สารบาญ

	หน้า
อนุมัติ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อ	ง
Abstract	จ
สารบาญตาราง	ซ
สารบาญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 การไนไตรด์	3
2.1.1 วิธีการไนไตรด์	5
2.1.2 ความสามารถในการไนไตรด์	7
2.1.3 สมบัติของเหล็กกล้าที่ผ่านการไนไตรด์	13
2.2 ความแข็ง	17
2.3 การสึกกร่อน	22
บทที่ 3 การทดลอง	24
3.1 การหาอัตราการไหลของแก๊สแอมโมเนีย	24
3.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ	27
3.3 การไนไตรด์และการทดสอบความแข็ง	30
3.4 การทดสอบการสึกกร่อน	37
3.5 การวัดความหนาชั้นไนไตรด์	39
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	40
4.1 การหาอัตราการไหลของแก๊สแอมโมเนีย	40
4.2 การหาค่าความแข็ง	42
4.3 การหาค่า Δm/A	43

หน้า

4.4 การหาความหนาของชั้นไนไตรด์ 47

4.5 การหาการสึกกร่อน 51

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 56

5.1 สรุปผลการทดลอง 56

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 57

เอกสารอ้างอิง 59

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต่างศักย์ของ
เทอร์โมคัปเปิลไทป์เค 61

ภาคผนวก ข หลักการของหลอดควบคุมอัตราการไหลของแก๊ส 64

ภาคผนวก ค ที่มาของสมการอัตราการสึกกร่อน 70

ภาคผนวก ง ตารางผลการทดลอง 75

ประวัติผู้เขียน 78

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สารบาญตาราง

ตาราง หน้า

1.1 ส่วนผสมของเหล็กกล้า RDC 2V และ RPG 3 1
2.1 ระดับความแข็งร็อคเวลล์ (Rockwell hardness scales) 18
2.2 ระดับความแข็งร็อคเวลล์พื้นผิว (Superficial Rockwell hardness scales) 18
2.3 เทคนิคในการวัดความแข็ง 19
4.1 ขนาดเกรนของตัวอย่างทดสอบที่สภาวะต่าง ๆ 42
4.2 อัตราการสึกกร่อนของตัวอย่างทดสอบที่สภาวะต่าง ๆ 53
ก.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต่างศักย์ของเทอร์โมคัปเปิลไทป์เค 61
ง.1 ผลการหาอัตราการไหลของแก๊สแอมโมเนีย 75
ง.2 ผลความแข็งนู้ปของ RDC 2V ที่สภาวะต่าง ๆ กับเวลาในการไนไตรด์ 75
ง.3 ผลความแข็งนู้ปของ RPG 3 ที่สภาวะต่าง ๆ กับเวลาในการไนไตรด์ 75
ง.4 ผลมวลที่เปลี่ยนแปลงต่อพื้นที่ของ RDC 2V ที่สภาวะต่าง ๆ กับเวลา 76
ง.5 ผลมวลที่เปลี่ยนแปลงต่อพื้นที่ของ RPG 3 ที่สภาวะต่าง ๆ กับเวลา 77
ง.6 ผลความหนาของชั้นไนไตรด์กับอุณหภูมิในการไนไตรด์ของเหล็กกล้า 77

สารบาญภาพ

รูป หน้า

2.1 แผนภาพความสมดุลย์ของเหล็กและไนโตรเจน 4

2.2 ชั้นสีขาวและชั้นการแพร่ที่มีตะกอนของเหล็กไนไตรด์ในเหล็กกล้าคาร์บอน 0.15% หลังจากผ่านการไนไตรด์โดยใช้แก๊สเป็นเวลา 10 ชม. ที่ 500°ซ 5

2.3 การแตกตัวของแอมโมเนียในเหล็กกล้าในระหว่างการไนไตรด์โดยใช้แก๊ส 6

2.4 ผลของธาตุผสมที่มีต่อความแข็งหลังจากการไนไตรด์ในเหล็กกล้าผสม0.35%C 0.30%Si 0.70%Mn 8

2.5 ผลของธาตุผสมที่มีต่อความลึกของชั้นไนไตรด์ในเหล็กกล้าผสมชนิดหนึ่งที่ผ่านการไนไตรด์เป็นเวลา 8 ชม. ที่ 520°ซ 9

2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งที่ผิวและความลึกของการไนไตรด์ในโครงสร้างจุลภาคของ En 29 B หลังจากการไนไตรด์โดยใช้พลาสมาเป็นเวลา 8 ชม. ที่ 520°ซ 10

2.7 การผันแปรของปริมาณไนโตรเจนกับระยะทาง (nitrogen gradients) ของเหล็กกล้า 1015 ที่เป็นฟังก์ชันกับเวลาในการไนไตรด์ที่อุณหภูมิ 1050°ฟ 11

2.8 ผลของอุณหภูมิในการไนไตรด์ที่มีต่อความแข็งและความลึกของการไนไตรด์ของ BS 905M39, En 41 B (Bofers ARO 75) ที่ไนไตรด์เป็นเวลา 60 ชม. 12

2.9 น้ำหนักที่สูญเสียไปเนื่องจากการขัดสีกับผงเหล็กกล้าของเหล็กกล้าที่ไม่ได้ทำการไนไตรด์, เหล็กกล้าชุบแข็ง และเหล็กกล้าที่ผ่านการไนไตรด์ ตามลำดับ 13

2.10 น้ำหนักที่สูญเสียไปเนื่องจากการเสียดสีกับจานเหล็กกล้าคาร์บอน 0.15% ของเหล็กกล้าที่ไม่ได้ทำการไนไตรด์, เหล็กกล้าชุบแข็งแล้วขัดผิว, เหล็กกล้าชุบแข็งแล้วขัดผิวแล้วผ่านกระบวนการฟอสเฟตไตซ์และเหล็กกล้าที่ผ่านการไนไตรด์ ตามลำดับโดยใช้น้ำหนักถ่วง 20 กิโลปอนด์ 14

2.11 แผนภาพการอบของเหล็กกล้าชุบแข็งและเหล็กกล้าที่ผ่านการไนไตรด์ 15

รูป หน้า

2.12 การเพิ่มขึ้นของความล้าของตัวอย่างทดสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.9 มม.ซึ่งเป็นเหล็กกล้าชุบแข็งและผ่านการอบแล้วทำการไนไตรด์ด้วยวิธีไนไตรด์โดยใช้แก๊สและไนไตรด์ในอ่างเกลือ 16
2.13 การทดสอบการกัดกร่อนเป็นเวลา 16 ชม.โดยใช้สเปรย์น้ำเกลือความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 2x30 นาที โดยตัวอย่างทดสอบเป็นเหล็กกล้า BS420S37 Bofors 2 R 47 ที่ผ่านการไนไตรด์โดยใช้แก๊สเป็นเวลา 60 ชม. ที่ 510°ซ 17
2.14 เครื่องมือวัดความแข็งร็อคเวลล์ในปัจจุบัน 20
2.15 รอยกดในการวัดความแข็งจุลภาคของบริเวณรอยเชื่อมระหว่างอลูมิเนียมกับเหล็กกล้า 22
3.1 อุปกรณ์ควบคุมความดันที่ถังแก๊ส 24
3.2 ชุดอุปกรณ์วัดและควบคุมอัตราการไหลของแก๊ส 26
3.3 เครื่องตัดสาร 27
3.4 เครื่องขัดสาร 28
3.5 เครื่อชั่งดิจิตอล 29
3.6 ชุดอุปกรณ์วัดและควบคุมอัตราการไหลของแก๊ส 30
3.7 ห้องเผา 32
3.8 ฝาปิดห้องเผา 33
3.9 ปั๊มสูญญากาศ 33
3.10 ท่อเกลียวเซรามิกส์ 34
3.11 เครื่องทดสอบความแข็งจุลภาค รุ่น MXT-α7 36
4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า log (Q, ซม.^{3} / วินาที) และ log (ΔH, ซม.) ของแก๊สแอมโมเนีย 40
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งนู้ปกับเวลาในการไนไตรด์ของเหล็กกล้า RDC 2V 43
4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งนู้ปกับเวลาในการไนไตรด์ของเหล็กกล้า RPG 3 44

รูป หน้า

4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\Delta m/A$ กับเวลาในการไนไตรด์ของเหล็กกล้า RDC 2V 47
4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\Delta m/A$ กับเวลาในการไนไตรด์ของเหล็กกล้า RPG 3 48
4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนาของชั้นไนไตรด์ของเหล็กกล้า RPG 3 และเหล็กกล้า RDC 2V 51
4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความเสียดทานกับระยะทางของเหล็กกล้า RDC 2V 54
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความเสียดทานกับระยะทางของเหล็กกล้า RPG 3 55
ข.1 การไหลของของเหลวผ่านท่อที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดต่างกัน 64
ข.2 การไหลของของเหลวผ่านท่อที่มีขนาดต่างกันและอยู่ในระดับความสูงต่างกัน 64
ข.3 เวนทูริมิเตอร์ 67
ข.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง logQ และ logΔH 69
ค.1 ลักษณะหัวกดที่สึกกร่อน 70
ค.2 ลักษณะตัวอย่างทดสอบที่สึกกร่อน 70
ค.3 ภาพตัดขวางรอยสึกบนตัวอย่างทดสอบ 70