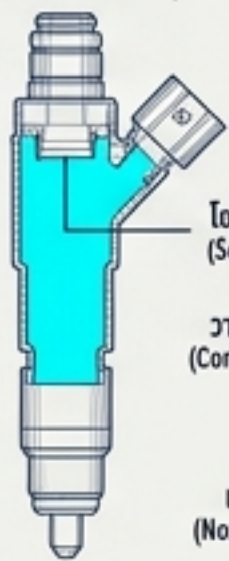


# ปั๊มเชื้อเพลิงวิศวกรรมยานยนต์: เจาะลึกหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

ทฤษฎี กลไก และการวิเคราะห์ปัญหาในระบบปิด

## กลไกการทำงาน (OPERATING MECHANISM)

ตำแหน่งปิด  
(CLOSED POSITION)

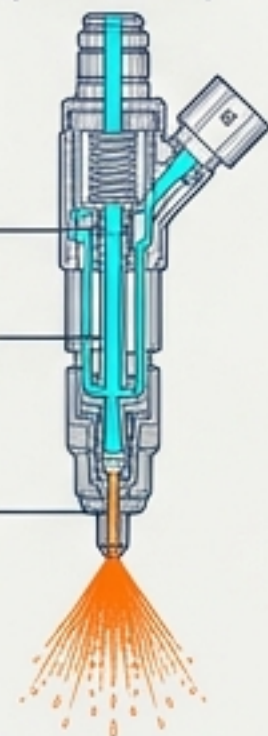


โซลินอยด์ทำงาน  
(Solenoid Active)

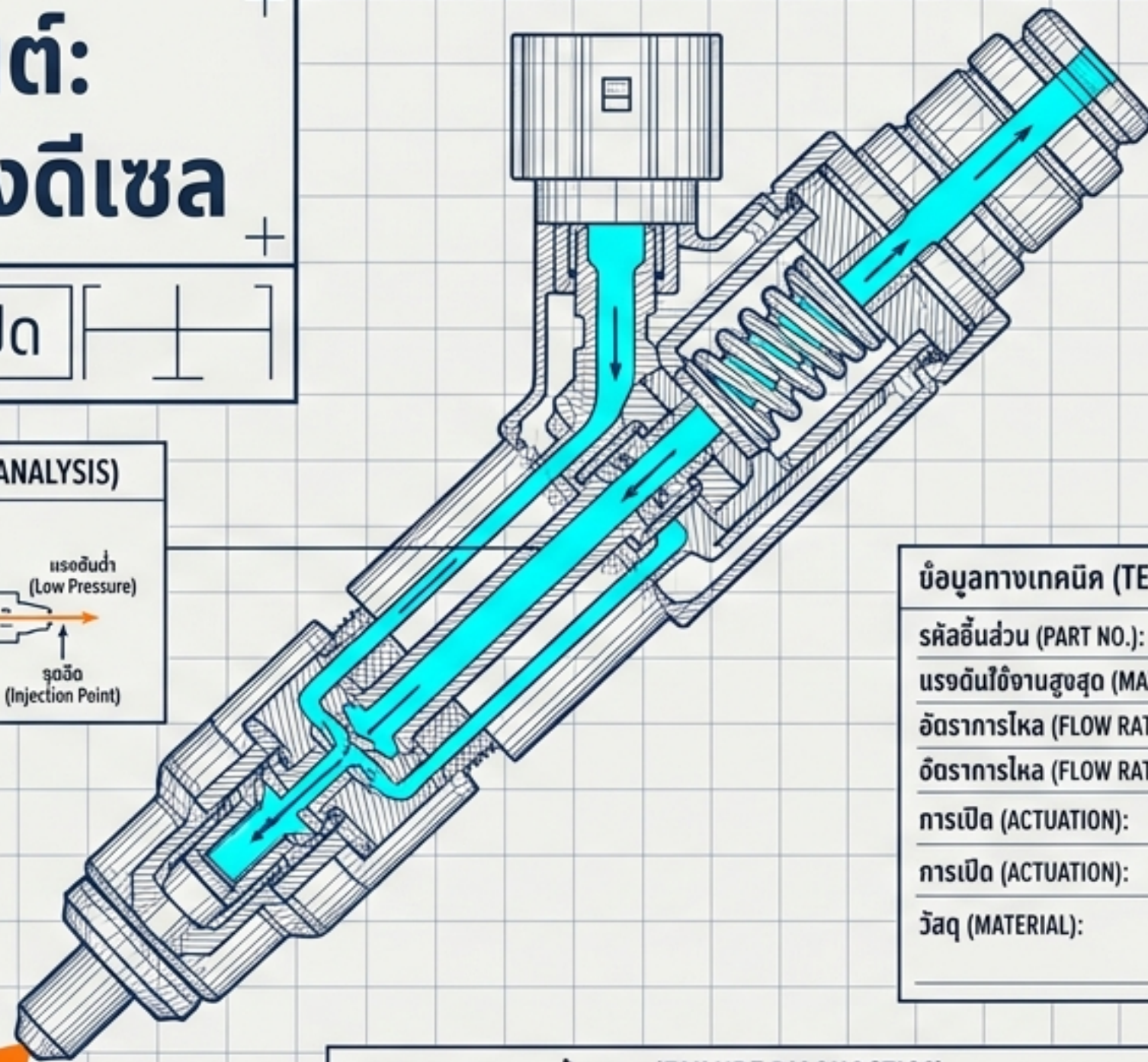
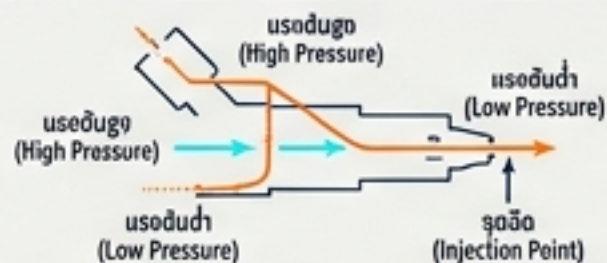
วาล์วควบคุมเปิด  
(Control Valve Open)

เข็มหัวฉีดขึ้น  
(Nozzle Needle Lift)

ตำแหน่งเปิด  
(OPEN POSITION)



## การวิเคราะห์การไหล (FLOW ANALYSIS)



## ข้อมูลทางเทคนิค (TECHNICAL DATA)

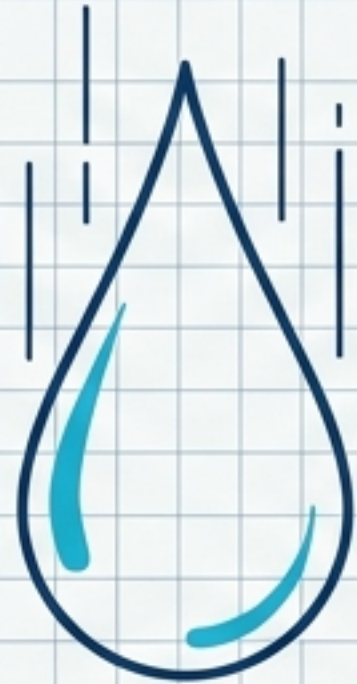
รหัสชิ้นส่วน (PART NO.):	23670-0L090
แรงดันใช้งานสูงสุด (MAX. PRESSURE):	2500 Bar
อัตราการไหล (FLOW RATE):	2500 Bar
อัตราการไหล (FLOW RATE):	1200 cm <sup>3</sup> /min @ 100 Bar
การเปิด (ACTUATION):	โซลินอยด์ไฟฟ้า
การเปิด (ACTUATION):	โซลินอยด์ไฟฟ้า (Solenoid)
วัสดุ (MATERIAL):	สแตนเลสความแข็งสูง (High-Hardness Stainless Steel)

## การตรวจสอบความล้มเหลว (FAILURE DIAGNOSTICS)

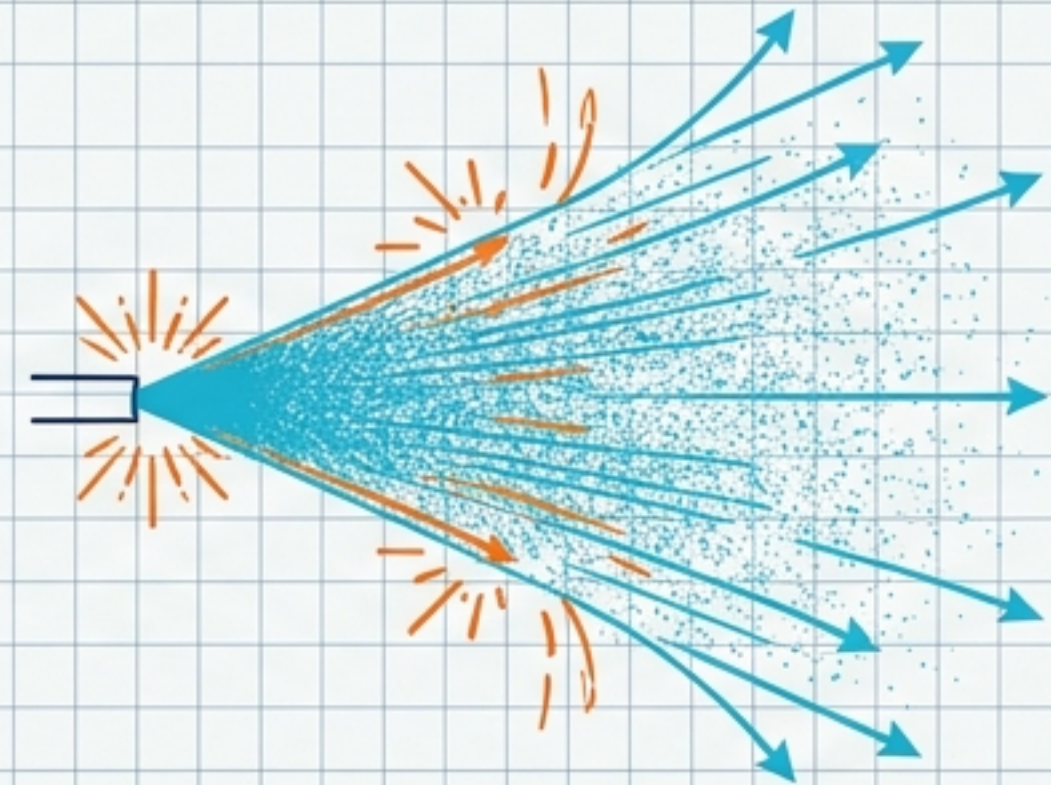
ปัญหา (PROBLEM):	อาการ (SYMPTOMS):	การแก้ไข (SOLUTION):
หัวฉีดอุดตัน	ควันดำ, เครื่องยนต์สั่น	ตรวจสอบด้วยเครื่องมือทดสอบ, ทำความสะอาด
แรงดันต่ำ	กำลังตก, เครื่องยนต์สะดุด	ตรวจสอบปั๊มแรงดันสูง, เปลี่ยนกรองเชื้อเพลิง
โซลินอยด์ชำรุด	สตาร์ทไม่ติด, แรงดันไม่สม่ำเสมอ	เปลี่ยนโซลินอยด์

# ภารกิจหลัก: การแตกตัวเป็นฝอยละออง (Atomization)

หัวฉีด (Fuel Injection Nozzle) ไม่ใช่แค่ทางผ่านของน้ำมัน  
แต่คืออุปกรณ์สร้างแรงดันขั้นสุดท้าย



80-300 บรรยากาศ  
(Atmosphere)



**เป้าหมาย:** ส่งน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้ตรงเวลา  
ปริมาณพอเหมาะ และเป็นฝอยละอองละเอียด

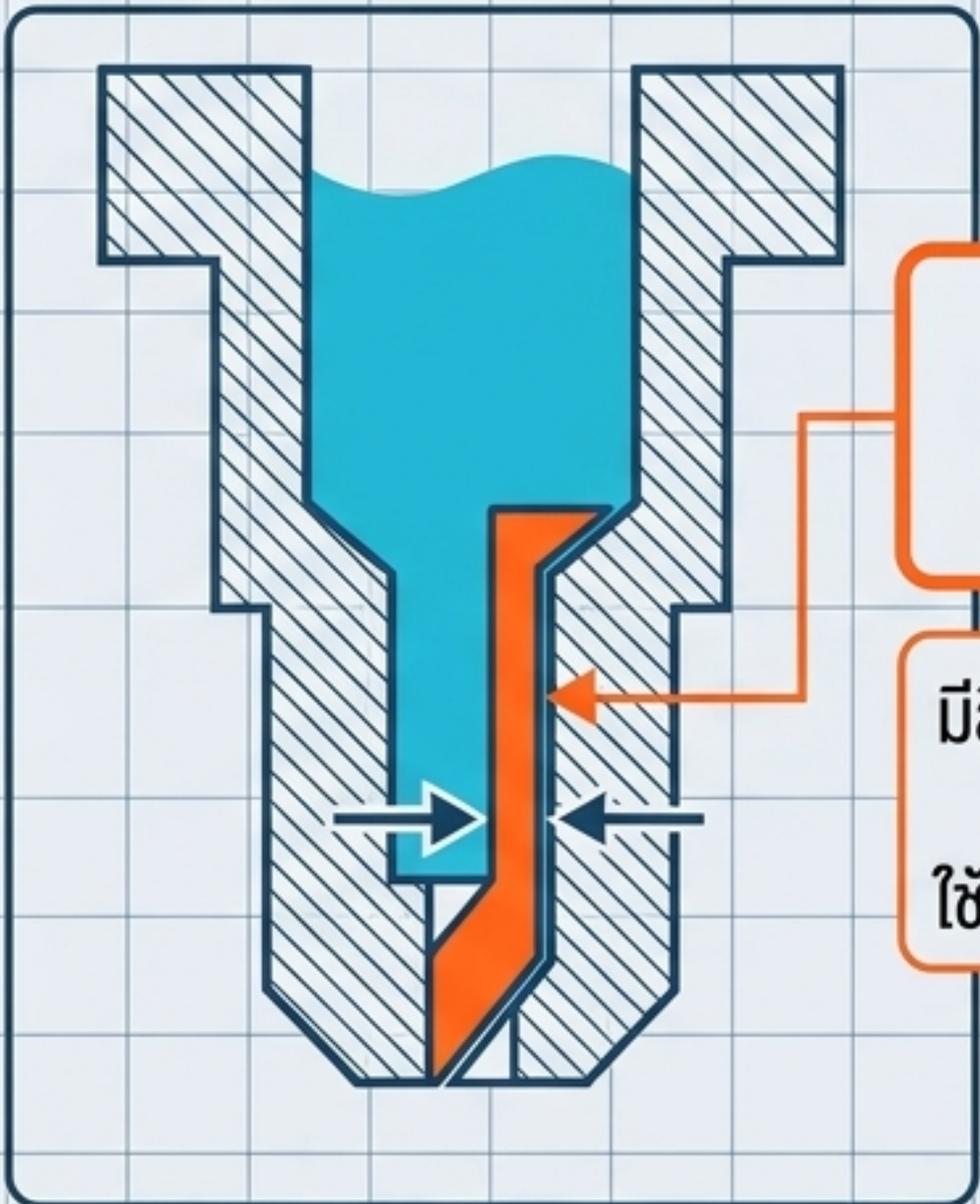
**แรงดันมาตรฐาน:** 80-300 บรรยากาศ (atm)  
บังคับให้น้ำมันแตกตัวเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

# มาตรฐานปัจจุบัน: ระบบหัวฉีดแบบปิด (Closed Type)



**แบบเปิด**  
(Open Type)

ไม่มีเข็มหัวฉีด  
น้ำมันรั่วหยดได้ง่าย  
(เลิกใช้ในปัจจุบัน)



**แบบปิด**  
(Closed Type)

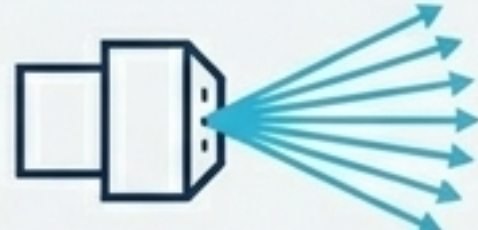
มีล้นหรือเข็ม (Nozzle Needle)  
ปิดกั้นน้ำมันที่ปลายหัวฉีด  
ใช้แรงดันเอาชนะสปริงเพื่อยกเข็ม

**ข้อดีอันดับหนึ่ง: ป้องกันปัญหาน้ำมันรั่วหยดเข้าห้องเผาไหม้อย่างเด็ดขาด**

# วิเคราะห์สเปก: แบบเดือย vs. แบบรู



**แบบเดือย (Pintle)**



**แบบรู (Hole)**

**ลักษณะปลาย**

เดือยยื่นออกนอกเรือนนมหนู  
(ฉีดเป็นกรวย 60 องศา)

เจาะรูขนาดเล็ก 3-18 รู  
(ขนาด 0.02-0.2 มม.)

**แรงดันใช้งาน**

90-135 กก./ชม.<sup>2</sup>  
(แรงดันต่ำ อุปกรณ์สึกหรอน้อย)

150-300 กก./ชม.<sup>2</sup>  
(ปั๊มแรงดันสูงทำงานหนัก)

**ห้องเผาไหม้  
ที่เหมาะสม**

เครื่องยนต์ที่มีห้องเผาไหม้ช่วย  
(Pre-combustion)

เครื่องยนต์ห้องเผาไหม้แบบเปิด หรือ  
แบบฉีดตรง (Direct Injection)

**จุดอ่อน**

ฝอยละอองแพร่กระจายไม่ทั่วถึง

อุดตันจากสิ่งสกปรกได้ง่ายมาก

# โครงสร้างภายใน: หัวฉีดแบบเดี่ยว (Pintle Nozzle)

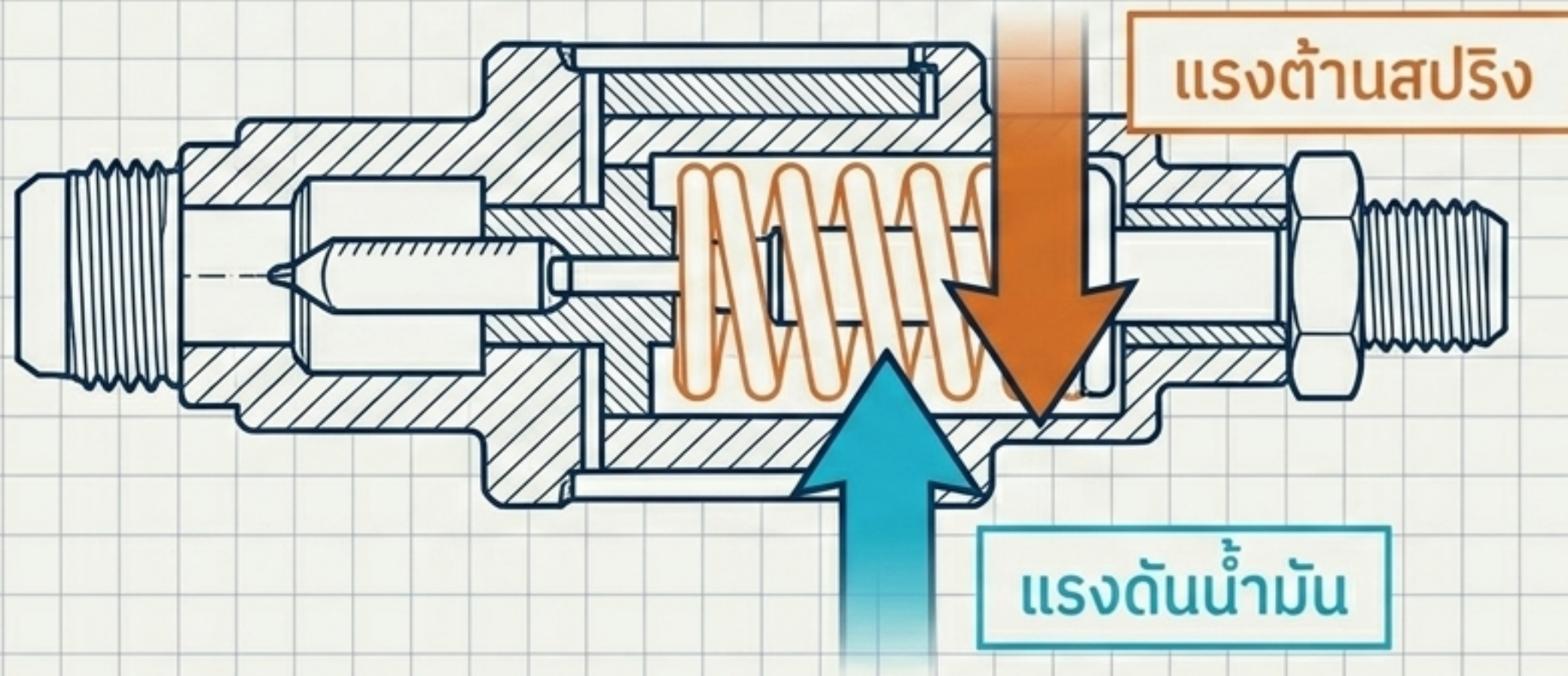


# โครงสร้างภายใน: หัวฉีดแบบรู (Hole Nozzle)



# กลไกการสร้างแรงดัน (Pressure Regulation)

การที่หัวฉีดจะฉีดน้ำมันได้ แรงดันจากปั๊มจะต้องเอาชนะ **“ความแข็งของสปริง”** เพื่อยกเข็มนมหนูขึ้น

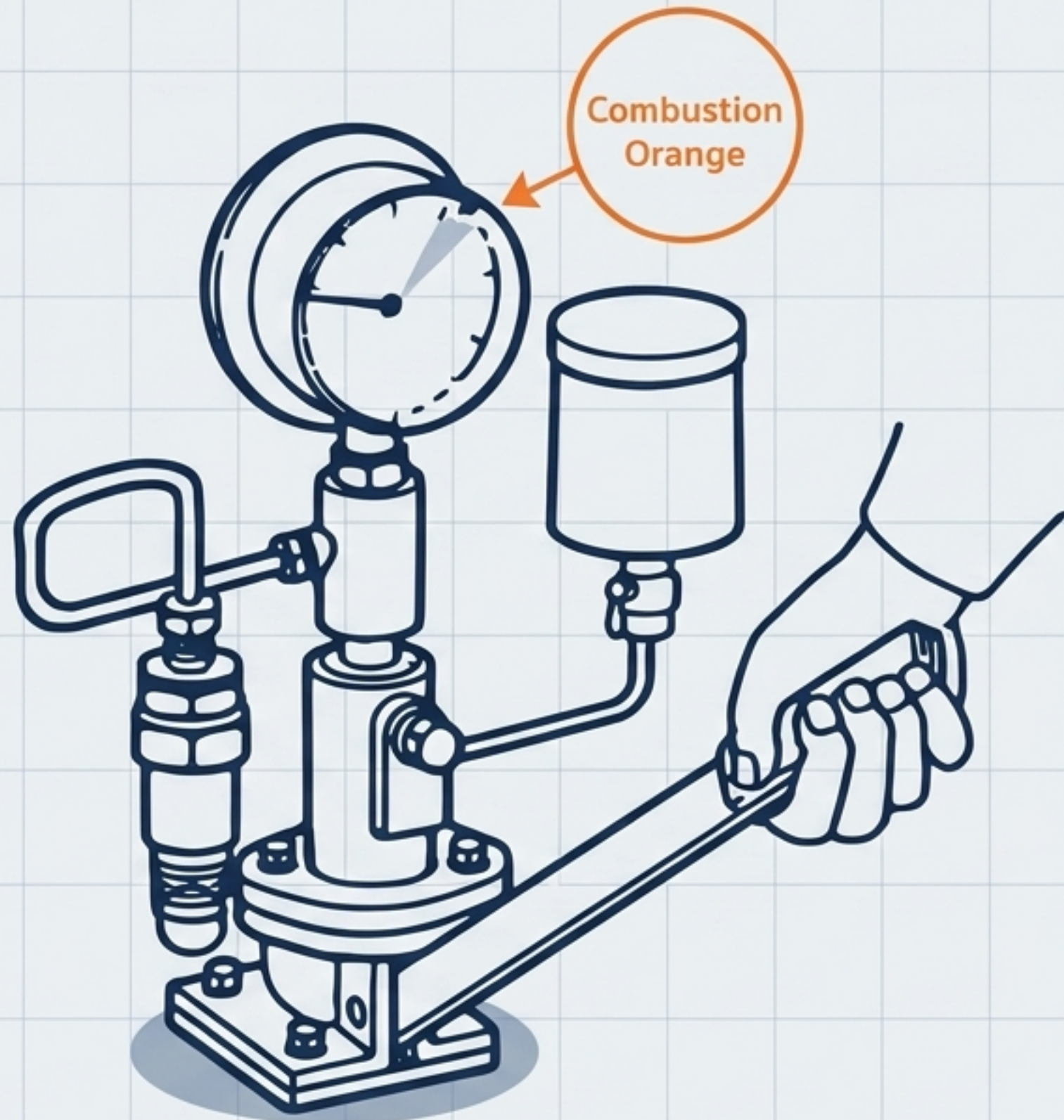


ปรับด้วยแผ่นซิม (Shim):  
เพิ่มแผ่นซิม = **เพิ่มความแข็งสปริง**  
= แรงดันฉีด**สูงขึ้น**



ปรับด้วยสกรู (Screw):  
ขันสกรูเข้า = กดสปริง**แน่นขึ้น**  
= แรงดันฉีด**สูงขึ้น**

# ภาคปฏิบัติ: การวิเคราะห์และทดสอบ (Workshop Diagnostics)



การตรวจเช็คหัวฉีดต้องทำผ่าน**เครื่องทดสอบแรงดัน (Injector Tester)** ห้ามทำการทดสอบโดยยื่นมือเข้าไปรองรับละอองน้ำมันเด็ดขาด

- 1. ทดสอบรูปทรงพวยละออง (Spray Pattern)
- 2. ทดสอบแรงดันเปิด (Opening Pressure)
- 3. ทดสอบการรั่วซึม (Leakage)
- 4. ทดสอบการหยด (Drip Test)

# มาตรฐานการวิเคราะห์: รูปทรงฝอยละออง



[ ปกติ - Good ]

รูปทรงกรวยสมมาตร  
แตกตัวละเอียด

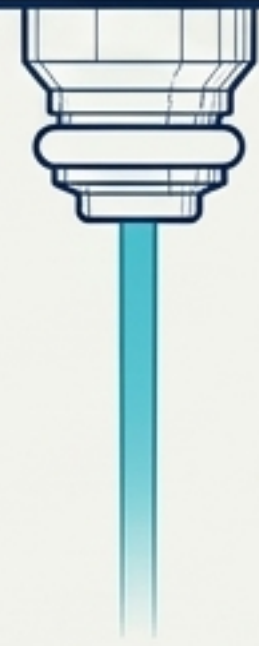
ผลลัพธ์: เพาใหม่สมบูรณ์



[ ผิดปกติ - Abnormal ]

ฝอยละอองเบี้ยว  
เอียง หรือแตกกิ่ง

สาเหตุ: มีสิ่งอุดตันในบางรู  
หรือเข็มสึกหรอ



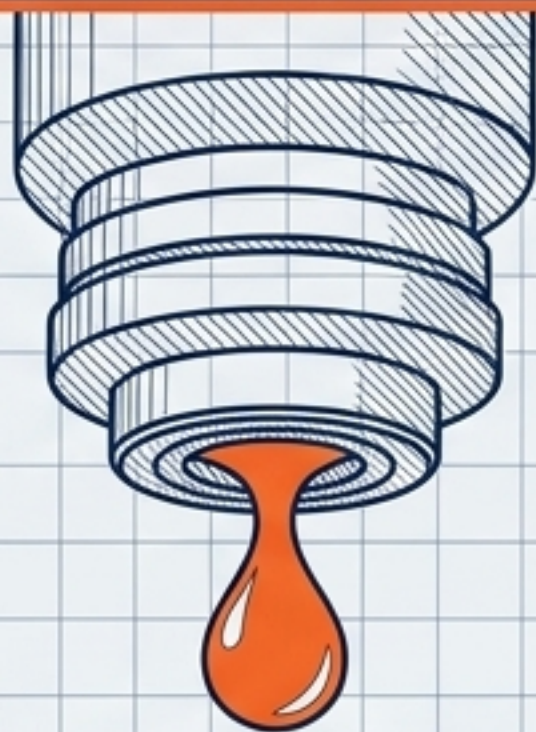
[ ผิดปกติ - Abnormal ]

พุ่งเป็นเส้นตรง  
ไม่แตกตัวเป็นหมอก

สาเหตุ: แรงดันตก หรือ  
ปลายเข็มค้าง/ตาย

# มาตรฐานการวิเคราะห์: การรั่วและการหยด

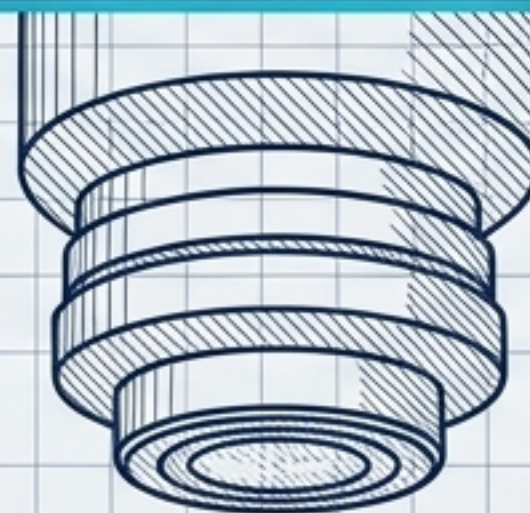
## ทดสอบการหยด (Drip Test) [ ผิดปกติ - Abnormal ]



### [ ผิดปกติ - Abnormal ]

ลักษณะ:	น้ำมันซึมและเกาะเป็นหยดที่ปลายหัวฉีด (เกิดการหยด)
การวิเคราะห์:	หน้าสัมผัสของเข็มลมหนูและบารองลื่นปิดไม่สนิท หรือมีสิ่งสกปรกขัดขวาง
ผลกระทบ:	น้ำมันหยดเข้าห้องเผาไหม้ล่วงหน้า เครื่องยนต์น็อค

## ทดสอบการหยด (Drip Test) [ ปกติ - Good ]



### [ ปกติ - Good ]

ลักษณะ:	ปลายหัวฉีดแห้งสนิท ไร้รอยซึม
การวิเคราะห์:	ซีลและหน้าสัมผัสสมบูรณ์ทนแรงดันได้ตามสเปก
ผลกระทบ:	ฉีดน้ำมันได้แม่นยำตามจังหวะ

# กฎเหล็กประจำคู่มือ (Standard Operating Procedures)



**ข้อต่อและซีล:** การประกอบชุดหัวฉีดทุกครั้ง  
'ต้องเปลี่ยนแหวนรองกันรั่ว (Washer) ทุกตัวเสมอ' ห้ามนำของเดิมมาใช้ซ้ำ



**แรงบิด (Torque):** ชันน็อตยึดหัวฉีดด้วยแรงขันตามที่คู่มือ  
(Service Manual) กำหนดอย่างเคร่งครัด

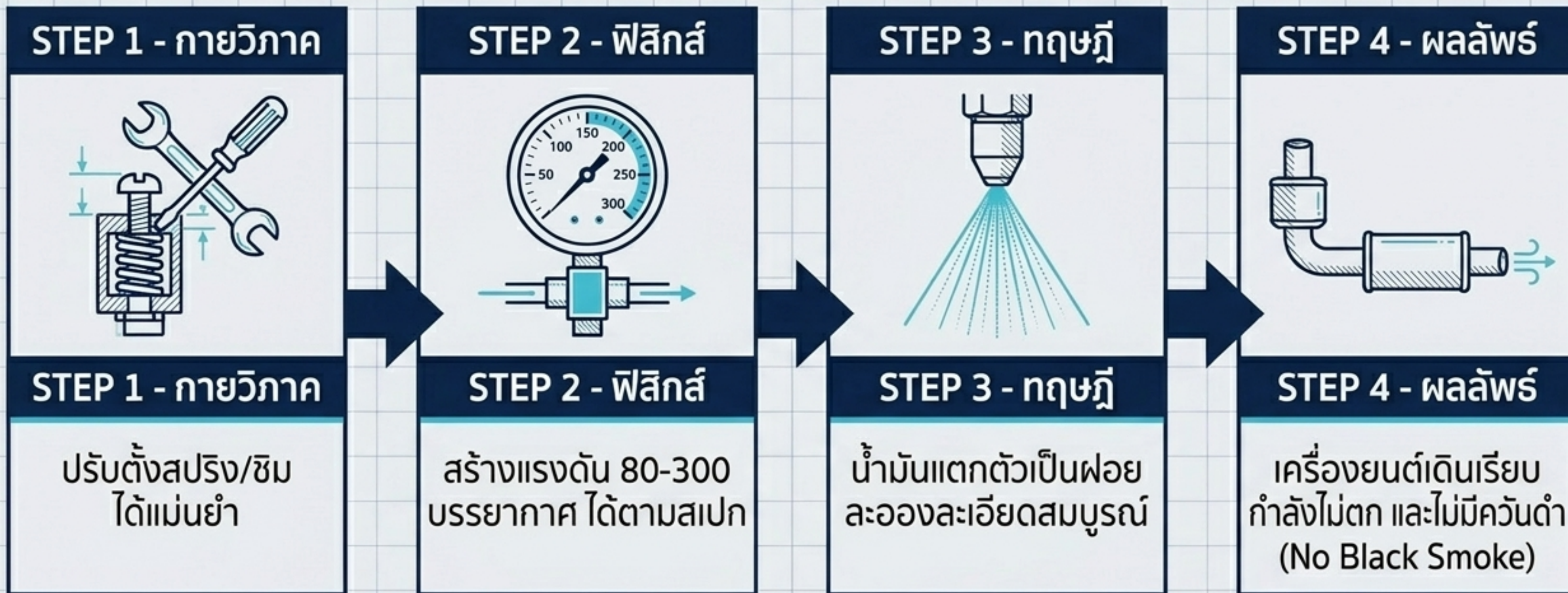


**การจับยึด:** การจับยึดเรือนหัวฉีดด้วยปากกาจับงาน  
ต้องระวังการเสียหาย บี้ แบน หรือเสียรูปทรง



**ไล่ลมระบบ:** ประกอบท่อเสร็จสิ้น  
ต้องไล่ฟองอากาศออกจากระบบน้ำมันเชื้อเพลิงทุกครั้งก่อนสตาร์ท

# วงจรการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (The Perfect Injection Loop)



หัวฉีดที่สมบูรณ์ คือหัวใจสำคัญของสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล