

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะและศึกษาอิทธิพลของรูปแบบเฟอร์ไรต์สำหรับผลิตเหล็กชั้นโยค



นายสมเกียรติ อเนกวัฒนชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาด้านหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-830-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

T1424500X

CHARACTERIZATION AND FORMING STUDY OF FERRITE FOR
DEFLECTION YOKE PRODUCTION

Mr. Suttisan Anuntaranachai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Materials Science
Graduate School
Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-830-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะและศึกษาวิถีชนรูปเฟอร์ไรท์ สำหรับผลิตดีเฟกซ์ไนโอค


โดย นายสุกฤษ์สาร อนันตรัตนชัย

ภาควิชา วัสดุศาสตร์

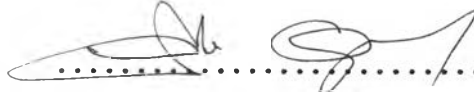
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.จรัสศรี ลอประยุทธ





บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

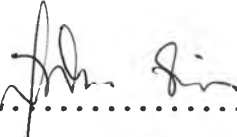

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ฤงสูวธรรม)

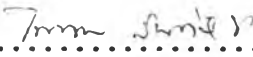
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.จรัสศรี ลอประยุทธ)


..... กรรมการ
(Dr.Reinhard Conradt)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา จินนาวัฒน์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพบรรณ สันติสุข)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ผู้ประพันธ์ : อนันต์รัตนชัย : การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะและศึกษาวิธีขึ้นรูปเพอร์ไรท์สำหรับผลิต
ดีเฟล็กชันโยค (CHARACTERIZATION AND FORMING STUDY OF FERRITE FOR
DEFLECTION YOKE PRODUCTION) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.จรัสศรี ลอประยูร, 128 หน้า,
ISBN 974-584-830-1

การตรวจคุณสมบัติของดีเฟล็กชันโยคจากห้องทดลองด้วยวิธีเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์และ
เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟกชัน พบว่าดีเฟล็กชันโยคเป็นเพอร์ไรท์ชนิดซิงค์ แมกนีเซียม เหล็กออกไซด์
(Zinc-magnesium-iron oxide solid solutions) ซึ่งมีโครงสร้างแบบสปีเนลโครงสร้างจุลภาค
ซึ่งศึกษาด้วยเครื่องอิเล็กตรอนไมโครสโคป ประกอบด้วยเกรนขนาด 2-100 ไมโครเมตร มีโพรงอากาศที่
ภายในและที่ขอบเกรน การศึกษาเทคโนโลยีการขึ้นรูปดีเฟล็กชันโยคได้อาศัยข้อมูลดังกล่าวนี้ โดยผสม
ออกไซด์ให้มีสัดส่วนใกล้เคียงกับส่วนประกอบทางเคมีของดีเฟล็กชันโยค นำมาแคลไซน์ บดย่อย แล้วเตรียม
แกรนูลโดยผสมตัวประสานเป็นสารเคมีที่ช่วยในการอัด การศึกษาอิทธิพลของตัวประสานและแรงอัดที่มีผลต่อ
ชิ้นงานนั้น พบว่าชิ้นงานที่มีความหนาแน่นสูงสุดและมีความแข็งแรงสูงสุดได้จากการผสมตัวประสาน 2.4 %
และอัดด้วยแรง 2.0 ตัน/ซ.ม.² หลังจากการซินเตอร์ที่ 1300 องศาเซลเซียส พบว่าชิ้นงานมี
ความหนาแน่นถึง 95 % ของทฤษฎี และมีลักษณะโครงสร้างจุลภาคคล้ายกับของผลิตภัณฑ์ในห้องทดลอง ต่อมา
ได้ทำดีเฟล็กชันโยคโดยใช้เทคโนโลยีอย่างเดียวกัน เลือกใช้ตัวประสาน 2.4 % แรงอัด 0.8 ตัน/ซ.ม.²
หลังจากการซินเตอร์ที่ 1330 องศาเซลเซียส พบว่าให้ความหนาแน่น 97.8 % ของทฤษฎี และมี
โครงสร้างจุลภาคคล้ายกับผลิตภัณฑ์ในห้องทดลอง

ภาควิชา วัสดุศาสตร์
สาขาวิชา เทคโนโลยีเซรามิก
ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม
.....

C326986 MAJOR CERAMIC TECHNOLOGY
KEY WORD:

FERRITE / FORMING / DEFLECTION YOKE

SUTTISAN ANUNTARATANACHAI : CHARACTERIZATION AND FORMING STUDY OF
FERRITE FOR DEFLECTION YOKE PRODUCTION. THESIS ADVISOR :
ASSO. PROF. CHARUSSRI LORPRAYOON, Ph.D. 128 pp. ISBN 974-584-830-1

Investigation of commercial deflection yokes by x-ray fluorescence and x-ray diffraction indicated that they were zinc-magnesium-iron oxide solid solutions with spinel structure. Microstructural analysis by observing through a scanning electron microscope showed grain size ranging from 2 to 100 μm with both inter and intra-granular pores. Based on these results, the technological aspects of deflection yoke fabrication processing were studied by preparation of starting material having approximately the same chemical composition, calcination, grinding and granulation prior to pressing. Effects of pressing aids and different punch pressures were carried out to determine the optimum condition. It was found that specimen having 2.4 % of pressing aid with 2.0 ton/cm^2 of punch pressure yielded highest green density and strength. After sintering at 1300 $^{\circ}\text{C}$, these specimen had 95 % theoretical density and microstructures similar to the commercial yokes. A deflection yoke was then produced using the same technology by selecting 2.4 % of the pressing aid with 0.8 ton/cm^2 of punch pressure. After sintering at 1330 $^{\circ}\text{C}$, this deflection yoke had 97.8 % theoretical density with a microstructure similar to commercial yokes.

ภาควิชา.....วัสดุศาสตร์.....
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีเซรามิก.....
ปีการศึกษา.....2537.....

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ
รองศาสตราจารย์ ดร. จรัสศรี ลอประสูร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้
คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด เนื่องจากทฤษฎีวิจัยครั้งนี้บางส่วน
ได้รับมาจากทฤษฎีดาภิเชกสมโกษ จึงขอขอบคุณผู้ที่สนับสนุนเงินทุนรัชดาภิเชกสมโกษ และ
ขอบคุณท่านที่ร่วมให้ความอนุเคราะห์ด้านอื่นๆ คือ

1. รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ กุญสุวรรณ คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา หัวหน้าภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. Dr.Reinhard Conradt อาจารย์ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. รองศาสตราจารย์ ดร. สุนิตรา จินาวัฒน์ อาจารย์ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพบรรณ สันติสุข อาจารย์ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. บริษัท บัวทอง ยูเนี่ยนทูลด์ และบริษัท พีเอส พิกเจอร์ทิวส์
7. เจ้าหน้าที่ กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
8. เจ้าหน้าที่ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9. อาจารย์อภิชาติ จริยาพันธ์ แผนกช่างกลโรงงาน สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
วิทยาเขตพระนครเหนือ
10. เจ้าหน้าที่ ศูนย์ซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องจักรกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
11. เจ้าหน้าที่ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
12. เจ้าหน้าที่ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายสุกฤษีสาร อนันตรัตนชัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย	2
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2 ความรู้เบื้องต้นด้านวิชาการ	6
2.1 การอัดขึ้นรูป	6
2.2 การปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์	22
2.3 การควบคุมค่าหน้าในการอัด	23
3 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	26
3.1 สารเคมี	26
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	28
3.3 ชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นในงานวิจัย	30
4 วิธีการดำเนินงานวิจัย	33
4.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	33
4.2 การตรวจลักษณะเฉพาะของดีเฟกต์ชิ้นโยค	37

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
4.3 การทำชั้นทดสอบ	39
4.4 การตรวจลักษณะเฉพาะของเฟอร์ไรต์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ	44
4.5 การทำดีเฟล็คชันไฮค	49
5 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล	52
5.1 การศึกษาลักษณะเฉพาะของดีเฟล็คชันไฮคจากห้องตลาด	52
5.2 การศึกษาอิทธิพลของตัวประสานและแรงอัดต่อการขึ้นรูปเฟอร์ไรต์	62
5.3 การทำดีเฟล็คชันไฮค	82
6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	93
เอกสารอ้างอิง	95
ภาคผนวก	97
ประวัติผู้เขียน	128

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 วิธี-การอัดขึ้นรูปแบบต่างๆ	8
2 รายละเอียดของเครื่องอัดไฮดรอลิกขนาด 12 ตัน	11
3 หน้าที่ของตัวเติมชนิดต่างๆ	15
4 วัสดุที่ใช้เป็นตัวประสาน	16
5 ตัวเติมชนิดต่างๆ กับงานอุตสาหกรรมเซรามิก	17
6 ส่วนผสมของสารตั้งต้นของ $MgZnFe_2O_4$	40
7 เส้นผ่านศูนย์กลางและจำนวนลูกบิด	40
8 การใช้ตัวประสานปริมาณต่างๆ	41
9 แรงอัดที่ใช้ขึ้นรูปขึ้นทดสอบ	43
10 การขึ้นเคอร์แบบต่างๆ	50
11 ขนาด น้ำหนัก และความหนาแน่น ของ DY-1 ถึง DY-6	52
12 เปอร์เซนต์ของธาตุต่างๆ ที่ประกอบใน DY-1 ถึง DY-6	53
13 เฟสของ DY-1 ถึง DY-6	54
14 ขนาดเกรนและขนาดโพรงอากาศของ DY-1 ถึง DY-6	56
15 ขนาดเกรนและขนาดโพรงอากาศของ DY-6-1 ถึง DY-6-4	57
16 ลักษณะเฉพาะของดิเฟล็คชันโยคจากท้องตลาด	58
17 ส่วนประกอบทางเคมีของดิเฟล็คชันโยคในรูปออกไซด์	59
18 ส่วนประกอบทางเคมีที่ปรับให้อยู่ในรูปของสปีเนล	60
19 ส่วนผสมทางเคมีของเฟอร์ไรท์ที่ใช้ศึกษาขึ้นรูป	61
20 เฟสและโครงสร้างของสารตั้งต้น	62
21 คุณสมบัติของแกรนูลก่อนขึ้นรูป	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
22 ผลการอัดขึ้นทดสอบที่ไม่แตกชำรุด	69
23 การขยายตัวของขึ้นทดสอบ เมื่อแรงอัดและตัวประสานมีปริมาณต่างๆ กัน .	70
24 ความหนาแน่นของขึ้นทดสอบที่ผ่านการอัด	71
25 แสดงถึงความแข็งแรงเนื่องจากแรงดัดโค้งภายหลังการอัดขึ้นรูปขึ้นทดสอบ	74
26 แสดงการตรวจลักษณะแกรนูลก่อนขึ้นรูปดิเฟล็คชันโยค	83
27 แสดงผลหลังการอัดขึ้นรูปดิเฟล็คชันโยค ที่น้ำหนักและแรงอัดต่างๆ	84
28 แสดงขนาดและน้ำหนักของดิเฟล็คชันโยคหลังการอบแห้ง	85
29 ขนาด น้ำหนัก และการหดตัวของดิเฟล็คชันโยคหลังการขึ้นเตอร์	87
30 แสดงความหนาแน่นบัลค์ และความพรุนตัวของขึ้นงานหลังขึ้นเตอร์ในส่วนต่างๆ	88
31 ขนาดเกรนและขนาดโพรงอากาศของขึ้นงาน	91

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ดิเฟล็กซ์ชั้นโศคประกอบอยู่หลังหลอดภาพโทรทัศน์	1
2 แสดงขั้นตอนการทำงานของกรงชั้นรูปโศควิธอัด	7
3 การอัดแบบ A แบบง่าย และแบบ B มีสปริงช่วยกดลง	9
4 โปรแกรมการกรงชั้นรูปโศคการอัด	10
5 แสดงผงเฟอร์ไรท์ที่ได้จากขบวนการพ่นผ่านความร้อน	13
6 แสดงขบวนการพ่นผ่านความร้อนของผงเฟอร์ไรท์	14
7 แสดงถึงแรงกระทำระหว่างการอัดอนุภาค	18
8 แสดงถึงความสัมพันธ์ของแรงอัดและรูปทรงในการอัด	18
9 แสดงถึงการอัดตัวของแกรนูล	20
10 แสดงความสัมพันธ์ความหนาแน่นในการอัดและแรงอัดที่เป็นลึอก	20
11 แสดงการอัดผงอลูมิน่าที่ทำให้ความหนาแน่นต่างกัน	22
12 แสดงโครงสร้างจุลภาคที่ละเอียด	24
13 แสดงอุปกรณ์จับยึดดิเฟล็กซ์ชั้นโศค	30
14 แสดงถึงแม่พิมพ์อัดชั้นรูปชั้นทดสอบ	31
15 ลักษณะแบบพิมพ์อัดชั้นรูปดิเฟล็กซ์ชั้นโศค (ชุดแรก)	31
16 ลักษณะการประกอบแบบพิมพ์อัดชั้นรูปดิเฟล็กซ์ชั้นโศค (ชุดที่ 2)	32
17 ลักษณะแยกชั้นแบบพิมพ์อัดชั้นรูปดิเฟล็กซ์ชั้นโศค (ชุดที่ 2)	32
18 ดิเฟล็กซ์ชั้นโศคประกอบกับการพันขดลวดทองแดง	35
19 แสดงถึงการถอดส่วนประกอบของดิเฟล็กซ์ชั้นโศค	36
20 ดิเฟล็กซ์ชั้นโศคเปลือยทั้ง 2 ซีก	36
21 ดิเฟล็กซ์ชั้นโศคเปลือยซีกเดียว	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
22 แสดงตำแหน่งที่วัดขนาดของผลิตภัณฑ์	37
23 แสดงการกำหนดหมายเลขของชิ้นที่ DY-6	38
24 แสดงถึงการวางผลิตภัณฑ์บนฐานรอง	50
25 แผนภูมิการขึ้นเตอรืชิ้นงาน	51
26 แสดงโครงสร้างจุลภาคของ DY-1 ถึง DY-6 (ตำแหน่งเดียวกัน)	55
27 โครงสร้างจุลภาคของ DY-6 ที่ตำแหน่ง 1 ถึง 4	57
28 แพทเทิร์นจากเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟลกชันของสาร ($Mg(OH)_2, Mn_3O_4, Fe_2O_3, CaO$) .	63
29 แพทเทิร์นจากเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟลกชันของสาร (ZnO)	64
30 โครงสร้างจุลภาคของสารตั้งต้น	65
31 การกระจายขนาดอนุภาคของผงเฟอร์ไรท์ที่ผ่านการบด	66
32 แพทเทิร์นจากเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟลกชันของผงเฟอร์ไรท์ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ ...	67
33 แสดงถึงรูปร่างของชิ้นทดสอบ	69
34 แสดงถึงแรงอัดและตัวประสานที่มีผลต่อการขยายตัว	70
35 ตัวประสานมีผลต่อความหนาแน่น	72
36 แรงอัดชิ้นทดสอบและตัวประสานที่มีผลต่อความหนาแน่น	73
37 ความแข็งแรงของชิ้นทดสอบเมื่อใช้ตัวประสานปริมาณต่างๆ กัน	75
38 แสดงถึงโมเลกุลของพอลิเมอร์เคลือบผิวของอนุภาค	76
39 ความแข็งแรงของชิ้นทดสอบที่แรงอัดต่างกัน	76
40 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นทดสอบที่มีตัวประสาน 1.2 % อัดด้วยแรงต่างกันและ ซินเตอร์ 1250 องศาเซลเซียส	78
41 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นทดสอบ ที่ใช้แรงอัด 2.0 ตัน/ซ.ม. ² ใช้ตัวประสาน ปริมาณต่างกันและซินเตอร์ 1300 องศาเซลเซียส	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
42 แพทเทิร์นเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟลกชันของชั้นทดสอบที่ผ่านการชินเตอร์ที่ 1250 องศาเซลเซียส และ 1300 องศาเซลเซียส	81
43 ดิแฟล็กชันโฮคหลังอบแห้ง	85
44 ดิแฟล็กชันโฮคหลังการชินเตอร์	86
45 การตัดและกำหนดหมายเลข	88
46 แสดงโครงสร้างจุลภาคของชั้นที่ 12, 18, 22 (ตำแหน่งเดียวกัน)	89
47 แสดงโครงสร้างจุลภาคของชั้นที่ 22 ตำแหน่ง 1 ถึง 6	90
48 แพทเทิร์นเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟลกชันของการชินเตอร์ทั้ง 3 แบบ	92