เอกสารอ้างอิง

1. Obert, E.F., Internal Combustion Engines and Air Pollution, pp.222-288, Harper & Row, Publishers, Inc., New York, 3 th ed., 1973.

2. Prescott, S.C., and C.G. Dunn, Industrial Microbiology, pp.285-292, Mc Graw-Hill Book Co., New York, 3 th ed., 1959.

3. โกวิท ศตวุติ และ อิทธิพล ปานงาม, "รายงานผลการทดลองเพื่อหาศักย์ภาพของการใช้เชื้อเพลิงผสมแอลกอฮอล์โปรปานอล," การประชุมวิชาการเรื่องพลังงาน วันสถาปนาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2523.

4. โกวิท ศตวุติ และ อิทธิพล ปานงาม, "การวิจัยเพื่อนำแอลกอฮอล์หมักมาใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน," โครงการวิจัย เลขที่ 15 G-IE-2525, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร 2527.

5. วีระวัฒน์ ศรีฉัตราภิมุข, "แอลกอฮอล์-เชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์," วารสารวิศวกรรมเคมี, 1, 51-80, 2525.

6. เมธี หมั่นทำการ, "การทดลองใช้แอลกอฮอล์อุตสาหกรรมเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในอนาคตสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520.

7. Krouwel, P.G., W.J. Groot, N.W.F. Kossen and W.F.M. Van der Laan, "Contineous isoprepanol-butanol-ethanol fermentation by immobilized Cl. beijerinckii cells in a packed bed fermenter, "Enzyme Microb. Technol., 5, 46-54, 1983.

8. Bosich, J.F., Corrosion Prevention for Practicing Engineers, PP.164-183, Barnes & Noble, Inc., New York, 1970.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อิทธิพลของอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงที่มีต่อเครื่องยนต์

อิทธิพลของ A/F ratio ที่มีต่อสมรรถนะ (Performance) ของเครื่องยนต์ มีความสำคัญมาก ในการใช้งานและปรับแต่งเครื่องยนต์ (Engine Tuning) เนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน สามารถทำงานได้ที่ A/F ratio ช่วงกว้างมาก ตั้งแต่ 8 : 1 ถึง 22 : 1 โดยน้ำหนัก คือ ตั้งแต่ส่วนผสมหนามาก (Rich Mixture) จนถึงส่วนผสมบางมาก (Lean Mixture) ดังนั้น สมรรถนะทั่ว ๆ ไป เช่น กำลังขาออก, b.m.e.p. (brake mean effective pressure), ความประหยัด การถ่ายของเสียในลักษณะของก๊าซต่าง ๆ ทางท่อไอเสีย ตลอดจนความนุ่มนวลของเครื่องยนต์ จึงขึ้นอยู่กับ A/F ratio เป็นสำคัญ และจะมีส่วนผสมที่เหมาะสมบางค่าเท่านั้น ที่จะให้เครื่องยนต์ทำงานที่กำลังสูงสุด (Maximum power) หรือประหยัดน้ำมันที่สุด (Maximum economy)

เมื่อพิจารณาสมรรถนะต่าง ๆ ของเครื่อง ขณะทำงานที่ความเร็วคงที่ เครื่องจะใช้อากาศเป็นปริมาณคงที่ และขึ้นโดยตรงกับปริมาตรช่วงชักของลูกสูบ ถ้าค่อย ๆ เพิ่มปริมาณเชื้อเพลิง เข้าไปในกระแสอากาศ (โดยใช้คาร์บูเรเตอร์) ตั้งแต่ส่วนผสมบางมาก เครื่องยนต์จะเริ่มให้กำลังขาออกสูงขึ้นเรื่อย ๆ อันเป็นผลมาจากการที่มีเชื้อเพลิงเข้าไปให้สันดาปมากขึ้น แต่กำลังขาออกจะไม่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ โดยจะมี A/F ratio อยู่ค่าหนึ่ง ที่อากาศในห้องสันดาปมีพอดีที่จะทำปฏิกิริยาเคมีพอดีกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าไปทั้งหมด ที่สภาวะนี้ เครื่องยนต์จะใช้อากาศในห้องสันดาปอย่างมีประสิทธิภาพดีที่สุด และจะให้กำลังสูงสุดที่รอบเครื่องยนต์คงที่นั้น ๆ ตามที่กำหนดไว้ จะเห็นได้ชัดว่า สมรรถนะขึ้นอยู่กับการใช้อากาศในห้องสันดาป ซึ่งมีปริมาณคงที่ขึ้นอยู่กับรอบของเครื่องยนต์ให้เป็นประโยชน์ การเพิ่มเชื้อเพลิงเข้าไปอีก จากช่วงดังกล่าวนี้ จะไม่ได้งานเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำมันส่วนเกินจะหาอากาศทำปฏิกิริยาเคมีไม่ได้

ในทางปฏิบัติพบว่า ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่ลูกสูบดูดเข้าไป (charge) มักจะไม่มีเวลาผสมกันได้ทั่วถึง เชื้อเพลิงบางส่วนอาจอยู่ในสภาวะที่เป็นหยดเล็ก ๆ ไม่เป็นไอ นอกจากนั้น ก๊าซไอเสียจากการสันดาปในรอบก่อน อาจยังหลงเหลืออยู่ในห้องสันดาป ยังผลให้ส่วนผสมที่เข้าไปใหม่ เจือจางลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ส่วนผสมที่มีเชื้อเพลิงสูงกว่า A/F ratio ที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีพอดี (Chemical correct mixtre, or stoichiometric) ในการที่จะให้ได้กำลังสูงสุด (Maximum power)

แต่ถ้าจะใช้เครื่องยนต์ให้ทำงานอย่างประหยัดที่สุด ก็ควรจะปรับให้เชื้อเพลิงในส่วนผสม ทำปฏิกิริยาเคมีปลดปล่อยพลังงานความร้อนทั้งหมด นั่นคือ ให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์ ในทางปฏิบัติจำเป็นต้องให้มีอากาศในห้องสันดาปสูงเกินกว่าความต้องการที่ใช้เผาไหม้จริง ๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับว่าต้องใช้ส่วนผสมที่มีเชื้อเพลิงต่ำกว่า Stoichiometric A/F ratio

โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว เครื่องยนต์ในรถยนต์จะถูกปรับให้มีคาร์บูเรเตอร์ที่สามารถป้อนเชื้อเพลิงสูงกว่า stoichiometric A/F ratio จุดประสงค์ใหญ่ ก็คือ ต้องการให้มีความสามารถในการขับขี่ (Driveability) สูง ดังนั้น ถ้ามีการปรับให้เครื่องยนต์ดังกล่าวรึง ณ A/F ratio ที่สูงขึ้น (สัดส่วนเชื้อเพลิง/อากาศเจือจางลง) จะเกิดผลดังต่อไปนี้

1. เครื่องยนต์จะให้กำลังน้อยลง เพราะเชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่ลูกสูบน้อยลง

2. ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะดีขึ้น เพราะประสิทธิภาพของเครื่องจะสูงสุดเมื่อรึง ณ สัดส่วนเชื้อเพลิง/อากาศที่เจือจางกว่า stoichiometric เล็กน้อย

3. อัตราการคายก๊าซคาร์บอนมอนอคไซด์ (CO) และไอของไฮโดรคาร์บอน (HC) จะต่ำลง แต่ถ้าส่วนผสมเจือจางมาก ๆ ก็อาจเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เช่นกัน ทำให้การคายไอไฮโดรคาร์บอน จะเริ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง

4. อัตราการคาย NO_x โดยทั่วไปจะสูงขึ้น เพราะการคาย NO_x จะสูงสุด ณ สัดส่วนเชื้อเพลิง/อากาศเจือจางกว่า stoichiometric เล็กน้อย หากส่วนผสมเจือจางลงไปอีก การคาย NO_x ก็จะเริ่มลดน้อยลง

5. ความสามารถในการขับขี่ (Driveability) ของเครื่องยนต์จะเลวลงเพราะเครื่องยนต์จะทำงานด้านนี้ได้ดีที่สุด เมื่อปรับให้ สัดส่วนเชื้อเพลิง/อากาศ เข้มข้นกว่า stoichiometric เล็กน้อย ความสามารถในการขับขี่จะรวมตั้งแต่การสตาร์ทเครื่องได้เร็ว เมื่อเครื่องยังเย็นอยู่, การอุ่นเครื่องได้เร็ว ไม่มีการสำลักหรือกระตุก, เครื่องเดินเบาได้เรียบ, เครื่องเร่งได้เร็วทันควันเมื่อเหยียบคันเร่ง, และเครื่องเดินเรียบในขณะขับขี่

ภาคผนวก ข

X-Ray Fluorescence Spectrometer (JSX-60 PA)

1. หลักการของ X-ray Fluorescence

ใช้ X-ray tube (มี Rh เป็น target) เป็นแหล่งกำเนิดที่จะได้ primary X-ray beam เป็น continuous X-ray เข้าชนอีเล็คตรอนในอะตอมของตัวอย่าง ให้หลุดออกจากวงโคจรเดิมแล้วมีการเคลื่อนที่ของอีเล็คตรอนจากชั้นพลังงานถัดไปเข้ามาแทนที่ พร้อมกับปล่อยพลังงานออกมาส่วนหนึ่งซึ่งอยู่ในรูปของรังสีเอ็กซ์ เรียกขบวนการนี้ว่า การเรืองรังสีเอ็กซ์ (X-ray fluorescence) รังสีเอ็กซ์ที่ได้มานี้เป็น Characteristic x-ray จะมีระดับพลังงานเป็นค่าเฉพาะตัวสำหรับแต่ละธาตุ เมื่อตรวจวัดค่าพลังงานนี้จะทำให้ทราบได้ว่าเป็นรังสีเอ็กซ์ของธาตุใดและจะทราบปริมาณของธาตุนั้นได้โดยการเปรียบเทียบความเข้มของรังสีกับสารมาตรฐาน ซึ่งทราบค่าปริมาณความเข้มข้น

สำหรับระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์รังสีเอ็กซ์ เป็นแบบ wavelength dispersive เมื่อได้ X-ray fluorescence จากตัวอย่างแล้วจะมี analyzing crystal เป็นตัวรับรังสีไว้แล้วแยกพลังงานของรังสีตาม Bragg 's law คือ

$$2d \sin \theta = nx$$

โดยที่

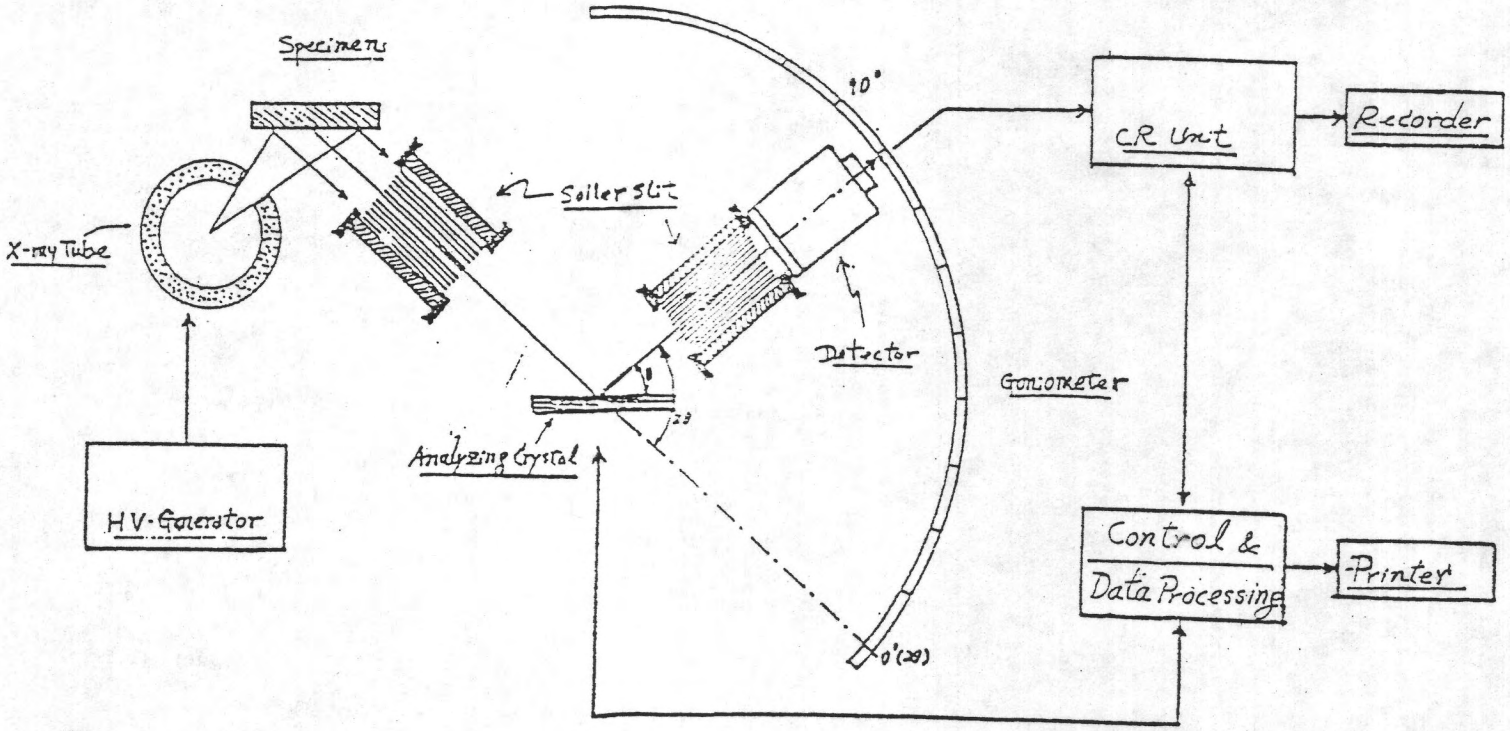
d = spacing crystal ระหว่าง crystal plane

n = positive number

θ = diffraction angle

x = X-ray wavelength

crystal จะแยกพลังงานตามค่า x ต่าง ๆ กัน ซึ่งจะมีค่า θ ต่างกันเมื่อแยกพลังงานแล้วจึงส่งเข้า Detector ทำให้วิเคราะห์ได้ว่าเป็นธาตุอะไรโดยอ่านค่า X-ray intensity ของสารตัวอย่างเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน จะทำให้ทราบปริมาณของธาตุนั้น (ดูรูปที่ 29 ประกอบ)



รูปที่ 29 X-ray spectrometer diagram

2. การทำ Calibration Curve

ในการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในน้ำมันหล่อลื่นว่าเป็นเท่าใด จึงจำเป็นต้องทำ Calibration Curve ขึ้นเพื่อใช้เปรียบเทียบ intensity ของสารตัวอย่างกับสารที่เรารู้ค่าปริมาณเหล็ก ซึ่งจะทำให้ทราบปริมาณเหล็กในสารตัวอย่างเป็น ppm. หรือ $\mu g/cm^3$ สำหรับการวิจัยนี้ได้ใช้ Ferrocene ซึ่งมีสูตรเคมี $C_{10}H_{10}Fe$ โดยละลาย Ferrocene ที่ทราบปริมาณของเหล็กลงไปในน้ำมันหล่อลื่นแล้วนำไปวิเคราะห์หา intensity ซึ่งจะได้ Calibration Curve ดังแสดงในรูปที่ 30

วิธีคำนวณหาปริมาณเหล็กจาก Ferrocene ว่าในเหล็ก 1 กรัม ต้องใช้ Ferrocene กี่กรัม

Ferrocene มีสูตรเคมี คือ $C_{10}H_{10}Fe$

Ferrocene 1 โมล = 10(12.01) + 10(1.00) + 55.847

= 185.947 กรัม

แต่จากรายละเอียดที่ติดมากับขวดเป็นชนิด 98 % มี molecular wt. = 186.04 จึงเลือกใช้ค่า mol. wt. ตามรายละเอียดมาใช้ในการคำนวณ

$$\text{Ferrocene 1 โมล} = \frac{186.04}{0.98} \text{ กรัม}$$

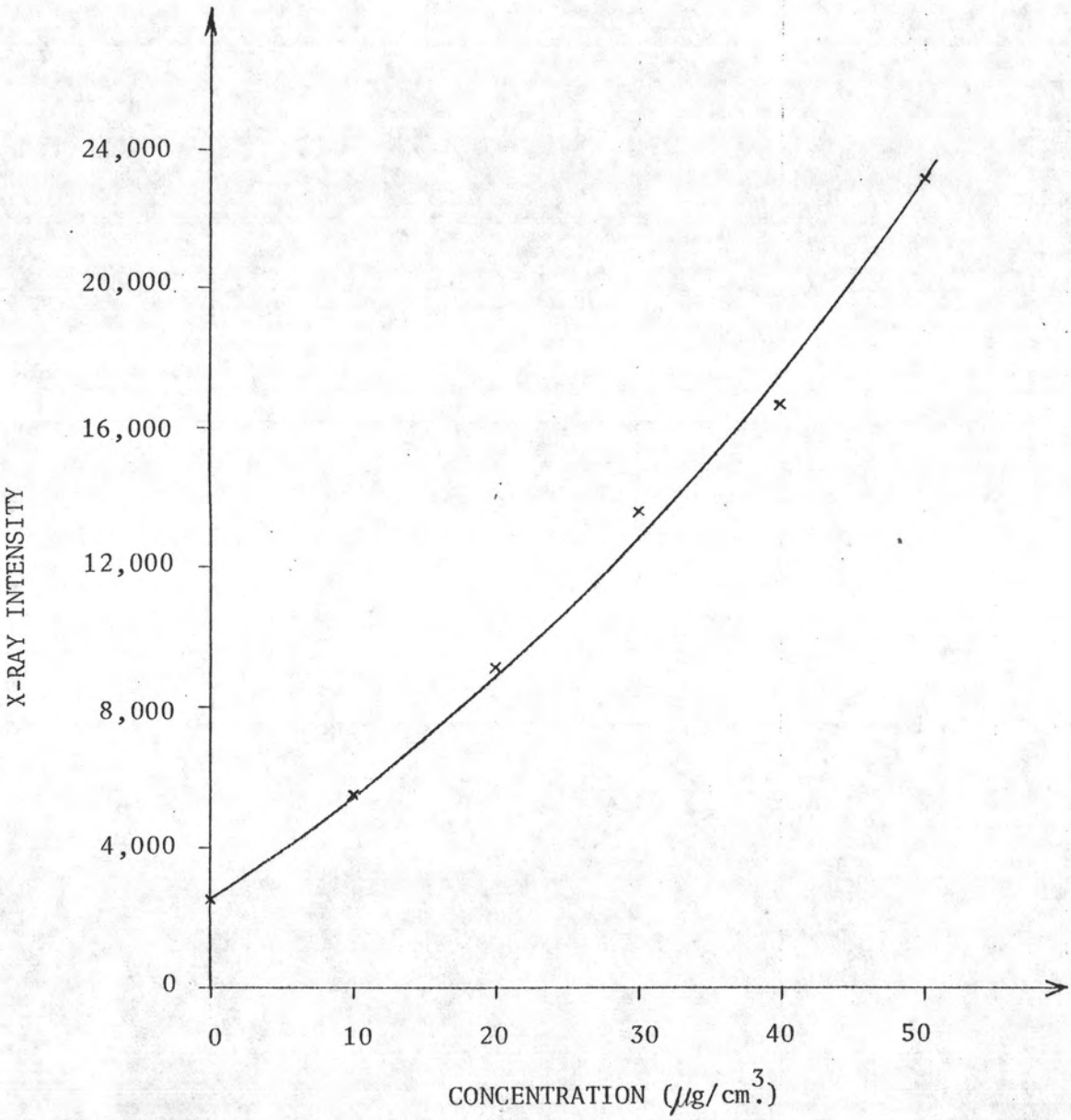
ดังนั้น ถ้าต้องการ Fe 1 กรัม ต้องใช้ผง Ferrocene

$$= \frac{186.04 \times 1}{0.98 \times 55.847} \text{ กรัม}$$

$$= 3.399 \text{ กรัม}$$

3. การเตรียมสารตัวอย่าง

สารตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กคือ น้ำมันหล่อลื่น Uniflo Super Premium Oil, SAE 15W - 50, API SF ซึ่งมีสถานะของเหลว สามารถนำไปวิเคราะห์ได้เลยโดยไม่ต้องผ่านการเตรียมตัวอย่างใด ๆ ทั้งสิ้น โดยใช้ liguid sample holder



รูปที่ 30 Calibration curve of Fe in lubricating oil

ภาคผนวก ค

ศัพท์เทคนิค อังกฤษ-ไทย ที่มีความหมายตรงกัน

ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย
specific fuel consumption	- ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ
specific energy consumption	- ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ
efficiency	- ประสิทธิภาพ
heating value	- ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง
wide-open throttle	- ลิ้นปีกผีเสื้อเปิดเต็มที่
specific gravity	- ความถ่วงจำเพาะ
boiling point	- จุดเดือด
vapor pressure	- ความดันไอ
combustible range	- พิสัยการลุกติดไฟ
flash point	- จุดวาบไฟ
latent heat of evaporization	- ค่าความร้อนแห่งการระเหยตัว
stoichiometric Air/Fuel mass ratio	- อัตราส่วนโดยน้ำหนักของอากาศ/เชื้อเพลิงที่ทำปฏิกริยากันหมดพอดี
auto-ignition temperature	- อุณหภูมิลุกติดไฟเองโดยอัตโนมัติ
performance	- สมรรถนะ

ประวัติผู้เขียน

นายวรจักร คุปต์ถาวรฤกษ์ เกิดเมื่อวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2503 ที่อำเภอเมืองฯ จ.นราธิวาส สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2525 มีประสบการณ์ทำงานเป็นนิสิตช่วยโครงการวิจัย เรื่อง "ระดับเสียงจากยานพาหนะทางน้ำ" โดย ทดสอบการลดระดับเสียงของเครื่องยนต์ในเรือหางยาว โดยใช้ท่อไอเสียแบบต่าง ๆ เทียบกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนไปเมื่อติดตั้งท่อไอเสีย เสนอสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และเป็นนิสิตร่วมดำเนินการวิจัย เรื่อง "การวิจัยเพื่อนำแอลกอฮอล์หนักมาใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน" ซึ่งเป็นโครงการวิจัยของสถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัจจุบันเป็นวิศวกรเครื่องกล แผนกตรวจสอบ บริษัท ไทย เอ็น ดี ที จำกัด ซึ่งให้บริการทางด้านการทดสอบโดยไม่ทำลาย (Non-destructive Testing)