

## บทที่ 2

### เอกสารสำรวจ

#### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

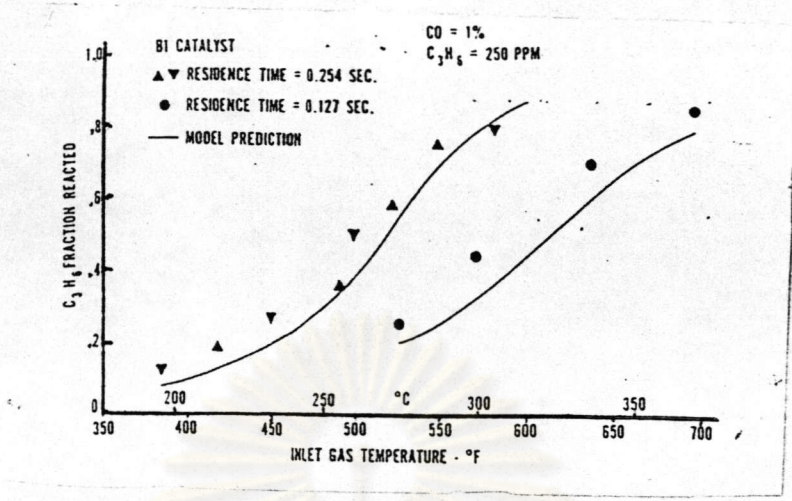
John L. Harned (1972) ทดลองวัดสมรรถนะการปรับสภาพไอเสีย โดยใช้ก๊าซสังเคราะห์ CO และ  $C_3H_6$  เป็นส่วนผสมของก๊าซที่ใช้ในการทดสอบ การทดลองใช้ ท่อทดลองทรงกระบอกมีพื้นที่หน้าตัด  $2.83 \text{ ซม.}^2$  และปริมาตร  $30 \text{ ซม.}^3$  ภายในบรรจุแคตตาไลต์ แบบเบด (Bed) ตัวท่อทดลองสามารถควบคุมอุณหภูมิผนังด้วยขดลวดไฟฟ้า และควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องตามตารางที่ 2-1

อุณหภูมิเริ่มต้นของตัวเร่งปฏิกิริยา	21	$^{\circ}\text{C}$
ความเข้มข้นของมวลสาร (Gas Mass Flux)	589	$\text{g/s-m}^2$
ความเข้มข้นของ CO ที่ทางเข้า	0.02	mole fraction
ความเข้มข้นของ $C_3H_6$ ที่ทางเข้า	750	ppm mole fraction
ความเข้มข้นของ $O_2$ ที่ทางเข้า	0.04	mole fraction
ความร้อนการทำปฏิกิริยาระหว่าง $CO+H_2$	-164,964	$\text{kJ/mole}$
ความร้อนการทำปฏิกิริยาระหว่าง $C_3H_6$	-841,200	$\text{kJ/mole}$
ความยาวของเบด (Bed)	5.1	cm
เส้นผ่าศูนย์กลาง Bead	3.17	mm
ความหนาแน่นของ Bead	0.982	$\text{g/cm}^3$
ความร้อนจำเพาะของ Bead	0.309	$\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$

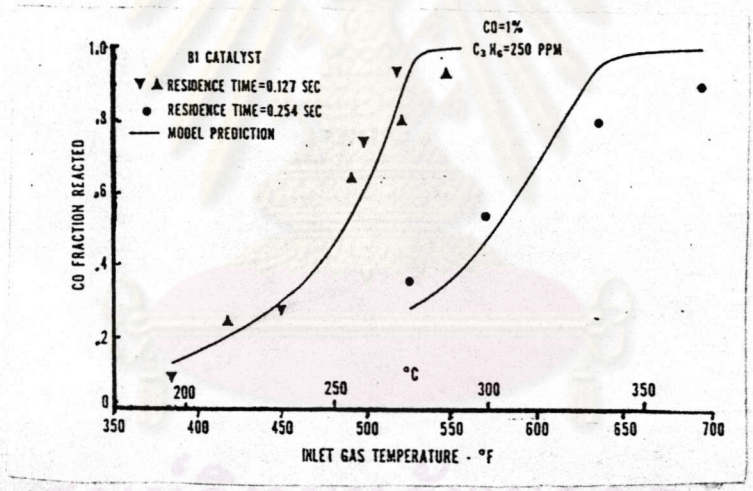
ตารางที่ 2-1 สภาพเริ่มต้น และตัวแปรที่ใช้ในการทดลองของ John L.Harned.

ผลการทดลองของ John L.Harned ได้ตามกราฟ รูปที่ 2-1,2-2 ซึ่งสรุปได้ว่า

1. อุณหภูมิก๊าซที่สูงขึ้น ส่งผลให้สัดส่วนการทำปฏิกิริยาสูงขึ้น
2. อัตราการไหลของก๊าซสูงขึ้น หรือเวลาที่ไอเสียอยู่ในท่อทดลองน้อยลงจะมีผลต่อสัดส่วนการทำปฏิกิริยาน้อยลง
3. ที่อุณหภูมิ และอัตราการไหลก๊าซเท่ากัน การทำปฏิกิริยาของ CO มากกว่า  $C_3H_6$

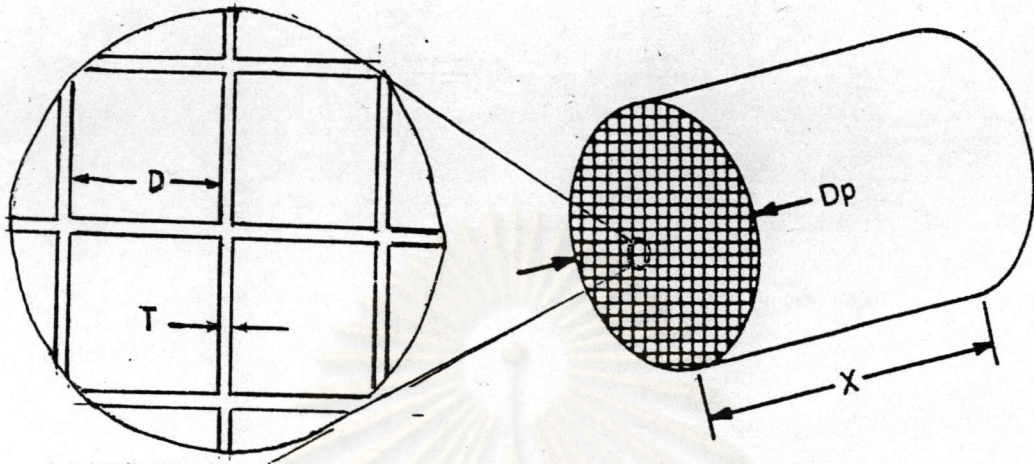


รูปที่ 2-1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำปัด C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> ที่ความเร็วต่างกัน 2 ค่า ภายใต้การควบคุม อุณหภูมิ (John L.Harned )



รูปที่ 2-2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำปัด CO ที่ความเร็วต่างกัน 2 ค่า ภายใต้การควบคุม อุณหภูมิ (John L.Harned )

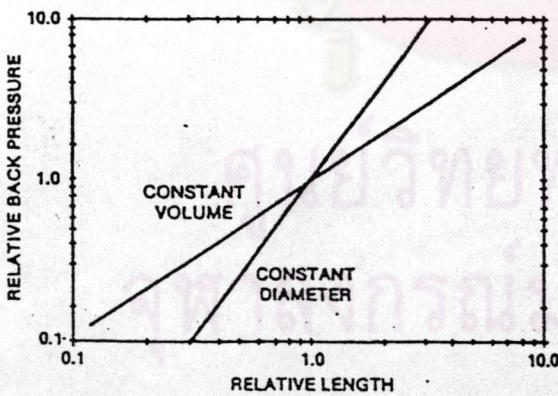
J. Paul Day and Louis S. Socha, Jr. (1991) ศึกษาผลกระทบทัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อ ความดันย้อนกลับของไอเสียลดลง ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางของแค็ต ทาไลต์ติดคอนเวอร์เตอร์ ความหนาแน่นของช่องรังผึ้ง และความหนาของผนังรังผึ้ง (ดูรูปที่ 2-3 ประกอบ)



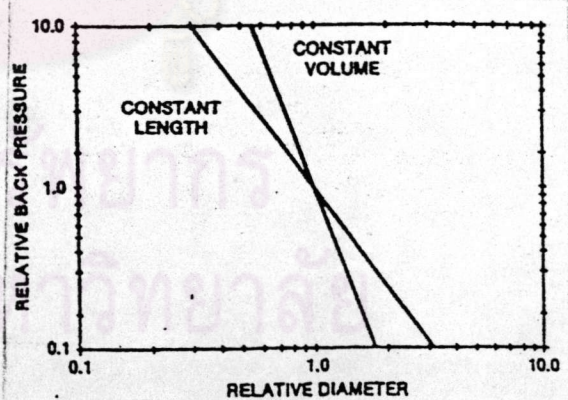
X = ความยาว  
 D<sub>p</sub> = เส้นผ่าศูนย์กลางกลาง  
 D = ความหนาแน่นของช่องรังผึ้ง (Cell Density)  
 T = ความหนาของผนังรังผึ้ง

รูปที่ 2-3 แสดงความหมายของเทอมต่าง ๆ ที่ใช้ (J. Paul Day and Louis S. Socha, Jr.)

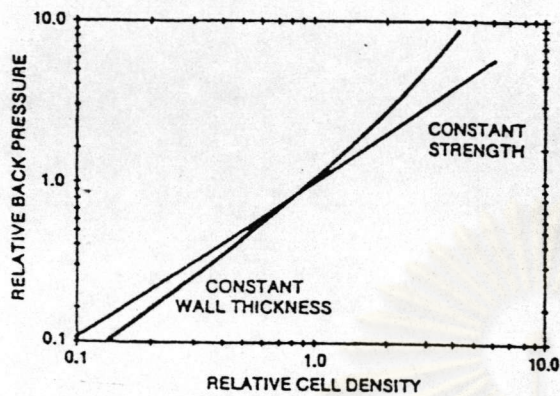
กราฟความสัมพันธ์ของ ตัวแปรที่มีผลต่อ ความดันย้อนกลับที่คำนวณได้ แสดงความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 2-4 ถึง 2-7



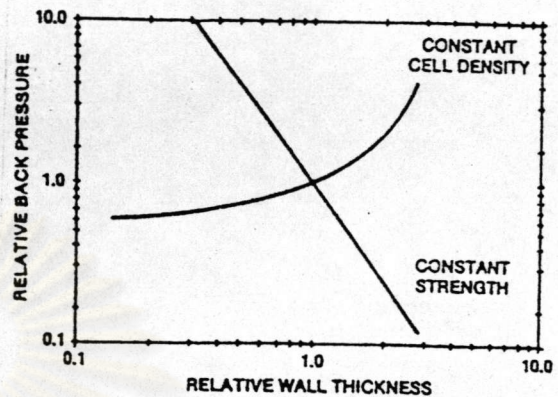
รูปที่ 2-4 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย้อนกลับกับความยาวสัมพันธ์ เมื่อปริมาตร หรือเส้นผ่าศูนย์กลางคงที่



รูปที่ 2-5 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย้อนกลับกับเส้นผ่าศูนย์กลางสัมพันธ์ เมื่อปริมาตร หรือความยาวคงที่



รูปที่ 2-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย้อนกลับกับความหนาแน่นรังผึ้งสัมพัทธ์ (Relative Cell Density) เมื่อความหนาแน่นหรือความยาวคงที่



รูปที่ 2-7 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย้อนกลับกับความหนาแน่นรังผึ้งสัมพัทธ์ เมื่อความหนาแน่นรังผึ้งหรือความยาวคงที่

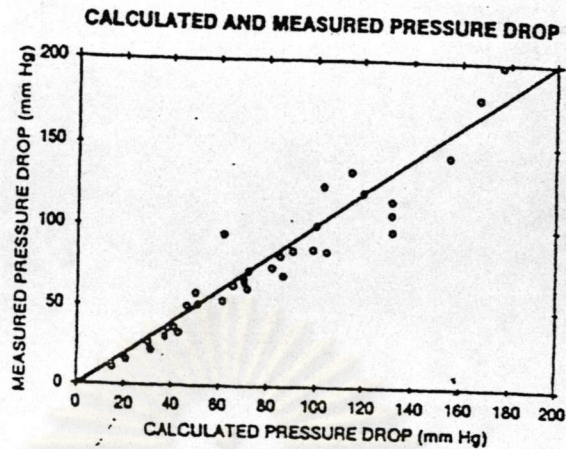
จากรูปที่ 2-4 เมื่อกำหนดให้ปริมาตร หรือเส้นผ่าศูนย์กลางคงที่ ผลที่ได้ คือ ค่าความดันย้อนกลับ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวสัมพัทธ์

จากรูปที่ 2-5 เมื่อกำหนดให้ปริมาตร หรือ ความยาวคงที่ ผลที่ได้ คือ ค่าความดันย้อนกลับ เป็นสัดส่วนผกผัน เส้นผ่าศูนย์กลางสัมพัทธ์

จากรูปที่ 2-6 เมื่อกำหนดให้ความหนาแน่นหรือความยาวคงที่ ผลที่ได้ คือ ค่าความดันย้อนกลับ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาแน่นรังผึ้งสัมพัทธ์

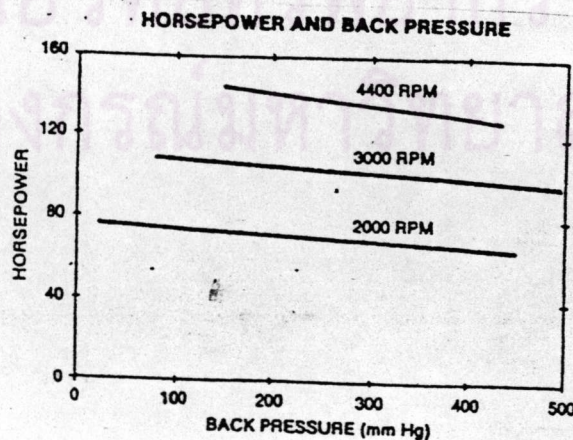
จากรูปที่ 2-7 เมื่อความหนาแน่นของช่องรังผึ้งคงที่ ผลที่ได้ คือ ค่าความดันย้อนกลับ เป็นสัดส่วนผกผัน กับความหนาแน่นรังผึ้ง และ เมื่อความยาวคงที่ ผลที่ได้ คือ ค่าความดันย้อนกลับ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาแน่นรังผึ้งสัมพัทธ์ (Relative Cell Density)

การทดลองได้ทดสอบเปรียบเทียบความดันย้อนกลับที่ได้จากการทดลอง กับ การคำนวณ โดยใช้ตัวอย่างแค็ตทาไลทิกคอนเวอร์เตอร์ 30 แบบ ซึ่งเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น (0.08-0.23 มม.), ความหนาแน่นรังผึ้ง (200-600 ช่องต่อตารางนิ้ว), พื้นที่หน้าตัด (38-199 ซม.<sup>2</sup>) และ ความยาว (3.6-15.2 ซม.) เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นแบบ V-8 ปริมาตร 7500 ซีซี ได้ผลการทดลองดัง กราฟ รูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 เปรียบเทียบผลของความดันย้อนกลับที่ได้จากการทดลอง กับการคำนวณ (J. Paul Day and Louis S. Socha, Jr. )

นอกจากนี้ได้ศึกษา ความดันย้อนกลับที่มีผลกระทบต่อกำลังเครื่องยนต์ที่สูญเสีย การทดลองใช้เครื่องยนต์ขนาด 3.8 ลิตร 6 สูบ กำลังม้าสูงสุด 150 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 4400 rpm. การทดลองใช้ความเร็ว 2000, 3000, 4400 rpm. และเร่งเครื่องยนต์ให้อยู่ที่ภาวะสูงสุด แล้วเพิ่มความดันย้อนกลับที่ช่องทางออกทีละช่วง จากความดันปกติ จนถึง ความดันสูงสุดที่ 465 มม.ปรอท. การทดลองได้ผลตามรูปที่ 2-9 และตารางที่ 2-2 กล่าวคือ การเพิ่มความดันย้อนกลับ แรงม้าของเครื่องจะลดลงเนื่องจากการสูญเสียไปกับการเอาชนะความดันที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำมาหาอัตราแรงม้าที่สูญเสียต่อความดันที่ย้อนกลับพบว่า ค่านี้จะสูงขึ้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น



รูปที่ 2-9 การเปรียบเทียบระหว่างแรงม้าของเครื่องกับความดันย้อนกลับที่ความเร็วรอบต่างกัน (Paul Day and Louis S. Socha, Jr. )

แรงม้าเครื่องยนต์	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	แรงม้าที่สูญเสีย/ มม.ปรอท	%แรงม้าที่สูญเสีย/ มม.ปรอท
77	2000	0.25	0.0032
112	3000	0.30	0.027
150	4400	0.52	0.035
247	6100*	0.80	0.032

\* ข้อมูลจาก S.Pelter, F.W. Kaisen , และ W Maus (1989)

ตารางที่ 2-2 แรงม้าที่สูญเสีย คำนวณจากกราฟรูปที่ 2-8 และข้อมูลจาก S.Pelter,

JR. Mondt (1987) ได้ศึกษาเปรียบเทียบ แคตทาไลต์ดีคคอนเวอร์เตอร์แบบ Monolith กับแบบ Bead Bed โดยใช้หลักการถ่ายเทความร้อนและมวล (Heat and Mass-Transfer Analogy)

การวิเคราะห์ด้วยการถ่ายเทความร้อนและมวล มีเงื่อนไขว่า สารที่แพร่กระจายมีความเข้มข้นของสารน้อยมาก ประมาณ 0.1 % โดยปริมาตร พฤติกรรมการแพร่กระจายของมวลจะเป็นไปตาม Fick's Law ซึ่งมีส่วนคล้ายคลึงกับการถ่ายเทความร้อนของ Fourier's Law เมื่อนำมาแทนค่าในกฎทรงมวล (Conservation of Mass Principle) รายละเอียดของสมการอยู่ในภาคผนวก ค. จากสมการ 2-1 พบว่าประสิทธิภาพการนำบำบัดมลสารขึ้นกับ  $Ntu_m$

$$\eta_c = 1 - e^{-Ntu_m} \quad (2-1)$$

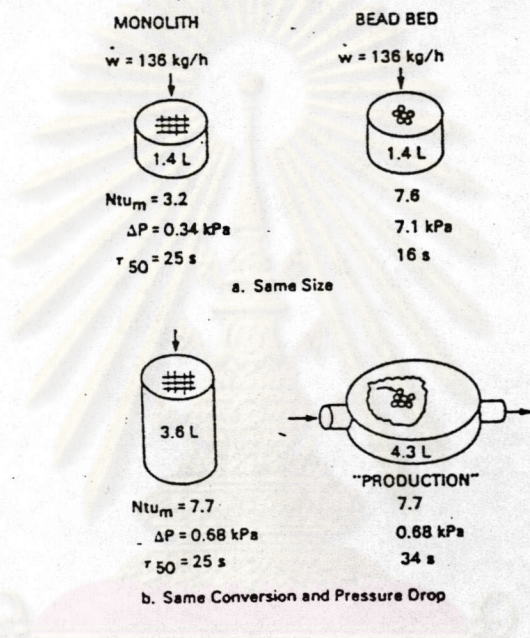
$\eta_c$  = ประสิทธิภาพการนำบำบัดมลสาร

$Ntu_m$  = Number of Mass-Transfer Units

สมการที่ได้นำมาแสดงประสิทธิภาพการนำบำบัดมลสารของแคตทาไลต์ดีคคอนเวอร์เตอร์ ทั้งแบบ Monolith และแบบ Bead Bed ที่มีลักษณะทางกายภาพ ตามตารางที่ 2-3 และกำหนดสภาวะต่างดังนี้ อัตราการไหลของไอเสีย 136 kg/h, อุณหภูมิไอเสีย 590°C, และคุณสมบัติของไอเสียคงที่

คุณสมบัติ	Monolith	Bead Bed
ค่าความเป็นรูพรุน (Porosity)	0.620	0.320
สัดส่วนพื้นที่ต่อปริมาตร (Area Density), $m^2/m^3$	1654	1170
รัศมีเทียบเท่า (Hydraulic Radius), mm.	0.3749	0.3245

ตารางที่ 2-3 คุณสมบัติทางกายภาพของคอนเวอร์เตอร์ แบบ Monolith และแบบ Bead Bed (JR. Mondt )

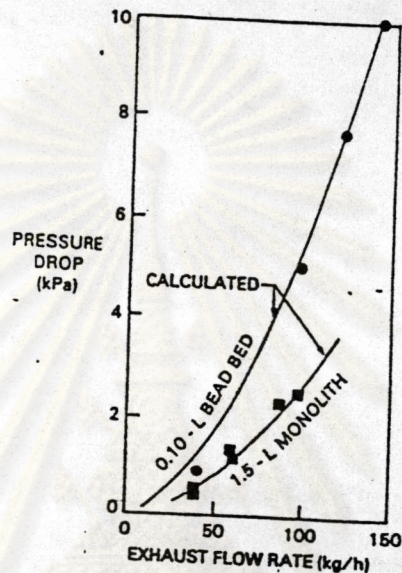


รูปที่ 2-10 ผลจากการคำนวณเปรียบเทียบเค็ตทาไลท์ติดคอนเวอร์เตอร์แบบ Monolith และแบบ Bead Bed (JR. Mondt)

ผลการคำนวณได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 2-10 (a) กรณี รูปร่างและปริมาตรของเค็ตทาไลท์ติดคอนเวอร์เตอร์เท่ากัน แบบ Bead Bed จะบำบัดมลสารได้มากกว่า เนื่องจาก  $N_{tu_m} = 7.6$  ส่วนแบบ Monolith ได้  $N_{tu_m} = 3.2$  แต่ความดันที่ลดลง ( $\Delta P$ ) แบบ Bead Bed มีค่าเป็น 21 เท่า และช่วงเวลาใช้รอให้เค็ตทาไลท์ติดคอนเวอร์เตอร์ทำปฏิกิริยาได้ 50% ( $\tau_{50}$ ) = 16 วินาที ซึ่งเร็วกว่าแบบ Monolith ที่ใช้เวลา 25 วินาที

จากรูปที่ 2-10 (b) กรณีให้การบำบัดและความดันที่ลดลงมีค่าเท่ากัน การคำนวณพบว่าปริมาตรของ เค็ตทาไลท์ติดคอนเวอร์เตอร์แบบ Monolith เป็น 3.6 ลิตร ส่วน Bead Bed เป็น 4.3 ลิตร และช่วงเวลาที่ใช้ ( $\tau_{50}$ ) = 25 วินาที น้อยกว่า แบบ Bead Bed ที่ใช้เวลา 34 วินาที

นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบ ความดันที่ลดลงของแคตตาไลท์ติดคอนเวอร์เตอร์ทั้งสองแบบ โดยขนาดของแคตตาไลท์ติดคอนเวอร์เตอร์ แบบ Monolith เป็น 1.5 ลิตร แบบ Bead Bed เป็น 1.0 ลิตร ติดตั้งกับรถยนต์และทดสอบที่สภาพความเร็วคงที่ ได้ผลการทดสอบตามรูป 2-11 คือ แบบ Bead Bed จะมีความดันลดลงมากกว่า แบบ Monolith

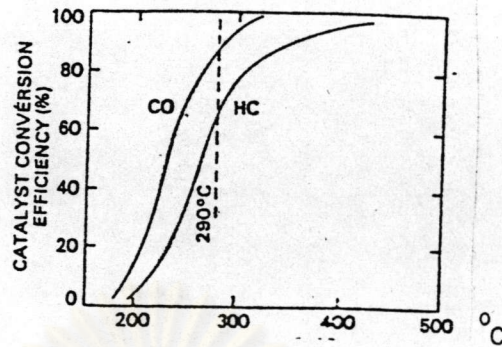


รูปที่ 2-11 ผลการวัดความดันตกคร่อมของรถยนต์ทดสอบ ที่ติดตั้งแคตตาไลท์ติดคอนเวอร์เตอร์แบบ Monolith และแบบ Bead Bed (JR. Mondt )

Schwochert (1969) ทำการทดลองหาอายุการใช้งานของ แคตตาไลท์ติดคอนเวอร์เตอร์ กับรถยนต์ที่ใช้ในท้องถนนพบว่า อุปกรณ์นี้มีอายุการใช้งานมากกว่า 80,000 กม. (50,000 ไมล์) ในรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแบบไร้สารตะกั่ว

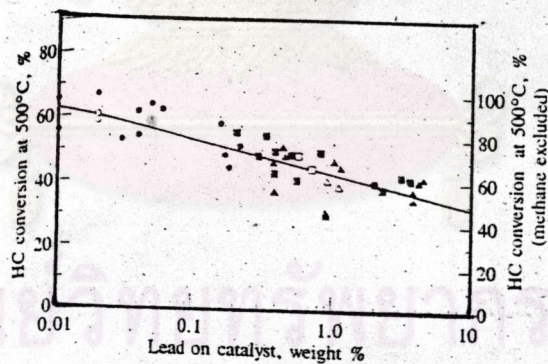
Amann C.A. (1962) ได้ทดสอบหาช่วงอุณหภูมิ Light-off ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่แคตตาไลท์ติดคอนเวอร์เตอร์ สามารถเริ่มทำปฏิกิริยาได้ ผลการทดลองแสดงในรูปภาพที่ 2-12 คือที่อุณหภูมิแคตตาไลท์ติดคอนเวอร์เตอร์ จะบำบัดมลสาร CO ได้ 98 ถึง 99% และ HC ได้มากกว่า 95% นอกจากนี้พบว่า อุณหภูมิ Light-off เป็น  $290^{\circ}\text{C}$  จากเอกสาร Amann C.A. และอุณหภูมิ Light-off อยู่ในช่วง  $250-300^{\circ}\text{C}$  จากเอกสาร John B. Heywood





รูปที่ 2-12 กราฟอุณหภูมิ Light-off ของแคตตาไลต์คอกอนเวอร์เตอร์ทั่วไป (Amann C.A.)

Kummer (1981) ศึกษาผลกระทบของตะกั่วในน้ำมันที่มีผลต่อประสิทธิภาพ การบำบัดมลสาร ดังรูปที่ 2-13 การทดสอบพบว่า ตะกั่วมีผลทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดมลสารลดลง เพราะตะกั่วจะไปเคลือบผิวของแคตตาไลต์คอกอนเวอร์เตอร์ และพบว่ามีผล กระทบต่อการบำบัดค่า HC มากกว่า การบำบัด CO



รูปที่ 2-13 ผลกระทบของตะกั่วในน้ำมันที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดมลสาร (Kummer)

## ความรู้ขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน

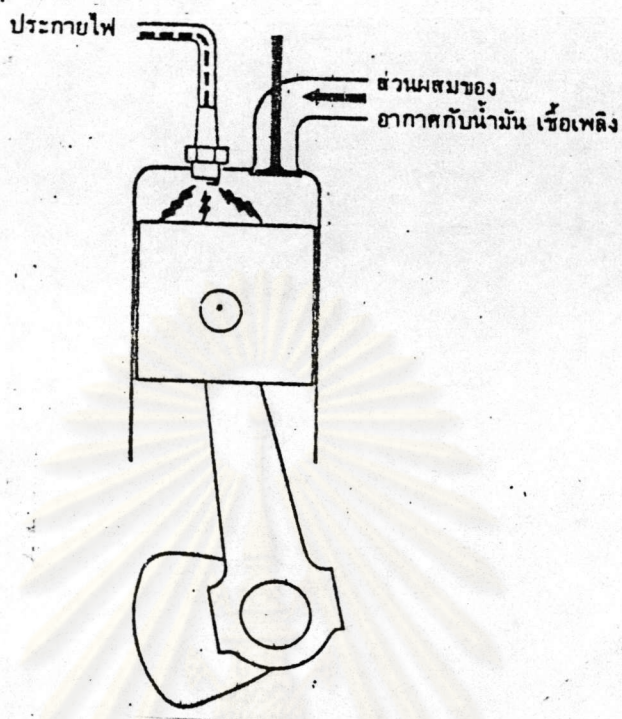
ในหัวข้อนี้กล่าวถึง ความรู้ขั้นพื้นฐานของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน 4 จังหวะ และระบบการจ่ายน้ำมันแบบคาร์บูเรเตอร์

### 1. เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน

เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเครื่องยนต์เบนซิน เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันก๊าซโซลีนหรือน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ชนิดนี้ (ดังรูปที่ 2-14) น้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศจะผสมกันในคาร์บูเรเตอร์ ก่อนที่จะถูกดูดเข้าไปบรรจุอยู่ภายในกระบอกสูบในจังหวะดูด และถูกอัดตัวในจังหวะอัด เนื่องจากเครื่องยนต์ชนิดนี้มีอัตราส่วนการอัดตัวต่ำคือ ประมาณ 8 ต่อ 1 จึงทำให้แรงดันและอุณหภูมิของอากาศอัดในตอนปลายของจังหวะอัดต่ำ โดยจะมีแรงดันประมาณ 100 ถึง 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิสูงประมาณ 600 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งยังไม่สูงพอที่จะจุดระเบิดได้ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดประกายไฟ ซึ่งอาจจะได้รับกำลังงานมาจากแบตเตอรี่หรือแมกนีโตก็ได้ ความดันสูงสุดอันเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อระเบิดในจังหวะระเบิดของเครื่องยนต์นี้ ประมาณ 600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือสูงกว่า

เครื่องยนต์ชนิดนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็ก เครื่องยนต์ขนาดกลางที่ใช้กับรถบรรทุกขนาดเล็ก หรือใช้กับรถยนต์นั่งทั่วไป เครื่องยนต์อากาศยานหรือเครื่องยนต์ที่ต้องใช้พื้นที่ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำๆ เครื่องยนต์ขนาดใหญ่มีใช้กันน้อย เครื่องยนต์ชนิดนี้มีความสิ้นเปลืองไม่มากนัก และติดเครื่องง่าย

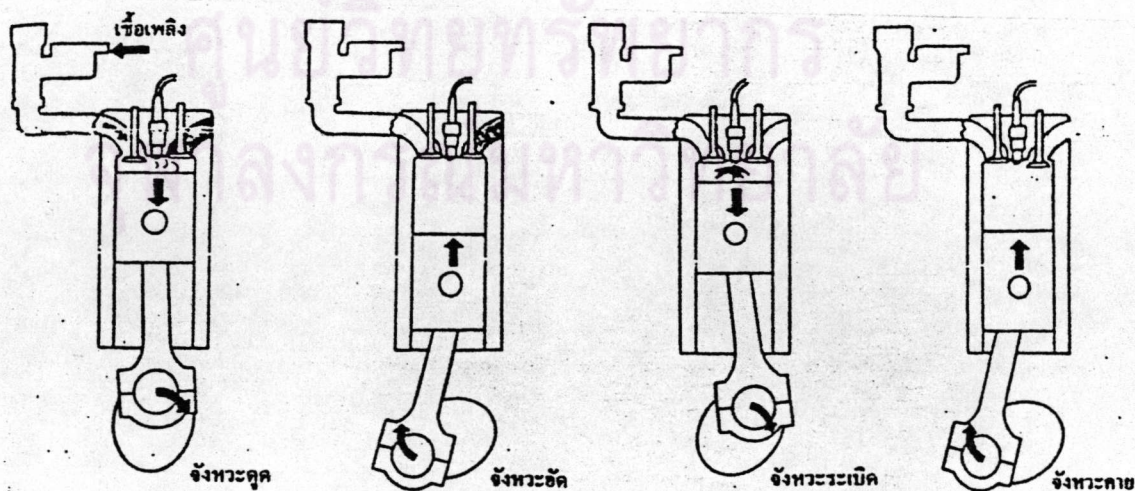
ศูนย์วิทยุทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-14 เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน (DEERE & CO.)

2. วัฏจักรเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน 4 จังหวะ

วัฏจักรเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน 4 จังหวะ ประกอบด้วย จังหวะดูด, จังหวะอัด, จังหวะระเบิด, และจังหวะคาย ดังรูปที่ 2-15



รูปที่ 2-15 การทำงานของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน และเครื่องยนต์ก๊าซเหลว 4 จังหวะ (DEERE & CO.)

2.1 จังหวะที่ 1 จังหวะดูด (Intake Stroke) ลูกสูบจะเคลื่อนที่จากศูนย์ตายบน (Top Dead Center, TDC) ลงสู่ศูนย์ตายล่าง (Bottom Dead Center, BDC) ลิ้นไอดีเปิด ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน หรือส่วนผสมของก๊าซเหลวกับอากาศ สำหรับเครื่องเครื่องยนต์ก๊าซเหลว จะถูกดูดเข้ามาบรรจุอยู่ในกระบอกสูบโดยผ่านทางลิ้นไอดี จังหวะนี้จะมีติดต่อกันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ลงถึงศูนย์ตายล่างจึงจะหมดจังหวะดูด ขณะนี้ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศหรือส่วนผสมของก๊าซเหลวกับอากาศ จะถูกดูดเข้ามาบรรจุอยู่เต็มภายในกระบอกสูบ

2.2 จังหวะที่ 2 จังหวะอัด (Compression Stroke) จังหวะนี้จะต่อเนื่องมาจากจังหวะดูด คือเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาถึงศูนย์ตายล่างแล้วจะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ขณะนี้ทั้งลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะปิดสนิท ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศหรือก๊าซเหลวกับอากาศภายในกระบอกสูบจะถูกอัดตัวขึ้นเรื่อยๆ ตามการเคลื่อนตัวของลูกสูบ จังหวะนี้จะสิ้นสุดลงก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นถึงศูนย์ตายบนเล็กน้อย

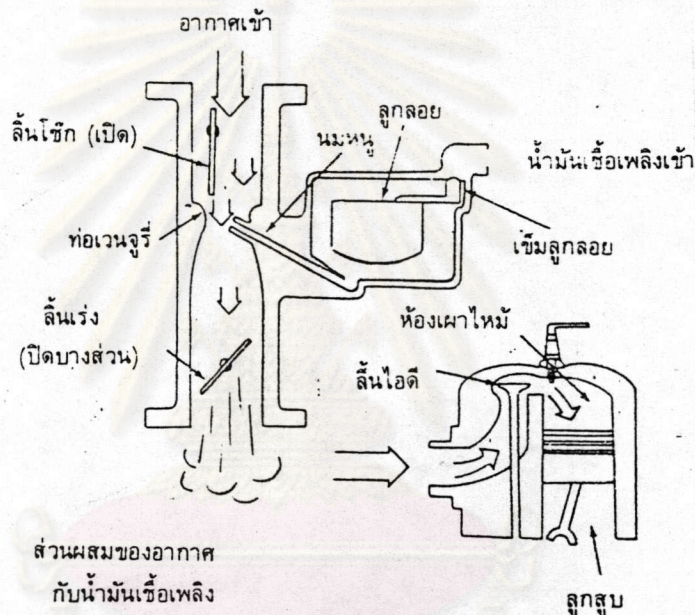
2.3 จังหวะที่ 3 จังหวะระเบิด (Expansion Stroke) จังหวะนี้ บางทีเรียกว่าจังหวะงาน (Power Stroke) จังหวะนี้จะเกิดขึ้นในตอนปลายจังหวะอัดโดยส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศหรือก๊าซเหลวกับอากาศจะถูกจุดด้วยประกายไฟจากหัวเทียน จึงทำให้เกิดการเผาไหม้และการระเบิดอย่างรุนแรง ผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลง เราจะได้งานจากจังหวะนี้

2.4 จังหวะที่ 4 จังหวะคาย (Exhaust Stroke) หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ลง อันเนื่องมาจากแรงระเบิดจนเกือบจะถึงศูนย์ตายล่างแล้ว ลิ้นไอเสียจะเปิด ปล่อยให้ไอเสียอันเนื่องมาจากการเผาไหม้ออกไปจากกระบอกสูบ และจะยังคงเปิดอยู่จนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น ซึ่งการเคลื่อนตัวขึ้นของลูกสูบในจังหวะนี้ จะเป็นการช่วยในการขับไล่ไอเสียออกอีกครั้งหนึ่งจากนั้นจึงเวียนเข้าหาจังหวะดูดอีก และจะเป็นเช่นนี้ตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงานอยู่ ตามที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า เครื่องยนต์จะทำงานด้วยจังหวะดูด-อัด-ระเบิด-คาย หมุนเวียนกันอยู่เช่นนี้ ตลอดไป

### 3. ระบบการจ่ายน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้

ระบบการจ่ายน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้มี 2 ระบบ คือ ระบบหัวฉีด และ ระบบคาร์บูเรเตอร์ ระบบหัวฉีด ใช้ร่วมกับระบบควบคุมอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยคอมพิวเตอร์ จะให้ส่วนผสมที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งมีใช้อยู่ในรถยนต์รุ่นใหม่ แต่ในการวิจัยนี้จะกล่าวเฉพาะระบบคาร์บูเรเตอร์

3.1 **คาร์บูเรเตอร์** ในการทำงานของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน น้ำมันเชื้อเพลิงแต่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถที่จะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ จำเป็นจะต้องมีออกซิเจนจากอากาศเป็นตัวช่วยในการเผาไหม้ นั่นคือจะต้องจัดให้น้ำมันเชื้อเพลิงได้ผสมกับอากาศเสีย ก่อนที่จะถูกส่งเข้าไปในกระบอกสูบเครื่องยนต์ การผสมกันระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศจะต้องคลุกเคล้ากันอย่างทั่วถึง อัตราส่วนผสม จะต้องเป็นไปอย่างถูกต้องพอเหมาะกับความเร็ และภาวะที่เปลี่ยนแปลงไปของเครื่องยนต์ นอกจากนั้นส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศดังกล่าวจะต้องถูกทำให้เป็นฝอยละเอียดเสียก่อน เพื่อง่ายต่อการเผาไหม้ ก่อนที่จะถูกส่งเข้าไปในกระบอกสูบของเครื่องยนต์



รูปที่ 2-16 คาร์บูเรเตอร์ (DEERE & CO.)

จากเหตุผลดังกล่าว จึงจำเป็นที่จะต้องมียุทกรรมชนิดหนึ่งทำหน้าที่เพื่อบรรลುವัตถุประสงค์ดังกล่าว ซึ่งเรียกว่าคาร์บูเรเตอร์ ดังรูปที่ 2-16 ดังนั้นจึงพอที่จะสรุปได้ว่าคาร์บูเรเตอร์ก็คือ ยุทกรรมที่ใช้ผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศให้ได้สัดส่วนที่พอเหมาะก่อนที่ส่วนผสมนี้จะถูกส่งเข้าไปทำการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์

3.2 **อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง** โดยทั่วไปอัตราส่วนอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง จะอยู่ประมาณระหว่าง 8:1 ถึง 15:1 โดยน้ำหนัก ซึ่งหมายความว่า จะต้องใช้อากาศ 8 ถึง 15 กรัมต่อน้ำมันเชื้อเพลิง 1 กรัม ดังรูปที่ 2-17 ดังนั้นคาร์บูเรเตอร์จึงจำเป็นต้องมีส่วนประกอบมากมายและระบบต่างๆ ที่ค่อนข้างจะยุ่งยาก เพื่อที่จะสามารถทำงานได้บรรลุตามเป้าหมาย นอกจากนี้ คาร์บูเรเตอร์เป็นยุทกรรมที่มีความละเอียด จึงต้องการการปรับแต่งอย่างประณีต และการบำรุงรักษาอย่างใกล้ชิด

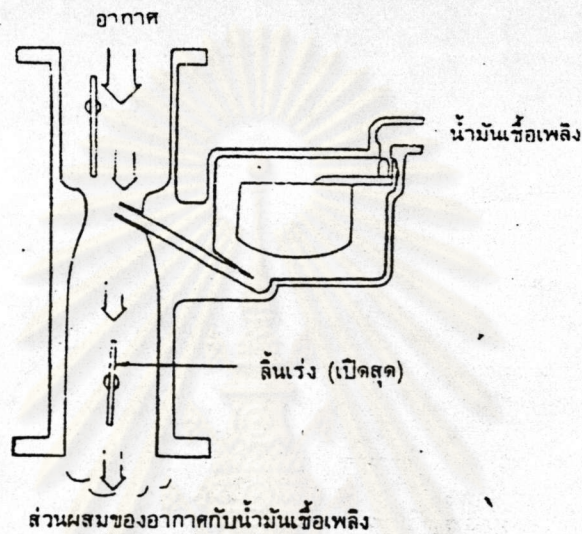
อัตราส่วนของอากาศ ต่อน้ำมันเชื้อเพลิง	15		15:1		
	14				
	13				
	12			12.5:1	
	11	11.5:1			
	10				
	9				9:1
	8	8:1			
	7				
	6				
	5				
	4				
	3				
	2				
	1				
	ขณะ	ขณะ	ขณะ	ขณะ	ขณะ
	สตาร์ท	เดินเบา	ความเร็ว	ใช้งาน	เร่ง
			เข้าปกติ	เต็มกำลัง	

รูปที่ 2-17 แสดงอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่

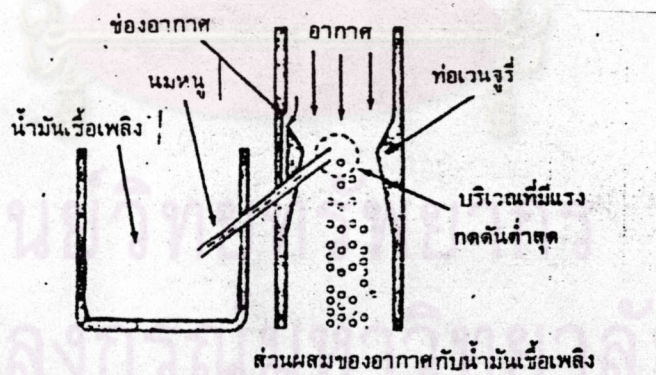
สภาพการทำงานต่างๆ (Small Gas Engines)

3.3 หลักการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ คาร์บูเรเตอร์ทำงานโดยอาศัยหลักความแตกต่างของแรงกดดันที่เกิดขึ้นภายในท่อคาร์บูเรเตอร์ ในขณะที่อากาศเคลื่อนตัวผ่าน จะทำให้เกิดการดูดน้ำมันเชื้อเพลิงห้องลูกลอยผสมกับอากาศก่อนที่จะถูกส่งเข้าไปทำการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ จากการออกแบบท่อคาร์บูเรเตอร์ ให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงบริเวณปลายท่อน้ำมันเชื้อเพลิงจากห้องลูกลอย (Nozzle) ดังรูปที่ 2-18 ทำให้อากาศที่เคลื่อนตัวผ่านบริเวณดังกล่าวมีแรงดันลดลง (ความเร็วของกระแสอากาศเพิ่มขึ้น) อย่างทันทีทันใด ทำให้เกิดสุญญากาศหรือแรงดึงดูด ดูดเอาน้ำมันเชื้อเพลิงจากห้องลูกลอยเข้ามาผสมกับอากาศ แล้วส่งเข้าเครื่อง แต่ผลจากการทดลองปรากฏว่า การกระจายตัวของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกดูดออกมายังไม่ดีพอ ทำให้การผสมกันระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศไม่ทั่วถึง จึงเป็นผลทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นเพื่อที่จะให้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกดูดออกมามีการกระจายตัวดีขึ้น จึงได้มีการเจาะ

รูอากาศ (air bleed) บริเวณคอคอด เข้ากับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 2-19 เพื่อให้อากาศอีกส่วนหนึ่งเข้าไปผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงภายในท่อ จากการเจาะรูดังกล่าวมีผลทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกดูดออกตามปลายท่อมีการกระจายตัวดีขึ้น จึงทำให้การผสมกันระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศส่วนใหญ่ดีขึ้น และการเผาไหม้ก็จะสมบูรณ์ขึ้น



รูปที่ 2-18 แสดงลักษณะของท่อคาร์บูเรเตอร์ บริเวณคอคอดจะมีปลายท่อน้ำมันเชื้อเพลิงจากห้องลูกลอย (DEERE & CO.)



รูปที่ 2-19 แสดงรูอากาศบริเวณท่อเวนจูรีซึ่งช่วยทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกดูดเข้าสู่ท่อคาร์บูเรเตอร์มีการกระจายตัวดีขึ้น (DEERE & CO.)

## คุณสมบัติของเครื่องย่นการวัดและการทดสอบสมรรถนะเครื่องย่น

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงนิยามต่างๆที่อธิบายคุณสมบัติของเครื่องย่น และวิธีการวัดค่าคุณสมบัติเหล่านี้รวมทั้งวิธีการทดสอบสมรรถนะเครื่องย่น

### 1. ความเร็วรอบและวิธีการวัด

ความเร็วรอบเป็นอัตราการหมุนต่อหนึ่งหน่วยเวลาซึ่งเครื่องมือที่ใช้วัดรอบเรียกว่าแทคโดมิเตอร์ การอ่านความเร็วนี้จะอ่านออกเป็นรอบต่อหนึ่งหน่วยเวลา กลไกภายในแบ่งเป็นทางกลหรือทางไฟฟ้า แทคโดมิเตอร์ทางไฟฟ้าประกอบด้วย แม่เหล็กถาวรและโวลต์มิเตอร์ ขดลวดไฟฟ้าจะไปตัดเส้นแรงเส้นแม่เหล็ก ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าผ่านในวงจร ความต่างศักย์ที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเครื่องย่น ความถูกต้องของเครื่องมือชนิดนี้มีไม่มากนัก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้อ่านค่าผิดพลาดได้ส่วนเทคนิคไมเตอร์ทางกลเรียกว่า แมกเนติก-พิคอัพ เครื่องมือนี้จะติดแม่เหล็กที่ฟันหรือร่องที่ติดกับเฟืองหรือจานที่หมุน ทุกๆรอบที่ร่องนี้ผ่านแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงกระตุ้นไปปรากฏบนหน้าปัดอ่านตัวเลขออกเป็นรอบต่อนาที

### 2 ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และวิธีการวัด

ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง มี 2 แบบ คือ

2.1 ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงหรืออัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงการวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ตามหลักเกณฑ์จะใช้การวัดเป็นน้ำหนักน้ำมัน คืออ่านน้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ในหนึ่งหน่วยเวลา แต่ในทางปฏิบัติการวัดเป็นปริมาตรแล้วนำค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันคูณกับปริมาตร จะได้ความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงโดยมีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อหน่วยเขียนในรูปสมการ

$$\dot{V}_f = \frac{\Delta V_f}{\Delta t} \quad (2-2)$$

$$\dot{m}_f = \frac{\Delta m_f}{\Delta t} = \rho_f \dot{V}_f \quad (2-3)$$

โดยที่  $\dot{V}_f$  = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, cc/sec ,  $\Delta V_f$  = ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง, cc

$\dot{m}_f$  = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, g/sec ,  $\Delta t$  = เวลาที่ใช้, sec

$\rho_f$  = ความหนาแน่นเชื้อเพลิง, kg/m<sup>3</sup> ,  $\Delta m_f$  = ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง, g



2.2 ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (Break Specific Fuel Consumption หรือ BSFC) เป็นอัตราการกินน้ำมันต่อหนึ่งหน่วยกำลังม้าเบรค มีหน่วยเป็น กิโลกรัม/กิโลวัตต์ ชั่วโมง ซึ่งเขียนเป็นสมการเป็น

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{bhp} \quad (2-4)$$

โดยที่  $bsfc$  = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ, kg/kw-hr

$\dot{m}_f$  = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, kg/hr

$bhp$  = กำลังม้าเบรค, kw.

### 3. ความสิ้นเปลืองอากาศและวิธีการวัด

ความสิ้นเปลืองอากาศเป็นอัตราการใช้อากาศต่อหนึ่งหน่วยเวลา เครื่องยนต์จะใช้ อากาศเป็นส่วนสำคัญในการเผาไหม้กับน้ำมัน ดังนั้นทั้งอากาศและน้ำมันจึงมีความสำคัญเท่า ๆ กัน แต่น้ำมันมีสัดส่วนน้อยกว่าอากาศด้วยเหตุผลดังกล่าวอากาศเป็นตัวสร้างปัญหาให้มากกว่า น้ำมัน เช่น ถ้าอากาศเข้าเครื่องได้น้อยกำลังของเครื่องยนต์ จะลดลงไม่ว่าจะเพิ่มน้ำมันเข้าไปมากเท่าใดก็ตาม

การวัดอัตราการไหลของอากาศโดยตรง จะประสบปัญหาการไหลของอากาศไม่ราบเรียบ เป็นคลื่นและมีการยุบตัวของอากาศเมื่อถูกอัด ค่าที่อ่านได้จะทำให้มีการสั่น ทำให้อ่านค่าไม่ถูกต้อง ดังนั้นการวัดจึงทำให้ความดันของอากาศสม่ำเสมอก่อน เครื่องมือที่ทำให้ความดันลมสม่ำเสมอได้แก่การใช้ถังลม และการใช้ความหนืด

3.1 การใช้ถังลม อุปกรณ์ประกอบด้วย ถังลม, แผ่นออริฟิซ, มาโนมิเตอร์ และ เทอร์โมมิเตอร์ ส่วนประกอบแต่ละชิ้นทำหน้าที่ดังนี้ ถังลมขนาดใหญ่เพื่อให้อากาศเข้ามาพักและลดความเป็นคลื่น แผ่นออริฟิซ และมาโนมิเตอร์ จะใช้วัดปริมาตรอากาศ เมื่ออากาศผ่านออริฟิซ จะเกิดความดันที่แตกต่าง มาโนมิเตอร์จะใช้วัดความดันที่แตกต่างนี้ นำไปคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศได้ ส่วนเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของอากาศในถัง

แต่อุปกรณ์นี้ไม่ควรให้ความดันแตกต่างกันเกิน 10 เซนติเมตรของน้ำ เพราะถ้าเกินแล้วจะทำให้อากาศหดตัวมากเกินไป และจะไปกระทบต่อการวัดความสิ้นเปลืองอากาศ และประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์

3.2 วิธีใช้ความหนืด (Viscous-Flow Air Meter) เครื่องมือวัดอากาศชนิดใช้ความหนืด หรือ เครื่องมือวัดอากาศแบบลามินา (Lamina-Flow Air Element) ประกอบด้วยท่อเล็ก ๆ หลายท่อรวมกัน คล้ายรังผึ้ง ท่อเหล่านี้จะทำให้อากาศไหลเป็นแบบลามินา และจะลดคลื่นหรือการสั่นของอากาศ ปริมาณของอากาศที่ไหลจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความดันแตกต่าง ตามสมการ (2-4) เครื่องมือนี้มีความถูกต้องสูง แต่มีข้อเสียที่ท่อเล็กๆ เหล่านี้สกปรกง่าย จึงต้องทำความสะอาดสม่ำเสมอ

$$\dot{V}_a = C_1 h \quad (2-5)$$

$$\dot{m}_a = \rho_a \dot{V}_a \quad (2-6)$$

โดยที่  $\dot{V}_a$  = ความสิ้นเปลืองอากาศ, l/sec  $h$  = ความสูงของมาโนมิเตอร์, mm

$C_1$  = ค่าคงที่ของ Viscous-flow Air meter  $\dot{m}_a$  = ความสิ้นเปลืองอากาศ, kg/sec

$\rho_a$  = ความหนาแน่นของอากาศ, kg/m<sup>3</sup>

#### 4. อัตราส่วนผสมของอากาศ-น้ำมัน

อัตราส่วนผสมของอากาศ-น้ำมัน เป็นค่าที่แสดงสัดส่วนของอากาศต่อน้ำมัน โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปอัตราส่วนน้ำหนักอากาศต่อน้ำหนักของน้ำมัน ตามสมการ 2-7 ค่านี้อาจเป็นตัวเลขแสดงส่วนผสมหนาหรือบาง ซึ่งส่งผลต่อกำลังของเครื่องยนต์และมลพิษจากไอเสีย

$$A/F = \dot{m}_a / \dot{m}_f \quad (2-7)$$

โดยที่  $A/F$  = อัตราส่วนผสมของอากาศ-น้ำมัน

$\dot{m}_a$  = ความสิ้นเปลืองอากาศ, kg/sec

$\dot{m}_f$  = ความสิ้นเปลืองน้ำมัน, kg/sec

#### 5. กำลังม้าเบรค และวิธีการวัด

กำลังม้าเบรควัดได้จากเพลลาของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นกำลังที่เหลือจากการเอาชนะความฝืดต่างๆ เครื่องมือวัดกำลังม้าเบรค เรียกว่า ไดนาโมมิเตอร์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่ แอ็บซอร์ปชัน (Absorption) และทรานสมิชชัน (Transmission) ไดนาโมมิเตอร์

5.1 แบบขอพจน์ไดนาโมมิเตอร์ ไดนาโมมิเตอร์ชนิดนี้ จะเก็บหรือดูดกำลังจาก เครื่องยนต์ แล้วถ่ายออกในรูปของความผิด ซึ่งจะเกิดความร้อนขึ้น ส่วนประกอบโดยทั่วไปจะมี ส่วนที่หมุนซึ่งติดกับเพลาเครื่องยนต์ และส่วนที่อยู่กับที่ซึ่งต่อกับแกนของไดนาโมมิเตอร์ สำหรับ วัดแรงกด เพื่อที่จะนำมาคำนวณหาแรงบิด ตามสมการ (2-10) การถ่ายเทพลังงานจะใช้ผ้าเบรค, เชือกเบรค, ของเหลว หรือเส้นแรงแม่เหล็กเป็นตัวถ่ายทอด

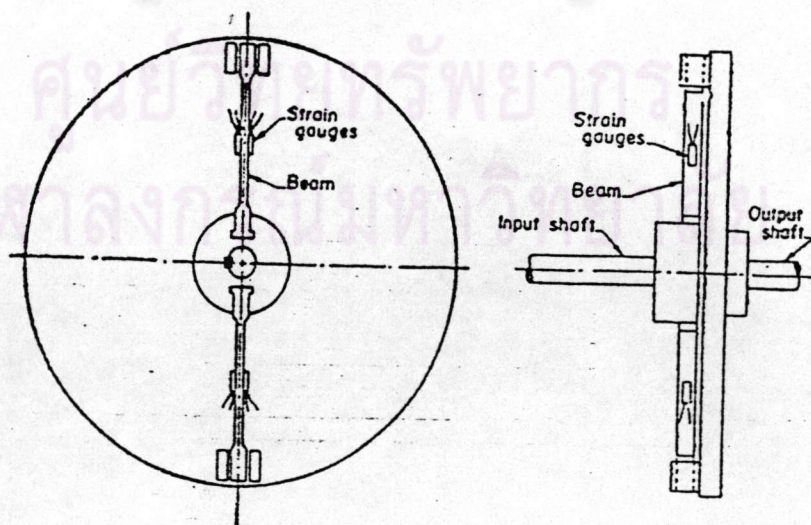
$$T = P \cdot R \quad (2-8)$$

$$\text{bhp} = 2\pi \cdot T \cdot N \quad (2-9)$$

$$T = \frac{\text{bhp}}{2\pi N} \quad (2-10)$$

โดยที่  $T$  = แรงบิด (Torque) , kN-m       $P$  = แรงกดบนตราซัง , kg  
 $R$  = แขนของไดนาโมมิเตอร์, m       $\text{bhp}$  = กำลังม้าเบรค, kW  
 $N$  = ความเร็วรอบ, rpm

5.2. ทรานสมิสชันไดนาโมมิเตอร์ ทรานสมิสชันไดนาโมมิเตอร์เป็นเครื่อง มีวัด แรงบิด ใช้สเตรนเกจวัดเพลาที่บิดไป มุมบิดของเพลาก็ถ่ายมาที่สเตรนเกจ ดังรูปที่ 2-20 การใช้ สเตรนเกจจะใช้ 2 หรือ 4 ตัว เพื่อแก้ผลกระทบของอุณหภูมิ และแรงกระทำตามแนวแกนบน สเตรนเกจ



รูปที่ 2-20 ทรานสมิสชันไดนาโมมิเตอร์

## 6. ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะเป็น อัตราส่วนค่าพลังงานที่สามารถนำไปใช้กับพลังงานที่เข้าไปในระบบตามสมการที่ 2-11 ในการแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยทั่วไปจะใช้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ เนื่องจากเป็นตัวแสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้

$$\eta_{th} = \frac{bhp}{\dot{m}_f H.V.} \quad (2-11)$$

โดยที่  $\eta_{th}$  = ประสิทธิภาพเชิงความร้อน      ,bhp = กำลังม้าเบรค,kw  
 $\dot{m}_f$  = ความสิ้นเปลืองน้ำมัน      ,H.V. = Heating Value

## 7. กำลังม้าความฝืด และ ประสิทธิภาพทางกล

กำลังม้าความฝืด (Friction Horse Power, FHP) หมายถึงกำลังม้าที่สูญเสียไปกับความฝืด ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วเครื่องยนต์สูงขึ้น

$$FHP = IHP - BHP \quad (2-12)$$

ประสิทธิภาพทางกล (Mechanical Efficiency,  $\eta_m$ ) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างกำลังม้าเบรคต่อกำลังม้าอินดิเกต

$$\eta_m = BHP/IHP = 1 - FHP/IHP \quad (2-13)$$

โดยที่

กำลังม้าเบรค (Brake Horse Power, BHP) หมายถึง กำลังที่วัดได้จากเพลลา นั่นคือกำลังม้าอินดิเกต ที่ลบด้วยกำลังงานที่สูญเสียไปภายในเครื่องยนต์

กำลังม้าอินดิเกต (Indicated Horse Power ,IHP) หมายถึง กำลังที่วัดได้จากเครื่อง ยนต์ โดยยังไม่หักพลังงานที่สูญเสียไปในทางต่างๆ

## 7. การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ การทดสอบที่ความเร็วรอบเปลี่ยนแปลงและการทดสอบมีความเร็วรอบคงที่ การทดสอบสมรรถนะโดยทั่วไปจะหาค่ากำลังม้าเบรค, ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและแรงบิดเป็นหลัก

7.1 การทดสอบที่ความเร็วรอบเปลี่ยนแปลง การทดสอบยังแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ การทดสอบที่ภาระงานเต็มทีเพื่อหาค่ากำลังสูงสุด และที่ภาระงานบางส่วน

การทดสอบที่ภาระงานเต็มที หรือภาระสูงสุด จะให้ลิ้นเร่งเปิดเต็มที่ และปรับภาระงานให้มีความเร็วรอบต่ำสุด ทำการบันทึกค่าที่เกี่ยวข้อง และเมื่อทำการบันทึกเสร็จ ให้ปรับค่าภาระงานไปที่ความเร็วรอบอื่น จนกระทั่งถึงความเร็วรอบสูงเท่าที่ต้องการ สำหรับการทดลองภาระงานบางส่วน จะปรับที่ตำแหน่งลิ้นเร่ง และภาระงาน เพื่อให้ได้ภาระที่กำหนดไว้ แล้วทำการบันทึกค่า

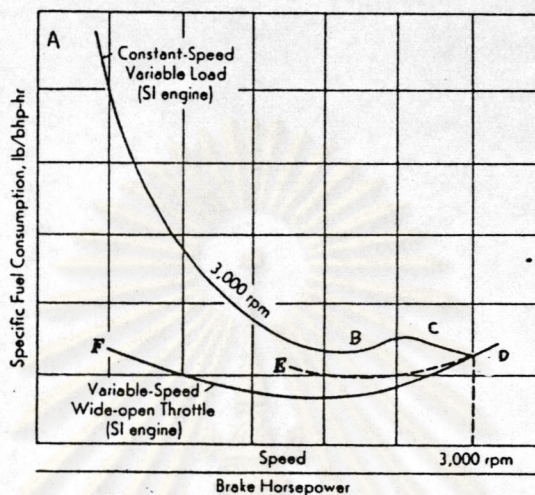
### 7.2 การทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่

การทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่คือ การเดินเครื่องที่เปลี่ยนตำแหน่งของลิ้นเร่งตั้งแต่ไม่มีภาระงาน จนกระทั่งมีภาระงานเต็มที โดยกำหนดให้ความเร็วรอบคงที่ แต่จะช่วงจะบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เมื่อทดลองที่ความเร็วรอบแรกเสร็จ ก็ให้ปรับความเร็วรอบเพิ่มจนถึงความเร็วรอบที่กำหนดไว้

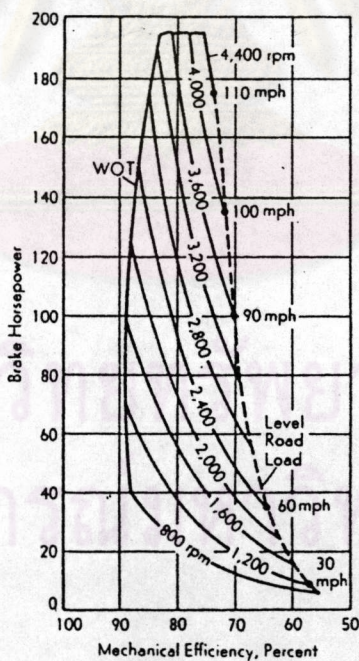
7.3 สมรรถนะของเครื่องยนต์ เมื่อเพิ่มภาระเครื่องยนต์ภายใต้ความเร็วรอบคงที่ ค่า bsfc มีพฤติกรรม ดังรูป 2-21 ช่วงต้นของการเพิ่มภาระงานทำให้ค่า bsfc มีค่าโค้งลงตามเส้น AB เนื่องจากอัตราส่วนการสูญเสียพลังงานน้อยลง (อธิบายในย่อหน้าถัดไป) ทำให้สัดส่วนการนำพลังงานไปใช้เกิดประโยชน์ดีขึ้น และเมื่อเพิ่มภาระงานขึ้นจนถึงช่วงพอร์ทที่ 2 ของคาร์บูเรเตอร์เริ่มทำงาน การจ่ายน้ำมันช่วงนี้ให้ปริมาณน้ำมันมาก เพื่อตอบสนองภาระเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น แต่การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้สัดส่วนการนำพลังงานไปใช้เกิดประโยชน์น้อยลง ดังนั้น ค่า bsfc เพิ่มขึ้นตามเส้น BC และ เมื่อเพิ่มภาระงานขึ้นอีก จะเป็นเส้น CD เนื่องจากอัตราส่วนการสูญเสียพลังงานน้อยลง

สาเหตุที่อัตราส่วนการสูญเสียพลังงานน้อยลงในขณะที่เพิ่มภาระเครื่องยนต์ภายใต้ความเร็วรอบคงที่ เกิดจากคุณสมบัติของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบคงที่ มีงานที่สูญเสียจากความเสียดทานกล (ความเสียดที่สูญเสียไปกับแบร็ง แหวนลูกสูบ) และงานที่สูญเสียกับการขับสิ่งต่างๆ (เช่น ปั๊มน้ำมันเครื่อง, ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง, ปั๊มน้ำหล่อเย็น) เป็นค่าคงที่ แต่มีงานที่สูญเสียบางตัวมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลง เมื่อภาระงานเพิ่มขึ้น คือ การสูญเสียจากกระบวนการทอดเตือถึง โดยที่ค่านี้ขึ้นอยู่กับอัตราการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อ และอัตราการไหลของอากาศ ดังนั้นค่ากำลังม้าความเสียดซึ่งรวมทั้งค่าความเสียดทานกล, การขับสิ่งต่างๆ และ ใช้ต่อต้านความเสียดของไหล ซึ่งเทอมหลังมีการ

เปลี่ยนแปลงเพียงค่าเดียว ส่งผลให้อัตราส่วนของของกำลังนำความถี่กับกำลังนำอินดิเคตมีค่าลดลง (ตามสมการ 2-13) ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงกลสูงขึ้น ดังรูป 2-22



รูปที่ 2.21 อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ ที่ความเร็วรอบคงที่ และที่ความเร็วรอบเปลี่ยน

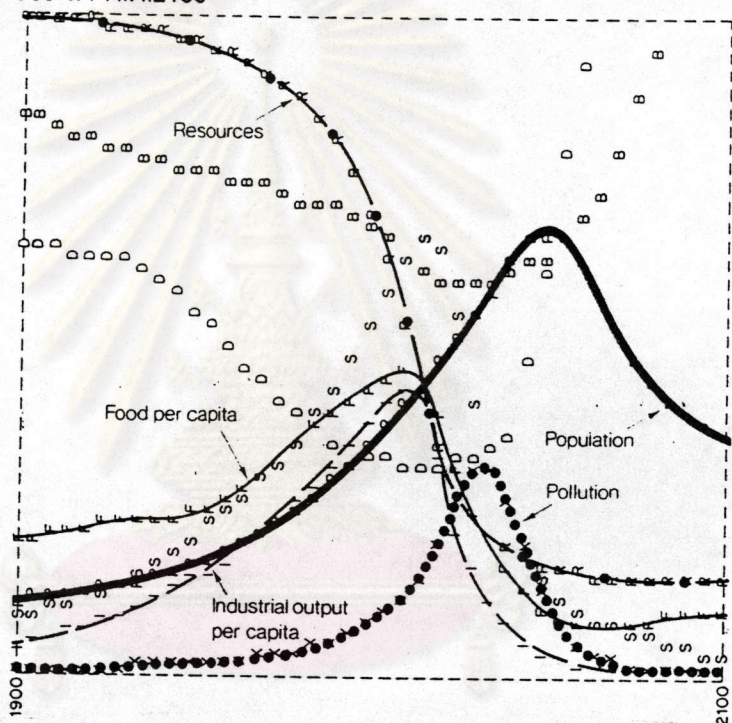


รูปที่ 2-22 ประสิทธิภาพเชิงกลของเครื่องยนต์ SI ที่ความเร็วรอบและภาระต่างๆ

## มลสารจากเครื่องยนต์และการควบคุม

### 1. ความสมดุลของสิ่งแวดล้อม และระบบของมลภาวะในอากาศ

ในปี ค.ศ.1972 ได้มีนักวิทยาศาสตร์ ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการแยกความซับซ้อนของปัญหาที่เกี่ยวข้องระหว่าง ทรัพยากรธรรมชาติ, ประชากร, อาหาร, กิจการอุตสาหกรรม และมลพิษ ดังปรากฏในรูปที่ 2-23 ที่แสดงถึงมาตรฐานทรัพยากรและการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมของโลกในช่วง ค.ศ.1900 ถึง ค.ศ.2100

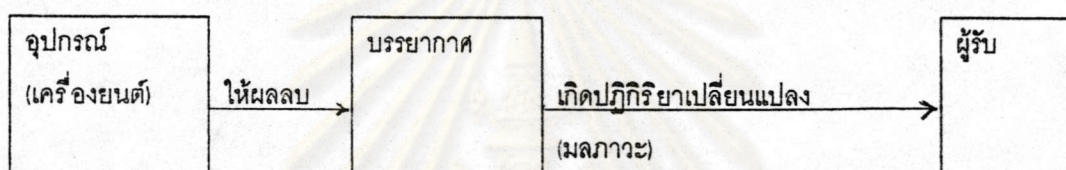


รูปที่ 2-23 มาตรฐานทรัพยากรและการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมของโลก  
ในช่วง ค.ศ.1900 ถึง ค.ศ.2100

จากตารางข้างต้นกำหนดข้อมูลให้สภาพมาตรฐานของโลกทางกายภาพ (physical) เศรษฐศาสตร์ (economic) และความสัมพันธ์ทางสังคมก่อนปี ค.ศ.1900 เป็นค่าคงที่ และช่วงตั้งแต่ ค.ศ.1900 ถึง ค.ศ.2100 เป็นค่าแปรผันปรากฏ ตามรายงานจากสถิติคอมพิวเตอร์ได้ว่า ช่วง ค.ศ.1900 ถึง ค.ศ.1970 อาหาร ผลผลิตทางอุตสาหกรรม และการขยายตัวของประชากรมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลที่ตามมาหลังจากปี ค.ศ.1970 คือ ทรัพยากรลดน้อยลง และกำลังการผลิตทางอุตสาหกรรมเจริญเติบโตช้าลงไปด้วย เพราะธรรมชาติมีกระบวนการผลิตอันจำกัด แต่ทั้งประชากรและมลพิษมีเพิ่มขึ้น ดังนั้น ความเจริญทางอื่นๆ และการขยายตัวของประชากรก็ต้องหยุดลงในที่สุด โดยอัตราการตายทวีมากขึ้น ที่กล่าวมานี้ เป็นการเสนอแนวความ

คิดที่จะพยายามวางแผนมาตรฐานให้โลกจำกัดความเจริญลงบ้าง เพื่อให้เกิดความสมดุลของสิ่งแวดล้อม

ขั้นตอนของมลภาวะในบรรยากาศแบ่งขั้นตอนได้ดังรูปที่ 2-24 เช่น ตัวอย่างการใช้รถยนต์ เครื่องยนต์ที่เกิดการสันดาป จะปล่อยไอเสียออกมาสู่บรรยากาศ ตัวมลสารในไอเสียของรถยนต์นี้ ธรรมชาติไม่สามารถกำจัดมลสารที่เกิดขึ้นได้ทัน เนื่องจากธรรมชาติต้องกำจัดมลสารที่เกิดขึ้นจากตัวเองด้วย มลสารที่เกินภาวะสมดุลนี้จะถูกสะสมจนทำให้มลภาวะเป็นพิษขึ้น และทำให้เกิดอันตรายต่อคน สัตว์ และพืช การเป็นอันตรายมากน้อยเท่าใด ขึ้นอยู่กับขีดจำกัดของผู้รับ



รูปที่ 2-24 ขั้นตอนของมลภาวะในบรรยากาศ

## 2. สภาวะอากาศ

อากาศที่อยู่ในโลกเรานี้ ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยไนโตรเจนและออกซิเจน และมีสารอื่นๆ ประกอบอยู่ด้วยดังในตารางที่ 2-4

ก๊าซ	สัญลักษณ์	ความเข้มข้น ppm.
ไนโตรเจน	N <sub>2</sub>	780,840
ออกซิเจน	O <sub>2</sub>	209,460
อาร์กอน	Ar	9,340
คาร์บอนไดออกไซด์	CO <sub>2</sub>	315
นีออน	Ne	18
ฮีเลียม	He	5.2
มีเทน	CH <sub>4</sub>	1.0-1.5
คริปทอน	Kr	1.1
ไนตรัสออกไซด์	N <sub>2</sub> O	0.5
ไฮโดรเจน	H <sub>2</sub>	0.5
ซีซอน	Xe	0.08
ไนโตรเจนไดออกไซด์	NO <sub>2</sub>	0.02

ตารางที่ 2-4 ส่วนประกอบของอากาศแห้งที่ระดับน้ำทะเล (Stern 1968)



นอกจากสารในตารางที่ 2-4 แล้ว ยังมีสารอื่นๆ เมื่อคิดเป็น % แล้วน้อยมาก แต่ที่ต้องนำมาพิจารณาด้วย มีผลต่ออากาศของเราคือ

ไอน้ำ	H <sub>2</sub> O	ปริมาณ 0-3 % โดยปริมาตร	(0-30,000 ppm)
โอโซน	O <sub>3</sub>	ปริมาณ 0-0.07 ppm	(ระดับพื้นดิน)

ธรรมชาติคนเราใช้ออกซิเจนช่วยในการหายใจ และพืชใช้ CO<sub>2</sub> ช่วยในการสังเคราะห์ สารอื่นที่มีเกินมานั้นก็ไม่มีประโยชน์ ซึ่งก็คิดเป็นมลพิษส่วนหนึ่งได้

### 3. สารมลพิษ และหน่วยวัดมลพิษ

#### 3.1 สารมลพิษอาจแบ่งได้เป็น 2 อย่าง คือ

3.1.1 มลพิษปฐมภูมิ (Primary Pollutants) คือ สารดั้งเดิมที่มีอยู่แล้ว หรือ ที่ออกมาจากแหล่งเดียว

3.1.2 มลพิษทุติยภูมิ (Secondary Pollutants) คือ สารที่ถูกพ่นออกมาสู่บรรยากาศ แล้วเกิดทำปฏิกิริยาขึ้น

#### 3.2 กลุ่มสารมลพิษ สารที่พิจารณาค่าเป็นมลพิษอาจแบ่งอยู่ในกลุ่มต่างๆ คือ :-

3.2.1 สารประกอบของกำมะถัน

3.2.2 สารประกอบของไนโตรเจน

3.2.3 สารประกอบคาร์บอนรวมทั้งคาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วย

3.2.4 สารประกอบฮาโลเจน

3.2.5 สารประกอบโลหะ พวงของแข็งหรือของเหลวต่างๆ

3.2.6 สารประกอบกำมะถันตภาพ

#### 3.3 หน่วยในการวัดความเป็นมลพิษ มี 2 แบบ คือ

3.3.1 ppm (parts per million) เป็นหน่วยส่วนของล้านคิดเป็นปริมาตร แต่ ถ้าจำนวนสูงมากขึ้นก็อาจใช้หน่วย ppbm หรือ ppb คือเป็นส่วนของร้อยล้าน

ppm = parts per million

ppb = parts per billion

pphm = parts per hundred million

3.3.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Microgram per cubicmeter) เป็นการวัดน้ำหนักของสารมลพิษต่อปริมาตรเป็นลูกบาศก์เมตรของอากาศ ส่วนใหญ่มักจะใช้วัดพวกสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลว แต่บางทีก็ใช้วัดสารเป็นก๊าซที่มีน้ำหนักมากก็ได้

เราอาจจะแปลงหน่วยได้โดยใช้น้ำหนักโมเลกุล และ ปริมาตรใน 1 โมเลกุล ของสารที่สภาวะ  $25^\circ\text{C}$  1 atm.

$$1 \text{ mg} / \text{m}^3 = \left( \frac{pp.24,500}{\text{mol. wt.}} \right) \cdot 10^{-6}$$

หมายเหตุ

CO	1 ppm = 1.15 $\text{mg}/\text{m}^3$	HC	1 ppm = 0.65 $\text{mg}/\text{m}^3$
O <sub>3</sub>	1 ppm = 1.96 $\text{mg}/\text{m}^3$	SO <sub>2</sub>	1 ppm = 2.86 $\text{mg}/\text{m}^3$
PAN	1 ppm = 5.4 $\text{mg}/\text{m}^3$	NO <sub>x</sub>	1 ppm = 1.886 $\text{mg}/\text{m}^3$

ในการวัดขีดปริมาณของอากาศเป็นพิษหรือไม่นั้นดูได้จากตารางที่ 2-5

สารประกอบ	อากาศดี	อากาศเสีย
SO <sub>2</sub>	0.001-0.01 ppm	0.02-2 ppm
CO	310-330 ppm	350-700 ppm
CO	< 1 ppm	5-200 ppm
CO	0.001-0.01 ppm	0.01-0.5 ppm
ไฮโดรคาร์บอน	1 ppm	1-20 ppm
สารโลหะ	10-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	70-700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ตารางที่ 2-5 ความเข้มข้นของอากาศดีและอากาศเสีย (Sainfeld)

#### 4. การควบคุมมลภาวะในประเทศไทย

ปัญหามลภาวะทางไอเสีย ได้ถูกนำขึ้นพิจารณาเป็นครั้งแรกในสมัยรัฐบาล พณฯ จอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์ เป็นนายกรัฐมนตรี (พ.ศ.2502-2506) สาเหตุเนื่องจากได้เกิดหมอกควันพิษ

(smog) ขึ้นที่นครลอนดอน ประเทศอังกฤษ และนครนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา ในฤดูหนาวของปี ค.ศ.1962 พณฯ จอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์ เกรงว่าเหตุการณ์และอันตรายอย่างเดียวกันกับในประเทศทั้งสอง อาจเกิดขึ้นในประเทศไทย จึงมอบเรื่องให้กระทรวงสาธารณสุขพิจารณาดำเนินการหาทางป้องกันแก้ไข คณะรัฐมนตรียุคนั้นจึงได้แต่งตั้ง “คณะกรรมการวิจัยอันตรายจากแก๊สท่อไอเสียรถยนต์หรือยานพาหนะอื่นและโรงงาน” ขึ้น เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2506 ให้มีหน้าที่วิเคราะห์ ศึกษา และพิจารณาด้วยว่าควรออกกฎหมายอย่างไรหรือไม่

รัฐบาลในสมัยต่อมาภายใต้การนำของ พณฯ จอมพลถนอม กิตติขจร เป็นนายกรัฐมนตรี (พ.ศ.2506-2516) จัดให้มี “ข้อกำหนดนายทะเบียนการขนส่งฉบับที่ 6 พ.ศ.2507” ซึ่งนับได้ว่าเป็นระเบียบฉบับแรกของประเทศไทยที่เกี่ยวกับเรื่องอากาศเสีย โดยระบุว่า “เครื่องยนต์จะต้องไม่พ่นควัน ซึ่งประกอบด้วยแก๊สและสารอันตรายเจือปนอื่นๆ มีปริมาณเกินกว่ามาตรฐานที่นายช่างกรรมการขนส่งทางบกกำหนด” และ “ในสภาพการใช้งานตามปกติ ระดับเสียงอันอาจจะเกิดจากเครื่องยนต์ และส่วนประกอบส่วนใดส่วนหนึ่งของรถต้องไม่เกินกว่า 95 เดซิเบล ในขณะที่ใช้เครื่องวัดระดับเสียงที่ระยะห่าง 7.50 เมตร โดยรอบรถนั้น” ต่อมาได้มี “ประกาศคณะปฏิวัติฉบับที่ 16 ลงวันที่ 9 ธันวาคม 2514” ให้อำนาจเจ้าพนักงานจราจรและอธิบดีกรมเจ้าท่า กำหนดเครื่องวัดควันและลักษณะควันที่เป็นอันตรายหรือเสื่อมเสียอนามัยแก่ประชาชนและเครื่องวัดระดับเสียงและระดับเสียงอันเป็นการเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชน ในการนี้ได้วางมาตรฐานควันดำไว้ 40% วัดโดย Bosch Smokemeter และระดับเสียง 95 เดซิเบล ในระยะ 7.50 เมตรโดยรอบรถนั้น คณะปฏิวัติได้แต่งตั้ง “คณะที่ปรึกษาฝ่ายอนามัยครอบครัวและสิ่งแวดล้อม” ขึ้น ใน พ.ศ.2515 และในที่สุดได้จัดตั้ง “คณะกรรมการควบคุมภาวะสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ” ขึ้น เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2515

##### 5. มาตรฐานและกฎหมายเกี่ยวกับมลพิษ

การเพิ่มของประชากรของโลกเป็นเหตุให้มีการเพิ่มการใช้พลังงานและการอุปโภคบริโภคมากขึ้นดังนั้น จึงมีการเพิ่มผลผลิตและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้เพียงพอกับความต้องการของประชากรโลก สิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมทั้งสิ้น จากการพัฒนาอุตสาหกรรมและการขนส่งจะมีการถ่ายเทของเสียออกสู่สภาวะแวดล้อมตลอดเวลา ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสสาร พืช คนและสัตว์ โดยเฉพาะคนจะได้รับอันตรายถึงชีวิตหรือพิการเกิดขึ้นได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงได้มีการวางมาตรฐานของสารพิษ และกฎหมายควบคุมเพื่อไม่ให้โรงงานและเครื่องจักรเครื่องยนต์ปล่อยสารพิษออกสู่บรรยากาศ

สารพิษ	ช่วงเวลาวัดเฉลี่ย	ปฐมมาตรฐาน <sup>(1)</sup> ppm	ทุติยมาตรฐาน <sup>(2)</sup> ppm
สารละออง	ตลอดปี	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 ชม.	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO <sub>2</sub>	ตลอดปี	0.03	0.10
	24 ชม.	0.14	0.02
CO	3 ชม.	-	0.5
	8 ชม.	9	9
ออกไซด์	1 ชม.	35	
	3 ชม.	0.08	0.08
HC	3 ชม.	0.24	0.24
NO <sub>2</sub>	ตลอดปี	0.05	0.05

(1) มาตรฐานสำหรับสุขภาพรวมปริมาณเมื่อไว้แล้ว

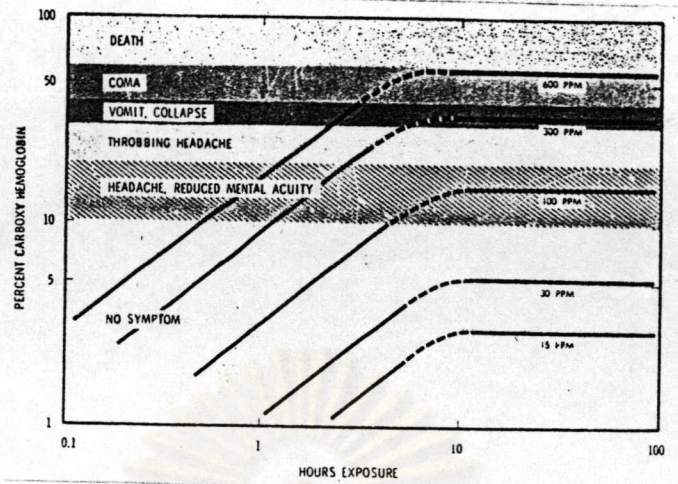
(2) มาตรฐานสำหรับสวัสดิการ, เศรษฐกิจ - เป็นอันตรายต่อพืชและอากาศ

ตารางที่ 2-6 มาตรฐานอากาศ (US Clean Air Act 1963)

สำหรับประเทศไทยมีมาตรฐานประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 97 ตอนที่ 35 วันที่ 4 มีนาคม 2523 กำหนดให้เครื่องยนต์เบนซิน วัดค่า CO โดยเครื่อง BOSCH หรือ HARTRIDGE ต้องไม่เกิน ร้อยละ 6

#### 6. ผลกระทบของมลพิษต่อคน

มลพิษจากอากาศจะเข้าสู่คนโดยการหายใจ ระบบหายใจตอนบนได้แก่ จมูก เยื่อจมูก ปาก คอและหลอดลม จะทำปฏิกิริยาเป็น SO<sub>2</sub> ทำให้เกิดน้ำมูก เสมหะ อักเสบ และปอดบวมได้ ทำให้ทางเดินหายใจไม่สะดวก สำหรับระบบหายใจตอนล่าง ได้แก่ ปอด และหลอด Alveoli ซึ่งรับอากาศเข้าไปฟอกโลหิตเมื่อมีสารละอองที่มีขนาดเกิน 0.02 cm. ก็จะทำให้หลอด Alveoli อุดตันและบวม ทำให้การฟอกโลหิตไม่สะดวกเท่าที่ควร นอกจากนั้น สาร NO<sub>x</sub> และ CO ยังสามารถแทรกซึมเข้าไปในถุงลม และผ่านเข้าไปในโลหิต ผสมกับโลหิตเป็น COHb ซึ่งขัดขวางทางเดินของ O<sub>2</sub> ในการฟอกโลหิต ทำให้เกิดอาการต่างๆอาจถึงตายได้ ดังรูป 2-25 พวกสารตะกั่วก็เป็นอันตรายต่อโลหิตเช่นกัน และถ้ามีมากกว่า 60 % ขึ้นไปก็จะสะสมอยู่ในร่างกายทำลายประสาท กระดูก และเยื่อต่างๆ มลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคน แสดงในตาราง 2-7



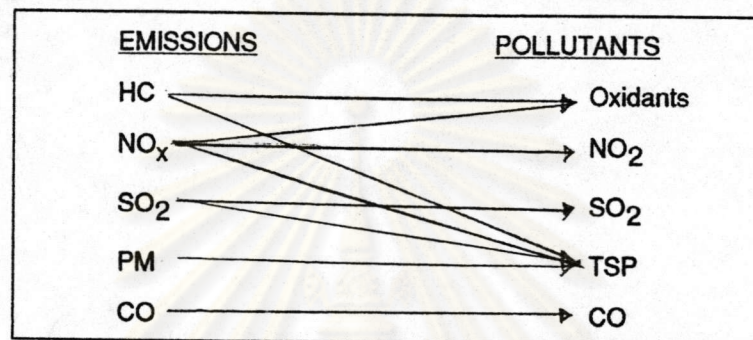
รูปที่ 2-25 ผลกระทบของ CO ต่อสุขภาพของคน

สารพิษ	ปริมาณ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	อาการ
SO <sub>2</sub> และสารระคาย	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 80-100 เฉลี่ยต่อปี</li> <li>2. SO<sub>2</sub> และสารระคายอย่างละ 130</li> <li>3. SO<sub>2</sub> 190 และสารระคาย 177</li> <li>4. SO<sub>2</sub> 105-265 และสารระคาย 185</li> <li>5. SO<sub>2</sub> 140-260 (เฉลี่ย 24 ชั่วโมง)</li> <li>6. SO<sub>2</sub> 300-500 สารระคาย น้อยมาก</li> <li>7. สารระคาย 300 และ SO<sub>2</sub> 630</li> </ol>	<p>คนสูงอายุเกิน 50 การเพิ่มทำให้เกิดอาการอักเสบของทางเดินหายใจของนักเรียนอย่างแรง</p> <p>เป็นพิษต่อทางเดินหายใจของนักเรียน</p> <p>เป็นพิษต่อทางเดินหายใจและปอด</p> <p>คนสูงอายุป่วยและเป็นโรคปอด</p> <p>เพิ่มคนป่วยแผนกทางเดินหายใจ</p> <p>คนป่วยปอดอักเสบเพิ่มขึ้นและมีอาการร้ายแรง</p>
CO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 58 ใน 90 นาที หรือ 10-17 ใน 8 ชม.</li> <li>2. 35 ใน 8 ชม.</li> <li>3. 35 ใน 8 ชม.</li> </ol>	<p>จับเวลาไม่ได้</p> <p>ความจำเสื่อม</p> <p>เกิดอาการตามัว</p>
Photochem Oxidants	1. เกิน 130	นักเรียนเล่นกีฬาไม่ได้
O <sub>3</sub> Peroxy organic ,nitrate	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 490 ต่อวัน</li> <li>2. 200 ต่อวัน</li> </ol>	<p>หายใจขัดข้อง</p> <p>ตาอักเสบ</p>

ตารางที่ 2-7 ผลวิจัยของมลพิษชนิดต่างๆ ต่อสุขภาพของคน

## 7. มลพิษจากเครื่องยนต์

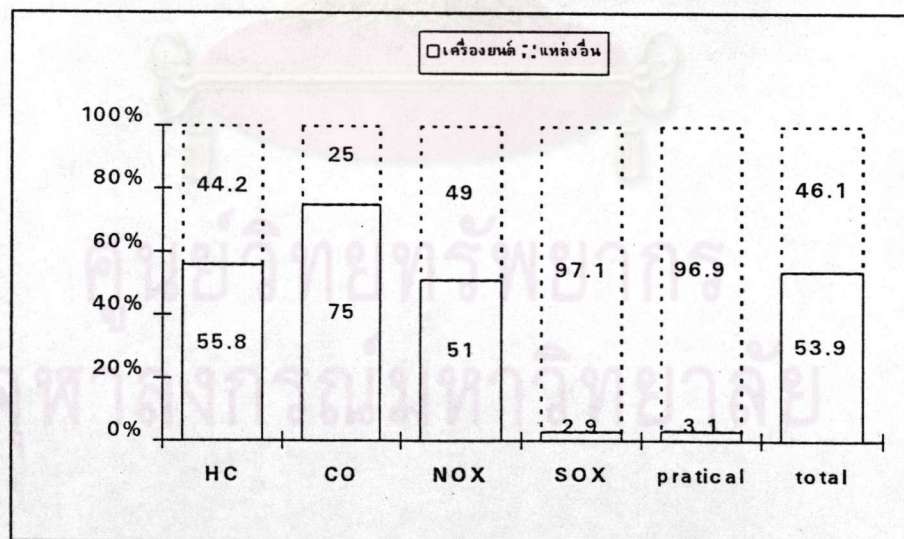
เครื่องยนต์ที่ใช้อยู่ทุกวันนี้ โดยเฉพาะเครื่องยนต์ในรถยนต์นั้นเป็นต้นเหตุของการทำให้เกิดสารพิษ สารพิษที่ออกจากเครื่องยนต์ประกอบด้วย CO, HC, NO<sub>x</sub> เป็นส่วนใหญ่ และ SO<sub>2</sub> และสารละอองบ้างเล็กน้อย ตามรูปที่ 2-26



Note: PM = particulate matter

TSP = total suspended particulate matter

รูปที่ 2-26 การเปรียบเทียบระหว่าง มลสารของรถยนต์และผลของมลภาวะ



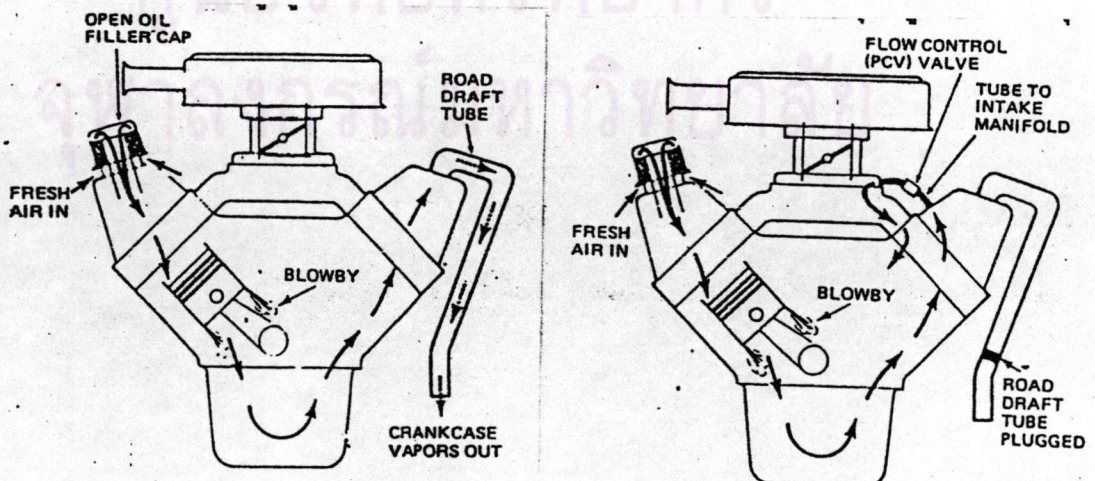
รูปที่ 2-27 %สารพิษต่างๆ จากรถยนต์และแหล่งอื่นๆ

จากรูป 2-27 พบว่า สารพิษในอากาศมากกว่า 50% เป็นผลมาจากเครื่องยนต์ โดยเฉพาะในเมืองหลวง ซึ่งมีการใช้รถยนต์มาก สารพิษเหล่านี้ทำให้อากาศเป็นพิษส่งผลต่อสุขภาพของคน จึงได้มีการวางมาตรฐานสำหรับควบคุมมลพิษของรถยนต์ ทำให้ลดอัตราของมลพิษลงไปมาก เพราะโรงงานสร้างรถยนต์ต่างๆ ต้องสร้างเครื่องยนต์ให้มลพิษออกภายใต้กฎที่วางไว้

มลพิษจากเครื่องยนต์ระบายออกทางระบบต่างๆ 3 ระบบ คือ

7.1 ระบบระเหย คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ระเหยออกจากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์ การระเหยจะมากขึ้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของบรรยากาศ อุณหภูมิของเครื่องยนต์ และความสามารถในการระเหยของน้ำมัน การเปิดปิดถังน้ำมันบ่อยจะทำให้ น้ำมันระเหยออกมากขึ้น โดยเฉพาะขณะเติมน้ำมัน ปริมาณที่ระเหยจะเท่ากับปริมาตรของน้ำมันที่เติมเข้าไป สำหรับคาร์บูเรเตอร์นั้น ขณะที่ติดเครื่องอยู่ คาร์บูเรเตอร์จะมีอุณหภูมิเท่ากับบรรยากาศ แต่เมื่อดับเครื่องยนต์ คาร์บูเรเตอร์จะดูดความร้อนจากเครื่องยนต์ทำให้ร้อนขึ้น และน้ำมันในคาร์บูเรเตอร์ก็จะระเหยออกทางช่องคาร์บูเรเตอร์ ถ้าเครื่องร้อนมากก็จะระเหยมากขึ้น การระเหยของเชื้อเพลิงทั้งจากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์ ส่วนใหญ่จะเป็นสารไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด ซึ่งคิดเทียบกับสารพิษที่ออกจากเครื่องทั้งหมดประมาณ 20%

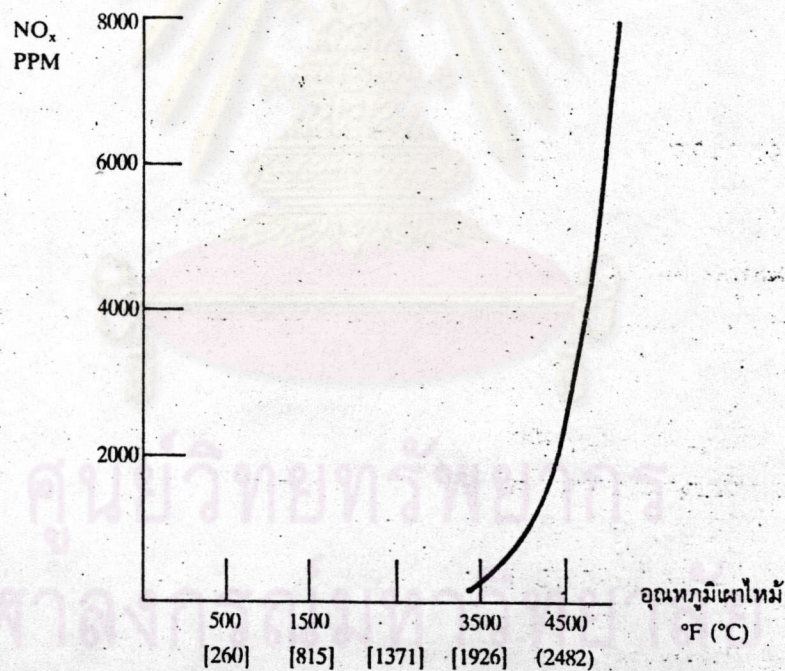
7.2 ระบบกันอ่าง (ดูรูป 2-28) สารพิษจากกันอ่างเกิดขึ้นจากการรั่วซึมของก๊าซในกระบอกสูบผ่านแหวนและลูกสูบลงมาถึงกันอ่างทั้งในจังหวะอัดและจังหวะกำลัง ซึ่งทั่วไปเรียกว่า blowby ก๊าซนี้จะประกอบด้วยอากาศ (มีไอน้ำอยู่ด้วย) เชื้อเพลิงที่ยังไม่ได้เผาไหม้ และก๊าซต่างๆ จากการเผาไหม้แล้ว ธรรมดาจะมีก๊าซไฮโดรคาร์บอนและอากาศ 85% และไอเสีย 15% ดังนั้น สารพิษส่วนใหญ่นี้จึงเป็น HC ก๊าซเหล่านี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องระบายออกจากกันอ่าง มิฉะนั้นจะเกิดความเสียหายกับเครื่องยนต์ เพราะก๊าซ น้ำ และน้ำมันในกันอ่างจะผสมกันเป็นตะกอน และทำปฏิกิริยาเกิดเป็นกรดกัดกร่อนโลหะต่างๆ ทำให้เครื่องยนต์เสียหาย การขจัดก๊าซเหล่านี้แต่เดิมใช้วิธีปล่อยอากาศเข้ากันอ่างทางด้านหน้า และเป่าก๊าซเหล่านี้ออกทางด้านหลัง แต่ปัจจุบันผู้ผลิตได้ปรับปรุงเครื่องยนต์ที่ผลิตใหม่ให้เก็บก๊าซเหล่านี้ไว้ในลูกสูบอีก



รูปที่ 2-28 การระบายก๊าซ Blowby ออกจากกันอ่าง และการขจัด

7.3 ระบบไอเสีย สารพิษจากระบบไอเสียนั้นถือเป็นอันตรายต่อมนุษย์มากที่สุด และเป็นระบบที่ปรับปรุงได้ยากด้วย ไอเสียจากเครื่องยนต์มีปริมาณ 60% ของสารพิษทั้งหมด สารพิษจากไอเสียจะประกอบด้วย HC ที่ยังไม่ได้เผา

HC ที่เผาไหม้แล้วบางส่วน CO, SO<sub>2</sub>, สารระเหย และ NO<sub>x</sub> ซึ่งปริมาณของ สารต่างๆ เหล่านี้จะมากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ของเครื่องยนต์ สถานการณ์และสภาวะ โดยเฉพาะช่วงของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในระบบอกสูบ ไม่อาจจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ สมบูรณ์ได้ การลดมลพิษตัวใดตัวหนึ่งในไอเสียลง อาจจะต้องปรับปรุงตัวแปรหลายตัว เช่น ถ้า ต้องการลดปริมาณ HC ต้องให้อุณหภูมิเครื่องสูง และอัตราการใช้อากาศต่อเชื้อเพลิงต้องสูงด้วย แต่ขณะเดียวกัน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเครื่อง จะทำให้อุณหภูมิการเผาไหม้ในระบบอกสูบสูงด้วย ซึ่ง เป็นผลทำให้เกิด NO<sub>x</sub> มากขึ้นและเร็วขึ้นตามลำดับ ในรูปที่ 2-29



รูปที่ 2-29 การเกิด NO<sub>x</sub> ต่ออุณหภูมิการเผาไหม้

ดังนั้นการปรับลดสารพิษในไอเสีย จึงต้องพิจารณาหาวิธีการที่เหมาะสม ให้เกิด ความพอดีของมลพิษแต่ละตัว ให้เข้าอยู่ในระดับมาตรฐานและถูกต้องตามกฎหมายที่วางไว้ เพื่อจะได้ ไม่เป็นอันตรายต่อพืชคนและสัตว์ต่อไป



## เครื่องปรับสภาพไอเสีย (Catalytic Converter)

เครื่องปรับสภาพไอเสีย เป็นเครื่องมือช่วยในการบำบัดก๊าซมลสารของเครื่องยนต์ ก๊าซโซลีน การพัฒนาเครื่องนี้เพื่อรองรับกับข้อกำหนดมลสารที่ปล่อยออกมาจากรถยนต์ที่เข้มงวดขึ้น ตัวเครื่องมีลักษณะเป็นกล่องโลหะ ติดตั้งระหว่างท่อไอเสียของเครื่องยนต์ (Exhaust Manifold) กับท่อเก็บเสีย ภายในเครื่องปรับสภาพไอเสียมีสารที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) โดยทั่วไปจะเป็น Platinum (Pt), Palladium (Pd), Rhodium (Rh) ตัวใดตัวหนึ่งหรือผสมกันเรียกรวมกันว่า Platinum Group Metal (PGM) เมื่อไอเสียไหลผ่านเครื่องปรับสภาพไอเสีย สาร PGM จะทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยา Oxidation อย่างเดียว หรือ Oxidation และ Reduction พร้อมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องปรับสภาพไอเสีย ก๊าซ HC, CO, NO<sub>x</sub> จะกลายเป็น H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> และ N<sub>2</sub>

### 1. ปฏิกิริยา Catalytic

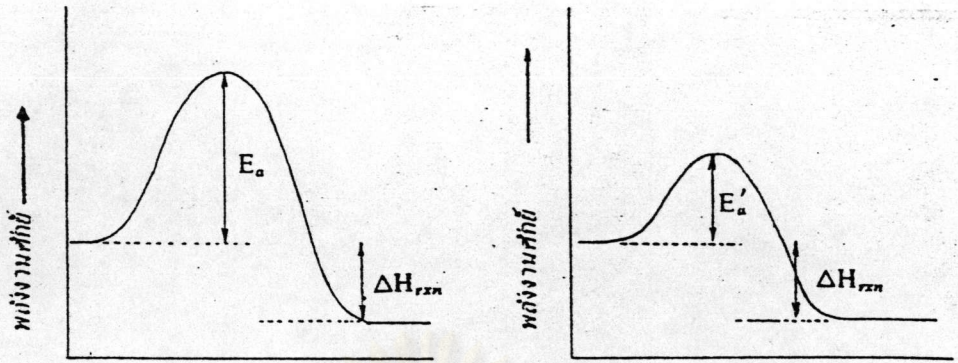
ปฏิกิริยา Catalytic คือปฏิกิริยาที่มีตัวเร่ง (Catalyst) เข้าไปเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา ตัวเร่งเป็นสารซึ่งเติมใส่ในปฏิกิริยา ให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น แต่ไม่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยานั้น สาเหตุที่ตัวเร่งช่วยทำให้ปฏิกิริยาเกิดในอัตราที่เร็วขึ้น เป็นเพราะไปเปลี่ยนแปลงกลไกของปฏิกิริยานั้น จากกลไกที่มีพลังงานกระตุ้นสูงเป็นกลไกที่มีพลังงานกระตุ้นต่ำกว่า รูปที่ 2-30 แสดงพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาเดียวกันแต่ไม่มีตัวเร่ง สังเกตว่าเส้นโค้งทั้งสองมี Reaction Coordinate<sup>1</sup> ต่างกัน จะเห็นว่าปฏิกิริยามีกลไกแตกต่างกัน คือจะเปลี่ยนกลไกจากขั้นตอนเดียว กลายเป็นกลไกมากกว่า 1 ขั้นตอน ดังนั้นปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งจะมีค่า E<sub>a</sub> ต่ำกว่า และเศษส่วนของโมเลกุลที่มีพลังงานเท่ากันหรือมากกว่า พลังงานกระตุ้นเพิ่มขึ้นตามเส้นโค้งการแจกแจงโมเลกุล แสดงในรูปที่ 2-31

ปฏิกิริยา Catalytic จำแนกอย่างกว้างๆ เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 ปฏิกิริยา Catalytic แบบเนื้อเดียวกัน (Homogenous Catalyst) ปฏิกิริยาประเภทนี้ตัวเร่งและสารตั้งต้นละลายในกันและกันและปรากฏเป็นเพียงเนื้อเดียว

1.2 ปฏิกิริยา Catalytic แบบเนื้อผสม (Heterogenous Catalyst) ปฏิกิริยาประเภทนี้ตัวเร่งและสารตั้งต้นไม่ละลายซึ่งกันและกัน ปรากฏมากกว่า 1 ขั้นตอนหรือสถานะ เช่น การสลายตัวของ N<sub>2</sub>O โดยมี Au เป็นตัวเร่ง แสดงในรูปที่ 2-32

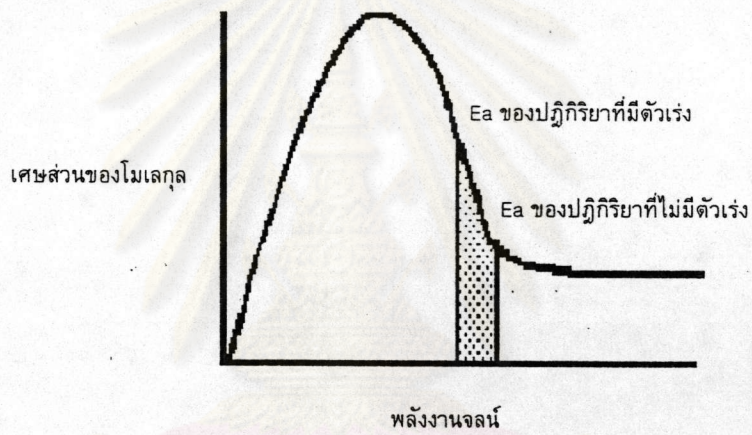
<sup>1</sup> Reaction Coordinate แสดงถึงความก้าวหน้าของปฏิกิริยาหรือปฏิกิริยาช่วงต่างๆ ที่ดำเนินจากซ้ายไปขวา



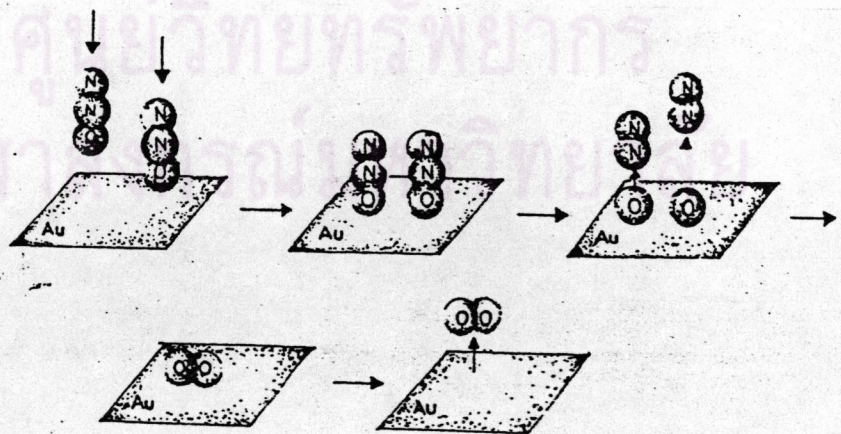
รีเอกชันโคออร์ดิเนตสำหรับปฏิกิริยาที่ไม่มีตัวเร่ง

รีเอกชันโคออร์ดิเนตสำหรับปฏิกิริยาที่มีตัวเร่ง →

รูปที่ 2-30 แผนภาพพลังงานศักย์ของปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาไม่มีตัวเร่ง



รูปที่ 2-31 แสดงอัตราส่วนของโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์เท่ากับหรือมากกว่า  $E_a$  ของปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีตัวเร่ง

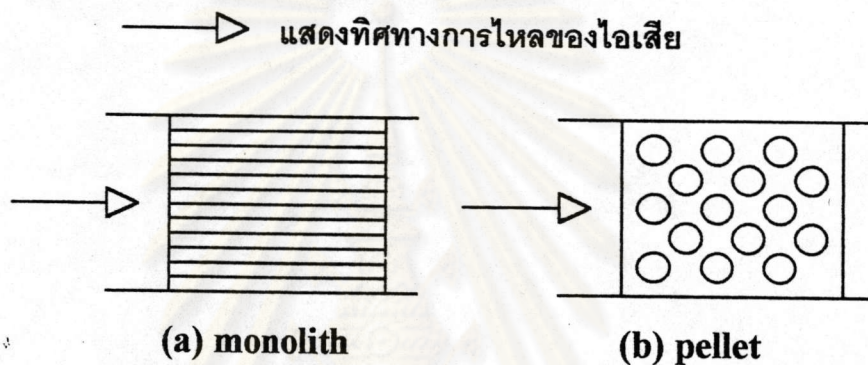


รูปที่ 2-32 แสดงการสลายตัวของ  $N_2O$  โดยมี Au เป็นตัวเร่ง

Catalytic Converter จัดอยู่ในประเภทหลัง คือ PGM เป็นตัวเร่งทำหน้าที่อำนวยความสะดวกที่ผิวให้แก่ก๊าซในไอเสียที่เข้าทำปฏิกิริยา โดยดูดซับ (Adsorb) ก๊าซนั้นไปบนผิว PGM แรงดึงดูดระหว่างอะตอมของก๊าซกับโลหะ ทำให้พันธะระหว่างอะตอมในสารอ่อนลง หรือในบางกรณีอาจถึงสลายลงได้ จึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดในอัตราเร็วขึ้น

## 2. โครงสร้างภายในเครื่องปรับสภาพไอเสีย

การแบ่งแยกตามโครงสร้างภายใน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ Pellet Type และ Monolith Type ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างตามรูปที่ 2-33

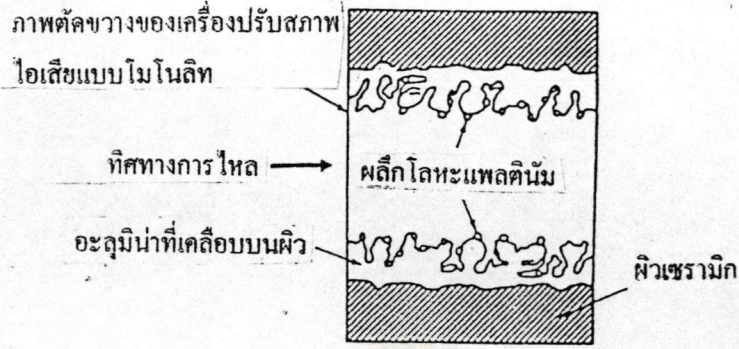


รูปที่ 2-33 ลักษณะโครงสร้างภายในเครื่องปรับสภาพไอเสีย

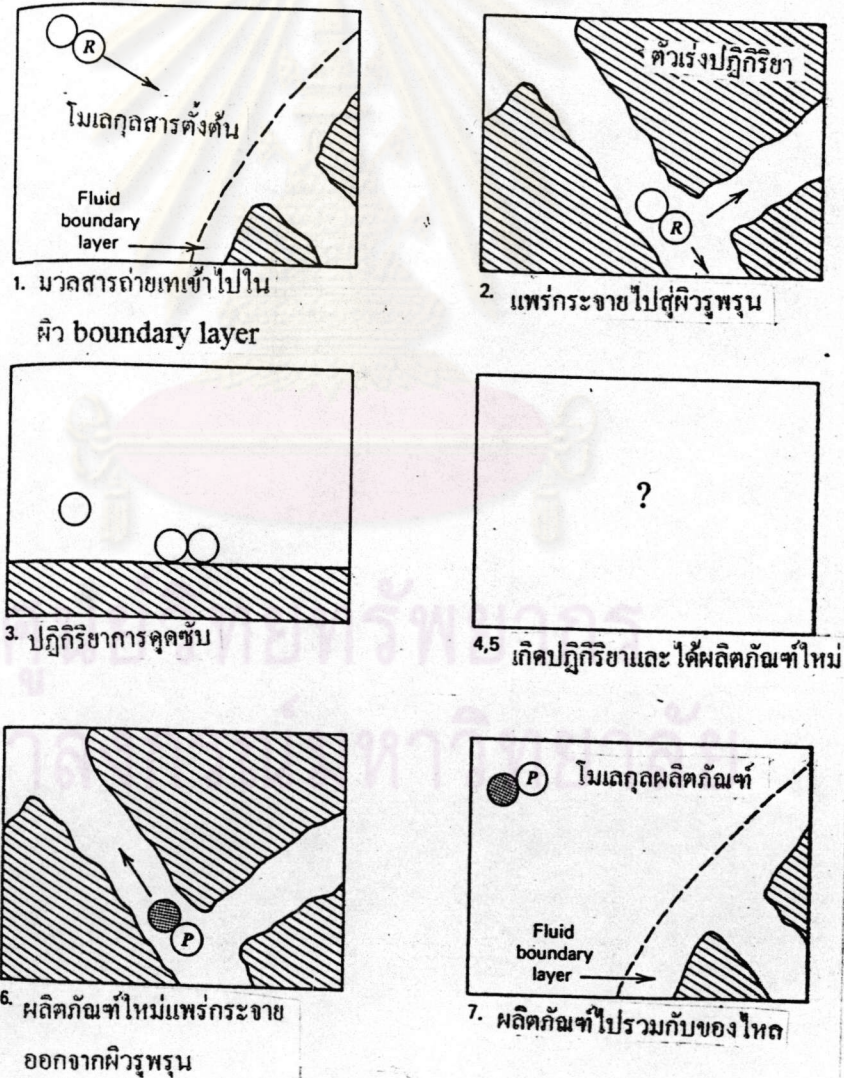
2.1 Monolith Type มีลักษณะโครงสร้างเป็นรังผึ้งทำด้วยเซรามิก (Ceramic Honeycomb) บรรจุในเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) ช่องของรังผึ้งจะเป็นรูปสี่เหลี่ยม, สามเหลี่ยมหรือหกเหลี่ยมเล็กๆ ขนาดระหว่าง 200-400 ช่องต่อตารางนิ้ว ตามลักษณะโครงสร้าง Monolith Type การไหลของไอเสียเป็นแบบราบเรียบ

2.2 Pellet Type จะประกอบด้วยวัสดุทรงกลมเล็กๆ หรือจะเป็นทรงกระบอกเล็กจำนวนมากบรรจุอยู่ในกล่องเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) วัสดุทรงกลมจะเป็นพวกเซรามิกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว หรือเป็นทรงกระบอกขนาด 1/8 นิ้ว ตัววัสดุพวกนี้ต้องมีคุณสมบัติทนต่อการบิดและขัดสีที่อุณหภูมิสูงได้ (ประมาณ 1000 °C)

ผิวของเซรามิกแบบโมโนลิทจะเคลือบด้วยสารอะลูมินาที่มีคุณสมบัติความเป็นรูปทรงสูง ที่ผิวของอะลูมินาจะมีสารที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพวก Platinum Group Metal (PGM) (ดูรูปที่ 2-34, 2-35) การเคลือบอะลูมินานี้เป็นเทคโนโลยีในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับสภาพไอเสีย ปริมาณสาร PGM ที่ใช้ในเครื่องปรับสภาพไอเสียมีประมาณ 2-3 กรัม



รูปที่ 2-34 ลักษณะการผิวภายในเครื่องปรับสภาพไอเสียด้วยอะลูมินา



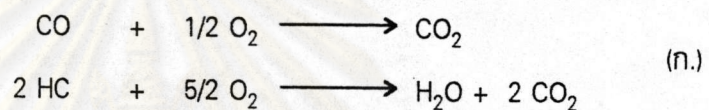
รูปที่ 2-35 การทำปฏิกิริยาแบบมีตัวเร่งบนผิวรูพรุน

### 3 ชนิดของเครื่องปรับสภาพไอเสีย

การแบ่งแยกเครื่องปรับสภาพไอเสียตามวิธีการทำปฏิกิริยาอาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ Oxidation Catalysts และ Oxidation/Reduction Catalysts ซึ่งทั้งสองแบบสามารถแยกออกตามโครงสร้างภายใน ทั้งแบบ Pellet Type หรือ Monolith Type ก็ได้

3.1 Oxidation Catalysts เป็นการออกซิไดซ์ CO และ HC ในไอเสีย ให้กลายเป็น CO<sub>2</sub> และ H<sub>2</sub>O การทำปฏิกิริยา Oxidation มีความจำเป็นต้องใช้ O<sub>2</sub> เป็นส่วนผสมในไอเสีย ตามสมการเคมีดังนี้

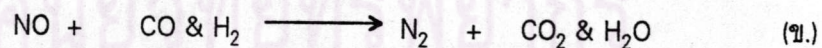
CO และ HC ถูกออกซิไดซ์เป็น CO<sub>2</sub> และ H<sub>2</sub>O



ปริมาณ O<sub>2</sub> ที่ต้องการนี้ ได้มาจากการทำส่วนผสมของเชื้อเพลิงให้เจือจาง หรือใช้ปั๊มอัดอากาศเข้าไปผสมไอเสีย โดยปั๊มอากาศได้พลังงานมาจากเครื่องยนต์ การทำปฏิกิริยาดังกล่าวจะมีในเครื่องปรับสภาพไอเสียแบบออกซิเดชัน

3.2 Oxidation/Reduction Catalysts ในตัวเครื่องปรับสภาพไอเสียชนิดนี้จะมีปฏิกิริยา Oxidation/Reduction อยู่ในตัวเครื่อง ซึ่งมีปฏิกิริยาเคมีดังนี้

CO และ HC ถูกออกซิไดซ์เป็น CO<sub>2</sub> และ H<sub>2</sub>O ตามสมการเคมี (ก.) NO<sub>x</sub> ถูกออกซิไดซ์กลายเป็น N<sub>2</sub> ตามสมการเคมี (ข.)



การทำปฏิกิริยาดังกล่าวจะมีใน Dual-Bed Catalysts และเครื่องปรับสภาพไอเสียแบบ 3 ทาง (Three-Way Catalytic Converter)

### 4. Oxidation Catalytic Converter

หน้าที่ของ OXIDATION CATALYST คือ การทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์กับ CO และ HC ในไอเสียให้กลายเป็น CO<sub>2</sub> และ H<sub>2</sub>O ตามสมการ (ก.)

ดังนั้น ปริมาณ  $O_2$  ส่วนที่ต้องการนี้ อาจได้มาจากการควบคุมให้เครื่องยนต์ทำงานที่อัตราส่วนไอดีเจ็จจางหรืออัตราอากาศเข้าไปในท่อไอเสียช่วงก่อนที่จะผ่านไปยัง Converter ด้วยปริมาณอากาศ ซึ่งใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับ

สาร PGM ที่ใช้กับ Oxidation Catalytic Converter มักจะเป็นส่วนผสมของ Platinum และ Palladium สารพวกนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ดีที่สุดและมีสูง

การใช้ Oxidation Catalytic Converter จะไม่เปลี่ยนแปลงปริมาณ  $NO_x$  ในไอเสีย เนื่องจากเป็น Converter รุ่นแรกๆ ที่ผลิตมาใช้งาน (ช่วงต้นทศวรรษ 1970) การออกแบบจึงมิได้รวมการบำบัด  $NO_x$  ไว้ด้วย อีกทั้งเวลานั้น เกณฑ์การบังคับเกี่ยวกับ  $NO_x$  ยังไม่เข้มงวดมากเหมือนปัจจุบัน การลดปริมาณ  $NO_x$  จึงใช้วิธีลดอุณหภูมิของการเผาไหม้โดยนำไอเสียบางส่วนกลับเข้ามาผสมกับไอดี ก่อนที่จะป้อนเข้าไปในกระบอกสูบเพื่อลดอุณหภูมิการเผาไหม้ลง (Exhaust Gas Recirculation - EGR) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ได้ผลดีและสามารถลด  $NO_x$  ให้คงเหลือในปริมาณที่ต้องการได้

เนื่องจากเกณฑ์บังคับของก๊าซมลสารที่ปล่อยออกมาจากรถยนต์มีความเข้มงวดมากขึ้นในเวลาต่อมา โดยเฉพาะ  $NO_x$  (ในอเมริกา ตั้งแต่ปี 1982 บังคับให้  $NO_x$  ที่ปล่อยออกมากับไอเสีย มีค่าไม่เกิน 1.0 กรัม/ไมล์) ดังนั้นการใช้ Oxidation Catalytic Converter ร่วมกับวิธี EGR เพื่อลดปริมาณ CO HC และ  $NO_x$  ให้อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด จึงเป็นเรื่องยากลำบากมาก ส่วนการเพิ่มปริมาณ EGR ในไอดีให้มากขึ้น กลับก่อให้เกิดเรื่องปัญหาการสั่นของเครื่องยนต์ และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการเร่งพัฒนา Catalytic Converter ขึ้นมาใหม่ให้สามารถบำบัดก๊าซมลสารทั้งสามชนิดได้ ซึ่งก็คือที่มาของ Dual-Bed Catalytic Converter และ Three-Way Catalytic Converter

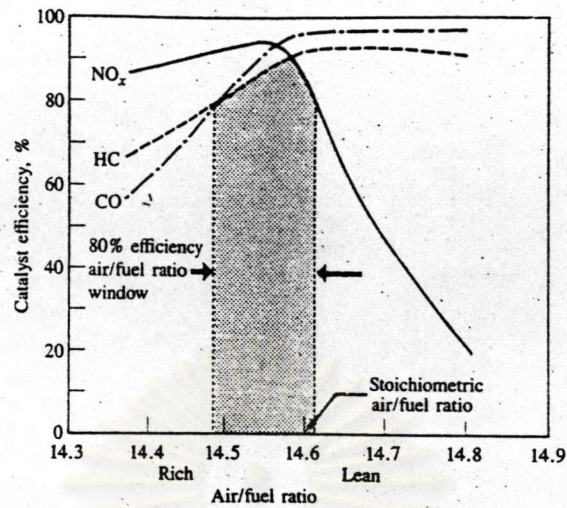
## 5. Dual-Bed Catalytic Converter และ Three-Way Catalytic Converter

5.1 Dual-Bed Catalytic Converter เครื่องปรับสภาพไอเสียแบบนี้ ประกอบด้วย Bed สองส่วนต่อเรียงกัน โดยไอเสียจะไหลผ่าน Bed ส่วนแรกซึ่งเป็น Reduction Catalysts แล้วจึงผ่านไปยัง Bed ส่วนที่สอง ซึ่งเป็น Oxidation Catalyst เนื่องจากปฏิกิริยา Reduction ที่จะเกิดใน Bed ส่วนแรกนั้น ไม่ต้องการให้ไอเสียมีปริมาณ  $O_2$  อยู่หรือมีอยู่น้อยที่สุด (Rich Mixture) แต่ส่วนของ Oxidation Catalyst ต้องการไอเสียที่มี  $O_2$  อยู่มากพอสมควร ดังนั้นไอเสียที่มาจากเครื่องยนต์จะต้องมี  $O_2$  อยู่เล็กน้อย เพื่อให้ตรงกับความต้องการของปฏิกิริยาที่จะเกิดใน Bed ส่วน

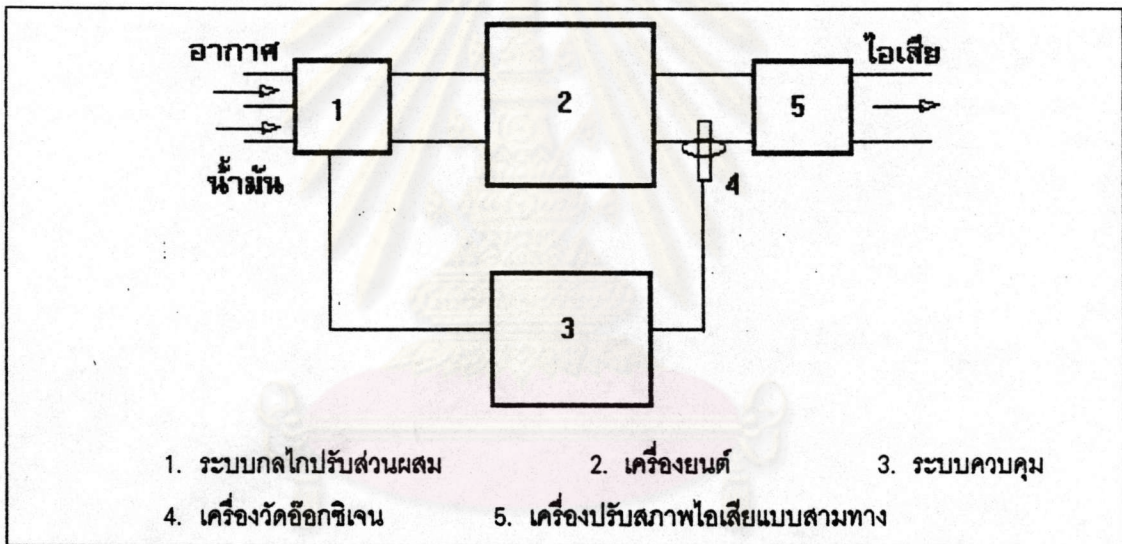
เชื้อเพลิง ใน Bed ส่วนแรก  $\text{NO}_x$  จะถูกรีดิวซ์ด้วย CO และ HC เป็น  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  จากนั้นไฮโดรเจนจะไหลไปผสมกับอากาศที่ปล่อยเข้ามา แล้ว CO และ HC จะถูกออกซิไดซ์ภายใน Bed ส่วนที่สองเป็น  $\text{CO}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  ข้อเสียคือ  $\text{NH}_3$  มักจะเกิดปฏิกิริยา Reduction ภายใน Bed ส่วนแรก และ  $\text{NH}_3$  จำนวนนี้จะถูก Re-Oxidized กลับมาเป็น NO อีกใน Bed ส่วนที่สองโดยขึ้นอยู่กับชนิดของสาร PGM ที่ใช้เคลือบ ในส่วนของ Reduction Catalyst ถ้าเรียงลำดับตามความต้านทานมากไปน้อยของสาร PGM ต่อการก่อให้เกิด  $\text{NH}_3$  ก็จะได้ดังนี้ Ruthenium, Rhodium, Palladium และ Platinum

5.2 Three-Way Catalysts เป็นเครื่องปรับสภาพไอเสียที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เครื่องปรับสภาพไอเสียนี้ กำจัดมลสารทั้งสาม CO, HC และ  $\text{NO}_x$  จะถูกบำบัดไปพร้อมกัน ดังนั้นจึงเป็นที่มาของชื่อ "เครื่องปรับสภาพไอเสียแบบ 3 ทาง" (Three-Way Catalytic Converter) เครื่องปรับสภาพไอเสียนี้ไม่ต้องการอากาศเพิ่มเติมจากภายนอก ดังนั้นจึงไม่ต้องมีปั๊มพ้ออากาศ แต่มีข้อจำกัดที่ว่าอัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง จะต้องมีความใกล้เคียงกับ Stoichiometric A/F Ratio และค่า A/F Ratio ในขณะเครื่องยนต์ทำงานจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงเกินกว่า 0.05 ซึ่งเป็นช่วง A/F Ratio ที่แคบมาก ดังในรูปที่ 2-36 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของ Catalyst ในการบำบัด CO, HC และ  $\text{NO}_x$  กับปริมาณ A/F Ratio ที่ค่าต่างๆ และช่วงของ A/F Ratio ที่ทำให้มีประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซมลสารทั้งสามชนิดสูงสุด

จะเห็นว่าการควบคุม A/F Ratio ให้อยู่ในช่วงที่กำหนดนี้ค่อนข้างจะเกินความสามารถของเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ธรรมดาต่างๆ ไป หรือแม้แต่เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหัวฉีดก็ตาม ดังนั้นการควบคุม A/F Ratio ให้อยู่ในช่วงดังกล่าวได้ ต้องอาศัยวิธี Closed-Loop Control เท่านั้น โดยการใช้ Oxygen Sensor ติดตั้งไว้ที่ท่อไอเสีย ก่อนที่จะถึงเครื่องปรับสภาพไอเสีย สัญญาณจาก Oxygen Sensor จะส่งไปยังหน่วยควบคุม (Electronically Controlled Unit) ซึ่งหน่วยควบคุมนี้จะแปรสัญญาณ แล้วจึงส่งสัญญาณไปควบคุมระบบจ่ายเชื้อเพลิงให้ปรับส่วนของไอเสียให้อยู่ภายในช่วงที่ควบคุมอีกทอดหนึ่ง รูปที่ 2-37



รูปที่ 2-36 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดมลสารกับปริมาณ A/F Ratio ที่ค่าต่างๆ



รูปที่ 2-37 แผนภาพแสดงวงจรการควบคุมอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง

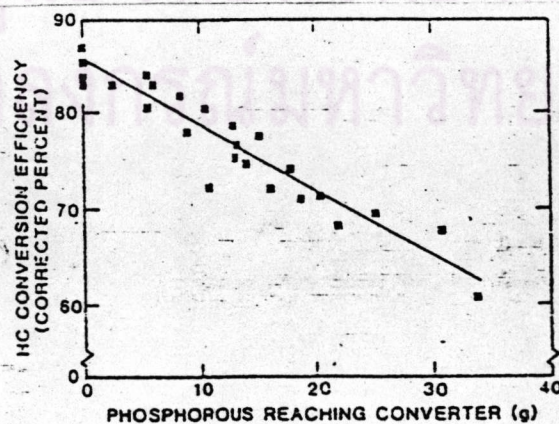
6. คุณสมบัติของเครื่องปรับสภาพไอเสีย และเงื่อนไขการใช้งาน

เครื่องปรับสภาพไอเสีย นั้น จะทำงานที่อุณหภูมิสูงพอเหมาะ ดังรูปที่ 2-12 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดกับอุณหภูมิของ Catalyst ถ้าอุณหภูมียังไม่เกิน 230-250 °C (Light-Off Temperature) ประสิทธิภาพของการบำบัดก๊าซมลสารจะมีค่าต่ำกว่า 50% และช่วงที่ให้ประสิทธิภาพสูงพร้อมๆ กับรักษาอายุการใช้งานด้วย อุณหภูมิควรอยู่ระหว่าง 400-800 °C ในช่วงอุณหภูมิ 800-1000 °C การเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน (Thermal Degradation) ของสาร PGM และอะลูมินาจะเกิดขึ้นอย่างรุนแรง ดังนั้นระยะเวลาที่ Catalyst ทำงานในช่วงอุณหภูมิสูงมากนี้ มีอิทธิพลมากกับอายุการใช้งานของเครื่องปรับสภาพไอเสีย ในกรณีเครื่องยนต์ทำงานผิดปกติ เช่น Misfire อุณหภูมิของไอเสียอาจเพิ่มสูงกว่า 1400 °C อุณหภูมิ



ที่เป็นโครงสร้างภายใน ดังนั้นระบบจุดระเบิดควรจะใช้ชนิดที่มีความแม่นยำ, คงทน และมีความเชื่อถือได้สูง เช่น Electronic Ignition System

อีกสิ่งหนึ่งที่ทำให้อายุการใช้งานของเครื่องปรับสภาพไอเสียสั้นลง ก็คือ Poisoning โดย Additives ที่มีอยู่ในน้ำมันก๊าซโซลีน เช่น สารตะกั่ว ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้ค่าออกเทนของน้ำมันมีค่าสูงขึ้น สารอีกตัวหนึ่งคือ ส่วนผสมระหว่าง Ethylene Dibromide และ Ethylene Dichloride ซึ่งจะทำให้เกิดออกไซด์สารตะกั่ว (Lead Oxide) ที่ไม่ระเหยและมักจะเกาะอยู่ในผนังห้องเผาไหม้ กลายเป็นสารที่ระเหยได้โดยอยู่ในรูปของ Lead Bromide และ Lead Chloride ซึ่งปล่อยออกมากับไอเสีย สารประกอบของตะกั่วเหล่านี้ จะไปเคลือบผิวที่เป็นรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นจะป้องกันการสัมผัสกันระหว่างมลสาร กับสาร PGM ทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้น้อยลง นั่นก็คือว่า เครื่องยนต์ที่ติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียจะต้องใช้น้ำมันก๊าซโซลีนไร้สารตะกั่วเท่านั้น นอกจากนั้น กำมะถันในน้ำมันก๊าซโซลีนและฟอสฟอรัสในน้ำมันหล่อลื่น ก็สามารถทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยา เกิด Poisoning ได้ด้วยเหมือนกัน รูปที่ 2-13 และรูปที่ 2-38 แสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการบำบัด HC ที่ลดลงของตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่ออัตราการสะสมสารตะกั่ว และฟอสฟอรัสในตัวเร่งปฏิกิริยามีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า เมื่อระยะเวลาในการใช้งานของเครื่องปรับสภาพไอเสียเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการบำบัดมลสารย่อมจะต้องมีค่าลดลง ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการระวังรักษาของผู้ใช้ เช่น ไม่ควรใช้ร่วมกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีสารตะกั่ว แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้เครื่องยนต์จะใช้เฉพาะน้ำมันก๊าซโซลีนไร้สารตะกั่วประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาก็ยังมีค่าลดลงได้บ้าง อันมีสาเหตุมาจากฟอสฟอรัสและกำมะถัน แต่ก็คงจะมีผลกระทบไม่รุนแรง และรวดเร็วเหมือนผลจากสารตะกั่ว ในกรณีอายุการใช้งานของเครื่องปรับสภาพไอเสีย ตามข้อบังคับของประเทศอเมริกาควรจะต้องใช้งานได้เป็นเวลานานประมาณ 5 ปี หรือเป็นระยะทางประมาณ 80000 กม.



รูปที่ 2-38 แสดงประสิทธิภาพของ HC ที่ลดลง เมื่อเกิดการสะสมฟอสฟอรัสบนผิวตัวเร่งปฏิกิริยา

## 7. ข้อแนะนำในการใช้เครื่องปรับสภาพไอเสีย และการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดมลสาร

7.1 เครื่องยนต์ ควรมีสภาพสมบูรณ์ ไม่มีปัญหาเรื่องเครื่องยนต์ เช่น เครื่องยนต์ หลวม ซึ่งจะส่งผลให้การสมรรถนะของเครื่องยนต์ ตลอดจนประสิทธิภาพการบำบัดมลสารลดลง นอกจากนี้คาร์บูเรเตอร์ควรมีสภาพสมบูรณ์ และได้รับการปรับแต่งอย่างถูกต้อง เพื่อไม่ให้เกิดส่วนผสมหนาแน่นมาก ซึ่งทำให้การบำบัดมลสารไม่ได้ผล

### 7.2 แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน คือ

7.2.1 การลดผลกระทบของความดันย้อนกลับ ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังของเครื่องยนต์ โดยหาวิธีการติดตั้งให้ความดันย้อนกลับน้อยหรือเทียบเท่าของเดิม ตัวอย่างเช่น การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียแทนหม้อพักไอเสีย (Premuffler) แต่ควรระวังการเกิดเสียงดังเกินมาตรฐานและกฎหมายบังคับ นอกจากนี้ ควรเลือกขนาดเครื่องปรับสภาพไอเสียแบบ ออกซิเดชันให้เหมาะสมกับขนาดเครื่องยนต์ ตัวอย่าง เช่น ขนาด 1.4 ลิตร เหมาะกับเครื่องยนต์ขนาดเล็ก และ ขนาด 1.7 ลิตร เหมาะกับเครื่องยนต์ขนาดใหญ่

7.2.2 การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับช่วงใช้งาน ควรติดตั้งฉนวนกันความร้อนระหว่างสำหรับเครื่องยนต์จนถึงเครื่องปรับสภาพไอเสีย เพื่อที่จะช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อน และรักษาอุณหภูมิของเครื่องปรับสภาพไอเสียให้อยู่ในช่วงใช้งาน  $375^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$

### 7.3 ข้อควรระวังในการใช้งาน

7.3.1 ควรใช้น้ำมันไร้สารตะกั่วเท่านั้น เพราะ ตะกั่วจะเป็นตัวไปเคลือบผิวเครื่องปรับสภาพไอเสีย ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง การป้องกันการเติมผิด ควรแก้ไขรูเติมน้ำมันให้เล็กลง สำหรับเติมน้ำมันชนิดไร้สารเท่านั้น

7.3.2 การกินน้ำมันเครื่องไม่ควรเกิน 0.12 ลิตร/ระยะทาง 1,000 กม. ฟอสฟอรัสจะไปสะสมที่ผิว Catalyst ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง

7.3.3 ดูแลเครื่องยนต์ไม่ให้เกิดการเผาไหม้ผิดพลาด (MISFIRE) สาเหตุเกิด หัวเทียนไม่ได้จุดระเบิด หรือส่วนผสมหนาแน่นมาก ส่วนผสมเหล่านี้ก็จะเข้าไปเผาไหม้ในระบบท่อไอเสีย ทำให้อุณหภูมิไอเสียร้อนสูงกว่า  $1400^{\circ}\text{C}$  จนหลอมละลายโครงสร้างภายในเครื่องปรับสภาพไอเสีย

7.4 การนำไปติดตั้งกับรถยนต์ โดยทั่วไปจะติดตั้งใกล้เครื่องยนต์มากที่สุด แต่ควรระมัดระวังสภาพเครื่องยนต์ไม่ให้เกิดเผาไหม้ที่ผิดปกติ ซึ่งจะก่อให้เกิดอุณหภูมิสูงที่ภายในท่อไอเสีย ผลที่ตามมาคือสารเคลือบผิวบนเครื่องปรับอากาศไอเสียเกิดความเสียหาย ในการติดตั้งโดยทั่วไปจะติดตั้งบริเวณช่องว่างระหว่างเครื่องยนต์กับตัวถัง หรือบริเวณกลางตัวถัง นอกจากนี้ควรคำนึงถึงความร้อนที่เกิดขึ้นภายใต้เครื่องปรับอากาศไอเสีย โดยปกติจะติดตั้งห่างจากตัวประมาณ 5 ซม. เพื่อป้องกันความร้อนไปหลอมละลายหรือ ไฟไหม้ ชิ้นส่วนภายใน เช่น พรมหรือยางปูพื้น



ศูนย์วิทยพัทยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย