

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินโครงการ ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการทำวิจัย เนื่องจากจะต้องรวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง มาใช้ในการวางแผนการดำเนินโครงการ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการดำเนินโครงการวิจัย ดังนั้นจึงได้จัดขั้นตอนในการดำเนินโครงการดังต่อไปนี้

- 3.1 แผนการดำเนินงาน
- 3.2 เครื่องมือ
- 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน
- 3.4 วิธีการวัดผล

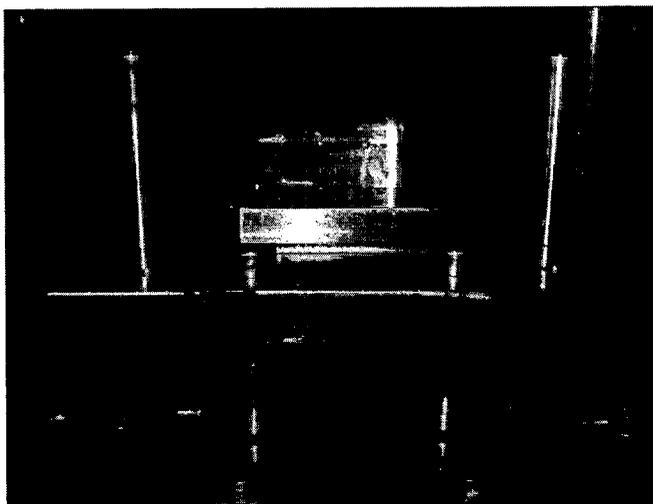
3.1 แผนการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงการวิจัย การเปรียบเทียบอิทธิพลของวัสดุดรอร์บิสในงานลากขึ้นรูปโลหะโดยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้เริ่มจากการศึกษาข้อมูล รายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ การออกแบบแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปด้วยลิค แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป แรงกดขึ้นงาน ลักษณะของดรอร์บิตแต่ละชนิด การออกแบบดรอร์บิต ด้วยเครื่องปั๊มโลหะของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่มีขนาด 80 ตัน และสามารถปรับแรงกดขึ้นงานได้ และศึกษาคุณสมบัติของยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ ที่จะนำมาใช้ทำดรอร์บิตได้อย่างเหมาะสม และเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง

ซึ่งในที่นี้ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของเวลา เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการ โดยมีการวางแผนการดำเนินโครงการวิจัย รายละเอียด และขั้นตอนต่างๆ ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ดังนี้

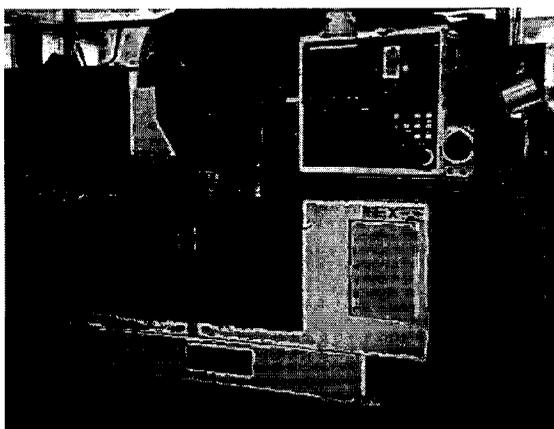
ตารางที่ 3.1 ตารางแผนการดำเนินงานโครงการวิจัย

แผนการดำเนินงาน	เดือน												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการลากขึ้นรูปด้วยดรอร์บิส และการวิเคราะห์เอลิเมนต์ (FEM)	→												
2. ออกแบบชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูป และชุดดรอร์บิส และการจำลอง FEM		→											
3. จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์สำหรับผลิตแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปและชุดดรอร์บิส			→										
4. ผลิตแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปเพื่อทำการทดลอง Experiments				→									
5. วางแผนการทดลอง Experiments					→								
6. ทำการทดลอง Experiments ตามตัวแปรต่าง ๆ							→						



รูปที่ 3.2 แม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลิกชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตร

3.2.3 เครื่องจักรกลอัตโนมัติ (CNC automatic machine) ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เครื่องจักรกลอัตโนมัติ (CNC automatic machine)

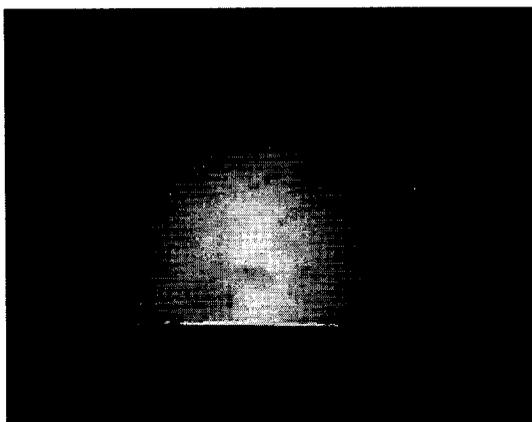
3.2.3 โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ได้เลือกใช้โปรแกรม MSC Marc ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในห้องปฏิบัติการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

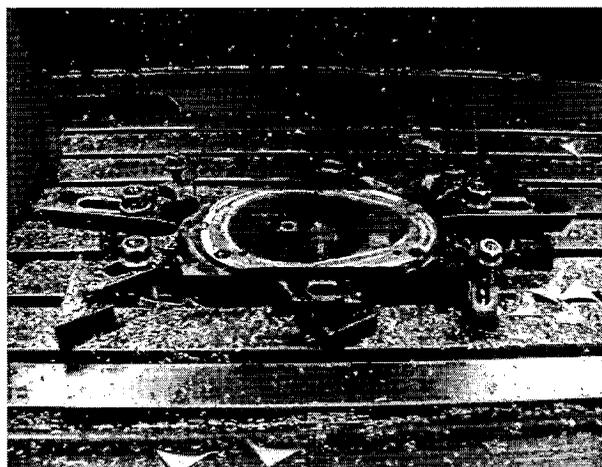
3.3.1 การเตรียมแผ่นชิ้นงานทดสอบ

1) ตัดชิ้นงานตามแนวรีดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาด 220 x 160 มม. ด้วยเครื่องตัดโลหะแผ่น (Power shear) ดังแสดงในรูปที่ 3.4



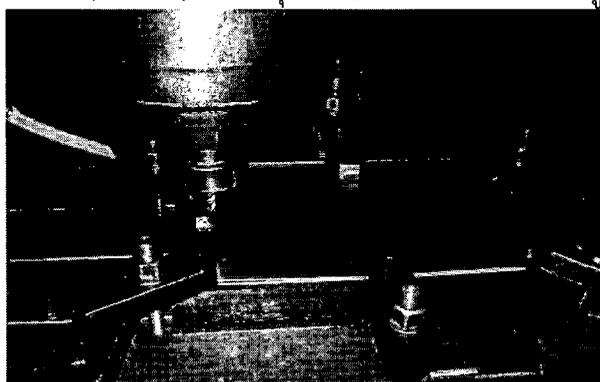
รูปที่ 3.4 ชิ้นงานสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด 220 x 160 มม.

2) เตรียมอุปกรณ์จับยึด (Fixture) และติดตั้งบนเครื่องจักร CNC แล้วยึดให้แน่น ดังแสดงในรูปที่ 3.5



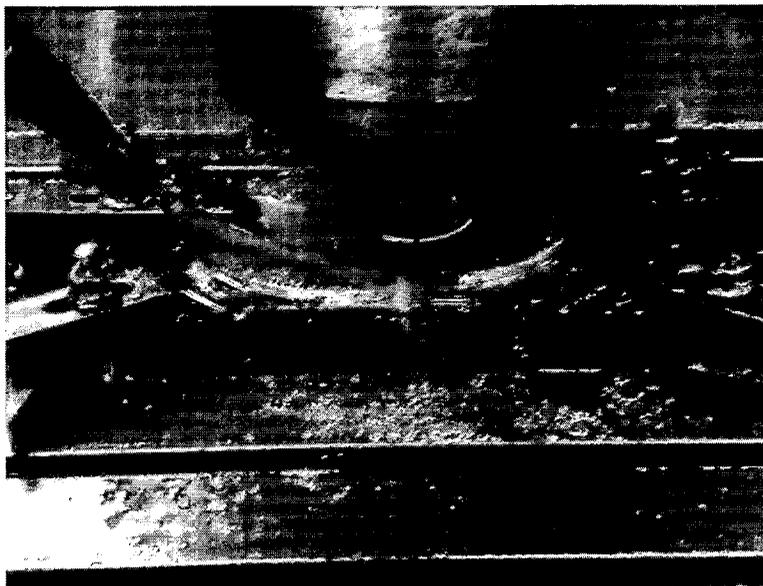
รูปที่ 3.5 การจับยึด (Fixture) บนเครื่องกัด CNC

3) วางแผ่นชิ้นงานบน (Fixture) ให้ตรงจุดแล้วยึดให้แน่น ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การจับยึดชิ้นงานบนเครื่องกัด CNC

4) ใช้เครื่องกัด CNC เดินกัดชิ้นงานโดยคำสั่งจากโปรแกรมในระบบควบคุมอัตโนมัติ และใช้สารหล่อเย็นตลอดเวลาจนงานเสร็จ ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การเดินกัดชิ้นงาน

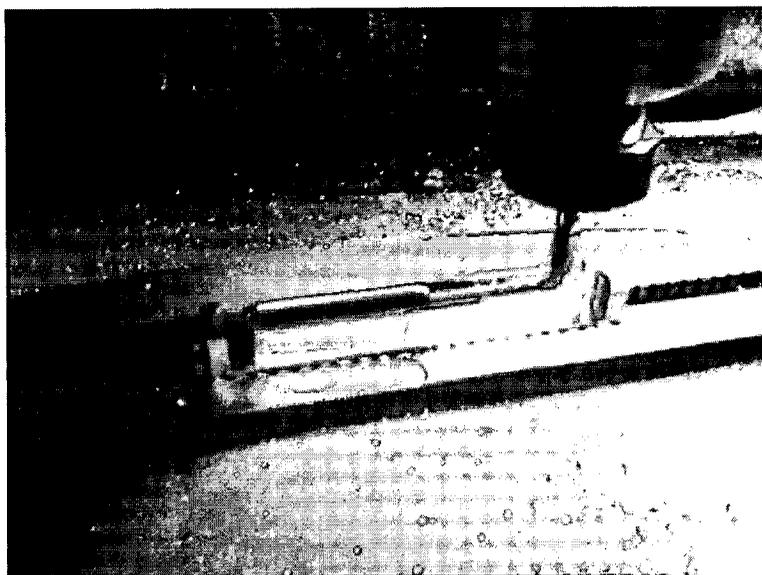
3.3.2 การสร้างดรอว์บีด

- 1) เตรียมชิ้นงานเหล็ก S50C ขนาด 20 x 20 x 115 มม.
- 2) ทำการกัดชิ้นรูป (Profile) รอบนอกดรอว์บีดดังแสดงในรูปที่ 3.8



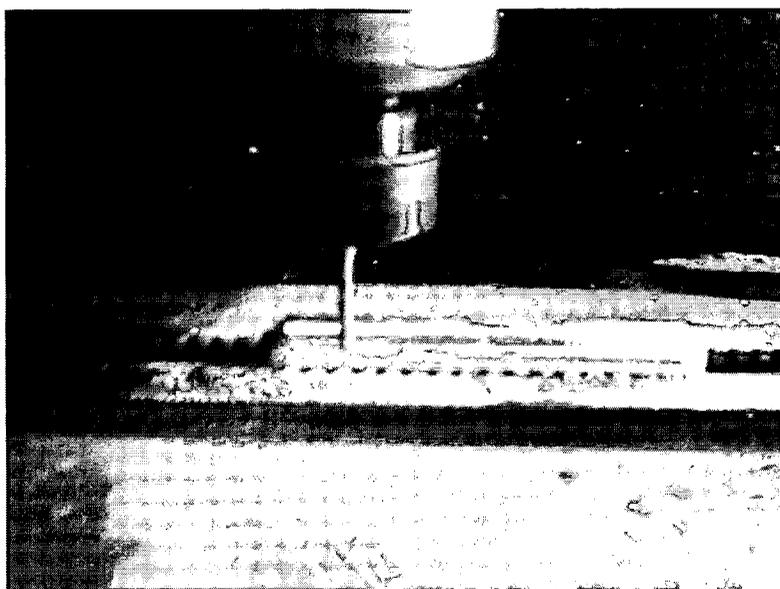
รูปที่ 3.8 การกัดชิ้นรูป (Profile) ดรอว์บีด

3) กัดร่อง (Slot) ด้านในของตัวปิดแสดงในรูปที่ 3.9



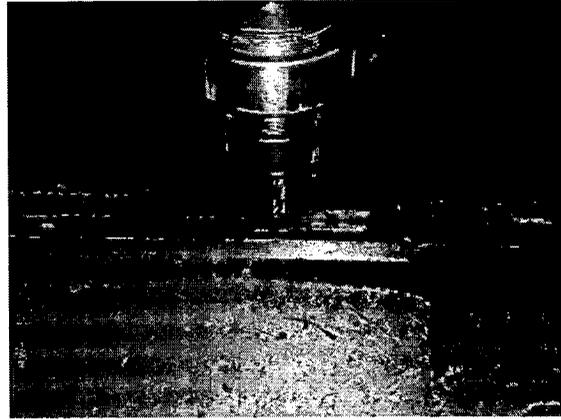
รูปที่ 3.9 การเดินกัดร่อง (Slot) ด้านใน

4) กัดส่วนปลายโค้งมนของตัวปิดแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การเดินกัดปลายโค้งมนของตัวปิด

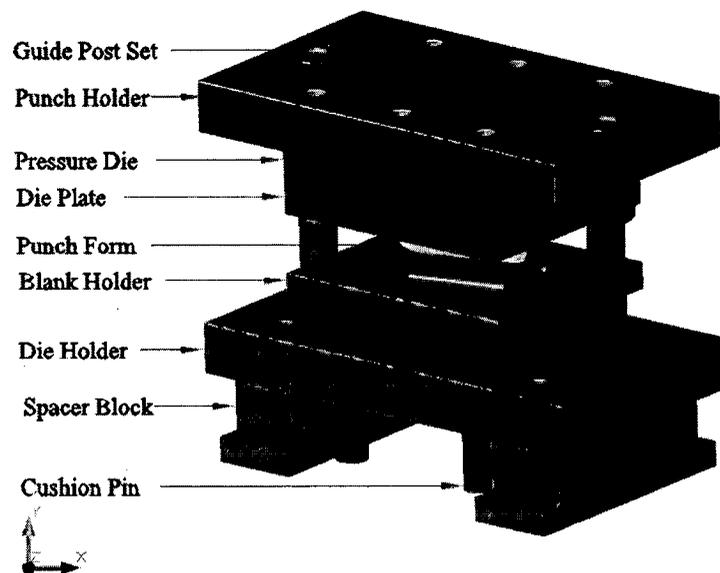
5) กัดยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การเดินกัดกัดยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์

3.3.3 การประกอบรอร์บิตในแม่พิมพ์และการติดตั้ง

หลักการการทำงานของแม่พิมพ์ชุดตัว (Die holder) ใช้รับยึดกับแท่นป้อนขึ้นลงและยึดแผ่นรองตาย (Pressure die) และแผ่นตาย (Die holder) จะยึดกันเช่นชุดบน (Upper shore) มีชุดนำการป้อน (Guide post) เป็นชุดนำเพื่อความเที่ยงตรงในการป้อนขึ้นลงและชุดล่าง (Lower shore) จะประกอบด้วยพินซ์ (Punch) แผ่นกดยึด (Blank holder) มีหน้าที่ในการกดยึดชิ้นงานโดยส่งถ่ายแรงจากคูดชันพิน (Cushion pin) ซึ่งสามารถปรับแรงได้และแผ่นพินซ์โฮลเดอร์ (Punch holder) จะจับยึดกับแท่นเครื่องป้อน ดังแสดงในรูปที่ 3.12

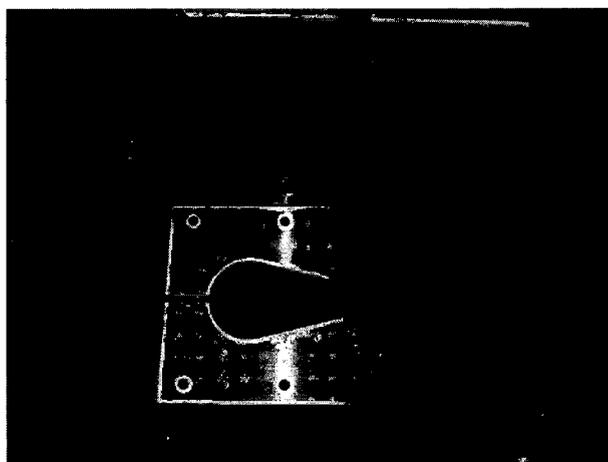


รูปที่ 3.12 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ขึ้นรูปลึก [9]

ตารางที่ 3.2 ตารางชิ้นส่วนแม่พิมพ์

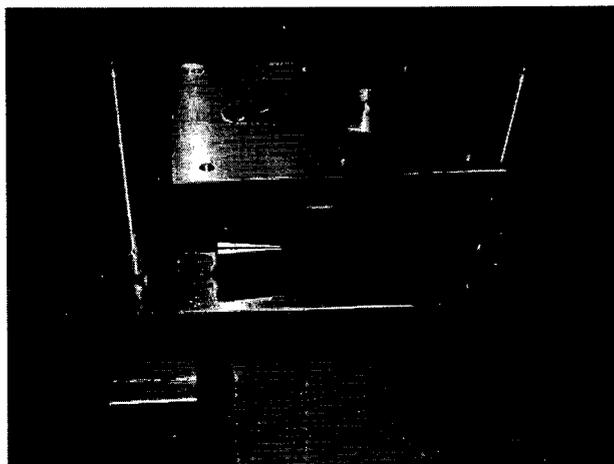
รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน/ชิ้น
Punch holder	SS41	240x420x48	1
Pressure die	S50C	210x250x25	1
Die plate	SKD11	210x250x40	1
Punch form	SKD11	80x150x118	1
Blank holder	SS41	210x250x30	1
Die holder	SS41	240x420x48	1
Spacer block	SS41	240x420x48	1
Cushion pin	SS41	∅35x400	4

- 1) ทำความสะอาดชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้งหมด
- 2) ประกอบชุดแม่พิมพ์ตัวล่าง โดยการนำพunch (Punch) มายึดติดกับแผ่นล่าง (Die holder) โดยที่ยึดสกรู ทั้ง 3 ตัว ยึดให้แน่น
- 3) นำ (Spacer block) ประกอบเข้ากับชุดแม่พิมพ์ตัวล่างที่ประกอบกับพunchยึดสกรูทั้ง 4 ตัว ให้แน่น
- 4) ประกอบชุดแม่พิมพ์ตัวบน โดยการนำตาย (Die plate) มายึดติดกับบน (Punch holder) โดยยึดสกรูทั้ง 6 ตัว โดยที่ยังไม่ต้องยึดแน่นมากดังแสดงในรูปที่ 3.13



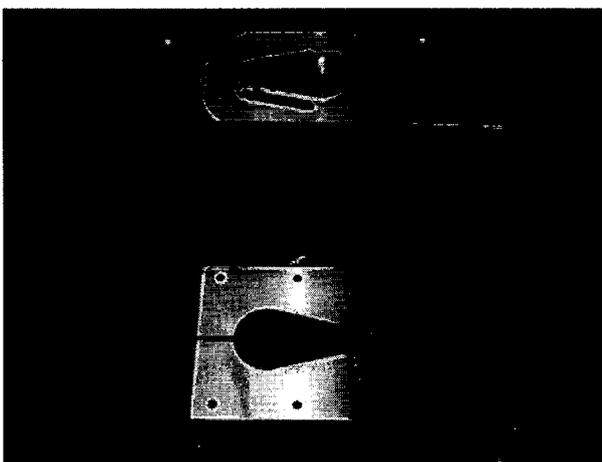
รูปที่ 3.13 การประกอบชุดแม่พิมพ์ตัวบน

- 5) นำแผ่นรอง ที่มีความหนาขนาด 1 มม. มาไว้บริเวณรอบพunch (Punch) และนำไม้มารองไว้เพื่อที่จะสวมชุดแม่พิมพ์ตัวบน และชุดแม่พิมพ์ตัวล่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.14



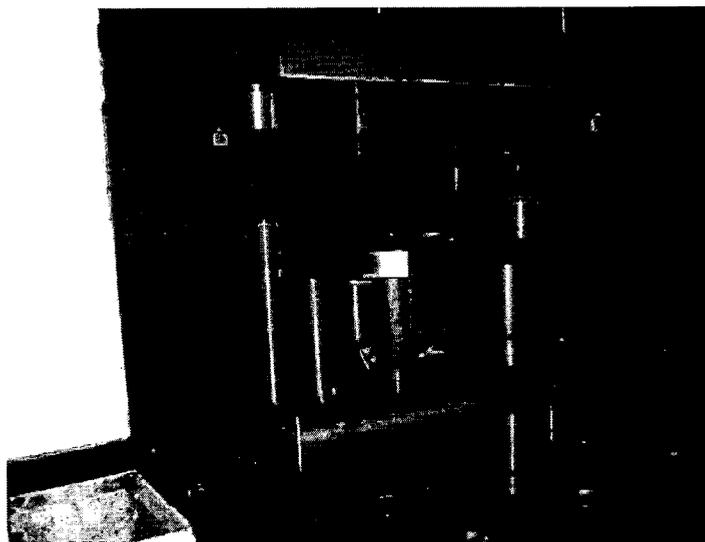
รูปที่ 3.14 การใส่แผ่นเสริมรองขนาด

6) นำชุดแม่พิมพ์ตัวบนไปสวมกับชุดแม่พิมพ์ตัวล่าง และยึดสกรูของชุดแม่พิมพ์ตัวบนให้แน่น ดังแสดงในรูปที่ 3.15



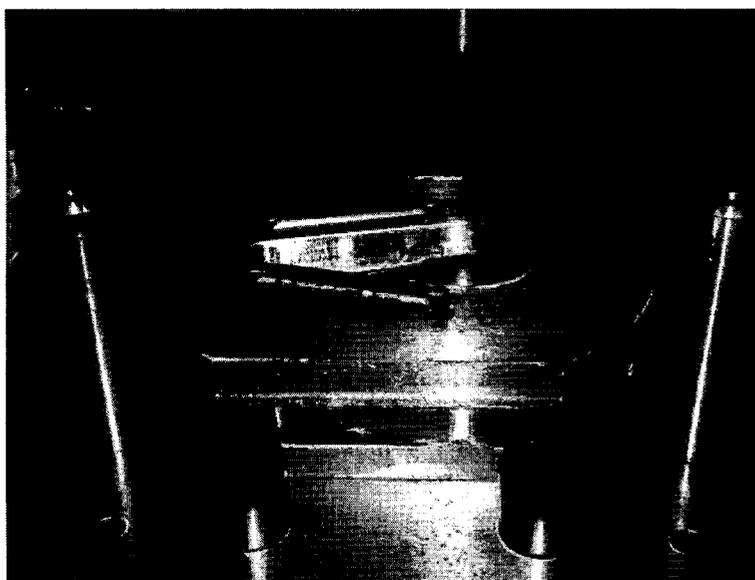
รูปที่ 3.15 การสวมชุดแม่พิมพ์ตัวบนกับชุดแม่พิมพ์ตัวล่าง

7) นำแม่พิมพ์ที่ประกอบเสร็จแล้ว ไปติดตั้งบนเครื่องปั๊ม ใส (Cushion pin) เครื่องปั๊ม 4 ตัว ยึดแม่พิมพ์ตัวบนและตัวล่างให้แน่น แล้วยกชุดบนขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.16



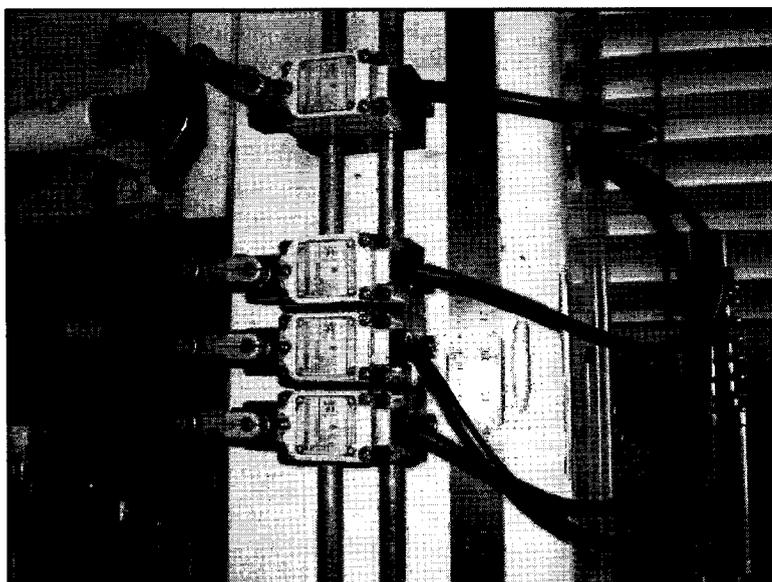
รูปที่ 3.16 การติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องปั๊ม

8) นำแผ่นกดชิ้นงาน (Blank holder) สวมเข้ากับพินซ์ ที่มี (Cushion pin) รองรับอยู่ แล้วนำตรอร์ปิดใส่แผ่นกดชิ้นงาน (Blank holder) ดังแสดงในรูปที่ 3.17



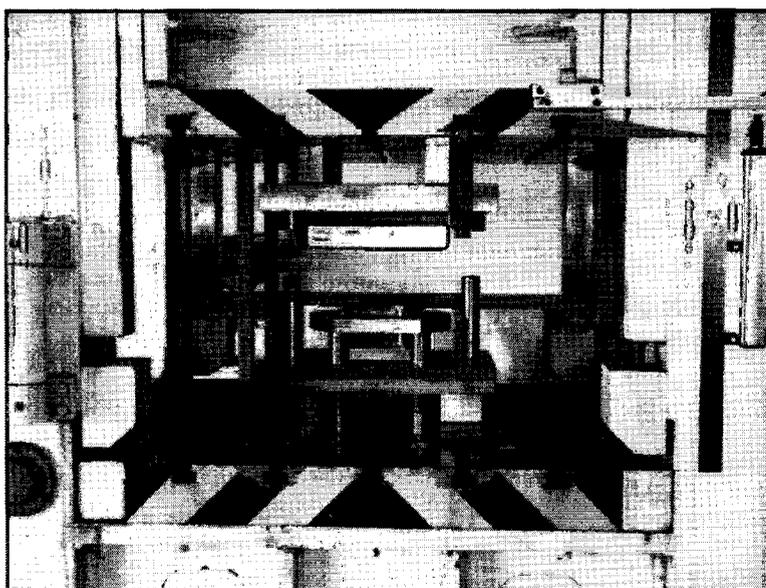
รูปที่ 3.17 การประกอบตรอร์ปิดกับแผ่นกดชิ้นงาน

9) ปรับตั้ง (Limit switch) ตามความลึกของชิ้นงานลากขึ้นรูปดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การปรับตั้ง (Limit switch) เครื่องปั๊ม

10) แม่พิมพ์พร้อมใช้งานติดตั้งบนเครื่องปั๊ม ดังแสดงในรูปที่ 3.19



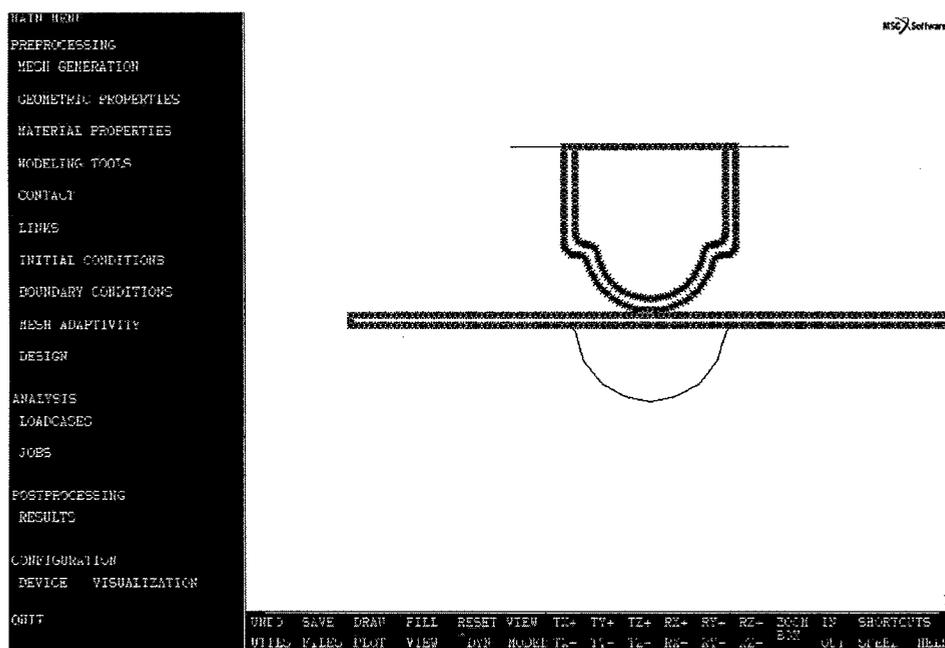
รูปที่ 3.19 แม่พิมพ์พร้อมใช้งาน

3.4 การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

การออกแบบโมเดลการจำลองนั้นได้เลือกวิธีการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 2 มิติ โดยการทำการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม MSC. Marc ซึ่งอยู่ในห้องปฏิบัติการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยผลจากการทำการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่า Displacement Stress และ Strain โดยมีขั้นตอนการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ดังต่อไปนี้

1. การสร้างโมเดล (Model)

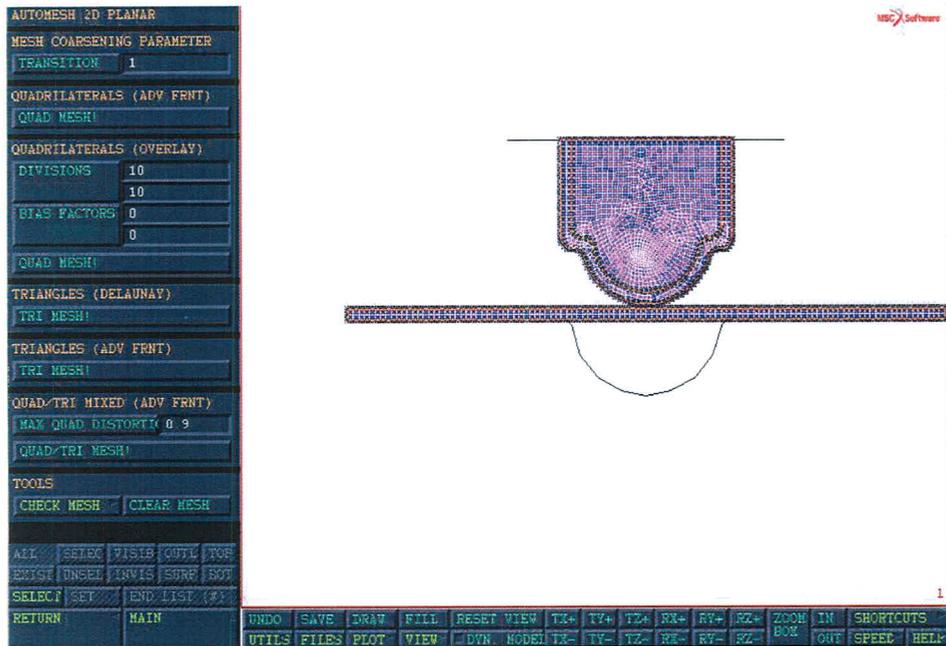
เป็นการสร้างโมเดลรูปแบบ หรือแนวทางการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ขั้นต้น โดยเป็นการสร้างระบบ 2 มิติ (Coordinate) การสร้างชุดแม่พิมพ์ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ดอร์บิส ดาย และ ชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การสร้างโมเดลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

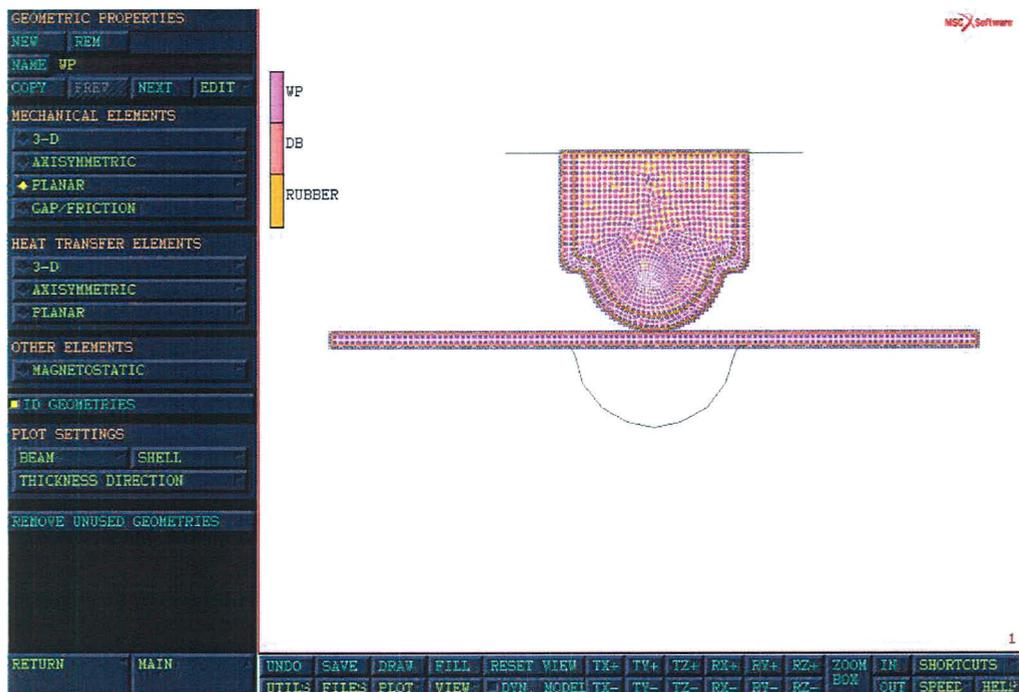
2. การสร้างเอลิเมนต์ (Meshing)

การสร้างเอลิเมนต์เพื่อช่วยในการคำนวณประมวลผลโมเดล โดยแบ่งโมเดลให้เป็นชิ้นส่วนย่อย ๆ แสดงดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การสร้างเอลิเมนต์

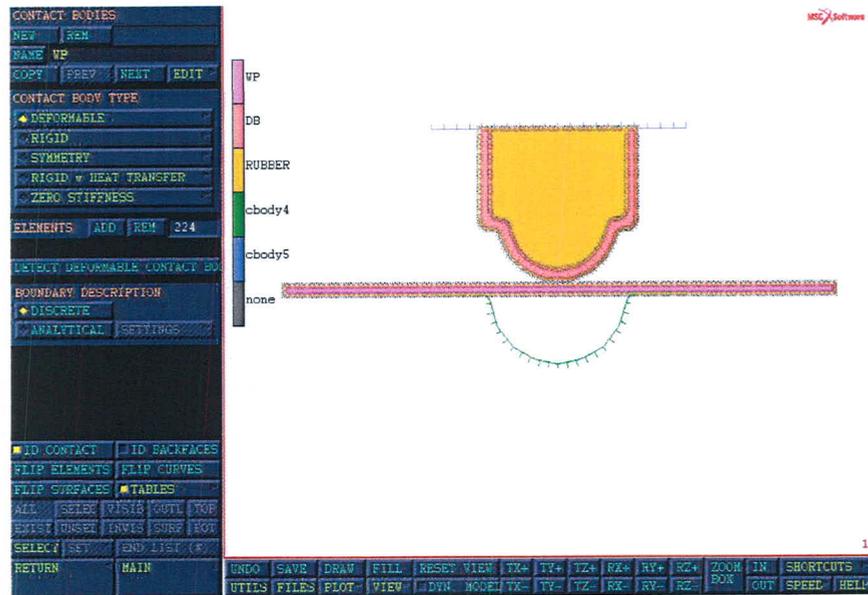
3. การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ (Material Properties)
 คุณสมบัติของวัสดุจำเป็นต้องกำหนดลงในโมเดลเพื่อทราบว่าโมเดลแม่พิมพ์แต่ชิ้น
 เป็นวัสดุชนิดใด ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การกำหนดแรงกระทำ และเงื่อนไขในการจับยึด

4. การสร้างผิวสัมผัส (Contact Bodies)

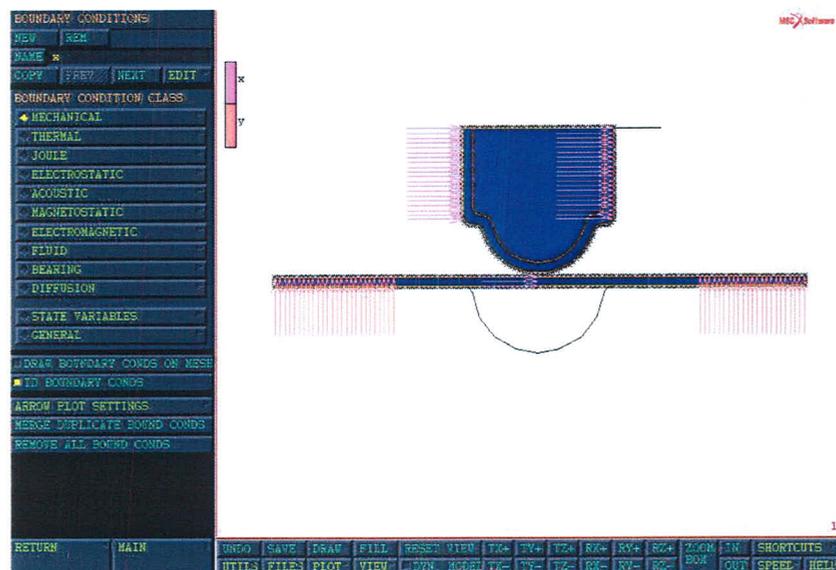
การสร้างผิวสัมผัสระหว่างแม่พิมพ์และชิ้นงานเป็นสิ่งจำเป็นมากในการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยเฉพาะการขึ้นรูปชิ้นงานแบบเคลื่อนที่ หรือการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 การสร้างผิวสัมผัสแม่พิมพ์

5. การกำหนดเงื่อนไขขอบ (Boundary Condition)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยเป็นการกำหนดสถานะการกระทำบนแม่พิมพ์ เช่น แรงกระทำ การเกาะยึด เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นของเครื่องอัด

6. การประมวลผลและการแสดงผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

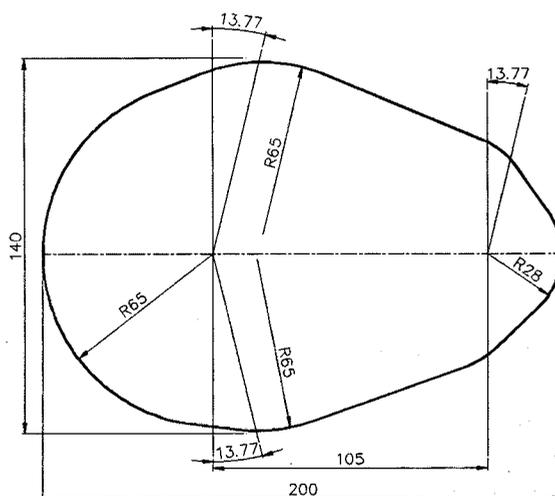
ซึ่งจะทำการประมวลผลออกดังนี้ คือ การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ความเค้น และความเครียด

สำหรับขั้นตอนการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ถูกดำเนินการเช่นเดิม ทั้งการขึ้นรูปด้วยดอร์บิส เสริมยางธรรมชาติ ดอร์บิสเสริมยางสังเคราะห์ และดอร์บิสโลหะ

3.5 วิธีการวัดผลการทดลอง

3.5.1 ชิ้นงานจากการคำนวณโดยประมาณค่าตามรูปทรงขึ้นรูปสี่กลีบ

การตัดแผ่นงานตามแนวรีดมีขนาด 220 x 160 มม. ประมาณค่าโดยการคำนวณจากสมการพื้นฐานขนาดของแผ่นงาน (Blank size) นำมาประยุกต์กับรูปทรงที่ทำการศึกษาจนได้ขนาดและรูปร่าง โดยขยายขนาดของแผ่นตัดเปล่า (Blank size) ออกอีก 10 มม. โดยรอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 แผ่นตัดเปล่าคำนวณโดยการประมาณค่า

3.5.2 แรงกดชิ้นงาน (Blank Holder Force)

จากการคำนวณแรงขึ้นรูปสี่กลีบตามสมการที่ (2.3) ได้เท่ากับ 104.84 kN และใช้แรงกดชิ้นงานตามสมการที่ (2.4) ได้เท่ากับ 49.69 kN ทำการศึกษาโดยเทียบเป็นขนาดของแรงกดที่ระดับ 30% , 50% และ 70% ของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปได้ดังนี้

$$\text{จากการคำนวณเทียบได้} = \frac{49.69 \times 100}{104.84} = 47.4\% \text{ เป็นค่าของแรงเริ่มต้น}$$

$$\text{แรงกดชิ้นงานที่ 30\%} = \frac{30 \times 104.84}{100} = 31.45 \text{ kN}$$

$$\text{แรงกดชิ้นงานที่ 50\%} = \frac{50 \times 104.84}{100} = 52.42 \text{ kN}$$

$$\text{แรงกดชิ้นงานที่ 70\%} = \frac{70 \times 104.84}{100} = 73.39 \text{ kN}$$

3.5.3 ดรอร์บีด (Draw bead)

- 1) ดรอร์บีดที่ทำจากโลหะทั้งตัว แบบปลายโค้งมน ดังแสดงในรูปที่ 3.26



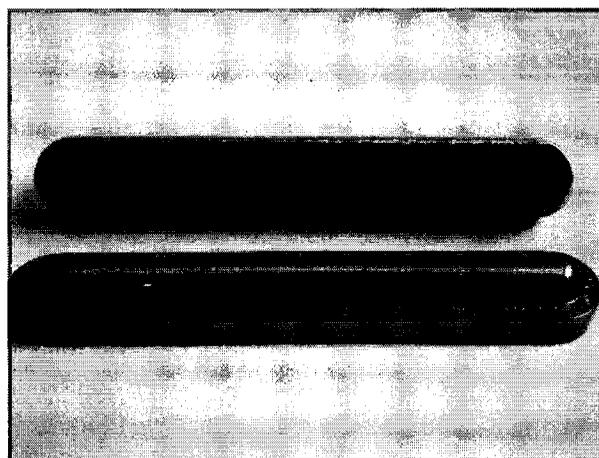
รูปที่ 3.26 ดรอร์บีดที่เป็นโลหะเหล็กชนิด S45C

- 2) ดรอร์บีดที่เสริมยางธรรมชาติ ดังแสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 ดรอร์บีดที่เสริมยางธรรมชาติ

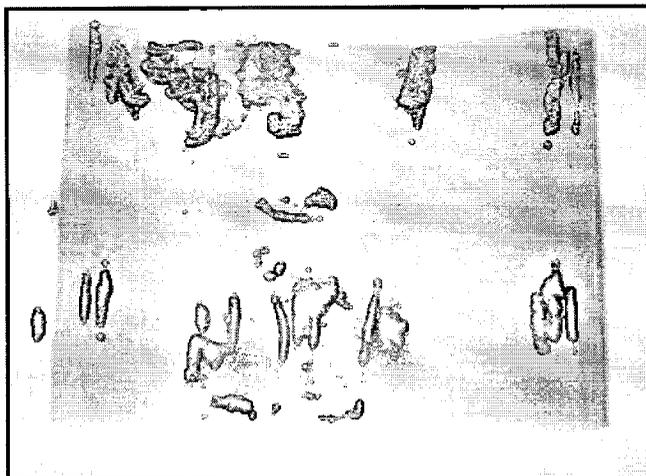
- 3) ดรอร์บีดที่เสริมยางสังเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ดรอร์บีดที่เสริมยางสังเคราะห์

3.5.4 สารหล่อลื่น

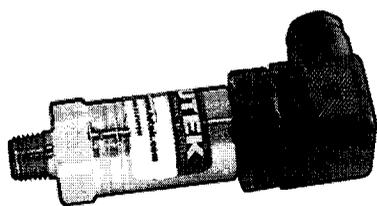
แผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene : HDPE) จะมีโครงสร้างเป็นเส้นตรงลักษณะโปร่งแสงหรือขุ่น แข็งและเหนียว ราคาถูก ขึ้นรูปง่าย ทนต่อสารเคมี ก๊าซซึมผ่านได้ยาก ที่มีความหนาเท่ากับ 0.10 มม. ดังแสดงในรูปที่ 3.29



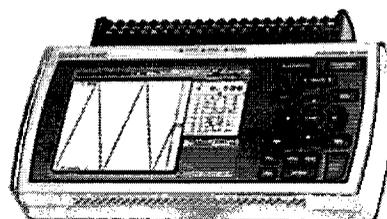
รูปที่ 3.29 แผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนหนา 0.10 มม.

3.5.5 อุปกรณ์บันทึกข้อมูล

1) อุปกรณ์จัดเก็บสัญญาณ (Mini data logger) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานของระบบ (data logger) ประกอบไปด้วย scanner หรือ multiplexer digital-voltmeter และตัวบันทึกข้อมูล ซึ่งรับ Input ที่เป็นระบบ analog จาก sensor แล้วทำการเปลี่ยนข้อมูลเป็นระบบ digital และเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำเพื่อการนำไปใช้ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.30



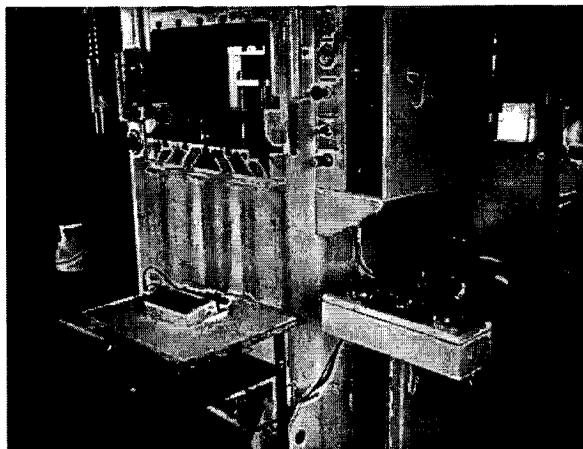
(ก)



(ข)

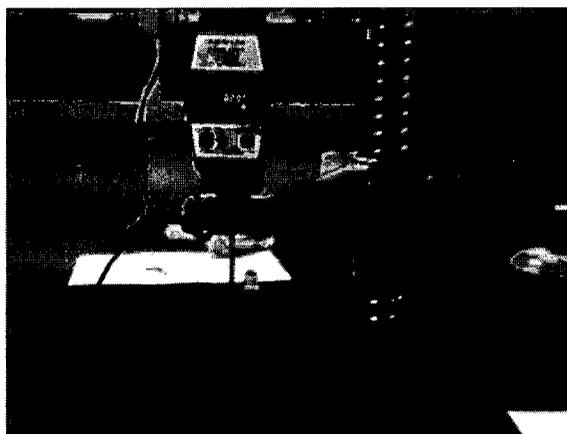
รูปที่ 3.30 (ก) อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำมัน (ข) อุปกรณ์จัดเก็บสัญญาณ

2) การติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำมันและอุปกรณ์จัดเก็บสัญญาณต่อเข้ากับเครื่องเพรส ดังแสดงในรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 การติดตั้งอุปกรณ์จัดเก็บสัญญาณต่อเข้ากับเครื่องเพรส

3.4.7 อุปกรณ์วัดความหนาชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 เครื่องวัดความหนาชิ้นงาน

3.5.8 ตารางบันทึกผลการทดลอง

1) ตารางบันทึกแรงของการลากชิ้นรูปต่อสัดส่วนของแรงกด ในการใช้ดรอว์บิตแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางบันทึกแรงของการขึ้นรูปต่อสัดส่วนของแรงกดในการใช้ดรอว์บิตแต่ละชนิด

แรงกดชิ้นงานต่อแรงขึ้นรูป	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4	ชั้นที่ 5	ค่าเฉลี่ย
30 เพอร์เซ็นต์ (31.45kN)	X	X	X	X	X	X
50 เพอร์เซ็นต์ (52.42kN)	X	X	X	X	X	X
70 เพอร์เซ็นต์ (73.39kN)	X	X	X	X	X	X

2) ตารางวิเคราะห์ความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) ของดรอว์บีดแต่ละชนิด
 ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตารางวิเคราะห์ความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) ของดรอว์บีดแต่ละชนิด

จุด ตรวจ	ดรอว์บีดโลหะ		ดรอว์บีดเสริมยาง ธรรมชาติ		ดรอว์บีดเสริมยาง สังเคราะห์	
	ความหนา ชิ้นงาน	ค่า ความเครียด	ความหนา ชิ้นงาน	ค่า ความเครียด	ความหนา ชิ้นงาน	ค่า ความเครียด
A1	X	X	X	X	X	X
A2	X	X	X	X	X	X
A3	X	X	X	X	X	X
...	X	X	X	X	X	X
...	X	X	X	X	X	X
A10	X	X	X	X	X	X