จากขยะสู่พลังงานสะอาด

บริษัท อินเตอแนชั่นเนิล เอนจิเนียริง จำกัด (มหาชน) เป็นหนึ่งในผู้ให้บริการโซลูชั่นที่ใหญ่ที่สุด ในประเทศไทย มีระบบบริหารจัดการ เทคโนโลยีพลังงานขยะครบวงจร เราประสบความสำเร็จในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะที่สามารถรองรับปริมาณขยะได้ มากกว่า 300 ตันต่อวันที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เรายังคงพัฒนาอย่างต่อเนื่องด้วยการนำเทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบใหม่ซึ่งสามารถจัดการขยะได้ตั้งแต่ 80-300 ตันต่อวันเข้ามาใช้ โดยระบบการเผาขยะแบบใหม่นี้มาพร้อมด้วยเทคโนโลยีที่ล้ำสมัยจากหลายผู้ผลิตอันได้แก่

1. เทคโนโลยีเครื่องบดขยะจากบริษัท Donasonic ประเทศอังกฤษ
2. ระบบ Gasifier และ Filter ซึ่งเป็นการพัฒนาโดยความร่วมมือระหว่างบริษัท Shangqui Haiqi Equipment Machinery Company และกลุ่มนักเรียนเก่าจาก อิมพิเรียล คอลเลจ ลอนดอนในประเทศไทย นำโดย ดร ภูษณ ปรีย์มาโนช (PhD, DIC, PhD, DIC, DBA) ผู้ซึ่งได้รับปริญญาบัตรดุษฎีบัณฑิตจากอิมพีเรียล คอลเลจ ลอนดอนถึง2ใบ
3. การเลือกสรรอุปกรณ์ Gas Engine จากผู้ขายซึ่งเป็นบริษัทชั้นนำของโลก อาทิเช่น GE Jenbacher, Caterpillar Inc., Perkins Engines, MWM, Cummins และ Yanmar

เครื่องจักรที่สำคัญๆของระบบโรงไฟฟ้าขยะ ประกอบด้วย เครื่องแยกและบดขยะจากบริษัท Donasonic ประเทศอังกฤษ Biomass Burner และ Gas Engine จากผู้ผลิตที่มีชื่อเสียงของโลก โดย ImperialSINO

การบดขยะก่อนเผา

รูปที่ 1. เครื่องบดขยะก่อนนำเข้าเตาเผาจากบริษัทโดนาโซนิค (Donasonic) จากประเทศอังกฤษ

เครื่องบดขยะจากบริษัท Donasonic ประเทศอังกฤษทำจากใบมีดตัดแบบสองแกนแบบหมุนเข้าหากัน สามารถบีบอัดขยะได้ด้วยระบบไฮโดรลิคถ้าหากวัตถุนำเข้ามีขนาดที่ใหญ่กว่าปกติ

เครื่องบดขยะสามารถติดตั้งกับใบมีดตัดแบบเปลี่ยนขนาดได้เพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของขยะที่จะเข้ามาบด ปรับระดับความเร็วได้ มี เสียงรบกวนต่ำ และคุ้มค่าต่อการลงทุนเนื่องจากกินพลังงานต่ำเพราะมีอุปกรณ์ต่อพ่วงน้อย นอกจากนั้น ตัวเครื่องจักรมีระบบควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ติดตั้งอยู่เพื่อควบคุมทิศ

ทางการบดขยะแบบเดินหน้าและถอยหลังได้อัตโนมัติเพื่อหลีกเลี่ยงการติดขัดระหว่างการทำงาน

เนื่องจากเครื่องบดขยะมีเซนเซอร์เพื่อตรวจจับวัตถุขนาดใหญ่ที่ไม่อาจ จะตัดให้มีขนาดเล็กได้ทำให้มีความปลอดภัยในการใช้งานสูงกล่าวคือเครื่องจักรจะหยุดการทำงานอัตโนมัติเมื่อมีวัตถุขนาดใหญ่โหลดเข้าไปและจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบผ่านหน้าจอควบคุมอัตโนมัติ

แกนหมุนที่ออกแบบเป็นพิเศษ รวมถึงใบมีดที่มีความคมมาก ทำให้มั่นใจเรื่องความสามารถในการตัดได้อย่างดี เครื่องสามารถรองรับปริมาณขยะจำนวนมากได้ และเนื่องจากการติดตั้งใบมีดเป็นแบบสองแกนจะทำให้ใบมีดมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้นด้วย

ความร่วมมือ ImperialSINO เกี่ยวกับเทคโนโลยีและเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้าโดยใช้แก๊ส

เตาเผา (Burners) และเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้าแบบใช้แก๊ส (Gas Engines) ออกแบบเฉพาะส่วนเป็นการออกแบบโดยแยกออกจากกันแต่ละส่วน แต่ละส่วนให้ กำลังไฟฟ้าขนาด 500KW ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตไฟฟ้าจากขยะ ด้วยเทคโนโลยีของ ImperialSINO สามารถรองรับปริมาณขยะได้ตั้งแต่ 80-300 ตันต่อวัน

ลักษณะภายในของเตาเผาจะเป็นแบบ fixed bed design ที่มีความลาดเอียงและเป็นการเผาแบบไม่ใช้ออกซิเจน อุณหภูมิในเตาเผาสามารถปรับเพิ่มขึ้นได้ถึง 1,200 องศาเซลเซียส ทำงานร่วมกับระบบกรองของเสีย และระบบกรองฝุ่นแบบเปียก ทำให้สิ่งที่ไม่พึงประสงค์ทั้งหลายเช่นขี้เถ้ารวมถึงสารพิษอย่างทาร์และไดออกซินจะถูกดักไว้ก่อนถูกปล่อยออกสู่ภายนอก

ระบบเซ็นเซอร์และตรวจจับแบบอินฟาเรดในเตาเผาแบบ Gasification จะทำงานอัตโนมัติภายใต้เงื่อนไขการเผาแต่ละขั้นตอนในเตา ตัวต รวจจับแบบอินฟาเรดภายในจะทำงานผ่านการควบคุมโดยระบบ PLC ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์เฉพาะของ อิมพีเรียล คอลเลจ ลอนดอน เพื่อให้มั่นใจในประสิทธิภาพการ ทำงานที่เหมาะสมของเตา

เทคโนโลยี

ระบบ Gasification นั้นจะเปลี่ยนขยะหรือเชื้อเพลิงอัดแท่ง (ไม้หรือไม้ผสมขยะ ตลอดจนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร) ให้กลายเป็นเชื้อเพลิงแก๊สที่เรียกกันว่า “producer gas”

ภายในระบบ gasifier จะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ขึ้นเรียกว่า partial combustion กล่าวคือออกซิเจนจะถูกอัดเข้าไปในระบบในระดับต่ำกว่าที่ต้องการทำให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ นอกจาก นั้นออกซิเจนยังถูกปรับให้มีปริมาณมากหรือน้อยในแต่ละขั้นตอนของเตาเผา ด้วยการทำแบบนี้จะทำให้อุณหภูมิในการเผาเพิ่มสูงขึ้นและลดลงตามความมากน้อยของปริมาณออกซิเจนในระบบ เมื่อการเผาไหม้เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงๆเราจะได้แก๊สออกมาที่เรียกว่า Syngas

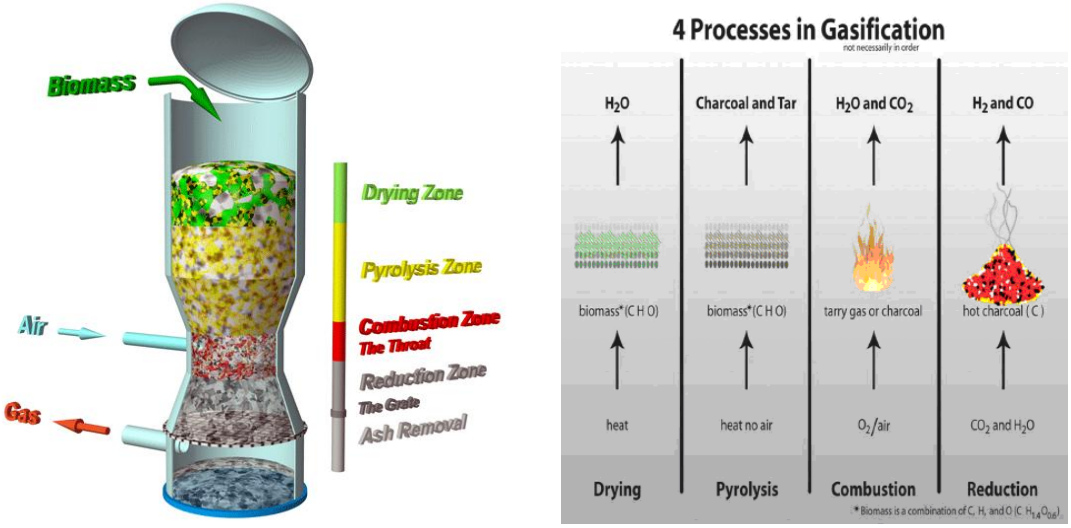
Gasification คืออะไร

กระบวนการ gasifier คือระบบที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนทางเคมีและฟิสิกส์ที่ซับซ้อนภายใต้กระบวนต่างๆเหล่านั้นมีอยู่ 4 ขั้นตอนสำคัญที่จะเกิดขึ้น ดังนี้

- Drying
- Pyrolysis
- Combusion
- Reduction

ซึ่งอุณหภูมิในแต่ละกระบวนการจะแตกต่างกัน โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 100ºC สำหรับ Drying, 400ºC to 600 ºC สำหรับกระบวนการ Pyrolysis 800 ºC ถึง 1200 ºC ในขั้นตอน Combusion และ 800ºC ถึง 900ºC ในขั้นตอน Reduction

Syngas คือผลผลิตสุดท้ายที่จะได้จากกระบวนการดังกล่าวข้างต้น และได้จากการเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 1000 ºC ถึง 1400ºC



รูปที่2 กระบวนการ Gasification ทั้ง4 ขั้นตอน

เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าไปในเตาอย่างสม่ำเสมอ อุปกรณ์ภายในเตาถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการเผาไหม้ในอากาศของเชื้อเพลิงอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เพื่อให้เชื้อเพลิงเปลี่ยนเป็นแก๊ส(Producer Gas)ในที่สุด

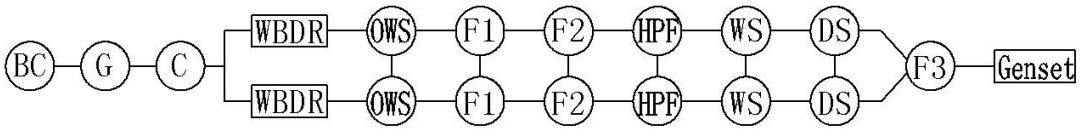
ทั้งนี้ ขยะ 1 กิโลกรัมสามารถเปลี่ยนเป็นแก๊สได้ประมาณ 1.5-2.0 Nm^3 โดยมีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 1,000-1,300 $Kcal/Nm^3$ โดยแก๊สจะมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

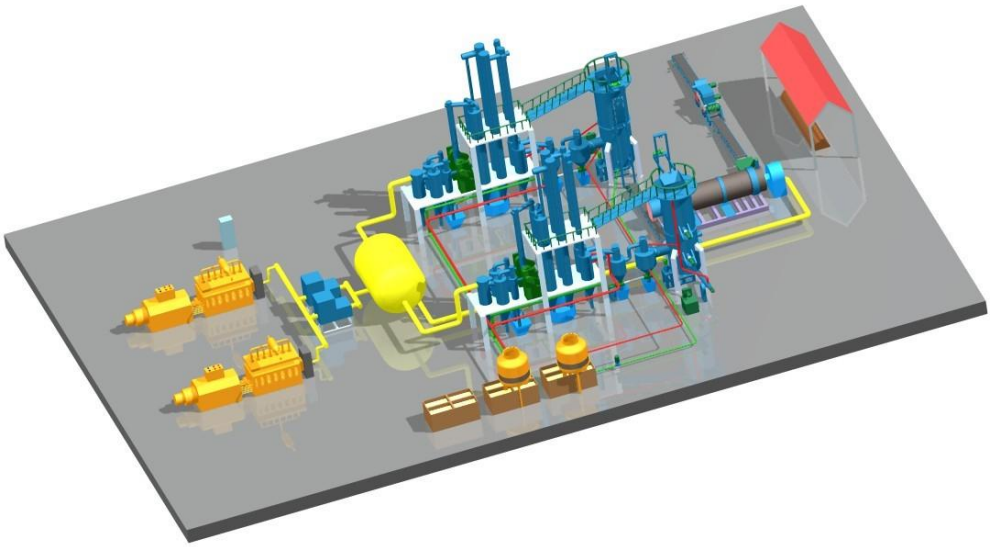
แก๊สคาร์บอนมอนออกไซด์(CO)	15 - 20 %
แก๊สไฮโดรเจน(H2)	15 - 20 %
แก๊สมีเทน (CH4)	1 - 4 %
แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO2)	8 - 12 %
แก๊สไนโตรเจน(N2)	45 - 55 %

ตารางที่1 ส่วนประกอบของแก๊สที่ได้จากระบบ Gasification

ประโยชน์ที่ได้จากการใช้ระบบ Gasification

- Gasification จะเปลี่ยนเชื้อเพลงคุณภาพต่ำที่อยู่ในสภาพที่ไม่สะดวกต่อการนำมาใช้งานให้กลายเป็นเชื้อเพลิง ในรูปแก๊สที่มีคุณภาพสูงขึ้น และเหมาะสมกับการใช้งาน เชื้อเพลิงที่ได้จะมีประสิทธิภาพสูง ประกอบกับระบบGasification นั้นมีความง่ายในการควบคุมด้วย
- ลดการปล่อยสารพิษออกสู่อากาศและชุมชนโดยรอบเนื่องจากเทคโนโลยี ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- ใช้เงินลงทุนต่ำอีกทั้งยังมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยต่ำกว่าพลังงานทางเลือกอื่นๆเนื่องจากสามารถใช้ทรัพยากรในประเทศได้บางส่วนด้วยราคาที่เหมาะสม
- เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีพลังงานทางเลือกทำให้ได้รับการสนับสนุนจากทางรัฐบาลโดยโรงไฟฟ้าแบบ Gasification จะได้รับการสนับสนุนเรื่องคาร์บอนเครดิตภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาดหรือซีดีเอ็มทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนสั้นลงเร็วกว่าเทคโนโลยีแบบอื่น





แผนผังแสดงระบบ Gasifier

- **BC – Bucket Conveyor:**ระบบลำเลียงเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผา
- **G – Gasifier:**วัตถุเชื้อเพลิงต่างๆจะถูกลำเลียงเพื่อเข้าสู่กระบวนการ Gasifier 4 ขั้นตอน ตามที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงในรูปแก๊สในที่สุด แต่ยังคงมีของเสียเช่นขี้เถ้าปะปนอยู่ โดยแก๊สดังกล่าวเรียกว่า Producer Gas มีอุณหภูมิมากกว่า 400 องศาเซลเซียส
- **C – Cyclone:** ทำหน้าที่ดักจับฝุ่นขนาดใหญ่ที่มาพร้อมกับแก๊ส
- **WBDR - Water-Bath Dust Removal:**ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของแก๊สลงให้เท่าณหภูมิห้อง ในขณะเดียวกัน แก๊สก็จะถูกทำความสะอาดไปด้วย โดยขี้เถ้าและน้ำมันทาร์จะถูกกำจัดออกไป
- **OWS – Oil Water Separator:**ทำหน้าที่แยกน้ำและน้ำมันทาร์ออกจากแก๊สพร้อมกับกำจัดออก ขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของแก๊สด้วย
- **F1–No.1 Filter:**ทำหน้าที่กำจัดสิ่งปนเปื้อนที่มากับแก๊สจากการใช้ไม้สับเป็นเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ
- **F2 – No.2 Filter:**ทำหน้าที่ร่วมกันกับ F1– No.1 Filter เพื่อทำให้แก๊สสะอาดยิ่งขึ้น
- **HPF – High Pressure Fan:** พัดลมแรงดันสูงที่ดูดอากาศจากภายนอกเข้าไปในระบบ Gasifier เพื่อให้เกิดการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Combusion) เพื่อทำให้เกิด Producer Gas
- **WS – Water Seal**: ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แก๊สไหลย้อนกลับ ไปในกระบวนก่อนหน้า
- **DS– Drying System:** ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิแก๊สและระเหยความชื้นออกไป ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของแก๊สดีขึ้น
- **F3 – Safety Filter:** เป็น filer แบบผ้าทำหน้าที่คัดกรองครั้งสุดท้ายก่อนที่แก๊สจะถูกส่งไปยังชุดกำเนิดไฟฟ้า

ของเสียจากกระบวนการเผาแบบ Gasification และวิธีการจัดการของเสีย

ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ gasifier มีดังต่อไปนี้

1. **Ash** ขี้เถ้าจะมีประมาณ 10-15% ของน้ำหนักเชื้อเพลิงที่เข้าไปเผาโดยเฉลี่ย ขี้เถ้านี้สามารถนำไปขายหรือแจกให้กับเกษตรกรเพื่อทำเป็นปุ๋ยดินหรืออิฐมวลเบาได้
2. **Sludge** ขี้เถ้าเปียกสามารถทำเป็นปุ๋ยน้ำได้เช่นเดียวกัน
3. **Tar** น้ำมันทาร์ที่ถูก filter ดักไว้รวมถึงทาร์บางส่วนที่หลุดไปกับน้ำจะถูกนำเข้าไปในระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นระบบปิดก่อน ภายในจะมีส่วนประกอบสำคัญคือทรายเพื่อช่วยในการบำบัดก่อนที่จะปล่อยเป็นน้ำทิ้งออกไปสู่ภายนอก

ด้วยเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าดังกล่าวจึงมั่นใจได้ว่าจะไม่มีสารพิษใดๆถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก นอกจากนั้น น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตก็จะถูกนำมาวนใช้ซ้ำด้วยทุกครั้ง

มลพิษ ของเสียและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

โรงไฟฟ้าแบบ Gasification นั้นแทบไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมเลย นอกจากนั้น น้ำเสียที่ใช้ในโรงไฟฟ้ายังสามารถนำกลับมาบำบัดและวนเวียนใช้ใหม่ได้อีก จะมีเพียงแต่การเติมน้ำที่พร่องไปเนื่องจากการระเหยไปบ้างเท่านั้น โดยปริมาณน้ำที่เติมก็ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตไฟของโรงไฟฟ้าในแต่ละวัน ซึ่งโดยปกติแล้ว เราจะใช้น้ำประมาณ ครึ่งลิตรต่อไฟฟ้าที่ผลิตได้จำนวน 1ยูนิต (kWh) เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องเติม นอกจากนั้น น้ำส่วนหนึ่งที่ใช้ในโรงไฟฟ้า จะต้องถูกใช้ไปในกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์ โดยปกติน้ำสะอาดทั่วไปที่ใช้ในโรงไฟฟ้าไม่ได้ต้องการการบำบัดเป็นพิเศษแต่ต้องใส่ใจในเรื่องของความเป็นกรดด่างของน้ำเพื่อรักษาให้อยู่ในระดับที่ต้องการ

สิ่งที่ถูกปล่อยออกมาจากการเผาแบบ gasifier ก็คือ ถ่านและขี้เถ้า ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ทั้งคู่และสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ถ่านที่แห้งแล้วสามารถนำกลับมาเผาได้อีกส่วนที่เหลือก็เอาไปเป็นส่วนผสมทำเสาไฟฟ้า ขี้เถ้าสามารถนำมาใช้ถมหลุมได้ ส่วนขี้เถ้าอัดก้อน ก็นำมาขายเป็นเชื้อเพลิงแข็งได้ด้วย แก๊สที่ได้จากระบบ gasifier จะถูกพาเข้าไปในเครื่องยนต์โดยตรง แต่บางครั้งแก๊สจะถูกเผาทิ้งไปก่อนถ้าหากระบบผลิตไฟฟ้าขัดข้องหรือหยุดการทำงานทั้งนี้เพื่อความปลอดภัย แก๊สจะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศผ่านทางท่อไอเสียของเครื่องยนต์เท่านั้น

ตารางด้านล่างแสดงถึงส่วนประกอบของแก๊สที่ถูกปล่อยออกมา สู่บรรยากาศ

ส่วนประกอบของแก๊ส	Permissible Limits (g/MJ)	Emission Observed (g/MJ)
แก๊สคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO)	1.2	0.4 – 0.6
ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_X)	2.2	0.7
สารประกอบไฮโดร คาร์บอน (Hydro carbons)	0.3	0.005
ฝุ่นขนาดใหญ่ (Particulate matter)	0.2	0.05

ข้อมูลเชิงเทคนิคของเตาเผาที่ออกแบบโดย ImperialSINO

โมเดล	ImperialSINO
ชนิดของระบบ Gasification	เปลวไฟไหลลง(Down Draft)
คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่จะเผา	
ขนาดของเชื้อเพลิง(ซม x ซม)	3*10
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	< 15%
คุณสมบัติและประสิทธิภาพการเผา	
อัตราการไหลของแก๊ส (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)	1,200-1,500
ค่าความร้อนแก๊ส (กิโลแคลลอรี่/ลูกบาศก์เมตร)	>1,050
ค่าความร้อนที่ได้ (กิโลแคลลอรี่/ชั่วโมง)	2,008,125
อัตราการบริโภคเชื้อเพลิง (ตัน/ชั่วโมง)	Maximum 0.9
อุณหภูมิของแก๊ส (องศาเซลเซียส)	700-800
ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของแก๊ส (%)	
ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดของเตา	>85%
อุณหภูมิของแก๊สในเตา (°C)	300 - 500
ระบบการป้อนเชื้อเพลิง	
ระบบการป้อนเชื้อเพลิง	สายพานลำเลียง
ความถี่	ปรับเปลี่ยนความเร็วได้
การกำจัดขี้เถ้า	Continuous flow with water seal/ dry ash char removal system
การลดอุณหภูมิแก๊ส	Water cooling system, water-bath dust removal system, oil water separator, etc.
ระบบทำความสะอาดแก๊ส	Patented fine filters
ระบบเริ่มต้นการทำงาน	High pressure fan
ส่วนประกอบของแก๊ส	CO: 19+3%, H2: 18+2%, CO2: 8+3% , CH4: up to 3% and N2: 50%
ระบบการตรวจสอบแบบย้อนกลับ	
ระบบควบคุมแบบป้อนกลับของเตาเผา	local with intra- and inter feedback embedded with global feedback

คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบ Gasification โดยทั่วไป

	Item	Technical parameters
เครื่องยนต์แก๊ส	โมเดล	ทั่วไป
	ประเภทของการผสมแก๊ส	Inline water-cooled, four stroke, spark plug and open combustion chamber
	หัวฉีด	Un supercharged
	จำนวนกระบอกสูบ	8
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (cm)	30
	ความเร็วเฉลี่ย (r/min)	600
	กำลังไฟฟ้าที่ต้องการเฉลี่ย(KW)	550
	ค่าความร้อนที่ต้องการ (MJ/kwh)	120
	ทิศทางการหมุน	ตามเข็มนาฬิกา
	วิธีการสตาร์ทเครื่อง	Air motor start-up
	อุณหภูมิไอเสีย(°C)	≤600
	ความดันแก๊ส (kPa)	≥2.5
	อุณหภูมิแก๊สก่อนเข้าระบบเครื่องยนต์ (°C)	≤40
	อัตราการบริโภคน้ำมัน (g/kWh)	≤1.0
ตัวกำเนิดไฟฟ้า	Model	500GFM
	กำลังไฟขาออกโดยเฉลี่ย (KW)	500
	แรงดันใช้งาน (V)	400/6,300/10,500
	กระแสไฟใช้งาน(A)	902/57/34
	เพาเวอร์แฟคเตอร์(Cosine Φ)	0.8(lag)
	ชนิดตัวรับแรงดันไฟ	แปรงถ่าน
	ระบบจ่ายไฟ	3 เฟส 4 สาย
	ขนาด (ซม)	640*160*290 (ย×ก×ส)
	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	22,000

เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดเปรียบเทียบระหว่างประเทศไทยและ ImperialSINO

ประเภทของแก๊ส	ข้อกำหนดประเทศไทย	ImperialSINO
แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์(So_2)	30ppm	10-20ppm
แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด(No_2)	250ppm	200-230ppm
ไฮโดรเจนคลอไรด์(HCl)	136ppm	80-120ppm
สารไดออกซิน(Dioxin)	30ng/Nm^3	5-10ng/Nm^3
ความทึบแสง(Opacity)	less than 20%	between 10-15%
ฝุ่นละออง(Suspended particle)	40mg/Nm^3	20-30mg/Nm^3

Gasifier Furnace

ระบบการกรองของเสีย(จากซ้ายไปขวา): last filter to gas distribution, gas burner, air filter, drying system, water seal, cyclone, draught fan, charcoal filter, woodchip filter, oil-water separator, water bath, dust collector, tar filter และ แผงควบคุม PLC.

เครื่องยนต์แก๊สจาก GE Jenbacher, สหรัฐอเมริกา