

2. ยางสังเคราะห์ ได้แก่ SBR (Styrene-Butadiene Rubber) BR (Polybutadiene Rubber) IIR (Butyl Rubber) CR (Chloroprene or Neoprene Rubber) NBR (Acrylonitrile-Butadiene(Nitrile) Rubber) และ CSM (Chlorosulphonated Polyethylene Rubber) ยางสังเคราะห์เหล่านี้สามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นยางสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติคล้ายยางธรรมชาติ โดยมีความสามารถทนความร้อนได้ดีกว่ายางธรรมชาติ แต่คุณสมบัติทางด้านความเหนียวและความยืดหยุ่นจะด้อยกว่ายางธรรมชาติ กลุ่มที่สองเป็นยางสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติพิเศษที่ยางธรรมชาติไม่

มี โดยเฉพาะคุณสมบัติด้านความทนทานต่อน้ำมัน ความร้อน และโอโซน ยางสังเคราะห์ในกลุ่มนี้ ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น โปแลนด์ อเมริกา อังกฤษ เบลเยียม และเยอรมัน

3. ผงเขม่าดำ (carbon black) ผลิตจากน้ำมันดิบ เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิต มีคุณสมบัติช่วยให้ยางแข็งตัว เพิ่มความทนทานของยางและทนต่อแรงขีดข่วน มีสัดส่วนการใช้ ประมาณ 1 ใน 3 ของน้ำหนักยางรถยนต์

4. ผ้าใบไนลอน

5. เส้นลวดขอบยาง นำเข้าจากอเมริกา ญี่ปุ่น เกาหลี และเริ่มมีการผลิตในประเทศแล้ว โดยนำเข้าเส้นลวดมาตัด

6. สีและสารเคมีอื่นๆ ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่

ตารางที่ 2.1 ส่วนผสมโดยประมาณของยางรถยนต์

ส่วนผสม	ยางรถยนต์นั่ง	รถบรรทุก	หมายเหตุ
ยางธรรมชาติ(Natural Rubber)	15	40	
ยางสังเคราะห์(Synthetic Rubber)	20	8	
สารเพิ่มความแกร่งในเนื้อยาง (Reinforcing Pigments)	28	23	ผงเขม่าดำ(Carbon Black)
สารเคมีต่างๆในเนื้อยาง (Chemical agent)	14	7	ซิลิกา(Silica)
เส้นใยเหล็ก(Steel Wire)	13	22	
เส้นใยสังเคราะห์(Textiles Reinforcements)	5	-	เส้นใยฝ้าย(Cotton) เร ยอน(Rayon) โพลี อามิด (Polyamide)

ยางรถยนต์จะได้น้ำมันประมาณ 38-56% และได้ก๊าซประมาณ 10-30%^[1] ส่วนที่เหลือเป็นของแข็ง ซึ่งก็คือ คาร์บอนแบล็ค น้ำมันที่ได้ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วย น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และน้ำมันหนัก ผสมรวมกันอยู่ ส่วนก๊าซที่ได้มีองค์ประกอบคล้ายก๊าซธรรมชาติ แต่มีอัตราส่วนขององค์ประกอบที่แตกต่างออกไป ของยาง ชนิดและส่วนผสมของยาง

รถยนต์ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของยางรถยนต์และอายุของยางรถยนต์เป็นต้น จากคุณสมบัติดังกล่าวยางรถยนต์ จึงมีศักยภาพในระดับหนึ่ง ในการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

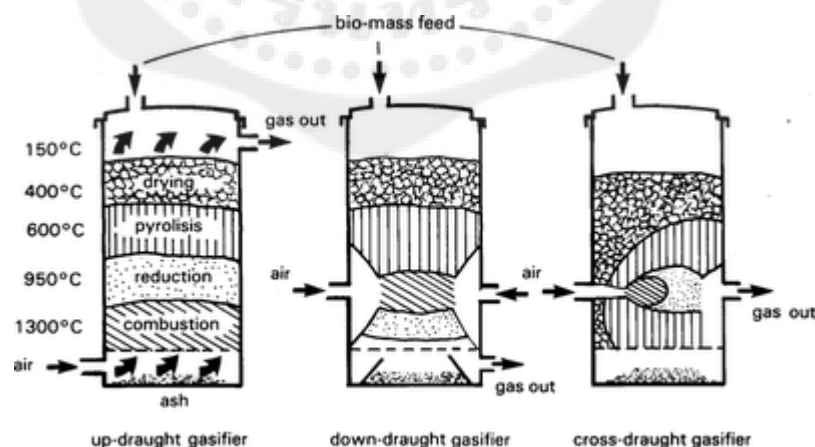
กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส

กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส: Gasification เป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊ส โดยให้ความร้อนและควบคุม อากาศ ออกซิเจนหรือน้ำ ซึ่ง กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊สเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปทางด้านเคมีความร้อน (Thermo chemical Conversion Process)

เตาผลิตแก๊ส (Gasifier)

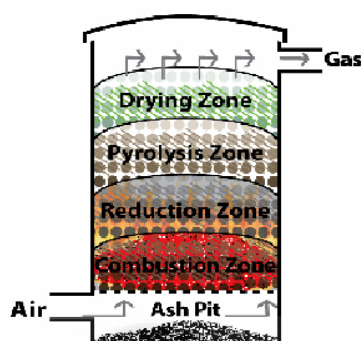
การผลิตโปรคิวเซอร์แก๊สเป็นการทำปฏิกิริยาเคมีของสารสองสถานะ คือ ของแข็งกับแก๊ส และสถานะเดียวกันคือแก๊สกับแก๊สรวมอยู่ด้วย โดยอากาศซึ่งมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบเป็นสารทำปฏิกิริยาเริ่มต้นการผลิตแก๊สเพื่อใช้ในกระบวนการทางความร้อนแบ่งได้ 3 ประเภท

1. Fixed Bed Gasifier เชื้อเพลิงภายใน Gasifier มีตัวรองรับเช่นตะแกรง จึงเปรียบเสมือนอยู่กับที่ตลอดเวลา เมื่อเปรียบเทียบการไหลของแก๊สหรืออากาศ Fixed Bed Gasifier แบ่งตามทิศทางการไหลของอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับการไหลของเชื้อเพลิงได้ 3 ชนิด



1.1 Updraft Gasifier อากาศจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่างไหลขึ้นด้านบนในขณะที่เชื้อเพลิงจะเคลื่อนที่ลงด้านล่าง ลักษณะสวนทางกัน หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Counter Current

Gasifier ชั้นของปฏิกิริยาจะแบ่งเป็นลำดับ จากระดับอุณหภูมิสูงใน Combustion Zone ไปสู่ระดับอุณหภูมิต่ำใน Drying Zone

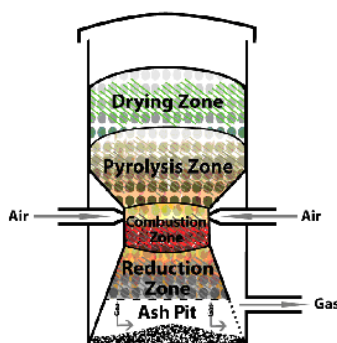


Updraft Gasifier

เนื่องจากแก๊สร้อนที่เกิดจาก Combustion Zone ไหลผ่านชั้นเชื้อเพลิง ความร้อนสัมผัสจะถูกถ่ายเทให้กับเชื้อเพลิงก่อน ไหลลงสู่ Reduction Zone และ Pyrolysis Zone ต่อไป ฉะนั้น Updraft Gasifier จึงมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง แต่เมื่อแก๊สออกจากเตาผลิตแก๊ส อุณหภูมิโปรคิวเซอร์แก๊ส จะลดลง Tar และ Oil จะกลั่นตัวเป็นของเหลว ดังนั้น โปรคิวเซอร์แก๊สจึงมีสิ่งปนเปื้อนสูง

การผลิตแก๊สด้วยวิธีนี้อาจจะป้อนไอน้ำช่วยในการทำปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มปริมาณ H_2 , CO และช่วยควบคุมอุณหภูมิ Combustion Zone กรณีเชื้อเพลิงมีความชื้นสูงไม่จำเป็นต้องป้อนไอน้ำ

1.2 Downdraft Gasifier อากาศไหลลงทิศทางเดียวกับการไหลเลื่อนของเชื้อเพลิง จึงอาจเรียกว่า Co-current Gasifier เตาชนิดนี้มีจุดประสงค์ให้ผลิตภัณฑ์จาก Paralysis Zone ไหลผ่าน Combustion Zone ซึ่งมีอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิด การแตกตัวเป็นแก๊สก่อนที่จะไหลออกจากเตาผลิตแก๊ส ดังรูป โปรคิวเซอร์แก๊สจึงมี Tar ต่ำแต่โปรคิวเซอร์แก๊สจะมีอุณหภูมิสูงถึง 300-500 องศาเซลเซียส [10] จุดสำคัญของ Downdraft Gasifier คือลักษณะ Combustion Zone รูปแบบตะแครง และวิธีการ ป้อนอากาศ

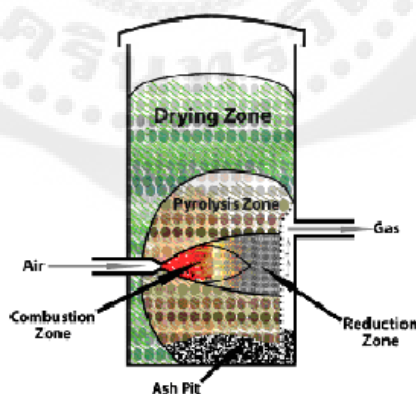


Downdraft Gasifier

ลักษณะรูปร่างของ Combustion Zone จะออกแบบให้เล็กลงโดยการ ลดพื้นที่หน้าตัด และปรับ ลักษณะการป้อนอากาศเพื่อให้อุณหภูมิชั้นเผาไหม้มีค่าสูงเพียงพอในการสลาย Tar แต่ถ้า เชื้อเพลิงที่มีเถ้าสูงกว่า 6% และมีความชื้นสูงกว่า 20% จะไม่เหมาะกับ Downdraft Gasifier เนื่องจากเถ้าอาจหลอมละลายติดกับคอคอดขัด ขวางการไหลของเชื้อเพลิงและแก๊ส

1.3 Cross draft Gasified เป็นระบบที่อากาศไหลขวางกับทิศทางของการไหล เลื่อนของเชื้อเพลิงดังรูปที่ 2.3 ลักษณะชั้นปฏิกิริยาโดยเฉพาะ Combustion Zone และ Reduction Zone จะอยู่ใกล้ชิดกันมาก ดังนั้นจะผลิตแก๊สได้อย่างรวดเร็วและแปรผันง่าย ปกติบริเวณการเผา ไหม้จะอยู่กึ่งกลางของเตาผลิตแก๊ส แต่ขอบเขตของการเผาไหม้อาจขยายกว้างขึ้นเมื่อความเร็ว อากาศสูงขึ้น

จุดสำคัญของ Cross draft คือการออกแบบรูปร่างของ Tiers มีความสำคัญต่อความเร็วของ อากาศเมื่อเข้าทำปฏิกิริยาและขอบเขตของ Combustion Zone ซึ่งปกติความเร็วอากาศจะมีค่าสูง และเกิดการเผาไหม้สูง โปรคิวเซอร์แก๊สที่ออกจากเตาผลิตแก๊สมีอุณหภูมิสูงและสิ่งปนเปื้อนสูง ปกติ Reduction Zone มีขนาดเล็กจึงทำให้มี Residence Time สั้น การเปลี่ยนรูป CO_2 ไปเป็น CO ค่อนข้างต่ำ ดังนั้น โปรคิวเซอร์แก๊สจะมีค่าความร้อนต่ำแต่เมื่อป้อนอากาศที่ความเร็วสูงมากจะมีผล ต่อองค์ประกอบโปรคิวเซอร์แก๊ส โดยอัตราการเปลี่ยน CO_2 ไปเป็น CO สูงเนื่องจากปฏิกิริยา เข้า ใกล้ภาวะสมดุล

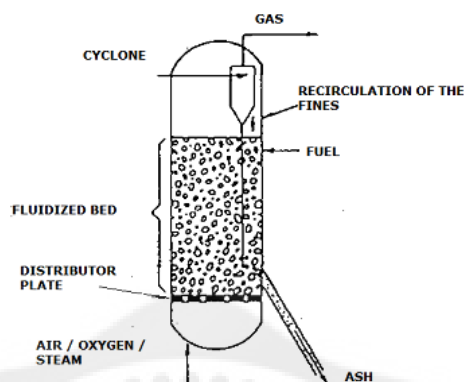


Cross draft Gasified

2. Fluidized Bed Gasified

มีความเหมาะสมกับเชื้อเพลิงบางชนิด เช่น เชื้อเพลิงมีขนาดเล็ก มีความหนาแน่นต่ำ ปริมาณของเถ้าสูงและอุณหภูมิการหลอมเหลวของเถ้าต่ำ ในระบบ Fluidized Bed การสัมผัสการ

อากาศ สารตัวกลาง (Bed) กับเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นสามารถทำงานที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของเถ้าได้

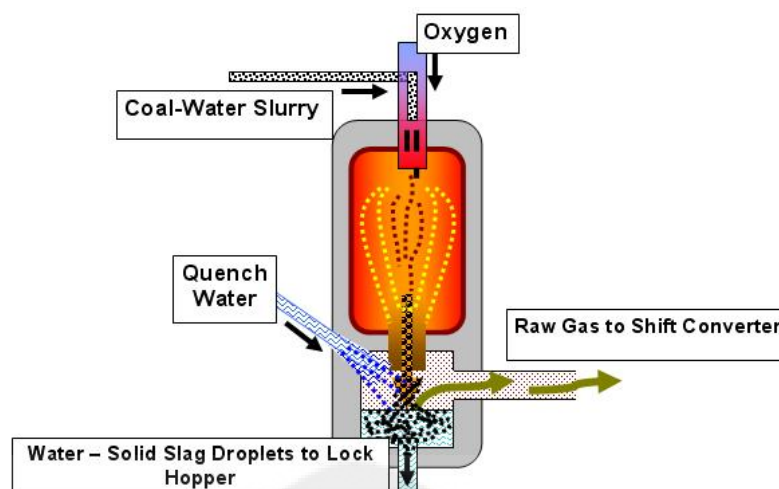


Fluidized Bed Gasifier

Fluidized Bed Gasifier แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรงและการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้สำรอง ในสภาวะการทำงาน Steady Stage อุณหภูมิของสารตัวกลางเช่นทราย ถ่าน หรือวัสดุเหลืออื่น ๆ จะมีการกระจายสม่ำเสมออย่างทั่วถึง การเผาไหม้และการผลิตแก๊สจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับที่สภาวะการเกิด Fluidized Bed ของสารตัวกลางแต่เนื่องจาก Fluidized Bed Gasifier ต้องการอากาศที่มีความเร็วสูง ดังนั้น จึงมีการสูญเสียเชื้อเพลิงไปกับอากาศบางส่วนและโปรคิวเซอร์แก๊สจะมีอนุภาคฝุ่นปะปนสูง

3. Entrained Bed Gasifier

หรืออาจเรียกว่า Moving Bed Gasifier เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูง การทำงานในการถ่ายเทความร้อนคล้าย Fluidized Bed Gasifier โดยปกติควบคุมอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 482-593°C องศาเซลเซียส Entrained Bed Gasifier มีประสิทธิภาพสูงในการทำปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับแก๊ส ลักษณะเชื้อเพลิงที่เหมาะสมเช่น พงธ่านหินและชีวมวลที่มีขนาดเล็ก ๆ การทำปฏิกิริยาระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงในช่องหมุนวน



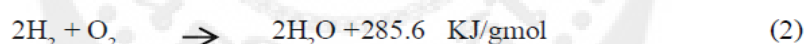
Entrained Bed Gasifier

ปฏิกิริยาที่สำคัญที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นของ Gasifier

ในเตาผลิตก๊าซทั่วไป ถูกแบ่งออกเป็นชั้นสำคัญได้ 4 ชั้น โดยขึ้นกับอุณหภูมิ ปฏิกิริยาและผลผลิตที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้น ในความเป็นจริงแต่ละชั้นอาจอยู่เหลื่อมล้ำ(Over lap) กันอยู่ก็ได้

1. ชั้นเผาไหม้ (Hearth Zone or Combustion Zone)

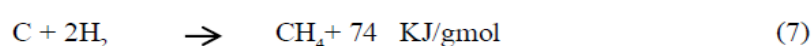
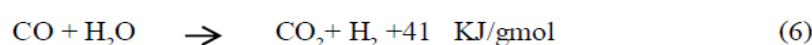
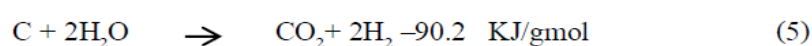
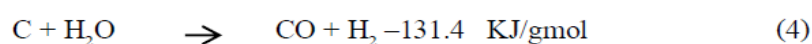
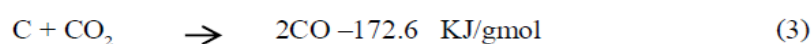
ในบริเวณนี้คาร์บอนจะเผาไหม้กับออกซิเจนในปริมาณที่จำกัด ด้วยปฏิกิริยาดังต่อไปนี้



ปฏิกิริยาในสมการ 1-2 ปฏิกิริยาในชั้นเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน อุณหภูมิในชั้นนี้อยู่ระหว่าง 900-1000°C ความร้อนที่เกิดขึ้นในชั้นนี้ถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาแบบดูดความร้อนในชั้น Reduction และ ชั้นกลั่นสลาย ผลผลิตหลักที่ได้จากการทำปฏิกิริยาในชั้นเผาไหม้คือ ความร้อนและเถ้าถ่าน

2. ชั้น Reduction (Reduction Zone or Gasification Zone)

แก๊ส CO_2 และไอน้ำที่ได้จากการเผาไหม้ จะไหลเข้าสู่ชั้น Reduction ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในชั้นนี้เป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนก๊าซ CO_2 และไอน้ำ ให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ โดยก๊าซ CO_2 จะไหลผ่านคาร์บอนที่ร้อนและเกิด CO อุณหภูมิที่เหมาะสมในชั้นนี้อยู่ที่ประมาณมากกว่า 500 -1000 °C ดังสมการที่ (3)



สมการที่ 3 ปฏิกิริยาซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic Reaction) ในกรณีที่ต้องการเพิ่มปริมาณ CO สามารถทำได้โดยสามารถฉีดไอน้ำร้อนเข้าไปซึ่งไอน้ำจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับคาร์บอนดัง

สมการที่ (4) ได้ก๊าซ CO และ H_2 เพิ่ม ซึ่งปฏิกิริยานี้เรียกว่า Water gas Reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน และจะเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า $800\text{ }^{\circ}\text{C}$

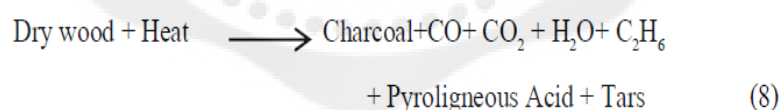
ปฏิกิริยาที่ (5) จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ $500\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ปฏิกิริยานี้ทำให้ส่วนผสมของไฮโดรเจนใน Producer Gas มีมากขึ้นซึ่งมีผลทำให้ค่าพลังงานความร้อนของก๊าซสูงขึ้นแต่ถ้ามีไอน้ำมากเกินไป ไอน้ำอาจทำปฏิกิริยากับ คาร์บอนมอนอกไซด์ ได้ คาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน

ปฏิกิริยาที่ (6) เรียกปฏิกิริยานี้ว่า Water Shift Reaction ทำให้ค่าความร้อนของก๊าซที่ได้ลดลงปริมาณของไฮโดรเจนจะสูงสุดเมื่ออุณหภูมิของรี Reducion อยู่ประมาณ $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ ปริมาณของไฮโดรเจนจะลดลงเรื่อยๆ แต่ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์จะเพิ่มขึ้น

ปฏิกิริยาที่ (7) โดยภายใต้ความดันสูง อุณหภูมิไม่สูงมาก H_2 เข้าไปรวมตัวกับคาร์บอน และเกิด CH_4 เรียกปฏิกิริยานี้ว่า Methane Reaction

3. ชั้นกลั่นสลาย (Distillation Zone)

ในชั้นนี้เชื้อเพลิงได้รับความร้อนจากชั้นเผาไหม้ เพื่อสลายสารอินทรีย์ในเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้สารระเหย ต่าง ๆ ออกมาซึ่งประกอบไปด้วย เมทานอล กรดน้ำส้ม น้ำมันดิน ก๊าซที่เผาไหม้ได้และไม่ได้ อุณหภูมิในชั้นนี้จะประมาณ $135\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ของแข็งที่เหลือจากขบวนการนี้คือคาร์บอนในรูปถ่าน ดังสมการที่ (8)



4. ชั้นลดความชื้น (Drying Zone)

ในชั้นนี้อุณหภูมิไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารระเหยต่าง ๆ ความร้อนที่ได้มาจากชั้น Pyrolysis อุณหภูมิในชั้นนี้อยู่ประมาณ $100\text{--}135\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความชื้นที่อยู่ในเชื้อเพลิงจะระเหยเป็นไอน้ำ

เพื่อที่จะบังคับการกระจายของลม และให้เกิดอุณหภูมิการเผาไหม้สูงตรงคอคอดของเตา ในชุดปฏิกรณ์นอกจากจะคำนึงถึงระบบการเกิดแก๊สแล้ว ซึ่งข้อหนึ่งที่ต้องคำนึง คือ เรื่องของการนำแก๊สออก ได้ออกแบบตะแกรงร่อนเตาที่สามารถเกี่ยวขยับได้ เพื่อให้แก๊สตกลงด้านล่างเตา

2. พัฒลมเป่า การปรับปริมาณแก๊ส ในการออกแบบเบื้องต้นยังไม่ทราบว่าปริมาณอากาศเท่าใดจึงจะให้ปริมาณแก๊สที่เหมาะสม จึงได้ใช้พัฒนแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขนาด 0.25 hp ตรงปลายทางออกของพัฒลม จะปิกผีเสื้อไว้เพื่อใช้ในการปรับอากาศ และป้องกันความร้อนไหลย้อนสู่พัฒลม เมื่อทำการปิดเตา หรือปิดพัฒลม

3. ลีนินริทช์เป็นตัวป้องกันการระเบิด และจามของตัวเตาปฏิกรณ์ซึ่งอาจเกิดได้เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น การอุดตันของระบบแก๊ส พัฒลมเป่าหยุดการทำงานเนื่องจากไฟฟ้าดับ เกิดการอันของแก๊สในเตาปฏิกรณ์ แก๊สอาจจะระเบิดได้ หลักการทำงานของลีนินริทช์ คือ ใช้น้ำหรือของเหลวเป็นตัวควบคุมความดัน ในการออกแบบได้คำนึงถึงเทคโนโลยีพื้นฐาน และการลงทุนน้อย โดยอาศัยการปลดปล่อยแรงดันด้วยระดับน้ำโดยใช้ท่อเหล็กงอ 90 องศา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 75 มม. จุ่มลงในน้ำที่บรรจุอยู่ในท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม.

4. ชุดกรองแห้งเพื่อใช้ในการดักเขม่าควันที่ติดมากับแก๊สทำจากเหล็กท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. ยาว 700 มม. ภายในตัวกรองบรรจุเกล็ด

5. หอหล่อเย็นและควบแน่นแก๊ส เพื่อใช้ลดอุณหภูมิของแก๊ส โดยธรรมชาติแก๊สของยางรถยนต์จะมีน้ำมันปะปนอยู่ แก๊สที่เกิดขึ้น จะมีทั้งที่ควบแน่นได้ และควบแน่นไม่ได้จึงออกแบบหอควบแน่นโดยทำลักษณะการไหลสวนทางกันระหว่างการไหลน้ำหล่อเย็นกับการไหลแก๊สโดยระบบหอควบแน่นติดตั้งส่วนด้านบนต่อจากกล่องแห้งมีท่อขนาด 75 มม ให้แก๊สร้อนไหลเข้าด้านบน และแก๊สเย็นไหลออกด้านล่าง

หอหล่อเย็นและควบแน่นแก๊ส ทำจากเหล็กแผ่นม้วนรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 170 มม. สูง 1,500 มม. ภายในท่อมมีท่อเหล็ก เส้นผ่าศูนย์กลาง 12.7 มม. ยาว 1,170 มม. จำนวน 25 ท่อ ทำหน้าที่ให้แก๊สร้อนไหลผ่านเมื่อแก๊สร้อนไหลสู่ท่อขนาดเล็ก โดยภายนอกท่อมมีน้ำหล่อเย็นที่ไหลสวนทางกันกับการไหลแก๊ส ก็จะเกิดการควบแน่นของน้ำมัน โดยหอควบแน่นดังกล่าว ไม่ได้เป็นหอควบแน่นลำดับส่วน ดังนั้นน้ำมันดิบที่ได้จึงเป็นน้ำมันเกรด

6. ถังบรรจุน้ำมันที่ได้จากการควบแน่น ใช้ถังน้ำมันขนาด 5 ลิตร

7. ชุดไซโคลนเป็ยกชุดทำความสะอาดแก๊ส โดยปกติทั่วไปยางรถยนต์มีผง ถ่านดำ (Carbon Black) ที่ผสมมากับยาง เพื่อให้ยางมีความทนทานมากขึ้น เมื่อเผาอย่างสิ่งที่ตามมา ซึ่งผงถ่านดำ ดังกล่าวจะก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ จึงได้ออกแบบโดยใช้ระบบการฉีดละอองน้ำแรงดันให้ไป จับผงถ่านดำดังกล่าว ทำจากท่อเหล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. ยาว 1650 มม.ภายในท่อ มีท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 65 มม. ยาว 1600 มม. บรรจุอยู่และมีหัวสเปร์ย์น้ำเพื่อใช้จับดักเขม่า และผงถ่านดำ

8. ถังพักแก๊ส เป็นตัวควบคุมความสม่ำเสมอของแก๊ส อันเนื่องจากเชื้อเพลิงยางเผาไหม้เร็ว และมอดเร็ว การเกิดแก๊ส บั่นป่วนไม่สม่ำเสมอ

9. ป้อนน้ำชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขนาด 0.5 แรงม้า ทำหน้าที่สูบน้ำเลี้ยงระบบหอคอยแน่น และระบบทำความสะอาดแก๊ส ที่ปลายท่อสูบน้ำจะติดตั้งลิ้นป้องกันการไหลของน้ำย้อนกลับลงถึง เมื่อปิดเครื่อง

10. ถังพักน้ำ และถังตกตะกอน ใช้ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร 2 ใบต่ออนุกรม ถังใบแรก จะรองรับผงถ่านดำและตะกอน ใบที่ 2 เป็นถังพักน้ำเพื่อใช้ในการสูบน้ำกลับไปใช้ในระบบใหม่

11.ชุดหัวเผา สำคัญในการคำนึงถึงเรื่องของการออกแบบหัวเผา คือปริมาณแก๊ส และ ช่องลม ที่ให้อากาศผสมกับแก๊ส ภายนอกของหัวเผาจะมีช่องให้อากาศภายนอกไหลเข้ามาในหัวเผา ส่วนภายในเป็นแผ่นเหล็กซิกเพื่อให้อากาศเกิดการไหลแบบปั่นป่วน เพื่อให้แก๊สกับอากาศไหล ผสมกันได้ดี ทำจากท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. ยาว 280 มม. รอบๆมีช่องอากาศ และครีปผสมลม

การคำนวณการหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน เตา

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาผลิตแก๊สซิฟิเคอร์ที่ใช้ยางรถยนต์เป็นเชื้อเพลิง

ค่าความร้อนของยางไหม้อยู่ประมาณ $37,548.42 \text{ kJ/kg} = \text{HHV}$

ค่าความร้อนของยางเก่าที่ประมาณ $36,681.13 \text{ kJ/kg} = \text{HHV}$

ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อนของเตาผลิตแก๊สซิฟิเคอร์ที่ใช้ยางรถยนต์เป็นเชื้อเพลิง

•

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อน} = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สขารยนต์}}{\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากขารยนต์}} \times 100$$

$$\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สขารยนต์} = \text{อัตราการไหลของแก๊ส} \times \text{ค่าความร้อนของแก๊ส}$$

$$\text{พลังงานความร้อนที่ให้จากขารยนต์} = \text{ค่าพลังงานความร้อนของขาร} \times \text{อัตราการเผาไหม้ของขาร}$$

$$\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สขารยนต์} = \dot{m}_g \text{ HHV}_g \quad \text{kw}$$

$$\text{พลังงานความร้อนที่ให้จากขารยนต์} = \dot{m}_f \text{ HHV}_f \quad \text{kw}$$

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อน} = \frac{\dot{m}_g \text{ HHV}_g}{\dot{M}_f \text{ HHV}_f} \times 100$$

$$\text{อัตราการไหลของแก๊ส} \quad \dot{m}_g = \text{พื้นที่หน้าตัดของแก๊ส} \times \text{ความเร็วแก๊ส}$$

$$\dot{m}_g = A \cdot V \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของแก๊ส} \quad A = \pi D^2 / 4 \quad \text{m}^2$$

$$\text{เส้นผ่าศูนย์กลางท่อแก๊สที่หัวเผา} \quad D = \text{m}$$

$$\text{ความเร็วแก๊สที่ท่อแก๊สหัวเผา} \quad V = \text{m} / \text{sec}$$

$$\text{ค่าความร้อนของแก๊สซีฟเออร์} = \text{kJ} / \text{m}^3$$

$$\text{อัตราการใช้เชื้อเพลิงขาร} \quad \dot{m}_f = \text{kg/sec}$$

$$\text{ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขาร HHV}_f = \text{kJ/kg}$$

ดัชนี การให้แก๊สเชื้อเพลิงต่อการให้เชื้อเพลิง

ดัชนีการให้แก๊สเชื้อเพลิงต่อการให้เชื้อเพลิง = ปริมาณแก๊สที่ได้ m^3 / ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ kg_f

ตัวอย่างการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อนเตา

จากผลการทดลอง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อแก๊สหัวเผา 0.1 เมตร ความเร็วลมที่หัวเผา 1.85 เมตร/วินาที
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงยาง 12.45 กก./ชั่วโมง

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อน} = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สยางรถยนต์}}{\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากยางรถยนต์}} \times 100$$

$$\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สยางรถยนต์} = \text{อัตราไหลของแก๊ส} \times \text{ค่าความร้อนของแก๊ส}$$

$$\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากยางรถยนต์} = \text{ค่าพลังงานความร้อนของยาง} \times \text{อัตราการเผาไหม้ของยาง}$$

$$\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สยางรถยนต์} = \dot{m}_g \text{ HHV}_g \quad \text{kw}$$

$$\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากยางรถยนต์} = \dot{m}_f \text{ HHV}_f \quad \text{kw}$$

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อน} = \frac{\dot{m}_g \text{ HHV}_g}{\dot{m}_f \text{ HHV}_f} \times 100$$

$$\text{อัตราการไหลของแก๊ส } \dot{m}_g = \text{พื้นที่หน้าตัดของแก๊ส} \times \text{ความเร็วแก๊ส}$$

$$\dot{m}_g = A \cdot V \quad m^3/sec$$

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของแก๊ส } A = \pi D^2 / 4 \quad m^2$$

$$\text{เส้นผ่าศูนย์กลางท่อแก๊สหัวเผา } D = 0.1 \quad m$$

$$\text{ความเร็วแก๊สที่ท่อแก๊สหัวเผา } V = 1.85 \quad m/sec$$

$$A = 3.1416 \times 0.1 \times 0.1 \times 1.85 / 4$$

$$A = 0.007854 \quad m^2$$

•

$$\dot{m}_g = 0.01453 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\text{ค่าความร้อนของแก๊สซิฟิเคอร์มีค่าระหว่าง} = 5,000 - 5,900 \text{ kJ/m}^3$$

$$\text{ค่าความร้อนเฉลี่ยของแก๊สซิฟิเคอร์ HHV}_g = 5,450 \text{ kJ/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{พลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สขารยนต์} &= 0.01453 \times 5450 \text{ kW} \\ &= 79.19 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\text{อัตราการใช้เชื้อเพลิงขาร} \dot{m}_f = 12.45/3,600 \text{ kg/sec}$$

$$\text{ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขาร มีค่าระหว่าง HHV}_f = 36,681.13 - 37,548.42 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขาร HHV}_f = 37,114.78 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{พลังงานความร้อนที่ให้จากขารยนต์} &= 12.45 \times 37,114.78 / 3600 \\ &= 128.35 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อน} &= 79.19 \times 100/128.35 \\ &= 61.69 \% \end{aligned}$$

ดัชนี การให้แก๊สเชื้อเพลิงต่อการใช้เชื้อเพลิง

ตัวอย่างการ หาดัชนี

$$\text{ดัชนี การให้แก๊สเชื้อเพลิงต่อการใช้เชื้อเพลิง} = \text{ปริมาณแก๊สที่ได้} / \text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้} \text{ m}^3_g/\text{kg}_f$$

$$\text{ใน 1 ชั่วโมงการเดินเตา ได้แก๊ส} = 0.01453 \times 3,600 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$\text{ใน 1 ชั่วโมง ใช้ขารยนต์} 12.45 \text{ kg/hr.}$$

$$\text{ดัชนีการผลิตแก๊ส} = 4.20 \text{ m}^3_g \text{ แก๊ส } / \text{kg}_f \text{ ขาร}$$

บทที่ 4

การทดลองและผลที่ได้จากการทดลอง

เตาที่ออกแบบได้ปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่พบ โดยแก้ไขปัญหาการไหลแก๊สเป็นแบบแก๊สไหลขึ้น

การออกแบบการทดลอง

จุดประสงค์ของการทดลองเพื่อศึกษา

1. ประสิทธิภาพพลังงานความร้อนของระบบเตาแก๊สซีฟอล์เออร์
2. ดัชนีอัตราการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงต่อน้ำหนักเชื้อเพลิงยางที่ใช้
3. ปริมาณฝุ่นเถ้า และเขม่าดำ

โดยในระบบที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

1. ตัวเตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแก๊ส โดยใช้ยางรถยนต์เป็นเชื้อเพลิง
2. ชุดกรองแก๊สโดยใช้เกลบเป็นตัวกรอง
3. หอควนแน่นแก๊ส
4. ชุดสเปรย์น้ำ เพื่อทำความสะอาดแก๊ส

อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทำการทดลอง

1. ยางนอกและยางในรถยนต์ที่ใช้แล้ว
2. ชุดวัดอุณหภูมิแบบโลหะคู่
3. เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)
4. นาฬิกาจับเวลา
5. ตาชั่งวัดละเอียด ขนาด 1 กรัม
6. ตาชั่งน้ำหนักขนาด 15 กิโลกรัม



รูปที่ 4.1 เชื้อเพลิงยางนอกรถยนต์



รูปที่ 4.2 เชื้อเพลิงยางในรถยนต์



รูปที่ 4.3 ตาชั่งน้ำหนักขนาด 15 กิโลกรัม



รูปที่ 4.4 ตาชั่งละเอียดขนาด 1 กรัม



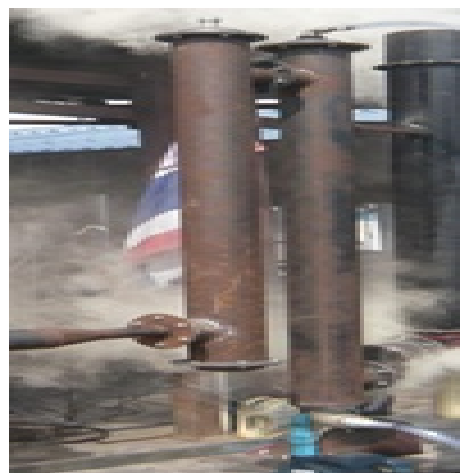
รูปที่ 4.5 เครื่องวัดความเร็วลม



รูปที่ 4.6 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบโลหะคู่



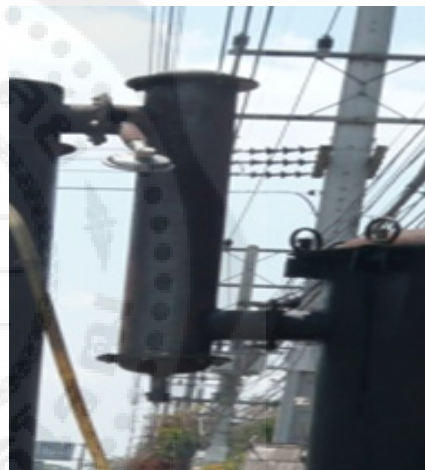
รูปที่ 4.7 ถังนิรภัยป้องกันการระเบิดและจามของเตา



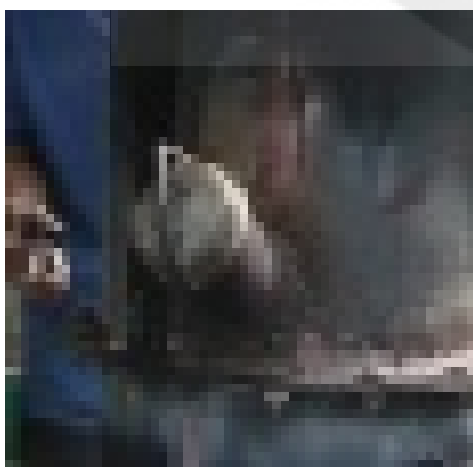
รูปที่ 4.8 ชุดทำความสะอาดแก๊สด้วยน้ำ



รูปที่ 4.9 ชุดควบแน่นน้ำมัน



รูปที่ 4.10 ชุดกรองเกล็ด



รูปที่ 4.11 ช่องจุดเตา



รูปที่ 4.12 ชุดพัดลมเป่าอากาศเข้าเตา



รูปที่ 4.13 ชุดปั๊มน้ำใช้ในระบบทำความสะอาดแก๊ส หอความแน่น

วิธีการทดลอง

1. ตัดชิ้นยางนอกและยางในให้มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 3 – 4 นิ้ว
2. ชั่งน้ำหนักยางตามอัตราส่วน ยางนอก ต่อยางใน 1:1, 2:1, 3:1 .ให้ได้ 25 กิโลกรัม
3. บรรจุยางลงในเตา ปิดเตาและเปิดพัดลมเป่าอากาศ
4. ปรับความเร็วลมที่ลิ้นบังคับลมของปั๊มฝีเสื้อ 30 ,60, 90 องศา ของพัดลมเป่า
5. ปิดเตาและวัดความเร็วลมที่หัวเผา
6. จุดเตาที่ช่องจุดเตา
7. เปิดระบบหล่อเย็น และระบบทำความสะอาดแก๊ส
8. จับเวลาในการเกิดแก๊ส โดยสังเกตดูควัน และสีของแก๊ส และจุดไฟที่ปลายหัวเผา
9. รอให้เปลวไฟดับและจับเวลา
10. รอจนเชื้อเพลิงมอดและเตาเย็น รวบรวมถ้ำและชั่งน้ำหนัก
11. รวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์

ผลที่ได้จากการทดลอง

1. ไม่ปรากฏว่ามีถ้ำหรือเขม่าติดที่กรองเกลบ ซึ่งทำให้น้ำหนักเกลบที่ชั่งได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง .ในการทดลองครั้งต่อไปจึงนำเกลบออกจากระบบกรอง

2. หอควบแน่นแก๊สมีน้ำมันที่กลั่นตัวออกจากแก๊สได้จำนวนหนึ่ง ในการทดลองครั้งต่อไปหยุดระบบ ควบแน่นแก๊ส เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในการคำนวณหา ประสิทธิภาพ พลังงานความร้อนและดัชนีการเกิดแก๊สต่อน้ำมันที่เชื้อเพลิง
3. หอทำความสะอาดแก๊สด้วยการสเปรย์น้ำ ไม่ปรากฏเขม่าดำ แต่ปรากฏว่ามีละออง และหยดน้ำมันไหลปะปนมากับน้ำในการทดลองครั้งต่อไปหยุดระบบดังกล่าวเพื่อให้ค่าพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงขึ้น
4. ลักษณะแก๊สที่ได้ในระยะจะควันออกสีเทาเล็กน้อย ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นหมอกขาวของระอองน้ำมัน เมื่อจุดไฟจะเกิดการลุกไหม้

จากผลที่ได้ในการทดลองระยะแรกพบว่า แก๊สที่ได้จะเป็นลักษณะมีละอองน้ำมัน ปะปนกันออกมา และไม่ปรากฏผงถ่านดำ หรือเขม่าติดมากับแก๊ส หรือติดมาก็น้อยมาก แต่ก็สามารถเผาไหม้ได้หมด ลักษณะเปลวไฟที่หัวเผาไม่ปรากฏเขม่าดำออกมาเหมือนกับการเผาไหม้โดยทั่วไป

จากผลของการทดลองครั้งแรกไม่ปรากฏเขม่าควันที่ปะปนมากับแก๊ส จึงหยุดระบบในส่วนของการกรองเกลบ โดยนำเกลบออก และชุดทำความสะอาดแก๊สด้วยการสเปรย์น้ำ

จุดประสงค์เพื่อต้องการลดการสูญเสียแรงดันในระบบ และความชื้นที่มีโอกาสติดมากับแก๊ส ส่งผลผลการทดลองพบว่าทำให้ การเกิดแก๊สดีขึ้น



รูปที่ 4.14 น้ำมันที่ไหลออกจากหอควบแน่น



รูปที่ 4.15 น้ำมัน ดิบที่ได้จากหอควบแน่น



รูปที่ 4.16 นำน้ำมันดิบทดลองจุดไฟ



รูปที่ 4.17 ตัวอย่างที่เหลือจากการเผาไหม้



รูปที่ 4.18 ปรากฏละอองน้ำมันสีขาวน้ำมันที่ได้จากการควบแน่นเมื่อหยุดระบบควบแน่น



รูปที่ 4.19 เปลวไฟที่หัวเผาระยะแรกจะปรากฏปริมาณแก๊สจะ

เพิ่มขึ้นละอองน้ำมันสีขาวคล้ายหมอกควัน



รูปที่ 4.20 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเปลวไฟไฮโดรเจนที่ เมื่อปรับความเร็วลมเพิ่มได้ปริมาณ
ไม่มีควันเปลวไฟที่ หัวเผาแก๊สเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.21 การเผยแพร่สู่สาธารณชนวารสารออนไลน์ และYouTube

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลองอัตราส่วน ขางนอก : ขางใน เป็น 1:1

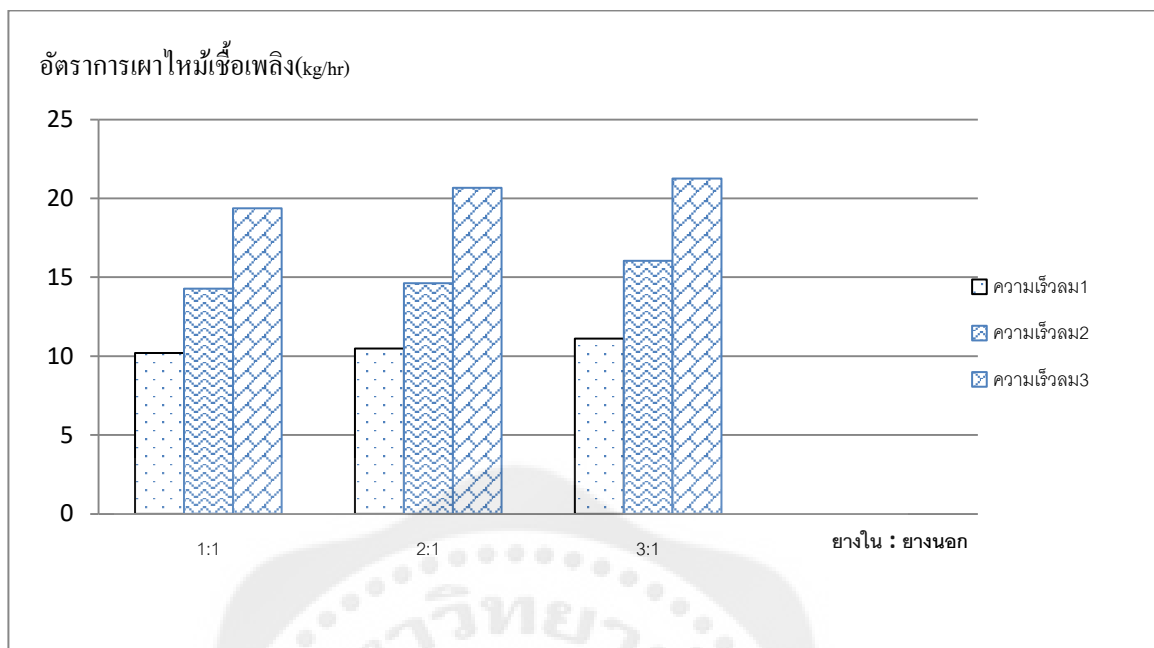
การทดลองที่	1	2	3
ลื่นควบคุมลม (องศาปีกผีเสื้อ)	30	60	90
ความเร็วลม(m/sec)	1.71	2.43	3.41
น้ำหนักเชื้อเพลิงก่อนการเผาไหม้ (kg.)	25	25	25
น้ำหนักถ้ำ (kg.)	4.52	4.33	4.27
เปอร์เซ็นต์ถ้ำ	18.1	17.32	17.1
น้ำหนักเชื้อเพลิงสุทธิ (kg.)	20.48	20.67	20.73
ปริมาณแก๊สที่ได้ (m ³ /sec)	0.0134	0.0191	0.0268
อัตราการเผาไหม้ (kg./sec)	0.0028	0.0040	0.0054
ความร้อนที่ได้จากระบบ (kW)	73.19	104.01	145.96
ความร้อนที่ได้จากขาง (kW)	105.20	147.28	199.79
ระยะเวลาเกิดแก๊ส (min)	2.55	2.32	2.10
ระยะเวลาจุดแก๊ส (min)	4.20	3.55	3.25
ระยะเวลาไฟแก๊สดับ (min)	140.25	99.13	72.05
รวมเวลาถึงแก๊สดับ (min)	147.00	105.00	77.40
อัตราการเผาไหม้ (kg./hr.)	10.20	14.28	19.37
ปริมาณแก๊สที่ได้ (m ³ /hr.)	48.34	68.70	96.41
ดัชนีการให้แก๊ส (m ³ /kg)	4.73	4.80	4.97
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	69.57	70.62	73.05

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดลองอัตราส่วน ขานอก: ขานใน เป็น 2:1

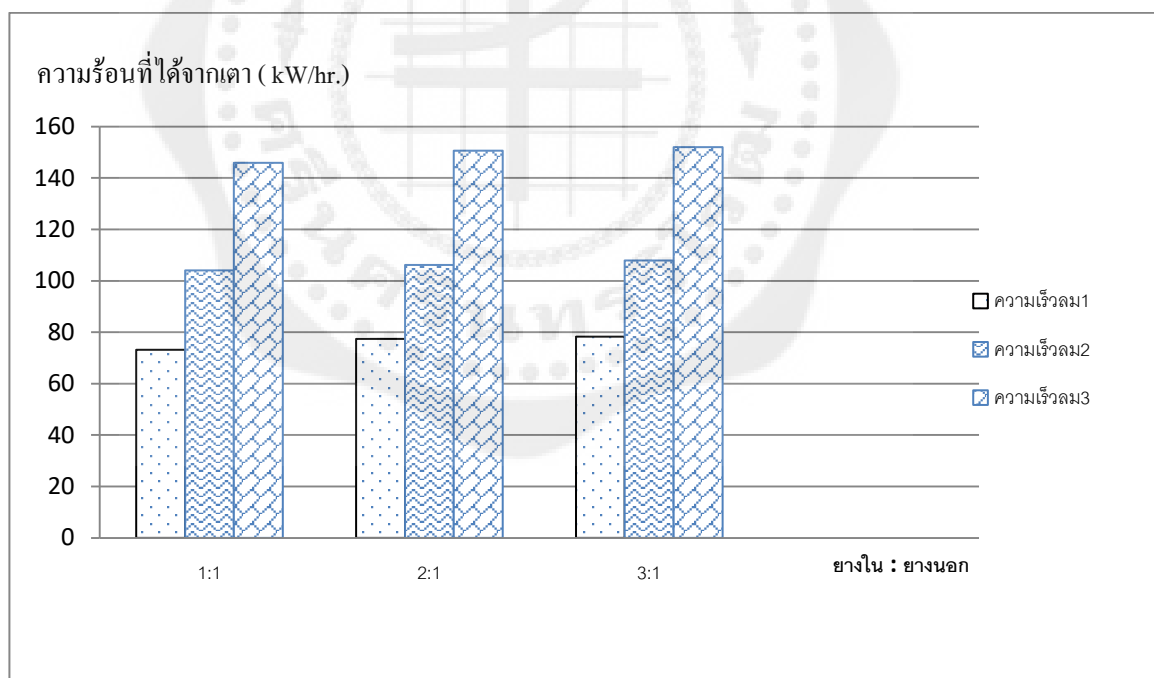
การทดลองที่	1	2	3
ลื่นควบคุมลม (องศาปีกผีเสื้อ)	30	60	90
ความเร็วลม(m/sec)	1.81	2.48	3.52
น้ำหนักเชื้อเพลิงก่อนการเผาไหม้ (kg.)	25	25	25
น้ำหนักถ้ำ (kg.)	5.25	4.73	4.57
เปอร์เซ็นต์ถ้ำ	21.0	18.92	18.28
น้ำหนักเชื้อเพลิงสุทธิ (kg.)	19.75	20.27	20.43
ปริมาณแก๊สที่ได้ (m ³ /sec)	0.0142	0.0195	0.0276
อัตราการเผาไหม้ (kg./sec)	0.0029	0.0041	0.0057
ความร้อนที่ได้จากระบบ (kW)	77.47	106.15	150.67
ความร้อนที่ได้จากขาง (kW)	108.14	150.87	213.30
ระยะเวลาเกิดแก๊ส (min)	3.47	3.17	3.12
ระยะเวลาจุดแก๊ส (min)	4.53	4.36	4.17
ระยะเวลาไฟแก๊สดับ (min)	135	94.47	64.71
รวมเวลาถึงแก๊สดับ (min)	143.00	102.50	72.50
อัตราการเผาไหม้ (kg./hr.)	10.48	14.63	20.68
ปริมาณแก๊สที่ได้ (m ³ /hr.)	51.17	70.12	99.52
ดัชนีการให้แก๊ส (m ³ /kg)	4.87	4.79	4.81
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	71.64	70.36	70.63

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทดลองอัตราส่วน ขางนอก : ขางใน เป็น 3:1

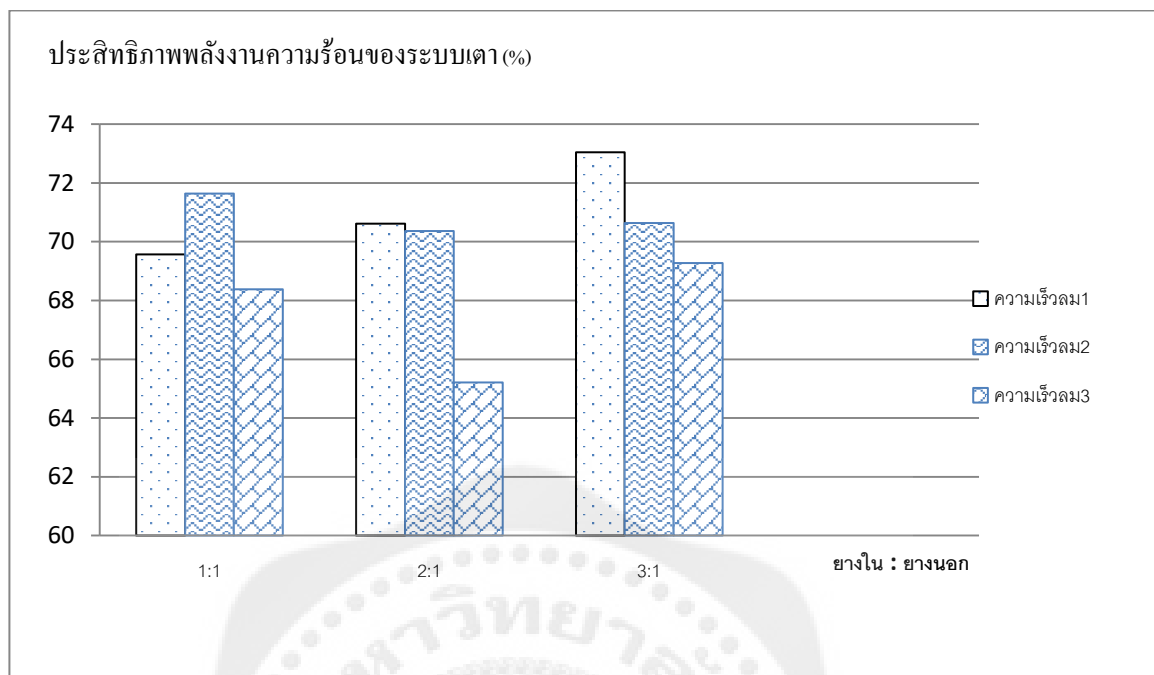
การทดลองที่	1	2	3
ลื่นควบคุมลม (องศาปีกผีเสื้อ)	30	60	90
ความเร็วลม(m/sec)	1.783	2.52	3.55
น้ำหนักเชื้อเพลิงก่อนการเผาไหม้ (kg.)	25	25	25
น้ำหนักถ้ำ (kg.)	5.06	4.79	4.69
เปอร์เซ็นต์ถ้ำ	20.23	19.16	18.77
น้ำหนักเชื้อเพลิงสุทธิ (kg.)	19.94	20.21	20.31
ปริมาณแก๊สที่ได้ (m ³ /sec)	0.0144	0.0198	0.0279
อัตราการเผาไหม้ (kg./sec)	0.0031	0.0045	0.0059
ความร้อนที่ได้จากระบบ (KW)	78.00	107.86	151.95
ความร้อนที่ได้จากขาง (KW)	114.55	165.39	219.35
ระยะเวลาเกิดแก๊ส (min)	3.58	3.12	2.65
ระยะเวลาจุดแก๊ส (min)	4.58	4.37	3.23
ระยะเวลาไฟแก๊สดับ (min)	126.84	86.01	64.62
รวมเวลาถึงแก๊สดับ (min)	135.0	93.5	70.50
อัตราการเผาไหม้ (kg./hr.)	11.11	16.04	21.27
ปริมาณแก๊สที่ได้ (m ³ /hr.)	51.74	71.25	100.31
ดัชนีการให้แก๊ส (m ³ /kg)	4.65	4.44	4.71
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	68.38	65.21	69.27



รูปที่ 4.22 แผนภูมิแสดงอัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่อชั่วโมง

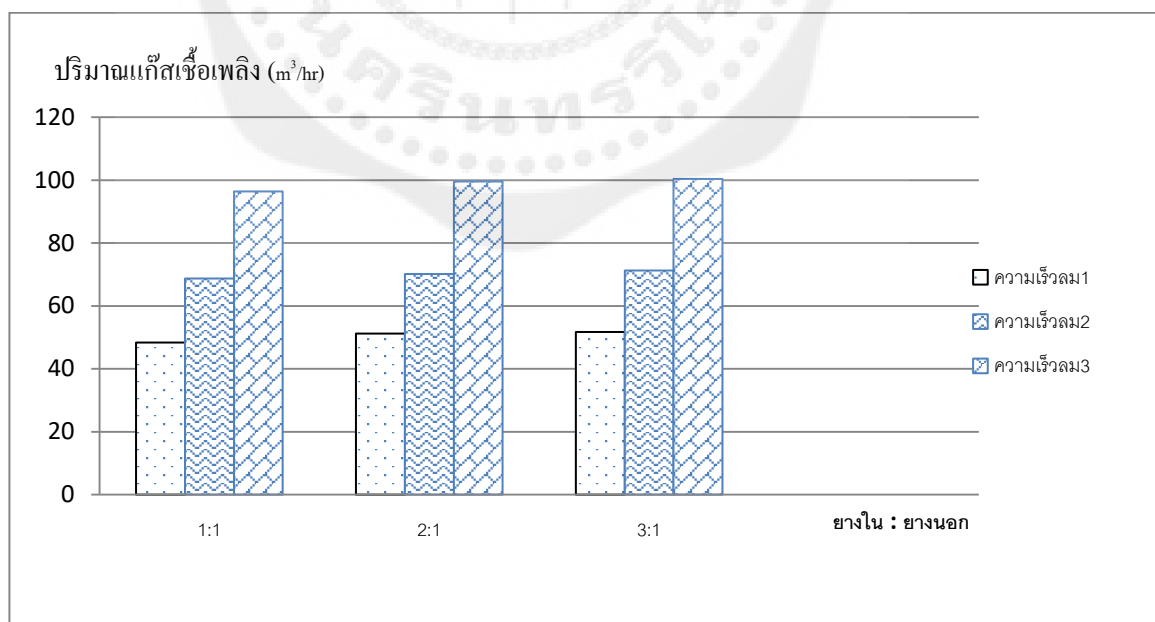


รูปที่ 4.23 แผนภูมิแสดงค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากเตาต่อเวลา

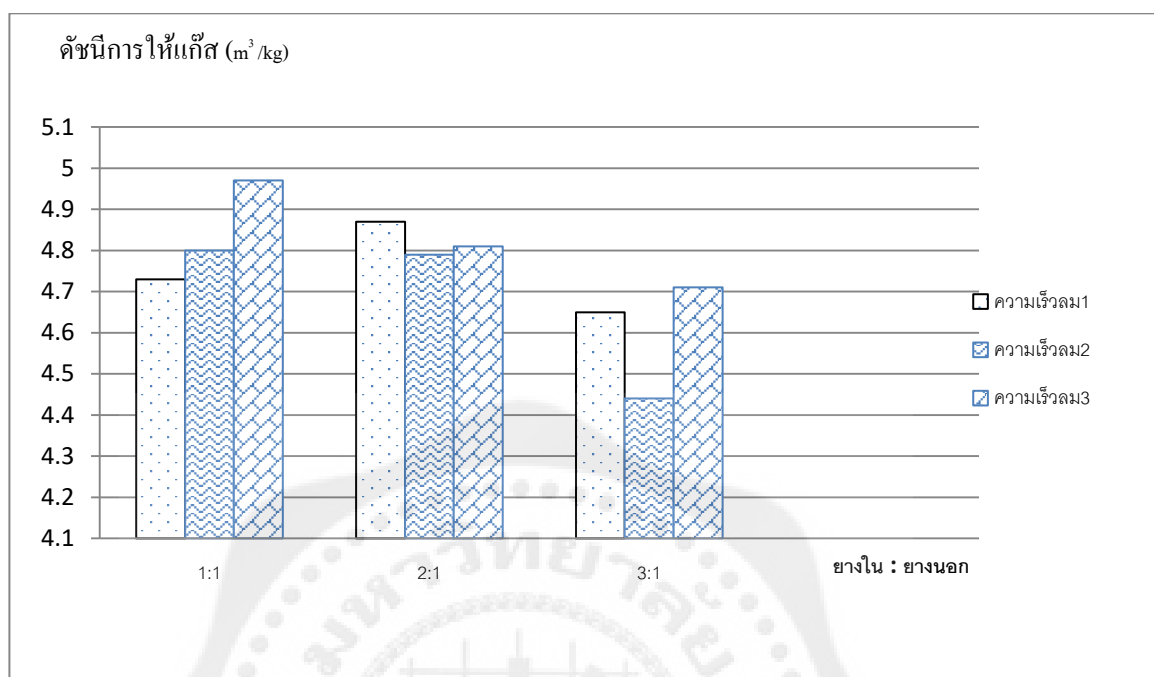


รูปที่4.24 แสดงประสิทธิภาพพลังงานความร้อนของระบบเตาแก๊สซีฟออร์ใช้ยางรถยนต์

เป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.25 แผนภูมิแสดงปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ต่อเวลา



รูปที่ 4.26 แผนภูมิแสดงปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ต่อ 1 กิโลกรัมเชื้อเพลิงยาง

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

ระบบการผลิตแก๊สซีไอเออร์ด้วยยางรถยนต์

สรุปผลที่ได้จากการทดลอง

การศึกษาเบื้องต้นที่ทำการทดลองเต็มระบบผล ที่ได้รับคือที่ระบบกรองแห้งด้วยเกลบ ไม่ปรากฏผงถ่านดำและเขม่าที่ตัวกรอง ชุดสเปรย์น้ำที่ใช้ทำความสะอาดแก๊ส มีผงเขม่าดำปะปน ออกมาน้อยมากๆ และมีละอองน้ำมันเชื้อเพลิงติดปะปนออกมา ส่วนชุดควบแน่นน้ำมัน ได้น้ำมัน ออกมาระดับหนึ่ง แต่แก๊สที่ได้ติดไฟยาก เนื่องจากค่าความร้อนเชื้อเพลิงแก๊สดำ จึงหยุดระบบชุด สเปรย์น้ำที่ใช้ทำความสะอาดแก๊ส และชุดควบแน่นน้ำมัน ดังกล่าวออก เพื่อลดการสูญเสียแรงดัน ในระบบและค่าความร้อนเชื้อเพลิงแก๊สที่ได้ เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในการหาประสิทธิภาพ พลังงานความร้อนของเตา และดัชนีการได้แก๊สต่อการใช้เชื้อเพลิงยาง

หลังจากปลดระบบดังกล่าวออกซึ่งปรากฏเปลวไฟลุกไหม้ดีขึ้น ผงเขม่าดำถูกเผาไหม้หมด ไม่ ปรากฏเขม่าดำ ที่เปลวไฟของแก๊ส

จากการทดลองเผายางรถยนต์ครึ่งละ 25 กก. ในช่วงการทดลองแรก ใช้เชื้อเพลิงยางใน รถยนต์ 100 เปอร์เซนต์ ยางจะจับเหนียวเป็นก้อนและอุดช่องอากาศคอเตา จึงแก้ไขเป็นระบบแก๊ส ไหลขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว และได้กำหนดอัตราส่วนผสมยางนอก ต่อ ยางใน 1:1; 2:1 และ 3:1

ค่าพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงยางกำหนดที่ 37,114.78 kJ/kg และ แก๊สซีไอเออร์ 5,450 kJ/m³ ค่าความเร็วลมที่หัวเผาแปรจะตามการบังคับลมของลิ้นบังคับลมปีกผีเสื้อที่ 30 ,60 ,90 องศา และการสูญเสียแรงดันเชื้อเพลิงในเตาซึ่งจะแปรตามอัตราส่วนผสมของยางนอกต่อยางในและค่า ความเร็วลมที่ได้อยู่ในช่วง 1.71-3.55 เมตรต่อวินาที ค่าพลังงานความร้อนที่ระบบผลิตได้ อยู่ ในช่วง 73.19 – 150.67 kW ที่ความเร็วลม 1.17 และ 3.52 m/sec

ประสิทธิภาพความร้อนระบบเตาอยู่ในช่วง 65.2-73.1 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้
ต่อน้ำหนักเชื้อเพลิงยางให้อยู่ในช่วง 4.44 - 4.9 ลูกบาศก์เมตร ต่อ กิโลกรัมยาง ที่ความเร็วลม 3.41
เมตรต่อวินาที อัตราส่วนผสมยางนอก ต่อ ยางใน 1;1 ประสิทธิภาพความร้อนระบบเตาสูงสุด 73.
เปอร์เซ็นต์ ดัชนี 4.9 ลูกบาศก์เมตร ต่อ กิโลกรัมยาง

ข้อเสนอแนะ

การใช้ ยางรถยนต์เป็นเชื้อเพลิงยางรถยนต์ ยางเมื่อโดนความร้อนจะอ่อนนุ่มเกิดยาง
เหนียวกอง ทับถมของตามคอเตา อุดรูอากาศคอเตา ระบบเตาควรเป็นระบบแก๊สไหลขึ้นจะ
เหมาะสมกว่าแบบแก๊สไหลลงเพราะจะป้องกันการอุดตันของรูอากาศที่คอเตาได้ดีกว่า เชื้อเพลิง
ยางรถยนต์ อัตราการเผาไหม้เร็ว เกิดแก๊สเร็วและมอดเป็นเถ้าเร็ว และมีเถ้าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับ
เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ดังนั้นควรมี ระบบการป้อนเชื้อเพลิงและระบบกำจัดเถ้าอย่างต่อเนื่อง
และจะต้องสอดคล้องกับอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

การนำยางรถยนต์มาใช้ในขบวนการแก๊สซิไฟเออร์มีศักยภาพทำได้และสามารถลด
มลภาวะในเรื่องเขม่าดำและผงถ่านดำ ได้ เนื่องจากเขม่าดำและผงถ่าน จะถูกเผาไหม้กลายเป็นแก๊ส
หรือถ้าหลงเหลือออกมากับแก๊สก็จะถูกเผาไหม้หมด

แก๊สที่ได้จากเตาผลิต มีความสะอาดและมีละอองน้ำมันที่เป็นเชื้อเพลิงปะปนมา ดังนั้น
ระบบทำความสะอาดแก๊ส ควรติดตั้งหลังจากการเผาไหม้แก๊สแล้ว

กระบวนการผลิตแก๊สซิไฟเออร์จากยางรถยนต์สามารถเสริมระบบการควบแน่นน้ำมัน
ละอองน้ำมันและแก๊สที่ควบแน่นกลั่นตัวได้ จะกลั่นตัวออกมาเป็นน้ำมันได้อีกส่วนหนึ่ง แต่จะทำ
ให้ค่าพลังงานความร้อนแก๊สลดลง

ขนาดของเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นสิ่งที่จะต้อง มีการควบคุมเพราะเป็นตัวแปรที่สำคัญที่จะเป็น
ตัวกำหนดปริมาณการเกิดแก๊สและ อัตราการเผาไหม้การเผาไหม้เชื้อเพลิง

ปัญหาและอุปสรรค

ประสิทธิภาพพลังงานความร้อนของระบบ และดัชนีการผลิตแก๊สต่อเชื้อเพลิงผลที่เป็นผล
เกิดจากการคำนวณทาง ทฤษฎี เป็นค่าประมาณการด้วยเหตุ ประสิทธิภาพพลังงานความร้อนของ
ระบบ ส่วนหนึ่งจะแปรตามค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใส่ให้ระบบ และค่าความร้อนของแก๊ส

เชื้อเพลิงที่ได้จากระบบซึ่งเป็นค่าที่ได้ จากตารางค่าพลังงานความร้อนที่กำหนดค่าต่ำสุดและสูงสุด ซึ่งขึ้นอยู่กับการศึกษาเลือกมาใช้

ในทางปฏิบัติจริงยัง เชื้อเพลิงส่วน น้อยที่หลงเหลืออยู่ในเตา ส่งผลให้เกิดแก๊สและ มีอากาศส่วนเกินจากพัดลมเป่า เตาทำให้ไฟที่หัวเผาดับลง ไม่สามารถนำ เชื้อเพลิงในส่วน มาใช้ ในการคำนวณได้

ค่าความเร็วลมที่ สามารถวัดได้ จะวัดในช่วงก่อนจุดเตาเท่านั้น เมื่อทำการจุดเตาอุณหภูมิของแก๊สสูงและมีไอน้ำมันปะปนออกมาจะไปรบกวนเครื่องมือวัดทำให้ไม่สามารถวัดความเร็วลมได้ ถ้าที่ได้จากการเผาไหม้จะมีลักษณะเป็นผงและเป็นเมล็ดสีดำ ก่อนข้างมีน้ำหนักเป็นตัวบ่งบอกว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงยังยังไม่หมดสมบูรณ์



บรรณานุกรม

วงศ์ถวิล วรงค์ชัย “เชื้อเพลิงจากยางรถยนต์เก่า - กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่”

คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.

www.dpim.go.th/service/download?articleid=3501&F=6473

The Journal of KMUTNB., Vol. 21, No. 1, Jan. - Apr. 2011w The Journal of KMUTNB., Vol. 21, No. 1, Jan. - Apr. กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการนำชิ้นส่วนยานยนต์ไปใช้ใหม่หลังหมดอายุการใช้งาน: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมยางรถยนต์.

Decision Support Methodology for Recycling End of Life Parts of Vehicles: A Case Study of Automobile Tyre In

<http://www.claverton-energy.com/integrated-gasification-combined-cycle-for-carbon-capture-storage.html>

<http://www.fao.org/docrep/t0512e/T0512e0a.htm>

