สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการพัฒนาเครื่องสร้างภาพตัดขวาง

เครื่องสร้างภาพตัดขวางที่พัฒนาขึ้น ออกแบบให้เหมาะกับการใช้งานทางอุตสาหกรรม แบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้ ระบบขับเคลื่อนชิ้นงาน แผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ และโปรแกรมสำหรับควบคุมกระบวนการเก็บข้อมูลและสร้างภาพ เมื่อประกอบส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันแล้วได้ทดสอบการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้

ก. ทดสอบการทำงานของแผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ

ข. ทดสอบการทำงานของระบบขับเคลื่อนชิ้นงาน

ค. ทดสอบโปรแกรมเก็บข้อมูลและสร้างภาพด้วยวิธีการ convolution back projection และ back projection

4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดสอบ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วย

1. ไมโครคอมพิวเตอร์แบบ IBM PC/XT AT หรือเทียบเท่า
2. มัลติมิเตอร์ SANWA Model YX-360 TR
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับศักดาไฟฟ้าได้
4. NIM BIN และแหล่งจ่ายไฟฟ้า ORTEC Model 401 B
5. High Voltage Power Supply ORTEC Model 556
6. Pulse Amplifier CANBERRA Model 2011
7. SCA CANBERRA Model 2031
8. Ratemeter ORTEC Model 541
9. Counter/Timer CANBERRA Model 1772
10. หัววัดรังสี NaI(Tl) ขนาด 2 นิ้ว X 2 นิ้ว ORTEC Model IRO41724
11. อุปกรณ์ขยายส่วนหน้าพร้อมฐาน ORTEC Model 276
12. แผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณที่สร้างขึ้น

13. ระบบขับเคลื่อนชิ้นงานที่สร้างขึ้น

14. หลอดไฟ LED และความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม

4.2 การทดสอบวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ

การทดสอบนี้ แบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ทดสอบการทำงานของส่วนแปลงสัญญาณเชิงอุปมานเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข และทดสอบการทำงานของอินพุตเอาท์พุตพอร์ตที่ใช้ในการควบคุมสเตปปิงมอเตอร์

4.2.1 การทดสอบการทำงานของส่วนแปลงสัญญาณเชิงอุปมานเป็นสัญญาณเชิงเลข

4.2.1.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ติดตั้งแผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณลงในช่องเสียบของไมโครคอมพิวเตอร์และจัดอุปกรณ์ทดสอบดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 1

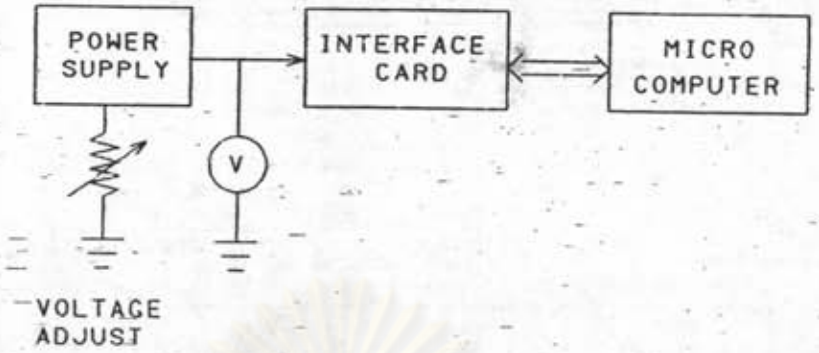
2. เรียกโปรแกรมสนับสนุนการทำงานดังนี้

```
10  HOME : CLEAR
20  PRINT "TEST ADC ACCURACY"
30  INPUT " PRESS Y WHEN READY";Y$
40  IF Y$ <> "Y" THEN GOTO 30
50  FOR I=1 TO 8
60  PRINT INP(795)
70  NEXT
80  Y$=" "
90  INPUT "PRESS Y TO RUN AGAIN";Y$
100 IF Y$="Y"  THEN GOTO 10
110 END
```

3. ปรับค่าศักดาไฟฟ้าอ้างอิงจาก 0 ถึง 100 มิลลิโวลต์ แล้วบันทึกค่าเฉลี่ยเชิงตัวเลขที่อ่านได้แต่ละค่าศักดาไฟฟ้าจากจำนวน 8 ครั้ง

4. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักดาไฟฟ้าและค่าเฉลี่ยเชิงตัวเลข

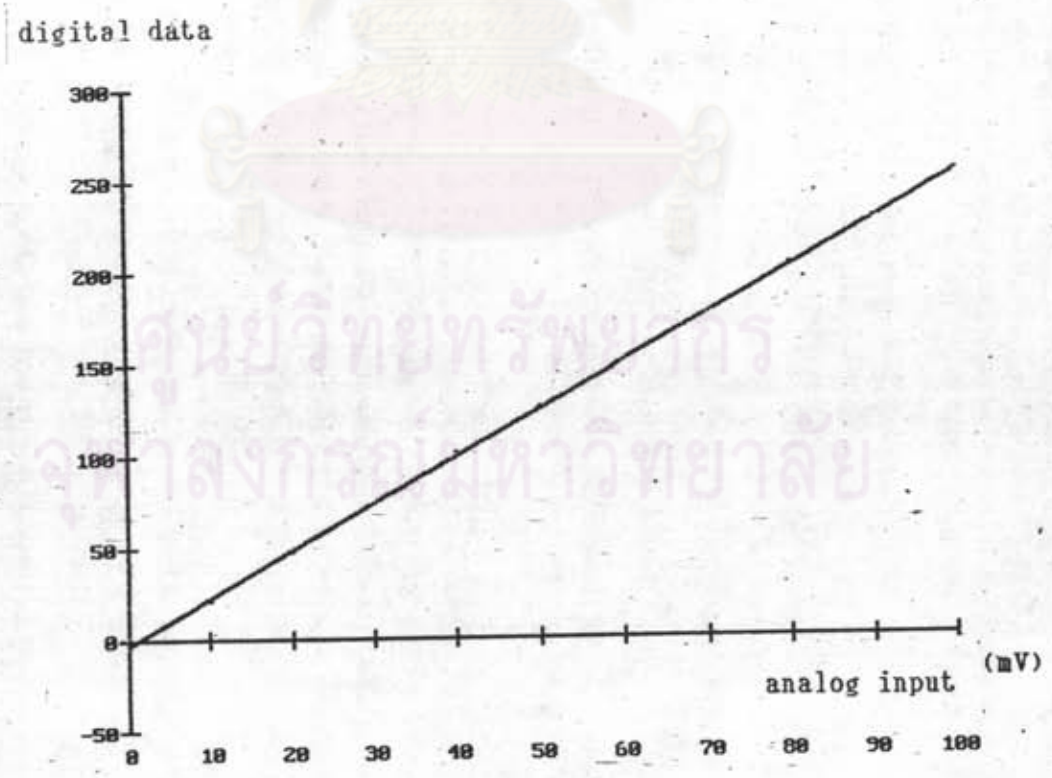
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 แสดงการจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบการทำงานของวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ

4.2.1.2 ผลการทดสอบ

ผลทดสอบการทำงานของระบบแปลงสัญญาณเชิงอุปมานเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข แสดงในตารางที่ 4.1 และเส้นกราฟรูปที่ 4.2 โดยมีความเป็นเชิงเส้น 0.999 และความคลาดเคลื่อน $\pm$ 1.47%



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักดาไฟฟ้าทางเข้าและค่าที่อ่านได้เชิงตัวเลข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทำงานของวงจร ADC

Input (mV)	ค่าที่อ่านได้ (X) 1	2	3	4	5	6	7	8	X	STD
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	20	20	21	20	20	21	20	21	20.37	0.48
20	47	46	45	46	50	48	46	49	47.12	1.61
30	73	71	76	74	70	76	76	73	73.62	2.17
40	101	99	100	100	105	100	104	99	101	2.12
50	128	126	124	124	129	123	125	126	125.62	1.93
60	150	150	150	149	150	151	150	150	150	0.5
70	174	177	174	177	177	177	173	175	175.5	1.58
80	204	208	202	202	204	201	199	201	202.62	2.54
90	226	229	226	228	228	228	225	228	227.25	1.30
100	254	253	251	253	253	253	254	251	252.75	1.08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

intercept -2.674 slope 2.555

R^2 0.999 error $\pm$1.467%

4.2. การทดสอบการทำงานของอินพุต เอาท์พุตพอร์ต ที่ใช้ในการควบคุมสเตปปิงมอเตอร์

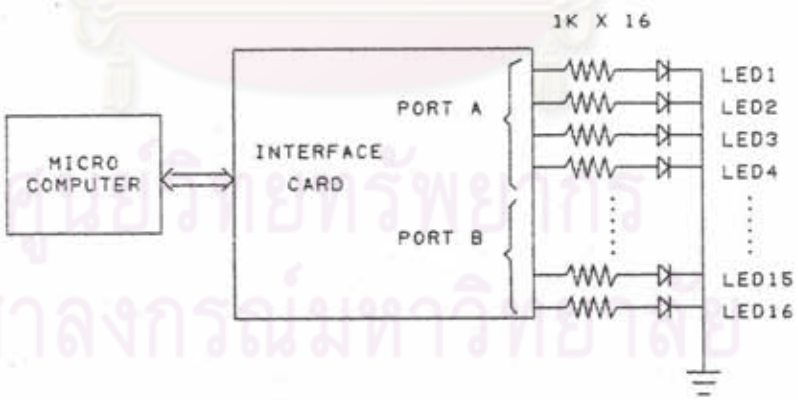
4.2.2.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1. จัดอุปกรณ์ทดสอบตามแผนภาพรูปที่ 4.3
2. เรียกโปรแกรมสนับสนุนการทำงานดังนี้

```
10  HOME : CLEAR
20  PRINT "TESTING I/O PORT"
30  INPUT " PRESS Y WHEN READY";Y$
40  IF Y$ <> "Y" THEN GOTO 30
50  OUT 799,144 : REM > END CONTROL WORD
    TO 8255
60  P=769
70  FOR N=0 TO 8
80  K=2^N
90  OUT P,K
100 FOR I=1 TO 500 :NEXT I
110 NEXT I
130 IF Y$=Y THEN GOTO 70
140 END
```

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ตรวจสอบสถานะของหลอด LED ประจำตำแหน่งพอร์ตต่าง ๆ



รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงการจัดอุปกรณ์เพื่อทำการทดสอบสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตพอร์ต

4.2.2.2 ผลการทดสอบการทำงานของอินพุตเอาต์พุตพอร์ตที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของสเตปปิงมอเตอร์ ปรากฏดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการทำงานของพอร์ตในการควบคุมการทำงานของสเตปปิงมอเตอร์

พอร์ตและข้อมูลที่ส่งออก	หลอด LED ที่ติดดวงที่	พอร์ตและข้อมูลที่ส่งออก	หลอด LED ที่ติดดวงที่
OUT 796,0	-	OUT 797,0	-
OUT 796,1	1	OUT 797,1	9
OUT 796,2	2	OUT 797,2	10
OUT 796,4	3	OUT 797,4	11
OUT 796,8	4	OUT 797,8	12
OUT 796,16	5	OUT 797,16	13
OUT 796,32	6	OUT 797,32	14
OUT 796,64	7	OUT 797,64	15
OUT 796,128	8	OUT 797,128	16

4.3 การทดสอบระบบขับเคลื่อนชิ้นงาน

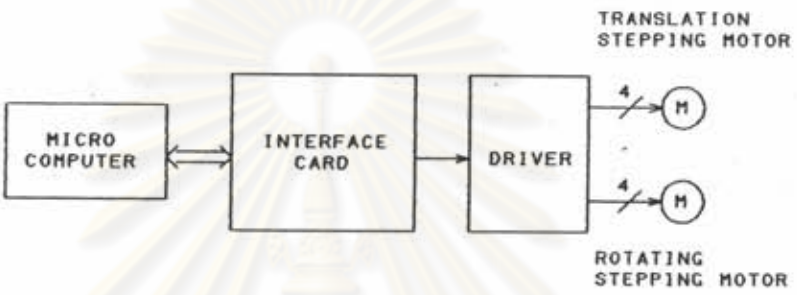
4.3.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1. จัดอุปกรณ์ทดสอบตามแผนภาพรูปที่ 4.4
2. เรียกโปรแกรมสนับสนุนการทำงานของระบบขับเคลื่อนชิ้นงานดังนี้

```
10  HOME : CLEAR
20  PRINT "TESTING MECHANIC SYSTEM"
30  OUT 799,144
40     : REM PRESET
50  FOR N=1 TO 100
60  OUT 797,2 : OUT 798,2 : OUT 798,0
```

```
 70  NEXT N
 80  FOR m=1 TO 129
 90  OUT 794,64 : OUT 798,1 : OUT 798,0
100  NEXT M
```

3. วัดระยะทางการเคลื่อนที่และมุมของถาดรองรับชิ้นงาน



รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงการจัดอุปกรณ์เพื่อทดสอบระบบขับเคลื่อนชิ้นงาน

4.3.2 ผลการทดสอบระบบขับเคลื่อนชิ้นงาน

ผลการทดสอบปรากฏว่า ถาดรองรับชิ้นงานเคลื่อนที่ได้ถูกต้อง โดยมีมุมการหมุนเท่ากับ 180 องศา เมื่อสั่งให้สเตปปิงมอเตอร์เคลื่อนที่ไป 120 สเตป และระยะทางของถาดรองรับชิ้นงานเคลื่อนที่ไป 12.8 เซนติเมตร เมื่อสั่งให้สเตปปิงมอเตอร์เคลื่อนที่ไป 256 สเตป

4.4 <u>การทดสอบโปรแกรมเก็บข้อมูลและสร้างภาพ</u>

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบการทำงานของระบบทั้งหมด ในการสร้างภาพตัดขวางจากการส่งผ่านรังสีแกมมา 662 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์

4.4.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ประกอบระบบสร้างภาพตัดขวางส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ดังแผนภาพรูปที่ 3.1 และรูปที่ 4.8

2. ติดตั้งหัววัดรังสีและปรับเทียบระบบวัดนิวเคลียร์ให้วิเคราะห์เฉพาะพลัง

งาน 662 keV

3. ปรับแนวลำรังสีระหว่างต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีให้ได้ศูนย์กลางเดียวกัน โดยอ่านค่าอัตรานับรังสีสูงที่สุดจากเรตมิเตอร์ ขณะที่ไม่มีชิ้นงานวางบนถาดรองรับชิ้นงาน

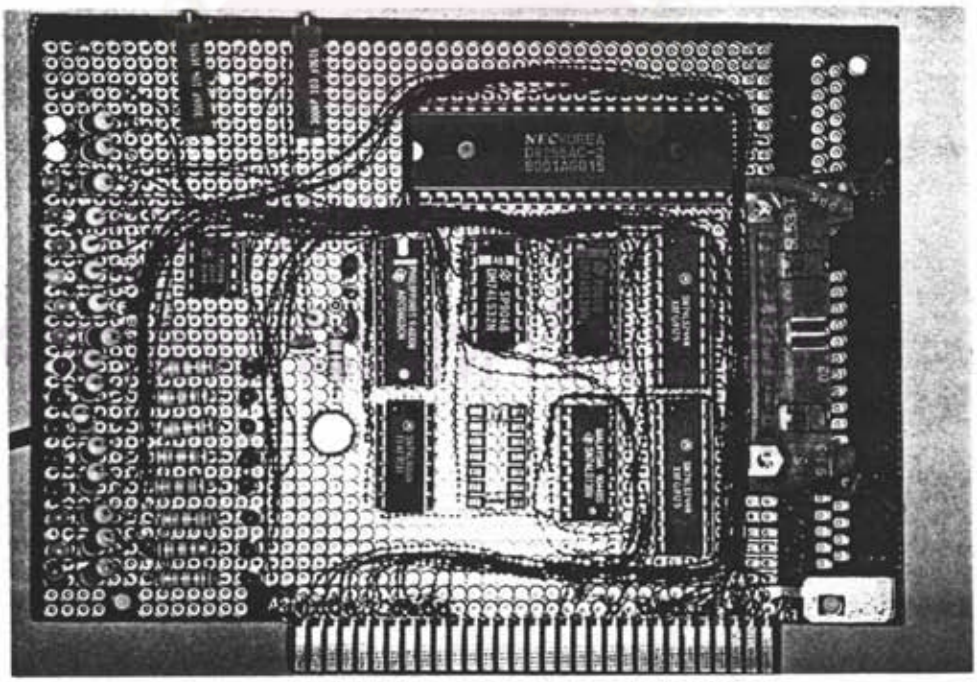
4. ใช้ตัวอย่างชิ้นงานที่เป็นวงแหวนทองเหลือง ข้อต่อทองเหลือง แท่งเหล็กฉากและแท่งเหล็กกลม สำหรับทดสอบการเก็บข้อมูลเพื่อสร้างภาพตัดขวาง

5. ใช้โปรแกรมเก็บข้อมูลและสร้างภาพตัดขวางที่พัฒนาขึ้น ทดสอบการสร้างภาพ โดยใช้เวลาในการสแกน 1.2 นาที/โพรไฟล์ ใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตรานับรังสี 10%

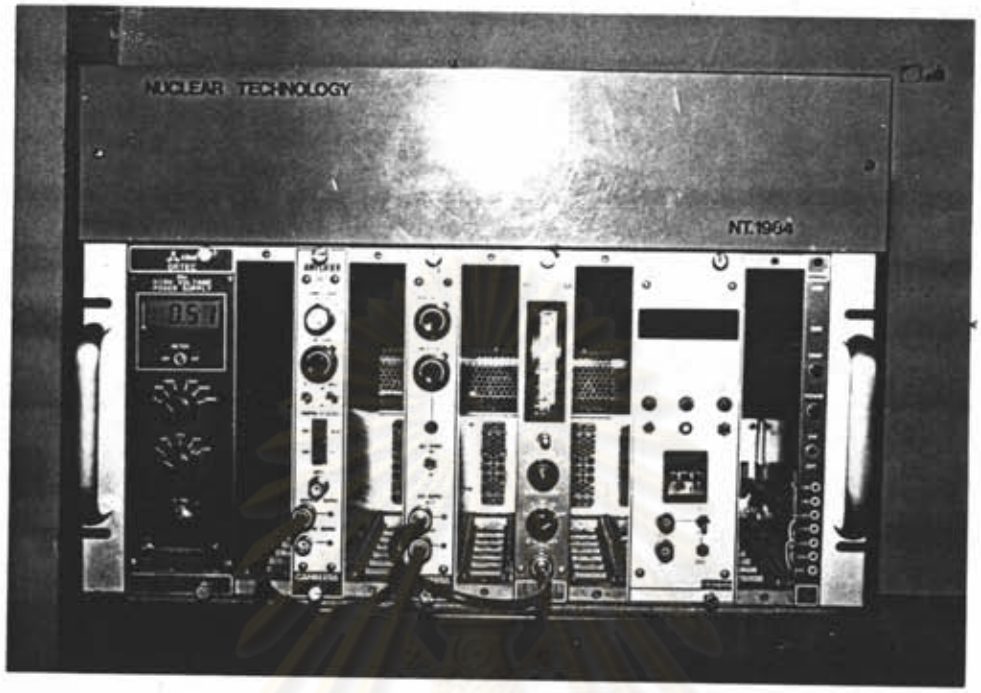
5.1 โปรแกรมแรกที่ใช้ทดสอบการสร้างภาพเป็นวิธี convolution back projection

5.2 โปรแกรมที่สองเป็นการสร้างภาพด้วยวิธี back projection ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง

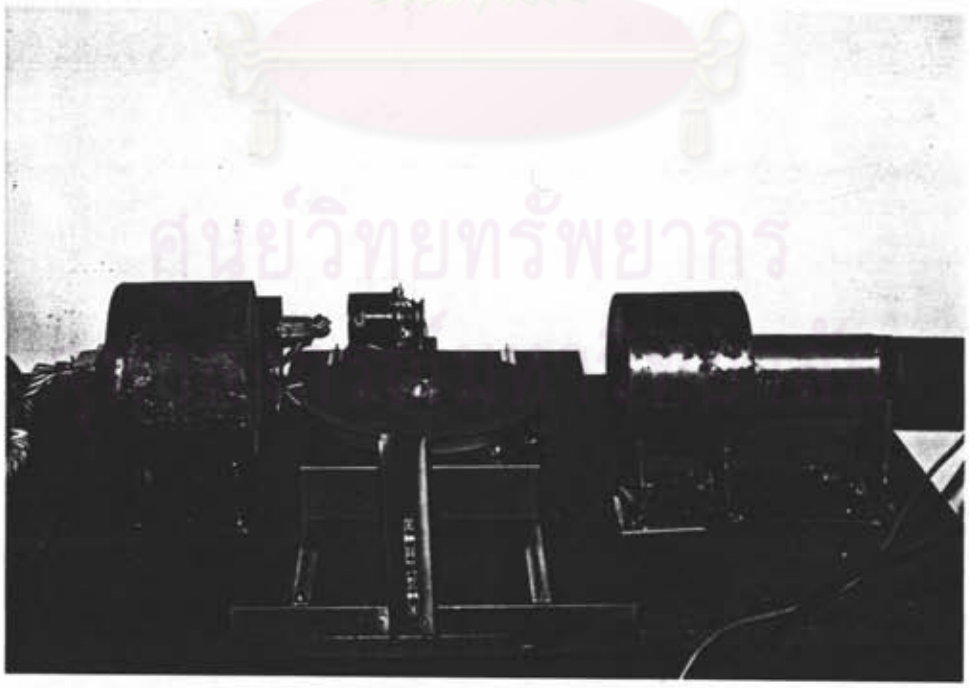
6. เปรียบเทียบการสร้างภาพทั้ง 2 วิธีและปรับแก้ระดับคอนทราสต์ ด้วยการจัดระดับสีที่กำหนดแทนค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความเข้มรังสีของชิ้นงาน



รูปที่ 4.5 แผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณที่พัฒนาขึ้น

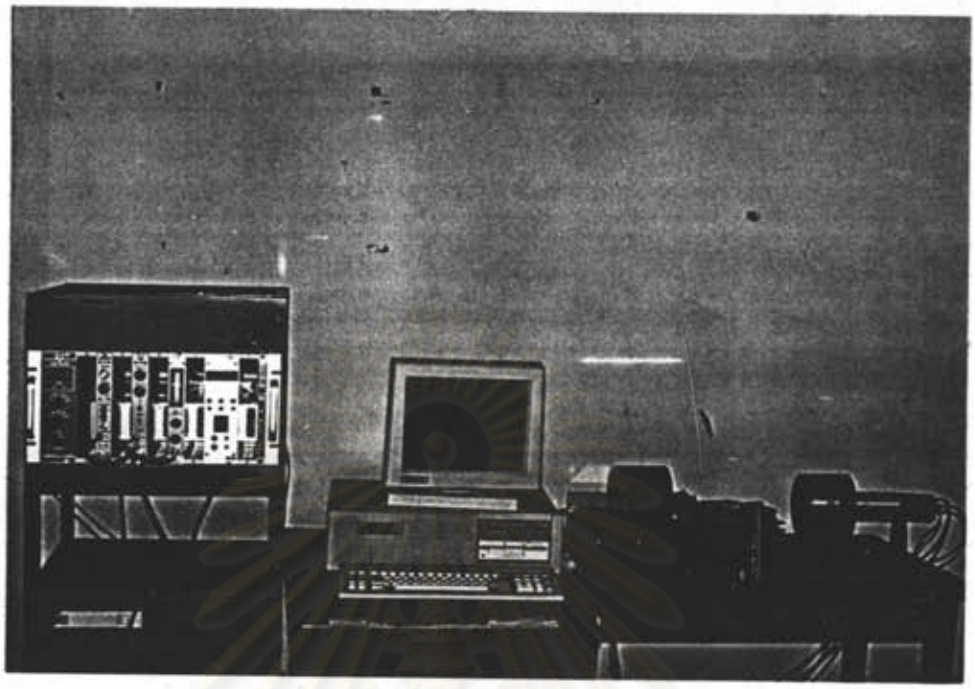


รูปที่ 4.6 ระบบวัดนิวเคลียร์ที่ใช้ในการวัดรังสี



รูปที่ 4.7 ระบบขับเคลื่อนชิ้นงานและระบบวัดรังสีส่วนหน้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร



รูปที่ 4.8 เครื่องสร้างภาพตัดขวางขณะทำการทดสอบการทำงาน

4.4.2 ผลการสร้างภาพ

การเก็บข้อมูลเพื่อสร้างภาพแต่ละครั้ง ได้ข้อมูลขนาด 129 เรย์ซัม และ 100 โพรไฟล์ ใช้เวลา 110 นาที และได้นำข้อมูลมาใช้ในการสร้างภาพในลักษณะต่าง ๆ ให้ผลดังนี้

1. รูปที่ 4.10 เป็นภาพตัดขวางของวงแหวนทองเหลืองกลวงที่แสดงในรูปที่ 4.9 ใช้วิธีสร้างภาพแบบ convolution back projection ที่มุม 45 องศา และ 135 องศา การประมวลผลเพื่อสร้างภาพใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC AT. compatible ที่ทำงานด้วยความถี่ 16 MHz ใช้เวลาประมาณ 9 ชั่วโมง ภาพที่ได้สามารถมองรูปร่างของวงแหวนได้ แต่รายละเอียดของภาพมีน้อยเนื่องจากใช้มุมเพียง 2 มุม

2. รูปที่ 4.11 เป็นภาพตัดขวางของวงแหวนทองเหลืองกลวง ซึ่งใช้วิธีสร้างภาพแบบ back projection ที่มุม 0, 45, 90, 135 และ 180 องศา การประมวลผลเพื่อสร้างภาพใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC AT compatible ที่ทำงานด้วยความถี่ 16 MHz เรียกแมทโคโพรเซสเซอร์ (match co-processor) ช่วยในการคำนวณ ใช้เวลา

ประมาณ 4 ชั่วโมง ภาพที่ได้พอมองเห็นโครงสร้างของวงแหวน แม้จะใช้มุมถึง 5 มุมก็ให้รายละเอียดภาพน้อยกว่าการใช้เทคนิค convolution back projection แต่ใช้เวลาน้อยกว่า

3. รูปที่ 4.13 เป็นภาพตัดขวางของเหล็กฉากซ้อนกัน ที่แสดงในรูปที่ 4.12 ใช้วิธีสร้างภาพแบบ back projection ที่มุม 0, 45, 90, 135 และ 180 องศา การประมวลผลเพื่อสร้างภาพใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ชนิดเดียวกับข้อ 2 จัดระดับความเข้มของสี 16 ระดับ ภาพที่ได้ให้รายละเอียดต่ำ และแยกความแตกต่างของระดับคอนทราสต์ได้ยาก

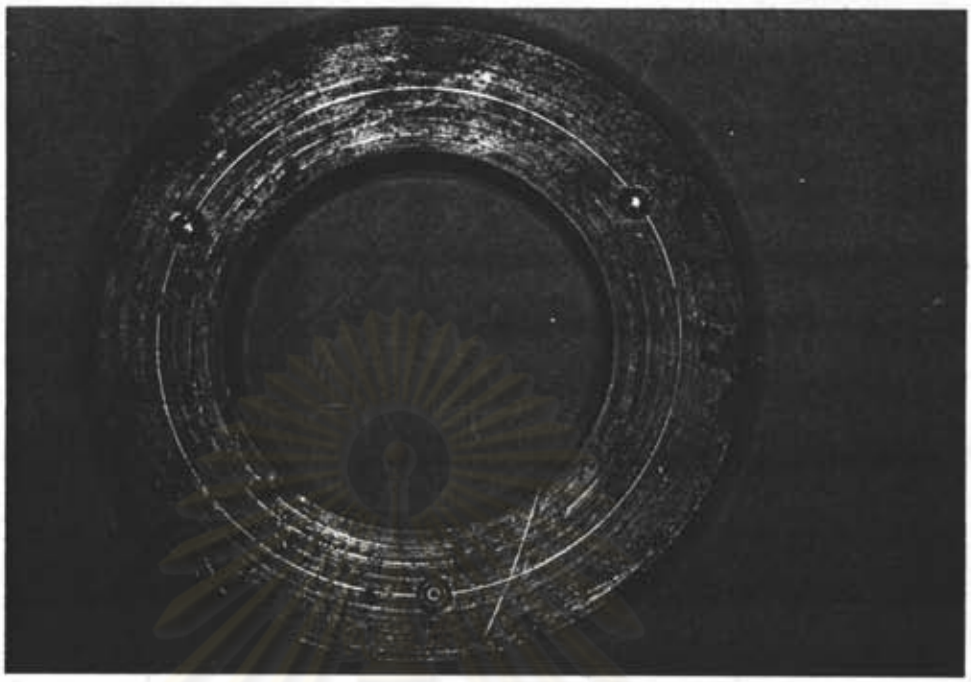
4. รูปที่ 4.14 เป็นภาพตัดขวางของเหล็กฉากซ้อนกันที่ปรับระดับการแสดงคอนทราสต์ที่ระดับสีต่างกัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนขึ้น ในรูปที่ 4.14 ใช้ระดับสี 4 ระดับ

5. รูปที่ 4.16 เป็นภาพตัดขวางของแท่งเหล็กกลม 2 ขนาดที่วางอยู่ในกระป๋องบรรจุขี้ผึ้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ใช้วิธีสร้างภาพแบบ back projection ด้วยข้อมูล 3 มุม ที่ 0, 90 และ 180 องศา การประมวลผลใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ชนิดเดียวกับข้อ 2 ภาพที่ได้พอมองเห็นรูปร่างของแท่งเหล็กทั้ง 2 แท่งได้

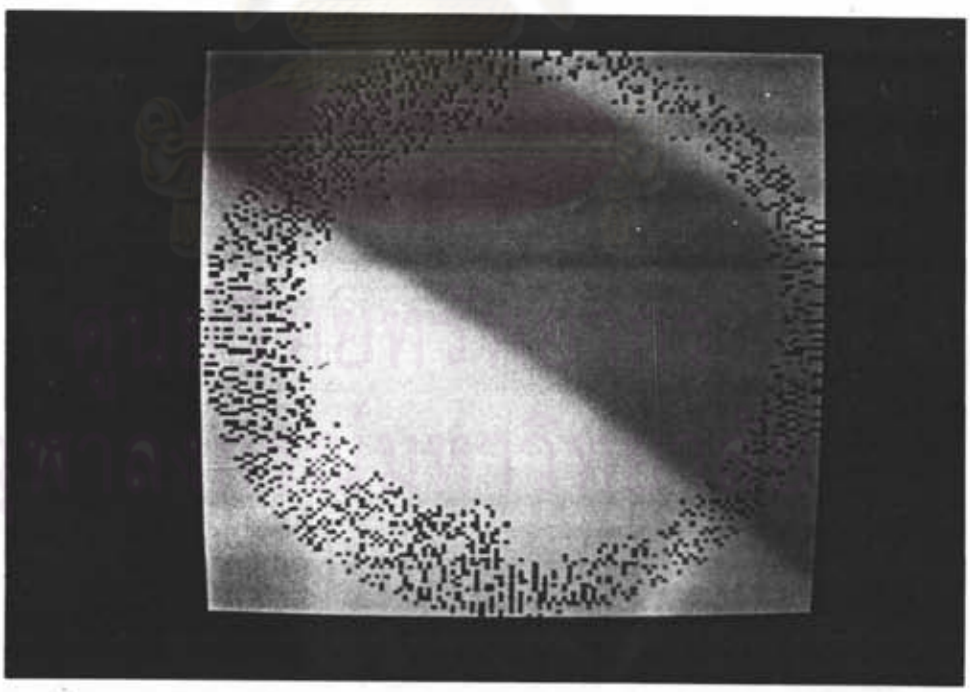
6. รูปที่ 4.18 เป็นภาพตัดขวางของข้อต่อทองเหลือง ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.17 ใช้วิธีสร้างภาพแบบ back projection ด้วยข้อมูล 20 โพรไฟล์ หรือ 20 มุม การประมวลผลใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ชนิดเดียวกับข้อ 2 ใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง ภาพที่ได้ให้รายละเอียดดีขึ้น เนื่องจากมุมมากขึ้น ความแตกต่างของคอนทราสต์อ่านได้ลำบาก เนื่องจากการจัดเรียงระดับสี เมื่อจัดโทนของระดับสีใหม่ ดังในรูปที่ 4.19 จะให้ภาพชัดเจนขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

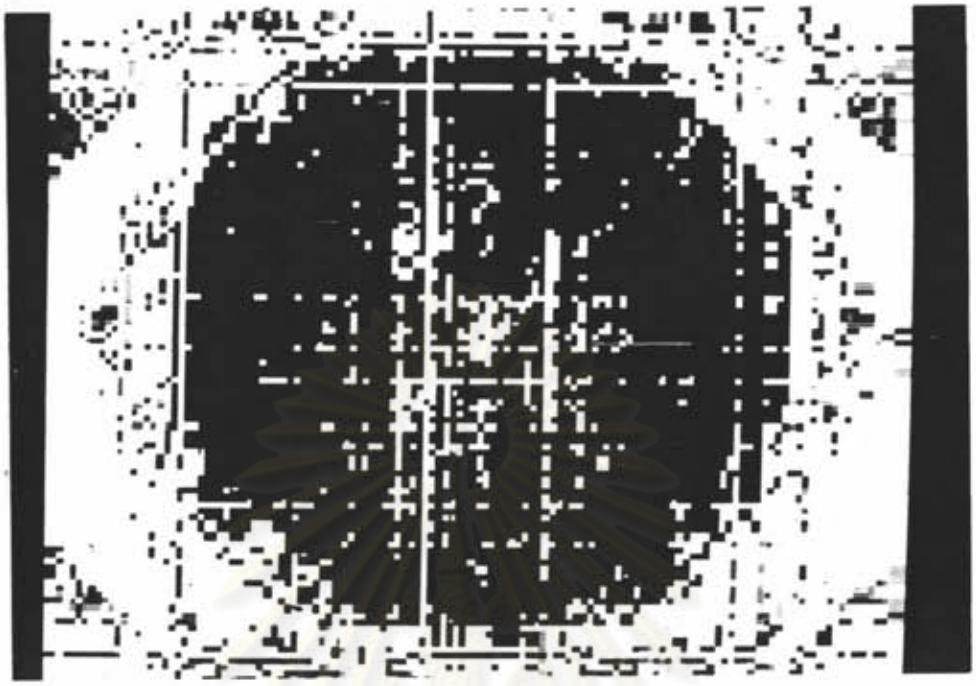
I 15174834X



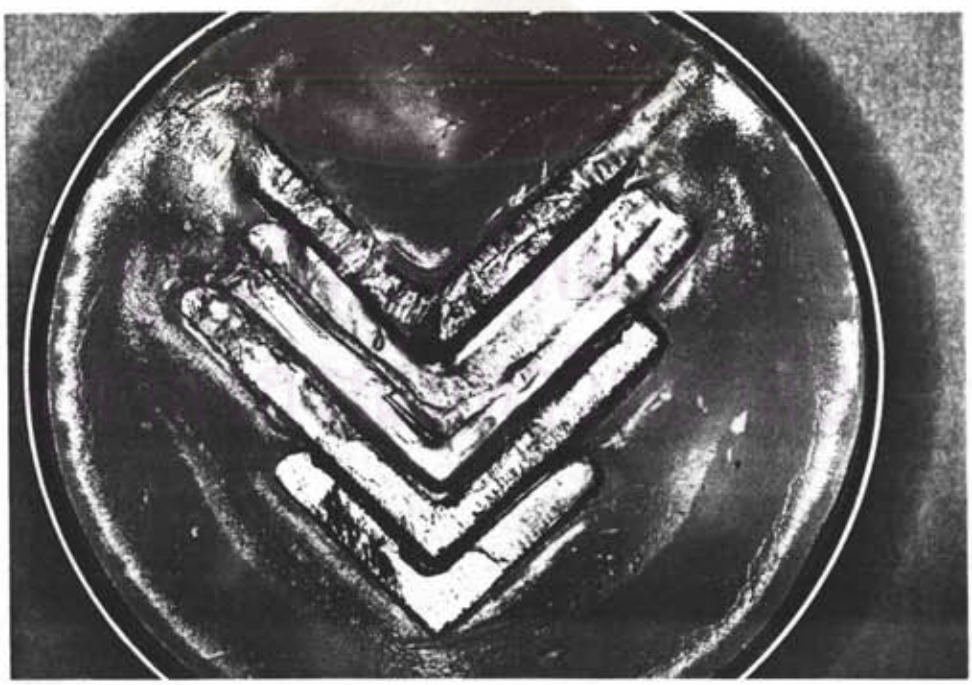
รูปที่ 4.9 วงแหวนทองเหลืองกลมที่ใช้สร้างภาพตัดขวาง



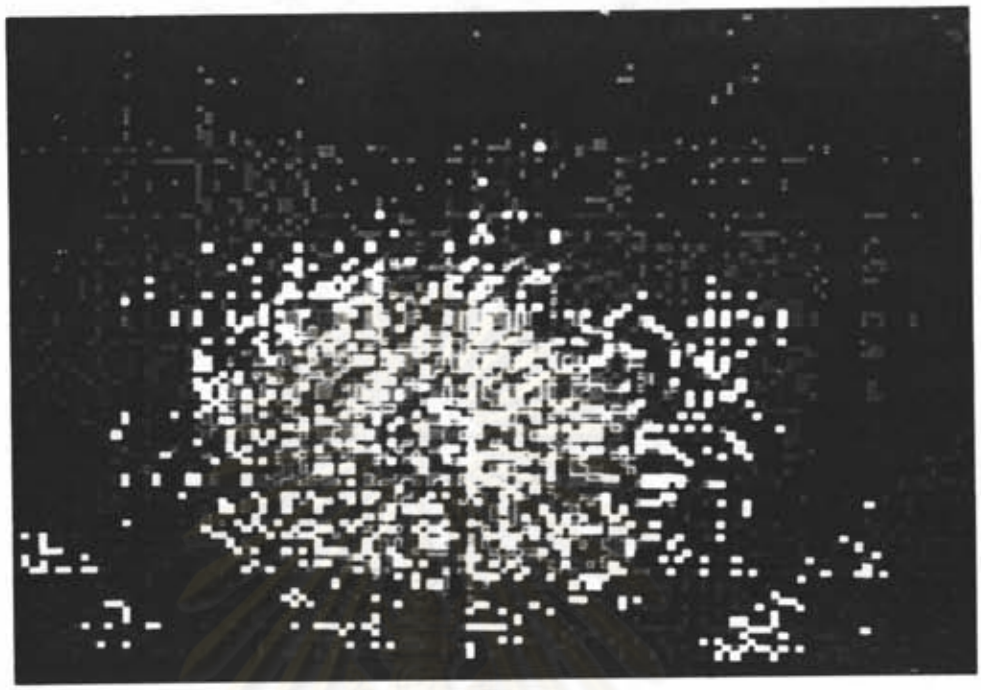
รูปที่ 4.10 ภาพตัดขวางของวงแหวนทองเหลืองกลมใช้วิธีสร้างภาพแบบ convolution back projection ที่มุม 45 และ 135 องศา ใช้เวลาคำนวณ 9 ชั่วโมง



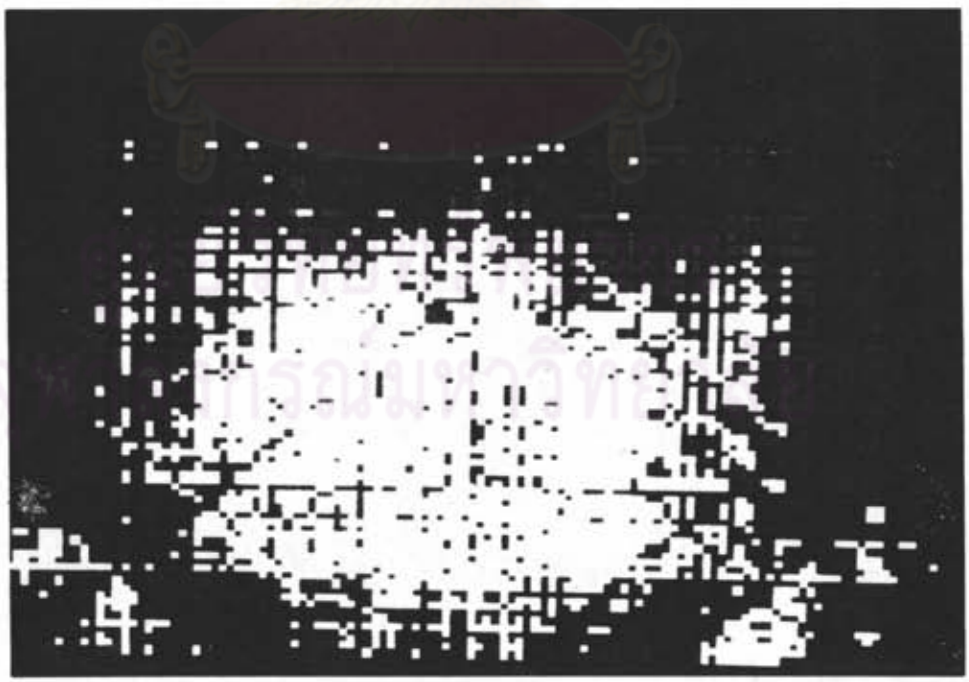
รูปที่ 4.11 ภาพตัดขวางวงแหวนทองเหลืองที่ใช้วิธีสร้างภาพ back projection ที่มุม 0, 45, 90, 135, 180 องศา ใช้เวลาคำนวณ 4 ชั่วโมง



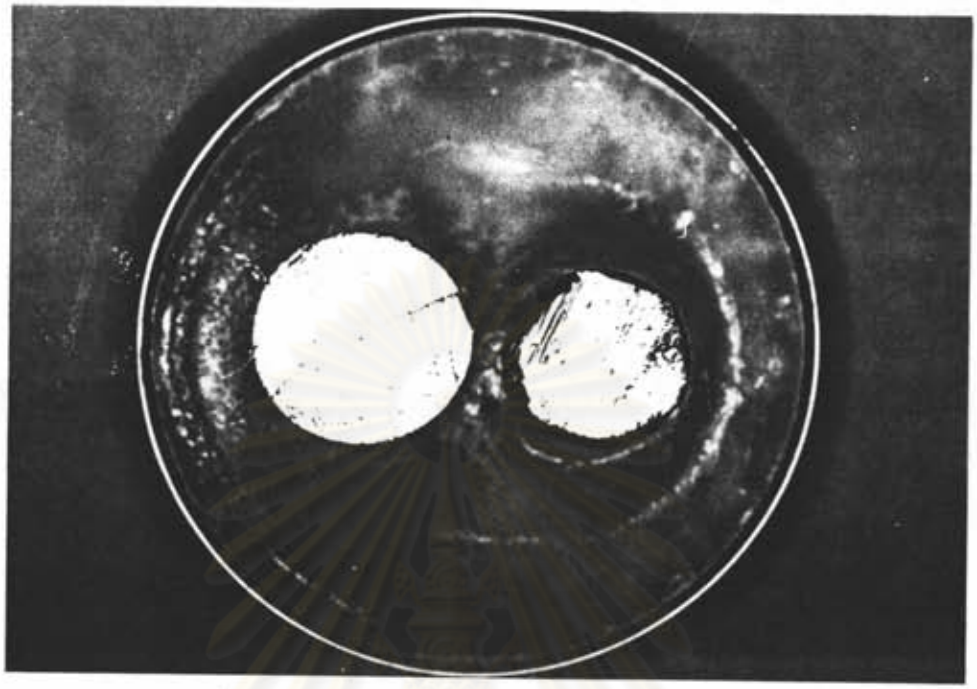
รูปที่ 4.12 แท่งเหล็กฉากวางอยู่ในอีผึ้งที่ใช้สร้างภาพตัดขวาง



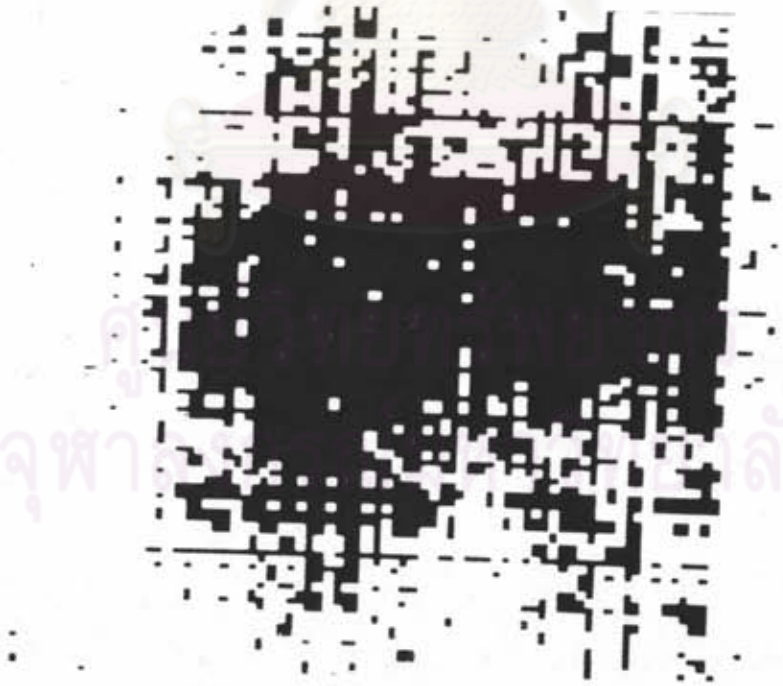
รูปที่ 4.13 ภาพตัดขวางของแท่งเหล็กฉาก โดยใช้วิธี back projection 5 มุม ที่มุม 0, 45, 90, 135, 180 องศา ที่ปรับระดับความเข้มเป็น 16 ระดับ



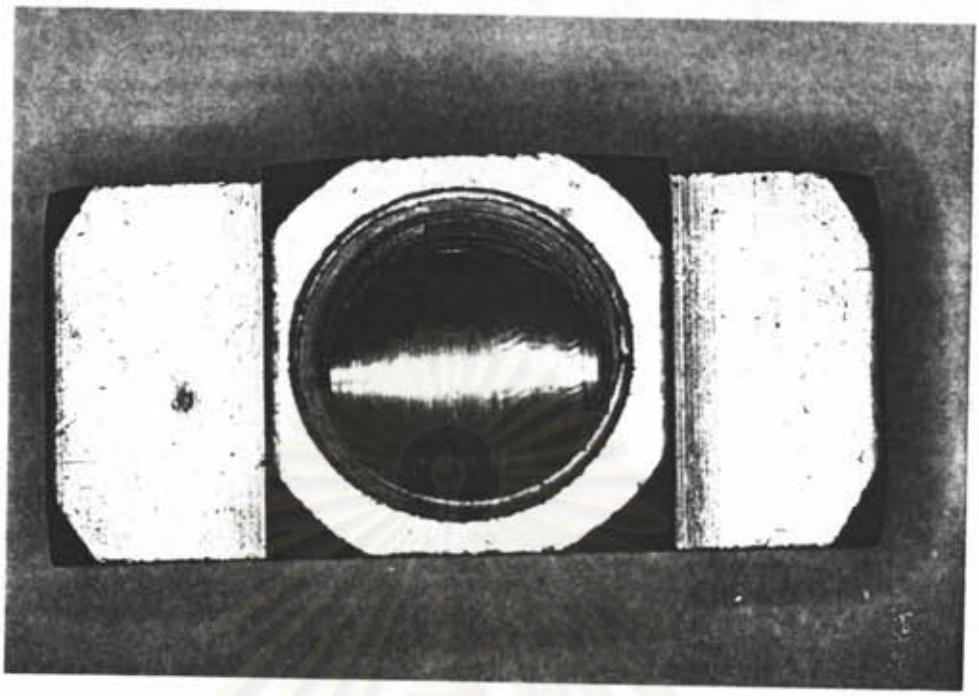
รูปที่ 4.14 ภาพตัดขวางของแท่งเหล็กเมื่อปรับระดับความเข้มเป็น 4 ระดับความเข้ม



รูปที่ 4.15 แท่งเหล็กกลม 2 ขนาดวางอยู่ในขี้ผึ้งสำหรับใช้ทดลองการสร้างภาพ

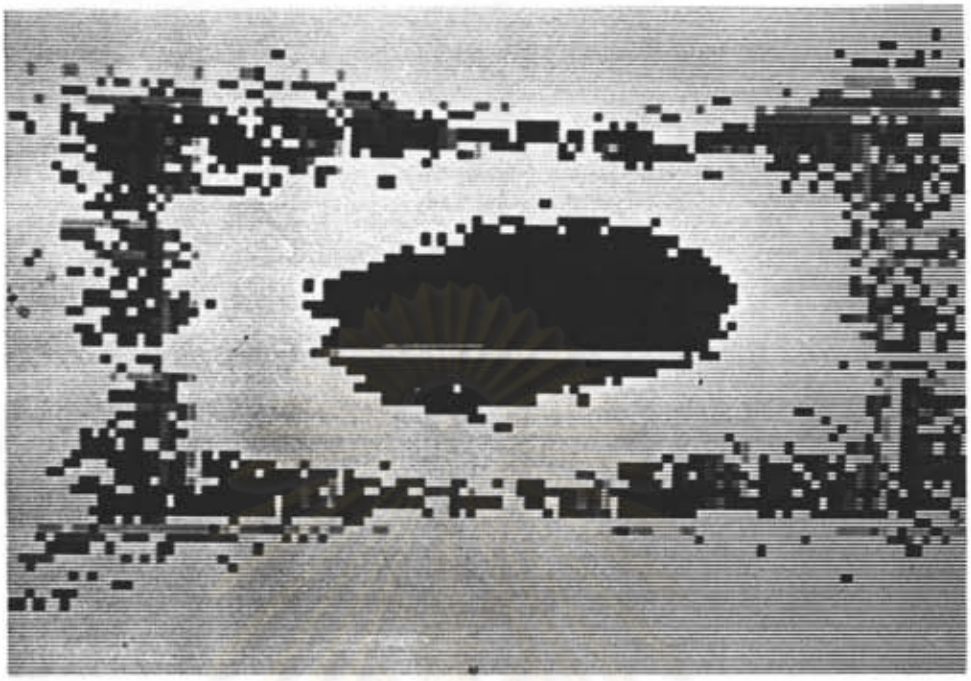


รูปที่ 4.16 ภาพตัดขวางจากแท่งเหล็กกลมใช้วิธี back projection ที่มุม 0, 90 และ 180 องศา



รูปที่ 4.17 ข้อต่อทองเหลืองที่ใช้ทดสอบสร้างภาพตัดขวาง

รูปที่ 4.18 ภาพตัดขวางของข้อต่อทองเหลืองด้วยวิธี back projection
ทั้งหมด 20 โพรไฟล์ (20 มุม) ใช้ระดับสี 16 ระดับ



รูปที่ 4.19 ภาพตัดขวางของข้อต่อทองเหลืองด้วยวิธี back projection ทั้งหมด 20 โพรไฟล์ 8 ระดับสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย