



6.1 ผลของฉนวน และรูปร่างของห้องเผาไหม้ต่อปริมาณของ CO ที่เกิดขึ้น

6.1.1 ผลของฉนวนต่อปริมาณของ CO ที่เกิดขึ้น

จากรูปที่ 2.9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณของ CO จะมากขึ้นตามอุณหภูมิ จึงคาดว่า การหุ้มฉนวนจะส่งผลดีในการเพิ่มปริมาณของ CO ผลการทดสอบปริมาณของ CO ที่ได้ ไม่แตกต่างกันเด่นชัด แต่ก็ยังสอดคล้องกับที่คาดเอาไว้ ตำแหน่งการหุ้มฉนวนแสดงไว้ในรูป 6.1 ส่วนผลการทดสอบ แสดงไว้ในตารางที่ 6.1

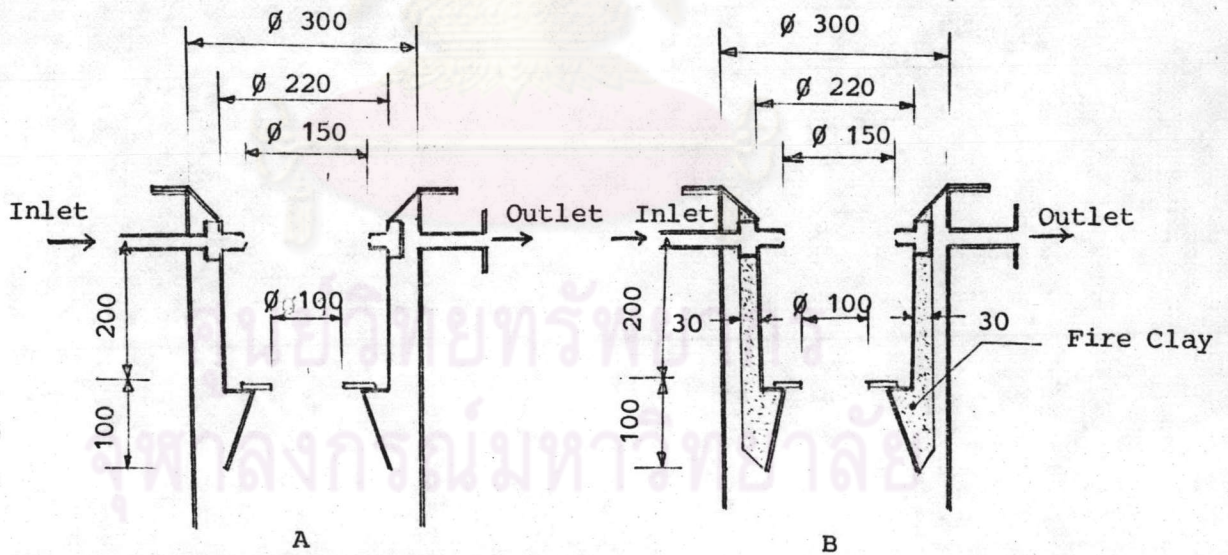


Figure 6.1 Combustion Zone, (A) Without Insulation, (B) With Insulation

Table 6.1 Gas Composition of Combustion Zone Without Insulation and With Insulation at Gas Flow Rate 2.7 L/sec (From Orsat Apparatus)

Gas	Non Insulated	Insulated
CO ₂	8.5% (V/V)	8.0% (V/V)
O ₂	1.2% (V/V)	0.8% (V/V)
CO	17.4% (V/V)	18.2% (V/V)

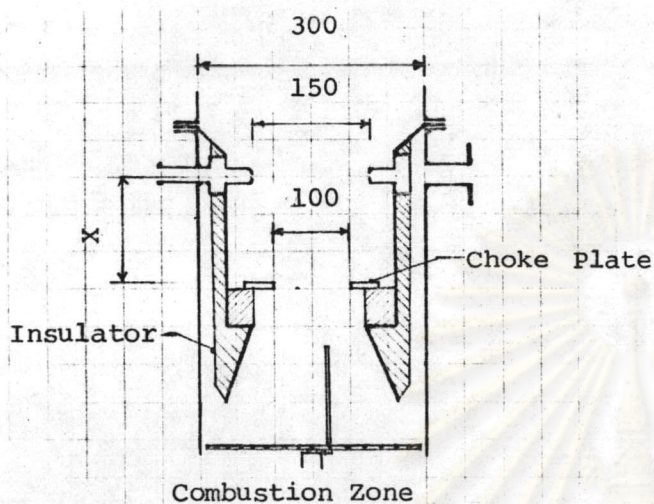
6.1.2 ผลของรูปร่างของห้องเผาไหม้ต่อปริมาณของ CO ที่เกิดขึ้น

เมื่อให้ค่า Gas Flow Rate, Tuyeres Diameter, Choke plate diameter, Inner Tuyeres Diameter คงที่ (ตามรูปที่ 6.2) ได้ทำการเลื่อนตำแหน่งของ Choke plate เข้าหาอากาศเข้า พบว่ามีผลต่อปริมาณของ CO ตามผลการทดลองในตารางที่ 6.2 และรูปที่ 6.2

ตามที่กล่าวมาในข้อ 6.1.1 ปริมาณของ CO จะเพิ่มเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และคาดว่าตำแหน่งของ Choke plate ที่เหมาะสม ควรที่จะทำให้ จุดเริ่ม Reduction Reaction อยู่บริเวณ Choke plate ซึ่งอุณหภูมิมิบริเวณนี้จะสูง เป็นเหตุให้ปริมาณของ CO มากที่สุด

จากรูปที่ 6.3 แสดงตำแหน่งของ Choke plate ที่ต่างกันเมื่อ Gas Flow Rate คงที่ Choke plate จะทำหน้าที่ลดพื้นที่หน้าตัดของห้องเผาไหม้ ซึ่งจะทำได้ความเร็วของ O₂ ที่จะเข้าทำการเผาไหม้กับเชื้อเพลิงเร็วขึ้น ความเร็วของ O₂ ที่เข้าไปทำการเผาไหม้สูงซึ่งจะทำให้อัตราการเผาไหม้ และอุณหภูมิสูงตามไปด้วย (23) รูป A คือตำแหน่งของ Choke plate ที่เหมาะสม ซึ่งบริเวณเลยตำแหน่ง Choke plate ไปแล้วจะเกิด Reduction Zone และปริมาณของ O₂ แทบจะหมดไป โดยถูกรูปการแบ่งชั้นของการเผาไหม้ ในรูป 2.3 (23) ประกอบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลังจากที่ O₂ กำลังจะหมดไปจะเกิด Reduction Reaction ถ้าจุดที่เกิด Reduction Reaction ที่บริเวณ Choke plate อุณหภูมิของการเกิด Reduction Reaction ก็สูงเพราะความเร็วของ O₂ ที่เข้าไปเผาไหม้สูงขึ้น และยังมี O₂ เหลือพอที่จะเผาไหม้กับเชื้อเพลิงให้ความร้อนออกมา รูป B คือตำแหน่งของ Choke plate ที่เข้าใกล้รูอากาศมากเกินไป Oxidation Reaction จะเกิดต่อไปหลังจากเลย Choke plate ไปแล้ว ซึ่งจุดที่เกิด Reduction Reaction อุณหภูมิจะไม่สูงเท่าที่ควรเพราะความเร็วของ O₂ ที่เข้าไปเผาไหม้ไม่สูงมาก รูป C คือตำแหน่งที่ Choke plate ห่างจากรูอากาศเข้าเกินไป จุดที่เกิด Reduction Reaction อุณหภูมิจะไม่สูงเท่าที่ควรเช่นกัน

Table 6.2 Gas Composition Versus Position of Choke Plate, at
Gas Flow Rate 2.7 L/sec (From Orsat Apparatus)



X (mm)	CO ₂ % (V/V)	O ₂ % (V/V)	CO% (V/V)
200	8.0	0.8	18.2
150	7.2	0.8	19.8
115	5.4	1.0	22.0
95	5.0	0.4	22.4
70	5.2	0.8	21.8

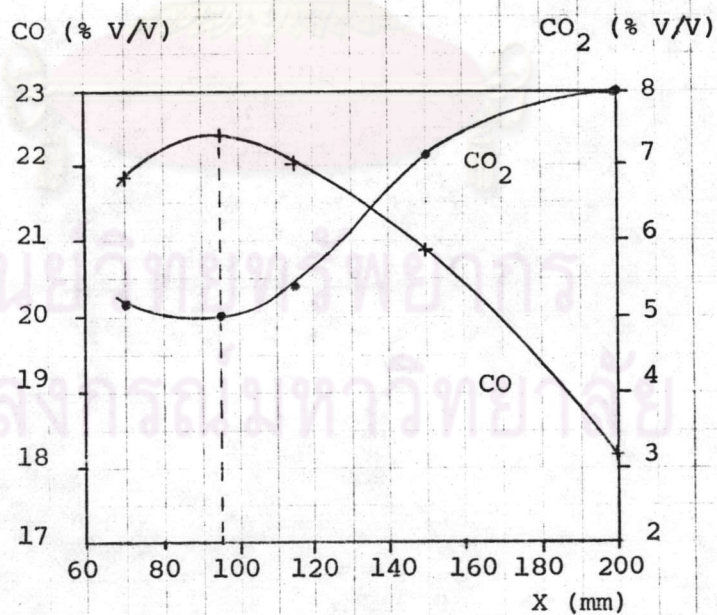


Figure 6.2 Gas Composition Versus Position of Choke Plate

และบริเวณ Choke plate อุณหภูมิก็จะไม่สูงขึ้น เพราะไม่มี O_2 เหลือพอที่จะเผาไหม้ให้ ความร้อนออกมา

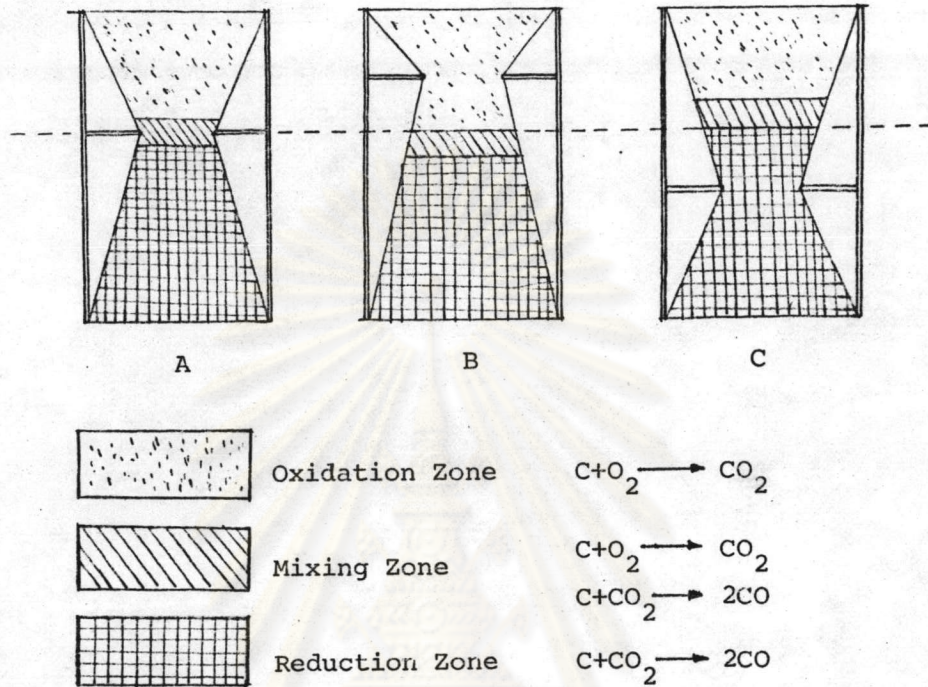


Figure 6.3 Prediction of Combustion Zone from Experiment

6.2 ผลการทดสอบเตาผลิตแก๊ส เมื่อค่า Flow Rate เปลี่ยนแปลงโดยใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล
7.5 KW (Dual Fuel Diesel)

ส่วนประกอบของแก๊สขณะเดินเครื่องยนต์ดีเซลที่ค่า Gas Flow Rate ต่าง ๆ กัน ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยใช้ Gas Chromatography ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์แก๊สทั้งหมดรวม 100% โดยไม่รวม H_2 ตามตารางที่ 6.3

เมื่อปริมาณของ H_2 ที่ได้จากการหาโดยการเผาไฟใน Orsat Apparatus (ดูวิธีทำในภาคผนวก) มารวมเข้ากับตารางที่ 6.3 ได้ส่วนประกอบของแก๊สซึ่งรวมเปอร์เซ็นต์ของ H_2 ตามตารางที่ 6.4 ส่วนผลการทดลองหาค่า Charcoal Consumption, Exit Temp. ที่ Gas Flow Rate ต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 6.5 แล้วทำการรวมตารางที่ 6.4 และ 6.5 เขียนเป็นกราฟในรูปที่ 6.4

Table 6.3 Gas Composition Versus Gas Flow Rate

$$(100\% = \% \text{CO}_2 + \% \text{O}_2 + \% \text{CO} + \% \text{CH}_4 + \% \text{N}_2)$$

Gas Flow Rate (25°C, 1atm)L/sec	%CO ₂ (V/V)	%O ₂ (V/V)	%CO (V/V)	%CH ₄ (V/V)	%N ₂ (V/V)
4.36	2.38	0.38	24.21	1.79	71.24
4.76	3.89	0.17	25.31	1.59	69.04
5.01	3.01	0.23	27.93	1.94	66.89
5.40	2.38	0.17	26.92	2.13	68.40
5.75	2.64	0.16	25.62	1.70	69.88

Table 6.4 Gas Composition Versus Gas Flow Rate

$$(100\% = \% \text{CO}_2 + \% \text{O}_2 + \% \text{CO} + \% \text{CH}_4 + \% \text{H}_2 + \% \text{N}_2)$$

Gas Flow Rate (25°C, 1atm)L/sec	%CO ₂ (V/V)	%O ₂ (V/V)	%CO (V/V)	%CH ₄ (V/V)	%H ₂ (V/V)
4.36	2.26	0.36	23.00	1.70	5.00
4.76	3.67	0.16	23.89	1.50	5.60
5.01	2.82	0.22	26.20	1.82	6.20
5.40	2.22	0.16	25.06	1.98	6.90
5.75	2.43	0.15	23.62	1.57	7.80

$$\% \text{N}_2 = 100 - \% \text{CO}_2 - \% \text{O}_2 - \% \text{CO} - \% \text{CH}_4 - \% \text{H}_2$$

Table 6.5 Gas Flow Rate Versus Charcoal Consumption

Gas Flow Rate (25°C, 1atm)L/sec	Charcoal Consumption Kg/hr	LHV ₃ (MJ/m ³)	Exit temp °C
4.36	2.8	3.727	160
4.76	3.0	3.824	165
5.01	3.2	4.258	170
5.40	3.7	4.249	185
5.75	4.2	4.037	195

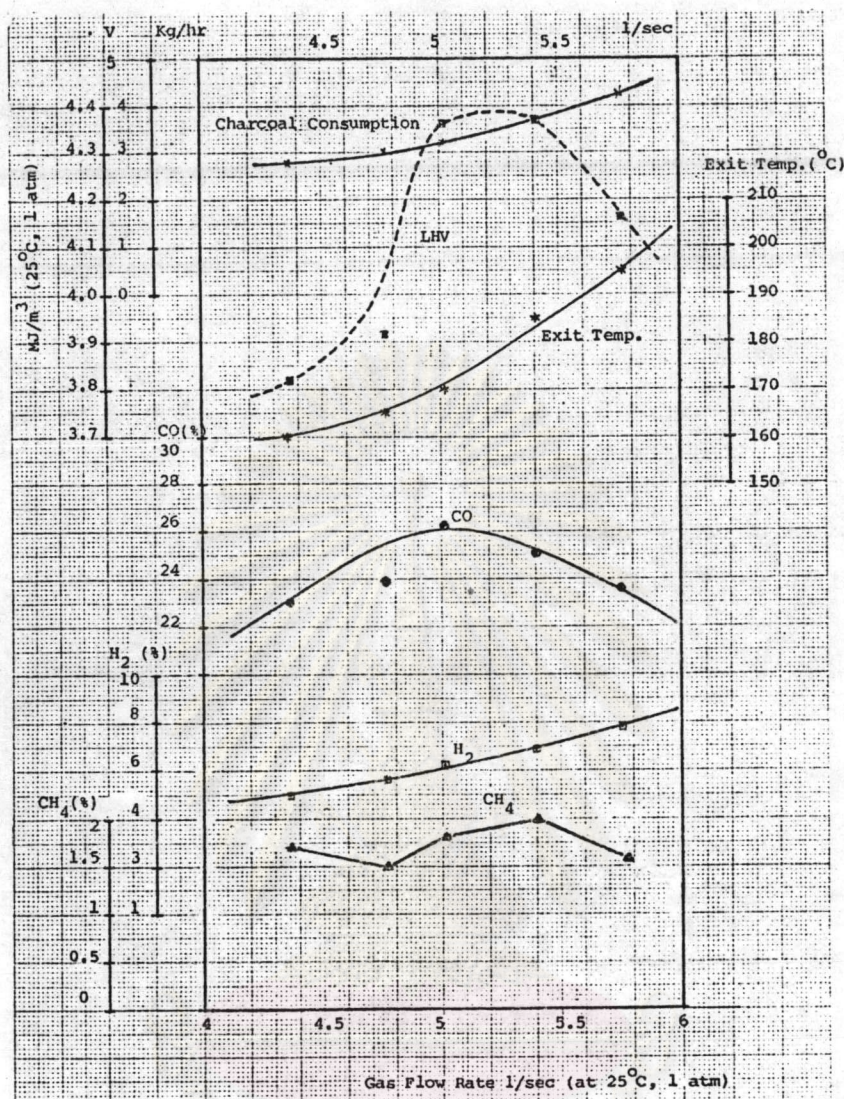


Figure 6.4 Gas Composition, LHV, Charcoal Consumption Exit Temperature Versus Gas Flow Rate from Gas Producer

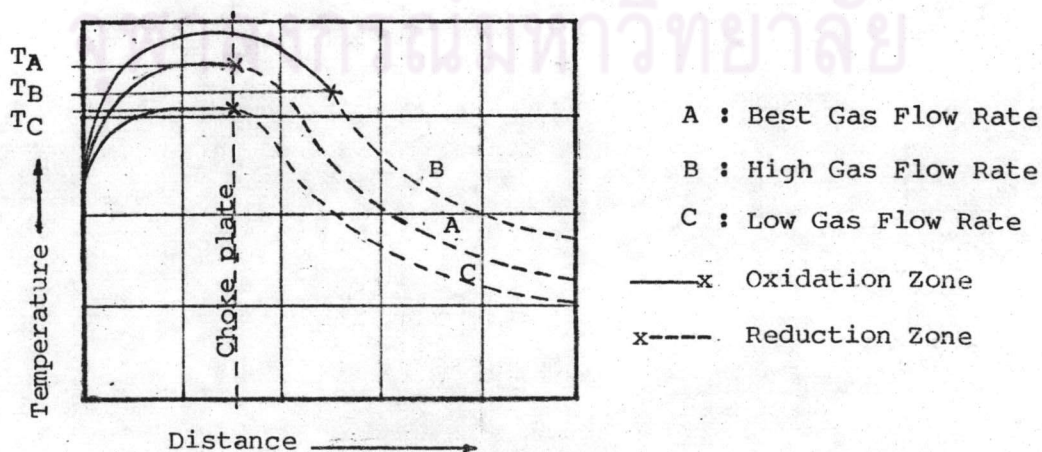


Figure 6.5 Prediction of Temperature in Gas Producer

สำหรับผลการทดสอบตามหัวข้อที่ 6.2 และ 6.1.2 จะแตกต่างกันตรงที่ว่าตามหัวข้อ 6.1.2 ใช้ Blower ดูดแก๊ส เชื้อเพลิง ซึ่ง Flow Rate ต่ำกว่า ทั้งนี้เพราะไม่สามารถเพิ่ม Flow Rate ได้อีก เพราะกำลังของ Blower ไม่พอและท่อแก๊สมีขนาดเล็ก อีกทั้งการทดลองต้องการ Flow Rate ที่คงที่ จึงใช้เครื่องยนต์ดูดเหมือนการทดสอบในข้อที่ 6.2 ไม่ได้ ทั้งนี้เพราะรอบของเครื่องยนต์ขณะทดสอบไม่ได้สม่ำเสมอ มีผลทำให้การดูดแก๊สเข้าเครื่องยนต์ไม่คงที่เหมือนใช้ Blower อีกทั้งผลของส่วนประกอบของแก๊สที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลต่อรอบของเครื่องยนต์ ผลการทดสอบปริมาณแก๊สเมื่อปรับปรุงห้องเผาไหม้ของเตาผลิตแก๊สจึงไม่สอดคล้องกัน อีกทั้งเครื่องมือที่ใช้วัดแก๊สขณะทดสอบเพื่อปรับปรุงห้องเผาไหม้ ใช้ Orsat Apparatus ซึ่งมีค่าที่คาดเคลื่อนได้มากกว่าเครื่อง Gas Chromatography ที่ใช้วัดแก๊สเมื่อใช้กับเครื่องยนต์ การทดสอบครั้งต่อไปน่าที่จะมีการเตรียมการโดยหาทางเพิ่มค่า Gas Flow Rate ในการทดสอบ ปรับปรุงเตาผลิตแก๊สให้ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยที่ใช้กับเครื่องยนต์ โดยเพิ่มขนาดของ Blower และท่อแก๊สให้โต เพื่อลด Pressure loss พร้อมจัดหาเครื่อง Gas Chromatography ไว้เพื่อสะดวกในการวัดส่วนประกอบของแก๊ส เชื้อเพลิงซึ่งต้องทำการทดสอบต่อเนื่องและหลาย ๆ ครั้ง

จากรูปที่ 6.4 ผลการทดลองที่ค่า Gas Flow Rate เปลี่ยนไป เมื่อค่า Gas Flow Rate เพิ่ม ปริมาณของ CO จะเพิ่มขึ้น แล้วลดลง อาจเป็นเพราะว่าความเร็วของ O_2 ที่เข้าทำการเผาไหม้ สูงขึ้นตาม Gas Flow Rate และจุดเริ่มต้นของการเกิด Reduction Reaction ยังอยู่ใกล้บริเวณ Choke plate ซึ่งอุณหภูมิจะสูง (ดูคำอธิบายรูปที่ 6.3 เรื่องตำแหน่ง Choke plate ประกอบ) ซึ่งเป็นเหตุให้ปริมาณของ CO สูงขึ้นเรื่อยๆจนตำแหน่งการเกิด Reduction Reaction อยู่ห่างออกไปจาก Choke plate เพราะปริมาณของ O_2 ที่เพิ่มตาม Gas Flow Rate จะทำให้ Oxidation Zone ขยายกว้างออกไป Choke plate จึงไม่มีผลช่วยให้อุณหภูมิจาก Reduction Reaction สูงขึ้น ปริมาณของ CO จึงลดลง (ดูรูปที่ 6.5 ประกอบ) ซึ่งเป็นการคาดคะเนอุณหภูมิจากในเตาผลิตแก๊สโดยอาศัยแนวทางจากรูปที่ 2.3 สำหรับ H_2 ค่าที่วัดออกมา ใช้ Orsat Apparatus ความผิดพลาดสูงมากเมื่อเทียบกับปริมาณที่ออกมา จึงไม่สามารถอธิบายได้เด่นชัด ส่วน CH_4 ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อ การเกิด CH_4 มีมาก และยังไม่เป็นที่ยอมรับกันอย่างแน่นอน (1)

ส่วนปริมาณของ CO_2 และ O_2 จากตารางที่ 6.4 เมื่อค่า Gas Flow Rate เปลี่ยนไป ค่าที่ได้มาขึ้นลงไม่มีแนวโน้มเหมือนค่า CO เพราะปริมาณต่ำมากเมื่อเทียบกับความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นขณะเก็บแก๊ส และเครื่องมือวัด ถ้ามีอากาศรั่วเข้าได้เพียงเล็กน้อย จะทำให้ค่าที่ออกมา

ผิดไปมากพอสมควร เมื่อเทียบกับปริมาณที่ออกมา ซึ่งตามปกติแล้วปริมาณของ CO_2 จะมากเมื่อ CO น้อย ผกผันตามรูปที่ 2.15 และปริมาณของ O_2 ควรจะไม่มีเลยตามรูปที่ 2.3 แต่สมการที่เกิดขึ้นภายในเตาผลิตแก๊สจริง ๆ เกิดขึ้นซับซ้อนและหลายสมการพร้อมกัน (1) แนวโน้มที่กล่าวไว้ข้างต้นไม่ถูกต้อง

จากรูปที่ 6.5 เป็นการคาดคะเนอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเตาผลิตแก๊ส จะเห็นว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นตาม Gas Flow Rate ที่เพิ่มขึ้น และควรจะสูงที่สุดบริเวณใกล้กับ Choke plate แล้วค่อยาลดลง เมื่อเลย Choke plate แล้ว ในกราฟเส้น A และ C เป็นเพราะว่าเกิด Reduction Zone ส่วนกราฟเส้น B เป็นเพราะความเร็วของ O_2 ต่ำลง และหลังจากเกิด Reduction Reaction แล้ว อุณหภูมิจะลดลงมากขึ้น แต่อุณหภูมิที่เกิด Reduction Zone ควรจะต่ำกว่ากราฟเส้น A ซึ่งเป็นเหตุให้ CO ลดลง และอุณหภูมิของแก๊สที่ออกมาจากเตาผลิตแก๊สก็ยังคงสูงกว่ากราฟเส้น A และ C เพราะอุณหภูมิในการเผาไหม้ใน Oxidation Zone สูงกว่า ซึ่งจากผลการทดลองก็ได้สูงขึ้นตาม Gas Flow Rate เช่นกัน

จากการทดสอบเตาผลิตแก๊ส โดยเปลี่ยนแปลง Gas Flow Rate พบว่าแก๊สที่ผลิตได้ ให้ Lower Heating Value อยู่ในช่วงประมาณ $3.72-4.28 \text{ MJ/m}^3$ (25°C , 1 atm) หรือประมาณ $20.5-23.5 \text{ MJ/Kg. of Charcoal}$ ซึ่งมีค่าสูงสุดจะอยู่ในช่วง Gas Flow Rate ประมาณ $5.1-5.4 \text{ Litre/sec}$ เมื่อเทียบเป็นประสิทธิภาพทางความร้อนในการเปลี่ยนถ่านไม้ ให้เป็นแก๊ส เชื้อเพลิงจะได้ประมาณ $70.7\%-80.0\%$ โดยที่ค่าความร้อนจำเพาะของถ่านไม้เฉลี่ยประมาณ 29 MJ/Kg. (12) ค่า Specific Gasification Rate ประมาณ $360-535 \text{ Kg. of Charcoal/m}^2\text{-hr}$

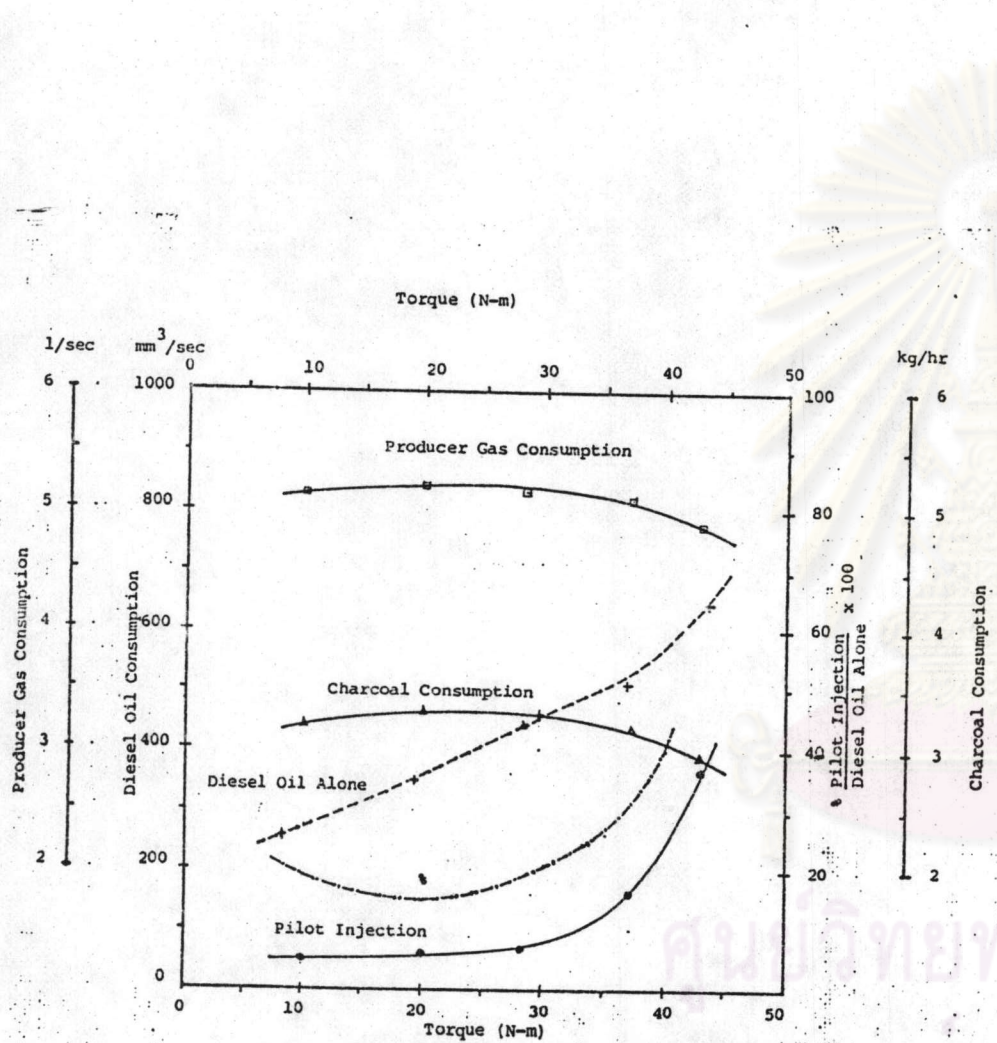
6.3 สมรรถนะของ เครื่องยนต์ดีเซล เมื่อใช้แก๊สจากเตาผลิตแก๊ส เป็นระบบ Dual Fuel เปรียบเทียบ กับใช้น้ำมันอย่างเดียว

สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแสดงไว้ในรูปที่ 6.6, 6.7, 6.8 ที่ $1,350 \text{ rpm}$, $1,550 \text{ rpm}$. และ $1,750 \text{ rpm}$. ตามลำดับ กำลังม้าของเครื่องยนต์ไม่ได้ต่ำลง เพราะทำการเร่งเครื่องได้แรงบิดสูงสุดเท่า ๆ กัน ในแต่ละความเร็วรอบ ประสิทธิภาพทางความร้อนจะต่ำลงจากการใช้น้ำมันอย่างเดียวประมาณ $30\%-40\%$ ทั้งนี้เพราะเกิด Pumping Loss ในจังหวะดูดมากกว่า ปริมาณควันท้าของไอเสียก็มากกว่า เพราะปริมาณ O_2 ที่ใช้ในการเผาไหม้ในกระบอกสูบ น้อยกว่า อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลในการฉีดช่วยให้ติดไฟต่ำสุดประมาณ 17% , 21% , 42% จาก

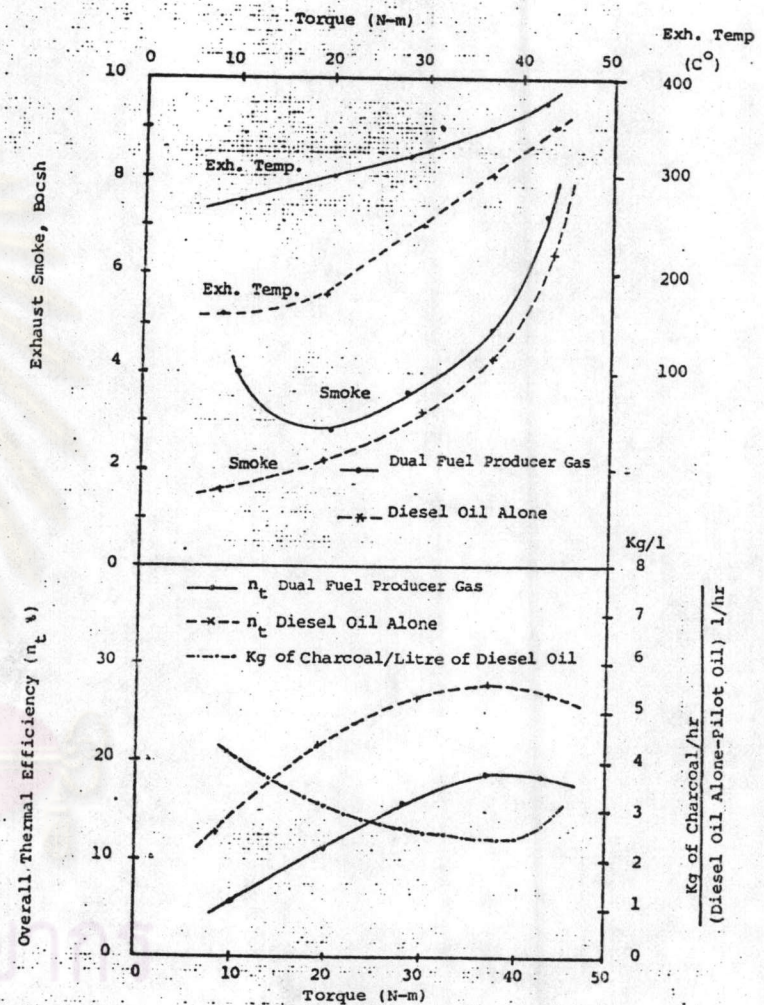
ที่ใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียว และอัตราการทดแทนของถ่านไม้ต่อลิตรของน้ำมันดีเซลค่าสูงสุดประมาณ 2.45, 2.75, 3.00 Kg. of Charcoal/Litre of Diesel Oil ที่ภาระปานกลางที่ 1,350 rpm., 1,550 rpm. และ 1,750 rpm. ตามลำดับ จากผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงตามที่กล่าวมาควรจะใช้เครื่องยนต์ที่ภาระปานกลาง คือประมาณ 60%-70% ของภาระสูงสุด เพราะเป็นช่วงที่ประหยัดเชื้อเพลิงมากที่สุด และปริมาณควันดำไม่สูงมาก (ปริมาณควันดำต่ำสุดจะอยู่ในช่วงภาระประมาณ 40%) ถ้าไม่มีความจำเป็นต้องการรอบ เครื่องยนต์สูงควรใช้เครื่องยนต์ที่รอบต่ำ เพราะสิ้นเปลืองต่ำกว่า อีกทั้งประสิทธิภาพทางความร้อนยังสูงกว่าด้วย

เมื่อนำจุดที่ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดของแต่ละความเร็วรอบ จากรูปที่ 6.6, 6.7, 6.8 มาเขียนเป็นกราฟระหว่างกำลังม้า และประสิทธิภาพทางความร้อน เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไปในรูปที่ 6.9 จะเห็นว่า เมื่อใช้แก๊สเชื้อเพลิงเป็นระบบ Dual Fuel จะให้กำลังม้าสูงกว่าใช้น้ำมันอย่างเดียวเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะว่าพลังงานจากเชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าไปมากกว่า และเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำลงด้วย

การใช้งาน เมื่อใช้แก๊สเชื้อเพลิงเป็นระบบ Dual Fuel จะมีความยุ่งยากไม่มากนัก เริ่มเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวก่อน ไม่มีปัญหาเรื่องรอยจุดเตาผลิตแก๊ส เท่าที่ทำการทดสอบเติมเชื้อเพลิงกับเตาผลิตแก๊สขณะเดินเครื่องยนต์ ไม่มีผลกับการใช้งานของเครื่องมากนัก ทั้งนี้เพราะฝาเตาผลิตแก๊สเปิดในช่วงเวลาอันสั้น ท้องเผาไหม้ซึ่งร้อนอยู่แล้วยังสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงได้ต่อไปอีกช่วงหนึ่ง หลังจากเริ่มจุดเตาผลิตแก๊ส เมื่อมีแก๊สเชื้อเพลิงออกมามากพอ เครื่องยนต์จะเดินเร็วขึ้น ก็ทำการลดน้ำมันดีเซลที่ฉีดให้เหลือพอเฉพาะที่จะช่วยทำให้ Mixture ติดไฟ ส่วนการบำรุงรักษาเตาผลิตแก๊สก็ยังคงจำเป็นต้องทำความสะอาดถ้าภายในเตา และต้องดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ควบอื่น ๆ อีกเช่นกัน



7.5 KW Diesel Engine Performance of 1,350 rpm.



Overall Thermal Efficiency, Amount of Charcoal Convert to Diesel Oil, Exhaust at 1,350 rpm.

Figure 6.6 7.5 KW. Diesel Engine Performance at 1,350 rpm.

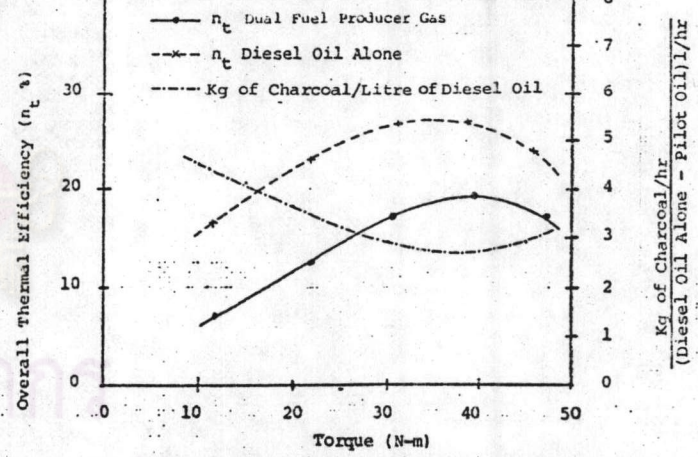
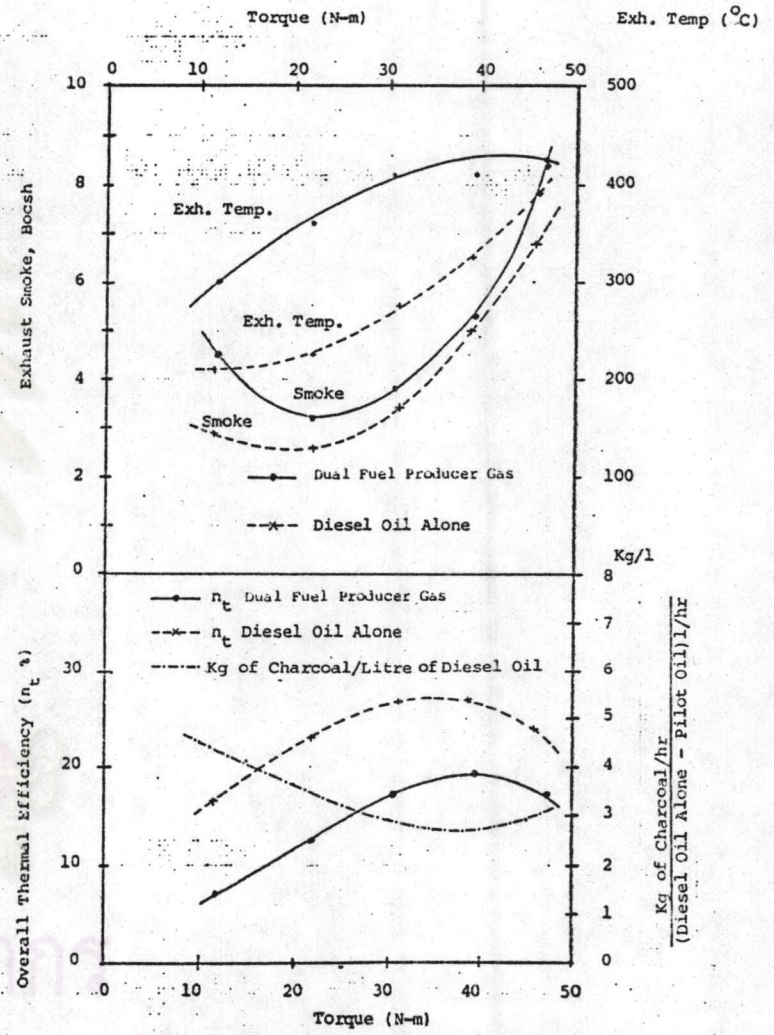
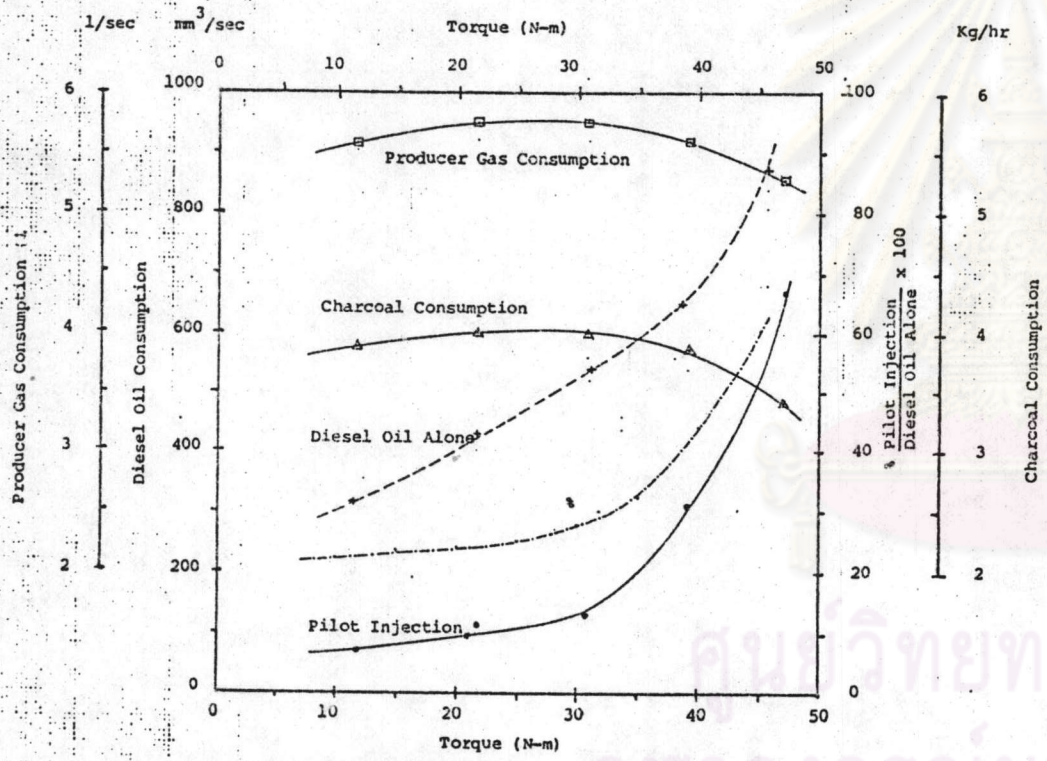


Figure 6,7 7.5 KW. Diesel Engine Performance at 1,550 rpm.

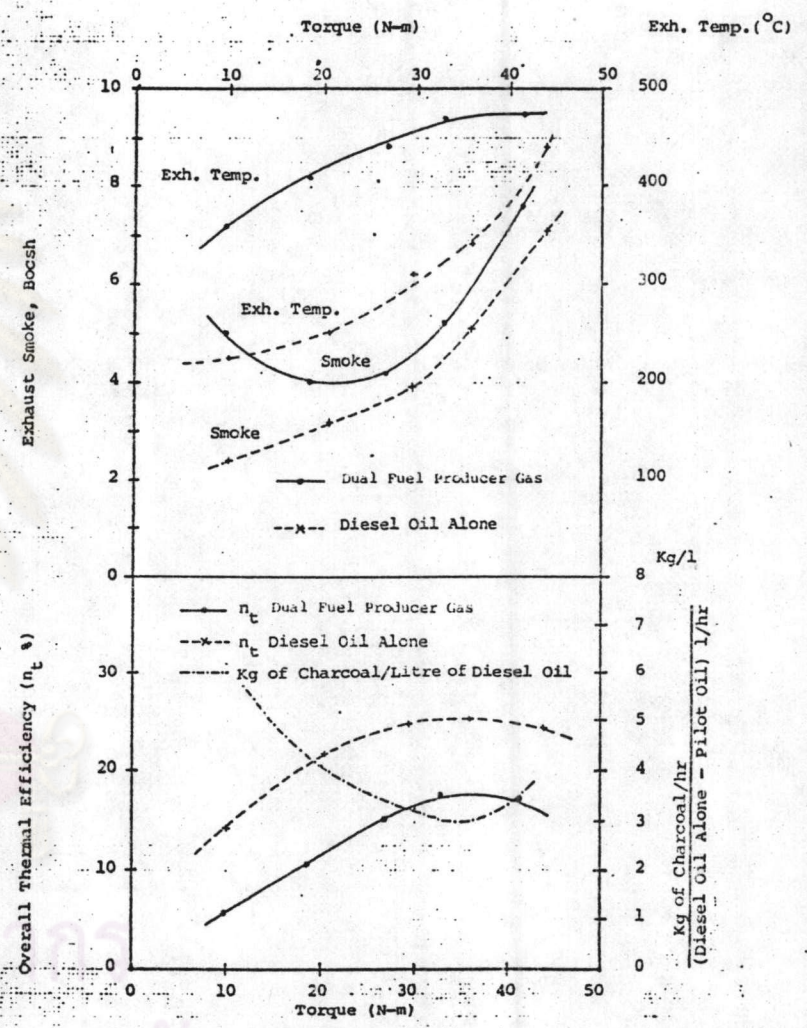
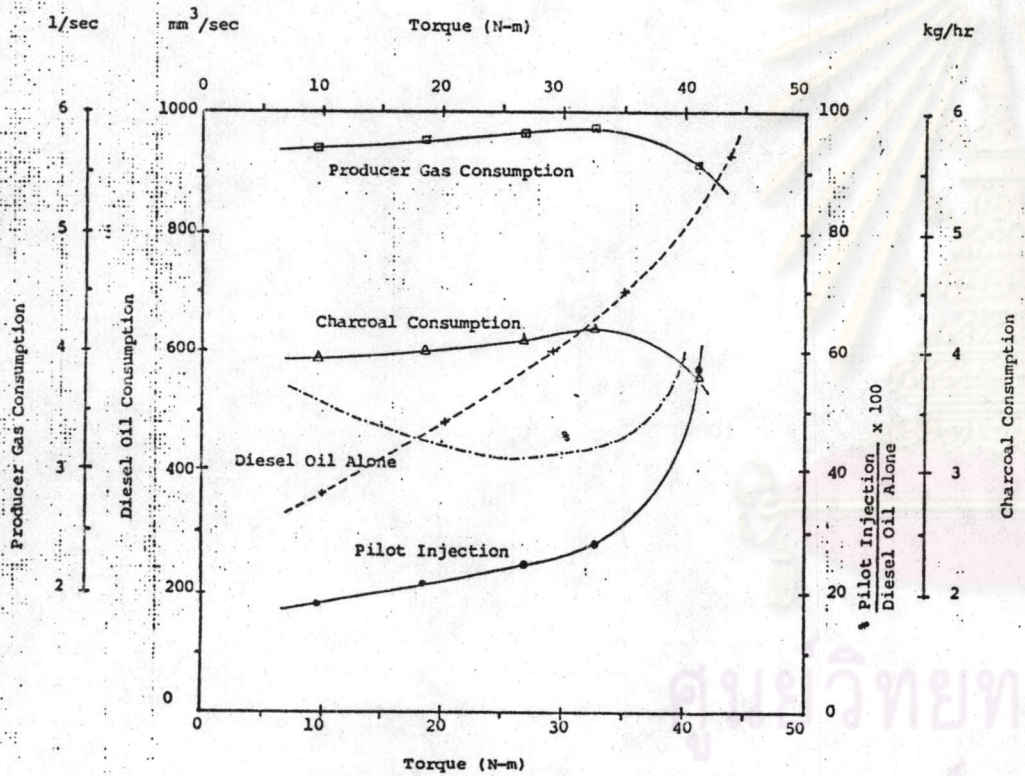


Figure 6.8 7.5 KW. Diesel Engine Performance at 1,750 rpm.

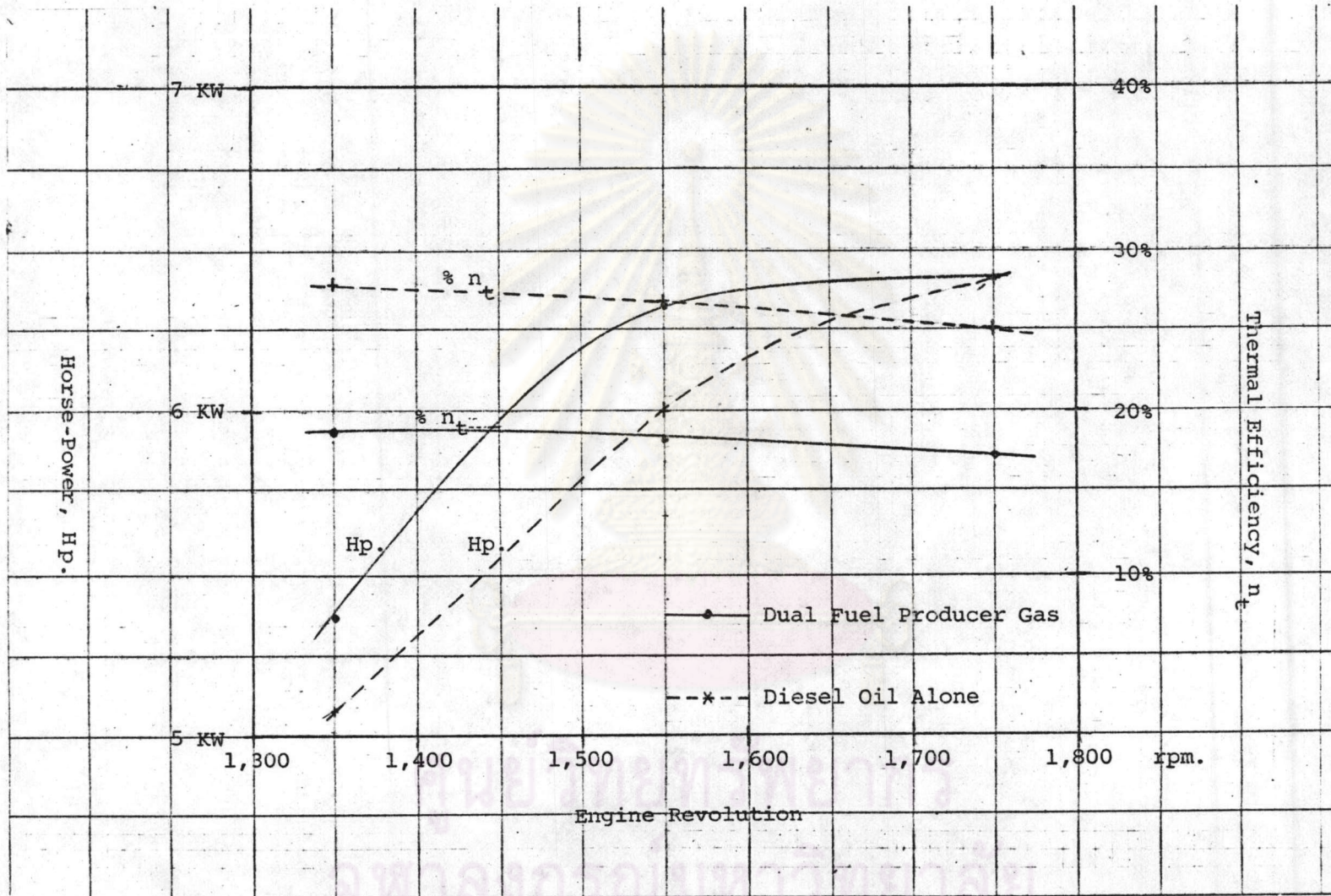


Figure 6.9 Horse-Power, Thermal Efficiency Versus Engine Revolution