สัญญาเลขที่ 226/2551

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เตาผลิตแก๊สชีวมวลเพื่อใช้การหุงต้ม

Biomass Fuel for Gas Cooker

โดย นายประเสริฐศิลป์   อรรฐาเมศร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จังหวัดนครนายก

บทคัดย่อ

เตาแก๊สซิไฟเออร์ใช้ในการปรุงอาหารขนาด 0.32 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพพลังงานความร้อนเตา 48 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าพลังงานความร้อน 59.95 กิโลวัตต์ การทดลองโดยใช้น้ำครั้งละ 10 ลิตร ต้มด้วยหม้อเบอร์34 อุณหภูมิ 90 °C ใช้หัวเตา K 5 โดยการปรับรูช่องลมของหัวเตา ประสิทธิภาพรวมระบบ 4.33 เปอร์เซ็นต์ อัตราการใช้พลังงานอยู่เฉลี่ย 2 กิโลกรัม ต่อน้ำ 1ลิตร

จากการศึกษาเตาหุงต้มแก๊สซิไฟเออร์เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กไม่เหมาะที่จะใช้ในครัวเรือนเพราะต้องใช้ระยะเวลาในการจุดเตานาน

คำสำคัญ: แก๊สซิไฟเออร์,พลังงานชีวมวล

Abstract

Gassifier stove cooker is 0.32 m^3 using shell coconut fuel. The efficiency of heat energy is at 48 %. This research is able to produce heat energy at 59.95 kW. Additionally, the efficiency of gassifier stove production is at 10 lite by using cooker number 5 at the temperature 90 degree Celsius. Cooker is typically K5. It is able to adjust hole of air flow. The efficiency of gassifier stove cooker is at 4.33 %. In this study, shell coconut is used for producing 2 kg per lite

In this study, gassifier stove cooker is designed for mini industrial , however this gassifier stove cooker is not suitable for house hold because it takes time for heating by shell coconut.

Keywords : Gasifies,Biomass

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบิดามารดา ที่ได้เลี้ยงดูและขอขอบคุณครูบาอาจารย์ ที่ให้การศึกษาแก่ข้าพเจ้า ขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ทุนวิจัยในครั้งนี้ ขอบใจนักศึกษาภาคสมทบ วิศวกรรมอุตสาหการ ที่เก็บข้อมูลบางส่วน นายอรรถพงษ์ ศิริทัพ นายกิตตินันท์ ชูช่วย และนายอัฏกร มณฑา

งานวิจัยชิ้นนี้หวังว่าคงเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจในการใช้เป็นฐานข้อมูลในการศึกษาต่อไป และนำไปใช้ประโยชน์

นายประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญรูป

บทที่ 1 บทนำ..........1

ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย..........1

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย..........2

ขอบเขตของโครงการวิจัย..........2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..........2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..........3

ชีวมวล..........3

องค์ประกอบชีวมวล..........3

พลังงานที่ได้จากชีวมวล..........4

กระบวนการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ..........5

เทคโนโลยีพลังงานชีวมวล..........6

หน้า

กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส……….……………………………………………….6

เตาผลิตแก๊ส...7

ปฏิกิริยาที่สำคัญที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นของ Gasifier…………………………………….…11

บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ..14

การออกแบบเตาแก๊สซิไฟเออร์……………………..…………………………….…….14

ส่วนประกอบของเตา…………………………..……………………………….……14

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง…………………………………………….……...20

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และวิธีการทดลอง…………………………………….……..20

การทดลองหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของชุดเตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแก๊ส……………….21

การทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเตาปฏิกรณ์……………………………………22

การทดลองหาประสิทธิภาพรวม ของการผลิตแก๊สชีวมวลในการหุงต้ม......................................24

การคำนวณหาประสิทธิภาพความร้อน………………………………………….…….….25

ดัชนี การให้แก๊สเชื้อเพลิงต่อการใช้เชื้อเพลิง ……………………………………………..28

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ…………………………………………………………..30

ปัญหาและอุปสรรค………………………………………………………….…………30

ข้อเสนอแนะ...31

บรรณานุกรม……………………………………………………………………….….…..32

ภาคผนวก...33

ประวัติ...48

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ค่าความร้อนและส่วนประกอบชีวมวล..18

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความชื้นกะลามะพร้าว...22

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของชีวมวล.....3

รูปที่ 3.1 เตาผลิตแก๊สชีวมวลเพื่อใช้การหุงต้ม.....15

รูปที่ 3.2 ลิ้นนิรภัย.....15

รูปที่ 3.3 ชุดเป่าลม.....16

รูปที่ 3.4 ชุดลดอุณหภูมิแก๊ส.....16

รูปที่ 3.5 ท่อส่งลมแก๊สไปยังหัวเตา.....17

รูปที่ 3.6 ช่องจุดเตา.....17

รูปที่ 3.7 ช่องเขี่ยเถ้า.....18

รูปที่ 3.8 คอเตา.....18

รูปที่ 3.9 หัวเตาแก๊สรุ่น K 5.....19

รูปที่ 4.1ตราชั่งดิจิตอลความละเอียด 1 กรัม.....20

รูปที่ 4.2 ตราชั่งน้ำหนักแบบสปริง.....20

รูปที่ 4.3 อุปกรณ์ วัดความเร็วลม.....21

รูปที่ 4.4 กะลามะพร้าว.....21

รูปที่ 4.5 ชั่งกะลามะพร้าวโดยบรรจุในถุง.....21

รูปที่ 4.6 ลักษณะเถ้าและถ่านกะลา.....24

รูปที่ 4.7 การทดสอบการจุดไฟที่ท่อแก๊ส.....24

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 4.8 การทดสอบการจุดไฟที่ท่อต่อแก๊สเข้าหัวเตา....25

รูปที่ 4.9 การทดสอบ ดูควันแก๊สที่ฝาเตา....25

รูปที่ 4.10 การประกอบหัวเตาเข้าระบบ....25

รูปที่ 4.11 การต่อท่อแก๊สเข้าหัวเตา....25

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันมุนษยชาติทั่วโลกได้มีการใช้พลังงานอย่างมหาศาล เพื่อใช้ทางด้านเศรษฐกิจ และใช้ในชีวิตประจำวันอย่างมหาศาล ทำให้เกิดวิกฤตทางด้านพลังงาน เนื่องจากพลังงานเริ่มขาดแคลน และมีราคาสูง โดยเฉพาะพลังงานจากซากดึกดำบรรพ์ไม่ว่าจะเป็นน้ำมัน แก๊ส ถ่านหิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และความเป็นอยู่ของมนุษย์ในชาติ และทั่วโลก

ในปัจจุบันทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทยได้ตระหนักถึงปัญญาหาดังกล่าว จึงได้มีการส่งเสริมในเรื่องของการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ และเรื่องของการใช้พลังงานทดแทน

การใช้พลังงานเพื่อการหุงต้มก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่มีการใช้กันทุกครัวเรือน และในปัจจุบันได้มีการใช้แก๊ส LPG ในการหุงต้มซึ่งแก๊สดังกล่าวเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมัน ซึ่งนับวันมีราคาสูงตามราคาน้ำมัน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และได้มีการนำแก๊ส LPG ไปใช้กับรถยนต์ ซึ่งในอนาคตแก๊ส LPG จะต้องขาดแคลน และมีราคาสูง การใช้ชีวมวลผลิตเป็นแก๊สหุงต้มเป็นวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ยังมีชีวมวลที่ยังไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ หรือมีประสิทธิภาพ ชีวมวลดังกล่าวได้แก่ เศษไม้ฟืน, เศษกะลามะพร้าว , กะลาปาล์ม , เหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งในบางครั้งปล่อยทิ้ง หรือเผาทิ้งอย่างเปล่าประโยชน์ ฯลฯ ซึ่งชีวมวลดังกล่าวสามารถนำมาทำเชื้อเพลิงได้ แต่ชีวมวลดังกล่าวถ้านำมาเผาไหม้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงก็จะเกิดเขม่าควันติดก้นภาชนะ เกิดมลภาวะ และรบกวนในการหุงต้ม ถึงแม้จะได้มีการทำเป็นถ่านเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว แต่ในการเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นถ่านซึ่งจะยังมีสารระเหยในเนื้อไม้ที่เป็นเชื้อเพลิงที่สำคัญส่วนหนึ่ง ที่ต้องสูญเสียไป และเหลือเป็นถ่านประมาณ 15 – 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเดิม ซึ่งถือว่าเป็นการใช้พลังงานอย่างขาดประสิทธิภาพ

ซึ่งปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการใช้เตาผลิตชีวมวลให้เป็นแก๊สชีวมวล โดยการเผาชีวมวลในที่ควบคุมออกซิเจน ซึ่งถ่านในเนื้อไม้ และสารระเหยในเนื้อไม้จะเปลี่ยนเป็นแก๊สเชื้อเพลิงในรูปของแก๊ส CO , CH_4 และ H_2 ซึ่งแก๊สดังกล่าวเป็นแก๊สเชื้อเพลิงใช้ในการหุงต้มได้

โดยสามารใช้ได้กับเตาแก๊สที่ใช้ในปัจจุบันที่ใช้แก๊ส LPG ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปโดยสามารถใช้ร่วมกันทั้ง 2 ระบบ กล่าวคือ เตาแก๊สหุงต้มสามารถที่จะใช้แก๊สชีวมวล และแก๊ส LPG ได้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

สร้างเครื่องผลิตแก๊สชีวมวลที่ใช้กับชีวมวลชนิดแก๊สไหลขึ้นที่ใช้ กะลามะพร้าว

ที่มีอัตราการผลิตแก๊สชีวมวลได้ 8 – 15 m^3 ต่อชั่วโมง เพื่อใช้ในการหุงต้มอาหาร

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาผลิตแก๊สชีวมวล ด้วยปริมาณของแก๊สชีวมวลต่อปริมาณ กะลามะพร้าว

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ส่งเสริมการนำชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และมีประสิทธิภาพ

2.นำไปใช้ประโยชน์ได้โดยเฉพาะการหุงต้มที่ใช้เวลาต่อเนื่อง เช่น ร้านขายอาหาร หรืองานหุงต้มอาหารของกลุ่มแม่บ้าน และอุตสาหกรรมขนาดย่อมในครัวเรือน

3.ลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ที่นับวันเริ่มขาดแคลน มีราคาสูงขึ้นอย่างไม่มีกำหนด และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

4.เป็นชุดต้นแบบที่ประชาชน และหน่วยงานที่สนใจจะนำไปทำขึ้นใช้ หรือเผยแพร่

บทที่2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การใช้งานชีวมวลเพื่อทำให้ได้พลังงานอาจจะทำโดย นำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ ชีวมวลเล่านี้มีแหล่งที่มาต่างๆ กัน อาทิ พืชผลทางการเกษตร (agricultural crops) เศษวัสดุเหลือทิ้งการเกษตร (agricultural residues) ไม้และเศษไม้ (wood and wood residues) หรือของเหลือจากจากอุตสาหกรรมและชุมชน ตัวอย่างเช่น แกลบ, ชานอ้อยม เศษไม้ได้จากการแปรรูป, ไม้ยางพาราหรือไม้ยูคาลิปตัส, กากปาล์ม, กากมันสำปะหลัง, ซังข้าวโพด, กะลามะพร้าว, ส่าเหล้า

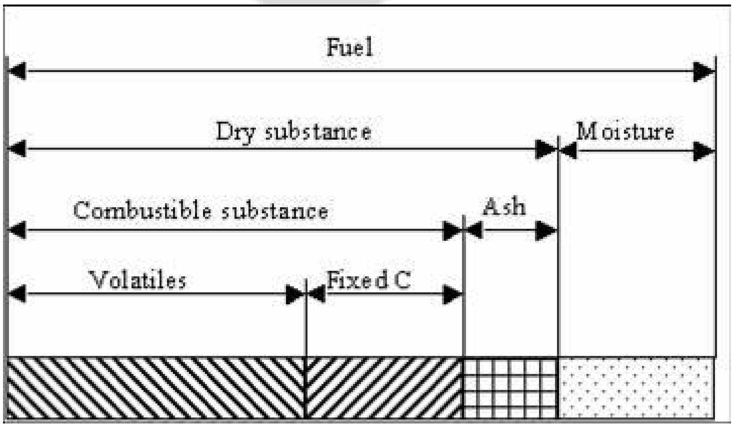
องค์ประกอบของชีวมวล (Biomass Compositions)

องค์ประกอบของชีวมวลหรือสสารทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ

1.ความชื้น (Moisture) ความชื้นหมายถึงปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในชีวมวล

2.ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) ส่วนที่เผาไหม้ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ สารระเหย (Volatiles Matter) และคาร์บอนคงที่ (Fixed Carbon)

3.ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ หรือขี้เถ้า (Ash) เมื่อชีวมวลถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์แล้ว จะมีเนื้อสารบางส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ซึ่งคือขี้เถ้า โดยชีวมวลแต่ละประเภทจะมีสัดส่วนของปริมาณขี้เถ้าในชีวมวลแตกต่างกัน



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของชีวมวล

พลังงานที่ได้จากชีวมวล (Biomass Heating Value)

ชีวมวลแต่ละประเภทจะให้พลังงานจากการเผาไหม้แตกต่างกัน ตามลักษณะองค์ประกอบต่างๆ ของชีวมวลแต่ละชนิด และสัดส่วนความชื้นที่สะสมอยู่ในชีวมวล โดยค่าความร้อนหรือพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ชีวมวล จะแสดงได้เป็น

1. ค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value, LHV) เป็นค่าพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้จริงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งได้หักพลังงานส่วนหนึ่งที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำที่สะสมอยู่ในชีวมวลออกไประหว่างการเผาไหม้ โดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็น กิโลจูล (kJ) ต่อกิโลกรัมชีวมวล (kg) หรือ กิโลแคลอรี (kcal) ต่อกิโลกรัมชีวมวล (kg)

2. ค่าความร้อนสูง (High Heating Value, HHV) เป็นค่าพลังงานทั้งหมดที่ได้จากการเผาไหม้ชีวมวล มีหน่วยเป็น kJ/kg หรือ kcal/kg

จากการสำรวจคุณลักษณะของชีวมวลประเภทต่างๆ จะได้คุณสมบัติเบื้องต้น และค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากชีวมวลแต่ละประเภทดังนี้

ตารางที่ 2.1 ค่าความร้อนและส่วนประกอบชีวมวล

คุณสมบัติชีวมวลต่างๆ	Moisture %	Ash %	Volatile Matter %	Fixed Carbon %	Higher Heating Value kJ/kg	Lower Heating Value kJ/kg
แกลบ (Rice Husk)	12.00	12.65	56.46	18.88	14,755	13,517
ฟางข้าว (Rice Straw)	10.00	10.39	60.70	18.90	13,650	12,330
ชานอ้อย (Bagasse)	50.73	1.43	41.98	5.86	9,243	7,368
ใบอ้อย (Cane Trash)	9.20	6.10	67.80	16.90	16,794	15,479
ไม้ยางพารา(Parawood)	45.00	1.59	45.70	7.71	10,365	8,600
เส้นใยปาล์ม (PalmFiber)	38.50	4.42	42.68	14.39	13,127	11,400
กะลาปาล์ม (Palm Shell)	12.00	3.50	68.20	16.30	18,267	16,900
ทะลายปาล์ม (Empty Fruit Bunch)	58.60	2.03	30.46	8.90	9,196	7,240

คุณสมบัติชีวมวลต่างๆ	Moisture %	Ash %	Volatile Matter %	Fixed Carbon %	Higher Heating Value kJ/kg	Lower Heating Value kJ/kg
ต้นปาล์ม (Palm Trunk)	48.40	1.20	38.70	11.70	9,370	7,556
ทางปาล์ม (Palm Leaf)	78.40	0.70	16.30	4.60	3,908	1,760
ลำต้นข้าวโพด (Corn Stalk)	41.70	3.70	46.46	8.14	11,704	9,830
ซังข้าวโพด (Corncob)	40.00	0.90	45.42	13.68	11,298	9,615
เหง้ามันสำปะหลัง (Tapioca Rhizome)	59.40	1.50	31.00	8.10	7,451	5,494
เปลือกไม้ยูคาลิปตัส (Eucalyptus Bark)	60.00	2.44	28.00	9.56	6,811	4,917

ที่มา: ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม

http://www.em-group.co.th/Technology_Biomass.html

กระบวนการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ

1.การเผาไหม้โดยตรง (combustion) เมื่อนำชีวมวลมาเผา จะได้ความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวล ความร้อนที่ได้จากการเผาสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ตัวอย่างชีวมวลประเภทนี้คือ เศษวัสดุทางการเกษตร และเศษไม้

2.การผลิตก๊าซ (gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือชีวมวลให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง เรียกว่าแก๊สชีวภาพ (biogas) มีองค์ประกอบได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์

3.การหมัก (fermentation) เป็นการนำชีวมวลมาหมักด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ ชีวมวลจะถูกย่อยสลายและแตกตัว เกิดแก๊สชีวภาพ(biogas) ที่ มี องค์ประกอบหลักคือ แก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์

4.การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากพืช มีกระบวนการที่ใช้ผลิตดังนี้

4.1 กระบวนการทางชีวภาพ ทำการย่อยสลายแป้ง น้ำตาล และเซลลูโลสจากพืชทาง

การเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ให้เป็นเอทานอล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องยนต์เบนซิน

4.2 กระบวนการทางฟิสิกส์และเคมี โดยสกัดน้ำมันออกจากพืชน้ำมัน จากนั้นนำน้ำมันที่ได้ไปผ่านกระบวนการ transesterification เพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซล

4.3 กระบวนการใช้ความร้อนสูง เช่นกระบวนการไพโรไลซิส เมื่อวัสดุทางการเกษตรได้ความร้อนสูงในสภาพไร้ออกซิเจน จะเกิดการสลายตัว เกิดเป็นเชื้อเพลิงในรูปของเหลวและแก๊สผสมกัน

เทคโนโลยีพลังงานชีวมวล

การผลิตก๊าซโดยการหมัก (Anaerobic Digestion Technology) การผลิตก๊าซจากชีวมวลทางเคมีด้วยการย่อยสลายสารอินทรีย์ในที่ไม่มีอากาศหรือไม่มีออกซิเจนซึ่งเรียกว่า ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ได้ก๊าซมีเทน (CH4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) เป็นหลัก

การผลิตเชื้อเพลิงเหลว (Liquidification Technology

การสันดาป (Combustion Technology) การสันดาปเป็นปฏิกิริยาการรวมตัวกันของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนอย่างรวดเร็วพร้อมเกิดการลุกไหม้และคายความร้อน ในการเผาไหม้ส่วนใหญ่จะไม่ใช้ออกซิเจนล้วนๆ แต่จะใช้อากาศแทนเนื่องจากอากาศมีออกซิเจนอยู่ 21% โดยปริมาณ หรือ 23% โดยน้ำหนัก

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification Technology) กระบวนการ Gasification เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่มีอยู่ในชีวมวลที่สำคัญกระบวนการหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงแบบ Thermal Conversion โดยมีส่วนประกอบของ Producer gas ที่สำคัญได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน (H2) และมีเทน (CH4)

ที่มา : http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/science04/101/2/html/shewamon.htm

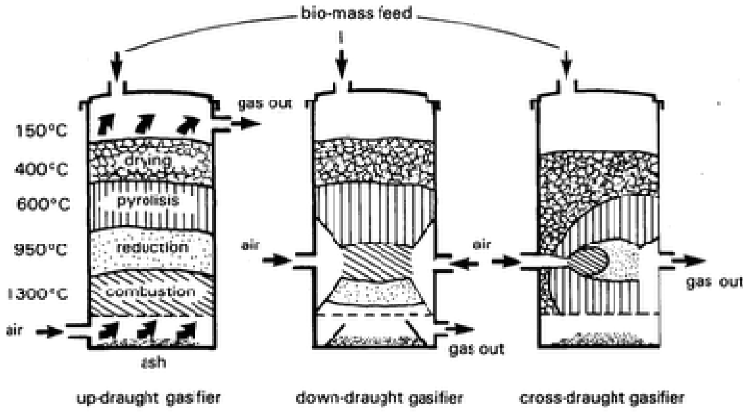
กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส

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

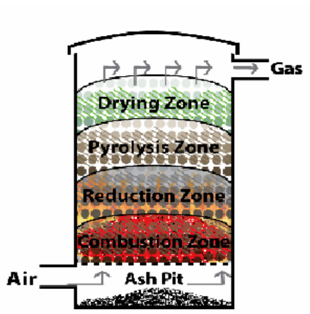
เตาผลิตแก๊ส (Gasifier)

การผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สเป็นการทำปฏิกิริยาเคมีของสารสองสถานะ คือ ของแข็งกับแก๊ส และสถานะเดียวกันคือแก๊สกับแกสรวมอยู่ด้วย 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

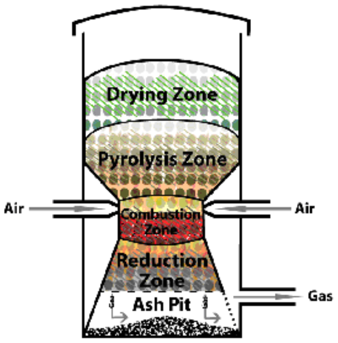


Updraft Gasifier

เนื่องจากแก๊สร้อนที่เกิดจาก Combustion Zone ไหลผ่านชั้นเชื้อเพลิง ความร้อนสัมผัสจะถูกถ่ายเทให้กับเชื้อเพลิงก่อนไหลลงสู่ Reduction Zone และ Pyrolysis Zone ต่อไป ฉะนั้น Updraft Gasifier จึงมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง แต่เมื่อแก๊สออกจากเตาผลิตแก๊ส อุณหภูมิโปรดิวเซอร์แก๊ส จะลดลงTar และ Oil จะกลั่นตัวเป็นของเหลว ดังนั้นโปรดิวเซอร์แก๊สจึงมีสิ่งปนเปื้อนสูง

การผลิตแก๊สด้วยวิธีนี้อาจจะป้อนไอน้ำช่วยในการทำปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มปริมาณ H2 , CO และช่วยควบคุมอุณหภูมิ Combustion Zone กรณีเชื้อเพลิงมีความชื้นสูงไม่จำเป็นต้องป้อนไอน้ำ

1.2 Downdraft Gasifier อากาศไหลลงทิศทางเดียวกับการไหลเลื่อนของชื้อเพลิง จึงอาจเรียกว่า Co-current Gasifier เตาชนิดนี้มีจุดประสงค์ให้ผลิตภัณฑ์จาก Paralysis Zone ไหลผ่าน Combustion Zone ซึ่งมีอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิด การแตกตัวเป็นแก๊สก่อนที่จะไหลออกจากเตาผลิตแก๊ส ดังรูป โปรดิวเซอร์แก๊สจึงมี Tar ต่ำแต่โปรดิวเซอร์แก็สจะมีอุณหภูมิสูงถึง 300-500 องศาเซลเซียส [10] จุดสำคัญของ Downdraft Gasifier คือลักษณะ Combustion Zone รูปแบบตะแกรงและวิธีการ ป้อนอากาศ

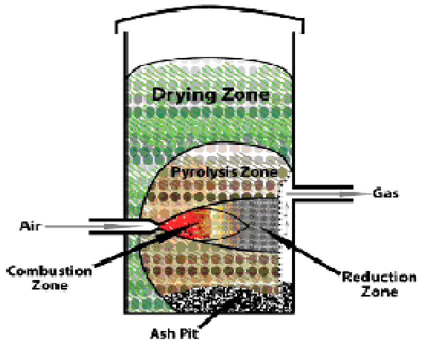


Downdraft Gasifier

ลักษณะรูปร่างของ Combustion Zone จะออกแบบให้เล็กลงโดยการ ลดพื้นที่หน้าตัด และปรับลักษณะการป้อนอากาศเพื่อทำให้อุณหภูมิชั้นเผาไหม้มีค่าสูงเพียงพอในการสลาย Tar แต่ถ้าเชื้อเพลิงที่มีเถ้าสูงกว่า 6% และมีความชื้นสูงกว่า 20% จะไม่เหมาะกับ Downdraft Gasifier เนื่องจากเถ้าอาจหลอมละลายติดกับคอคอดขัด ขวางการไหลของเชื้อเพลิงและแก๊ส

1.3 Cross draft Gasified เป็นระบบที่อากาศไหลขวางกับทิศทางของการไหลเลื่อนของเชื้อเพลิงดังรูปที่ 2.3 ลักษณะชั้นปฏิกิริยาโดยเฉพาะ Combustion Zone และ Reduction Zone จะอยู่ใกล้ชิดกันมาก ดังนั้นจะผลิตแก๊สได้อย่างรวดเร็วและแปรผันง่าย ปกติบริเวณการเผาไหม้จะอยู่กึ่งกลางของเตาผลิตแก๊ส แต่ขอบเขตของการเผาไหม้อาจขยายกว้างขึ้นเมื่อความเร็วอากาศสูงขึ้น

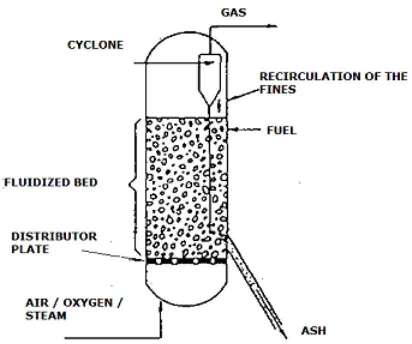
จุดสำคัญของ Cross draft คือการออกแบบรูปร่างของ Tiers มีความสำคัญต่อความเร็วของอากาศเมื่อเข้าทำปฏิกิริยาและขอบเขตของ Combustion Zone ซึ่งปกติความเร็วอากาศจะมีค่าสูงและเกิดการเผาไหม้สูง โปรดิวเซอร์แก๊สที่ออกจากเตาผลิตแกสมีอุณหภูมิสูงและสิ่งปนเปื้อนสูง ปกติ Reduction Zone มีขนาดเล็กจึงทำให้มี Residence Time สั้น การเปลี่ยนรูป CO_2 ไปเป็น CO ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นโปรดิวเซอร์แก๊สจะมีค่าความร้อนต่ำแต่เมื่อป้อนอากาศที่ความเร็วสูงมากจะมีผลต่อองค์ประกอบโปรดิวเซอร์แก๊ส โดยอัตราการเปลี่ยน CO_2 ไปเป็น CO สูงเนื่องจากปฏิกิริยา เข้าใกล้ภาวะสมดุล



Cross draft Gasified

2. Fluidized Bed Gasified

มีความเหมาะสมกับเชื้อเพลิงบางชนิด เช่น เชื้อเพลิงมีขนาดเล็ก มีความหนาแน่นต่ำ ปริมาณของเถ้าสูงและอุณหภูมิการหลอมเหลวของเถ้าต่ำ ในระบบ Fluidized Bed การสัมผัสการอากาศ สารตัวกลาง (Bed) กับเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นสามารถทำงานที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของเถ้าได้

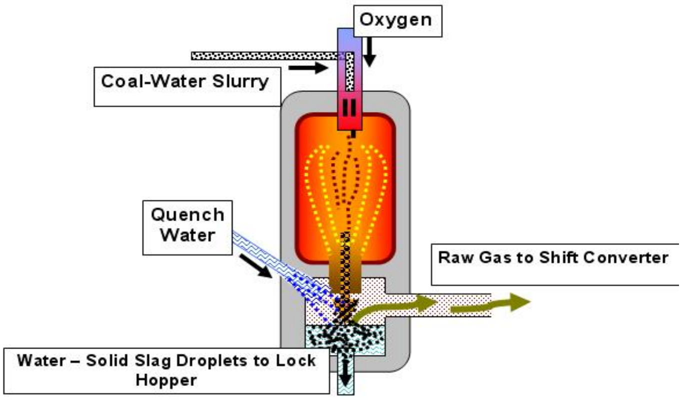


Fluidized Bed Gasifier

Fluidized Bed Gasifier แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรงและการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้สำรอง ในสภาวะการทำงาน Steady Stage อุณหภูมิของสารตัวกลางเช่นทรายถ่าน หรือวัสดุเฉื่อยอื่น ๆ จะมีการกระจายสม่ำเสมออย่างทั่วถึง การเผาไหม้และการผลิตแก๊สจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับที่สภาวะการเกิดFluidized Bed ของสารตัวกลางแต่เนื่องจาก Fluidized Bed Gasifier ต้องการอากาศที่มีความเร็วสูงดังนั้น จึงมีการสูญเสียเชื้อเพลิงไปกับอากาศบางส่วนและโปรดิวเซอร์แก๊สจะมีอนุภาคฝุ่นปะปนสูง

3. Entrained Bed Gasifier

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



Entrained Bed Gasifier

ปฏิกิริยาที่สำคัญที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นของ Gasifier

ในเตาผลิตก๊าซทั่วไป ถูกแบ่งออกเป็นชั้นสำคัญได้ 4 ชั้นโดยขึ้นกับอุณหภูมิ ปฏิกิริยาและผลผลิตที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้น ในความเป็นจริงแต่ละชั้นอาจอยู่เหลื่อมล้ำ(Over lap) กันอยู่ก็ได้

1. ชั้นเผาไหม้ (Hearth Zone or Combustion Zone)

ในบริเวณนี้คาร์บอนจะเผาไหม้กับออกซิเจนในปริมาณที่จำกัด ด้วยปฏิกิริยาดังต่อไปนี้

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 393.8 \text{ KJ/gmol} \quad (1)$$
$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + 285.6 \text{ KJ/gmol} \quad (2)$$

ปฏิกิริยาในสมการ1-2ปฏิกิริยาในชั้นเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน อุณหภูมิในชั้นนี้อยู่ระหว่าง 900-1000°C ความร้อนที่เกิดขึ้นในชั้นนี้ถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาแบบดูดความร้อนในชั้น Reduction และ ชั้นกลั่นสลาย ผลผลิตหลักที่ได้จากการทำปฏิกิริยาในชั้นเผาไหม้คือ ความร้อนและเถ้าถ่าน

2. ชั้น Reduction (Reduction Zone or Gasification Zone)

แก๊ส CO_2 และ ไอน้ำที่ได้จากการเผาไหม้ จะไหลเข้าสู่ชั้น Reduction ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในชั้นนี้เป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนก๊าซ CO_2 และ ไอน้ำ ให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ โดยก๊าซ CO_2 จะไหลผ่านคาร์บอนที่ร้อนและเกิด CO อุณหภูมิที่เหมาะสมในชั้นนี้อยู่ที่ประมาณมากกว่า 500 -1000 °C ดังสมการที่ (3)

$$C + CO_2 \rightarrow 2CO - 172.6 \text{ KJ/gmol} \quad (3)$$
$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2 - 131.4 \text{ KJ/gmol} \quad (4)$$
$$C + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 2H_2 - 90.2 \text{ KJ/gmol} \quad (5)$$
$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 + 41 \text{ KJ/gmol} \quad (6)$$
$$C + 2H_2 \rightarrow CH_4 + 74 \text{ KJ/gmol} \quad (7)$$

สมการที่ 3ปฏิกิริยาซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic Reaction) ในกรณีที่ต้องการเพิ่มปริมาณ CO สามารถทำได้โดยสามารถฉีดไอน้ำร้อนเข้าไปซึ่งไอน้ำจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับคาร์บอนดัง

สมการที่ (4) ได้ก๊าซ CO และ H_2 เพิ่ม ซึ่งปฏิกิริยานี้เรียกว่า Water gas Reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน และจะเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า800 °C

ปฏิกิริยาที่ (5) จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 500-600 °C ปฏิกิริยานี้ทำให้ส่วนผสมของไฮโดรเจนใน Producer Gas มีมากขึ้นซึ่งมีผลทำให้ค่าพลังงานความร้อนของก๊าซสูงขึ้นแต่ถ้ามีไอน้ำมากเกินไป ไอน้ำอาจทำปฏิกิริยากับ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ได้ คาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน

ปฏิกิริยาที่ (6) เรียกปฏิกิริยานี้ว่า Water Shift Reaction ทำให้ค่าความร้อนของก๊าซที่ได้ลดลงปริมาณของไฮโดรเจนจะสูงสุดเมื่ออุณหภูมิของรี Reduction อยู่ประมาณ 700 °C เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ ปริมาณของไฮโดรเจนจะลดลงเรื่อย ๆ แต่ปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์จะเพิ่มขึ้น

ปฏิกิริยาที่ (7) โดยภายใต้ความดันสูง อุณหภูมิไม่สูงมาก H_2 เข้าไปรวมตัวกับคาร์บอนและเกิด CH_4 เรียกปฏิกิริยานี้ว่า Methane Reaction

3. ชั้นกลั่นสลาย(Distillation Zone)

ในชั้นนี้เชื้อเพลิงได้รับความร้อนจากชั้นเผาไหม้ เพื่อสลายสารอินทรีย์ในเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้สารระเหย ต่าง ๆ ออกมาซึ่งประกอบไปด้วย เมทานอล กรดน้ำส้ม น้ำมันดิน ก๊าซที่เผาไหม้ได้และไม่ได้ อุณหภูมิในชั้นนี้จะประมาณ 135- 600 °C ของแข็งที่เหลือจากขบวนการนี้คือคาร์บอนในรูปถ่าน ดังสมการที่ (8)

$$\text{Dry wood} + \text{Heat} \longrightarrow \text{Charcoal} + CO + CO_2 + H_2O + C_2H_6 + \text{Pyroligneous Acid} + \text{Tars} \qquad (8)$$

4. ชั้นลดความชื้น (Drying Zone)

ในชั้นนี้อุณหภูมิไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารละเหยต่าง ๆ ความร้อนที่ได้มาจากชั้น Pyrolysis อุณหภูมิในชั้นนี้อยู่ประมาณ100-135 °C ความชื้นที่อยู่ในเชื้อเพลิงจะระเหยเป็นไอ

จาก ข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นสามารถสามารถไปออกแบบสร้างและคำนวนหาประสิทธิภาพของเตาผลิตแก๊สซิฟายเออร์

บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

การออกแบบเตาแก๊สซิไฟเออร์

การออกแบบเตาแก๊สซิไฟเออร์เพื่อในการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล สิ่งต้องพิจารณา การออกแบบประกอบด้วย

1.เชื้อเพลิงชีวมวล มีความชื้น สารระเหย และน้ำมันดินมาก การออกแบบเตาควรเป็นชนิดแก๊สไหลลง เพื่อให้แก๊สไหลผ่านโซนที่เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ ซึ่งโซนนี้มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลให้ ความชื้นในเชื้อเพลิงแตกตัวเป็นไฮโดรเจน น้ำมันดิบแตกตัวเป็นเชื้อเพลิงได้ดี

2.ระบบควบแน่นน้ำส้มควันไม้ที่ติดมากับแก๊สซึ่งเป็นกรดจะไปกัดกร่อนเตา และดักน้ำมันบางส่วนที่ไม่แตกตัวเป็นแก๊ส

3.ระบบความปลอดภัยในการป้องกันการระเบิดหรือจามของเตา ในกรณีที่ไฟฟ้าดับมอเตอร์พัดลมเป่าหยุดทำงานจะเกิดความดันของแก๊สในเตาเกิน จะต้องออกแบบในส่วนระบายความดัน

ส่วนประกอบของเตา

ส่วนประกอบของเตาประกอบด้วย

1.ตัวเตา แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนบน และส่วนล่างึทั้ง 2 ส่วนมีขนาดเท่ากัน คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 560 มิลลิเมตร สูง 650 มิลลิเมตร คิดเป็นปริมาตร รวม 0.32 ลูกบาศก์เมตร ส่วนล่างเตามีช่องพัดลมเป่า และติดตั้งพัดลมเป่า มีช่องแก๊สออก ที่คอเตามีรังผึ้งรองเชื้อเพลิง ด้านล่างรังผึ้งมีช่องให้แก๊สเชื้อเพลิงไหลผ่านออก และมีช่องเขี่ยเถ้า ส่วนบนตัวเตามีฝาปิดเปิด และติดตั้งลิ้นนิรภัยลดแรงดันหรือระเบิดในเตา

รูปที่ 3.1 เตาผลิตแก๊สชีวมวลเพื่อใช้การหุงต้ม

2.ลิ้นนริภัยใช้หลักการควบคุมแรงดันด้วยความสูงของน้ำ ลักษณะเป็นท่อ 3 นิ้ว งอเก้าสิบองศา ปลายจุ่มลงในท่อที่บรรจุน้ำขนาด 4 นิ้ว

รูปที่ 3.2 ลิ้นนิรภัย

3.ชุดเป่าลม ประกอบด้วย พัดลมเป่าแบบหนีศูนย์กลางขนาด 1/3 แรงม้า ท่อเข้ากับท่อขนาด 3 นิ้ว ที่มีลิ้นปีกผีเสื้อ ควบคุมอัตราการไหลของอากาศ และปิดช่องลมเมื่อดับเตาไฟ เพื่อให้เตาดับสนิทและป้องกันแก๊สร้อนย้อนไหลกลับ

รูปที่ 3.3 ชุดเป่าลม

4. ชุดลดอุณหภูมิแก๊ส ควบแน่นน้ำส้มควันไม้ และน้ำมันดิน เป็นชุดป้องกันน้ำส้มควันไม้ติดไปกับแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งส่งผลให้ค่าความร้อนเชื้อเพลิงลดลง และกรดของน้ำส้มควันไม้ไปกัดกร่อนหัวเตา ส่วนน้ำมันดินจะไปทำให้ระบบหัวเตาอุดตัน ชุดน้ำส้มควันไม้ทำจากท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 1,030 มิลลิเมตร เจาะรูขนาดเล็กรอบๆท่อ เพื่อให้แก๊สเกิดการกระจายตัว และที่ท่อดังกล่าวมีท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 103 มิลลิเมตร สวมอยู่

รูปที่ 3.4 ชุดลดอุณหภูมิแก๊ส

5.ท่อส่งลมแก๊สไปยังหัวเตา เป็นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 3 นิ้ว ยาว 460 มิลลิเมตร ตรงปลายท่อมีฝาปิดเปิดเพื่อใช้วัดความเร็วลม ที่ท่อแก๊สไปหัวเตา และที่ตัวท่อมีท่อขนาด 1 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ เพื่อต่อสายยางแก๊สไปยังหัวเตา

รูปที่ 3.5 ท่อส่งลมแก๊สไปยังหัวเตา

6. ช่องจุดเตา ใช้เพื่อความสะดวกในการจุดเตา

รูปที่ 3.6 ช่องจุดเตา

7.ช่องเขี่ยเถ้า ใช้ในการเขี่ยเถ้าออกจากเตา

รูปที่ 3.7 ช่องเขี่ยเถ้า

8. คอเตา ลักษะเป็นกรวยมีช่องลมรอบๆกรวย ก้นกรวยมีแผ่นเหล็กรองและเจาะรุเป็นรังผึ้ง

รูปที่ 3.8 คอเตา

9.หัวเตาแก๊สรุ่น K 5 ที่มีการเจาะขยายรูแก๊ส และปรับช่องทางเข้าแก๊สให้แก๊สไหลเข้าได้ทั้งวงนอกและวงในของเตา

รูปที่ 3.9 หัวเตาแก๊สรุ่น K 5

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

วิธีการทดลอง และผลที่ได้จากการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้เพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเตาปฏิกรณ์ และประสิทธิภาพรวมเชิงความร้อนทั้งระบบ โดยใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ทดลอง

1. เตาปฏิกรณ์ที่ใช้ผลิตแก๊สชีวมวลที่ทำการออกแบบเป็นเตาผลิตก๊าระบบ แก๊สไหลลง (Drown Draft)
2. หม้ออลูมิเนียมเบอร์34
3. ตาชั่ง ขนาด 15 กก. อ่านได้ละเอียด 100 กรัม
4. ปรอทวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 ถึง 120 องศาเซลเซียส 2 ตัว
5. อุปกรณ์ วัดความเร็วลมเพื่อใช้วัดความเร็วลมที่เข้าพัดลมเป่า เป็นชนิดใบพัด
6. กะลามะพร้าวที่ผ่านการทบแยกขนาดประมาณ 2 – 3 นิ้ว
7. ตราชั่งดิจิตอลความละเอียด 1 กรัมชั่งได้ 5 กก.

รูปที่4.1 ตราชั่งดิจิตอลความละเอียด 1 กรัม

รูปที่ 4.2 ตราชั่งน้ำหนักแบบสปริง

รูปที่ 4.3 อุปกรณ์ วัดความเร็วลม

รูปที่ 4.4 กะลามะพร้าว

รูปที่ 4.5 ชั่งกะลามะพร้าวโดยบรรจุในถุง

การทดลองหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของชุดเตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแก๊ส

ลำดับขั้นการทดลอง (หาค่าความร้อนเชื้อเพลิง)

1. นำกะลามะพร้าวที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงมาตำให้ละเอียด แล้วชั่งน้ำหนักให้ได้ 100 กรัม

   1.1 นำกะลามะพร้าวมาอบที่อุณหภูมิ 105ºC ประมาณ 1 ชั่วโมง

   1.2 นำกะลามะพร้าวที่อบแล้วมาชั่งน้ำหนัก หาปริมาณความชื้นที่หายไป

- 1.3 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นเปียก

เปอร์เซ็นต์ความชื้นเปียก = $\frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$

ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองดังตารางที่

โดยน้ำหนักก่อนอบที่ 100 กรัม

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความชื้นกะลามะพร้าว

การทดลองครั้งที่	น้ำหนักกะลาหลังอบ(กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้
1	89	11
2	88	12
3	89	11

การทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเตาปฏิกรณ์

การทดสอบและวิธีการทดลอง

วิธีการทดลอง

1.นำกะลาที่หาค่าความชื้นแล้วมาชั่งน้ำหนักและบรรจุลงในตัวเตา 50 กก. โดยเปิดฝาเตาไว้

2.เปิดพัดลม เป่าเตา วัดความเร็วลมทีปลาย ท่อแก๊สและปรับลิ้นปีกผีเสื้อให้ได้ความเร็วที่กำหนด แล้วปิดฝาปลายท่อ

3.ทำการจุดเตาที่ช่องจุดเตาของตัวเตาปฏิกรณ์ โดยใช้เศษผ้าจุ่มน้ำมันเล็กน้อยใส่ไปที่ช่องจุดเตา แล้วใช้พัดลมเป่า เป่าจนไฟในเตาเริ่มติด และปิดฝาเตา แล้วเริ่มจับเวลา

4.เปิดพัดลมเป่าเตาให้ไฟในเตาเกิดการลุกไหม้ เมื่อไฟลุกจนเกิดแก๊สเชื้อเพลิง และเริ่มจุดไฟที่เปลวแก๊ส และจับเวลา

5.รอให้แก๊สชีวมวลที่ได้เกิดการลุกไหม้จนแก๊สหมด เปลวไฟดับ ให้ปิดเตาให้สนิท

6.เปิดเตาเขี่ยเอาถ่าน และเถ้าที่เหลือมาชั่งน้ำหนัก

7.นำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาปฏิกรณ์

การคำนวณ

1.ค่าความร้อนของกะลามะพร้าวเฉลี่ย

2.ค่าความร้อนของแก๊สชีวมวล

ปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้า = อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง * ค่าความร้อนของเชื้อ เพลิง

ปริมาณความร้อนที่ได้ = อัตราการผลิตแก๊ส – ค่าความร้อนของแก๊สชีวมวล

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงความร้อน} = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่ได้}}{\text{พลังงานความร้อนที่ป้อนเข้า}} \times 100$$

การทดลองหาประสิทธิภาพรวม ของการผลิตแก๊สชีวมวลในการหุงต้ม

การทดลอง และวิธีการทดลอง

1.ตรวจวัดหาน้ำหนักของภาชนะบรรจุน้ำ.หม้อ อลูมิเนียมเบอร์ เบอร์ 34 โดยนำมาชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึก

2.ใส่น้ำลงไปในหม้อให้ได้น้ำมีน้ำหนัก 10 กก. พร้อมวัดอุณหภูมิเบื้องต้น แล้วทำการจดบันทึก

3.ชั่งน้ำหนักกะลามะพร้าว แล้วจดบันทึกแล้วบรรจุกะลามะพร้าวลงเตาปฏิกรณ์ โดยใส่กะลามะพร้าว50กิโลกรัม แล้วจดบันทึกน้ำหนักของกะลามะพร้าว

4.จุดเตาปฏิกรณ์ เปิดพัดลมเป่ารอจนการเผาไหม้ภายในเตาปฏิกรณ์เกิดแก๊สชีวมวล จนสามารถติดไฟได้ โดยทำการจดบันทึกเวลาของการเริ่มจุดเตา และเวลาที่เกิดแก๊สชีวมวลที่ติดไฟได้

5.ยกหม้อที่บรรจุน้ำขึ้นเตาไฟ โดยการเปิดฝาหม้อ โดยนำปรอดวัดอุณหภูมิของน้ำ รอจนน้ำมีอุณหภูมิ 90^{o}C

6.นำหม้อ และน้ำมาชั่งน้ำหนักหาปริมาณน้ำที่หายไป แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ได้

7.นำหม้อที่บรรจุน้ำวัดอุณหภูมิน้ำมาทำซ้ำเริ่มต้นใหม่ จนแก๊สไฟแก๊สดับ ปิดเตาให้ เตาดับวัดปริมาณเถ้าถ่าน และเศษกะลาที่เหลือ เพื่อหาปริมาณกะลามะพร้าวที่ใช้

การคำนวณหาประสิทธิภาพความร้อน

เงื่อนไขการทดลอง

1.เชื้อเพลิงที่ใช้ศึกษากะลามะพร้าวเท่านั้น

2.อัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิง และประสิทธิภาพพลังงานความร้อนของระบบเตาจะพิจารณาในช่วงแก๊สตติดไฟและไม่ติดไฟเท่านั้น

3.ประสิทธิภาพของระบบจะพิจารณาจากภาชนะและตัวเตาที่กำหนด โดยใช้การต้มน้ำจากอุณหภูมิปกติถึงอุณหภูมิ 90 °C

4.การพิจารณาความเร็วลม จะใช้ความเร็วลมที่ที่ท่อลมแก๊สไปยังเตาเผา และก่อนจุดเตาเท่านั้น เหราะเมื่อจุดเตาความเร็วสมจะเปลี่ยนตามอุณหภูมิเตา และการสูญเสียแรงดันในระบบเตา

รูปที่ 4.6 ลักษณะเถ้าและถ่านกะลา

รูปที่ 4.7 การทดสอบการจุดไฟที่ท่อแก๊ส

รูปที่ 4.8 การทดสอบการจุดไฟที่ท่อต่อแก๊สเข้าหัวเตา รูปที่ 4.9 การทดสอบ ดูควันแก๊สที่ฝาเตา

รูปที่ 4.10 การประกอบหัวเตาเข้าระบบ รูปที่ 4.11 การต่อท่อแก๊สเข้าหัวเตา

การคำนวณการหาประสิทธิภาพความร้อนของเตา

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาผลิตแก๊สซิไฟเออร์ที่ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง

ค่าความร้อนของกะลามะพร้าวอยู่ประมาณ HHV 18267 kJ/kg

ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อนของเตาผลิตแก๊สซิไฟเออร์ที่ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อน} = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สกะลามะพร้าว}}{\text{พลังงานความร้อนที่ได้จากกะลามะพร้าว}} \times 100$$

พลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สกะลามะพร้าว = อัตราไหลของแก๊ส × ค่าความร้อนของแก๊ส

$= m^{\circ}_{g} HHV_{g}$ kw

พลังงานความร้อนที่ให้จากกะลามะพร้าว= ค่าพลังงานความร้อนของกะลามะพร้าว× อัตราการเผาไหม้ของกะลามะพร้าว

$= M^{\circ}_{f} HHV_{f}$

ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อน $= \dfrac{m^{\circ}_{g} HHV_{g}}{M^{\circ}_{f} HHV_{f}} \times 100$

หาพลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สกะลามะพร้าว

เมื่อความเร็วแก็สที่ท่อหัวเผา $v = 2.5$ m / sec

อัตราการไหลของแก๊ส m°_{g} = พื้นที่หน้าตัดของแก๊ส × ความเร็วแก๊ส

$m^{\circ}_{g} = A.V$ m^3 /sec

เส้นผ่าศูนย์กลางท่อแก๊สที่หัวเผา $D = 0.075$ m

พื้นที่หน้าตัดของแก๊ส $A = \pi D^2 / 4$ m^2

$= 0.00442$ m^2

$m^{\circ}_{g} = 0.011 m^3$ /sec

ค่าความร้อนของแก๊สซิไฟเออร์ = 5,000 – 5ล900 kj / m^2

ค่าความร้อนของแก๊สซิไฟเออร์เฉลี่ย = 5450 kj / m^2

พลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สกะลามะพร้าว = 0.011× 5,450 kw

= 59.95kw

หาพลังงานความร้อนที่ให้จากกะลามะพร้าว

เมื่อเวลาการเผาไหม้กะลา50 กกในเวลา122 นาที

อัตราการใช้เชื้อเพลิงกะลามะพร้าว m°_{f} = 50/ 122×60

= 0.0068 kg/sec

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าว HHV_{f} = 18267 kj/kg

พลังงานความร้อนที่ให้จากกะลามะพร้าว = 0.0068 ×18267

= 124.77kw

ประสิทธิภาพเชิงพลังงานความร้อน = (59.95×100) /124.77 %

ประสิทธิภาพพลังงานความร้อน เตาแก๊สซิไฟเออร์ = 48.04%

การทดลองใช้น้ำหนักน้ำครั้งละ 10 กก. กะลามะพร้าว 50 กก. อุณหภูมิน้ำร้อน 90 °C

การทดลอง ครั้งที่	ไอน้ำที่ระเหยไป (กก.)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิน้ำ ก่อนต้ม°C	หมายเหตุ
1	0.64	12.52=12.86	28	
2	0.56	11.25=11.42	28	
3	0.58	10.37=10.62	28	
4	0.52	9.35=9.60	28	
5	0.55	9.46=9.76	28	
6	0.59	8.55=8.92	28	
7	0.63	11.48=11..80	28	
8	0.58	12.33=12.55	28	
9	0.63	12.49=12.82	28	
10	0.66	13.42=13.70	28	
	รวม 5.94 กก.	รวม 112.77 นาที	เฉลี่ย	ปริมาณเถ้าและเศษถ่านที่ได้ 3.57 กก

การทดลองครั้ง11

แก๊ส ดับก่อน อุณหภูมิน้ำ 77°C ปริมาณน้ำระเหยเป็นไอ 0.36กก ใช้เวลา 9.23นาที

รวมเวลาทั้งหมด   =   112..77+9.23   นาที

ปริมาณน้ำระเหย   =   5.94+.0.36   =   6.30 กก

เวลาเกิดแก๊ส และจุดไฟติด   7.25   นาที

เวลาแก๊สดับไม่ติดไฟ   129.35   นาที

เวลาเผาไหม้จริง   129.35 -7.25   =   122 นาที

อัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิง   =   0.41   กก/นาที

อัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิง   =   0.0068   กก/วินาที

การใช้พลังงาน การต้มน้ำ =น้ำหนักน้ำ×ค่าความร้อนจำเพาะน้ำ×ค่าความแตกต่างอุณหภูมิ

ดัชนี การให้แก๊สเชื้อเพลิงต่อการใช้เชื้อเพลิง

ดัชนีการให้แก๊สเชื้อเพลิงต่อการใช้เชื้อเพลิง = ปริมาณแก๊สที่ได้ m^3/ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ kg_f

ตัวอย่างการหาดัชนี

ดัชนี การให้แก๊สเชื้อเพลิงต่อการใช้เชื้อเพลิง = ปริมาณแก๊สที่ได้ / ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ $m^3{}_g/kg_f$

ใน 1นาที โมงการเดินเตา ได้แก๊ส $m°_g$ = $0.011×60\ m^3/min$

ใน 1 นาทีใช้กะลามะพร้าว = 0.41 กก/นาที .

ดัชนีการผลิตแก๊ส = 0.66/0.41 $m^3{}_g$ แก๊ส //kg_f กะลามะพร้าว

= 1.6 $m^3{}_g$ แก๊ส //kg_f กะลามะพร้าว

การหาประสิทธิภาพรวมของระบบ

ค่าพลังงานที่ใช้ในการต้มน้ำ $Q_w = m_w Cp\Delta T + m_v L$ Kg

ผลที่ได้จากการทดลอง พลังงานที่ใช้ในการต้มน้ำจะพิจารณาเป็น 2 ช่วง

Q 1พลังงานความร้อนที่ใช้ต้มน้ำ จากน้ำ 100 kg. ทำเป็นอุณหภูมิ 90 °

และจากน้ำที่ระเหยไป 5.94 kg. .ใช้เวลา 112 นาที

(Q2)พลังงานความร้อนที่ต้มน้ำ 10 kg. เป็น อุณหภูมิ 77 ° C น้ำที่ระเหยเป็นไอ 0.36 kg.

$$Qw = Q1 + Q2$$

ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ Cp = 4.19 kJ/kg°C

ความแตกต่างน้ำหนักของน้ำ m_w= 100 Kg

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิ ΔT = 90 - 28

= 72 ° C

น้ำหนักของน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอ m_v = 6.30 kg

ค่าความร้อนแฝงของน้ำ L = 2,200 kJ/kg

เวลาที่ใช้ในการต้ม 100 kg ใช้เวลา 122

น้ำระเหยกลายเป็นไอ 5.94 kg

ปริมาณน้ำครั้งที่ 11 = 10 Kg

อุณหภูมิสุดท้าย 67 $^\circ$C

น้ำระเหยกลายเป็นไอ 5.94 kg

ปริมาณน้ำครั้งที่ 11 = 10 Kg

อุณหภูมิสุดท้าย 77 $^\circ$C

น้ำระเหยกลายเป็นไอ 0.36 Kg

$$Q1 = (100\times 4.19\times 72)+(5.04\times 2,200)$$

$$= 41,256 \text{ kJ}$$

$$Q2 = (10\times 4.19\times 49)+(0.36\times 2,200)$$

$$= 2,845 \text{ kJ}$$

$$Q_w = 41,256 + 2,845$$

$$= 44,101 \text{ kJ}$$

ประสิทธิภาพรวมระบบ = พลังงานความร้อนที่ใช้ในการต้มน้ำ × 100/ น้ำหนักกะลาที่ใช้ ×ค่าพลังงานความร้อน กะลา

ค่าพลังงานที่ใช้ในการต้มน้ำ Q_w = 44,101 kJ

น้ำหนักกะลาที่ใช้ ×ค่าพลังงานความร้อน กะลา = 50 × 18,267

= 913,350 kJ

ประสิทธิภาพรวมระบบ = 44101× 100 / 913350

= 4.83 %

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าที่ความเร็วลมที่ท่อส่งแก๊สเชื้อเพลิงไปยังหัวเตาที่ความเร็วลม 25 เมตร/วินาที เชื้อเพลิง 0.41 กิโลกรัม/นาที ประสิทธิภาพพลังงานความร้อนของเตาอยู่ที่ 48.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่อนข้างต่ำ อาจจะมีผลกระทบจากหลายสาเหตุ ดังนี้

ปัญหาและอุปสรรค

1.ประสิทธิภาพความร้อนของระบบในเรื่องของความเร็วลมที่วัดได้ เป็นค่าที่วัดได้ก่อนทำการจุดเตา เมื่อเกิดการเผาไห้มของเชื้อเพลิง ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นไม่ใช่ความเร็วลม และการสูญเสียแรงดันในระบบเตาน้อยลง เมื่อเดินเตาได้ระยะหนึ่งความเร็วลมที่เกิดขึ้นก็จะเปลี่ยนไป ประสิทธิภาพความร้อนของระบบที่ได้จึงคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

2.ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไม่ใช่ตัวเลขที่เกิดจากการเผาไหม้จริง เพราะข้อจำกัดของระบบแก๊สซิไฟเออร์คือ เมื่อปริมาณเชื้อเพลิงน้อย พื้นที่ผิวเชื้อเพลิงน้อยตามปริมาณแก๊สที่เกิดน้อย อากาศส่วนเกินมาก แก๊สจะไม่ติดไฟ ดังนั้นจะปรากฏเถ้าและถ่าน กะลามะพร้าวที่ยังเผาไหม้ไม่หมดในปริมาณมาก ถึง 3.57 กิโลกรัมคิดเป็น 7.12% ของน้ำหนักเชื้อเพลิง

ระยะเวลาเริ่มต้นในการจุดเตาต้องรอให้เตาเกิดการเผาไหม้พอสมควรเพื่อให้มีปริมาณแก๊สมากพอที่จะติดไฟได้

3. ขนาดและปริมาณเชื้อเพลิงจะเป็นตัวำหนด พื้นที่ผิวของเชื้อเพลิงส่งผลต่อประสิทธิภาพความร้อนของเตาผลิตแก๊สซิไฟเออร์ดังกล่าว

4.ประสิทธิภาพความร้อนของระบบขึ้นอยู่กับการป้องกันการสูญเสียความร้อนของระบบเตา ถ้าเตามีการสูญเสียความร้อนไปกับตัวเตาและระบบของเตาจะส่งผลให้เชื้อเพลิงมากขึ้น

5.ประสิทธิภาพรวมของระบบ นอกจากจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเตา แล้วยังขึ้นกับชนิดหัวเตา ขนาดความเหมาะสมของภาชนะที่ใช้ประกอบด้วย ดังนั้นผลการศึกษาจึงกล่าวเฉพาะหัวเตาและภาชนะที่นำมาใช้กับเตาด้วย

ข้อเสนอแนะ

1.ลักษณะของเตาที่ออกแบบดังกล่าวมีความเหมาะสมในการใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กมากกว่าจะใช้ในครัวเรือนเนื่องจากใช้เวลาในการจุดเตาเพื่อรอให้เกิดแก๊สใช้เวลานานและมีควันมากในระยะแรกของการจุดแก๊สให้ติดไฟ

2.เชื้อเพลิงชีวมวลจมีสารระเหยและน้ำมันดินมาก การเผาไหม้ในระยะแรกจะเกิดควันมาก ถ้าใช้ถ่านจากชีวมวลปัญหาดังกล่าวจะน้อยลง

3.ลักษณะเตาดังกล่าวเหมาะสมสำหรับใช้กับหัวเผาที่ไม่ใช่เตาหุงต้ม เนื่องจากมีความชื้น แก๊สและน้ำมันดินปะปนมา ควรเป็นหัวเผาที่ใช้ในการให้ความร้อน เช่น การอบแห้ง จะมีความเหมาะสมมากกว่า

บรรณานุกรม

ศิริรัตน์ จิตการค้า. (2551). จากขยะสู่น้ำมัน: เทคโนโลยีผลิตน้ำมันทางเลือกที่ดูแลสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Yunus A. Cengel และ Michael A. Boles. เทอร์โมไดนามิกส์. แปลและเรียบเรียง รศ.ดร.สมชัย อัครทิวา และ ดร.ขวัญจิต วงษ์ชารี

http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Ind_Ed/Rung-Roj_P.pdf

http://en.wikipedia.org/wiki/Latent_heat

www.engineeringtoolbox.com/water-thermal-properties-d_162.html

http://www.forest.go.th/forprod-tipsdetailshwf.xls/

www.fao.org/docrep/t0512e09.htm

http://www.em-group.co.th/Technology_Biomass.html

http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/science04/101/2/html/shewamon.htm

ประวัติ

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Prasertsilp Adthamest
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1598 00085 83 5
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
   อาจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จ.นครนายก
4. หน่วยงานที่อยู่
   ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จ.นครนายก
   โทร. (02) 664-1000 ต่อ 2038, 2039 มือถือ 081-9002-765
   โทรสาร (037) 322-606
   e-mail Prasertsa @ swu.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

2514 ประกาศนียบัตรสาขาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

2516 อนุปริญญา สาขาช่างกลโลหะ (เครื่องมือกล) วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา

2519 ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาอุตสาหการ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทเวศน์

2532 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

6. ประวัติการรับทุนวิจัย (ให้ระบุชื่อโครงการวิจัย ปีงบประมาณที่รับทุน ประเภททุนที่ได้รับ วงเงินงบประมาณที่ได้รับ และเลขที่สัญญาอ้างอิง)
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   7.1. การประหยัดพลังงานในอาคารสูง
   7.2. การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม
   7.3. การใช้พลังงานทดแทน
   7. 4. การใช้สถิติและควบคุมคุณภาพกระบวนการ (STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC))
   7.5 เทคนิคการอนุรักษ์พลังงาน โดยพนักงานในองค์กรมีส่วนร่วม
   7.6. ออกแบบเครื่องจักรพื้นฐานที่ใช้ในการผลิต

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

8.1 หัวหน้าโครงการวิจัย

- การออกแบบเตาผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในการอบฆ่าเชื้อในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง
- การขยายผลเทคนิคการอนุรักษ์พลังงานด้วย VE (โครงการของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร ทุนสนับสนุนจากสำนักงานพลังงานแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2548

8.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

-การออกแบบเครื่องอบนึ่งฆ่าเชื้อเห็ดในอุตสาหกรรมเพาะเห็ดฟาง

-การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องจากน้ำมันที่เหลือใช้จากการปรุงอาหาร

-การใช้แก็สซิไฟเออร์กับเครื่องยนต์สเตอร์ริง

-เครื่องผลิตแก๊สชีวมวลใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล

-เครื่องเผาถ่านแบบอบเร่งชนิดกลั่นน้ำส้มควันไม้

-เครื่องกระเทาะเมล็ดทานตะวัน

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภาคผนวก ก

ตารางค่าพลังงานความร้อนและส่วนประกอบชีวมวล

ตารางค่าพลังงานความร้อนและส่วนประกอบชีวมวล

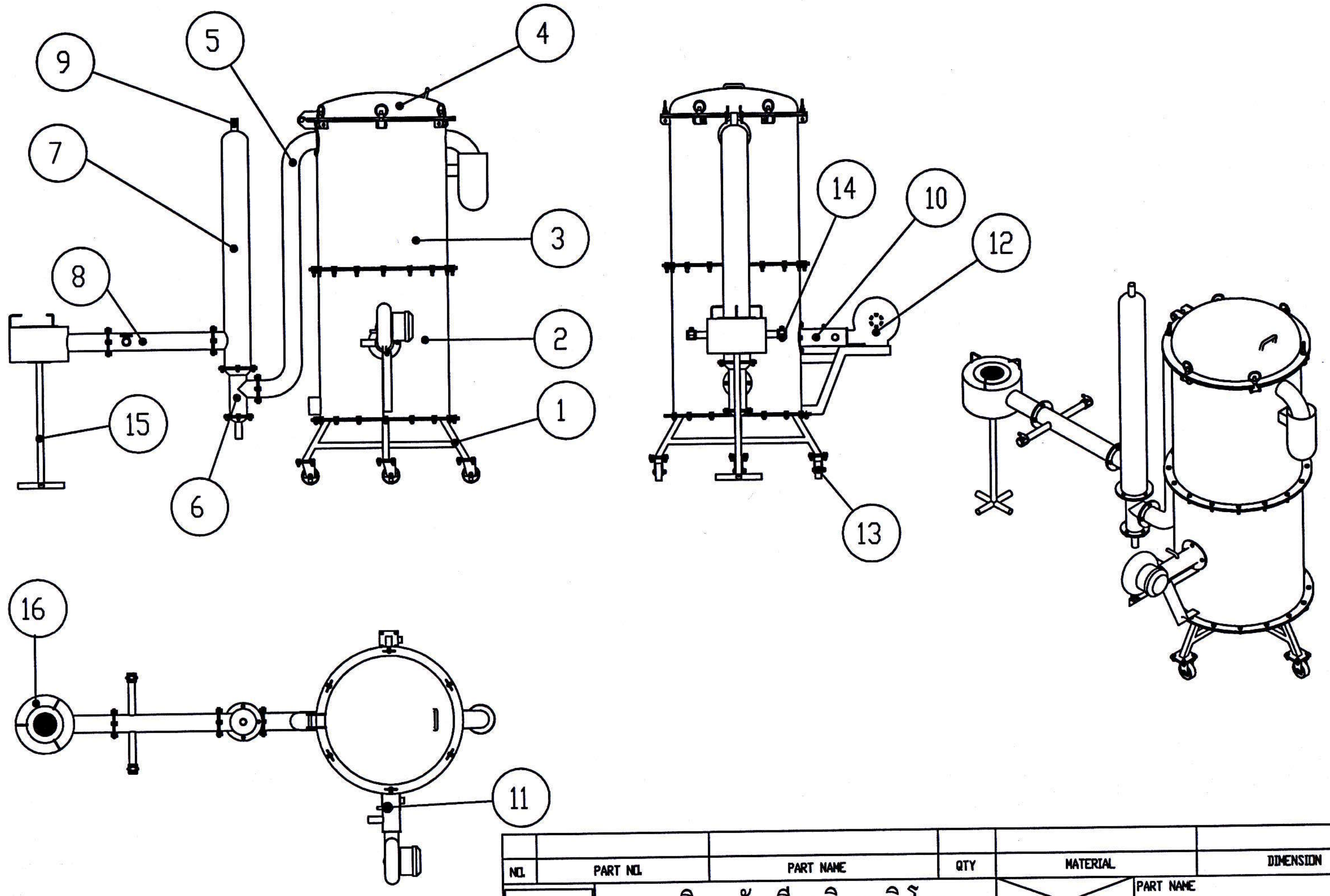
ตัวอย่าง	สารระเหย %	ถ่านคงตัว %	เถ้า %	กำมะถัน %	ค่าความร้อน กิโลแคลอรี่/กก.
1.ขี้เลื่อย	71.3	27.2	1.5	-	4990
2.ขี้กบ	72.4	25.1	2.5	-	4990
3.กากอ้อย	73.9	17.6	8.5	-	4440
4.ชานอ้อย	71.8	23.4	4.8	-	4510
5.แกลบ	62.7	17.4	20.0	-	3860
6.ฟางข้าว	74.4	18.9	7.3	-	4300
7.ต้นมันสำปะหลัง	76.2	19.1	4.7	1.30	4300
8.เหง้ามันสำปะหลัง	75.0	17.0	8.0	0.28	4050
9.ซังข้าวโพด	76.1	21.8	2.1	-	4540
10.ขุยมะพร้าว	63.3	29.4	7.1	0.06	4380
11.กะลามะพร้าว	73.7	25.5	0.7	0.03	4830
12.ถ่าน กะลามะพร้าว	15.2	82.4	2.4	-	7760
13.ทางมะพร้าว	72.3	20.8	6.9	-	4130
14.ต้นถั่วเหลือง	72.5	19.1	8.4	-	4150
15.ผักตบชวา	58.9	15.3	25.8	-	3010
16.เปลือกหวาย	70.5	23.7	5.7	-	4480
17.ไมยราบยักษ์	71.2	25.1	3.7	-	4460
18.ทะลายปาล์ม	73.9	22.3	3.8	-	4500
19.เส้นใยปาล์ม	71.5	23.1	5.4	-	4820
20.ไม้ยางพารา	74.9	23.0	2.1	-	4560
21.ถ่านไม้ยางพารา	17.5	79.1	3.4	-	7650
22.น้ำมันเตา*	-	-	-	2.43	10450
23.ถ่านหิน	42.8	49.5	7.7	1.73	5860
24.ถ่านโค้ก	1.2	90.6	8.2	0.48	7150

ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ภาคผนวก ข

แบบเตาผลิตแก๊สชีวมวลเพื่อใช้การหุงต้ม

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



NO.	PART NO.	PART NAME	QTY	MATERIAL	DIMENSION	NOTES

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)		PROJECTION METHOD	PART NAME GASSIFIER
	NAME	DATE	PART NO. M-04
DRAWN BY	นายเชิดศักดิ์ อ่อนจีระ		
CHECKED BY	อ.ประเสริศิลป์ อรรถฐาเมศร์		
APPROVED BY	อ.ประเสริศิลป์ อรรถฐาเมศร์		

SCALE	SIZE	UNIT	SHEET
1:25	A4	mm	1/2

NO.	PART NO.	PART NAME	QTY	MATERIAL	DIMENSION	NOTES
22	M-04-22	สายแก๊ส			ø1/2"	
21	M-04-21	ปะเก็นทนความร้อน	8			
20	M-04-20	สลักเกลียวหัวหกเหลี่ยม	20		M8x25	DIN933-8.8
19	M-04-19	สลักเกลียวหัวหกเหลี่ยม	26		M10x35	DIN933-8.8
18	M-04-18	สลักเกลียวหัวหกเหลี่ยม	24		M12x35	DIN933-8.8
17	M-04-17	หัวแก๊ส	1			
16	M-04-16	หัวเตา	1	SS400	ø225 t1.5 mm	WELDING
15	M-04-15	ขารองหัวเตา	1	SS400	ø1.0" t1.5 mm	WELDING
14	M-04-14	วาล์วจ่ายแก๊ส	2		ø1"	
13	M-04-13	ล้อเหล็ก	4		ø3"	
12	M-04-12	โบเวอร์	1			1/4 HP 220V
11	M-04-11	ปีกผีเสื้อ	1	SS400		
10	M-04-10	ท่อต่อโบเวอร์	1	SS400	ø3" t1.0 mm	WELDING
9	M-04-09	ท่อลมระบายความร้อน	1	SS400	t2.0 mm	
8	M-04-08	ท่อจ่ายแก๊ส	1	SS400	ø3" t1.0 mm	WELDING
7	M-04-07	ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน	1	SS400	ø4 1/2" t1.0 mm	WELDING
6	M-04-06	ท่อต่อเข้าชุดระบายความร้อน	1	SS400	ø3" t1.0 mm	WELDING
5	M-04-05	ท่อส่งแก๊ส	1	SS400	ø3" t1.0 mm	WELDING
4	M-04-04	ฝาปิด	1	SS400	ø560 t5.0 mm	WELDING
3	M-04-03	ถังเผาส่วนบน	1	SS400	ø560 t5.0 mm	WELDING
2	M-04-02	ถังเผาส่วนล่าง	1	SS400	ø560 t5.0 mm	WELDING
1	M-04-01	ฐาน	1	SS400		WELDING

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
(องครักษ์)

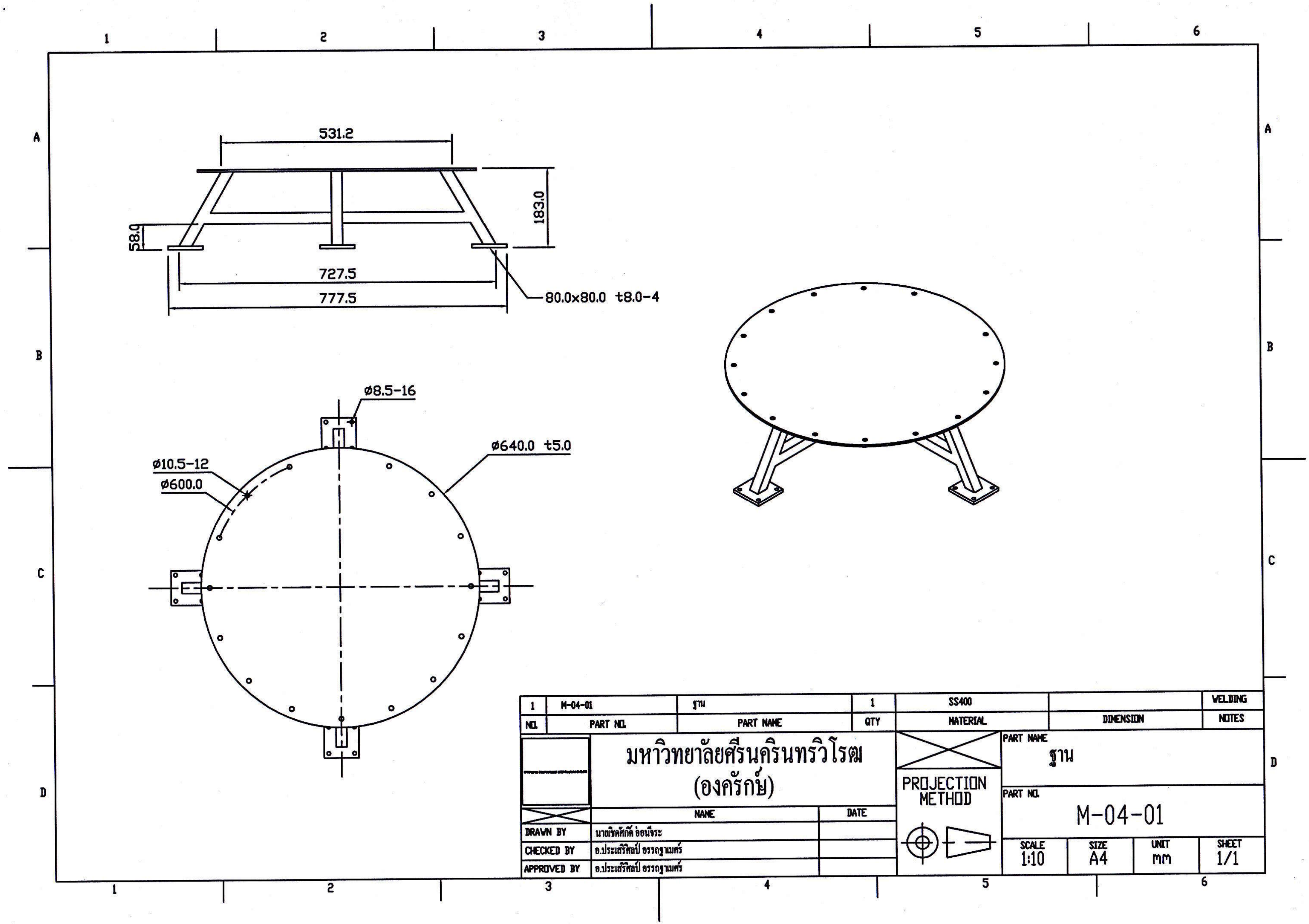
	NAME	DATE
DRAWN BY	นายเชิดศักดิ์ อ่อนจีระ	
CHECKED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐาเมศร์	
APPROVED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐาเมศร์	

PROJECTION METHOD

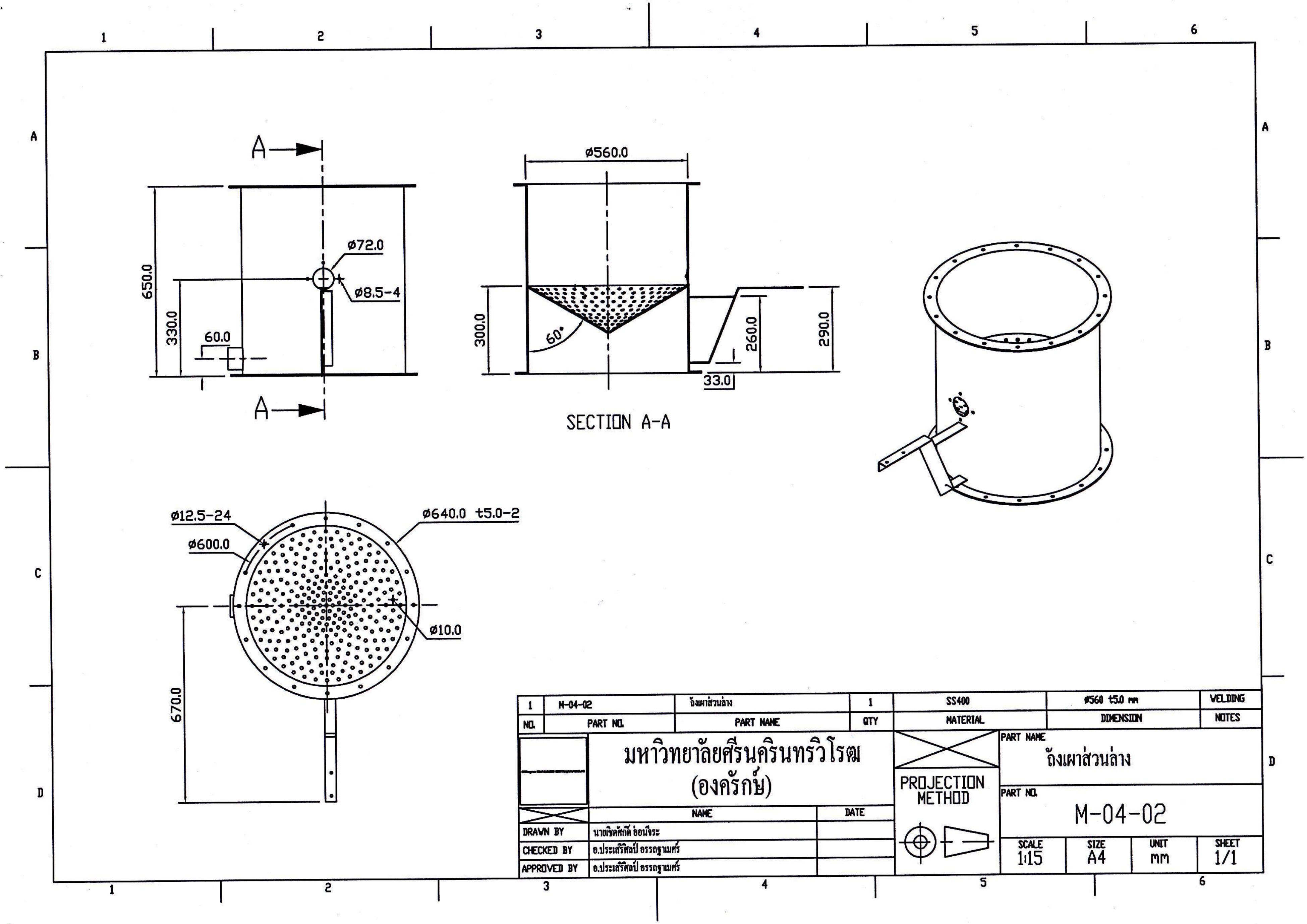
PART NAME: GASSIFIER

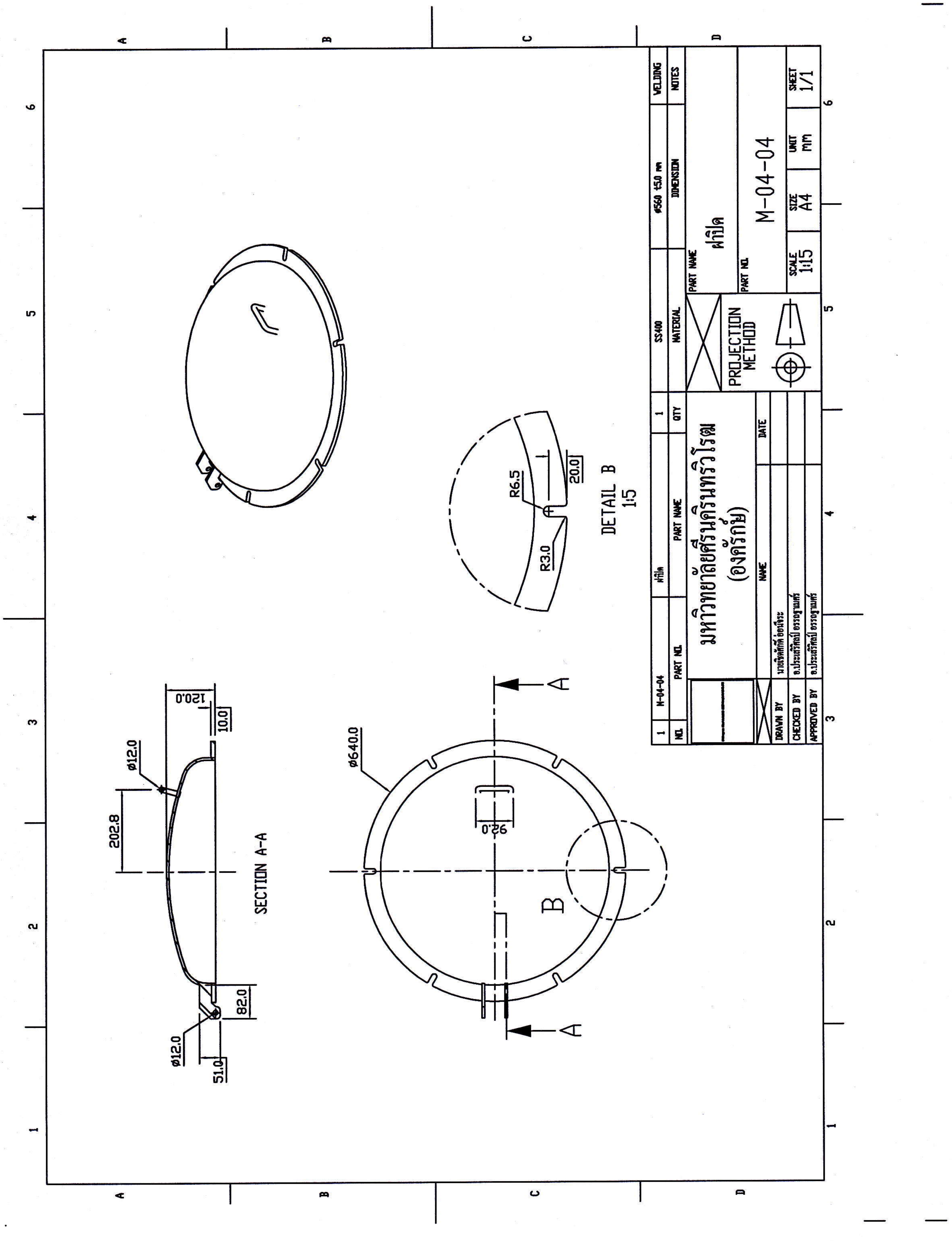
PART NO.: M-04

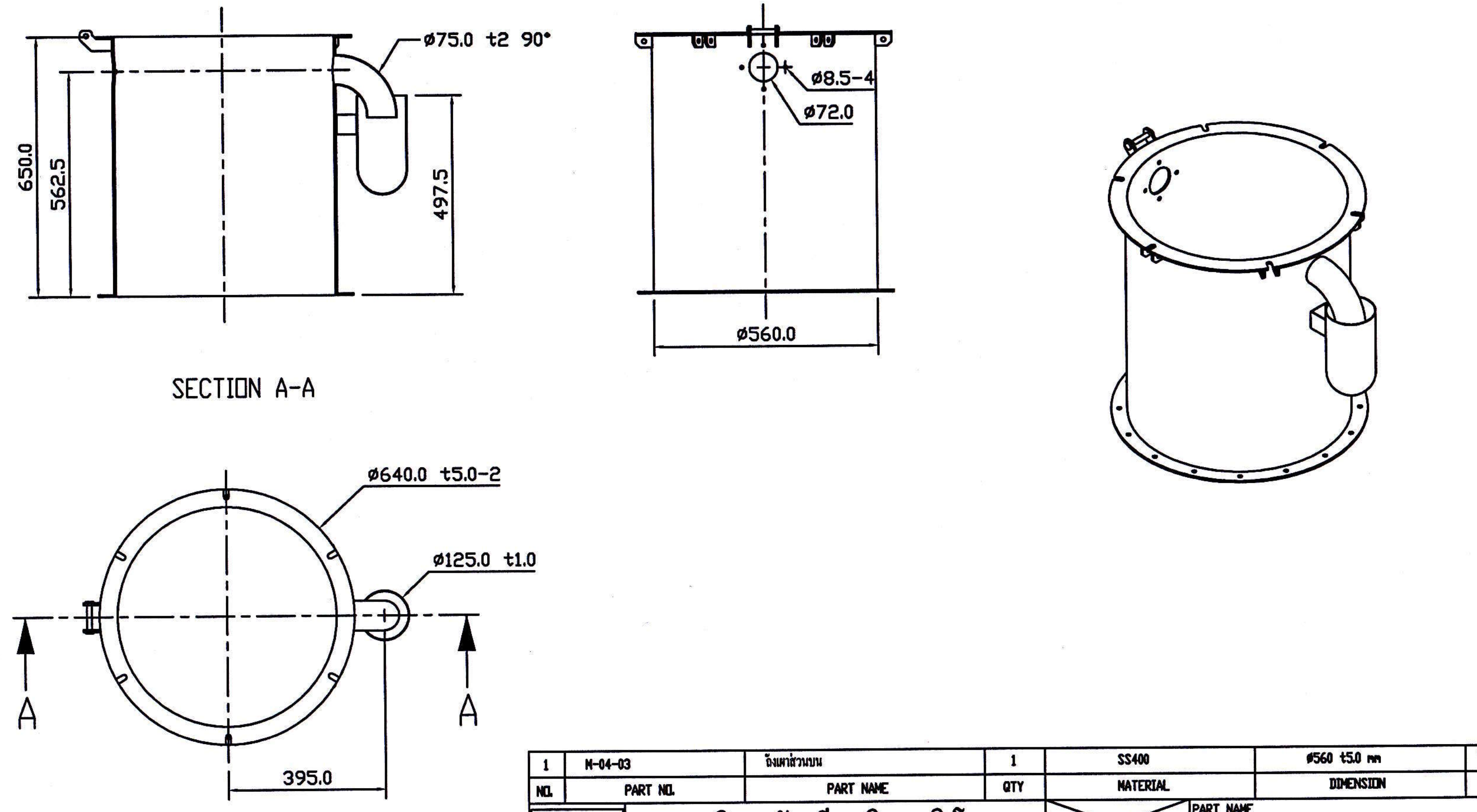
SCALE	SIZE	UNIT	SHEET
	A4	mm	2/2



531.2
183.0
58.0
727.5
777.5
80.0x80.0 t8.0-4
ø8.5-16
ø640.0 t5.0
ø10.5-12
ø600.0
1 | M-04-01 | ฐาน | 1 | SS400 | | WELDING
NO. | PART NO. | PART NAME | QTY | MATERIAL | DIMENSION | NOTES
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
(องครักษ์)
NAME
DATE
DRAWN BY นายเชิดศักดิ์ อ่อนจีระ
CHECKED BY อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐาเมศร์
APPROVED BY อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐาเมศร์
PROJECTION METHOD
PART NAME ฐาน
PART NO. M-04-01
SCALE 1:10
SIZE A4
UNIT mm
SHEET 1/1


A
A
ø72.0
ø8.5-4
650.0
330.0
60.0
ø560.0
300.0
60°
260.0
290.0
33.0
SECTION A-A
ø12.5-24
ø600.0
ø640.0 t5.0-2
ø10.0
670.0
1
M-04-02
ถังเผาส่วนล่าง
1
SS400
ø560 t5.0 mm
WELDING
NO.
PART NO.
PART NAME
QTY
MATERIAL
DIMENSION
NOTES
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
(องครักษ์)
PROJECTION METHOD
PART NAME
ถังเผาส่วนล่าง
PART NO.
M-04-02
NAME
DATE
DRAWN BY
นายเชิดศักดิ์ อ่อนจีระ
CHECKED BY
อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐานเมศร์
APPROVED BY
อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐานเมศร์
SCALE
1:15
SIZE
A4
UNIT
mm
SHEET
1/1


SECTION A-A
202.8
120.0
10.0
ø12.0
ø12.0
82.0
51.0
ø640.0
92.0
A
A
B
DETAIL B
1:5
R6.5
R3.0
20.0
WELDING
NOTES
ø560 t3.0 mm
DIMENSION
SS400
MATERIAL
1
QTY
ฝาปิด
PART NAME
M-04-04
PART NO.
NO.
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
(องครักษ์)
PART NAME
ฝาปิด
PART NO.
M-04-04
PROJECTION METHOD
SCALE 1:15
SIZE A4
UNIT mm
SHEET 1/1
DRAWN BY
CHECKED BY
APPROVED BY
NAME
DATE



NO.	PART NO.	PART NAME	QTY	MATERIAL	DIMENSION	NOTES
1	M-04-03	ถังเผาส่วนบน	1	SS400	ø560 t5.0 mm	WELDING

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
(องครักษ์)

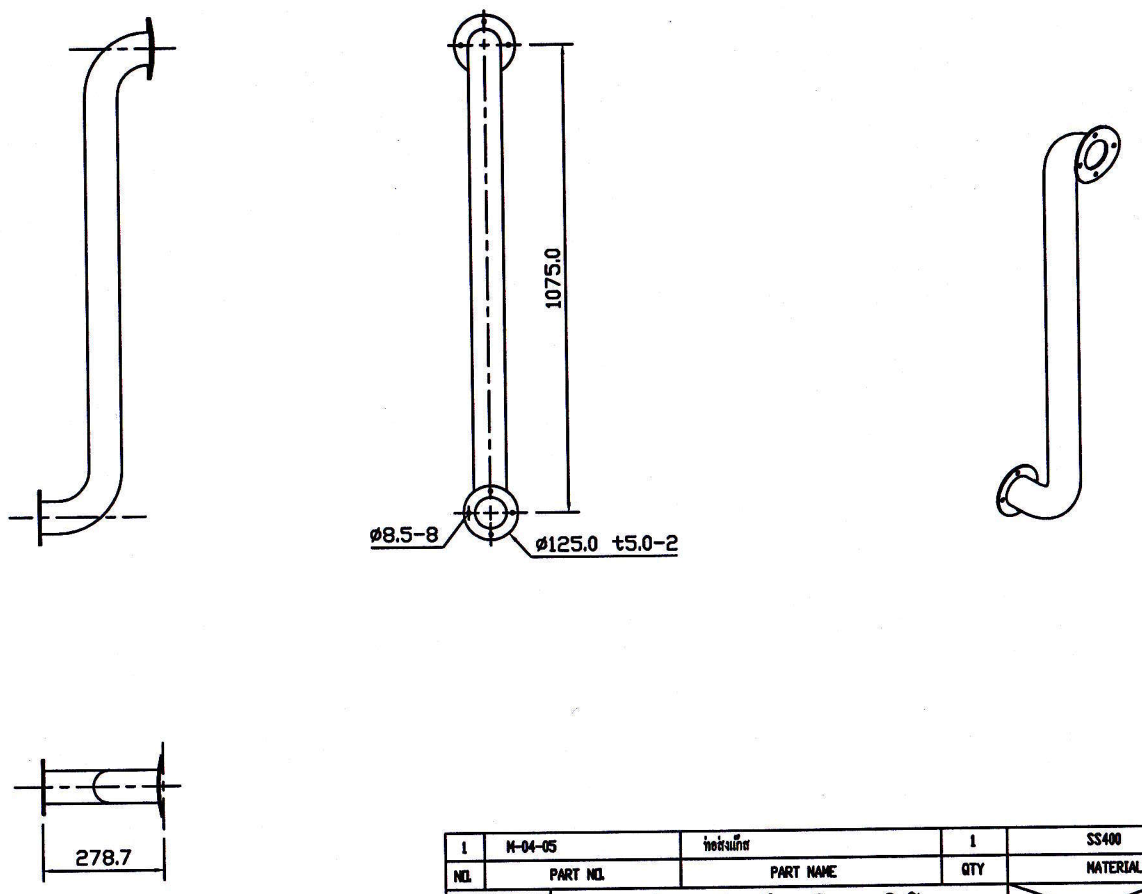
	NAME	DATE
DRAWN BY	นายเชิดศักดิ์ อ่อนจีระ	
CHECKED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ ธรรฐาเมศร์	
APPROVED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ ธรรฐาเมศร์	

PROJECTION METHOD

PART NAME ถังเผาส่วนบน

PART NO. M-04-03

SCALE	SIZE	UNIT	SHEET
1:15	A4	mm	1/1



1	M-04-05	ท่อส่งแก๊ส	1	SS400	ø3" t1.0 mm	WELDING
NO.	PART NO.	PART NAME	QTY	MATERIAL	DIMENSION	NOTES

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

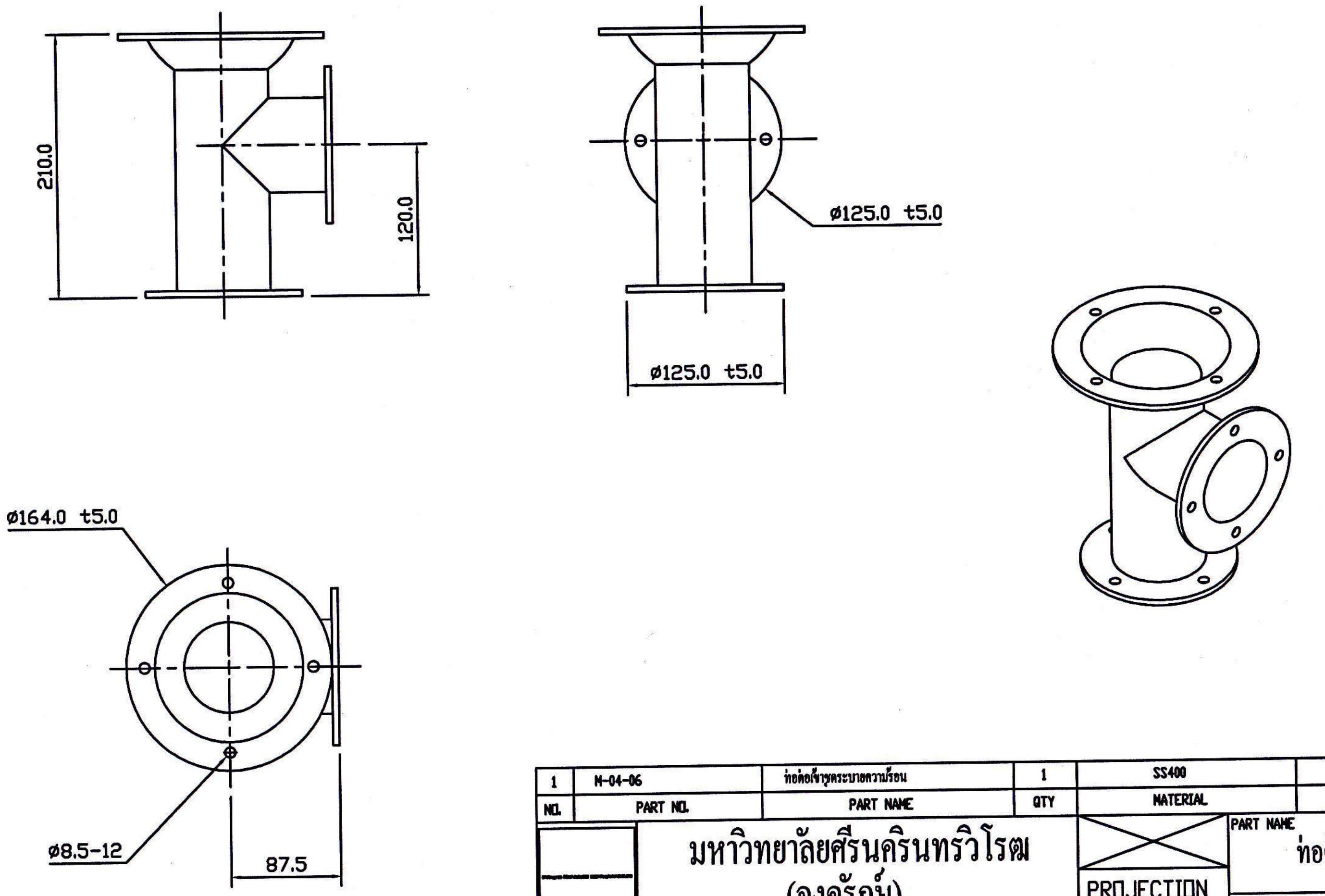
	NAME	DATE
DRAWN BY	นายเชิดศักดิ์ อ่อนจีระ	
CHECKED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐามเศร์	
APPROVED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐามเศร์	

PROJECTION METHOD

PART NAME: ท่อส่งแก๊ส

PART NO.: M-04-05

SCALE	SIZE	UNIT	SHEET
1:15	A4	mm	1/1



NO.	PART NO.	PART NAME	QTY	MATERIAL	DIMENSION	NOTES
1	M-04-06	ท่อต่อเข้าชุดระบายความร้อน	1	SS400	ø3" t1.0 mm	WELDING

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

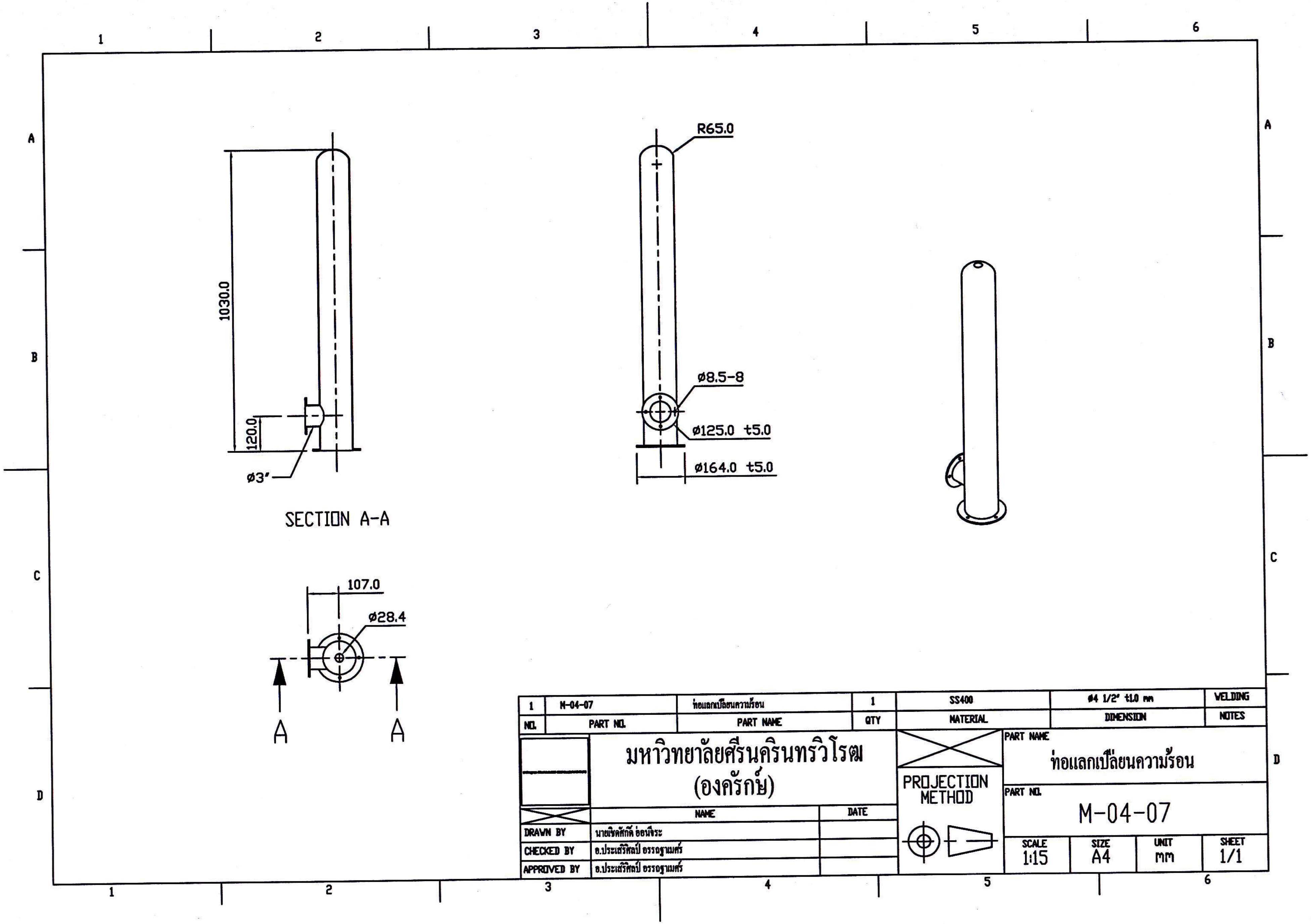
	NAME	DATE
DRAWN BY	นายเชิดศักดิ์ อ่อนจีระ	
CHECKED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐาเมศร์	
APPROVED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐาเมศร์	

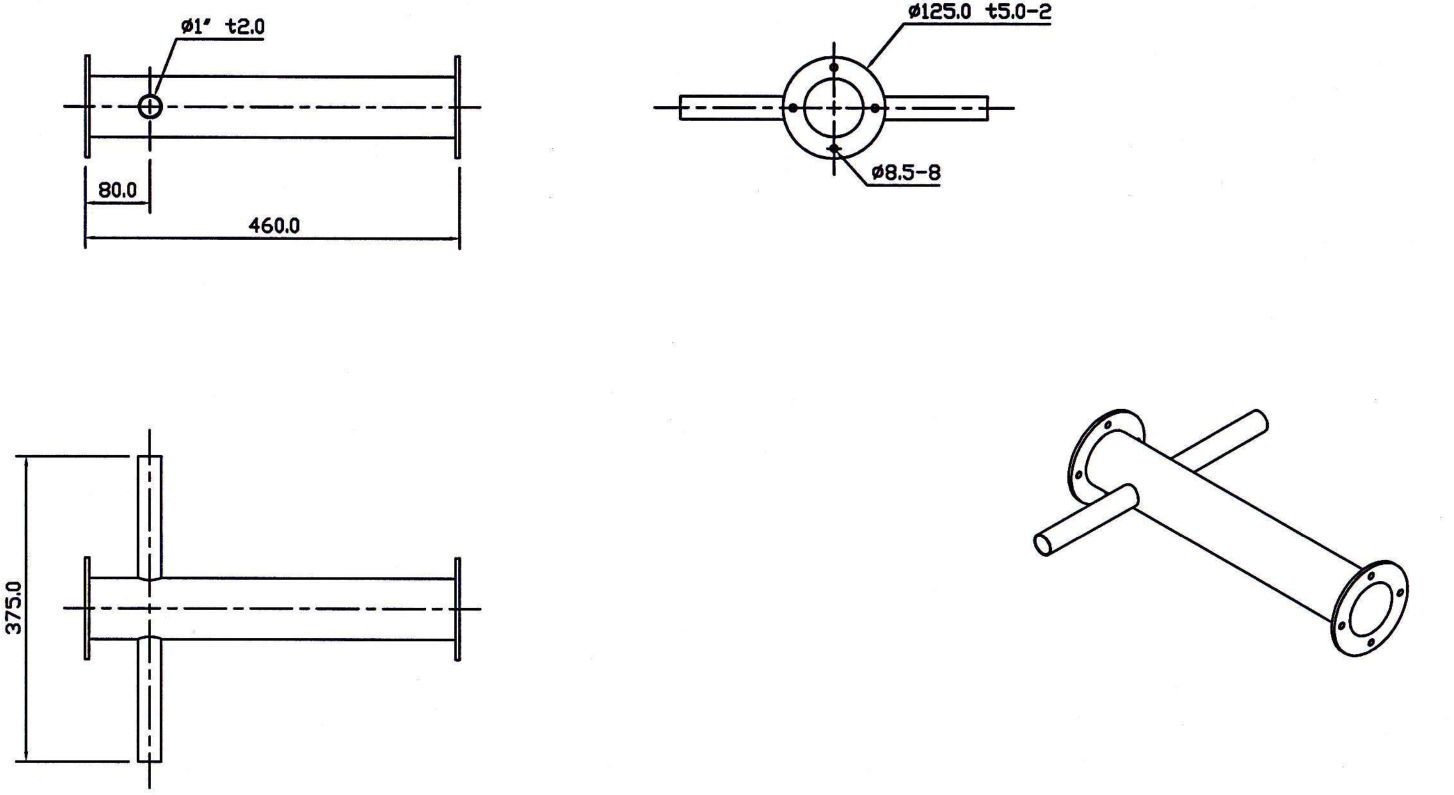
PROJECTION METHOD

PART NAME: ท่อต่อเข้าชุดระบายความร้อน

PART NO.: M-04-06

SCALE	SIZE	UNIT	SHEET
1:5	A4	mm	1/1


R65.0
1030.0
120.0
ø3"
ø8.5-8
ø125.0 t5.0
ø164.0 t5.0
SECTION A-A
107.0
ø28.4
A
A
1
M-04-07
ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน
1
SS400
ø4 1/2" t1.0 mm
VELDING
NO.
PART NO.
PART NAME
QTY
MATERIAL
DIMENSION
NOTES
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
(องครักษ์)
PROJECTION
METHOD
PART NAME
ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน
PART NO.
M-04-07
NAME
DATE
DRAWN BY
นายเชิดศักดิ์ อ่อนจีระ
CHECKED BY
อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐามนศ์
APPROVED BY
อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐามนศ์
SCALE
1:15
SIZE
A4
UNIT
mm
SHEET
1/1



NO.	PART NO.	PART NAME	QTY	MATERIAL	DIMENSION	NOTES
1	M-04-08	ท่อจ่ายแก๊ส	1	SS400	ø3" t1.0 mm	WELDING

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

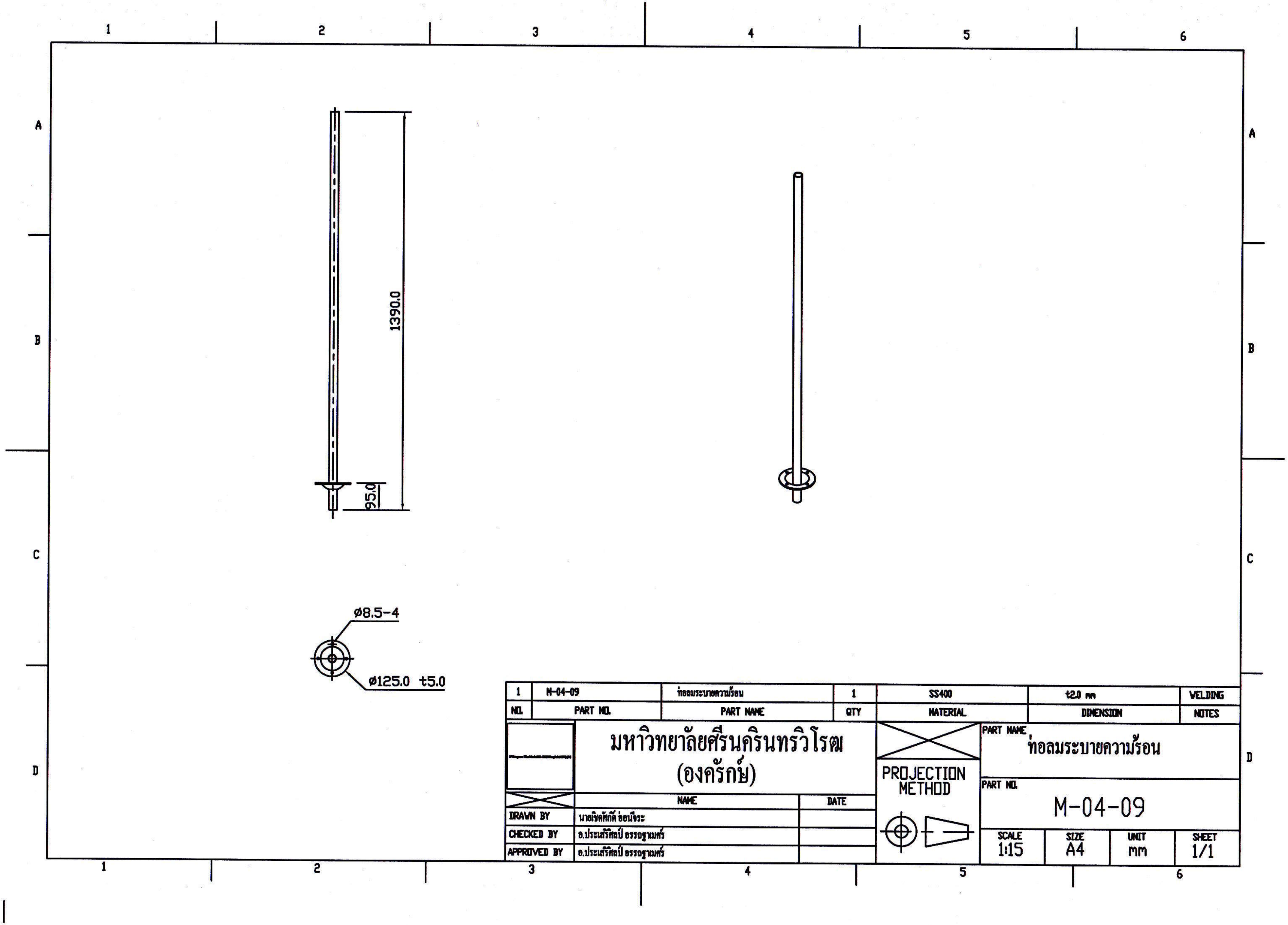
	NAME	DATE
DRAWN BY	นายเชิดศักดิ์ อ่อนจีระ	
CHECKED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐาเมศร์	
APPROVED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐาเมศร์	

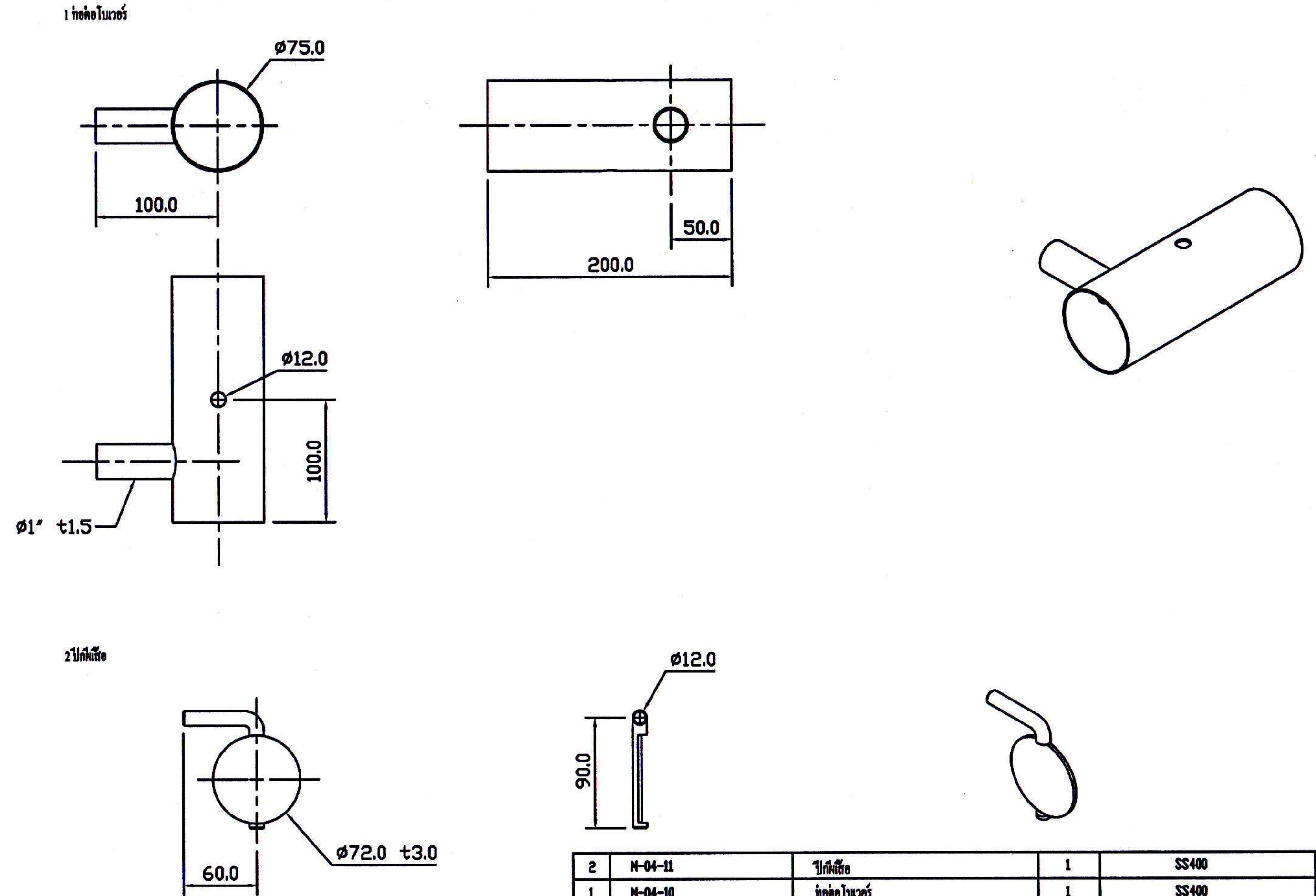
PROJECTION METHOD

PART NAME: ท่อจ่ายแก๊ส

PART NO.: M-04-08

SCALE	SIZE	UNIT	SHEET
1:8	A4	mm	1/1


1390.0
95.0
ø8.5-4
ø125.0 t5.0
1
M-04-09
ท่อลมระบายความร้อน
1
SS400
t2.0 mm
NO.
PART NO.
PART NAME
QTY
MATERIAL
DIMENSION
WELDING
NOTES
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
(องครักษ์)
NAME
DATE
DRAWN BY
นายเชิดศักดิ์ อ่อนจิระ
CHECKED BY
อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐานมศร์
APPROVED BY
อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐานมศร์
PROJECTION METHOD
PART NAME
ท่อลมระบายความร้อน
PART NO.
M-04-09
SCALE
1:15
SIZE
A4
UNIT
mm
SHEET
1/1

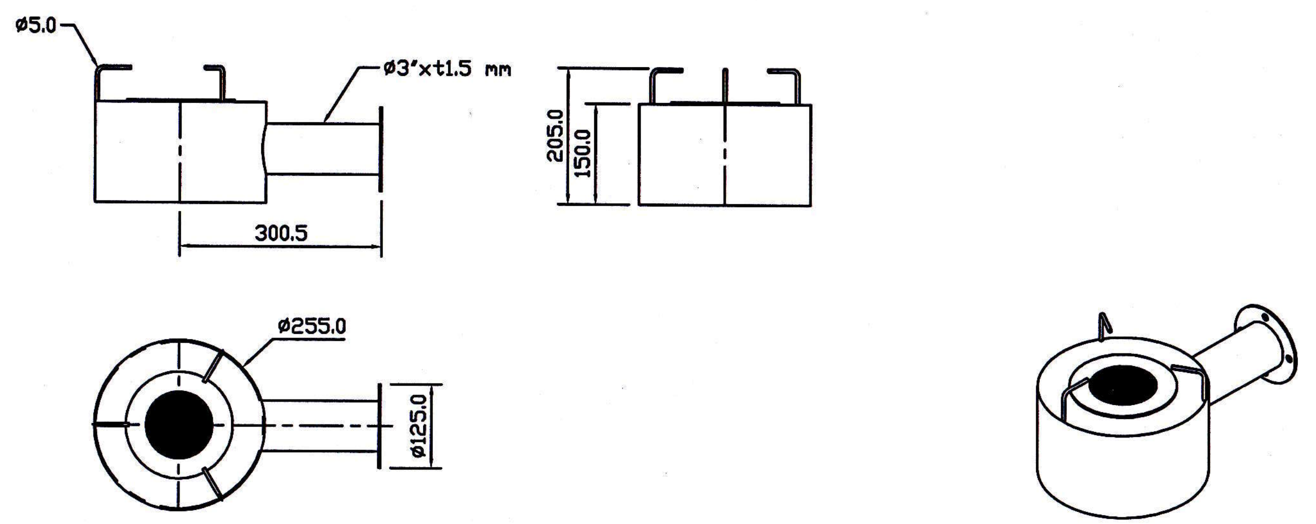


NO.	PART NO.	PART NAME	QTY	MATERIAL	DIMENSION	NOTES
2	M-04-11	ปีกผีเสื้อ	1	SS400		
1	M-04-10	ท่อต่อโบเวอร์	1	SS400	ø3″ t1.0 mm	WELDING

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)		
	NAME	DATE
DRAWN BY	นายพิชคศักดิ์ อ่อนจีระ	
CHECKED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐานมศร์	
APPROVED BY	อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐานมศร์	

PROJECTION METHOD

PART NAME			
PART NO.	M-04-10,11		
SCALE 1:5	SIZE A4	UNIT mm	SHEET 1/1



1	M-04-16	หัวเตา	1	SS400	ø225 t1.5 mm	WELDING
NO.	PART NO.	PART NAME	QTY	MATERIAL	DIMENSION	NOTES

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
(องครักษ์)

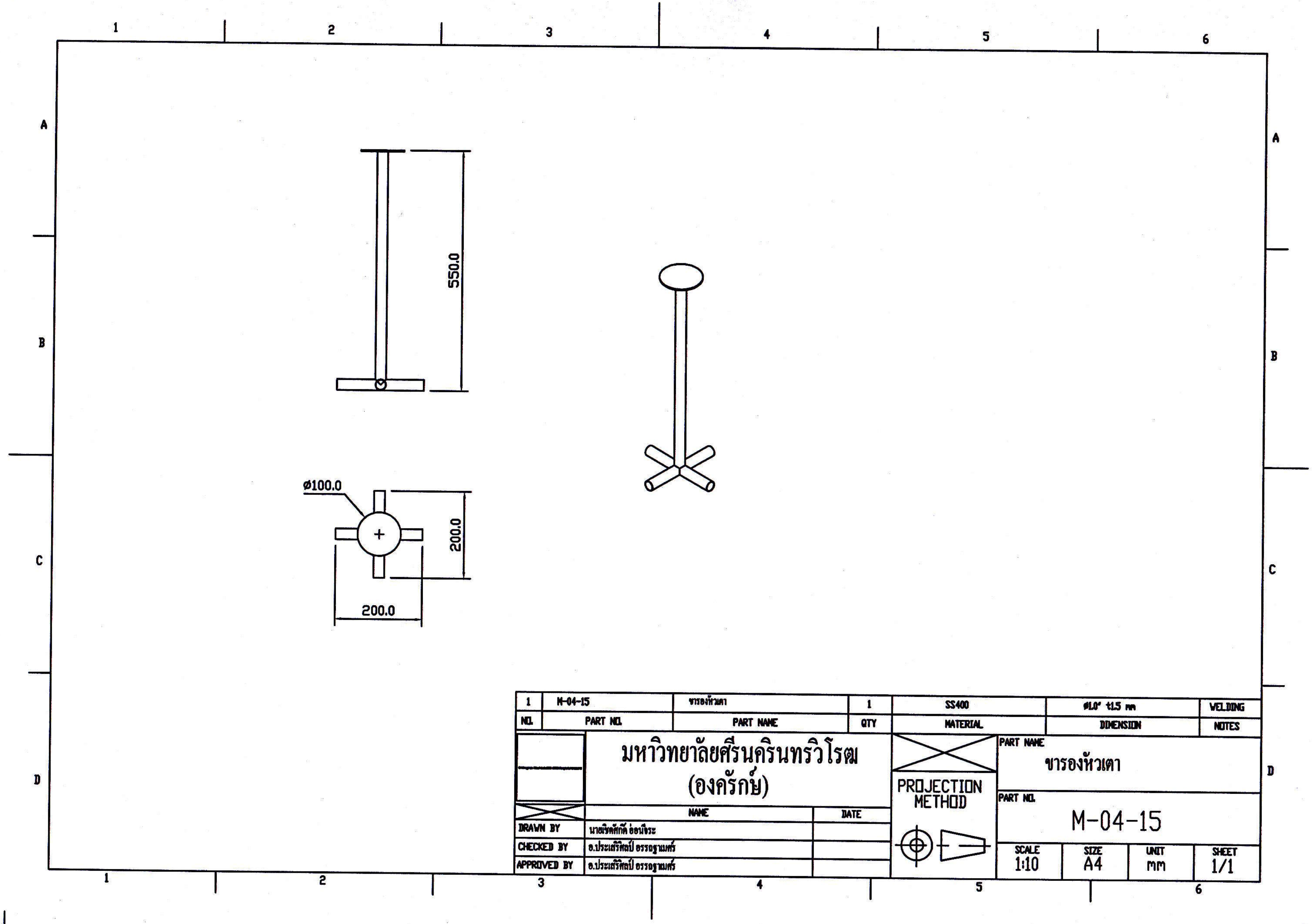
	NAME	DATE
DRAWN BY	นายเชิดศักดิ์ อ่อนจีระ	
CHECKED BY	อ.ประเสริศิลป์ อรรถฐาเมศร์	
APPROVED BY	อ.ประเสริศิลป์ อรรถฐาเมศร์	

PROJECTION METHOD

PART NAME: หัวเตา

PART NO.: M-04-16

SCALE	SIZE	UNIT	SHEET
1:10	A4	mm	1/1


550.0
Ø100.0
200.0
200.0
1 | M-04-15 | ขารองหัวเตา | 1 | SS400 | Ø1.0" t1.5 mm | WELDING
NO. | PART NO. | PART NAME | QTY | MATERIAL | DIMENSION | NOTES
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
(องครักษ์)
NAME
DATE
DRAWN BY
นายเชิดศักดิ์ อ่อนจีระ
CHECKED BY
อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐานศร์
APPROVED BY
อ.ประเสริฐศิลป์ อรรถฐานศร์
PROJECTION METHOD
PART NAME
ขารองหัวเตา
PART NO.
M-04-15
SCALE 1:10
SIZE A4
UNIT mm
SHEET 1/1