บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

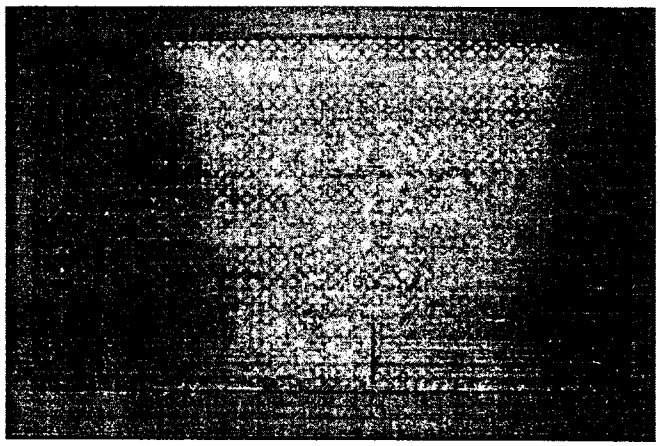
งานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบต่อเนื่องด้วยการสัมผัสเป็นจุด เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของพารามิเตอร์ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการขึ้นรูปรวมไปถึงผลกระทบต่อโครงสร้างในโลหะแผ่นทองเหลือง โดยจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พบว่าปัจจัยหลักที่ผลต่อกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น คือมุมที่ใช้ในการขึ้นรูป, ความเร็วในการเดินของอุปกรณ์, ความเร็วรอบในการหมุนของอุปกรณ์และวิเคราะห์ผลในรูปของ ความหนาที่เปลี่ยนแปลงจากระบวนขึ้นรูป และขนาดของเกรนเฉลี่ยหลังจากกระบวนการขึ้นรูป และวัดความเครียดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวชิ้นงานหลังการขึ้นรูป

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการศึกษางานวิจัยและทำการทดลองพบว่า กระบวนการขึ้นรูปแบบต่อเนื่องด้วยการสัมผัสเป็นจุด ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยในการขึ้นรูปมาก แต่พารามิเตอร์หลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการขึ้นรูป ได้แก่พารามิเตอร์ของ มุมที่ใช้ในการขึ้นรูป, ความเร็วในการเดินของอุปกรณ์, ความเร็วรอบในการหมุนของอุปกรณ์ เนื่องจากพารามิเตอร์ดังกล่าวเป็นตัวแปรพื้นฐานที่ส่งผลกระทบในกระบวนการขึ้นรูปแบบต่อเนื่องด้วยการสัมผัสเป็นจุด โดยจะทำการศึกษา ความเที่ยงตรงของชิ้นงานที่เกิดขึ้นหลังการขึ้นรูป และความเครียดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวชิ้นงานหลังการขึ้นรูป รวมไปถึงการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคขนาดของเกรนที่เปลี่ยนแปลงไป โดยใช้ชิ้นงานทดสอบเป็น แผ่นทองเหลือง ที่มีส่วนผสม Cu เท่ากับ 61.34 เปอร์เซ็นต์ และ Zn เท่ากับ 38.4 เปอร์เซ็นต์ ความหนา 0.6 มิลลิเมตรและ วัสดุที่ใช้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการกดขึ้นรูปจะเป็น โลหะสำหรับใช้ในการผลิตแม่พิมพ์ตามมาตรฐาน JIS เกรด SKD 11

3.2.1 เตรียมชิ้นงานทดสอบ

เตรียมชิ้นงานทดสอบแผ่นโลหะทองเหลือง โดยทำการตัดให้มีขนาดความกว้าง 90 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร หนา 0.6 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ชิ้นงานแผ่นทองเหลือง

โดยวัสดุทองเหลืองแผ่นที่นำมาใช้เป็นวัสดุในการทดลองจะมีค่าส่วนผสมองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกล ดังตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแผ่นทองเหลืองที่ใช้ในการทดลอง

ธาตุ	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี (% wt)
Mg	0.04
Al	0.02
Si	0.03
P	0.03
Si	0.02
Cl	0.07
Ca	0.01
Fe	0.01
Ni	0.02
Cu	61.34
Zn	38.4
รวม	100

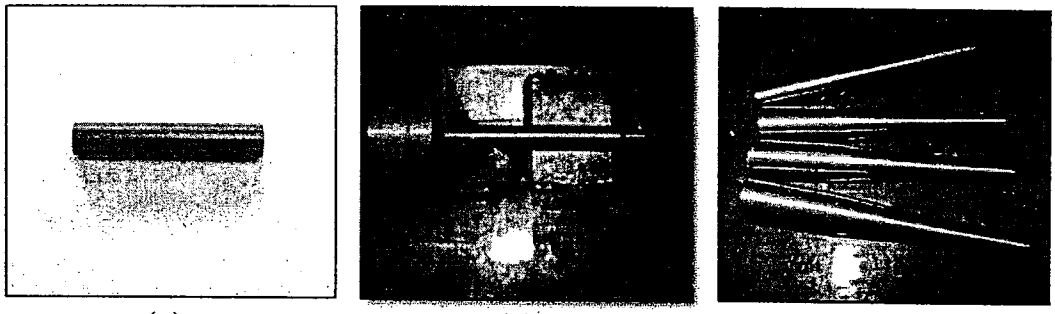
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติทางกลของแผ่นทองเหลืองที่ใช้ในการทดลอง

Specimen	Longitudinal	Transverses
Thickness (mm)	0.63	0.66
Width (mm)	12.51	12.35
Cross section (mm^2)	7.88	8.15
Load at 0.2 % offset yield strength (N)	1,569	1,567
Maximum tensile load (kN)	3.274	3.108
0.2 % offset yield strength (N/mm^2)	199.15	192.29
Tensile strength (N/mm^2)	415.48	381.35
Elongation (%)	31.60	29.66
Location of fracture	In the length	In the length

ที่มา : นำมาจากข้อมูลผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลและทางเคมี (ภาคผนวก ก)

3.2.2 เตรียมวัสดุที่ใช้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการกดขึ้นรูป

เตรียมวัสดุโลหะเหล็กกล้าเครื่องมือ ตามมาตรฐาน JIS เกรด SKD 11 โดยทำการกลึงปอกและปาดหน้าให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 60 มิลลิเมตร โดยที่ปลายมีรูปร่างครึ่งวงกลม รัศมี 10 มิลลิเมตร [2] ด้วยเครื่องกลึง CNC Turning เพื่อให้อุปกรณ์มีขนาดของรัศมีเท่ากันทั้งหมด ดังรูปที่ 3.2

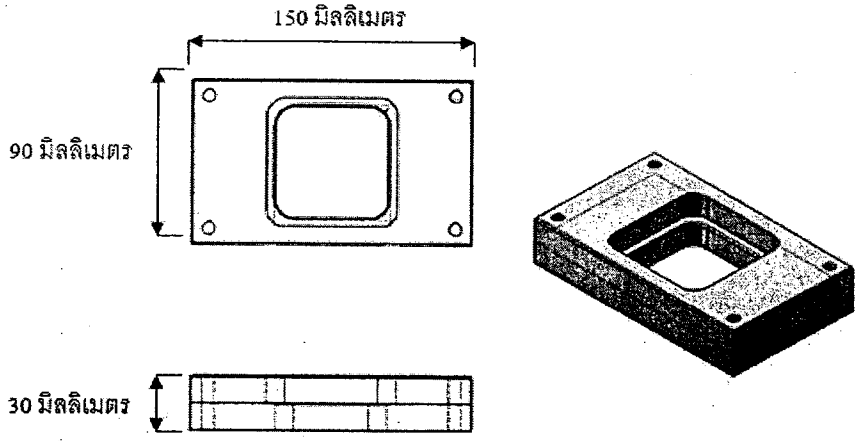


(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.2 การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการกดขึ้นรูป (ก) แท่งเหล็ก เกรด SKD 11สำหรับทำ (ข) กลึงปอกและปาดหน้าด้วย CNC Turning (ค) แท่งอุปกรณ์ที่ใช้กดขึ้นรูปที่ผ่านกระบวนการกลึง

3.2.3 สร้างอุปกรณ์สำหรับจับยึดแผ่นโลหะ

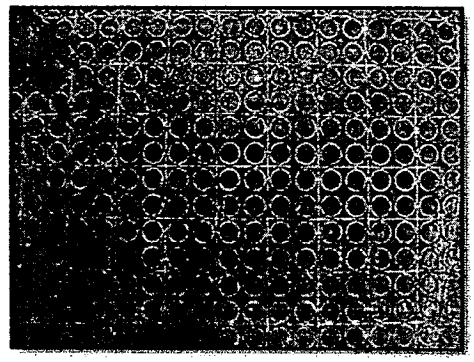
อุปกรณ์สำหรับจับยึดแผ่นโลหะจะถูกสร้างขึ้นโดยใช้โลหะ เหล็กมาตรฐาน JIS เกรด S50C โดยใช้เครื่องจักร CNC ในการสร้าง ให้มีขนาดกว้าง 90 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร [2] ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์สำหรับจับยึดแผ่นโลหะ

3.2.4 เตรียมวัสดุโลหะแผ่นทองเหลืองตีกริดวงกลมโดยใช้กรดเกลือกัดด้วยไฟฟ้า

กระบวนการตีกริดวงกลมที่ใช้กรดเกลือกัดด้วยไฟฟ้าเป็นการชุบเคลือบผิววัสดุทำให้เกิด ลายตาราง เพื่อทำการวัดความเครียดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวหลังจากที่ชิ้นงานหลังการขึ้นรูป ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผ่นทองเหลืองที่ผ่านการ ตีกริดวงกลมที่ใช้กรดเกลือกัดด้วยไฟฟ้า

โดยการสร้างกริดวงกลมขนาด 2.5 มิลลิเมตร ที่ใช้กรดเกลือกัดด้วยไฟฟ้ามีกระบวนการดังต่อไปนี้คือ

1) นำถาดเหล็กมารองชิ้นทดสอบวางบนโต๊ะปฏิบัติงาน

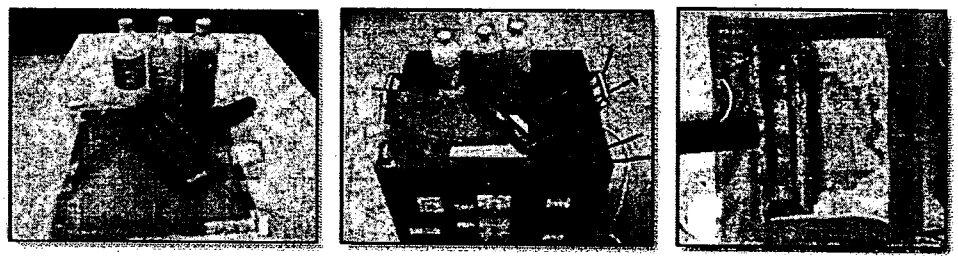
2) ประกอบตัวปรับแรงดันและแปลงไฟโดยให้กำหนดให้สายดินหนีบกับแผ่นเหล็กที่ใช้รองและ อีกสายหนึ่งติดลูกกลิ้ง

3) นำแผ่นโลหะทองเหลืองที่ใช้เป็นชิ้นทดสอบวางบนแผ่นเหล็กรองอีกทีหนึ่งโดยแผ่นชิ้นงานจะต้องผ่านการแต่งครีบและขอบ พร้อมกับล้างคราบไขมันให้สะอาดแล้วเช็ดให้แห้งและระวังอย่าให้มีเศษโลหะหรือวัสดุใดๆเพราะจะทำให้ แผ่นตีลายกริดวงกลม (Stencils) เกิดทะลุเนื่องจากการอาร์คของเศษโลหะกับลูกกลิ้งกดขณะขึ้นรูปด้วยไฟฟ้า

4) นำแผ่นตีลายกริดวงกลม (Stencils) วางบนชิ้นงานโดยจัดให้ตรงกับแนวชิ้นงาน

5) นำแผ่นผ้าบางรองที่ฉีดหรือหยดด้วยน้ำยา อิเล็คโทรไลต์ หมาดๆ วางบนแผ่นตีลายกริดวงกลม (Stencils) ในบริเวณที่จะตีกริด แล้วจัดแผ่นตีลายกริดวงกลม (Stencils) ให้ตึงอย่าให้ยับเพื่อป้องกันการเลื่อน

6) เปิดสวิทซ์ที่เครื่องปรับไฟ ปรับตั้งขนาดไฟฟ้าให้เหมาะสม ใช้ลูกกลิ้งกดลงบนแผ่นผ้าบางรองกดพอประมาณและกลิ้งเคลื่อนที่ไปอย่างช้าๆ เพียงครั้งเดียวซึ่งสังเกตโดยให้เข็มวัดกระแสไฟฟ้ากระดิกมาที่กึ่งกลางหรือสูงๆของมาตรวัด จะทำให้ กริดวงกลมบนแผ่นโลหะมีความชัดเจนและเส้นมีความคมสวยงาม หลังจากนั้นจึงปิดสวิทซ์ไฟแล้วนำแผ่นผ้ารองและStencils ออกเพื่อดูว่า กริดวงกลมมีความชัดเจนหรือไม่ ซึ่งมีอุปกรณ์ในการทำงาน ดังรูปที่ 3.5



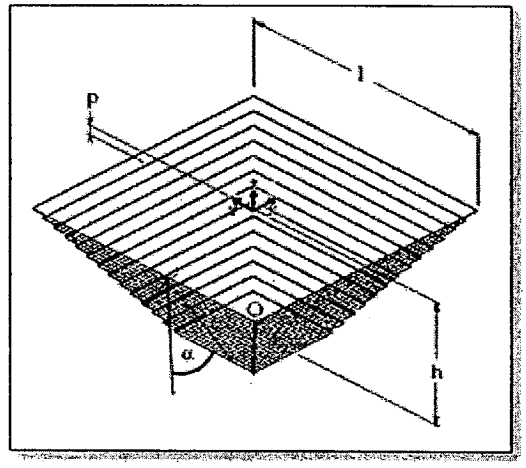
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.5 อุปกรณ์การกัดกรดเกลือกัดด้วยไฟฟ้า (ก) แผ่น stencil ขนาด 10 x 12 นิ้ว (ข) เครื่องกัดกรดไฟฟ้าที่ประกอบด้วยลูกกลิ้งและสายดิน (ค) ลักษณะขึ้นลายกริดวงกลมโดยใช้ลูกกลิ้งกด

7) หลังจากตีกริดวงกลมเสร็จแล้วให้นำแผ่นทดสอบมาล้างด้วยน้ำยาล้างทำความสะอาดและเช็ดให้แห้งแล้วพ่นน้ำยากัดสนิม เพื่อรอการขึ้นรูปต่อไป

3.2.6 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดสอบนี้ จะใช้การขึ้นรูปทรง ที่ง่ายต่อการขึ้นรูป โดยในการทดสอบจะทำการขึ้นรูปโดยมีรูปทรงแบบ ปีรามิดหัวตัด โดยฐาน ของปีรามิดเป็น สีเหลี่ยมด้านเท่าขนาด 58 x 58 มม. โดยในการทดลองจะมีกำหนดเส้นทางการเดินขึ้นรูป โดยใช้โปรแกรมช่วยในการผลิต(CAM) ทำการกำหนดเส้นทางการทำงานที่เกิดขึ้น และมีการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองได้แก่ มุมที่ใช้ในการขึ้นรูป (Angle forming),ความเร็วในการหมุนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูป (Speed) ความเร็วในการเคลื่อนที่ตามแนวแกนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูป (Feed) ดังรูปที่ 3.6 [2]



Process parameter	
l (mm) (Width)	58 mm
p(mm) (Depth)	0.5 mm
h(mm) (Height)	20 mm
α ($^{\circ}$)	30 , 40 , 50
Feed (mm/min)	100,200,400
Speed (rpm/min)	200,400,600

รูปที่ 3.6 แสดงมุม , เส้นทางการเดิน และ ค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการขึ้นรูปโดยในการทดลองจะกำหนดให้มีการทดลองตามตัวแปรที่กำหนดในการทำงานดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 ตารางการใช้ปัจจัยการขึ้นรูปที่มุม 30 องศา

300	X	Y	Z
ความเร็วในการเคลื่อนที่มิลลิเมตรต่อนาที	มุม 30 องศา		
	ความเร็วในการหมุน 200 รอบต่อนาที	ความเร็วในการหมุน 400 รอบต่อนาที	ความเร็วในการหมุน 600 รอบต่อนาที
100	X	Y	Z
200	X	Y	Z

ตารางที่ 3.4 ตารางการใช้ปัจจัยการขึ้นรูปที่มุม 40 องศา

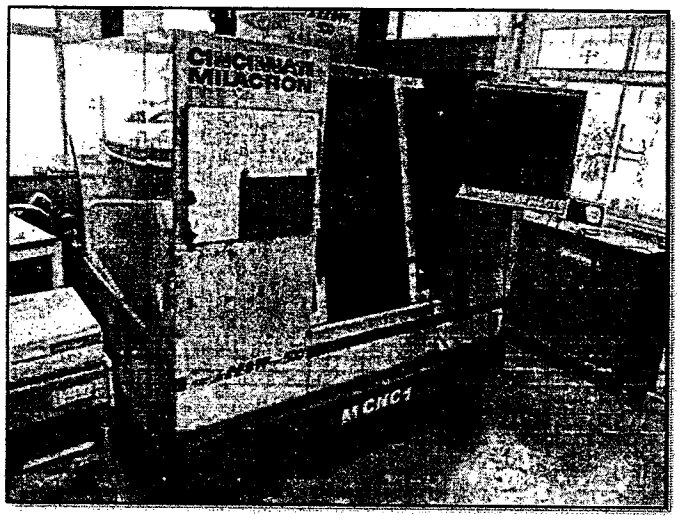
ความเร็วในการเคลื่อนที่มิลลิเมตรต่อนาที	มุมที่ใช้ในการขึ้นรูป 40 องศา		
	ความเร็วในการหมุน 200 รอบต่อนาที	ความเร็วในการหมุน 400 รอบต่อนาที	ความเร็วในการหมุน 600 รอบต่อนาที
100	X	Y	Z
200	X	Y	Z
300	X	Y	Z

ตารางที่ 3.5 ตารางการใช้ปัจจัยการขึ้นรูปที่มุม 50 องศา

ความเร็วในการเคลื่อนที่มิลลิเมตรต่อนาที	มุม 50 องศา		
	ความเร็วในการหมุน 200 รอบต่อนาที	ความเร็วในการหมุน 400 รอบต่อนาที	ความเร็วในการหมุน 600 รอบต่อนาที
100	X	Y	Z
200	X	Y	Z
300	X	Y	Z

3.2.7 วิธีการทดลองและบันทึกข้อมูล

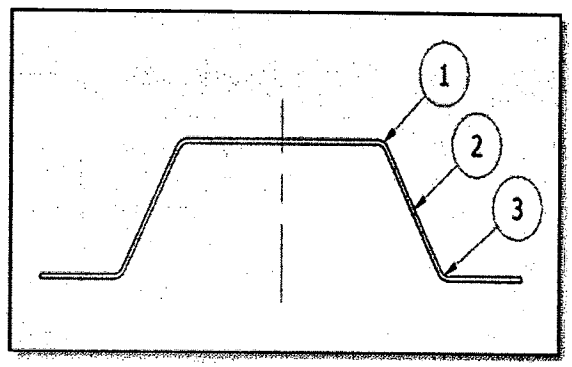
การทดลองจะดำเนินการทดสอบโดยใช้เครื่องกัด CNC แนวตั้งแบบ 3แกน โดยจะทำการติดตั้งอุปกรณ์จับยึดแผ่นโลหะ โดยระบบจับยึดแผ่นโลหะจะมีการกำหนด พื้นที่ช่องว่างเพื่อให้แผ่นโลหะเปลี่ยนไปตามรูปแบบที่กำหนด หลังจากทำการทดลองเสร็จแล้วจะต้องบันทึกข้อมูลดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 เครื่องกัด CNC แนวตั้งแบบ 3แกน รุ่น ARROW 500

3.2.8 วัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวชิ้นงาน

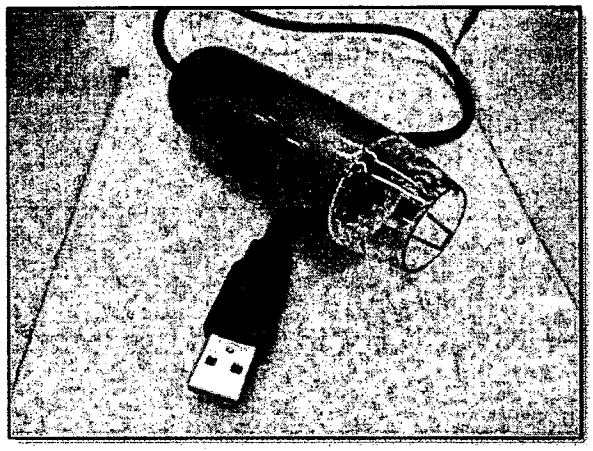
การวัดค่าเครียดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของชิ้นงานตามแนวแกน X และแนวแกน Y จะกระทำโดยการวิเคราะห์กริดวงกลมที่ทำการกัดกรดเกลือไว้ที่ระยะห่างอย่างสม่ำเสมอ มีขนาดวงกลมเท่ากันขนาดผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร โดยหลังการขึ้นรูปกริดวงกลมบนแผ่นทองเหลืองจะเปลี่ยนรูปเป็นวงรี วัดขนาดของวงรีเพื่อกำหนดขนาดโตสุด(ความเครียดหลัก)และขนาดต่ำสุด(ความเครียดรอง) ความเครียดทั้งสองนี้จะถูกพล็อตบนแผนภาพขีดจำกัดการขึ้นรูป ดังรูปที่ 3.8



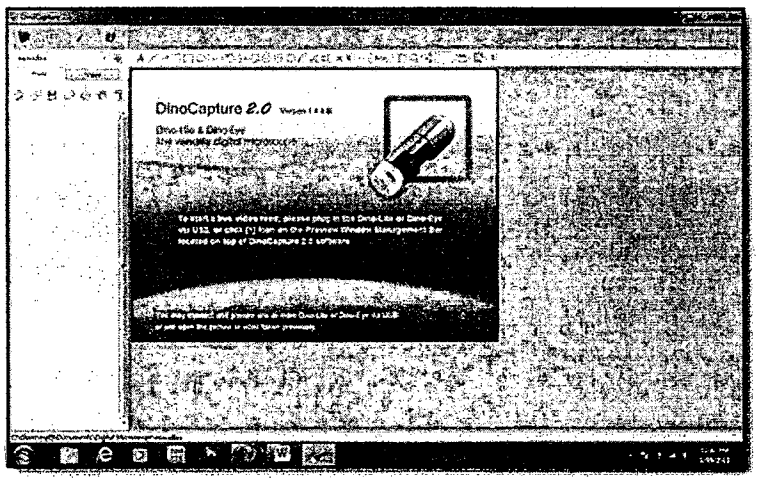
รูปที่ 3.8 บริเวณทำการวัดความเครียดชิ้นงานทั้งหมด

โดยขั้นตอนวัดขนาดกริดจากการเปลี่ยนรูปเป็นวงรี เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความเครียดหลัก (Major strain) และความเครียดรอง (Minor strain) ซึ่งมีวิธีการวัดดังนี้

1) ใช้กล้อง ถ่ายภาพระยะใกล้ที่มีความละเอียดสูง ประกอบร่วมกับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการถ่ายภาพขนาดวงกริดมาตรฐานก่อนทำการขึ้นรูป ที่ระยะโฟกัสเดียวกันกับชิ้นงานทดลอง เพื่อทำการกำหนดให้เป็นขนาดโดยใช้โปรแกรม Dino capture 2.0 สำหรับใช้ในการวัดขนาดวงกลมกริดที่เปลี่ยนไปดังรูปที่ 3.9 ดังรูปที่ 3.10



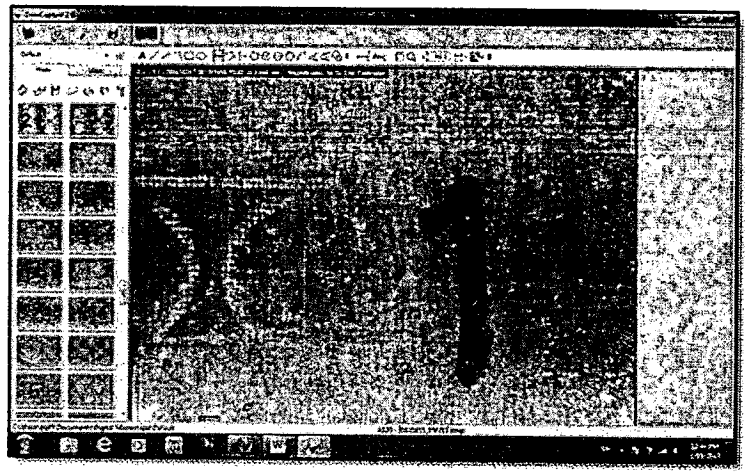
รูปที่ 3.9 กล้องถ่ายภาพความละเอียดสูง



รูปที่ 3.10 โปรแกรมสำหรับใช้ในการวัดขนาด

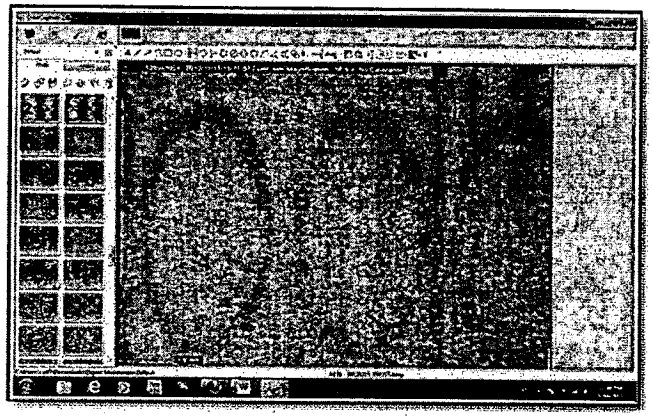
2) ทำการ calibrate โดยการปรับสเกลให้ตรงตามสเกลมาตรฐานในโปรแกรมก่อนทำการวัด

3) เลือกชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านการขึ้นรูปใช้กล้องที่มีความละเอียดสูง ประกอบร่วมกับคอมพิวเตอร์ ปรับโฟกัส โดยให้ขณะที่ถ่ายภาพ พื้นผิวของแผ่นทองเหลืองจะทำการถ่ายภาพ โดยให้ระยะโฟกัสที่ทำการถ่ายภาพกริด นั้นจะต้องเท่ากันในทุกชิ้นงานทดลอง ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.11 รูปการกำหนดขนาดอ้างอิงของกริดมาตรฐาน

4) เลือกกริดวงกลมที่เกิดการเปลี่ยนขนาดของวงกลมกริด เป็นวงรีในแต่ละชิ้นการทดลองแล้ว นำมาสร้างเส้นอ้างอิงในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอนในระยะโฟกัสเดียวกัน ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 รูปการสร้างเส้นอ้างอิงในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอน

5) จากการวัดขนาดกริดด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Dino capture 2.0 วัดขนาดกริดในแนวตั้งและแนวนอนแล้วนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของความเครียดหลักและเปอร์เซ็นต์ของความเครียดรอง

อัตราความเครียดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวชิ้นงานหลังการขึ้นรูป เกิดจากการคำนวณ หาอัตราส่วนของรูปร่างวงกลมกริดที่เปลี่ยนตามแนวแกน ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\%\ \text{ความเครียดหลัก (Major strain)} = \frac{(\text{ความยาวแกนหลักที่เปลี่ยนไป} - \text{ความยาวแกนหลักเดิม})}{\text{ความยาวแกนหลักเดิม}} \times 100$$

$$\%\ \text{ความเครียดรอง (Major strain)} = \frac{(\text{ความยาวรองหลักที่เปลี่ยนไป} - \text{ความยาวแกนรองเดิม})}{\text{ความยาวแกนหลักเดิม}} \times 100$$

โดย

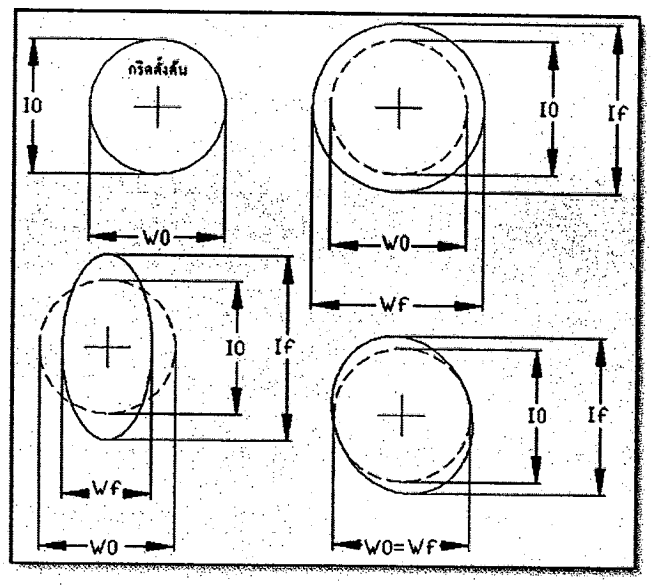
I0 = ความยาวแกนหลักเดิม

If = ความยาวแกนหลักที่เปลี่ยนไป

W0 = ความยาวแกนหลักเดิม

Wf = ความยาวรองหลักที่เปลี่ยนไป

โดยมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกริดวงกลมดังรูปที่ 3.13



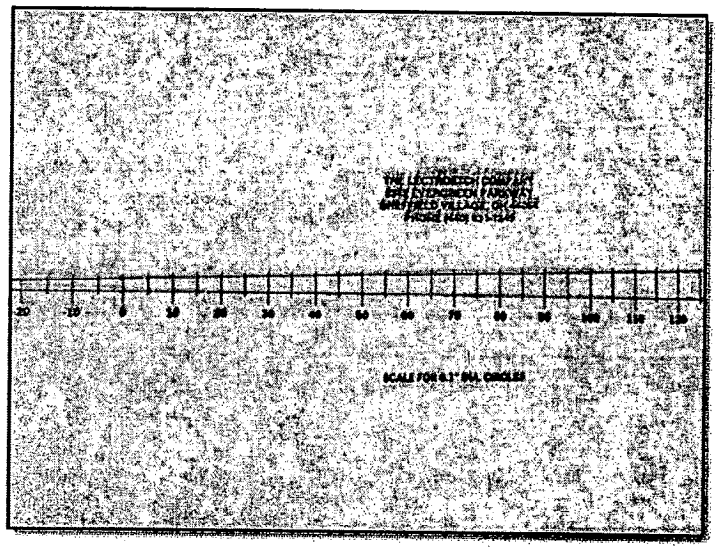
รูปที่ 3.13 การวัดอัตรา เปอร์เซ็นต์ความเครียดและอัตรา เปอร์เซ็นต์ความเครียดรอง

6) นำความเครียดหลัก (Major strain) และความเครียดรอง (Minor strain) มาพล็อตกราฟในโปรแกรม Excel

7) ปรับปรุงและแก้ไขผลการวิจัยหรือข้อบกพร่องต่างๆ

8) สรุปผลการวิจัยและนำเสนอผลงาน

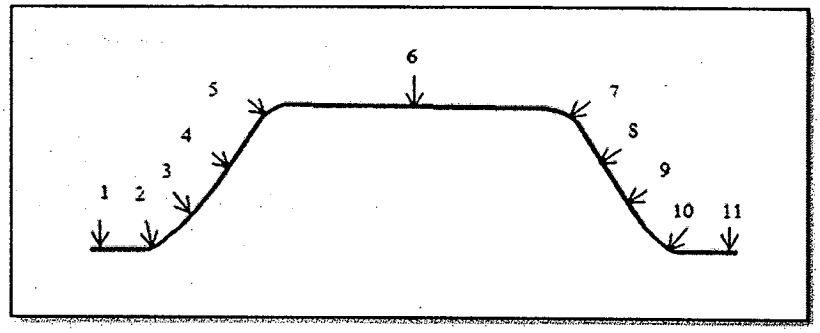
การวัดค่าเครียดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของชิ้นงานบริเวณที่เป็นส่วนโค้งของชิ้นงานจะกระทำโดยการวิเคราะห์กริดวงกลมโดยการใช้แผ่นไมล่า(Myla tape or Strain Tape) วัดความกว้างของความเครียดหลักและความเครียดรองซึ่งบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ จะได้ค่าที่ไม่ละเอียดมากเนื่องจากสเกลมีระยะห่างของความเครียดต่างกันเท่ากับ 5 % ความผิดพลาดจะมีค่อนข้างสูงเพราะกริดมีขนาดเล็ก ควรจะใช้แว่นขยายหรือกล้อง Microscope ในการวัดทำให้ความผิดพลาดน้อยลง [8] ดังรูปที่ 3.14



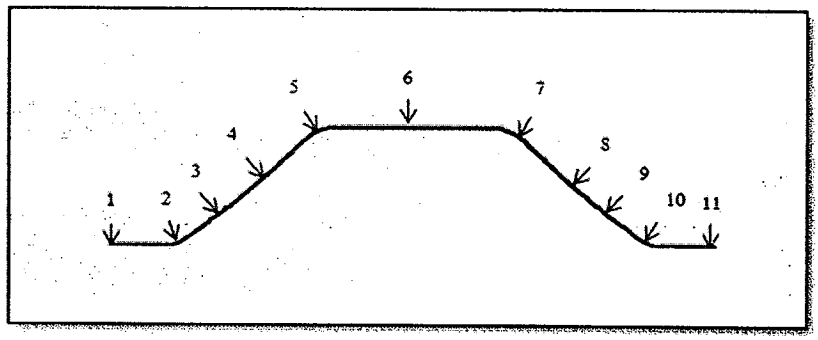
รูปที่ 3.14 แผ่นไมล่า(Myla tape or Strain Tape) วัดความเครียด

3.2.9 วัดความหนาของผนังชิ้นงาน

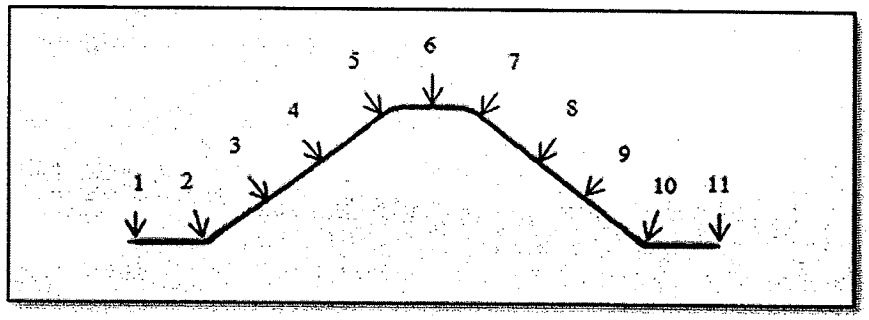
การวัดความหนาที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการขึ้นรูปที่มุม 30,40 และ 50 องศา ด้วยตัวแปรที่ใช้ในการทดลองคือ ความเร็วรอบที่ใช้ในการขึ้นรูป(Speed) และความเร็วที่ใช้ในการเดินขึ้นรูป (Feed) ที่แตกต่างกัน โดยจะทำการวัดความหนาในตำแหน่งที่ผ่านการขึ้นรูปตามจุดที่กำหนด ดังรูปที่ 3.15, 3.16 และ 3.17



รูปที่ 3.15 รูปตำแหน่งการวัดความหนาตามภาคตัดขวางของการขึ้นรูปที่มุม 30 องศา



รูปที่ 3.16 รูปตำแหน่งการวัดความหนาตามภาคตัดขวางของการขึ้นรูปที่มุม 40 องศา

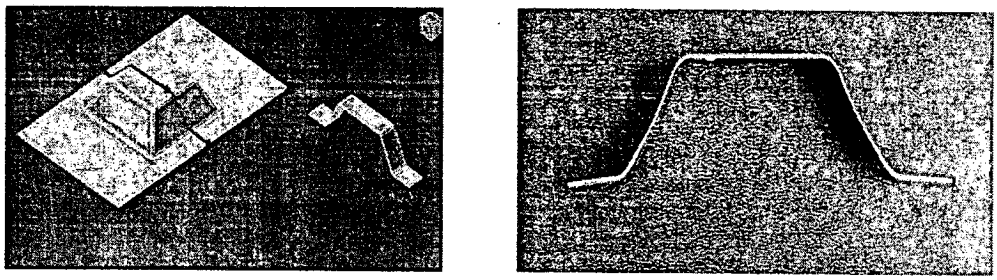


รูปที่ 3.17 รูปตำแหน่งการวัดความหนาตามภาคตัดขวางของการขึ้นรูปที่มุม 50 องศา

3.2.10 วิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของแผ่นทองเหลืองหลังการขึ้นรูป

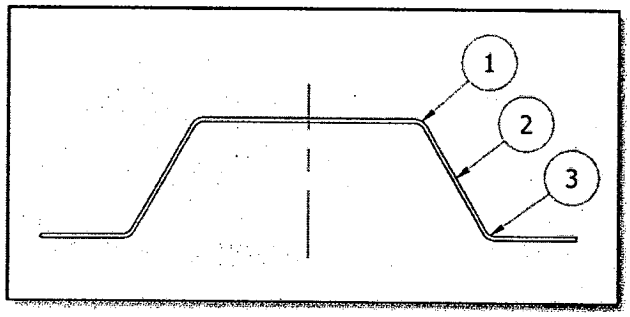
การศึกษาโครงสร้างของโลหะแผ่นทองเหลืองในระดับ จุลภาค โดยศึกษาการเปลี่ยนไปของขนาดเกรนจากการไหลตัว และการกระจายตัวของเม็ดเกรนที่มีผลจากการขึ้นรูป โดยการตัดผ่าชิ้นงานเพื่อศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างในชิ้นงาน และทำการวัดขนาดเกรนเฉลี่ยในแต่ละจุด

ที่ผ่านการขึ้นรูป วัดขนาดเกรนโดยใช้ Image Analysis ตามมาตรฐาน ASTM E1382 - 97(2004) โดยต้องผ่านการเตรียมผิวชิ้นงานก่อน รวมถึงการกัดกรด และถ่ายรูปด้วยกล้อง Inverted Microscope (Zeiss : Axiovert 200MAT) ที่กำลังขยาย 200X หรือ 500X [10] โดยวิเคราะห์ตามตำแหน่งที่ผ่านการขึ้นรูปที่กำหนด ดังรูปที่ 3.18 – 3.21

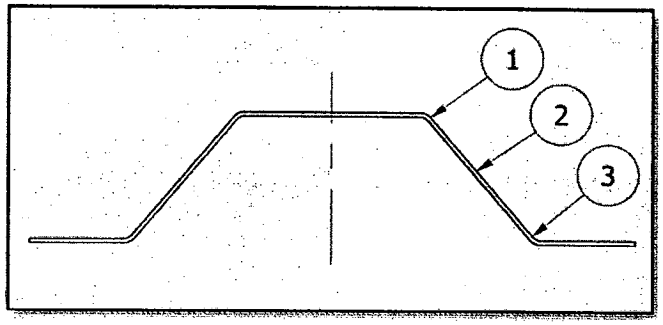


(ก) (ข)

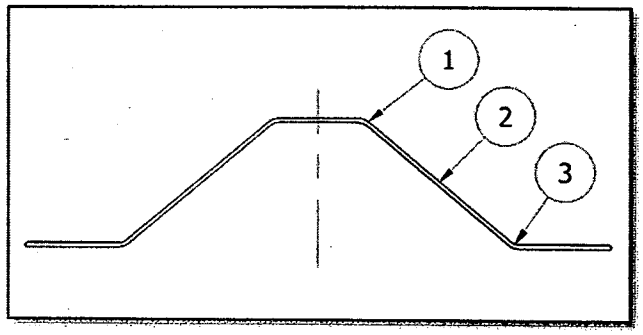
รูปที่ 3.18 กระบวนการตัดผ่าชิ้นงาน (ก) ลักษณะการตัดชิ้นงาน (ข) ชิ้นงานที่ตัดแล้ว



รูปที่ 3.19 รูปตำแหน่งการวัดขนาดเกรนตามภาคตัดขวางของการขึ้นรูปที่มุม 30 องศา



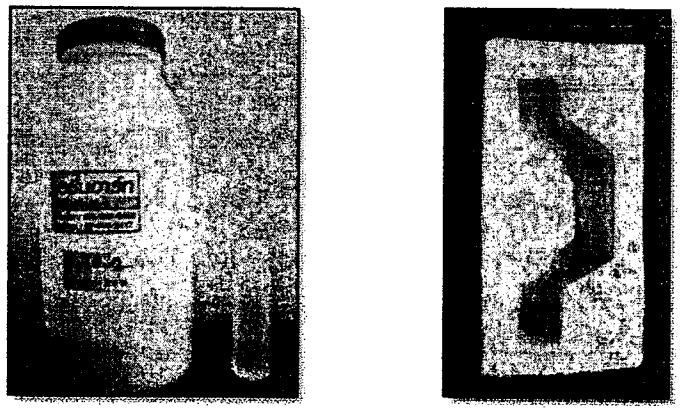
รูปที่ 3.20 รูปตำแหน่งการวัดขนาดเกรนตามภาคตัดขวางของการขึ้นรูปที่มุม 40 องศา



รูปที่ 3.21 รูปตำแหน่งการวัดขนาดเกรนตามภาคตัดขวางของการขึ้นรูปที่มุม 50 องศา

โดยขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานเพื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างแผ่นโลหะทองเหลืองเพื่อหาขนาดความโตของเม็ดเกรน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

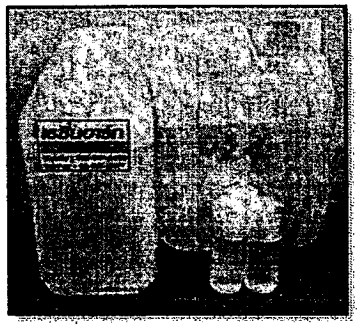
1) ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานโดยการหล่อซิลิโคน เพื่อใช้ในการทำแม่แบบในการหล่อเรซิ่นหุ้มชิ้นงานเพื่อเตรียมการขัดโดยมีส่วนผสม คือ ซิลิโคน TA#2 และตัวเร่งผสมเพื่อทำให้ซิลิโคนแข็งตัวเร็วขึ้น แล้วปล่อยให้แข็งตัวที่อุณหภูมิห้องดังรูปที่ 3.22



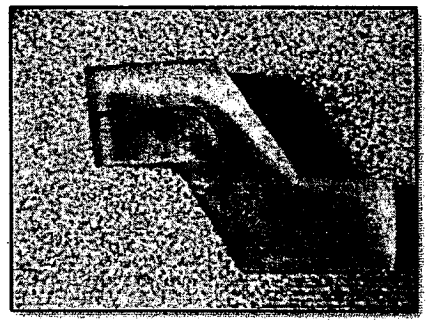
(ก) (ข)

รูปที่ 3.22 กระบวนการเตรียมชิ้นงานหล่อซิลิโคน (ก) ซิลิโคน TA#2 และตัวเร่ง (ข) แบบซิลิโคน

2) ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานทดสอบโดยการหล่อเรซิ่นหุ้มชิ้นงาน โดยให้มีขนาดโตมากพอที่จะใช้มือจับในการขัดชิ้นงาน โดยมีส่วนประกอบเป็นเรซิ่นและตัวเร่งทำให้แข็งตัวเร็วขึ้นผสมกันโดยปล่อยให้แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง ดังรูปที่ 3.23



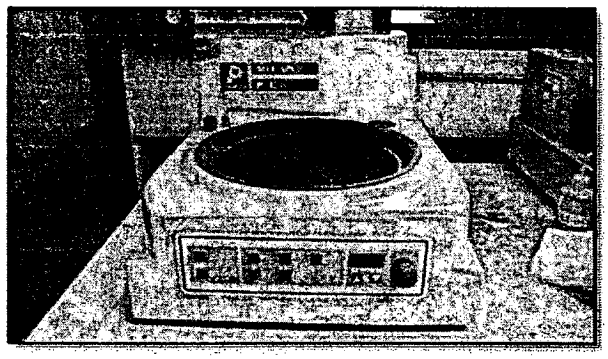
(ก)



(ข)

รูปที่ 3.23 กระบวนการเตรียมชิ้นงานหล่อเรซิ่น (ก) เรซิ่น No.024 (ข) ตัวอย่างชิ้นงานหล่อ

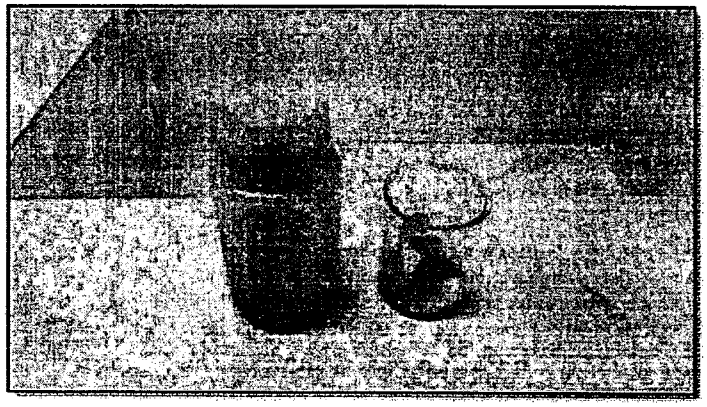
3) ทำการขัดละเอียด (fine grinding) โดยใช้เครื่องขัด PRESI รุ่น MECAPOL P 320 ที่ใช้กระดาษทรายขัดโลหะขัดกับน้ำ โดยขัดในทิศทางเดียวและหนุนชิ้นงาน 90 องศาเพื่อขัดแนวเดิมให้หายไป ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 เครื่องขัดที่ใช้ในการขัดผิว

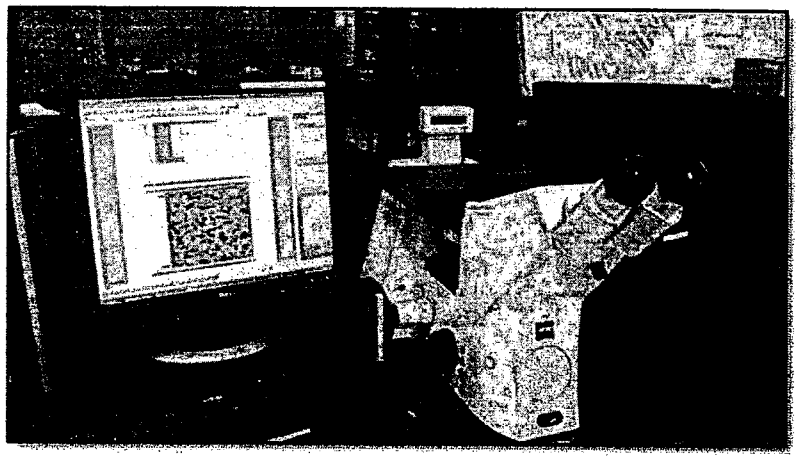
4) ทำการขัดผิวมัน (polishing) โดยนำชิ้นงานทดสอบมาขัดผ้าสักหลาด บนจานหมุน โดยใช้ อะลูมิน่ากับน้ำหรือผงกากเพชรในการขัด

5) ทำการกัดกรด หลังจากการขัดมันเสร็จ โดยใช้ H_2O + HCL + $FeCl_2$ เพื่อทำการดูโครงสร้าง และใช้ กรดตัวเดิมที่เข้มข้นกว่าในการกัดผิวเพื่อวัดขนาด โดยทำการใช้สำลีจุ่มเช็ด ดังรูปที่ 3.25



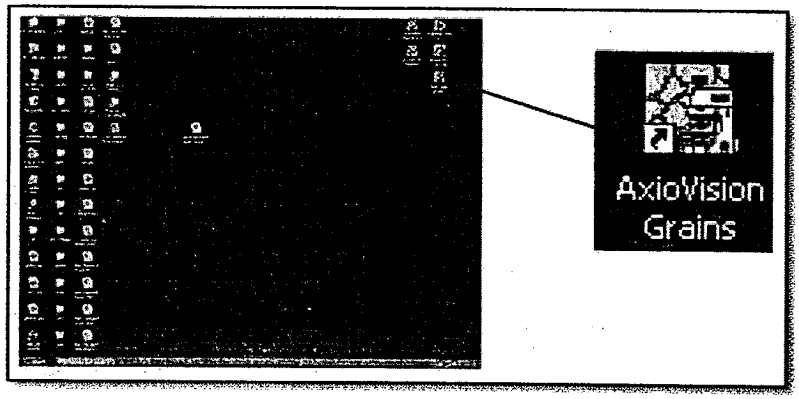
รูปที่ 3.25 รูปกรด H_2O + HCL + $FeCl_2$

6) ใช้กล้อง Microscope : ZEISS รุ่น AXIOVERT 200M MAT ที่มีความละเอียดสูง ประกอบร่วมกับคอมพิวเตอร์ ช่วยในการถ่ายภาพ ทำการถ่ายภาพโครงสร้างเพื่อเตรียมการวัดขนาดเม็ดเกรนของทองเหลืองก่อนทำการขึ้นรูป เพื่อทำการกำหนดให้เป็นภาพอ้างอิงในโปรแกรมสำหรับใช้ในการวัดขนาดของเม็ดเกรนที่เปลี่ยนไป ที่กำลังขยาย 200X และ 500X ดังรูปที่ 3.26



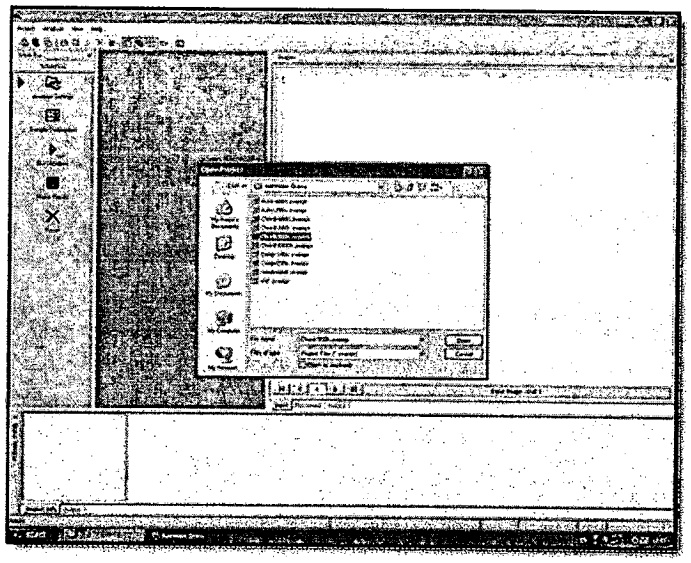
รูปที่ 3.26 กล้อง Microscope ZEISS รุ่น AXIOVERT 200M MAT

7) ทำการหาขนาดความโตของเม็ดเกรน ด้วยใช้โปรแกรม Axio Vision Grains มาตรฐาน ASTM E1382-97(2004) [10] โดยใช้ภาพจากคอมพิวเตอร์ ที่กำลังขยายแล้วแต่ความเหมาะสมของขนาดเกรนที่กำลังขยาย 200X หรือ 500 X ใช้จำนาน 5 รูป ดังรูปที่ 3.27



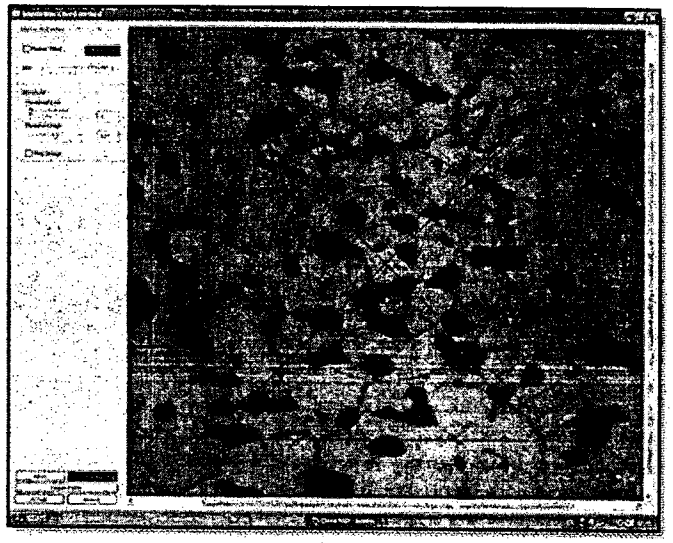
รูปที่ 3.27 ภาพโปรแกรมที่ใช้วัดขนาดเกรน

8) เข้าโหมด open project เพื่อเลือกโปรแกรมในการวัดขนาด จะใช้โปรแกรม chord - 50X.zvampr สำหรับรูปถ่ายกำลังขยาย 500 เท่า ดังรูปที่ 3.28



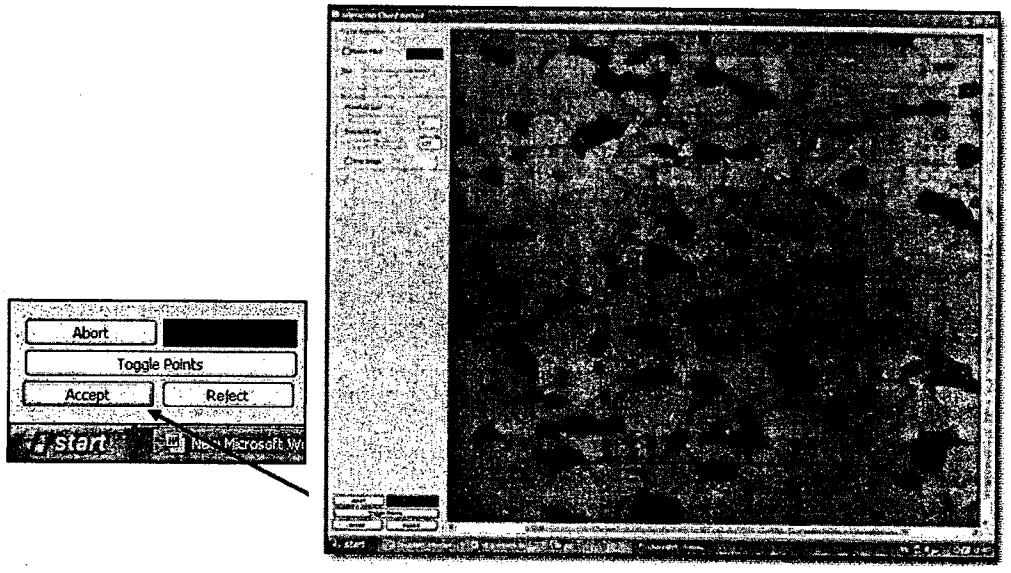
รูปที่ 3.28 รูปการเลือกใช้โปรแกรมวัดขนาด

9) ทำการเลือกรูปขนาด 500X จากแฟ้มข้อมูลที่บันทึกไว้ ดังรูปที่ 3.29



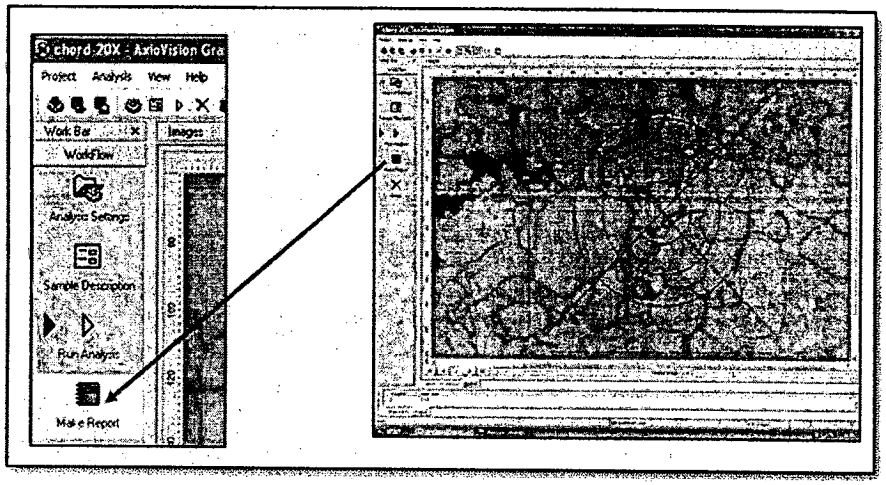
รูปที่ 3.29 รูปการเลือกภาพถ่ายเพื่อวัดขนาด

10) ทำการ Mark เลือกจุดโดยคลิกซ้ายตรงจุดตัดระหว่างขอบเกรนกับเส้นที่กำหนด โดยกดทุกเส้นที่ตัดผ่านจนครบทั้ง 5 รูป เมื่อครบจึงกด Accept เพื่อประมวลผล โดยโปรแกรมจะทำการหาขนาดเฉลี่ยออกมา ดังรูปที่ 3.30

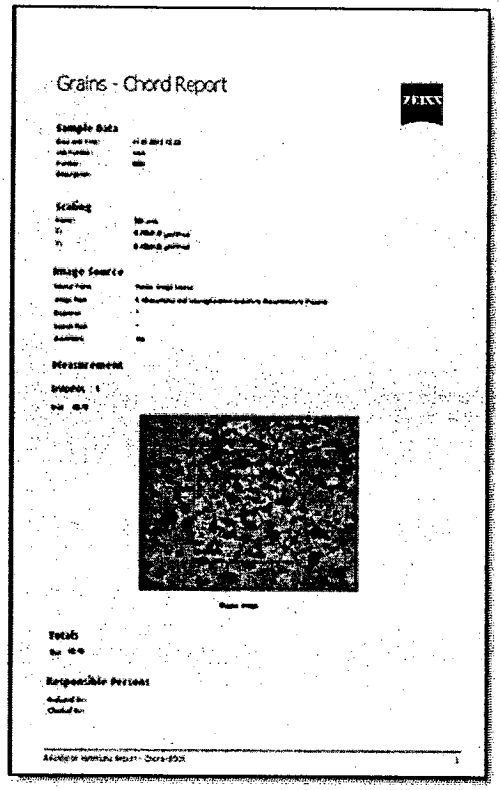


รูปที่ 3.30 รูปการเลือกจุดตัดที่ขอบเกรนเพื่อวัดขนาด

11) เข้าโหมด Make Report ทำ Report และทำการบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ 3.31และ ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.31 รูปการทำ Report และบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.32 รูปแบบฟอร์มข้อมูล