

อิทธิพลของรีดิวเซอร์ต่อการเคลือบผิวเหล็กกล้าด้วยวานาเดียมคาร์ไบด์  
โดยกระบวนกร ทีดี

นาย ปฏิภาณ จุ้ยเจิม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2542  
ISBN 974-333-423-8  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INFLUENCE OF REDUCER ON COATING OF STEEL WITH VANADIUM  
CARBIDE BY TD PROCESS

Mr. Patiphan Juijerm

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Metallurgical Engineering

Department of Metallurgical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University


Academic Year 1999

ISBN 974-333-423-8

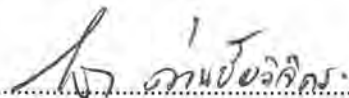
หัวข้อวิทยานิพนธ์ อธิปไตยของรีดิคัลเซอรัทต่อการเคลือบผิวเหล็กกล้าด้วยวานาเดียมคาร์ไบด์  
โดยกระบวนกร ทีดี  
โดย นายปฏิภาณ จุ้ยเจิม  
ภาควิชา วิศวกรรมโลหการ  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศรีเจริญชัย

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

  
.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
( รองศาสตราจารย์ ดร.รัชชัย สุมิตร )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
( อาจารย์ ดร.ไสว ด่านชัยวิจิตร )

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศรีเจริญชัย )

  
.....กรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชاکกร จารุพิสิฐธร )

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศรีเจริญชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยด้วยดีมาตลอด ขอขอบพระคุณ ดร.ไสว คำนชัยจิตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชاکกร จารุพิสิฐธร คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและการทำงานด้วยดีมาตลอด ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ชิ้นงานตลอดการวิจัย และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของกองทุนโลหการ สวทช. จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้เขียนด้วยดีเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณครูและอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนผู้เขียนมาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน และผู้เขียนขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจแก่ผู้เขียนด้วยดีเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

## สารบัญ

		หน้า
	บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
	กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
	สารบัญ .....	ช
	สารบัญตาราง .....	ฅ
	สารบัญรูป .....	ญ
บทที่		
1	บทนำ .....	1
	1.1 ความสำคัญของงานวิจัย .....	1
	1.2 วัตถุประสงค์ .....	2
	1.3 ขอบเขตของการศึกษา .....	3
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
2	ปริทรรศน์วรรณกรรม .....	4
3	ขั้นตอนและวิธีดำเนินการทดลอง .....	12
	3.1 อุปกรณ์และสารเคมี .....	12
	3.2 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน .....	12
	3.3 เงื่อนไขในการทดลอง .....	13
	3.4 ขั้นตอนการเคลือบผิว .....	14
	3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ชิ้นเคลือบ .....	14

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4	ผลการทดลองและการอภิปราย ..... 17
4.1	อิทธิพลของรีดิวเซอร์ต่อชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ ..... 17
4.1.1	อิทธิพลของเฟอร์โรซิลิกอนต่อชั้นเคลือบ วานาเดียมคาร์ไบด์ ..... 17
4.1.2	อิทธิพลของเฟอร์โรไทเทเนียมต่อชั้นเคลือบ วานาเดียมคาร์ไบด์ ..... 26
4.1.3	อิทธิพลของเฟอร์โรแมงกานีสต่อชั้นเคลือบ วานาเดียมคาร์ไบด์ ..... 28
4.1.4	สรุปผลการทดลองเรื่องอิทธิพลของรีดิวเซอร์ ทั้ง 3 ชนิดต่อชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ ..... 30
4.2	อิทธิพลของเวลาต่อชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ ..... 30
4.3	ชนิดเหล็กกล้ากับความหนาชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ ..... 35
5	สรุปผลการทดลอง ..... 36
รายการอ้างอิง	..... 37
ภาคผนวก ก.	..... 38
ภาคผนวก ข.	..... 52
ประวัติผู้เขียน	..... 66

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตารางแสดงชนิดและค่าความแข็งของชั้นบอไรด์ที่เกิดขึ้นบนผิววัสดุที่ผ่านการทำบอไรด์ .....	10
3.1	ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าเครื่องมือ D2 และ เหล็กกล้าเครื่องมือ H13 ที่ใช้ในการทดลอง (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) .....	13
3.2	การแปรผันชนิดและปริมาณของรีควเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง .....	13
4.1	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ซึม(K)ที่ได้จากการคำนวณจากการทดลอง .....	34
ก.1	ความหนาชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบเหล็กกล้า D2 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยแปรผันปริมาณเฟอร์โรซิลิคอนที่เติมลงในเกลือบอแรกซ์ .....	39
ก.2	ความหนาชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบเหล็กกล้า D2 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยแปรผันปริมาณเฟอร์โรไทเทเนียมที่เติมลงในเกลือบอแรกซ์ .....	40
ก.3	ความหนาชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบเหล็กกล้า D2 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยแปรผันปริมาณเฟอร์โรแมงกานีสที่เติมลงในเกลือบอแรกซ์ .....	41
ก.4	ความหนาชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบเหล็กกล้า H13 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยแปรผันปริมาณเฟอร์โรซิลิคอนที่เติมลงในเกลือบอแรกซ์ .....	42
ก.5	ความหนาชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบเหล็กกล้า H13 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยแปรผันปริมาณเฟอร์โรไทเทเนียมที่เติมลงในเกลือบอแรกซ์ .....	43
ก.6	ความหนาชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการเคลือบเหล็กกล้า H13 ที่อุณหภูมิ 1000 °C โดยแปรผันปริมาณเฟอร์โรแมงกานีสที่เติมลงในเกลือบอแรกซ์ .....	44

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	4
2.2	5
2.3	6
2.4	7
2.5	8
2.6	11
3.1	16
4.1	17
4.2	18



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 ผลการวิเคราะห์ชั้นเคลือบด้วย EDS ของชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิวเป็นเวลา 9 ชั่วโมงในอ่างเกลือบอแรกซ์หลอมเหลวที่เติมเฟอร์โรวานเดียม 15 เปอร์เซ็นต์และเฟอร์โรซิลิคอน 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก .....	20
4.4 รูปแบบพิก XRD ของผิวชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิวเป็นเวลา 9 ชั่วโมงในอ่างเกลือบอแรกซ์หลอมเหลวที่เติมเฟอร์โรวานเดียม 15 เปอร์เซ็นต์และเฟอร์โรซิลิคอน 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก .....	21
4.5 รูปแบบพิก XRD ของผิวชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิวเป็นเวลา 4 ชั่วโมงในอ่างเกลือบอแรกซ์หลอมเหลวที่เติมเฟอร์โรวานเดียม 15 เปอร์เซ็นต์และเฟอร์โรซิลิคอน 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก .....	23
4.6 รูปแบบพิก XRD ของผิวชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิวเป็นเวลา 9 ชั่วโมงในอ่างเกลือบอแรกซ์หลอมเหลวที่เติมเฟอร์โรวานเดียม 15 เปอร์เซ็นต์และเฟอร์โรซิลิคอน 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก .....	24
4.7 ผลความหนาชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ ของเหล็กกล้าเครื่องมือ D2 ที่ทำการเคลือบผิวที่อุณหภูมิ 1000 °C ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่ใช้เฟอร์โรไทเทเนียมเป็นตัวรีดิวเซอร์ .....	26
4.8 ผลความหนาชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ ของเหล็กกล้าเครื่องมือ D2 ที่ทำการเคลือบผิวที่อุณหภูมิ 1000 °C ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่ใช้เฟอร์โรแมงกานีสเป็นตัวรีดิวเซอร์ .....	28
4.9 ผลความหนาชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ที่ทำการเคลือบผิวที่อุณหภูมิ 1000 °C ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่เติมเฟอร์โรวานเดียม 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเฟอร์โรซิลิคอน 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก .....	31
4.10 ผลความหนาชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ที่ทำการเคลือบผิวที่อุณหภูมิ 1000 °C ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่เติมเฟอร์โรวานเดียม 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเฟอร์โรไทเทเนียม 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก .....	33
4.11 ผลความหนาชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ที่ทำการเคลือบผิวที่อุณหภูมิ 1000 °C ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่เติมเฟอร์โรวานเดียม 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเฟอร์โรแมงกานีส 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก .....	34



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.8	60
ข.9	61
ข.10	62
ข.11	63
ข.12	64
ข.13	65