

การเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม้ฟืนสำหรับหม้อต้มไอน้ำ

An increase of firewood combustion efficiency in boilers

นายอนุกุล สิงห์น้อย¹⁾ นายธนวัฒน์ ลิ้มสุสนธิ์¹⁾ นายปฏิภาณ บุญรวม²⁾

1) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา* Email : patiparn@buu.ac.th

บทคัดย่อ

การนำไม้มาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนปัจจุบันกำลังเป็นที่สนใจมากขึ้นด้วยเหตุผลหลายประการได้แก่ เหตุผลด้านลดต้นทุนคือใช้ทดแทนน้ำมันที่มีราคาเพิ่มขึ้น และเหตุผลด้านสิ่งแวดล้อมคือไม้ฟืนถือเป็นพลังงานทดแทน (renewable energy) แต่อย่างไรก็ตามถ้าการเผาไหม้ไม้เป็นแบบไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ CO ซึ่งเป็นก๊าซพิษดังนั้นจะต้องมีการควบคุมปริมาณให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม บริษัทกรุงเทพค้ำสัตว์ จำกัด ซึ่งใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้สำหรับให้ความร้อนแก่หม้อต้มไอน้ำที่กำลังการผลิต 5.0 ตันต่อชั่วโมง จากการศึกษา ชนิดของไม้ฟืน และสภาวะการทำงาน (operating conditions) พบว่าที่สภาวะการทำงานเดิมและทำการเปลี่ยนแปลงชนิดไม้ฟืนจากปึกไม้ยางพาราที่มีความยาวประมาณ 1.2 เมตร และค่าความร้อนของการเผาไหม้ (Low Heating Value, LHV) เท่ากับ 10.029 MJ/kg ที่ความชื้น 20.0%wt เปลี่ยนเป็นเศษไม้จากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ที่มีขนาดประมาณ 20-30 ซม. และค่าความร้อนของการเผาไหม้ที่ 18.639 MJ/kg ที่ความชื้น 8.5%wt พบว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม้เพิ่มขึ้น โดยดูจากปริมาณ CO ที่ลดลงจากค่าเฉลี่ย (คิดเป็น 100 ppm) มากกว่า 50% และอาจมากถึง 75% นอกจากนี้ยังสามารถลดต้นทุนเชื้อเพลิงได้ประมาณ 30 บาท/ชั่วโมง

คำสำคัญ : ไม้ฟืน ประสิทธิภาพการเผาไหม้ คาร์บอนมอนนอกไซด์ สภาวะการทำงาน ค่าความร้อนของการเผาไหม้

1. บทนำ

ไม้ฟืนถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนด้วยเหตุผลหลายประการเช่น เชื้อเพลิงจากน้ำมันมีปริมาณลดน้อยลงและราคาที่ขยับตัวเพิ่มขึ้นทุกขณะ เหตุผลด้านสิ่งแวดล้อมคือ ไม้ฟืนเมื่อเผาไหม้อย่างสมบูรณ์แล้วจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) น้ำ และขี้เถ้า เป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้นถ้าอัตราการใช้ CO₂ ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืชกับอัตราการปล่อย CO₂ ที่ได้จากการเผาไหม้ไม้มีความสมดุลกันแล้วก็จะกล่าวได้ว่าไม้ฟืนเป็นพลังงานทดแทน (renewable energy) นอกจากนี้ที่กล่าวมาแล้วนี้ ข้อดีของเชื้อเพลิงจากไม้คือ ก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้จะไม่มีหรือแทบจะไม่ได้ก๊าซที่เป็นออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SO_x) และออกไซด์ของ

ไนโตรเจน (NO_x) เพราะในเนื้อไม้ไม่มีปริมาณซัลเฟอร์ และไนโตรเจนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิง (Demirbas, 2001)

แต่อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปการเผาไหม้ไม้ฟืนจะเป็นปฏิกิริยาที่ไม่สมบูรณ์และจะได้ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นก๊าซพิษ โดยกรมอุตสาหกรรมได้ออกประกาศเมื่อปี พ.ศ. 2536 เรื่องกำหนดค่าปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน โดยก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จะต้องไม่เกิน 870 ppm สำหรับบริษัทกรุงเทพค้ำสัตว์ จำกัด ซึ่งใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนสำหรับหม้อต้มไอน้ำ พบว่าปริมาณการปล่อย CO ยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดโดยกรมอุตสาหกรรม

ดังนั้นโครงการนี้จึงได้ทำการทดลองและเก็บข้อมูลในโรงงานเพื่อเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม่พิน โดยติดตามปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญ โดยจะศึกษาชนิดของไม้พิน และสภาวะการทำงาน (operating conditions)

1.1 สมบัติของไม้และการเลือกใช้

สมบัติต่างๆ ของไม้เป็นปัจจัยหลักที่ควรคำนึงเมื่อจะทำการเลือกไม้มาใช้เป็นเชื้อเพลิง ปัจจัยที่สำคัญได้แก่ ความชื้นของไม้ และค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ เป็นต้น ตารางที่ 1.1 แสดงองค์ประกอบต่างๆ โดยน้ำหนักที่มีอยู่ในไม้พิน โดยจะพบว่าสารที่สามารถระเหยได้ (volatile matter, VM) มีปริมาณมากกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับความชื้นและปริมาณคาร์บอนคงตัว (fixed carbon, FC) โดยที่ทั้งสองมีปริมาณใกล้เคียงกัน ความสำคัญของปริมาณ VM และ FC ที่มีอยู่ในไม้จะบอกถึงลักษณะการใช้ไม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิง เช่นการเผาโดยตรง หรืออาจเป็นแบบ biomass gasification

ตารางที่ 1.1 แสดงองค์ประกอบต่างๆที่อยู่ในไม้

biomass	Moisture (%)	VM (%)	FC (%)	Ash (%)	LHV (MJ/kg)
Wood	20	62	17	1	18.6
Wheat	16	59	21	4	17.3
Barley	30	46	18	6	16.1

ที่มา : Peter McKendry, Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource Technology, 2002, 83, 37-46

สำหรับการเผาไม้โดยตรง พลังงานที่อยู่ในเนื้อไม้จะถูกเก็บไว้ 2 ลักษณะคือคาร์บอนคงตัว (FC) และสารที่ระเหยได้ (VM)

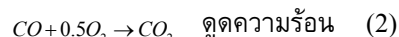
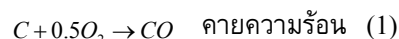
1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเผาไหม้ไม้

ถ้าปฏิกิริยาการเผาไหม้เป็นแบบสมบูรณ์ จะได้ ก๊าซ CO₂ น้ำ และขี้เถ้า แต่ถ้าการเผาไหม้เป็นแบบไม่สมบูรณ์จะได้ ก๊าซ CO, ไฮโดรคาร์บอนที่เหลืออยู่ (unburnt hydrocarbon, UHC), ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) และควัน เป็นองค์ประกอบรวมและปะปนกับก๊าซที่ได้จาก

การเผาไหม้ไม่พิน สาเหตุที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ได้แก่ ปริมาณอากาศ และสภาวะการเผาไหม้

1.2.1 ปริมาณอากาศ

กรณีที่ปริมาณอากาศหรือออกซิเจน O₂ ที่ป้อนน้อยกว่าปริมาณที่ต้องการทางทฤษฎี จะส่งผลให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์



ปฏิกิริยาที่ 1 เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นถ้าป้อน O₂ น้อยกว่าทางทฤษฎี ก็จะไม่เกิด O₂ เหลือพอที่จะมาทำปฏิกิริยาใน 2 จึงเป็นสาเหตุหนึ่งของการปล่อยก๊าซ CO

1.2.2 การออกแบบเตาเผาและการทำงาน

ถึงแม้การป้อนอากาศจะมากกว่าตามทฤษฎี แต่ปฏิกิริยาที่ 2 จะต้องอาศัยเวลาและสภาวะที่พอเหมาะเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นสำหรับเตาเผาที่มีการออกแบบไม่ดี (poorly designed burner) หรือ (overloaded burner) ก็จะเป็นสาเหตุในการปล่อยก๊าซ CO (McKendry, 2002)

1.2.3 สภาวะการเผาไหม้

ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ก๊าซ O₂ จะมีปริมาณลดลงและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากขึ้นก็จะทำปฏิกิริยากับคาร์บอน C ได้ CO ดังสมการ



ดังนั้น อุณหภูมิและปริมาณ O₂ ที่เหมาะสมใน combustion gasses ใน primary zone อุณหภูมิที่เกิดคือ 600-700 C

2. วัตถุประสงค์ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ — เชื้อเพลิงไม้ที่ใช้มี 2
ลักษณะดังรูป ซึ่งเป็นไม้ชนิดเดียวกันและได้มาจากโรงงานทำเฟอร์นิเจอร์ในจังหวัดระยอง



ก) ปึกไม้ยางพารา (para firewood)

ขนาดยาวประมาณ 1.2 เมตร



ข) เศษไม้ยางพาราที่เหลือจากการทำ

เฟอร์นิเจอร์ ขนาดยาวประมาณ 20-30 เซนติเมตร

2.2 เครื่องมือและวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์

ตารางที่ 1.1 แสดงช่วงการวัดและความแม่นยำของวิธีการวัดค่าต่างๆ

	ช่วงการวัด/ ความแม่นยำ	วิธีการวัด
O ₂	0....+25% Vol.	FGA
CO	0....+6,000 ppm	FGA
CO ₂	0....+72% Vol.	FGA
NO _x	0....+500 ppm	FGA
LHV	0.13 MJ/kg	ASTM*
ความชื้น	0.1 %wt	ASTM**
FGA	=Flue Gas Analyzer	
ASTM*	= ASTM D 240	
ASTM**	= ASTM D 4442	

2.3 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์สมบัติของไม้ชนิดต่างๆ จะ

ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ภาควิชา

วิศวกรรมเคมี

ตอนที่ 2 ทำการวัดปริมาณก๊าซต่างๆที่ออกจาก
ปล่องควันจะวัดโดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเผาไหม้
(Fuel Gas Analyzer) ยี่ห้อ testo รุ่น 350XL เมื่อ
ทำการทดลองโดยเปลี่ยนแปลงชนิดของไม้ และ

เปลี่ยนสภาวะการทำงาน (operating conditions)
ผลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับกรณีที่สภาวะการ
ปฏิบัติงานจริงของโรงงาน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 สมบัติของไม้

ตารางที่ 3.1 แสดงสมบัติของไม้ชนิดต่างๆ

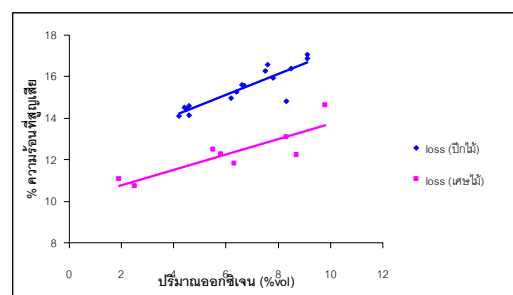
	ความชื้น (%wt)	LHV (MJ/kg)	อัตราการใช้ (kg/hr)	ราคา B/hr*
ปึกไม้ยางพารา	20.0	10.028	1050	525
เศษไม้ยางพารา	8.5	18.639	565	495

* กำหนดให้ปึกไม้ราคา 0.50 บาท/กก และ 0.875 บาท/กก สำหรับเศษไม้
LHV = low heating value

จากตารางที่ 3.1 ปึกไม้ยางพารามีความชื้นมากกว่า
เศษไม้ยางพารามากกว่า 50% โดยค่าความชื้น
ของเศษไม้อยู่ที่ 20.0% โดยน้ำหนัก ส่วนค่า LHV
จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นในเนื้อไม้ลดลง
นอกจากนี้ค่า LHV ยังสามารถใช้ประมาณอัตรา
การป้อนไม้พืนได้ ดังจะเห็นได้จากตารางปึกไม้จะมี
ค่า LHV ต่ำกว่าเป็น 2 เท่า และอัตราการป้อน
ไม้พืนจะมากกว่าเป็น 2 เท่าเช่นกัน ถึงแม้ว่าราคา
ต่อหน่วยของเชื้อเพลิงที่เป็นเศษไม้ที่มีคุณภาพดี
จะสูงกว่า แต่เมื่อคำนวณโดยรวมแล้วราคายังต่ำ
กว่า ทั้งนี้เพราะว่าราคาของไม้ที่มีคุณภาพจะ
คำนวณจากความรู้สึกของผู้ขายมากกว่าคำนวณ
จากค่า LHV อัตราการป้อนไม้พืนที่ลดลงยังส่งผล
ให้สิ้นเปลืองแรงงานน้อยตามไปด้วย

3.2 ศึกษาสภาวะการทำงานก่อนและหลังการ เปลี่ยนแปลงชนิดไม้พืน

3.2.1 ปริมาณออกซิเจนต่อการสูญเสียความร้อน



รูปที่ 3.1 แสดงปริมาณความร้อนที่สูญเสียเทียบกับปริมาณ
ออกซิเจนที่ป้อน

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณอากาศเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนมากขึ้น โดยความร้อนจะถูกพาออกไปจากระบบและพบว่า ความร้อนที่สูญเสียในกรณีที่เชื้อเพลิงเป็นเศษไม้ จะมีการสูญเสียความร้อนน้อยกว่าประมาณ 2% ที่ทุกสภาวะการทำงาน ทั้งนี้เนื่องจากการสูญเสีย ความร้อนจะลดลงตามอุณหภูมิปล่องควันที่ลดลง

3.2.2 แสดงลักษณะการป้อนไม้ฟืนเข้าสู่เตาเผา



รูปที่ 3.2 แสดงปัญหาการกองทับถมกันตรงปากเตา ขณะป้อนปึกไม้ยางพาราเข้าสู่เตาเผา



รูปที่ 3.3 แสดงการลำเลียงเศษไม้ชิ้นเล็กๆเข้าสู่เตาเผา

จากรูปที่ 3.2 และ 3.3 แสดงให้เห็นว่าการกองทับถมกันของปึกไม้ตรงปากทางเข้าเตาเผาอาจเป็นสาเหตุให้อุณหภูมิการเผาไหม้ลดลง และมีผลทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และได้ CO ออกมาตรงตำแหน่งนี้ ส่วนรูปที่ 3.3 ปัญหาการกองทับถมของไม้ตรงปากทางเข้าจะไม่เกิดขึ้น แต่จำเป็นต้องเปลี่ยนลักษณะการลำเลียงไม้ใหม่เพื่อไม่ให้เศษไม้ชิ้นเล็กๆ ลื่นและกระเด็นออกขณะลำเลียงสู่เตาเผา



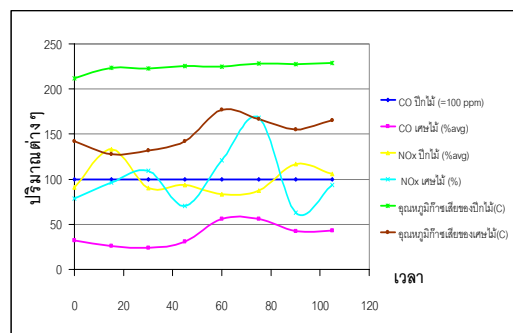
รูปที่ 3.4 แสดงปริมาณของควันที่ออกสำหรับการเผาปึกไม้ยางพารา



รูปที่ 3.5 แสดงปริมาณของควันที่ออกสำหรับการเผาเศษไม้ยางพารา

จากรูปที่ 3.4 และ 3.5 จะเห็นว่าปริมาณควัน ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งถึงประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม่โดยง่ายจะพบว่าปึกไม้ยางพาราจะให้ปริมาณควันที่สกปรกมากกว่าการเผาเศษไม้ยางพารา

3.3 เปรียบเทียบองค์ประกอบของก๊าซต่างๆ ใน flue gas กับชนิดของไม้



รูปที่ 3.6 แสดงองค์ประกอบของก๊าซต่างๆ ใน flue gas ที่ได้จากการเผาไหม้ชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 3.6 เมื่อกำหนดให้ค่าเฉลี่ยปริมาณของ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ CO ที่วัดได้จริงใน flue gas เป็น 100 ppm และเมื่อทำการเปลี่ยนชนิดของ เชื้อเพลิงไม้จากปึกไม้เป็นเศษไม้พบว่าที่ทุกสภาวะ การทำงาน ปริมาณ CO ลดลงมากกว่า 50% และ อาจลดได้ถึง 75%ของปริมาณ CO เฉลี่ย ทั้งนี้ เนื่องจากเศษไม้มีขนาดที่เล็กลง 4-6 เท่าจาก ของเดิม ทำให้มีพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับเปลวไฟ มากขึ้น จึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดีขึ้นและส่งผล ให้ปริมาณ CO ลดลง

4. สรุปผลการทดลอง

เตาเผาไหม้ชนิดไม้พืนสำหรับใช้เป็น แหล่งความร้อนให้แก่หม้อต้มไอน้ำในบริษัท กรุงเทพมหานคร จำกัด ที่มีอัตราการผลิตไอน้ำ 5.0 ตันต่อชั่วโมง จากการศึกษาพบว่า เมื่อไม่มีการ เปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานแต่เปลี่ยนชนิดของ เชื้อเพลิงไม้จากปึกไม้ยางพาราที่มีความชื้น 20.0% และ LHV 10.029MJ/kg เป็นเศษไม้ ยางพาราที่มีขนาดที่เล็กยาวประมาณ 20-30 ซม. และมีความชื้น 8.5% และ LHV 18.639MJ/kg พบว่า ประสิทธิภาพการเผาไหม้เพิ่มขึ้นโดยดูจาก ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ลดลงมากกว่า 50% หรืออาจมากถึง 75% นอกจากนี้ปริมาณ คว้นที่ปล่อยออกมีความสะอาดมากขึ้น อีกทั้งยัง สามารถลดต้นทุนเชื้อเพลิงได้ประมาณ 30 บาท/ ชั่วโมง

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการทางวิศวกรรมเคมีนี้สำเร็จลุล่วง ไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือจากบุคคล ต่างๆ ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำโครงการ ในครั้งนี้ ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่าง ยิ่งต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนตลอดโครงการ บริษัทกรุงเทพ คำสัตว์ จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งด้านการ ทดลองและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างมาก ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา ตลอดจนอาจารย์ปฎิภาณ บุญ รวม ที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาที่ดีตลอดมา

6. เอกสารอ้างอิง

Demirbas, A. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. Energy Conversion & Mangament. 2001, 42, 1357-1378
www.sciencedirect.com

McKendry, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource Technology. 2002, 83, 37-46
www.sciencedirect.com/