บทที่ 5

การติดตั้งระบบเชื้อเพลิงไฮโดรเจน

การติดตั้งระบบเชื้อเพลิงไฮโดรเจนแบบเมทัลไฮไดรด์

ระบบเชื้อเพลิงเป็นระบบที่สำคัญของเครื่องยนต์ ซึ่งต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นอย่างสูง เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนมีความหนาแน่นน้อยมากทำให้รั่วซึมง่าย คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของก๊าซไฮโดรเจนคือมีความสามารถในการติดไฟสูง ดังนั้น ระบบเชื้อเพลิงไฮโดรเจนแบบเมทัลไฮไดรด์ จึงต้องเป็นระบบที่สามารถเก็บและปล่อยก๊าซไฮโดรเจนจากถังเมทัลไฮไดรด์ได้อย่างปลอดภัย ประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

1. ถังเมทัลไฮไดรด์ KW 5 [11]

ถังเมทัลไฮไดรด์ KW 5 เป็นถังที่ผลิต และได้ผ่านการทดสอบ รับรองตามข้อกำหนดถังความดันของประเทศเยอรมัน การนำถังไปใช้งานควรได้รับการควบคุมและปฏิบัติงานโดยบุคลากรที่มีความรู้ ความชำนาญ และได้ผ่านการอบรมเป็นอย่างดี เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

ถังเมทัลไฮไดรด์ KW 5 ประกอบด้วย ท่อ 3 ท่อที่เชื่อมต่อถึงกัน และติดตั้งอยู่ภายในถังหุ้ม (Cooling Jacket) ซึ่งประกอบด้วยช่องทางไหลของสารแลกเปลี่ยนความร้อนภายในซึ่งทั้งตัวท่อความดัน และช่องทางไหลของสารแลกเปลี่ยนความร้อนจะเป็นวัสดุที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) และเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการทำงานของถังสูงสุด สารแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ควรเป็นของเหลว เช่น น้ำ

ข้อมูลทางเทคนิคของถัง

รุ่นของถังกักเก็บ	:	KW5
ความจุของก๊าซไฮโดรเจน	:	ประมาณ 5 Nm^3 ของ H_2
ชนิดอัลลอยของเมทัลไฮไดร์ด	:	HYDRALLOY® C5

น้ำหนักของเมทัลไฮไดรด์	:	30 กิโลกรัม
ปริมาตรถังเมทัลไฮไดรด์	:	3 X 3.1 ลิตร เท่ากับ 9.3 ลิตร
ความดันทำงาน	:	ประมาณ 6 bars (20 $^{\circ}$C)
ความดันสูงสุดสำหรับการบรรจุก๊าซ	:	30 bars
ปริมาตรของถังหล่อเย็นชั้นนอก	:	ประมาณ 6 ลิตร
ความดันน้ำสูงสุด	:	0.6 bars
อุณหภูมิสูงสุด	:	100 $^{\circ}$C
น้ำหนักถัง	:	ประมาณ 51 กิโลกรัม
Extraction	:	สูงสุด 4 ลิตรมาตรฐานของ H_2 ต่อวินาที

การส่งก๊าซของถังกักเก็บแบบเมทัลไฮไดร์ด รุ่น KW5 ถูกใช้งานและเติมด้วยก๊าซไฮโดรเจน ระบบของการกักเก็บถูกลำเลียงผ่านวาล์วควบคุมชนิด BK ขนาด ½ นิ้ว จากบริษัท Swagelok® มี Clamping ring fitting แปลงขนาด ½ นิ้วเป็น 12 มิลลิลิตร

2. ลิ้นควบคุมแรงดันก๊าซไฮโดรเจน (Pressure regulator)

ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไปใช้งานให้คงที่ ไม่ว่าไฮโดรเจนภายในถังจะเหลือมากน้อยเท่าใด ซึ่งสามารถปรับแรงดันตามต้องการได้โดยการหมุนปุ่มปรับแรงดันที่ทำงานโดยอาศัยแรงดันของสปริง นอกจากนี้ ยังสามารถบอกปริมาณก๊าซที่อยู่ภายในถังเก็บได้

3. เกจวัดแรงดันก๊าซ (Pressure gauge)

ทำหน้าที่ตรวจวัดระดับแรงดันของก๊าซไฮโดรเจน ณ ตำแหน่งที่ต้องการวัด มีหน่วยวัดเป็น bar, psi, kg/cm^2

4. ท่อส่งก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen tube)

ทำหน้าที่ส่งผ่านก๊าซไฮโดรเจนไปยังอุปกรณ์ต่างๆ และเครื่องยนต์ มีด้วยกัน 2 ส่วน คือ ส่วนที่ต่ออุปกรณ์ต่างๆ จากถังเก็บ จะใช้ท่อทองแดงขนาด 3/8 นิ้ว และส่วนที่เป็นท่อยางทนแรงดันสูง เพื่อให้สามารถอ่อนตัวได้ เพื่อสะดวกต่อการปฏิบัติการ และผลจากแรงสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์

5. ข้อต่อ (Connecting)

ทำหน้าที่ต่อท่อส่งก๊าซเข้าด้วยกัน และต่อท่อส่งก๊าซกับอุปกรณ์ต่างๆ

6. ลิ้นป้องกัน (Ball Valve)

ทำหน้าที่ในการเปิด-ปิดการไหลของก๊าซ โดยปรกติจะใช้งานเพียง 2 ตำแหน่งเท่านั้นคือ ที่ตำแหน่งปิด หรือ เปิดสุด เพื่อประโยชน์ในด้านการตรวจสอบการรั่วของระบบเชื้อเพลิง และยังถือเป็นอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยที่สำคัญคือ ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินก็สามารถเปิดปิดการไหลของก๊าซได้ทันที

7. ลิ้นโซลีนอยด์ (Solenoid Valve)

ทำหน้าที่เปิด-ปิดการไหลของก๊าซด้วยระบบไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ เป็นตัวเปิดลิ้นให้ไฮโดรเจนไหลผ่าน เมื่อเปิดสวิตช์ Solenoid Valve โดยใช้สวิทช์กุญแจที่ตำแหน่ง (ON) จะเปิดให้ก๊าซไหลผ่าน ในกรณีที่ต้องการดับเครื่องยนต์หรือเกิดเหตุจำเป็นต้องดับเครื่อง เช่น เกิดไฟย้อนกลับก็สามารถปิดสวิตช์ Solenoid Valve จะตัดการไหลผ่านของก๊าซทันที มีข้อดี คือ ถ้าไม่ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์หรือขณะดับเครื่องยนต์จะไม่มีก๊าซไหลผ่านเข้าเครื่องยนต์ ซึ่งถือว่าเป็นอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยชนิดหนึ่ง

8. ลิ้นกันกลับ (Check Valve)

เป็นอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยเพื่อป้องกันการดันกลับของไฮโดรเจน เพื่อให้ก๊าซไหลเข้าเครื่องยนต์ได้ทางเดียว นอกจากนี้ ยังป้องกันมิให้อุปกรณ์ในระบบเชื้อเพลิงเกิดการเสียหายได้ ในกรณีที่เปลวไฟย้อนกลับของเครื่องยนต์

9. ลิ้นควบคุมการจ่ายก๊าซไฮโดรเจน (Needle Valve)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปิด-ปิด และควบคุมอัตราการไหลของก๊าซไฮโดรเจนเข้าเครื่องยนต์ตามต้องการ โดยลิ้นที่มีลักษณะเป็นเข็ม ทำให้สามารถปรับปริมาณการไหลของก๊าซไฮโดรเจนได้ทีละปริมาณน้อยๆ

10. มิเตอร์วัดอัตราการไหลของก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen flow meter)

ทำหน้าที่วัดอัตราการไหลของก๊าซไฮโดรเจนที่เข้าเครื่องยนต์ ในงานวิจัยนี้ ใช้มิเตอร์วัดอัตราการไหลของก๊าซไฮโดรเจนของ Fischer porter D10A3225C ความดัน 6 bars ที่ 20 °C ซึ่งกราฟการปรับเทียบนี้จะแสดงอยู่ในรูปที่ ฉ-1

11. ลิ้นระบายความดัน (Pressure Relief Valve)

เป็นอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยเพื่อลดความดันที่เกินกว่าที่ใช้งาน ซึ่งจะปล่อยให้มีก๊าซไฮโดรเจนออกบางส่วนที่ความดันสูงเกินออกสู่บรรยากาศ ซึ่งมีติดอยู่กับลิ้นควบคุมแรงดันก๊าซ

ระบบความปลอดภัยของเครื่องยนต์ไฮโดรเจน

การใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงนั้นต้องมีมาตรการด้านความปลอดภัยที่สูง เพื่อให้ระบบเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นที่ยอมรับของบุคคลทั่วไป เนื่องจากไฮโดรเจนนั้นมีความไวในการติดไฟสูงมาก นอกจากนี้ช่วงในการติดไฟของไฮโดรเจนนั้นยังกว้างมากอีกด้วย จึงทำให้เกิดความเข้าใจผิดคิดว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีความอันตรายมาก และมีอันตรายสูงกว่าเชื้อเพลิงอื่นๆ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เมื่อเปรียบเทียบด้านความปลอดภัยของการนำไฮโดรเจนมาเป็นเชื้อเพลิง กับเชื้อเพลิงชนิดอื่น โดยเฉพาะกับเชื้อเพลิงชนิดที่อยู่ในรูปของก๊าซด้วยกัน เช่น LPG จะพบว่าเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจะมีความปลอดภัยสูงไม่แพ้เชื้อเพลิงชนิดอื่นที่อยู่ในรูปก๊าซด้วยกัน ดังนั้นในระบบเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจึงต้องติดอุปกรณ์หลายชิ้นที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย เพื่อให้เกิดความมั่นใจ ดังต่อไปนี้ Pressure Regulator, Ball Valve, Solenoid Valve และ Check Valve และมีการตรวจสอบรอยรั่วก่อนการทำงานทุกครั้งที่มีการถอดประกอบอุปกรณ์ และมีการปฏิบัติการที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ซึ่งถ้าเกิดรอยรั่วของก๊าซไฮโดรเจน ก็จะเกิดการกระจายอย่างรวดเร็ว ทำให้ก๊าซไฮโดรเจนไม่เกิดการสะสมในบริเวณที่ทำการวิจัย เป็นป้องกันไฟลุกไหม้ได้

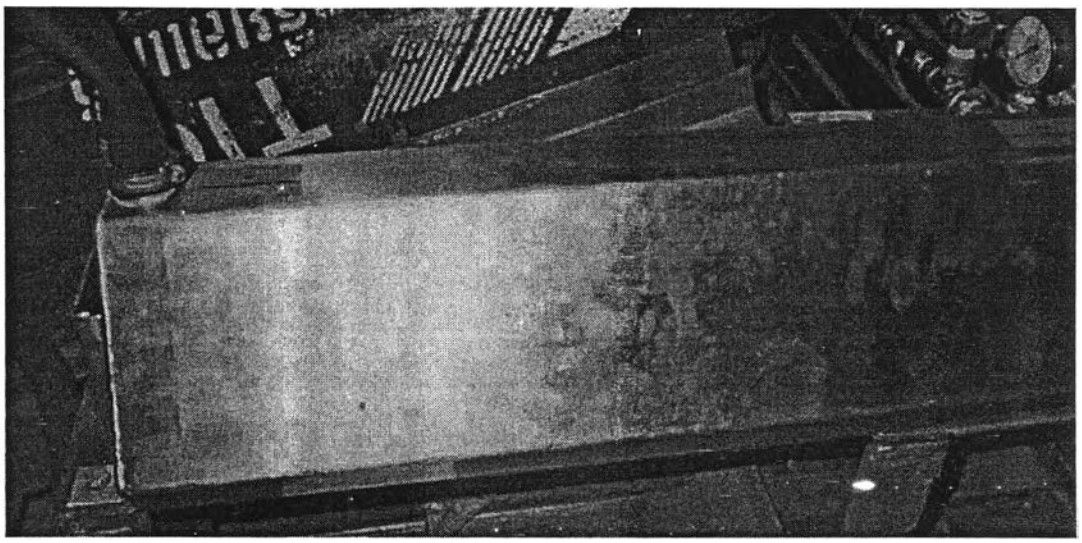
การตรวจสอบรอยรั่ว

การตรวจสอบรอยรั่วเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในการทดลองเรื่องเครื่องยนต์ไฮโดรเจน นั่นเป็นเพราะว่าก๊าซมีความสามารถที่จะรั่วได้ง่ายเพราะมีอนุภาคขนาดเล็ก และก๊าซที่นำมาใช้ในการ

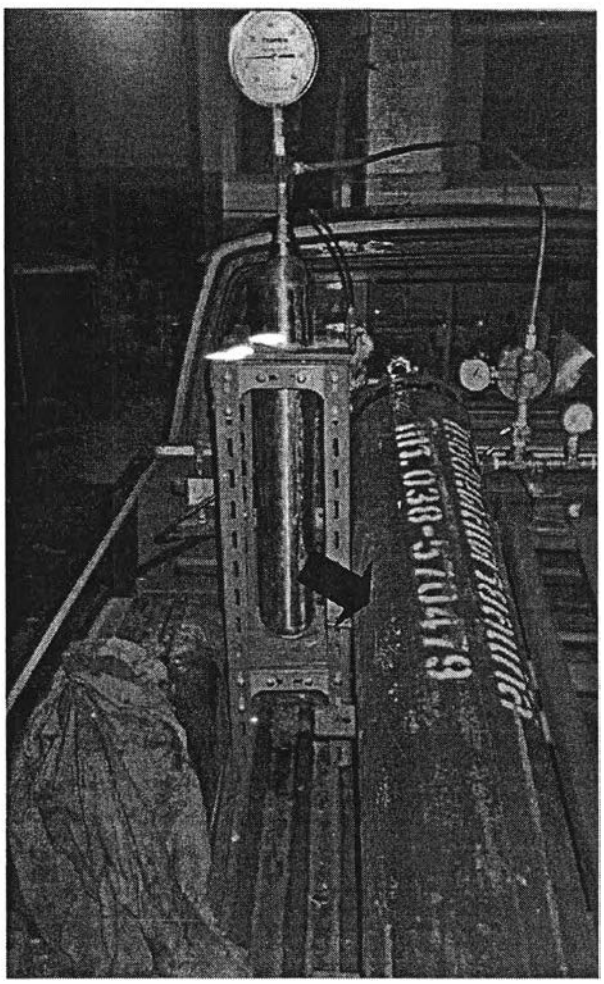
ทดลองนี้ก็เป็นก๊าซที่มีความไวไฟมาก ถ้าหากว่าทำการทดลองไม่ระมัดระวังแล้วก็อาจที่จะเกิดอันตรายได้ ดังนั้นทุกๆ ข้อต่อที่มีการต่อเข้าและออกทุกครั้งก็จะมีการเช็คลมรั่วอยู่ตลอด

วิธีการตรวจสอบรอยรั่วที่ถูกวิธี มีดังนี้

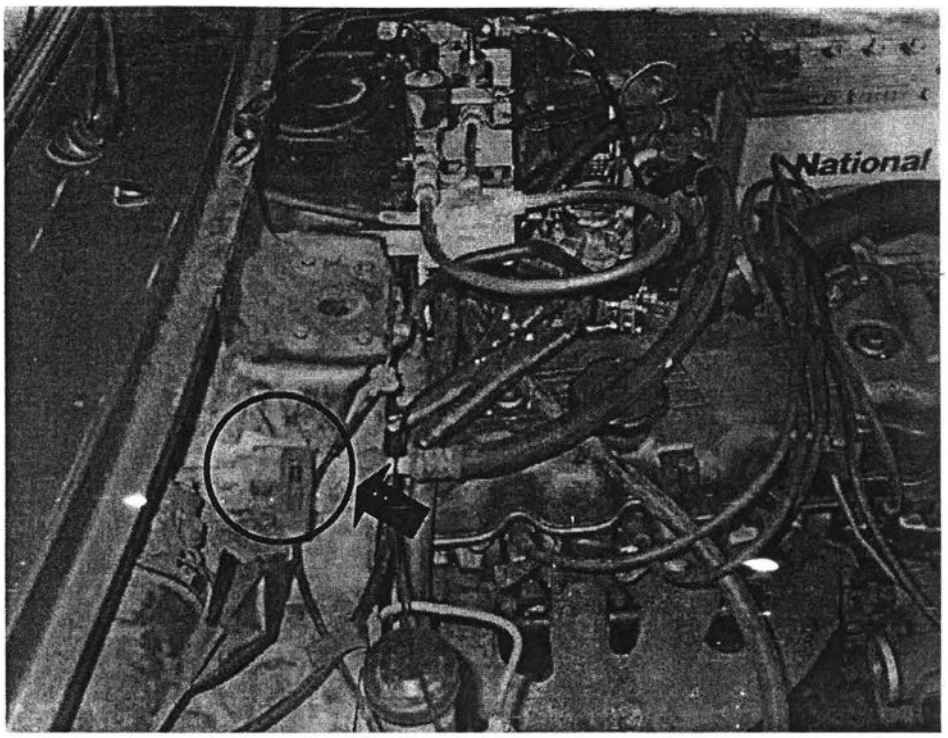
1. หลังจากทีได้มีการต่ออุปกรณ์เข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว เราก็เอาน้ำผงซักฟอกมาตีให้เป็นฟองมากๆ
2. จากนั้นนำน้ำผงซักฟอกที่มีฟองมากๆ มาพอกตรงรอยต่อระหว่างที่มีการติดตั้งข้อต่อ
3. เปิดให้ก๊าซไหลแล้วเช็คดูรอยรั่ว วิธีเช็คถ้าหากว่าก๊าซเกิดการรั่วขึ้นแล้วจะเกิดฟองอากาศผุดขึ้นมาจำนวนมาก
4. ถ้าหากเกิดตรวจพบว่ารั่วก็ให้ปิดวาล์วถังก๊าซ แล้วใช้ประแจขันข้อต่อที่ตรงนั้นแน่นมากกว่าเดิมแล้ว ทำการเช็คดูใหม่จนกว่าจะไม่เกิดฟองอากาศขึ้นอีก จึงเริ่มทำการทดลองได้



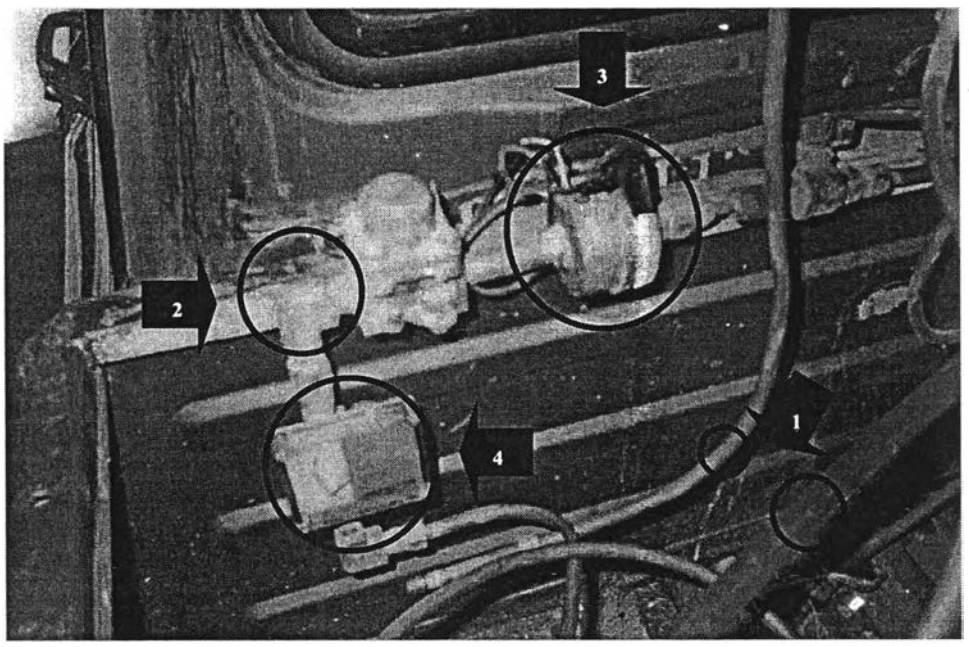
รูปที่ 5.1 แสดงถังเมทัลไฮไดรด์ KW 5



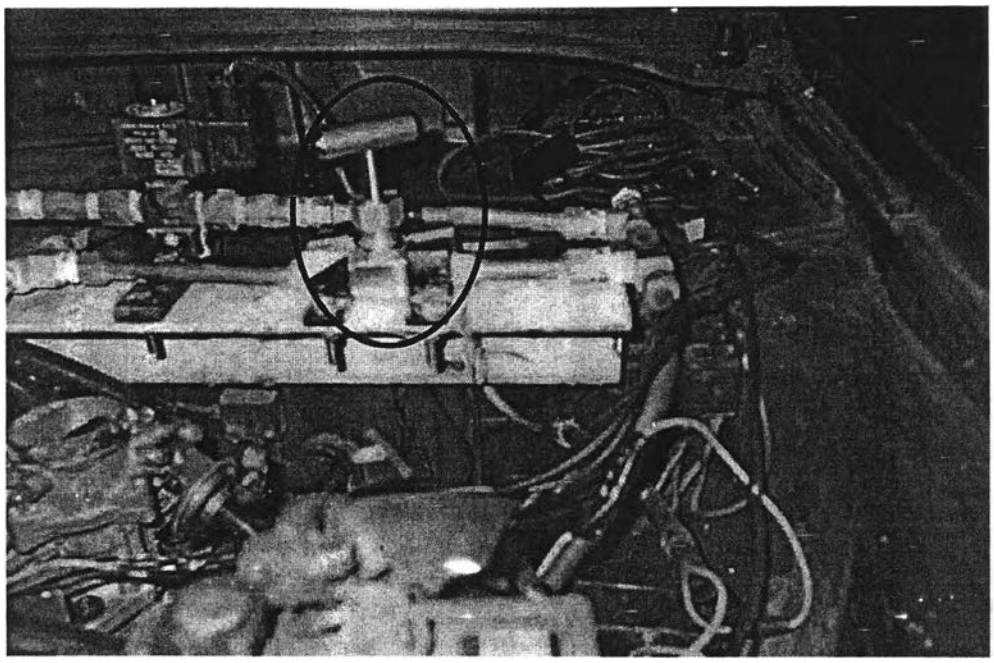
รูปที่ 5.2 แสดงถังความดันสูง



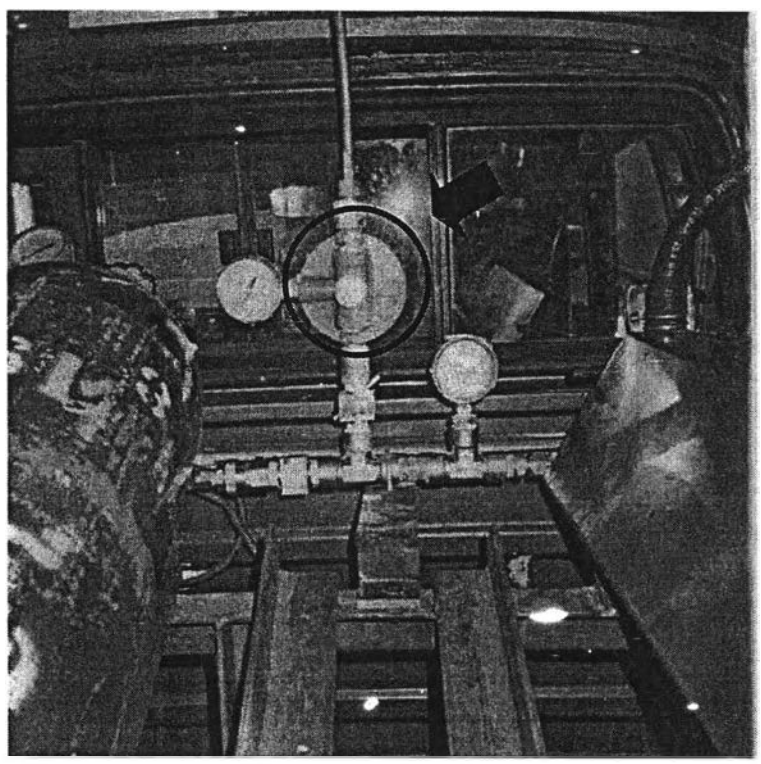
รูปที่ 5.3 แสดงลิ้นป้องกัน (Ball Valve)



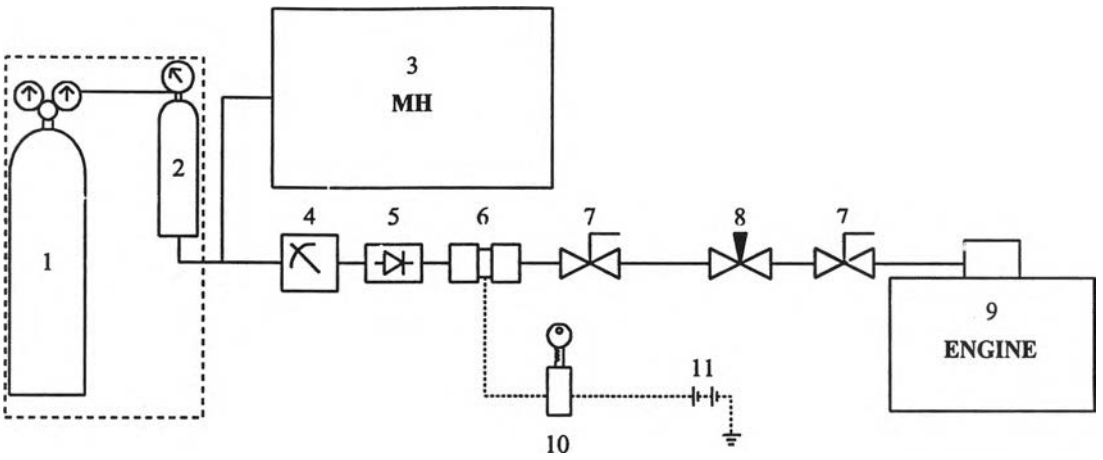
รูปที่ 5.4 แสดง (1) ท่อส่งก๊าซ (2) ข้อต่อ (3) ลิ้นโซลีนอยด์
(4) มิเตอร์วัดอัตราการไหลของก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen flow meter)



รูปที่ 5.5 แสดงลิ้นควบคุมการจ่ายก๊าซไฮโดรเจน (Needle Valve)



รูปที่ 5.6 แสดงลิ้นควบคุมแรงดันก๊าซไฮโดรเจน (Pressure regulator) ขณะปล่อยก๊าซไฮโดรเจนจากถังเมทัลไฮไดรด์



1. High pressure hydrogen cylinder
2. Low pressure hydrogen cylinder
3. Metal hydride
4. Hydrogen flowmeter
5. Flash back arrestor
6. Solinoid valve
7. Ball valve
8. Needle valve
9. Engine
10. Ignition switch
11. Battery

รูปที่ 5.7 แสดงการติดตั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงไฮโดรเจนแบบเมทัลไฮไดรด์