บทเรียนที่ 4

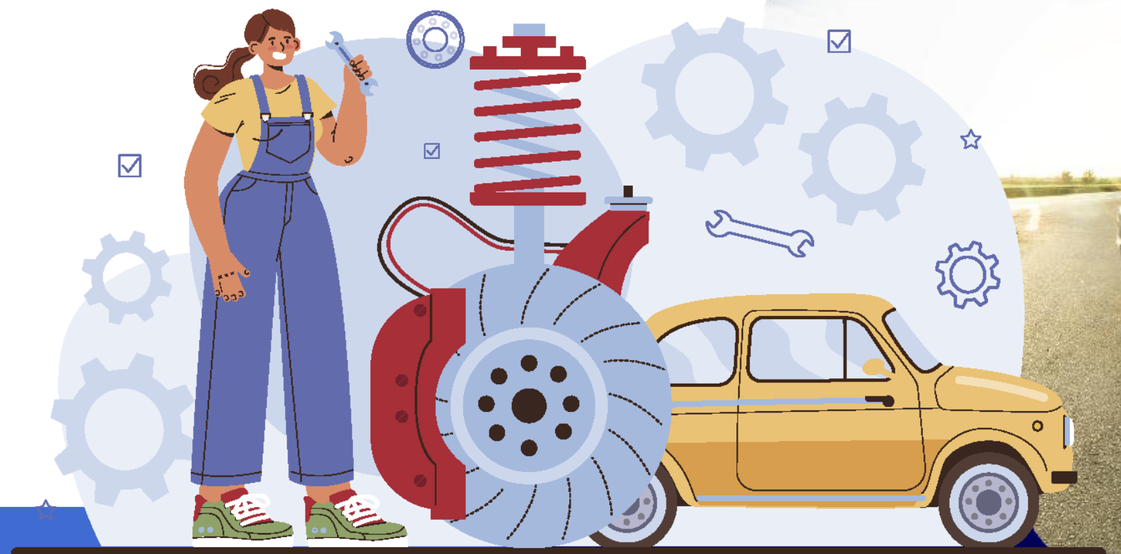
ระบบเบรกไฮดรอลิก (Hydraulic Braking System)

สาระการเรียนรู้

1. หน้าที่ของระบบเบรก (Functions of Braking System)
2. ความดันและแรงไฮดรอลิก (Hydraulic Pressure and Force)
3. ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบเบรกไฮดรอลิก (Base Brake Hydraulic Components Systems)
4. ระบบไฮดรอลิกแบบแยกส่วน (Split Hydraulic Systems)
5. ระบบช่วยกำลัง (Power Assist System)
6. แม่ปั๊มเบรก (Brake Master Cylinder)
7. ระบบควบคุมความสมดุล (Balance Control Systems)
8. ดิสก์เบรก (Disc Brake)
9. ดรัมเบรก (Drum Brake)
10. น้ำมันเบรก (Fluid Brake)
11. ระบบเบรกจอดรถยนต์ (Parking Brakes) หรือเบรกมือ

1. หน้าที่ของระบบเบรก (Functions of Braking System)

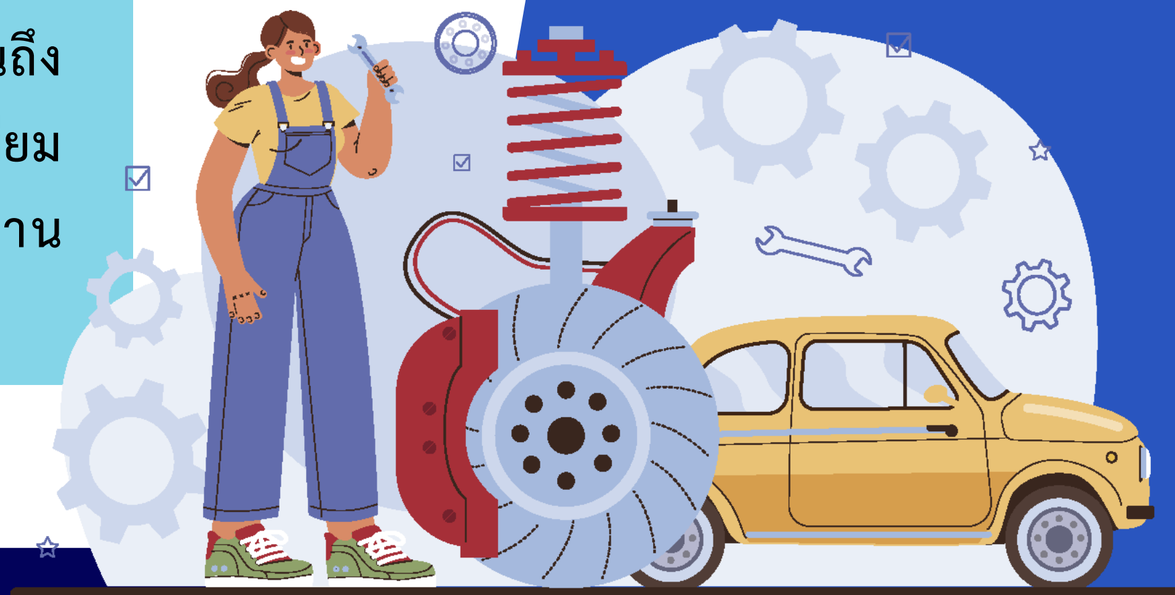
ระบบเบรกในรถยนต์ทำหน้าที่ลดความเร็วหรือทำให้รถยนต์หยุดการเคลื่อนที่ รถยนต์ที่กำลังเคลื่อนที่ไม่สามารถหยุดได้อย่างทันทีทันใดซึ่งเป็นผลมาจากแรงเฉื่อยของรถยนต์ โดยทั่วไปจะใช้ดิสก์เบรกที่ล้อหน้า ส่วนล้อหลังจะใช้ดิสก์เบรกหรือดรัมเบรก



2. ความดันและแรงไดรอลิก (Hydraulic Pressure and Force)

แรงทางกลที่แตกต่างกันสามารถกระทำได้จากแรงดันไฮดรอลิกแหล่งเดียว เนื่องจากแรงดันคือแรงต่อหน่วยพื้นที่ (เช่น 50 PSI หรือ 344.7 kPa)แรงดันเดียวกันที่ใช้กับพื้นที่ผิวขนาดต่างกันจะทำให้เกิดแรงในระดับที่แตกต่างกัน หลักการนี้ทำให้สามารถออกแบบเบรกให้มีปริมาณแรงเบรกในแต่ละล้อได้อย่างแม่นยำ

ระบบไฮดรอลิกที่มีกระบอกสูบขนาดต่าง ๆ เมื่อเหยียบแป้นเบรกแรงที่กระทำต่อลูกสูบในแม่ปั๊มเบรกจะส่งแรงกดดันไปจนถึงน้ำมันเบรก แรงดันเดียวกันนี้จะถูกส่งผ่านของเหลวอย่างเท่าเทียมกัน ลูกสูบใช้งานแต่ละตัวจะพัฒนาแรงซึ่งขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลาง (พื้นที่ผิว)



3. ส่วนประกอบพื้นานของระบบเบรกไดรอลิก (Base Brake Hydraulic Components Systems)

ส่วนประกอบเบรกพื้นฐานเป็นชิ้นส่วนของระบบเบรกที่พบได้ทั่วไปในรถยนต์ทุกคัน คำว่า “เบรกพื้นฐาน” ไม่ร่วมระบบป้องกันล้อล็อกหรือระบบควบคุมการยึดเกาะถนน พื้นฐานระบบเบรกแบบไฮดรอลิกประกอบด้วย แป้นเหยียบเบรก (Brake Pedal) สวิตช์เบรก หม้อลมเบรก (Brake Booster) ลิ้นกันกลับ (Check Valve) แม่ปั๊มเบรก (Master Cylinder) ท่อเบรก (Brake Lines) ระบบควบคุมความสมดุล (วาล์วปรับสัดส่วนและแบ่งแรงดัน) คาลิเปอร์เบรก (Brake Calipers) กระบอกสูบที่ล้อหรือกระบอกเบรก (Wheel Cylinders) แผ่นผ้าดิสก์เบรก (Disc Brake Pads) จานเบรก (Rotor or Disc) ดรัมเบรก (Drum Brake) ขาเบรก (Brake Shoes) และน้ำมันเบรก (Fluid Brake)

4. ระบบไดรอลิกแบบแยกส่วน (Split Hydraulic Systems)

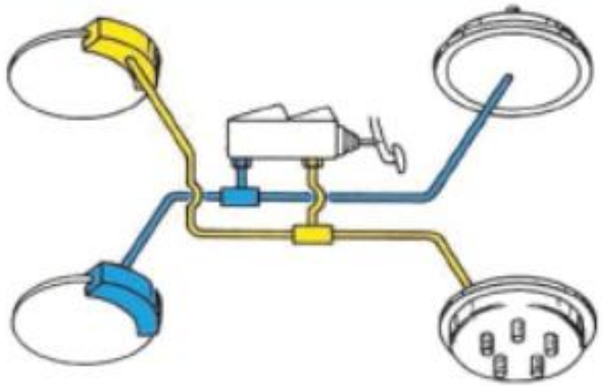
การสูญเสียแรงดันเบรกบางส่วนทำให้ยากหรือเป็นไปไม่ได้ที่จะเหยียบเบรก ระบบไฮดรอลิกสองระบบแยกจากกันและเป็นอิสระ ด้วยวิธีนี้เมื่อความล้มเหลวของระบบหนึ่งจะไม่ส่งผลให้เบรกสูญเสียโดยสิ้นเชิงแม้ว่าการเบรกจะยังคงลดลงอย่างมากก็ตาม ระบบแยกสองระบบที่ใช้เกือบทั้งหมด คือ

- แยกในแนวทแยงหรือไขว้สลับ ใช้กับรถยนต์ขับเคลื่อนล้อหน้าส่วนใหญ่
- แยกด้านหน้า/ด้านหลัง ใช้กับรถยนต์ขับเคลื่อนล้อหลังส่วนใหญ่

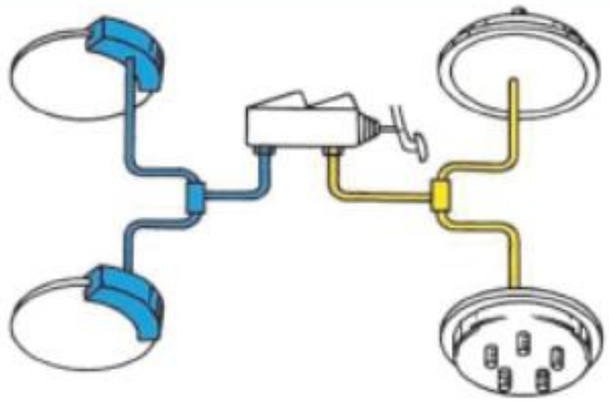
ระบบแยกแนวทแยง เบรกหน้าซ้ายและหลังขวา (LF/RR) เชื่อมต่อกับช่องหนึ่งของแม่ปั๊มเบรก ขณะที่เบรกหน้าขวาและหลังซ้าย (RF/LR) เชื่อมต่อกับช่องอื่นของแม่ปั๊มเบรก โดยทั่วไประบบนี้จะติดตั้งบนรถยนต์ขับเคลื่อนล้อหน้า เนื่องจากมีการกระจายน้ำหนักด้านหน้าและประมาณ 70% ของการเบรกเกิดขึ้นที่เบรกหน้าด้วยเหตุนี้หากส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบนี้ลม้ เหลวการเบรกโดยรวมจะลดลงเหลือเพียง 50% แทนที่จะเป็น 30% หากเบรกหน้าทั้งสองข้างหายไป

ระบบแยกในแนวทแยงยังใช้วาล์วปรับแรงดันน้ำมันเบรก (Proportioning Valve) ทั้งในวงจรแม่ปั๊มเบรกหรือในวงจรเบรกหลังเพื่อรักษาสมดุลแรงดันด้านหน้าและด้านหลังที่เหมาะสม ในระบบแยกด้านหน้า/ด้านหลัง (รูปที่ 4.4) เบรกล้อหน้าทั้งสองจะทำงานร่วมกัน ในขณะที่เบรกล้อหลังทั้งสองทำงานร่วมกันในระบบที่แยกออกจากกัน

แบบไขว้สลับ สำหรับรถยนต์ขับเคลื่อนล้อหน้า



แบบแยกวงจรล้อหน้าและล้อหลัง รถยนต์ขับเคลื่อนล้อหลัง



ระบบไฮดรอลิกแบบแยกส่วน

5. ระบบช่วยกำลัง (Power Assist System)

รถยนต์ส่วนใหญ่ติดตั้งระบบช่วยกำลัง (Boost) เพื่อช่วยผู้ขับขี่เมื่อเหยียบเบรก ระบบช่วยสองประเภทที่พบบ่อยที่สุดคือ ระบบช่วยสุญญากาศ (Vacuum Assist) และระบบช่วยไฮดรอลิก (Hydraulic Assist) ระบบช่วยสุญญากาศหรือเรียกว่า หม้อลมเบรก (Brake Booster) มี 2 ประเภทที่ใช้กับยานพาหนะสมัยใหม่ ได้แก่ แผ่นไดอะแฟรมเดี่ยวและแผ่นไดอะแฟรมคู่ ทั้งสองประเภททำงานคล้ายกัน แต่แบบไดอะแฟรมคู่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า หม้อลมเบรกสุญญากาศจะช่วยเสริมแรงจากการเหยียบเบรกของผู้ขับขี่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ความแตกต่างระหว่างสุญญากาศจากท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์กับความดันบรรยากาศเพื่อสร้างแรงที่มากขึ้น (แรงดันเสริม) โดยเป็นสัดส่วนกับแรงเหยียบแป้นเบรก สุญญากาศในท่อร่วมไอดีจะเป็นตัวผ่อนแรงในการเหยียบเบรก

6. แม่ปั๊มเบรก (Brake Master Cylinder)

เป็นอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อเปลี่ยนแปลงแรงกดดันจากเท้าผู้ขับขี่เป็นแรงดันไฮดรอลิกภายในระบบไปยังกระบอกสูบที่ล้อและลูกสูบ แม่ปั๊มเบรกทำหน้าที่ดังนี้

- สร้างแรงดันในระบบเบรก
- เป็นตัวช่วยปรับแต่งความดันที่จำเป็นสำหรับการเบรกหลังจากลูกสูบในกระบอกเบรกทำงาน
- รักษาความดันในระบบเบรกไว้เพื่อป้องกันอากาศและน้ำจากภายนอกเข้าสู่ระบบ
- รักษาระดับน้ำมันเบรกให้เพียงพอเมื่อผ้าเบรกเกิดการสึกหรอ

แม่ปั๊มเบรกประกอบด้วยลูกสูบซีลลูกสูบ สปริงดันกลับ และช่องน้ำมันเบรกภายใน นอกจากนี้ยังมีกระปุกเก็บน้ำมันเบรกที่มีฝาปิดที่ถอดออกได้พร้อมซีลไดอะแฟรมยางที่ต้องอยู่ในสภาพดีจึงจะปิดผนึกได้อย่างถูกต้อง ในกระปุกเก็บน้ำมันเบรกส่วนใหญ่ยังมีสวิตช์ระดับน้ำมันเบรก เพื่อเตือนผู้ขับขี่ถึงสภาพของเหลวต่ำ

7. ระบบควบคุมความสมดุล (Balance Control Systems)

รถยนต์หลายรุ่นติดตั้งดิสก์เบรกหน้าและดรัมเบรกหลัง และโดยทั่วไปแล้วด้านหน้าจะหนักกว่าด้านหลัง ด้วยเหตุนี้บางครั้งจึงต้องใช้แรงกดที่แตกต่างกันระหว่างด้านหน้ากับด้านหลังเพื่อให้แน่ใจว่าเบรกได้สมำเสมอ บางรายการที่ควรระวังเกี่ยวกับความแตกต่างจากการเบรกนี้

- ดิสก์เบรกสามารถใช้งานได้ที่แรงดันต่ำที่ดรัมเบรก
- วาล์วหน่วงเวลาหรือวาล์วแบ่งแรงดัน (Metering Valve) ใช้เพื่อป้องกันไม่ให้ดิสก์เบรกหน้าทำงานก่อนดรัมเบรกหลัง
- หากใช้แรงดันไฮดรอลิกเดียวกันกับทั้งดิสก์เบรกหน้าและดรัมเบรกหลังพร้อมกันระหว่างการใช้เบรกหนัก ๆ เบรกหลังอาจล็อกส่งผลให้ลื่นไถลและสูญเสียการควบคุมรถ
- วาล์วจำกัดแรงดันน้ำมันเบรกหรือวาล์วปรับแรงดันน้ำมันเบรก (Proportioning Valve) ใช้เพื่อป้องกันการล็อกเบรกหลังโดยการจำกัดแรงดันไฮดรอลิกไปที่เบรกหลังระหว่างการเบรกอย่างหนัก
- วาล์วแบ่งแรงดันและวาล์วปรับแรงดันน้ำมันเบรกมักอยู่ในหน่วยเดียวที่เรียกว่า วาล์วรวมในรถยนต์ขับเคลื่อนล้อหลังหลายรุ่นที่ติดตั้งดิสก์ด้านหน้าและดรัมเบรกหลัง

7.1 วาล์วหน่วงเวลาหรือวาล์วแบ่งแรงดัน (Metering Valve)

อันเป็นผลมาจากการออกแบบฝักเบรก ดรัมเบรกหลังต้องเคลื่อนที่ได้ไกลกว่าเมื่อเทียบกับผ้าดิสก์เบรก หากมีการใช้แรงกดเดียวกันกับทั้งดิสก์เบรกหน้าและดรัมเบรกหลังในเวลาเดียวกันดิสก์ด้านหน้าจะ “จับ” ได้เร็วกว่าด้านหลังมากและทำให้รถถูกโยนไปข้างหน้า ดังนั้น จึงใช้วาล์วแบ่งแรงดันเพื่อชดเชยสภาวะนี้โดยการปิดกั้นแรงดันของน้ำมันไปยังดิสก์เบรกหน้าจนกว่าฝักเบรกด้านหลังจะมีเวลาสัมผัสกับดรัมเบรก

7.1 วาล์วจำกัดแรงดันน้ำมันเบรกหรือวาล์วปรับแรงดันน้ำมันเบรก (Proportioning Valve)

ดรัมเบรกหลังมีความอ่อนไหวต่อการล็อกก่อนเวลาอันควรมากกว่าดิสก์เบรกหน้า เหตุผลส่วนหนึ่งคือ แรงเบรกอย่างรวดเร็วมีแนวโน้มที่จะทำให้รถเอียงไปข้างหน้าซึ่งจะช่วยลดน้ำหนักของล้อหลัง การลดน้ำหนักของล้อหลังจะเพิ่มโอกาสในการล็อก ดังนั้น จึงใช้วาล์วปรับแรงดันน้ำมันเบรกในวงจรไฮดรอลิกด้านหลังเพื่อช่วยป้องกันการล็อกก่อนเวลาอันควร ระหว่างการเบรกปกติหรือเมื่อเหยียบเบรกครั้งแรก วาล์วปรับแรงดันน้ำมันเบรกจะเปิดอยู่และไม่มีผล ของเหลวเข้าสู่วาล์วผ่านรูเล็ก ๆ และออกไปยังเบรกหลัง

8. ดิสก์เบรก (Disc Brake)

8.1 คาลิเปอร์ดิสก์เบรก (Disc Brake Caliper)

จะแปลงแรงดันไฮดรอลิกจากแม่ปั๊มเบรกเป็นแรงเชิงกลที่ดันผ้าเบรกเข้ากับโรเตอร์ ตัวคาลิเปอร์เป็นรูปตัวยูที่ติดตั้งเหนือโรเตอร์และโดยทั่วไปจะทำจากเหล็กหรืออะลูมิเนียม

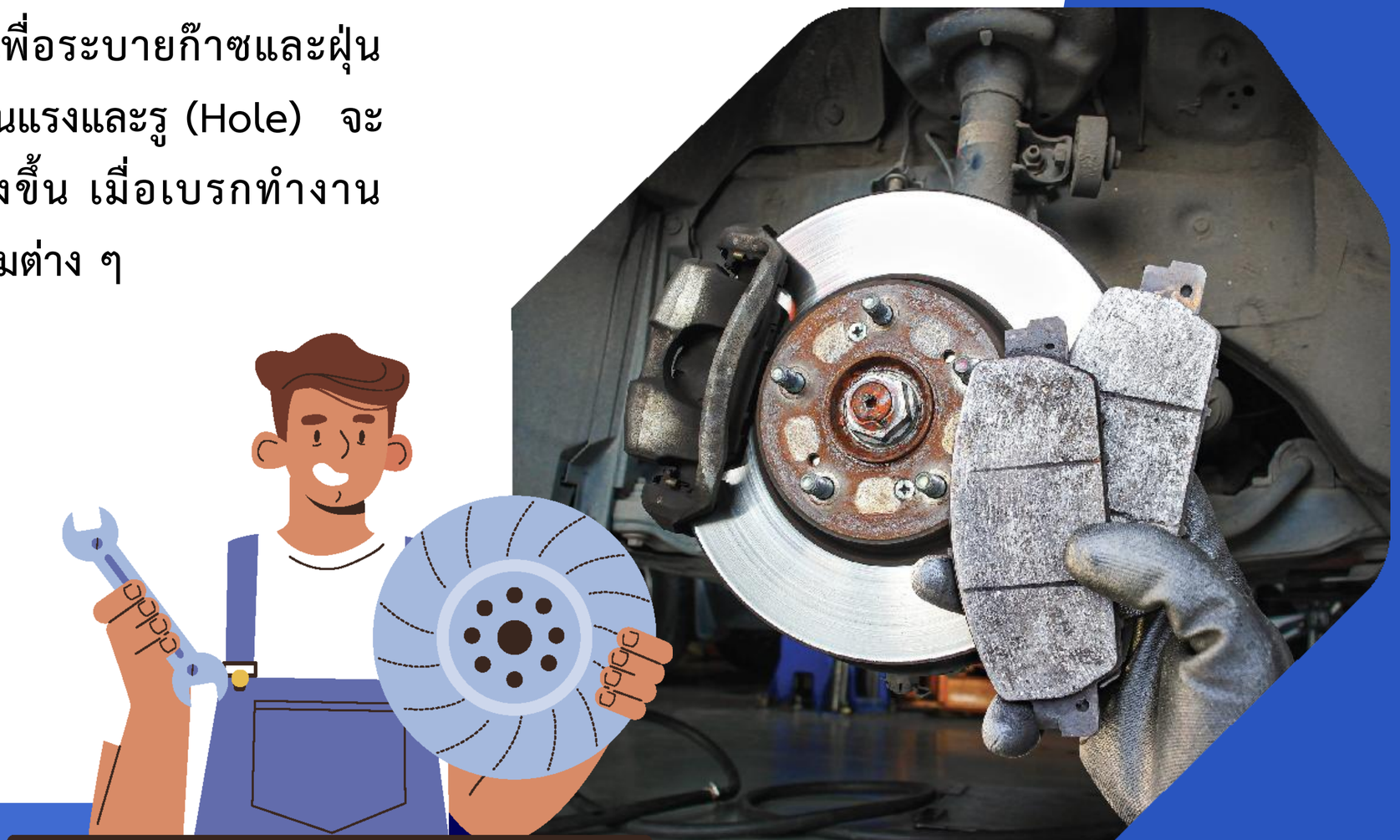
8.2 โรเตอร์หรือจานเบรก (Rotor หรือ Disc)

เป็นส่วนที่หมุนของระบบเบรก มีความทนทานและทนต่อความเสียหายจากอุณหภูมิสูงที่เกิดขึ้นระหว่างการเบรก ในรถยนต์สมรรถนะสูงโรเตอร์จะทำจากวัสดุคอมโพสิต เซรามิกหรือคาร์บอนไฟเบอร์ มิฉะนั้นก็มักจะทำจากเหล็กหล่อ มีทั้งแบบทึบ แบบมีช่องระบายอากาศ และแบบจานดรัมสำหรับเบรกมือรวมอยู่ด้วยกัน

8.3

แผ่นผ้าเบรก (Brake Pads)

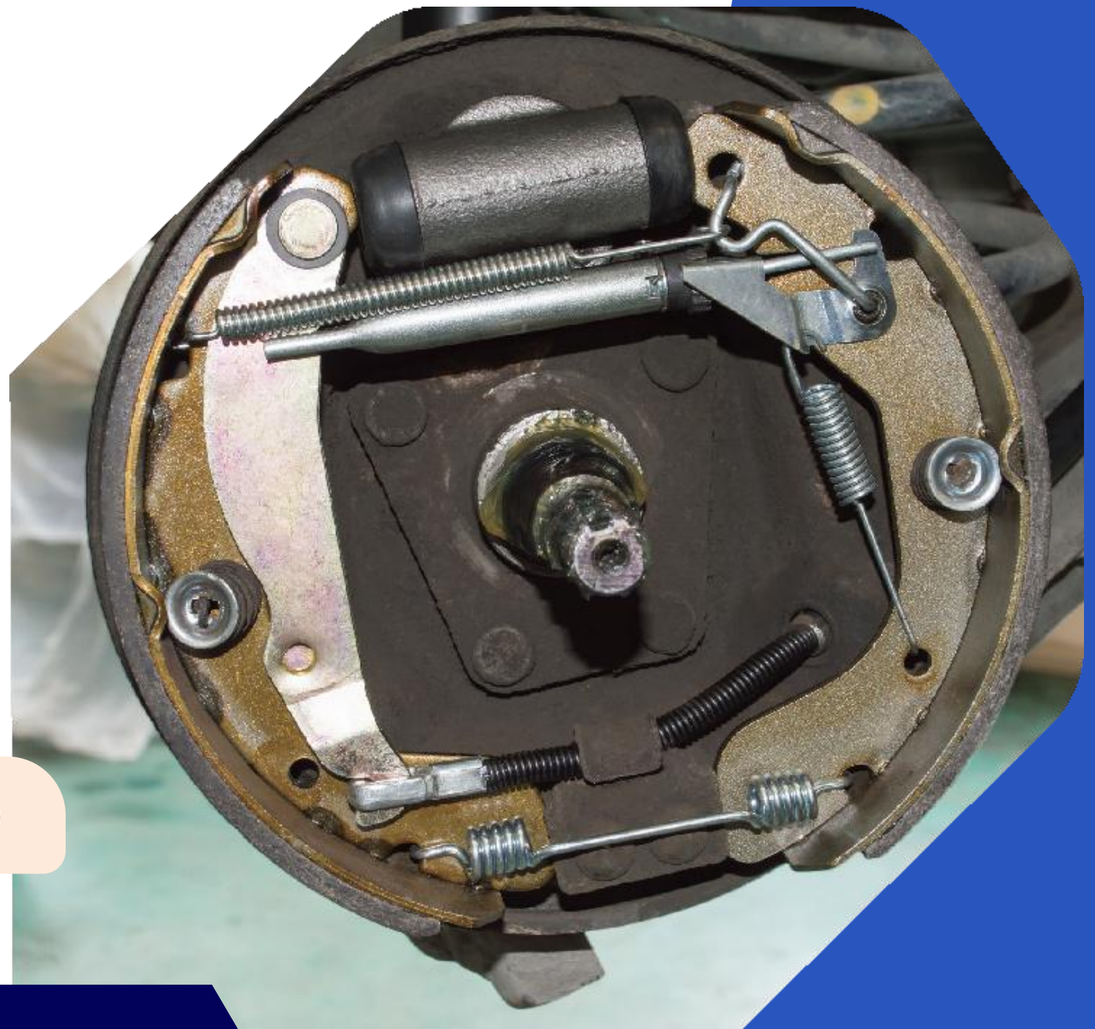
ทำมาจากวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ทำร่อง (Slot) ตรงกลางอยู่บนผ้าเบรกเพื่อระบายก๊าซและฝุ่นละอองในกรณีที่มีการเบรกอย่างรุนแรงและรู (Hole) จะช่วยป้องกันการเกิดก๊าซได้ดียิ่งขึ้น เมื่อเบรกทำงานบางครั้งอาจจะมีเสียงเบรกดังแหลมต่าง ๆ



9. ดรัมเบรก (Drum Brake)

ส่วนประกอบหลักของระบบดรัมเบรก ประกอบด้วย

1) ดรัมเบรก (Drum Brake)
2) แผ่นรองหลัง (Backing Plate)
3) กระบอกสูบที่ล้อหรือกระบอกเบรก (Wheel Cylinder)
4) ฝักเบรกหรือขาเบรก (Brake Shoes)
5) สปริงและคลิป (Springs and Clips)
6) ตัวปรับเบรกอัตโนมัติ (Automatic Brake Self-Adjuster)
7) กลไกเบรกจอดรถหรือเบรกมือ (Parking Brake Mechanism)



9.1

กระบอกสูบที่ล้อหรือกระบอกเบรก (Wheel Cylinder)

ทำหน้าที่ผลักดันให้ฝักเบรกกางออกสัมผัสกับดรัมเบรก ทำมาจากเหล็กหล่อหรืออะลูมิเนียม

9.1

ฝักเบรกหรือขาเบรกและผ้าเบรก (Brake Shoe and Lining)

ปกติทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าผิวด้านนอกติดตั้งผ้าเบรกซึ่งอาจยึดด้วยหมุดย้ำ (รถขนาดใหญ่) หรือติดอยู่ด้วยกาว (รถขนาดเล็ก) รถยนต์นั่งทั่วไปนิยมใช้กาวยึดผ้าเบรกกับฝักเบรกเนื่องจากสามารถระบายความร้อนได้ดีกว่า มีพื้นที่ผ้าเบรกเต็มผิวสัมผัสและมีความแข็งแรง ฝักเบรกมี 2 อัน ซึ่งประกอบด้วยฝักเบรกนำ (Leading Shoe) หรือที่หันไปทางด้านหน้าของรถยนต์และฝักเบรกตาม (Trailing Shoe)

9.3 ดรัมเบรกดูโอ-เซอร์โว (Duo-Servo Brakes)

ประกอบด้วย ดรัมเบรกฝักเบรกนำหรือขาเบรกนำ และฝักเบรกตามหรือขาเบรกตามพร้อมผ้าเบรก กระบอกสูบที่ล้อมีลูกสูบสองตัว (เรียกอีกอย่างว่า Double-Acting) หมุดยึด แผ่นรองหลัง สกรูปรับตั้ง สปริงดึงกลับกลไกปรับข้อต่อและสปริง

9.3 ดรัมเบรกแบบนำ-แบบตาม หรือแบบลีดดิง-เทรลลิง (Leading-Trailing Type)

ดรัมเบรกแบบนำ-แบบตาม ประกอบด้วยกระบอกสูบที่ล้อ 1 อัน (ทำงาน 2 ทาง) ปรับศูนย์กลางด้วยตัวเอง มีหลักยึด (อยู่กับที่) 1 ตัว อยู่ด้านล่าง ข้อดีของเบรกแบบนี้คือ มีโครงสร้างแข็งแรงมีประสิทธิภาพการเบรกดีทั้งเดินหน้าและถอยหลัง ส่วนข้อเสียคือ ให้แรงเบรกน้อยกว่าเบรกแบบอื่นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดรัมเบรกและพื้นที่ผ้าเบรกเท่ากัน ดรัมเบรกแบบนี้มักใช้ในเบรกล้อหลังของรถยนต์นั่งและรถบรรทุกเล็ก

10. น้ำมันเบรก (Fluid Brake)

ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดแรงดันจากแม่ปั๊มเบรกไปยังกระบอกสูบที่ล้อ มาตรฐานด้านความปลอดภัยกำหนดชื่อมาตรฐานน้ำมันเบรกว่า DOT (Department of Transportation) โดยกำหนดจุดเดือดของน้ำมันเบรกไว้ดังนี้

มาตรฐานด้านความปลอดภัยสำหรับน้ำมันเบรก

มาตรฐาน ความปลอดภัย	จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	จุดเดือดชื้น (องศาเซลเซียส)	ความเหมาะสมในการใช้งาน
DOT 3	205-230	140-150	ขับขี่ทั่วไปส่วนใหญ่ใช้ในเมือง
DOT 4	230-260	155-180	ภูมิอากาศชื้นฝนตกประจำ
DOT 5	มากกว่า 260	มากกว่า 180	รถความเร็วสูงหรือเดินทางไกลประจำ ขับรถขึ้นลงเขา ทางลาดชันประจำ

11. ระบบเบรกจอดรถยนต์ (Parking Brakes) หรือเบรกมือ

เบรกมือออกแบบมาเพื่อให้รถอยู่กับที่เมื่อจอดรถ ทำหน้าที่ห้ามล้อในขณะจอดรถยนต์บริเวณที่ลาดชันหรือพื้นระดับ สามารถสั่งงานด้วยเท้าหรือด้วยมือ เบรกมือที่ใช้งานกันมีดังนี้

11.1 เบรกมือแบบกลไก (Mechanical Parking)

ระบบจะทำงานโดยการดึงคันโยกซึ่งจะช่วยดึงสายเคเบิลที่เชื่อมต่อกับเบรกของรถให้แน่นเพื่อป้องกันไม่ให้ล้อเคลื่อนที่

11.2 เบรกมือไฟฟ้า (Electric Parking Brake or EPB)

หรืออิเล็กทรอนิกส์ หรือที่เรียกว่าเบรกจอดรถอัตโนมัติ (APB) คุณสมบัติต่าง ๆ ในการใช้งาน เช่น การขึ้นเนินก็สามารถทำได้ด้วย EPB Hill-Hold การหยุดอัตโนมัติจะคงแรงดันเบรกไว้หลังจากที่ผู้ขับขี่ปล่อยแป้นเบรก ที่ใช้งานมี 3 ระบบ คือ แบบดึงด้วยสายเคเบิล (Cable-Pull Type) แบบไฟฟ้า-ไฮดรอลิก (Electric-Hydraulic Type) และแบบไฟฟ้า (Full Electric Type)