# การศึกษากระบวนการเก็บและปล่อยก๊าซไฮโดรเจนจากถังเมทัลไฮไดรด์ สำหรับใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

นายวัชระ สุขสะอาด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0011-3

# A STUDY OF CHARGE AND DISCHARGE PROCESS OF HYDROGEN FROM A METAL HYDRIDE STORAGE FOR USING IN THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Mr. Watchara Sooksaard

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the requirement

for the degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-17-0011-3

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การศึกษากระบวนการเก็บและปล่อยก๊าซไฮโดรเจนจากถังเมทรัลไฮไดรด์สำหรับใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน |
| โดย | นายวัชระ สุขสะอาด |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องกล |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฉัตรชัย หงษ์อุเทน |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กุลธร ศิลปบรรเลง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฉัตรชัย หงษ์อุเทน)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จีระศักดิ์ เมฆอัมพรพงศ์)

วัชระ สุขสะอาด : การศึกษากระบวนการเก็บและปล่อยก๊าซไฮโดรเจนจากถังเมทัลไฮไดรด์สำหรับใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน (A STUDY OF CHARGE AND DISCHARGE PROCESS OF HYDROGEN FROM A METAL HYDRIDE STORAGE FOR USING IN THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE) : อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ฉัตรชัย หงษ์อุเทน : 151 หน้า : ISBN 974-17-0011-3.

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาเทคนิคการเก็บและใช้ก๊าซไฮโดรเจนจากถังเก็บเมทัลไฮไดรด์สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยศึกษาถึงสมรรถนะของถังเก็บเมทัลไฮไดรด์ ทั้งการเก็บและปล่อยก๊าซไฮโดรเจนที่มีความบริสุทธิ์ ทำการศึกษาสมรรถนะของถังเก็บเมทัลไฮไดรด์ สำหรับการปล่อยไฮโดรเจน ขณะเครื่องยนต์เดินเบา โดยเปรียบเทียบด้วยการเปลี่ยนอัตราการจ่ายไฮโดรเจน วัดความดัน เทียบกับเวลาที่ใช้ไฮโดรเจน และพิจารณาผลของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ไหลผ่านถังเมทัลไฮไดรด์ต่อการปล่อยก๊าซไฮโดรเจนออกจากถัง เมื่อควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ รวมทั้งศึกษาสมรรถนะของถังเก็บเมทัลไฮไดรด์ สำหรับการบรรจุไฮโดรเจนด้วยการเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น เปลี่ยนอุณหภูมิของถังเมทัลไฮไดรด์ และเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเทียบกับเวลาที่ใช้ในการบรรจุก๊าซไฮโดรเจนเข้าถังเมทัลไฮไดรด์

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สำหรับการปล่อยไฮโดรเจนจากถังเก็บเมทัลไฮไดรด์ เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน นั่นคือที่อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูง เมทัลไฮไดรด์สามารถขับก๊าซไฮโดรเจนออกมาได้ปริมาณมาก ความดันราบของเมทัลไฮไดรด์สูงตามด้วย ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงเวลาที่ใช้ขับไฮโดรเจนออกมาใช้ในการเดินเครื่องจะลดต่ำลง และการบรรจุไฮโดรเจนเข้าถังเก็บเมทัลไฮไดรด์ เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน การเพิ่มอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นทำให้ใช้เวลาสั้นลงในการบรรจุไฮโดรเจนลงถังเมทัลไฮไดรด์ขณะที่อุณหภูมิของถังมีอุณหภูมิสูง จะใช้เวลาในการบรรจุมากด้วย ซึ่งสามารถใช้กับรถยนต์ไฮโดรเจนแบบเมทัลไฮไดรด์กับสภาพการทำงานจริงได้

ภาควิชา .....วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา .....วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา .....2544.....

## 4170510421 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD : METAL HYDRIDE/HYDROGEN STORAGE/PCI/HYDRALLOY/ HYDRIDE

WATCHARA SOOKSAARD : A STUDY OF CHARGE AND DISCHARGE PROCESS OF HYDROGEN FROM A METAL HYDRIDE STORAGE FOR USING IN THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. CHATCHAI HONGUTEN, M. Eng. 151 pp. ISBN 974-17-0011-3.

This is an experiment, which aimed to study the techniques behind the charge and discharge process of hydrogen from a metal hydride storage that is used in the internal combustion engine. This study determines the efficiency of metal hydride tank by using hydrogen with purity. The experiment is performed to investigate the efficiency of metal hydride tank in dehydride when engine is in idle condition by comparing the discharging rate of hydrogen against the gas flow rate. The pressure is measured with time of using hydrogen in order to determine the effect of cooling water temperature on the rate of discharging when the engine is controlled to be running at a constant speed. Inclusive study of efficacious metal hydride tank in charge hydrogen when change cooling flow rate, change metal hydride tank temperature and change cooling temperature compare to the time in charge hydrogen into metal hydride tank.

The experimental results indicate that the process of discharging hydrogen from metal hydride tank is an endothermic reaction. This reaction means that when cooling water with high temperature passes through the tank, it dehydride resulting in high volumetric hydrogen and high plateau pressure of metal hydride. At a high engine speed, the time taken to discharge hydrogen process for use in running the engine decreases. The process of charging hydrogen into the metal hydride tank is an exothermic reaction. At a high cooling water flow rate, the time taken to charge hydrogen is less than at a low cooling water flow rate. When the tank temperature is high, the time taken in charging process will be high as well. Moreover, the metal hydride tank can be applicable to car in the city very well.

Department ....Mechanical Engineering.... Student's signature .....

Field of study ..Mechanical Engineering.... Advisor's signature .....

Academic year .....2001.....

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนด้านอุปกรณ์ถังเก็บเมทัลไฮไดรด์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฉัตรชัย หงษ์อุเทน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งอาจารย์ทั้งสองท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย นอกจากอาจารย์ทั้งสองท่านแล้ว

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนวิจัยที่ได้รับจากงบประมาณแผ่นดิน ขอขอบคุณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนวิจัย

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งสนับสนุนสถานที่ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งผู้ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยซึ่งประกอบด้วย ครูสราวุธ อาปณกะพันธ์, ครูสนิท บรอฮีมี, คุณถนอม อุดม, คุณธนาวี กรีธาพล, คุณอลงกรณ์ โชคชัยวรกุล, คุณชนะศักดิ์ ศรีพฤฒา และเจ้าหน้าที่จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และครูอาจารย์ทุกท่าน ซึ่งได้อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา ขอขอบคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งให้โอกาสผู้วิจัยได้ศึกษาเล่าเรียนจนสำเร็จการศึกษา

# สารบัญ

## สารบัญ (ต่อ)

# สารบัญตาราง

# สารบัญตาราง (ต่อ)

# สารบัญตาราง (ต่อ)

## สารบัญตาราง (ต่อ)

# สารบัญภาพ

# สารบัญภาพ (ต่อ)

## สารบัญภาพ (ต่อ)

# สารบัญภาพ (ต่อ)

## สารบัญภาพ (ต่อ)

# คำอธิบายสัญลักษณ์

| | | |
|---|---|---|
| $p_{H_2}$ | = | ความดันแตกตัวของไฮโดรเจน |
| $\Delta S$ | = | การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีขณะที่เกิดเมทัลไฮไดรด์ |
| $\Delta H$ | = | เอนทาลปีของการเกิดเมทัลไฮไดรด์ |
| R | = | ค่าคงที่ของก๊าซ |
| T | = | อุณหภูมิ |
| $L_{H_2}$ | = | อัตราการเกิดสารละลายของก๊าซไฮโดรเจนในเมทรัลไฮไดรด์ |
| P | = | จำนวนเฟสที่อยู่ด้วยกันได้ในระบบปิด |
| C | = | จำนวนองค์ประกอบ (component) ในระบบ |
| F | = | ระดับขั้นความเสรี (degree of freedom) |
| t | = | เวลาที่ใช้ในการเก็บและนำมาใช้ก๊าซไฮโดรเจนจากถังเมทัลไฮไดรด์ |
| $Temp_{in}$ | = | อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าถังเมทัลไฮไดรด์ |
| $Temp_{out}$ | = | อุณหภูมิของน้ำออกจากถังเมทัลไฮไดรด์ |
| $\Delta T$ | = | ผลต่างของอุณหภูมิเข้า-ออกจากถังเมทัลไฮไดรด์ |
| $P_{out}$ | = | ความดันที่เมทัลไฮไดรด์ผลิตออกมา |
| $\lambda$ | = | ค่าการนำความร้อนของไฮโดรเจน |