การถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์โดยการใช้กระดาษอัดรูป

นายวิสิทธิ์ชัย นิตยาพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-707-2

013638
i 17397236

X-RADIOGRAPHY USING PHOTOGRAPHIC PAPERS

Mr.Wisitchai Nitiyaporn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

ISBN 974-566-707-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์โดยการใช้กระดาษอัดรูป
โดย	นายวิสิทธิ์ชัย นิตยาพร
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สรชัย พิศาลบุตร)

รักษาการแทนในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธัชชัย สุมิตร)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์โดยการใช้กระดาษอัดรูป
ชื่อนิสิต นายวิสิทธิ์ชัย นิตยาพร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว
ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2528

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำกระดาษอัดรูปที่มีอยู่ในท้องตลาด มาใช้เป็นแผ่นบันทึกภาพของการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์แทนฟิล์มรังสีเอกซ์ ซึ่งมีราคาแพงและมีความยุ่งยากในการล้าง การวิจัยนี้จะศึกษาถึงวิธีและขีดความสามารถของการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์โดยใช้กระดาษอัดรูป 3 เบอร์ คือ F2 F3 F4 ของบริษัทโกดัก เป็นแผ่นบันทึกภาพ และใช้ฉากเรืองแสง 3 ชนิด ของบริษัท PHILIPS TOSHIBA PICKER เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของภาพถ่าย หาคอร์เรกชันแฟกเตอร์ของกระดาษอัดรูปทั้ง 3 เบอร์กับฉากเรืองแสงทั้ง 3 ชนิด พิจารณาหากระดาษอัดรูปและฉากเรืองแสงที่มีคอนทราสต์ และที่มีความไวสูงกว่าอีก 2 ชนิด เปรียบเทียบการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์โดยใช้กระดาษอัดรูปและฟิล์มรังสีเอกซ์ ในด้านคุณภาพของภาพ ราคาต้นทุน และการล้างรูป จากการวิจัยพบว่ากระดาษอัดรูปเบอร์ F4 ของบริษัทโกดัก ซึ่งฉาบด้วยสารไวแสงที่ประกอบด้วยเกลือเงินโบรไมด์และมีเกลือเงินไอโอไดด์ผสมอยู่เล็กน้อย จะมีความไวและคอนทราสต์มากกว่ากระดาษอีก 2 เบอร์ และฉากเรืองแสงของบริษัท PICKER จะทำให้กระดาษอัดรูปเบอร์ F4 มีความไวและคอนทราสต์มากกว่าการใช้ฉากเรืองแสงอีก 2 ชนิด กระดาษอัดรูปจะมีขอบเขตการใช้งานจำกัดกว่าฟิล์มรังสีเอกซ์ คือจะใช้กับชิ้นงานที่เป็นเหล็กหนาไม่เกิน 3 เซนติเมตร เมื่อให้ศักดาไฟฟ้าแก่หลอดรังสีเอกซ์ 220 กิโลโวลท์ กระดาษอัดรูปจะให้คอนทราสต์และความไวใกล้เคียงกับฟิล์มรังสีเอกซ์ เมื่อใช้ถ่ายชิ้นงานที่มีความหนาไม่มากนัก แต่จะต้องให้ศักดาไฟฟ้ามากกว่าเล็กน้อย เช่น กระดาษอัดรูปจะเห็นเส้นลวดเส้นที่เล็กที่สุดเบอร์ 12 ของ DIN 62 FE ที่ 220 กิโลโวลท์ ส่วนฟิล์มรังสีเอกซ์จะเห็นเส้นลวดเส้นที่เล็กที่สุดเบอร์ 12 ของ DIN 62 FE เหมือนกันโดยให้ศักดาไฟฟ้าแก่หลอดรังสีเอกซ์ 200 กิโลโวลท์ ค่าเอกซ์โพเชอร์ของกระดาษ

อัดรูปจะมีค่าใกล้เคียงกันกับฟิล์มรังสีเอกซ์ เมื่อชิ้นงานมีความหนาไม่มากนัก กระดาษอัดรูปจะให้ภาพตัวอย่างชิ้นงานที่มีความคมชัด ความดำ คอนทราสต์ ตลอดจนรายละเอียดต่างๆ ภายในชิ้นงานได้ใกล้เคียงกับฟิล์มรังสีเอกซ์ จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าสามารถนำกระดาษอัดรูปมาใช้แทนฟิล์มรังสีเอกซ์ ในกรณีที่ชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบมีความหนาไม่มากนัก โดยจะทำให้ต้นทุนของการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ลดลงถึง 4 เท่า และยังประหยัดเวลาในการล้างรูปด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title X-radiography Using Photographic Paper

Name Mr. Wisitchai Nitiyaporn

Thesis Adviser Assistant Professor Suvit Punnachaiya

Assistant Professor Nares Chankow

Department Nuclaer Technology

Academic Year 1985

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABSTRACT

The objective of this research is to study the possibility of using photographic paper,available on the market,for x-ray radiography instead of x-ray film which is more expensive and more complicate to develop. This research concerned about (1) the method and the limitation of x-ray radiography by using 3 types of photographic paper,namely,F2,F3 and F4 distributed by the Kodak Company, as the screen with 3 different kinds of intensifying screens produced by the Phillips Company, Toshiba Company and Picker Company to increase photographic efficiency; (2) correction factor between these 3 types of photographic paper and intensifying screens; (3) the most suitable combination of photographic paper and intensifying screens used; (4) the result of using photographic paper and x-ray film in x-ray radiography regarding quality, cost and film developing

From the research,it was found that (1) the combination of intensifying screen from Picker Company and Kodak photographic paper No.F4 coating with silver bromide with a little mixture of silver iodide resulted in higher sensitivity and more contrast than other combination; (2) photographic papers had more limitation than

x-ray film in the sense that it could be used with the iron test piece no thicker than 3 cm.with the x-ray energy of 220 kVp;

(3) photographic papers would give almost the same degree of contrast and sensitivity as x-ray film when used with thin test specimens. For instance the smallest wire No.12 of DIN 62 FE could be seen in the photographic paper at 220 kVp while it could be seen in the x-ray film at 200 kVp. The exposure of photographic paper would be in vicinity of x-ray film when it was used with thin test specimens. Photographic paper would produce sharpness definition, density and contrast picture and also details of the picture closely to what given by x-ray film. It is concluded that if the test specimens are thin, photographic papers could be used in stead of x-ray films resulting in cost, the cost saving of about 4 times over the x-ray film. Required film developing time would be save as well.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทร์ขาว อาจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์ ที่ช่วยให้คำแนะนำ จัดหาเอกสาร อุปกรณ์ต่างๆ ทำให้งานวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำตลอดจนแก้ไขอุปสรรคในเรื่องเครื่องมือในการวิจัยในครั้งนี้

และท้ายที่สุด ขอขอบคุณ คุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา และ คุณธิดา กมลภัทรากูร คุณลัดดา ขำศิริโชคชัย ที่คอยช่วยเหลือเรื่องการจัดพิมพ์ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ช
รายการตารางประกอบ ..... ญ
รายการรูปประกอบ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1
2. ถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ 4
3. กระบวนการบันทึกภาพ 22
4. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 50
5. ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย 59
6. สรุปผลและเสนอแนะ 90

เอกสารอ้างอิง 95
ภาคผนวก ก. 96
ภาคผนวก ข. 103
ภาคผนวก ค. 118
ประวัติการศึกษา 131

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่า Radiographic Absorption Equivalence โดยประมาณของโลหะชนิดต่างๆ เมื่อให้เหล็กเป็นตัวเปรียบเทียบ	15
3.1	ค่าความดำสูงสุดของกระดาษอัดรูป ชนิดต่างๆ	33
3.2	แสดงความไวของภาพระดับต่างๆ	47
5.1	แสดงค่าคอร์เรกชัน แฟกเตอร์ สำหรับค่าเอกซ์โพเชอร์ของกระดาษ	75
5.2	เปรียบเทียบความไวของกระดาษอัดรูปกับฉากเรืองแสงแต่ละคู่	76
5.3	แสดงค่าความไวที่ระยะความหนาและค่าศักดาไฟฟ้าต่างๆ ของกระดาษอัดรูป	80
5.4	แสดงความไวของกระดาษอัดรูป เปรียบเทียบกับฟิล์มรังสีเอกซ์เมื่อใช้ศักดาไฟฟ้าต่างๆ	88
ค.1	ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆ ของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F2 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 1	119
ค.2	ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆ ของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F3 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 1	120
ค.3	ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆ ของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 1	121

ตารางที่ หน้า

ค.4 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆ ของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F2 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 2 122

ค.5 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆ ของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F3 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 2 123

ค.6 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆ ของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 2 124

ค.7 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆ ของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F2 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3 125

ค.8 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆ ของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F3 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3 126

ค.9 ความดำของกระดาษอัดรูปที่ระยะต่างๆ ของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3 127

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงลักษณะการจัดอุปกรณ์ถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์	4
2.2	แผนภาพแสดงส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์	7
2.3	ลักษณะของหลอดรังสีเอกซ์	8
2.4	แสดงลักษณะของหลอดรังสีเอกซ์บางแบบ	10
2.5	แสดงผลของกระแสไฟฟ้า ศักดาไฟฟ้าและเลขอะตอมของธาตุที่เป็นขั้วบวก ที่มีต่อสเปคตรัมของรังสีที่ได้จากหลอด	12
2.6	แสดงศักดาไฟฟ้าของหลอดรังสีเอกซ์มีผลต่อการทะลุทะลวงของรังสี	12
2.7	แสดงให้เห็นถึงค่าศักดาไฟฟ้ามีผลต่อรังสีที่จะให้ออกมา	13
2.8	แสดงผลความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตเมื่อเกิดภาพของราดิโอกราฟ	16
2.9	ความสัมพันธ์ของความไม่คมชัดทางเรขาคณิตกับระยะทางจากต้นกำเนิดรังสีไปยังชิ้นงาน	18
3.1	แสดงภาคตัดขวางของฟิล์มรังสีเอกซ์	23
3.2	กราฟแสดงคุณสมบัติเฉพาะของฟิล์ม	25
3.3	กราฟคุณสมบัติเฉพาะของฟิล์มรังสีเอกซ์ ของบริษัทโกดักชนิดต่างๆ	27
3.4	รูปแสดงการเปรียบเทียบกระดาษขยายภาพแบบธรรมดา ก. และแบบสมัยใหม่ที่ฐานภาพเป็นกระดาษอาบพลาสติก ข.	28
3.5	กราฟแสดงคอนทราสต์ของกระดาษอัดรูปเกรดต่างๆ	31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่		หน้า
3.6	แสดงการสะท้อนแสงที่ผิวของกระดาษสองแบบที่มีลักษณะของผิวต่างกัน	32
3.7	กราฟแสดงความดำสูงสุดของกระดาษที่มีพื้นผิวต่างๆ กัน	34
3.8	แสดงขั้นตอนการทำกราฟเอกซ์โพเชอร์	36
3.9	กราฟเอกซ์โพเชอร์ของการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ โดยใช้ฟิล์มรังสีเอกซ์เป็นแผ่นบันทึกภาพ	37
3.10	กราฟเอกซ์โพเชอร์ของการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ โดยใช้ฟิล์มรังสีเอกซ์เป็นแผ่นบันทึกภาพ	38
3.11	กราฟเอกซ์โพเชอร์ของการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ โดยใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ	39
3.12	แสดงภาพตัดขวางของฉากเรืองแสง	42
3.13	แสดงการเปรียบเทียบสเปคตรัมของฉากเรืองแสงที่มีสารประกอบแคลเซี่ยมทังสเตท สเปคตรัมของความไวของฟิล์มรังสีเอกซ์ สเปคตรัมของความไวในการมองเห็นแสงของตามนุษย์	43
3.14	แบบต่างๆ ของพีนีตรามิเตอร์	45
4.1	ภาพแสดงลักษณะของเครื่องควบคุมระยะใกล้(Control Unit) รุ่น CMA 357 ซึ่งใช้ในการวิจัย	52
4.2	ภาพแสดงลักษณะทิวบ์เฮดของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ Andrex รุ่น CMA 357 และอุปกรณ์สำหรับติดตั้งที่ใช้ในการวิจัย	53

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ หน้า

4.3 กระดาษอัดรูปโกดักเบอร์ต่างๆ และซองใส่กระดาษอัดรูป 54

4.4 ฉากเรืองแสงของบริษัทต่างๆ 55

4.5 ภาพแสดงลักษณะเหล็กขั้นบันไดและ DIN 62 FE 56

4.6 ภาพแสดงเกรย์สเกลของบริษัทโกดัก 57

5.1 กราฟเอกซ์โพเซอร์ของฟิล์มรังสีเอกซ์ FFD = 82.16เซนติเมตร 62

5.2 กราฟเอกซ์โพเซอร์ของกระดาษอัดรูปเบอร์ F2 กับฉากเรือง 63
แสงชนิดที่ 1 FFD = 82.16เซนติเมตร

5.3 กราฟเอกซ์โพเซอร์ของกระดาษอัดรูปเบอร์ F3 กับฉากเรือง 64
แสงชนิดที่ 1 FFD = 82.16 เซนติเมตร

5.4 กราฟเอกซ์โพเซอร์ของกระดาษอัดรูปเบอร์ F4 กับฉากเรือง 65
แสงชนิดที่ 1 FFD = 82.16 เซนติเมตร

5.5 กราฟเอกซ์โพเซอร์ของกระดาษอัดรูปเบอร์ F2 กับฉากเรือง 66
แสงชนิดที่ 2 FFD = 82.16 เซนติเมตร

5.6 กราฟเอกซ์โพเซอร์ของกระดาษอัดรูปเบอร์ F3 กับฉากเรือง 67
แสงชนิดที่ 2 FFD = 82.16 เซนติเมตร

5.7 กราฟเอกซ์โพเซอร์ของกระดาษอัดรูปเบอร์ F4 กับฉากเรือง 68
แสงชนิดที่ 2 FFD = 82.16 เซนติเมตร

5.8 กราฟเอกซ์โพเซอร์ของกระดาษอัดรูปเบอร์ F2 กับฉากเรือง 69
แสงชนิดที่ 3 FFD = 82.16 เซนติเมตร

รูปที่ หน้า

5.9 กราฟเอกซ์โพเซอร์ของกระดาษอัดรูปเบอร์ F3 กับฉากเรือง แสงชนิดที่ 3 FFD = 82.16 เซนติเมตร 70

5.10 กราฟเอกซ์โพเซอร์ของกระดาษอัดรูปเบอร์ F4 กับฉากเรือง แสงชนิดที่ 3 FFD = 82.16 เซนติเมตร 71

5.11 กราฟเปรียบเทียบคอนทราสต์ของกระดาษอัดรูปเบอร์ต่างๆ เมื่อใช้ฉากเรืองแสงชนิดเดียวกัน FFD = 82.16 เซนติเมตร 77

5.12 กราฟเปรียบเทียบคอนทราสต์ของฉากเรืองแสงชนิดต่างๆ เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์เดียวกันFFD = 82.16 เซนติเมตร 78

5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีเอกซ์กับความไว เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ เหล็กหนา 5.48 มิลลิเมตร FFD = 82.16 เซนติเมตร 81

5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีเอกซ์กับความไว กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ เหล็กหนา 10.72 มิลลิเมตร FFD = 82.16 เซนติเมตร 82

5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีเอกซ์กับความไว เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ เหล็กหนา 12.79 มิลลิเมตร FFD = 82.16 เซนติเมตร 83

5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีเอกซ์กับความไว เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ เหล็กหนา 16.60 มิลลิเมตร FFD = 82.16 เซนติเมตร 84

รูปที่ หน้า

5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีเอกซ์กับ เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ FFD = 82.16 เซนติเมตร 85

5.18 กราฟแสดงช่วงการใช้พลังงานของรังสีเอกซ์(ความไวไม่เกิน 2%) เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ FFD = 82.16 เซนติเมตร 86

ก.1 แสดงขั้นตอนการล้างฟิล์ม 98

ก.2 ภาพแสดงขั้นตอนการล้างกระดาษอัดรูปด้วยถาดใส่น้ำยา 99

ข.1 ภาพถ่ายการหาความไวของกระดาษอัดรูป ที่ 160 กิโลเวลท์ 103

ข.2 ภาพถ่ายการหาความไวของกระดาษอัดรูป ที่ 180 กิโลโวลท์ 104

ข.3 ภาพถ่ายการหาความไวของกระดาษอัดรูป ที่ 200 กิโลโวลท์ 105

ข.4 ภาพถ่ายการหาความไวของกระดาษอัดรูป ที่ 220 กิโลโวลท์ 106

ข.5 ภาพชิ้นงานเครื่องวัดความดัน ใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ 107

ข.6 ภาพชิ้นงานเครื่องวัดความดัน ใช้ฟิล์มรังสีเอกซ์เป็นแผ่นบันทึกภาพ 108

ข.7 ภาพชิ้นงานลูกปืนขนาดต่างๆ ใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ 109

ข.8 ภาพชิ้นงานลูกปืนขนาดต่างๆ ใช้ฟิล์มรังสีเอกซ์เป็นแผ่นบันทึกภาพ 110

ข.9 ภาพชิ้นงานไมโครมิเตอร์ ใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ 111

ข.10 ภาพชิ้นงานไมโครมิเตอร์ ใช้ฟิล์มรังสีเอกซ์เป็นแผ่นบันทึกภาพ 112

ข.11 ภาพชิ้นงานกุญแจ ใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ 113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ หน้า

ข.12 ภาพชิ้นงานกุญแจใช้ฟิล์มรังสีเอกซ์เป็นแผ่นบันทึกภาพ 114

ข.13 ภาพชิ้นงานนาฬิกาข้อมือใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ 115

ข.14 ภาพชิ้นงานเครื่องคิดเลขไฟฟ้าใช้กระดาษอัดรูปเป็นแผ่นบันทึกภาพ 116

ค.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดำกับความหนาของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์F4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3 ที่ 12 มิลลิแอมป์-นาที FFD = 82.16 เซนติเมตร 128

ค.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดำกับความหนาของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3 ที่ 20 มิลลิแอมป์-นาที FFD = 82.16 เซนติเมตร 129

ค.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดำกับความหนาของเหล็กขั้นบันได เมื่อใช้กระดาษอัดรูปเบอร์ F4 กับฉากเรืองแสงชนิดที่ 3 ที่ 30 มิลลิแอมป์-นาที FFD = 82.16 เซนติเมตร 130

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย