บทที่ 4

การใช้งานในรถยนต์

การใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในมีข้อดีดังต่อไปนี้

1. สำหรับเครื่องต้นกำลังที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง เช่น เครื่องยนต์เบนซินที่ดัดแปลงมาก็สามารถใช้กับเชื้อเพลิงไฮโดรเจน หรือเบนซิน หรือเชื้อเพลิงผสมได้
2. การสันดาปของเครื่องยนต์ก๊าซไฮโดรเจนจะไม่มี CO, CO_2, CH และไม่มีสารตะกั่วออกมากับไอเสียเนื่องจากไฮโดรเจนมีช่วงติดไฟกว้าง และการสันดาปจะเกิด NO_x น้อยมาก แต่กำลังของเครื่องยนต์ก็ลดลงด้วย โดยค่า λ (Relative air fuel ratio) ต้องมีค่ามากกว่า 2
3. สำหรับรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสม (เบนซินกับไฮโดรเจน) อัตราส่วนของเชื้อเพลิงสามารถกำหนดได้ตามต้องการ ซึ่งในแง่นี้อาจใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงส่วนเพิ่มเติมของเบนซินเพื่อทดแทนเบนซินบางส่วน เช่น ใช้เบนซินเป็นหลักแล้วผสมไฮโดรเจนลงไป 20% เพื่อลดปริมาณการใช้เบนซิน เป็นการประหยัดเชื้อเพลิง ซึ่งในกรณีนี้การดัดแปลงเครื่องยนต์เบนซินเพียงเล็กน้อยก็สามารถใช้งานได้
4. ไฮโดรเจนสามารถผสมกับอากาศได้ง่าย ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันดีกว่าการใช้เชื้อเพลิงเหลว ทำให้การกระจายตัวของเชื้อเพลิงในกระบอกสูบสม่ำเสมอ

ดังนั้นรถยนต์สามารถใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนได้ ซึ่งมีประโยชน์ในการใช้แทนรถที่ใช้ไฟฟ้าเพราะไม่มีมลพิษ และช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงธรรมชาติเพราะไฮโดรเจนสามารถผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานนิวเคลียร์

4.1 เครื่องยนต์สันดาปภายในใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจน

การศึกษาเครื่องยนต์ไฮโดรเจนมีมานานกว่า 100 ปีแล้วโดยในประเทศเยอรมนี ได้แก่ Daimler-Benz และ Motoren-Institute der Hochschulen in Aachen kaiserslautern and Stuttgart และในระดับนานาชาติก็มีการดัดแปลงเครื่องยนต์สันดาปภายใน (เครื่องยนต์เบนซิน) เพื่อใช้เป็นเครื่องยนต์ไฮโดรเจน ได้แก่ รถเปอร์โยในฝรั่งเศส รถเฟียตในอิตาลี General Motor และมหาวิทยาลัยอื่นๆ ในอเมริกาและในญี่ปุ่น

เราสามารถดัดแปลงเครื่องยนต์สันดาปภายใน (เครื่องยนต์เบนซิน) เพื่อใช้เป็นเครื่องยนต์ไฮโดรเจน ซึ่งเครื่องยนต์เบนซินสามารถนำมาใช้โดยจ่ายเชื้อเพลิงไฮโดรเจนได้ทั้งภายในกระบอกสูบ และภายนอกกระบอกสูบ (เช่น ในท่อไอดี) หรือใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดพร้อมกัน:

การผสมเชื้อเพลิงไฮโดรเจนกับอากาศภายนอกกระบอกสูบ จะต้องผสมให้ได้สัดส่วนที่พอเหมาะก่อน แล้วจึงให้เครื่องยนต์ดูดส่วนผสมเข้าในกระบอกสูบ โดยความดันที่ต้องการของเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจะอยู่ที่ 1 bar ซึ่งที่ความดันนี้สามารถใช้ถังเมทัลไฮไดรด์ทั้งชนิดอุณหภูมิใช้งานสูงและอุณหภูมิใช้งานต่ำได้ แต่การผสมเชื้อเพลิงไฮโดรเจนกับอากาศภายนอกกระบอกสูบก็มีข้อเสีย คือ อาจเกิด Flash back และ มีการจุดระเบิดเองได้ (Autoignition) แต่ข้อเสียนี้สามารถแก้ไขให้ลดลงได้โดยลดความเข้มข้นของส่วนผสมลง ซึ่งจะใช้วิธีการนำเอาไอเสียบางส่วนกลับเข้ามาผสมในท่อไอดี (Exhaust gas recycle) หรือโดยการพ่นละอองน้ำเข้าในกระบอกสูบ แต่การแก้ไขวิธีนี้จะมีผลทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลง

การผสมเชื้อเพลิงไฮโดรเจนกับอากาศภายในกระบอกสูบ เป็นการช่วยเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์โดยจะดูดเอาอากาศเข้ามาในกระบอกสูบแล้วจึงใช้หัวฉีดฉีดไฮโดรเจนเข้าในกระบอกสูบ (วิธีการนี้ต้องเลือกหัวฉีดให้เหมาะสมเพื่อกำหนดความดันของเชื้อเพลิงไฮโดรเจน) ความดันที่ใช้อยู่ระหว่าง 2 - 50 bar และกำลังของเครื่องยนต์จะเพิ่มตามความดันที่ใช้ (ที่ความดัน 50 bar เครื่องยนต์ไฮโดรเจนจะให้กำลังสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินเดิม) สำหรับความดัน 2 - 5 bar มีความเหมาะสมที่สุดเพราะเครื่องยนต์จะมีกำลังสูงเพียงพอ และยังสามารถใช้กับถังเมทัลไฮไดรด์ชนิดอุณหภูมิใช้งานสูงและอุณหภูมิใช้งานต่ำได้ ส่วนที่ความดัน 5 - 50 bar จะต้องใช้กับถังเมทัลไฮไดรด์ชนิดอุณหภูมิใช้งานต่ำเท่านั้น และการผสมเชื้อเพลิงไฮโดรเจนกับอากาศในกระบอกสูบจะไม่เกิด Flash back และไม่มีการจุดระเบิดเอง

4.2 เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ทั้งไฮโดรเจนและเบนซิน (ใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิด)

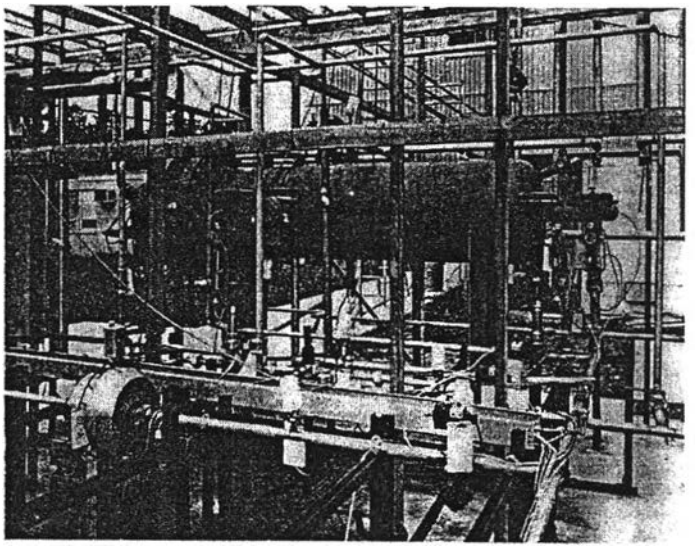
การใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิดสามารถจ่ายเชื้อเพลิงไฮโดรเจนให้ผสมกับเบนซินและอากาศในท่อไอดีได้ หรือฉีดเชื้อเพลิงไฮโดรเจนเข้ากระบอกสูบได้โดยตรง ซึ่งอัตราส่วนของเบนซินกับเชื้อเพลิงไฮโดรเจนนั้นมีค่าเท่าไรก็ได้ เพราะสามารถใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้อย่างไม่มีปัญหา Daimler-Benz ได้ทำการทดลองเดินเครื่องยนต์เพื่อแสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ดีแม้ว่ามีอัตราส่วนของไฮโดรเจนสูงถึง 60% ซึ่งการแก้ปัญหานี้นับเป็นก้าวแรกในการแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานโดยลดการใช้เชื้อเพลิงเบนซินลง ในปี ค.ศ. 1977 ได้มีการร่วมมือกัน

ระหว่าง University Kaiseslavtern โดยนำเทคนิคนี้ไปใช้กับรถยนต์นั่งขนาด 2.8 ลิตร ซึ่งเป็นเครื่องยนต์หัวฉีด โดยในขณะที่เครื่องยนต์เดินเบา (Idle) จะใช้แต่เชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่ผสมกับอากาศในอัตราส่วนที่บางมากทำให้มีมลพิษต่ำ ดังนั้น ขณะที่รถติดไฟแดงก็จะมีมลพิษออกมาต่ำมาก แต่ในขณะเครื่องยนต์ใช้งานปกติจะเดินเครื่องด้วยเบนซิน นอกจากนี้ ในขณะที่รับภาระต่ำ ปริมาณเบนซินจะถูกลดลงจนได้อัตราส่วนที่บางมากจึงต้องใช้ไฮโดรเจนช่วยในการจุดระเบิด ทำให้ในบางช่วงของการทำงานจะมีไฮโดรเจนมากถึง 60% ทำให้มลพิษคือ CO และ NO_x ลดลงอย่างเห็นได้ชัด

จากวิธีการข้างต้นใช้เบนซิน 50 kg และเชื้อเพลิงไฮโดรเจน 4 kg ซึ่งเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจะถูกนำมาเก็บในถังเมทัลไฮไดรด์ชนิดอุณหภูมิใช้งานต่ำซึ่งจะมีน้ำหนักประมาณ 200 kg สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนและเบนซินนี้ไม่สามารถใช้ถังเมทัลไฮไดรด์ชนิดอุณหภูมิใช้งานสูงได้ เนื่องจากถังเมทัลไฮไดรด์ชนิดอุณหภูมิใช้งานสูงต้องการระดับอุณหภูมิสูงกว่า 300 °C ซึ่งเครื่องยนต์ในขณะที่รับภาระต่ำๆ ไม่สามารถทำได้ ทำให้ถังเมทัลไฮไดรด์ไม่สามารถจ่ายไฮโดรเจนได้ในปริมาณที่ต้องการ

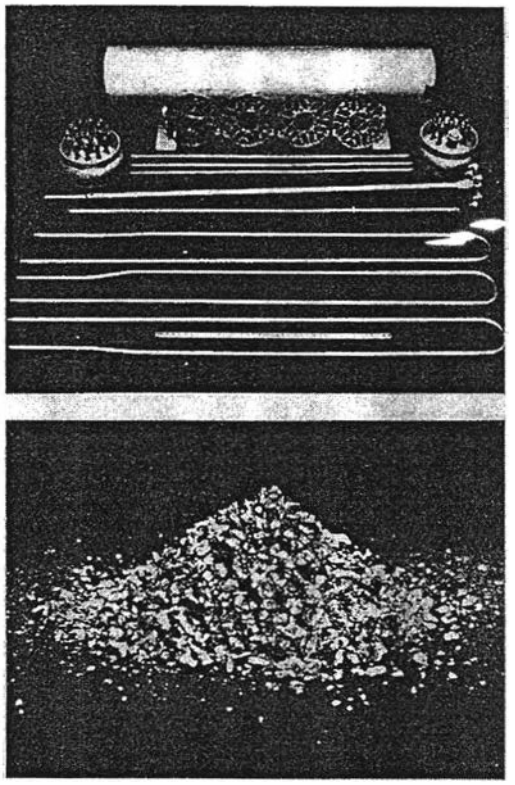
4.3 เทคโนโลยีของถังเมทัลไฮไดรด์ในรถยนต์

ถังเมทัลไฮไดรด์ใบแรกถูกสร้างขึ้นในอเมริกา โดย Brookhaven National Labs ซึ่งมีน้ำหนักโลหะผสมสูงถึง 2,000 kg โดยการถ่ายเทความร้อนจะใช้ท่อเล็กๆ ฝังอยู่ภายในโลหะผสม (เรียกว่าระบบการถ่ายเทความร้อนแบบภายในโลหะผสม) ส่วนถังเมทัลไฮไดรด์ที่ใช้ในรถยนต์ได้ถูกพัฒนาโดย Billings Corporation และ bei MPD/Engineer ซึ่งจะมีลักษณะเป็นท่อเล็กๆ ภายในบรรจุโลหะผสม ส่วนผิวท่อด้านนอกจะรับความร้อนที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน (เรียกว่าระบบถ่ายเทความร้อนแบบภายนอก) ทั้ง 2 กรณีพื้นผิวที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนต้องถูกออกแบบให้สามารถถ่ายเทความร้อนได้ตามต้องการจากการกำหนดเงื่อนไขทางเทคนิค เช่น ปริมาณพลังงานที่เก็บในถัง อัตราการไหลของไฮโดรเจน (ภาระสูงสุดของถังที่สามารถรับได้), เวลาที่ใช้ในการบรรจุไฮโดรเจน และ ขนาดมิติของถังที่แสดงถึงความสามารถในการติดตั้งในรถยนต์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดให้ถังเก็บมีรูปร่างต่างกันออกไป



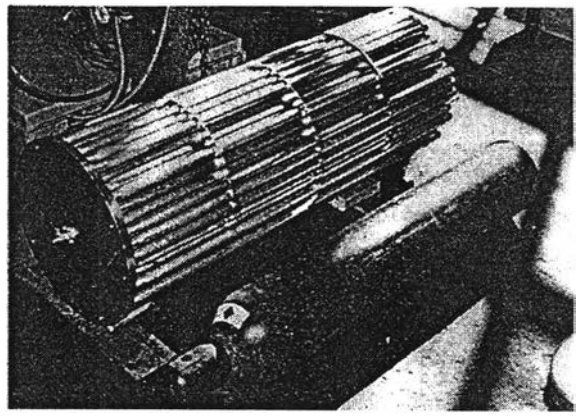
รูปที่ 4.1 ถังเก็บเมทัลไฮไดรด์แบบอยู่กับที่ โดยใช้ระบบถ่ายเทความร้อนภายใน ปริมาณโลหะผสมประมาณ 2 ตัน

ภาพจาก Brookhaven National Laboratory, USA



รูปที่ 4.2 ภาพแสดงอุปกรณ์สำหรับระบบถ่ายเทความร้อนภายในถังเมทัลไฮไดรด์ ภาพล่างเป็นเมทัลไฮไดรด์

ภาพจาก Brookhaven National Laboratory, USA



รูปที่ 4.3 ถังเมทัลไฮไดรด์ในรูปประกอบด้วยท่อขนาดเล็กจำนวนมาก การแลกเปลี่ยนความร้อนเกิดขึ้นที่ภายนอก ผ่านผิวของท่อเล็กๆ

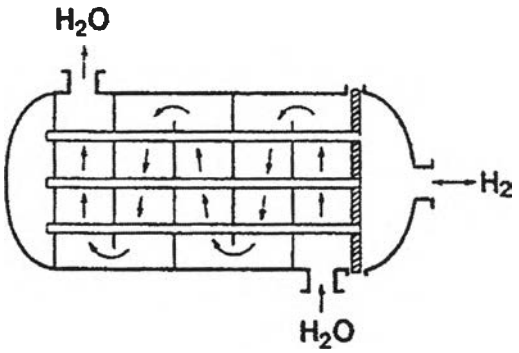
ภาพจาก Ergenics/MPD, Great Britain

ในด้านพื้นฐานการออกแบบถังเมทัลไฮไดรด์นั้น การที่ถังเมทัลไฮไดรด์มีพลังงานจำเพาะอยู่ที่ 500 - 1,000 W.h/kg ทำให้ต้องใช้ถังที่มีน้ำหนักมากในการเก็บพลังงาน เช่น ถังเมทัลไฮไดรด์ที่มีน้ำหนัก 500 - 1000 kg จะเทียบเท่าถังเบนซินเพียง 50 kg และเนื่องจากเหตุผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ คือ ราคาของถังจะสูงขึ้นถ้าถังเก็บมีขนาดใหญ่ขึ้นและเหตุผลทางด้านพลังงาน คือเมื่อถังมีน้ำหนักมากขึ้นจะไปเพิ่มค่าความต้านทานทำให้มีการสิ้นเปลืองพลังงาน ทำให้ถังเมทัลไฮไดรด์ควรมีน้ำหนักไม่เกิน 100 - 200 kg ซึ่งที่น้ำหนักขนาดนี้จะเทียบเท่ากับการใช้เบนซินเพียง 5 - 10 kg (ทั้งนี้ขึ้นกับโลหะผสมที่ใช้ทำถังเมทัลไฮไดรด์ด้วย) ดังนั้นรถยนต์ที่จะนำมาดัดแปลงเป็นรถยนต์ไฮโดรเจนควรจะเป็นรถยนต์ที่ถูกออกแบบมาให้ประหยัดพลังงานอยู่ก่อนแล้ว (เช่น รถยนต์ขนาดเล็ก) เพื่อที่จะได้สามารถวิ่งได้ระยะทาง 150 km โดยใช้ถังที่มีน้ำหนักเพียง 100 kg

รถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนและมีถังเก็บเป็นถังแบบเมทัลไฮไดรด์เหมาะที่จะใช้ในการเดินทางระยะสั้นประมาณ 150 - 200 km หากต้องการใช้งานระยะไกลควรใช้รถยนต์เบนซินหรือดีเซลจะเป็นการเหมาะสมกว่า

ความร้อนที่ได้จากการสันดาปไฮโดรเจนกับอากาศในเครื่องยนต์ 20% จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกลที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์ (Mechanical energy) ส่วนอีก 80% เป็นพลังงานความร้อนในกระบอกสูบที่ไม่ได้ถูกใช้งานและจะถูกกำจัดออกไปทางท่อไอเสียและน้ำหล่อเย็น ซึ่งเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์เบนซินพลังงานที่ถูกทิ้งไปจะอยู่ระหว่าง 80 - 85% ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลจะอยู่ที่ 75%

พลังงานร้อนที่ถูกทิ้งจากเครื่องยนต์ไฮโดรเจนจะถูกนำมาป้อนให้กับถังเมทัลไฮไดรด์เพื่อใช้ในการแตกตัวของไฮโดรเจนจากเมทัลไฮไดรด์ ให้สามารถจ่ายไฮโดรเจนเข้าเครื่องยนต์ได้ในการให้พลังงานความร้อนถังเมทัลไฮไดรด์จะต้องให้อย่างต่อเนื่องโดยอุณหภูมิของถังเมทัลไฮไดรด์จะต้องอยู่ในระดับที่กำหนด มิฉะนั้นจะไม่เกิดการจ่ายไฮโดรเจน สำหรับเมทัลไฮไดรด์ชนิดอุณหภูมิใช้งานต่ำสามารถใช้พลังงานความร้อนจากไอเสียและน้ำหล่อเย็นได้ทั้ง 2 แหล่ง แต่เมทัลไฮไดรด์ชนิดอุณหภูมิใช้งานสูงจะใช้พลังงานความร้อนจากไอเสียเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการสร้างหรือทำถังเก็บเมทัลไฮไดรด์จึงมีรูปแบบต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 4.4 แสดงถังเมทัลไฮไดรด์ (ระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบภายนอกสำหรับ น้ำที่ใช้เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนในรูปอาจเปลี่ยนเป็นก๊าซร้อนจากท่อไอเสีย หรือ ไอเสียก็ได้)

เมทัลไฮไดรด์ชนิดอุณหภูมิใช้งานต่ำ

- ป้อนความร้อนโดยอาศัยระบบน้ำหล่อเย็น แบบมีน้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน
- ป้อนความร้อนโดยอาศัยไอเสียแบบใช้ก๊าซร้อนเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน

เมทัลไฮไดรด์ชนิดอุณหภูมิใช้งานสูง

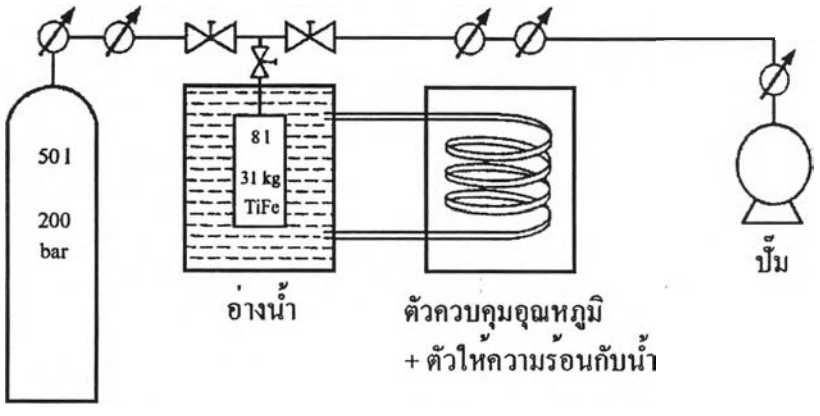
- ใช้พลังงานความร้อนที่ป้อนมาจากไอเสียโดยตรงโดยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
- ใช้พลังงานความร้อนที่ป้อนผ่านไอเสียเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเป็นตัวกลางในแลกเปลี่ยนความร้อน

สำหรับการเลือกใช้รูปแบบในการป้อนพลังงานความร้อนให้กับถังเมทัลไฮไดรด์ สิ่งสำคัญที่ใช้พิจารณา คือ ขนาดปริมาตรถังที่สามารถใส่ในรถยนต์, เงื่อนไขด้านความปลอดภัย, ค่าใช้จ่ายในการผลิต และน้ำหนักของตัวถังเอง

จากเหตุผลทางด้านความปลอดภัยและปริมาตรของถัง พบว่าถังเมทัลไฮไดรด์ที่ผลิตอย่างง่ายนั้นมีข้อดีกว่าถังบรรจุก๊าซความดันสูงที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น การใช้ถังความดันสูงมาบรรจุด้วยโลหะผสมให้กลายเป็นถังเมทัลไฮไดรด์ และนำถังเมทัลไฮไดรด์นี้แช่ลงในอ่างน้ำที่สามารถให้ความร้อนได้ พบว่าสำหรับถังก๊าซขนาด 10 ลิตรซึ่งมีน้ำหนักน้อยกว่า 15 kg สามารถบรรจุโลหะผสมได้ 40 - 45 kg และจะมีน้ำหนักรวมทั้งระบบน้อยกว่า ถังบรรจุก๊าซความดันสูงที่มีขนาด 50 ลิตร และมีความดันภายใน 200 bar ซึ่งเก็บเชื้อเพลิงไฮโดรเจนได้ในปริมาณที่เท่ากัน

4.4 เทคโนโลยีระบบถังเก็บแบบเมทัลไฮไดรด์

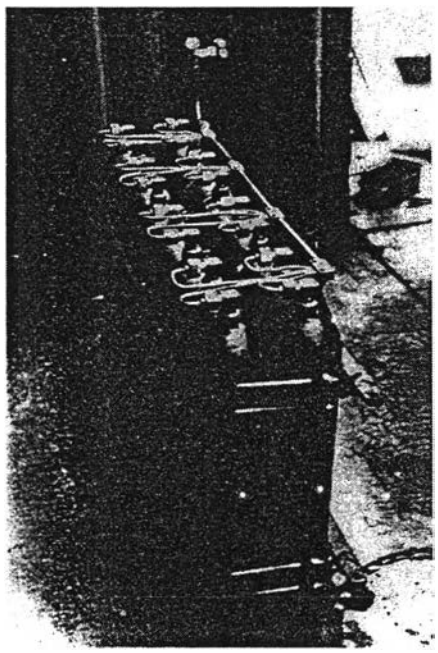
ในปี ค.ศ. 1973 Daimler-Benz ได้เป็นผู้ผลิตรถยนต์รายแรกของโลกที่ได้ทำการทดลองใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนซึ่งเก็บในถังเก็บเมทัลไฮไดรด์กับรถตู้ จนถึงปี ค.ศ. 1981 การใช้รถทดสอบกับถังเมทัลไฮไดรด์ มีวัตถุประสงค์หลักคือการศึกษาการทำงานร่วมกันของเครื่องยนต์สันดาปภายในกับถังเมทัลไฮไดรด์ ในการทดลองนี้ เครื่องยนต์ที่ใช้ไม่มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่ แต่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน 4 สูบขนาด 2.3 ลิตร ที่มีการดัดแปลงเพียงเล็กน้อย ส่วนการผสมเชื้อเพลิงไฮโดรเจนกับอากาศใช้การผสมแบบภายนอกกระบอกสูบ และยังมีการพ่นละอองน้ำ เพื่อช่วยลดปัญหาไฟย้อนกลับ (Flash back) และการจุดระเบิดเอง (Autoignition) สำหรับชนิดของโลหะผสมที่ใช้จะเป็น TiFe ซึ่งเป็นเมทัลไฮไดรด์ชนิดอุหณภูมิใช้งานต่ำจึงต้องการพลังงานความร้อนสำหรับการจ่ายเชื้อเพลิงไฮโดรเจนของถังในปริมาณที่ต่ำ



รูปที่ 4.5 ผังแสดงชุดทดลองในห้องปฏิบัติการสำหรับถังเก็บเชื้อเพลิงไฮโดรเจน

ค่าที่สำคัญที่บ่งบอกถึงสมรรถนะของโลหะผสมที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ขับเคลื่อนรถยนต์ ก็คือ ความสามารถในการรับภาระของเครื่องยนต์ ซึ่งการหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันสามารถทำการทดลองได้ในห้องทดลองทั่วไป โดยใช้ปั๊มสุญญากาศแทนเครื่องยนต์สันดาปภายในซึ่งจะจำลองสภาวะของเครื่องยนต์ขณะเดินเครื่องเต็มกำลังและขณะเดินเครื่องที่ภาระบางส่วน และมีการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ที่อาศัยน้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนแทนพลังงานความร้อนจากน้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์ หรือจากไอเสียในรถยนต์ที่นำมาใช้ในการไล่ไฮโดรเจนออกจากถังเมทัลไฮไดรด์

4.5 ถังเก็บเมทัลไฮไดรด์แบบมีการถ่ายเทความร้อนภายนอกถังเก็บ

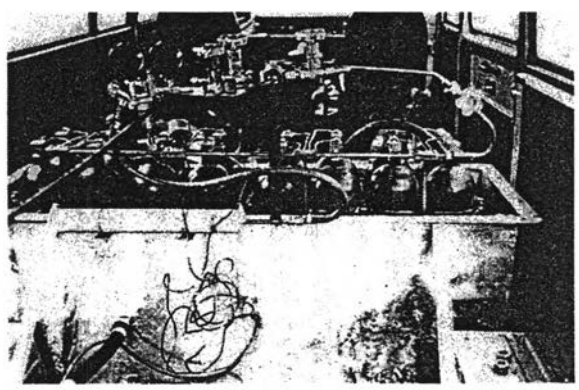


รูปที่ 4.6 ถังเมทัลไฮไดรด์ถังแรกของ Daimler-Benz

ถังทดสอบในรถยนต์ถังแรกของ Daimler-Benz ประกอบด้วยท่อเหล็กขนาด 8 ลิตร ต่อขนานกัน 16 ท่อ โดยมีปริมาตรรวม 128 ลิตร ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ถังเป็นโลหะผสมของ TiFe ซึ่งผลิตโดยบริษัท Heraeus/Hanau โดยจะมีขนาดของเม็ดโลหะผสมเล็กกว่า 200 ไมครอน บรรจุในถังเก็บซึ่งมีท่อ 16 ท่อ รวมโลหะผสมหนัก 493 kg และมีความหนาแน่นในการบรรจุ 3.85 kg/dm^3 ซึ่งคิดเป็นความสามารถในการบรรจุประมาณ 70% เมื่อเทียบกับความหนาแน่นของ TiFe คือ 5.6 kg/dm^3 ถังเก็บจะถูกหล่อด้วยน้ำ 180 ลิตร ซึ่งจะถูกให้ความร้อนโดยน้ำหล่อเย็นจากเครื่องยนต์ ถังเก็บหลังจากผ่านการทำ Activation แล้วจะสามารถเก็บไฮโดรเจนได้ 90 m^3 เมื่อตัดปริมาตรที่ไม่

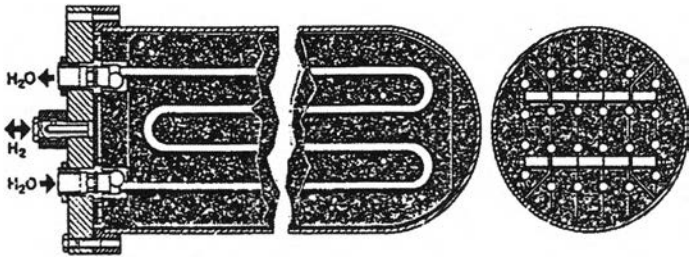
สามารถใช้งานได้ เราจะได้ความจุของถังอยู่ที่ 1.8% ไฮโดรเจนโดยน้ำหนัก สำหรับการทำให้เป็นเมทัลไฮไดรด์โดยสมบูรณ์ (การบรรจุไฮโดรเจนโดยสมบูรณ์) จะต้องใช้เวลา 12 ชั่วโมง เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาจะถูกถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อมอย่างช้าๆ โดยผ่านน้ำและผนังภายใน ดังที่เห็นในรูปที่ 4.7 เพื่อกำหนดสมรรถนะการทำงานของถังเก็บเมื่อมีภาวะในการใช้งานที่เปลี่ยนแปลง จำเป็นต้องกำหนดลักษณะการขับรถยนต์ ดังต่อไปนี้

20 วินาทีแรก ใช้เร่งความเร็วจากความเร็ว 0 km/h ถึง 50 km/h
อีก 20 วินาทีต่อมา ขับที่ความเร็วคงที่ 50 km/h
อีก 20 วินาทีต่อมา ปล่อยให้รถไหลไปแล้วจึงเบรก



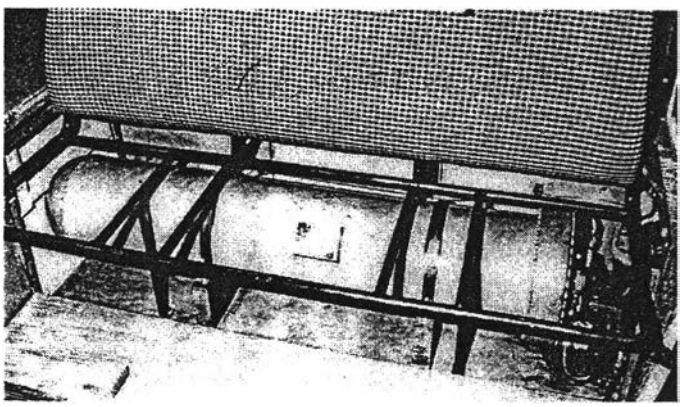
รูปที่ 4.7 ถังเมทัลไฮไดรด์ในอ่างน้ำ ซึ่งติดตั้งอยู่ในรถ

ลักษณะการขับดังกล่าวคิดเป็นรอบการทดสอบ 1 รอบ ซึ่งสามารถทำการขับทดสอบได้ถึง 240 รอบ รวมแล้วเป็นระยะทาง 187 km ใช้เวลาทดสอบ 7.5 ชั่วโมง และถังเก็บเมทัลไฮไดรด์ที่ใช้เป็นแบบง่ายๆ คือความจุของพลังงานต่ำอยู่ที่ 330 W.h/kg ซึ่งคิดเทียบน้ำหนักเป็น 30 เท่าของถังเบนซิน เนื่องจากน้ำหนักของน้ำกับน้ำหนักของถังรวมกันแล้วมีน้ำหนักใกล้เคียงกับน้ำหนักเมทัลไฮไดรด์ซึ่งทำให้น้ำหนักถังเก็บอยู่ที่ 900 kg นอกจากนั้นยังใช้เวลาในการบรรจุไฮโดรเจนนานมาก (ใช้เวลาในการบรรจุให้เต็มอย่างน้อย 10 ชั่วโมงขึ้นไป) เมื่อนำรถที่ใช้ไฟฟ้าซึ่งมีแบตเตอรี่ที่มีน้ำหนักเป็นตัน มาขับในสภาวะเดียวกันกับรถยนต์ที่ใช้ถังเก็บเมทัลไฮไดรด์ ดังการทดสอบข้างต้น รถที่ใช้ไฟฟ้าจะวิ่งได้ระยะเพียง 40 km แสดงว่าถังเมทัลไฮไดรด์แบบง่ายๆ ก็มีสมรรถนะการทำงานดีกว่าเมื่อเทียบกับรถที่ใช้ไฟฟ้าที่มีแบตเตอรี่เป็นแหล่งเก็บพลังงาน



รูปที่ 4.8 ผังแสดงถังเมทัลไฮไดรด์ แบบมีระบบถ่ายเทความร้อนภายใน

4.6 ถังเก็บเมทัลไฮไดรด์แบบมีการถ่ายเทความร้อนภายในถังเก็บ



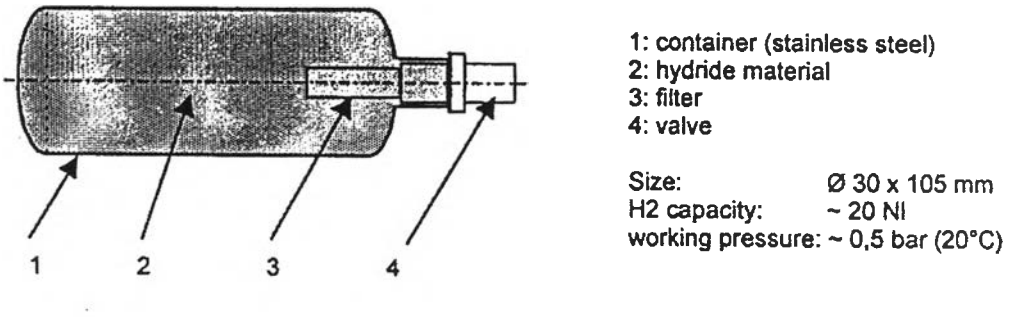
รูปที่ 4.9 ภาพแสดงการติดตั้งถังเมทัลไฮไดรด์ แบบมีระบบถ่ายเทความร้อนภายในติดตั้งในรถยนต์ (ใต้เบาะ)

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลของถังเก็บเมทัลไฮไดรด์ (200 kg TiFe-Alloy)

วัสดุ :	$TiFeH_2$
พลังงานจำเพาะของถัง :	ประมาณ 600 W.h/kg
น้ำหนัก :	ประมาณ 200 kg
ปริมาตร (โดยรวม) :	73.1
น้ำหนักของถังเก็บ :	ประมาณ 130 kg
พลังงานจำเพาะของระบบถังเก็บโดยรวม :	370 W.h/kg
ความดันภายในของถังเมทัลไฮไดรด์ :	ไม่เกิน 50 bar
ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดเมทัลไฮไดรด์ :	ไม่เกิน 10 ชั่วโมง

ถังเก็บเมทัลไฮไดรด์ชนิด TiFe ซึ่งใช้ระบบหล่อเย็นหรือใช้ระบบถ่ายเทความร้อนแบบภายใน (ข้อมูลแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.10) ถูกติดตั้งในรถยนต์อยู่ใต้เบาะคนขับเยื้องไปทางด้านหลัง โดยน้ำที่ใช้เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนจะเป็นน้ำในระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ ในปี ค.ศ. 1975 ได้มีการทดสอบภาคสนาม ในการทดสอบต่อเนื่องจะได้ระยะทางขับที่ 100 km และรถยนต์ที่ใช้ถังเมทัลไฮไดรด์จะให้ผลการทดสอบโดยรวมดีกว่ารถยนต์ที่ใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่ในปัจจุบันมาก จะเห็นว่าอุณหภูมิของถังเก็บจะลดลงตามลักษณะการขับจนกระทั่งเครื่องยนต์และน้ำหล่อเย็นร้อนขึ้น ทำให้โลหะผสมมีอุณหภูมิสูงขึ้น อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น จะลดลงประมาณ 12 °C ลดจากอุณหภูมิ 20 °C (เป็นอุณหภูมิของน้ำที่คาดว่าเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศภายนอกขณะนั้น) เหลือ 8 °C และอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์จะสูงขึ้นเป็น 60 °C หลังจากเวลาผ่านไป 30 นาที และเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง อุณหภูมิจะสูงขึ้นถึง 70 °C และอุณหภูมิสุดท้ายจะเป็น 80 °C อุณหภูมิน้ำเข้าและออกจะมีผลต่างอุณหภูมิ 10 °C ค่าสูงสุดอยู่ที่ 12 °C ซึ่งเกิดขณะที่อุณหภูมิต่ำตอนเริ่มเดินเครื่อง

การเก็บบรรจุก๊าซไฮโดรเจนขึ้นอยู่กับวัสดุของไฮไดรด์ และส่วนที่สามารถสร้างขึ้นได้ เช่น ค่า heat transfer ที่เหมาะสม การใส่ความร้อนหรือทำให้เย็นลงกับระบบการเก็บ (เช่น double shell, cooling vanes เป็นต้น) และอุปกรณ์สำหรับจ่ายไฮโดรเจนจำเป็นต้องมี filter และวาล์ว ดังรูปที่ 4.11 แสดงโครงสร้างของหน่วยเก็บก๊าซไฮโดรเจนขนาดเล็ก

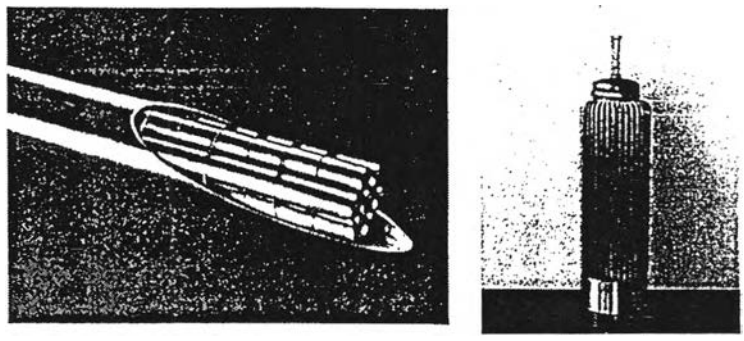


รูปที่ 4.10 รูปของโครงสร้างของ metal hydride storage,

GfE type SL002

แผงกรอง (filter) ประกอบอยู่ในถังเก็บเมทัลไฮไดรด์ เพื่อป้องกันเมทัลไฮไดรด์ผ่านไปในห้องเผาไหม้ เนื่องจากการลดลงของขนาดเมทัลไฮไดรด์เมื่อมีการเติมหรือใช้ก๊าซไฮโดรเจน การ

รวมตัวของก๊าซไฮโดรเจนในอัลลอยจะทำให้เพิ่มปริมาตร เป็นสาเหตุให้เกิดความเค้นในอัลลอย ขนาดการลดลงของวัสดุหยุดลงที่ประมาณ 1 ไมครอน



a) size : Φ 114x1500 mm b) size : Φ 170x750 mm

รูปที่ 4.11 Different designs of GFE metal hydride storage containers