วิวัฒนาการและการใช้งานของคาร์บิวเร็ทเทอร์ในเครื่องยนต์เบนซิน

น.ต.สุรศักดิ์ ปานเกษม
กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

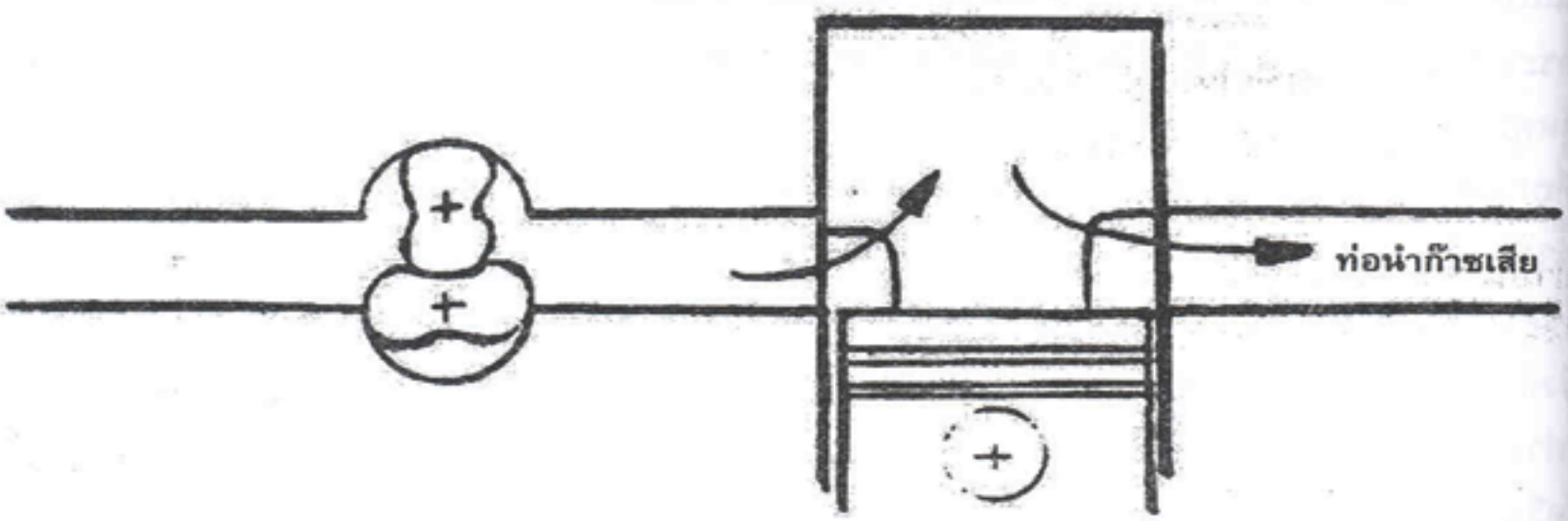
เครื่องยนต์เป็นเครื่องจักรความร้อนชนิดหนึ่งที่ทำงานระหว่างแหล่งความร้อนสองแห่ง คือ แหล่งพลังงานอุณหภูมิสูง (Source) และแหล่งพลังงานอุณหภูมิต่ำ (Sink) และมีหน้าที่ในการผลิตพลังงานที่เป็นประโยชน์ออกมา ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องยนต์จะเป็นไปตามกฎข้อที่ ๑ และกฎข้อที่ ๒ ของเทอร์โมไดนามิกส์ นั่นคือ พลังงานของระบบที่เราพิจารณาจะไม่มีการสูญหายแต่สามารถที่จะเปลี่ยนรูปแบบของพลังงานได้ และในการเปลี่ยนแปลงสภาวะตามกระบวนการใดของระบบ เอ็นโทรพีของระบบจะเพิ่มขึ้นเสมอ นั่นคือข้อจำกัดของวิศวกรผู้คิดค้นและพยายามประดิษฐ์เครื่องยนต์ชนิดต่าง ๆ ว่า เขาไม่สามารถประดิษฐ์เครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพการทำงาน ๑๐๐% ได้ แต่เขาจะต้องพยายามคิดค้นเครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงที่สุด และมีสมรรถภาพการทำงานที่ดีพอในการนำไปใช้งาน เมื่อพิจารณาเฉพาะวิวัฒนาการของเครื่องยนต์เราก็ต้องมองไปที่ผลงานของสองวิศวกรชาวเยอรมันคือ นิโคลัส เอากุส อ๊อตโตและรูดอร์ฟ ดีเซล เริ่มตั้งแต่เครื่องยนต์สี่จังหวะ สูบเดียวของ อ๊อตโต ที่ถูกประดิษฐ์ขึ้นในเดือนพฤษภาคม ปี ค.ศ ๑๘๗๖ และเครื่องยนต์ของ รูดอร์ฟ ดีเซล ในการทดสอบครั้งที่สามของเขาในปี ค.ศ. ๑๘๙๗ สามารถให้ประสิทธิภาพการทำงานได้ถึง ๒๖.๒% นั่นคือจุดเริ่มต้นของเครื่องยนต์เบนซินและดีเซลตามลำดับ จากนั้นมามีวิศวกรอีกมากมายที่พยายามปรับแต่งการทำงานของเครื่องยนต์เบนซินและดีเซลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานมากขึ้นเช่น ในปี ค.ศ. ๑๙๒๕ บุชชี่ติดตั้งชุดกังหันอัดอากาศ (Turbocharger) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งทำให้เครื่องยนต์มีระบบการทำงานที่ซับซ้อนมากขึ้น แต่การปรับปรุงส่วนใหญ่ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงในหลักการทำงานของเครื่องยนต์ และมักจะผูกพันกับการเพิ่มเติมชุดอุปกรณ์ต่าง ๆ อาจมีข้อยกเว้นบ้างดั่งเช่น กรณีของคาร์บิวเร็ทเทอร์ (Carburator) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผสมอากาศดีที่เครื่องยนต์ดูดเข้ามากับน้ำมันเชื้อเพลิง ให้ได้ส่วนผสมที่เหมาะสมกับการจุดระเบิดและการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซิน ที่นับวันจะค่อย ๆ สูญหายไปจากเครื่องยนต์เบนซินสี่จังหวะในรถยนต์ส่วนบุคคลทั่วไปเพื่อการเข้าใจทางเทคนิคที่ดีขึ้นกับการจากไปอย่างช้า ๆ ของคาร์บิวเร็ทเทอร์นี้ ผู้เขียนจะขออธิบายการแบ่งประเภทและหลักการทำงานของเครื่องยนต์โดยทั่วไป เสียก่อน

ประเภทและหลักการทำงานของเครื่องยนต์

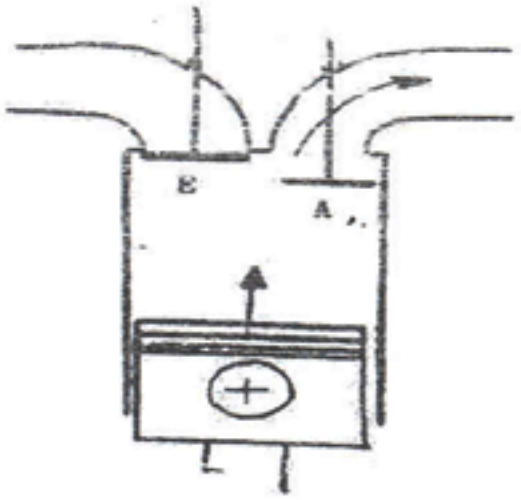
เมื่อแบ่งตามคุณลักษณะเฉพาะในการทำงานของเครื่องยนต์ เราสามารถแบ่งประเภทของเครื่องยนต์ ตามชื่อของวิศวกรผู้คิดค้นและพัฒนาเครื่องยนต์ได้เป็นสองประเภทคือ เครื่องยนต์ดีเซลของ

รูดอร์ฟ ดีเซล และเครื่องยนต์อ็อตโต (ที่มีชื่อเรียกทั่วไปว่าเครื่องยนต์เบนซิน) ของนิโคลัส เอากุส อ็อตโต นั่นเอง **เครื่องยนต์ดีเซล** เป็นเครื่องยนต์ที่มีลักษณะเฉพาะคือ **มีการจุดระเบิดด้วยตัวเอง** ในกระบอกสูบ และเพื่อให้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่เกิดการจุดระเบิดก่อนที่ลูกสูบจะอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมก็คือจุดศูนย์ตายบน เราจึงมักจะกำหนดจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้และผสมกับอากาศที่ถูกอัดแล้ว ก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายบนเพียงเล็กน้อย ดังนั้นลักษณะของการผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศจึงเป็น **การผสมภายใน** เนื่องจากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซล ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ช่วย ดังนั้นระดับความดันและอุณหภูมิในกระบอกสูบ ณ จุดที่มีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปจึงต้องมีค่าสูงมาก ผลที่ตามมาก็คือค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาตรสูงสุดและปริมาตรต่ำสุดของกระบอกสูบ (ค่าอัตราการอัดตัว, ε) ของเครื่องยนต์ดีเซลจึงต้องมีค่าที่สูงด้วย (ε = 15-22) เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลมอเตอร์แล้ว การจุดระเบิดของเครื่องยนต์เบนซินต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการจุดระเบิดคือ **หัวเทียน** ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ (แต่ไม่จำเป็นเสมอไป) ที่เราจะผสมน้ำมันเชื้อเพลิง และอากาศดีเข้าด้วยกันภายนอกกระบอกสูบที่เราเรียกว่า **การผสมภายนอก** ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมไม่ให้สารผสมน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศเกิดการจุดระเบิดด้วยตัวเอง ค่าอัตราการอัดตัวของเครื่องยนต์เบนซินจึงต้องมีค่าไม่สูงมาก โดยปกติจะมีค่าระหว่าง ๘.๕ – ๑๒

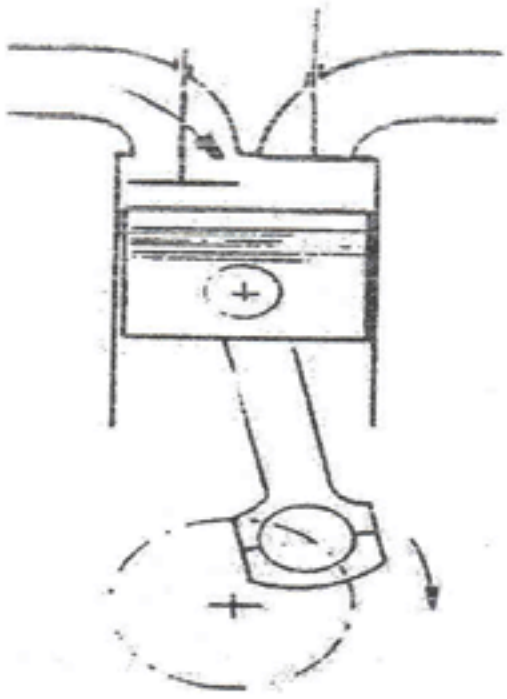
นอกเหนือจากการแบ่งประเภทของเครื่องยนต์ดังกล่าวแล้ว เรายังสามารถแบ่งประเภทของเครื่องยนต์ตามจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ หรือตามจังหวะการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบในกระบอกสูบนั่นเอง เครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินนั้นเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน หมายความว่าปฏิกิริยาการเผาไหม้ของสารผสมน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศเกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ ซึ่งก็คือปริมาตรระหว่างลูกสูบและฝาสูบ ก๊าซเสียที่เกิดจากการเผาไหม้จำเป็นต้องได้รับการขับออกไป และทดแทนด้วยอากาศดีสำหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้ในครั้งต่อไป (ซึ่งสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน อากาศดีที่จะเข้ามาในห้องเผาไหม้ นี้สามารถพาน้ำมันเข้ามาได้ด้วย เพราะฉะนั้นคำว่าอากาศดีในที่นี้อาจหมายถึงสารผสมอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เบนซินก็ได้) ข้อแตกต่างระหว่างเครื่องยนต์สองจังหวะและสี่จังหวะอยู่ที่กลไกในการขับก๊าซเสียออกและแทนที่ด้วยอากาศดีนี่เอง **เครื่องยนต์สองจังหวะ** (ดูรูปที่ ๑) จะมีการขับก๊าซเสียออกในจังหวะที่ปริมาตรของลูกสูบมีค่าสูงสุด โดยอากาศดีจะถูกเป่าด้วยพัดลมผ่านช่องทางอากาศเข้าที่ผนังของกระบอกสูบ และดันก๊าซเสียออกทางช่องอากาศออกเข้าสู่ท่อก๊าซเสีย ขั้นตอนดังกล่าวจะเกิดขึ้นเร็วมาก โดยที่ลูกสูบแทบจะไม่มีการเคลื่อนที่ **เครื่องยนต์สี่จังหวะ** (ดูรูปที่ ๒) จะไม่มีพัดลม แต่การขับก๊าซเสียออกผ่านทางลิ้นไอเสียจะเกิดขึ้น ในจังหวะที่ลูกสูบมีการเคลื่อนที่จากจุดศูนย์ตายล่างสู่จุดศูนย์ตายบนและเกิดขึ้นขณะที่ปริมาตรของกระบอกสูบมีค่าต่ำที่สุด ในจังหวะต่อมาเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงอากาศดีก็จะถูกดูดเข้าสู่กระบอกสูบผ่านลิ้นไอดี เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะเห็นว่าเครื่องยนต์สี่จังหวะมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบมากกว่าเครื่องยนต์สองจัวหวะอยู่หนึ่งครั้งเพื่อให้ได้ผลของการทำงานที่เหมือนกัน นั่นก็คือเพลาข้อเหวี่ยงจะมีการหมุนมากกว่าเครื่องยนต์สองจังหวะหนึ่งรอบนั่นเอง

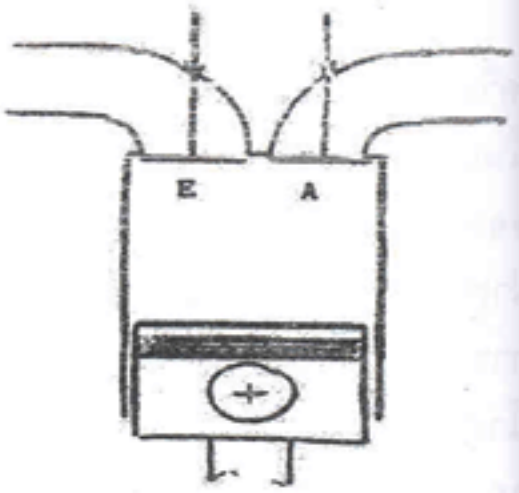


รูปที่ ๑ หลักการทำงานของเครื่องยนต์สองจังหวะ



เริ่มการขับก๊าซเสียออก
จากห้องเผาไหม้





สิ้นสุดการขับก๊าซเสีย
ออกจากห้องเผาไหม้

E = ลิ้นไอดี
A = ลิ้นไอเสีย

พัฒนาการของคาร์บิวเร็ทเทอร์ในเครื่องยนต์เบนซิน

จากความสัมพันธ์ทางเทคนิคดังกล่าวข้างต้น ทั้งหัวเทียนจุดระเบิดและคาร์บิวเร็ทเทอร์จึงมีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องยนต์เป็นอย่างยิ่ง คาร์บิวเร็ทเทอร์ในยุคแรก ๆ ทำงานโดยอาศัยหลักการระเหยของน้ำมันเบนซินในถังเก็บน้ำมัน โดยการใช้ความร้อนของก๊าซเสียให้เป็นประโยชน์ คาร์บิวเร็ทเทอร์ประเภทนี้ จึงมีชื่อเรียกว่าคาร์บิวเร็ทเทอร์แบบพื้นผิว นั่นคือเฉพาะน้ำมันเบนซินส่วนที่

อยู่บริเวณผิวหน้าส่วนบนเท่านั้นจะค่อย ๆ ระเหยกลายเป็นไอ และถูกอากาศดีพาเข้าไปในห้องเผาไหม้ ซึ่งในช่วงแรกของการทดลองใช้คาร์บิวเร็ทเทอร์แบบนี้ ปรากฏว่าเกิดอุบัติเหตุที่ร้ายแรงและนำมาซึ่งการเสียชีวิตและทรัพย์สินหลายครั้ง เนื่องจากเปลวไฟที่เกิดจากการจุดระเบิดในห้องเผาไหม้ มีการย้อนกลับเข้าไปในถังเก็บน้ำมันจึงทำให้เกิดการระเบิดขึ้น ภายหลังจากที่ได้มีการสร้างระบบป้องกันการย้อนกลับของเปลวไฟไปยังคาร์บิวเร็ทเทอร์ ทำให้คาร์บิวเร็ทเทอร์ประเภทนี้สามารถถูกนำกลับมาใช้งานได้อีกครั้งหนึ่ง อย่างไรก็ตามคาร์บิวเร็ทเทอร์นี้เหมาะสำหรับเครื่องยนต์ที่มีความเร็วรอบต่ำเท่านั้น (ประมาณ ๕๐๐ รอบต่อนาที) หากแต่เมื่อเครื่องยนต์ต้องให้กำลังงานมากขึ้น ต้องหมุนเร็วขึ้น ปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต้องการในห้องเผาไหม้ก็ต้องมากตามไปด้วย แม้จะมีความพยายามเพิ่มพื้นผิว เพื่อการระเหยของน้ำมันให้มากขึ้น แต่ปริมาณน้ำมันก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของเครื่องยนต์ ความคิดสร้างสรรค์ต่อมาเป็นของ ซีกฟริด มาร์คุสและวิลเลียม เมย์บัค ทั้งสองมีแนวความคิดเดียวกันว่าเป็นการง่ายกว่าในทางปฏิบัติ ถ้าจะทำน้ำมันให้เป็นหยดน้ำมันขนาดเล็กหรือละอองน้ำมัน แล้วให้อากาศดีพาเข้าไปในห้องเผาไหม้ ในทางปฏิบัติ ซีกฟริด มาร์คุสได้ใช้หลักการง่าย ๆ ในชีวิตประจำวันเมื่อเรานำนิ้วโป้งมากรีดผ่านแปรงสีฟันที่ชุ่มไปด้วยน้ำซึ่งจะทำให้น้ำกระเด็นออกมาเป็นฝอย ๆ ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกคาร์บิวเร็ทเทอร์ของซีกฟริดว่าคาร์บิวเร็ทเทอร์แบบแปรง โดยซีกฟริดใช้ขดแปรงที่มีลักษณะกลมหมุนในถังเก็บน้ำมันซึ่งน้ำมันจะถูกเร่งจากการหมุนของขดลวดและกลายเป็นละอองน้ำมันที่ถูกพาต่อไปยังห้องเผาไหม้ แม้จะมีผู้มีความสงสัยในการทำงานของคาร์บิวเร็ทเทอร์แบบนี้แต่ซีกฟริดก็ได้พิสูจน์ให้เห็นว่า ผลงานของเขาสามารถใช้งานได้และเขาได้ทำการจดลิขสิทธิ์คาร์บิวเร็ทเทอร์แบบแปรงของเขาในปี ค.ศ ๑๘๘๒

เมื่อเปรียบเทียบกับซีกฟริก มาร์คุสแล้วแนวความคิดของวิลเลี่ยม เมย์บัค ได้ใช้ประโยชน์จากความรู้ทางกลศาสตร์ของไหลมากกว่า และแนวความคิดนั้นก็ได้ถูกใช้เป็นหลักในการออกแบบคาร์บิวเร็ทเทอร์จนถึงปัจจุบัน เมย์บัคได้พิจารณาการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบในกระบอกสูบและผลของมัน ที่มีต่อการไหลเข้าของอากาศดีเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงและอากาศถูกดูดเข้ามาในท่อนำอากาศดี ซึ่งเริ่มตั้งแต่ส่วนที่กรองอากาศจนถึงท่อไอดีและเข้าสู่กระบอกสูบ ซึ่งการเกิดอากาศนี้จะเกิดขึ้นหนึ่งครั้งในทุก ๆ สี่จังหวะการทำงานของกระบอกสูบหนึ่งกระบอก นั่นทำให้อากาศไหลอย่างสม่ำเสมอเข้ามาในท่อนำอากาศดี ถ้าเราทำการลดขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อนำอากาศดีแล้ว ตามกฎของการไหลอย่างอุดมคติของเบอร์นูลลี่ที่กล่าวว่าผลรวมของพลังงานตลอดเส้นทางการไหลจะมีค่าคงที่ อากาศ ณ พื้นที่หน้าตัดบริเวณนี้จะถูกเร่ง (มีความเร็วหรือมีพลังงานจลน์เพิ่มมากขึ้น) และความดันสถิตจะมีค่าลดลง ดังสมการ

$$\frac{P}{\rho}+\frac{V^2}{2}+gz \;=\; \text{คงที่}$$

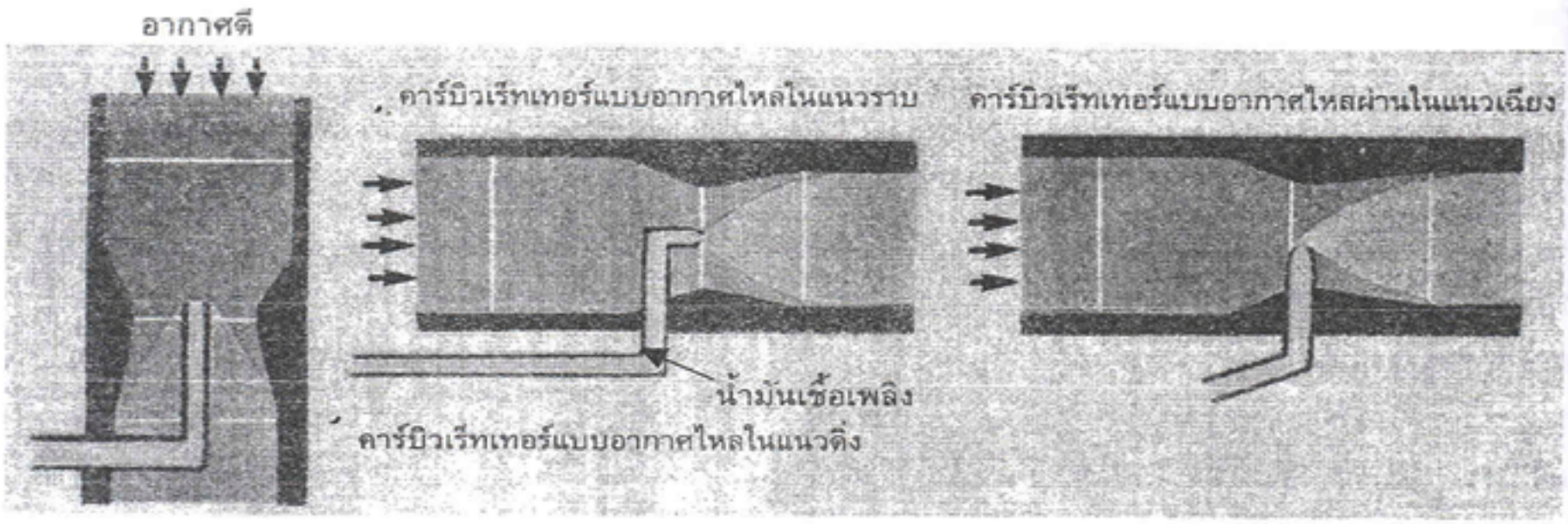
เมื่อ $\frac{P}{\rho}$ คือ งานเนื่องจากการไหล หรือ พลังงานเนื่องจากการไหล (Flow Energy)

$\frac{V^2}{2}$ คือ พลังงานจลน์อันเนื่องมาจากการที่อนุภาคของไหลมีความเร็ว V

gz คือ พลังงานศักย์อันเนื่องมาจากความสูงของอานุภาคของไหลจากระดับอ้างอิง

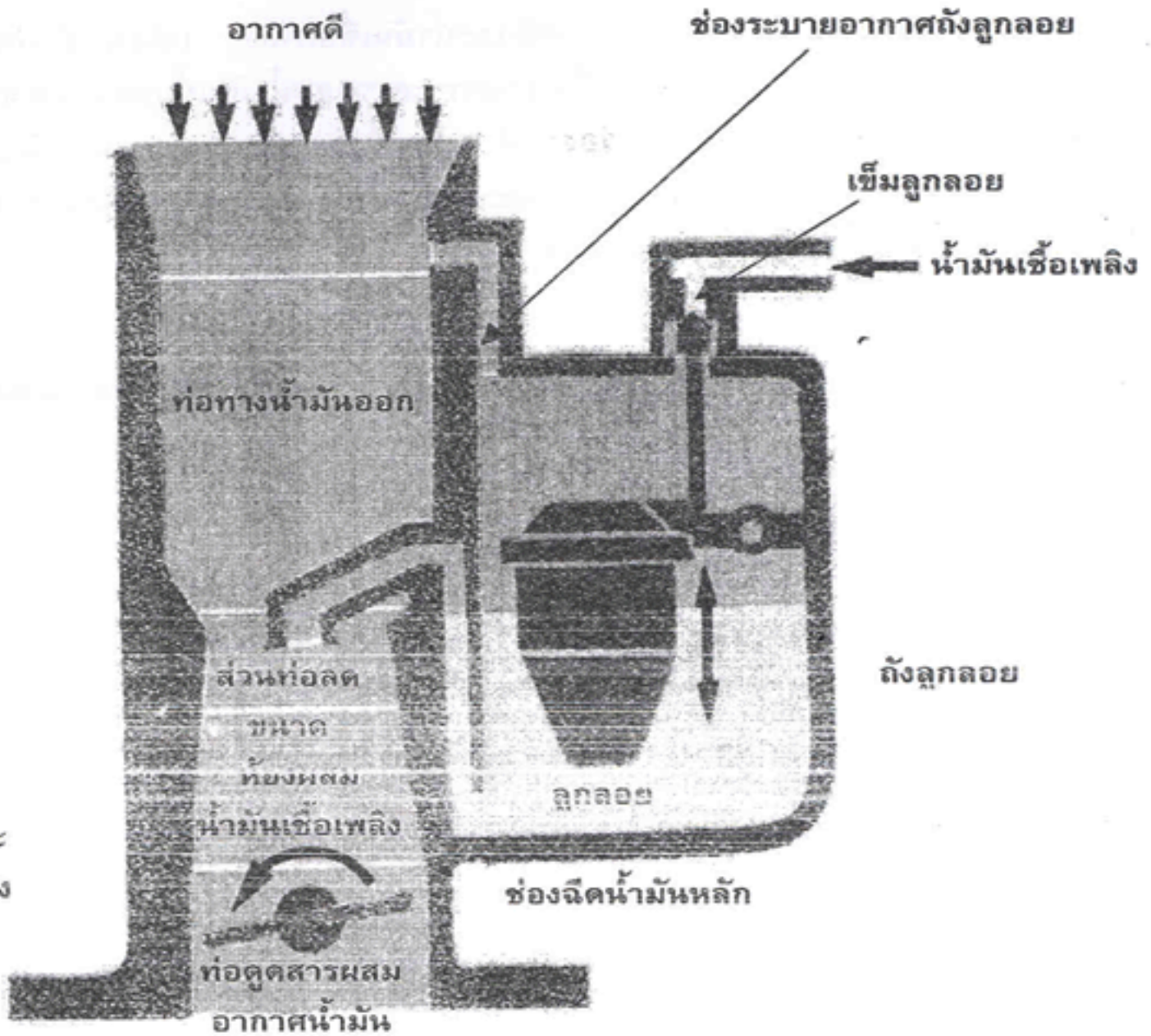
เมย์บัดจึงทำการลดพื้นที่หน้าตัดของท่อนำอากาศดี ณ ที่ใดที่หนึ่ง และนำท่อน้ำมันขนาดเล็กเข้ามาวางที่บริเวณนี้ ท่อน้ำมันเชื้อเพลิงนี้จะเต็มไปด้วยน้ำมัน และเมื่ออากาศดีที่ถูกดูดเข้ามาพัดผ่านบริเวณนี้ด้วยความแตกต่างของความดันน้ำมันภายในท่อ และความดันต่ำบริเวณท่อที่ถูกลดขนาดจะทำให้น้ำมันถูกอากาศดีพัดพาไปด้วย และทำให้เกิดกลุ่มละอองน้ำมัน การพัดพาน้ำมันของอากาศดีนี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเนื่องจากความแตกต่างของความดันมีค่าสูงผลที่เกิดจึงมีลักษณะ เหมือนกับว่าท่อน้ำมันมีการฉีดน้ำมันเข้าไปในอากาศที่พัดผ่านตลอดเวลา เมย์บัดเรียกคาร์บิวเร็ทเทอร์ของเขาว่าคาร์บิวเร็ทเทอร์แบบหัวฉีด และด้วยหลักการเดียวกันนี้คาร์บิวเร็ทเทอร์ได้ถูกออกแบบในเวลา ๑๐๐ ปีต่อมา จะต่างกันก็เพียงลักษณะการพัดผ่านของอากาศดีผ่านหัวฉีดท่อส่งน้ำมันเท่านั้น ตามลักษณะการพัดผ่านของอากาศดีผ่านหัวฉีดน้ำมันและการฉีดของน้ำมันออกจากท่อนี้ เราสามารถแบ่งประเภทของคาร์บิวเร็ทเทอร์ได้ ๓ ประเภท ดังแสดงในรูปที่ ๓ คือ

๑. คาร์บิวเร็ทเทอร์แบบอากาศไหลในแนวดิ่ง
๒. คาร์บิวเร็ทเทอร์แบบอากาศไหลในแนวราบ
๓. คาร์บิวเร็ทเทอร์แบบอากาศไหลผ่านในแนวเฉียง



รูปที่ ๓ คาร์บิวเร็ทเทอร์ประเภทต่าง ๆ

การที่จะเลือกคาร์บิวเร็ทเทอร์แบบใดเพื่อการใช้งานส่วนใหญ่ ขึ้นอยู่กับพื้นที่ว่างในห้องเครื่องที่วิศวกรมีอยู่นั่นเอง แม้ว่าในเวลาที่ผ่านมาคาร์บิวเร็ทเทอร์แต่ละรูปแบบจะได้รับการพัฒนา ทำให้มีความซับซ้อนในชิ้นส่วนและอุปกรณ์มากขึ้นแต่ว่าหลักการทำงานยังคงเหมือนเดิม



รูปที่ ๔ หลักการทำงานของคาร์บิวเร็ทเทอร์

รูปที่ ๔ แสดงการทำงานของคาร์บิวเร็ทเทอร์ เมื่อผู้ขับเหยียบคันเร่งจะทำให้วาวล์ปีกผีเสื้อเปิดออกและในจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงและลิ้นไอดีเปิด อากาศจะถูกดูดเข้ามาในท่อนำอากาศดีเมื่ออากาศดีไหลผ่านท่อน้ำมันก็จะพาละอองน้ำมันไปด้วย โดยน้ำมันที่ไหลมาจากถังน้ำมันจะมาพักอยู่ที่ถังลูกลอย ลูกลอยส่วนใหญ่ทำมาจากวัสดุสังเคราะห์ – แต่ก่อนมักทำมาจากโลหะผสมทองแดงสังกะสี – การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำมันในถังจะทำให้ลูกลอยเคลื่อนที่ขึ้นและลง เช่น เมื่อระดับน้ำมันในถังลูกลอยลดลงลูกลอยจะเคลื่อนที่ลง ทำให้เข็มลูกลอยที่ติดอยู่กับลูกลอยเปิดออกน้ำมันในท่อส่งน้ำมันจากถังก็จะไหลลงมาทำให้ลูกลอยลอยขึ้นจนกระทั่งเข็มลูกลอยไปปิดท่อส่งน้ำมัน ด้วยความสัมพันธ์ของคำสั่งจากผู้ใช้งานผ่านคันเร่งและลิ้นปีกผีเสื้อ กับการตอบสนองของเครื่องโดยการจ่ายน้ำมันผ่านระดับของลูกลอยและท่อส่งน้ำมันเช่นนี้ทำให้มีน้ำมันในปริมาณที่เพียงพอเสมอต่อการใช้งาน นอกจากนี้การวางตำแหน่งถังลูกลอยที่ชาญฉลาดสามารถช่วยการทำงานของเครื่องยนต์ในสภาวะที่ต่าง ๆ กันได้ เช่น ถ้าวาง

ถังลูกลอยให้อยู่ข้างหน้าของห้องผสมอากาศดีและน้ำมันเชื้อเพลิง (เมื่อมองในทิศทางการเคลื่อนที่ของยานยนต์) จะเป็นประโยชน์ในการวิ่งขึ้นเขาเพราะสารผสมน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศดีจะมีส่วนผสมที่หนาและเพียงพอต่อการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ โดยที่อัตราส่วนของสารผสมที่เบาบางกว่าในการวิ่งลงเขาเนื่องจากถังลูกลอยอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำ และปริมาณน้ำมันที่ไหลเข้าในท่อนำอากาศดีจะน้อยกว่าปกติก็ยังคงเพียงพอต่อการทำงานของเครื่องยนต์

(อ่านต่อฉบับหน้า)