การทดสอบคุณภาพของแท่งดินขับจรวดแบบไม่ทำลายตัวอย่าง

โดยใช้รังสีเอ็กซ์

เรืออากาศเอกหญิง วรพร อารยะปรีชา

004447

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี่

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2522

I 17192043

NON-DESTRUCTIVE TESTING OF ROCKET PROPELLANT QUALITY USING X-RAY RADIOGRAPHY

Flight Lieutenant Worraporn Arayaprecha

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1979

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทดสอบคุณภาพของแท่งดินขับจรวดแบบไม่ทำลายตัวอย่างโดยใช้รังสีเอ็กซ์
ชื่อนิสิต	เรืออากาศเอกหญิง วรพร อารยะปรีชา
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี่
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธัชชัย สุมิตร พลอากาศตรี ศาสตราจารย์ ดร. พิสุทธิ์ ฤทธาคนี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพ็ชร์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร)

.....กรรมการ
(พลอากาศตรี ศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ์ ฤทธาคนี)

.....กรรมการ
(อาจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทดสอบคุณภาพของแท่งดินขับจรวดแบบไม่ทำลายตัวอย่างโดยใช้รังสีเอ็กซ์

ชื่อนิสิต เรืออากาศเอกหญิง วรพร อารยะปรีชา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร
พลอากาศตรี ศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ์ ฤทธาคนี

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2522

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ปัจจุบันได้มีการใช้รังสีเอ็กซ์ในการศึกษาโครงสร้างภายในของวัสดุกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมทั่วไป ในวิทยานิพนธ์นี้ได้มีการนำรังสีเอกซ์มาใช้ในการศึกษาการอัดตัวของดินขับจรวดสำหรับอาวุธจรวด การที่จะให้วิถีการยิงเป็นไปอย่างเที่ยงตรงตามต้องการ การผลิตแท่งดินขับจะต้องผสมเนื้อดินขับและอัดให้สม่ำเสมอกันทั้งแท่ง การควบคุมคุณภาพของแท่งดินขับจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก ในการศึกษาเรื่องการทดสอบคุณภาพของแท่งดินขับจรวดแบบไม่ทำลายตัวอย่างนี้เริ่มแรกได้มีการใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคในการตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อดินขับ แต่เนื่องจากความหนาแน่นของเนื้อดินขับต่ำเกินไป เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบจึงไม่สามารถรับสัญญาณสะท้อนกลับได้ เมื่อเป็นเช่นนี้จึงได้มีการทดลองโดยใช้กรรมวิธีใหม่คือการตรวจสอบโดยการถ่ายภาพดินขับด้วยรังสีเอกซ์ ในการทดลองได้มีการแปรค่าศักย์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าและระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม รวมทั้งได้มีการทดลองใช้ฟิล์มต่างชนิดกันด้วย ผลที่ได้จากการทดลองได้นำมาเป็นข้อมูลในการสร้างตารางการใช้รังสี (Exposure Chart) เพื่อใช้ในการตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อดินขับ ข้อดีของตารางนี้คือผู้ทำการตรวจสอบสามารถใช้ตารางนี้ได้กับดินขับที่มีความหนาต่าง ๆ กัน ถ้าดินขับนั้นมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับความหนาแน่นที่กำหนดไว้ในตาราง แม้ว่าส่วนผสมของดินขับนั้นจะแตกต่างกันก็ตาม

Thesis Title	Non-Destructive Testing of Rocket Propellant Quality Using X-Ray Radiography
Name	Flight Lieutenant Worraporn Arayaprecha
Thesis Advisor	Assistant Professor Tatchai Sumitra, Ph.D. Professor Bisuddhi Riddhagni, Ph.D. Air Vice Marshal, RTAF.
Department	Nuclear Technology
Academic Year	1979

ABSTRACT

Currently, X-rays radiography has been used extensively in various industries. In this thesis, X-rays has been used in the study of compaction of rocket propellant. For a rocket, to gain an accurate guidance result, the propellant used must be mixed and compacted thoroughly. The quality control of the production of propellant sticks must be carefully done. In this study of non-destructive quality testing of rocket propellant, at first the ultrasonic rays was used to test its homogeneity. However, because the density of the propellant was too low, the test equipment could not detect any reflected signals from the propellant being tested. Then the new procedure using X-rays radiography was tried. The variables in the test procedure were voltage, amperage and the focal-film distance. Also different types

of films were used. The results of this experiment were then used to construct an exposure chart for testing the homogineity of the rocket propellant. The advantage of this chart is that a tester can use this table with propellant sticks of different sizes if they have similar density to the density specified in the chart. Also, it is not necessary that the mixture of the testing propellant be the same as the ones used to construct this chart.

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและแนะนำอย่างดียิ่งทั้งในด้านวิชาการและการปฏิบัติจาก พลอากาศตรี ศาสตราจารย์ ดร. พิสุทธิ์ ฤทธาคนี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธัชชัย สุมิตร

ขอขอบพระคุณต่อ พลอากาศตรี ประดิษฐ์ บุณยะชัย เจ้ากรมสรรพาวุธทหารอากาศ ที่ได้อนุญาตให้ใช้สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือเครื่องใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ นาวาอากาศเอก มรกต ชาญสำรวจ, นาวาอากาศเอก สมศักดิ์ รักงาม และนาวาอากาศโท หม่อมหลวง เอกพันธ์ กฤษดากรณ์ หัวหน้ากองโรงงานที่ 4 กรมสรรพาวุธทหารอากาศ (ลพบุรี) และนายทหาร และผู้ช่วยปฏิบัติงานประจำห้องรังสีเอกซ์ กองโรงงานที่ 4 (ลพบุรี) ที่ทุกท่านได้กรุณาให้การสนับสนุนทั้งด้านวัสดุที่ทำการทดสอบ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณต่อ นาวาอากาศโท พิทยา ศรีวาลัย หัวหน้าแผนกวิจัย และตรวจทดลอง กรมช่างอากาศ และเรืออากาศเอก เริงศักดิ์ สุนทรสาร รองหัวหน้าฝ่ายตรวจทดลอง แผนกวิจัยและตรวจทดลอง ที่ได้กรุณาให้ความสะดวกทั้งด้านอุปกรณ์และความรู้ทางเทคนิคในการถ่ายภาพด้วยรังสี และการใช้คลื่นอุลตร้าโซนิค ในการศึกษาวิจัยนี้จนได้ผลสำเร็จดังต้องการ

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

รายการตารางประกอบ ..... ญ

รายการภาพประกอบ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย 2

1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยนี้ 3

1.4 วิธีที่จะดำเนินการวิจัย 3

1.5 นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค 4

2. ทฤษฎี 5

2.1 การตรวจสอบวัสดุโดยใช้รังสี..... 5

2.2 การถ่ายภาพด้วยรังสี 5

2.3 ต้นกำเนิดรังสี 6

2.4 วัสดุที่จะทำการตรวจสอบ 12

2.5 การจัดวางอุปกรณ์ในการถ่ายภาพด้วยรังสี 16

2.6 ฟิล์มที่ใช้ในการถ่ายภาพด้วยรังสี 18

2.7 การคำนวณเวลาที่ใช้ในการฉายรังสี 20

2.8 การล้างฟิล์ม 28

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

หน้า

2.9 การอ่านผลจากฟิล์ม 34
2.10 ความเกี่ยวข้องระหว่างองค์ประกอบในการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ กับผลที่ปรากฏบนฟิล์ม 35

3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง 42

3.1 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง 42
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง 44

4. ผลการวิจัย 48

4.1 ผลการพิจารณาค่า Exposure 48
4.2 ผลการอ่านผลด้วยตาเปล่า 49
4.3 ผลการปรับค่า Exposure ให้ได้ความหนาแน่นบนฟิล์มเป็น 2.0 50
4.4 ผลที่ได้จากการทำ Exposure Curve ในศักย์ไฟฟ้าระดับต่าง ๆ กัน เมื่อดินขับมีความหนาต่างกัน 57
4.5 ผลของการเปลี่ยนระยะทางเพื่อทดสอบก่อกำลังสองผกผัน 57
4.6 การใช้ Exposure Chart ของดินขับ 59

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 61

5.1 สรุปผลการวิจัย 61
5.2 ข้อเสนอแนะ 62

บรรณานุกรม 64

ประวัติการศึกษา 66

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงไดอะแกรมของการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์	6
2.2	แสดงหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์	8
2.3	กราฟแสดงปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านเนื้ออลูมิเนียมเทียบกับความหนาที่เปลี่ยนไป	14
2.4	กราฟแสดงปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านเนื้อวัสดุต่างชนิดกันในความหนาต่าง ๆ กัน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ว่า ถ้าความหนาแน่นเปลี่ยนไปเท่า ๆ กัน ธาตุหนักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของความเข้มรังสีที่ผ่านวัสดุไปมากกว่าธาตุเบา	15
2.5	ไดอะแกรมแสดงกฎกำลังสองผกผัน	16
2.6	แสดงองค์ประกอบในการจัดวางอุปกรณ์	17
2.7	แสดงเงาเลือนที่ปรากฏบนฟิล์มที่รองรับเมื่อฉายรังสีไม่ตั้งฉากกับผิววัสดุและแผ่นฟิล์ม และเงาเลือนที่ปรากฏบนฟิล์ม เมื่อวางวัสดุไม่ขนานกับฟิล์ม	18
2.8	แสดง Characteristic Curve (Exposure Chart) ของเหล็กกล้า	23
2.9	กราฟแสดงค่าคงตัวของตัวกั้นรังสีเทียบกับ S.E.T. ของตัวกั้นรังสีโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมม่า	27
2.10	กราฟแสดง Film Density ของฟิล์มโกดักชนิดต่าง ๆ	32
2.11	ไดอะแกรมแสดงการเกิดรังสีสะท้อนเมื่อใช้ศักย์ไฟฟ้าสูง ๆ	36
2.12	ไดอะแกรมแสดง Blocking Technique	37
2.13	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของฟิล์ม เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแส หรือ Exposure	40

รูปที่ หน้า

3.1 Exposure Chart ของอลูมิเนียม 45

4.1 ภาพเนื้อดินขับจรวด 51

4.2 ภาพเนื้อดินขับจรวด เมื่อทำให้เกิดตำหนิเป็นร้อยร้าวในเนื้อ 51

4.3 Exposure Chart ของดินขับจรวด 58

4.5 ภาพถ่ายเนื้อในแท่งดินระเบิด (T.N.T.) หนา $2\frac{1}{2}$ นิ้ว 60

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2-1	ตารางธาตุที่เป็นต้นกำเนิดรังสีแกมม่า.....	10
2-2	แสดงค่าความสามารถในการกั้น (ดูดกลืน หรือ Absorp) รังสีเอกซ์เมื่อใช้ศักย์ไฟฟ้า 200 kvp เวลาที่ฉายรังสี 1 นาที	13
2-3	แสดงความไวของฟิล์มโกดัก	20
2-4	แสดงค่า S.E.T. ของโลหะ	21
2-5	แสดงระดับพลังงานของรังสีเอกซ์กับค่า S.E.T.	24
2-6	แสดงค่าคงตัวของฟิล์ม	26
2-7	แสดงค่า S.E.T. (เป็นนิ้ว) กับความแรงของต้นกำเนิดรังสีแกมม่าชนิดต่าง ๆ	26
2-8	แสดงเวลาที่ใช้ในการล้างฟิล์มที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดได้ที่อุณหภูมิเดียวกัน($68^{\circ}F$)	29
2-9	ตารางแสดงช่วงเวลาที่ใช้ในการล้างฟิล์ม เมื่ออุณหภูมิของน้ำยาเปลี่ยนไป	30
2-10	แสดงเวลาที่ใช้ในการฉายรังสีเมื่อมีการเพิ่มหรือลดศักย์ไฟฟ้า	38
4-1	แสดงค่าคาดคะเนของ Exposure ของดินขับจรวด ในศักย์ไฟฟ้าระดับต่าง ๆ กัน	49
4-2	แสดงค่าความหนาแน่นของฟิล์มที่ได้จากการทดลอง (ดินขับหนา 1 นิ้ว)	49
4-3	แสดงค่า Anti-Log M	52
4-4	แสดงค่า Exposure ใหม่ ความหนา 1 นิ้ว เมื่อปรับให้ฟิล์มมีความหนาแน่น 2.0	53
4-5	แสดงค่า Exposure ของดินขับจรวดหนา 4 นิ้ว เมื่อปรับให้ฟิล์มมีความหนาแน่น 2.0	56

ตารางที่ หน้า

4-6 ผลการวิจัยเพื่อหาค่า Exposure ของดินขับเพื่อสร้าง Exposure Chart ของดินขับจรวด 57