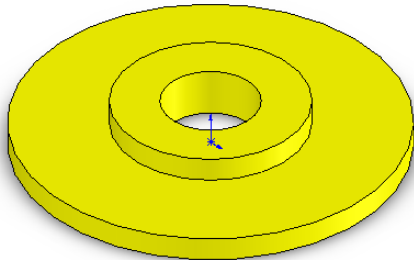


ภาคผนวก ก

ตัวอย่างของแม่พิมพ์ที่ผ่านการออกแบบด้วยโปรแกรม

1. แม่พิมพ์อัดชนิด 2 แผ่นแบบติดหัว

ตาราง ก-1 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการออกแบบแม่พิมพ์

ข้อมูล	ค่าที่กำหนด
- ชิ้นงานที่ต้องการออกแบบแม่พิมพ์ - เส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุด 80 mm. - ความหนา 10	
วัสดุยาง	ยางธรรมชาติ (NR_50)
เครื่องอัด	ไม่กำหนดเครื่องอัด
จำนวนเบ้า	4 เบ้า

เริ่มต้นออกแบบแม่พิมพ์ด้วยโปรแกรมออกแบบแม่พิมพ์อัดด้วยซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นตามขั้นตอนดังนี้

1.1 กำหนดข้อมูลเบื้องต้น

ขั้นตอนแรกของการออกแบบคือ ผู้ใช้โปรแกรม (User) จะต้องทำการกำหนดข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบซึ่งจะประกอบด้วย ข้อมูลขนาดชิ้นงาน ข้อมูลชนิดของยาง ข้อมูลเครื่องอัด และข้อมูลจำนวนเบ้า ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.1.1 กำหนดรูปร่างชิ้นงาน

จากตาราง ก-1 จะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่ต้องการออกแบบแม่พิมพ์นั้นมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก ดังนั้นจะทำการกำหนดข้อมูลของชิ้นงานดังภาพประกอบ ก-1

กำหนดรูปร่างชิ้นงาน

☒ ชิ้นงานทรงกระบอก

เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm.)

ความหนา (mm.)

☐ ชิ้นงานรูปทรงอื่นๆ

ขนาดชิ้นงานอัตโนมัติ

ภาพประกอบ ก-1 การกำหนดรูปร่างชิ้นงาน

1.1.2 ข้อมูลชนิดของยาง

จากตาราง ก-1 กำหนดชนิดของยางเป็น ยางธรรมชาติ (NR_50) ดังนั้นจะกำหนดชนิดของยางเป็น NR_50 ซึ่งมีระยะเพื่อการหดตัวเท่ากับ 2 % และค่าความแข็งของยางเท่ากับ 50 ดังภาพประกอบ ก-2

ภาพประกอบ ก-2 การกำหนดชนิดของยาง

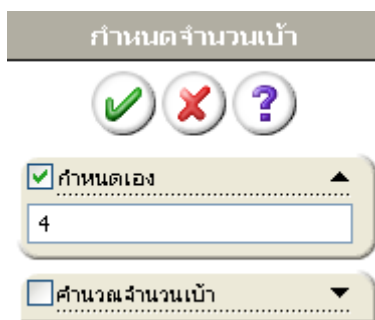
1.1.3 ข้อมูลเครื่องอัด

จากตาราง ก-1 ไม่ได้มีการกำหนดเครื่องอัดที่จะใช้ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์นี้ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะเลือก “ไม่กำหนดเครื่อง” ดังภาพประกอบ ก-3

ภาพประกอบ ก-3 การกำหนดข้อมูลเครื่องอัด

1.1.4 กำหนดจำนวนเบ้า

จากตารางที่ ก-1 ได้กำหนดจำนวนเบ้าเท่ากับ 4 หลุม ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะเลือก “กำหนดเอง” โดยกำหนดค่าเท่ากับ 4 ดังภาพประกอบ ก-4

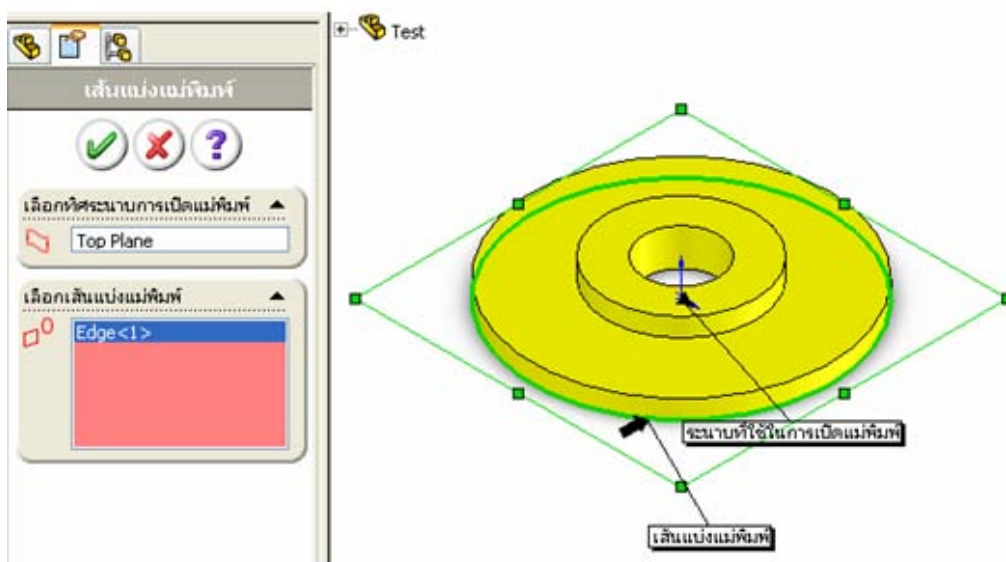


ภาพประกอบ ก-4 การกำหนดจำนวนเบ้า

หลังจากกำหนดข้อมูลเบื้องต้นเสร็จแล้วจะทำให้ชิ้นงานขยายตัวจากขนาดเดิมออกไปอีก 2 % ตามค่าระยะเผื่อการหดตัวที่ผู้ใช้ได้กำหนดในขั้นตอนที่ 1.1.2

1.2 เส้นแบ่งแม่พิมพ์ (Parting line)

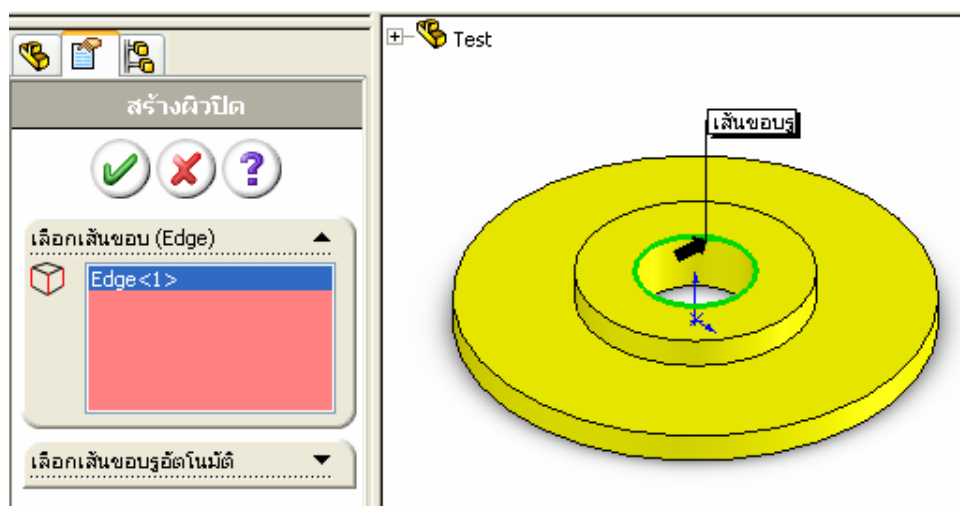
ขั้นตอนต่อจากการกำหนดข้อมูลเบื้องต้นคือ การกำหนดเส้นแบ่งแม่พิมพ์ (Parting line) โดยผู้ใช้จะต้องกับหนดระนาบ (Plane) ที่ใช้เป็นทิศทางเปิดแม่พิมพ์ และเลือกเส้นขอบ (Edge) ของชิ้นงานที่ต้องการใช้เป็นเส้นแบ่งแม่พิมพ์ดังภาพประกอบ ก-5



ภาพประกอบ ก-5 การกำหนดเส้นแบ่งแม่พิมพ์

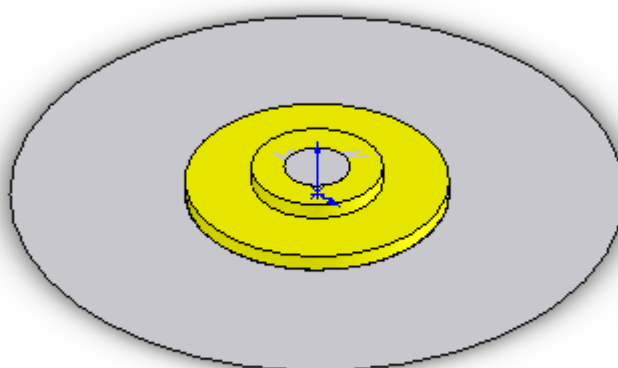
1.3 สร้างผิวปิด (Shut-off surface)

สำหรับขั้นตอนนี้ กรณีที่ชิ้นงานที่ต้องการออกแบบแม่พิมพ์นั้นมีส่วนที่เป็นรูทะลุอยู่บนชิ้นงาน จะต้องทำการปิดรูดังกล่าวก่อนเพื่อให้สามารถแยกแม่พิมพ์ออกเป็น ส่วนคอร์ (Core) และแควิตี (Cavity) ได้ดังภาพประกอบ ก-6



ภาพประกอบ ก-6 การสร้างผิวปิด

หลังจากผ่านขั้นตอนนี้โปรแกรมจะทำการสร้างผิวปิดบนชิ้นงานและสร้างพื้นผิวสำหรับแบ่งแม่พิมพ์ (Parting surface) ดังภาพประกอบ ก-7



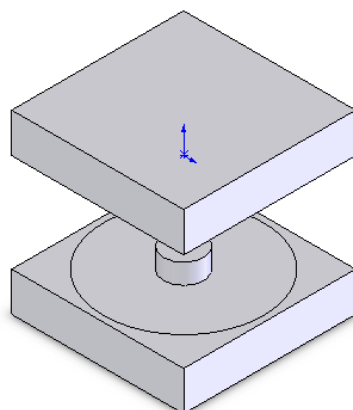
ภาพประกอบ ก-7 ชิ้นงานหลังผ่านขั้นตอนการสร้างผิวปิด

1.4 แยกแม่พิมพ์

ในขั้นตอนนี้โปรแกรมจะทำการคำนวณขนาดแม่พิมพ์ 1 เบ้า และขนาดแผ่นแม่พิมพ์ตามจำนวนเบ้าที่กำหนดรวมทั้งจำนวนแถวและจำนวนสดมภ์ ดังภาพประกอบ ก-8

ภาพประกอบ ก-8 ขนาดแม่พิมพ์ที่ได้จากการคำนวณ

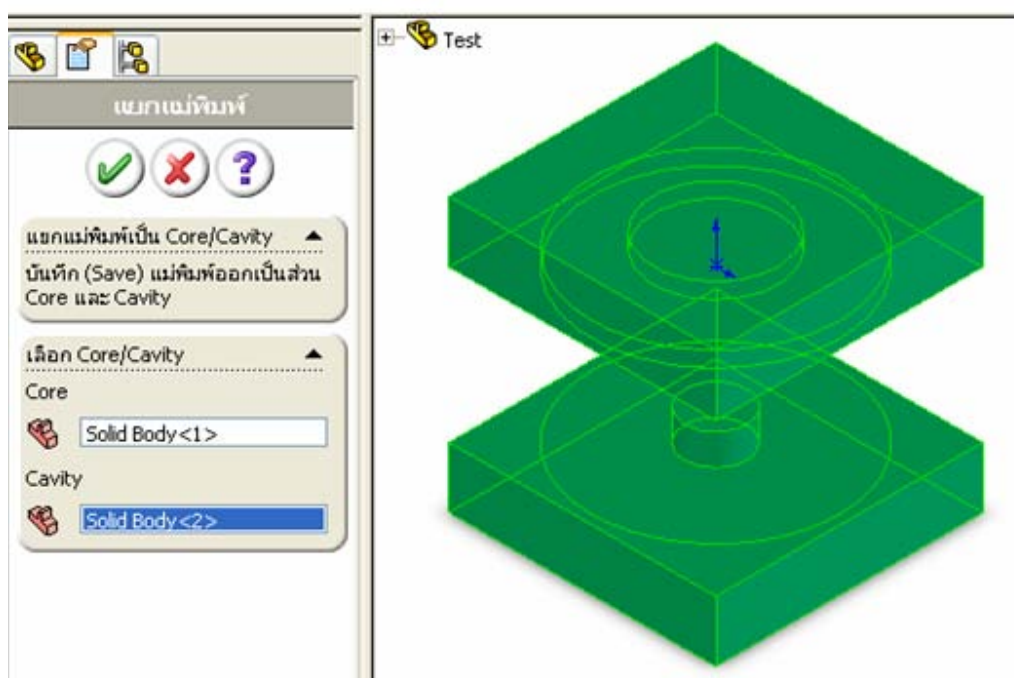
หลังจากผ่านขั้นตอนนี้โปรแกรมจะทำการแยกแม่พิมพ์ออกเป็น 2 แผ่นดังภาพประกอบ ก-9



ภาพประกอบ ก-9 แม่พิมพ์ 1 เบ้า

1.5 บันทึกแม่พิมพ์

ขั้นตอนนี้ผู้ใช้ต้องทำการกำหนดแม่พิมพ์ส่วนคอร์และแควิตี้ เพื่อให้โปรแกรมทำการบันทึกเป็นไฟล์ใหม่เพื่อใช้ในขั้นตอนการประกอบแม่พิมพ์ต่อไป ดังภาพประกอบ ก-10

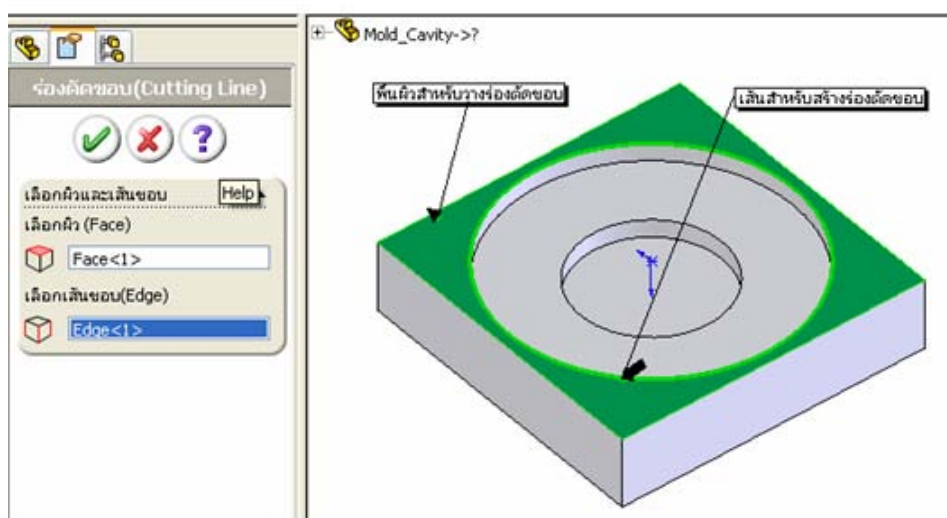


ภาพประกอบ ก-10 การบันทึกแม่พิมพ์

หลังจากผ่านขั้นตอนนี้แล้ว โปรแกรมจะทำการบันทึกแม่พิมพ์ส่วนคอร์เป็นชื่อ “Mold_Core” และแม่พิมพ์ส่วนแควิตีชื่อ “Mold_Cavity”

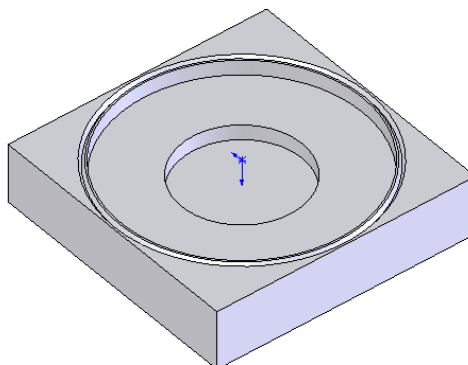
1.6 สร้างร่องตัดขอบ (Cutting line)

โปรแกรมจะทำการเปิดไฟล์ชื่อ “Mold_Cavity” ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้ทำการสร้างร่องตัดขอบให้กับแม่พิมพ์ โดยผู้ใช้ต้องทำการกำหนดผิวที่ต้องการวางร่องและเส้นขอบของเป้าเพื่อใช้เป็นเส้นนำ (Path) สำหรับสร้างร่องตัดขอบ ดังภาพประกอบ ก-11



ภาพประกอบ ก-11 การสร้างร่องตัดขอบ

หลังจากกำหนดข้อมูลเสร็จแล้วโปรแกรมจะทำการสร้างร่องตัดขอบบนผิวแม่พิมพ์ที่ได้เลือกไว้ดังภาพประกอบ ก-12



ภาพประกอบ ก-12 แม่พิมพ์ที่ผ่านการสร้างร่องตัดขอบ

หลังจากสร้างร่องตัดขอบแล้วโปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าจำนวนเบ้ามากกว่า 1 หรือไม่ ถ้าหากจำนวนเบ้ามากกว่า 1 ก็จะปรากฏหน้าต่างการกระจายเบ้าขึ้นมา โดยมีข้อมูลจำนวนเบ้า จำนวนแถว และจำนวนสดมภ์ ดังภาพประกอบ ก-13

กระจายแม่พิมพ์





กระจายแม่พิมพ์ตามจำนวนเบ้า ▲

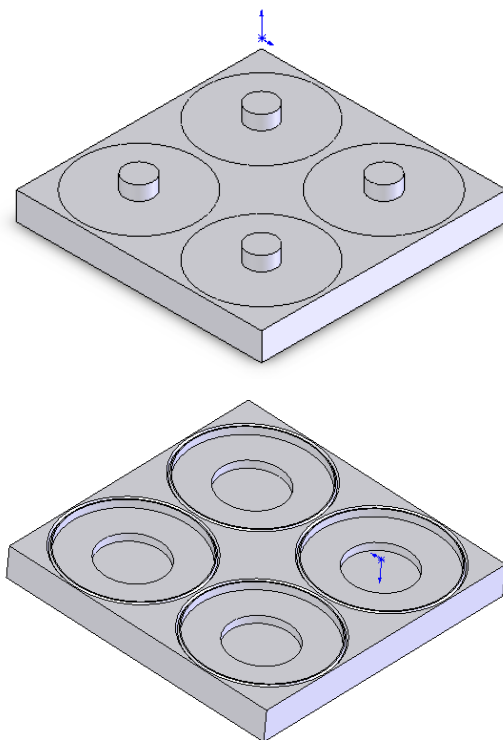
จำนวนเบ้า

จำนวนแถว

จำนวนสดมภ์

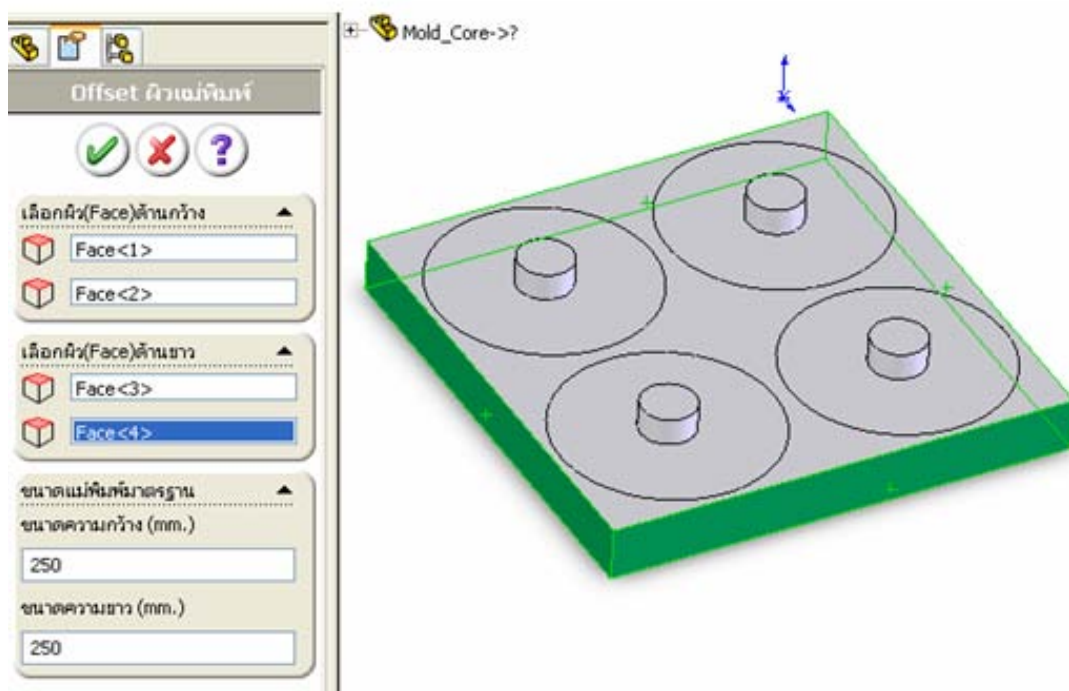
ภาพประกอบ ก-13 หน้าต่างการกระจายเบ้า

แม่พิมพ์จะกระจายออกตามจำนวนเบ้าที่แสดงคือ 4 หลุม ทั้งส่วนคอร์และแควิตี้ดังภาพประกอบ ก-14

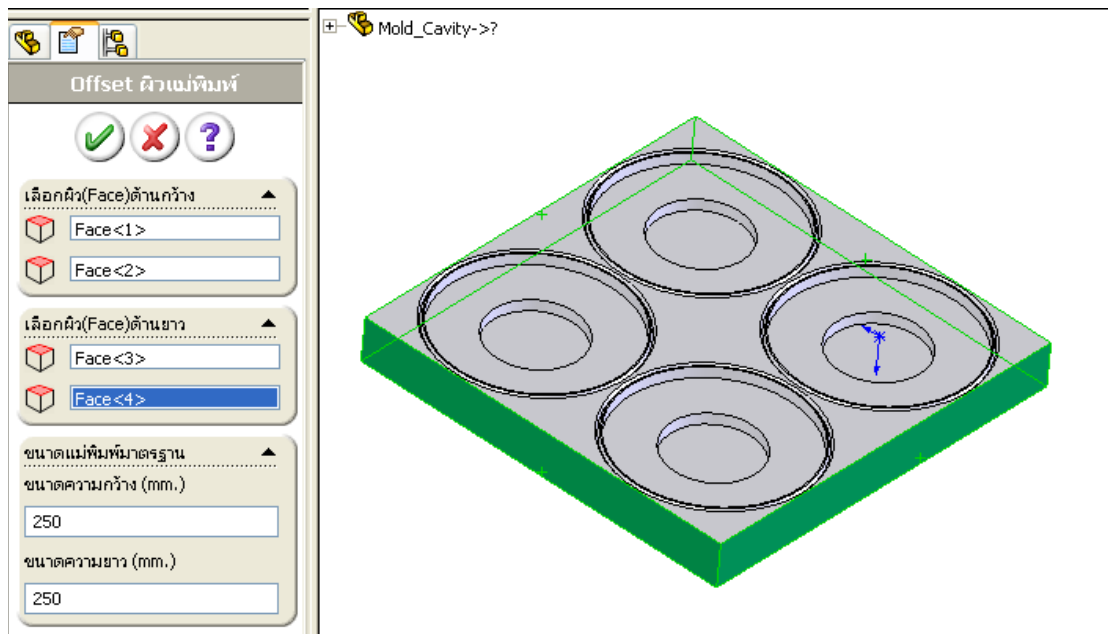


ภาพประกอบ ก-14 แม่พิมพ์กระจายออกตามจำนวนเบ้า

จากภาพประกอบ ก-14 แม่พิมพ์ที่กระจายออกนั้นยังมีขนาดไม่เท่ากับขนาดแผ่นแม่พิมพ์มาตรฐาน ดังนั้นโปรแกรมจะคำนวณขนาดแม่พิมพ์มาตรฐานที่เหมาะสมมาให้และจะให้ผู้เลือกใช้ผิวด้านข้างของชิ้นงานเพื่อทำการยืดผิว (Offset) ออกให้มีขนาดเท่ากับแผ่นแม่พิมพ์มาตรฐานดังกล่าวทั้งส่วนคอร์และแควิตี้ดังภาพประกอบ ก-15 และภาพประกอบ ก-16

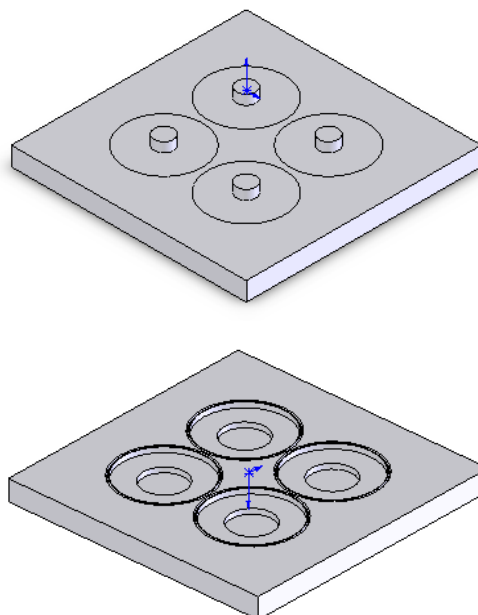


ภาพประกอบ ก-15 การยืดผิวแม่พิมพ์ส่วนคอร์



ภาพประกอบ ก-16 การยืดผิวแม่พิมพ์ส่วนแควิตี้

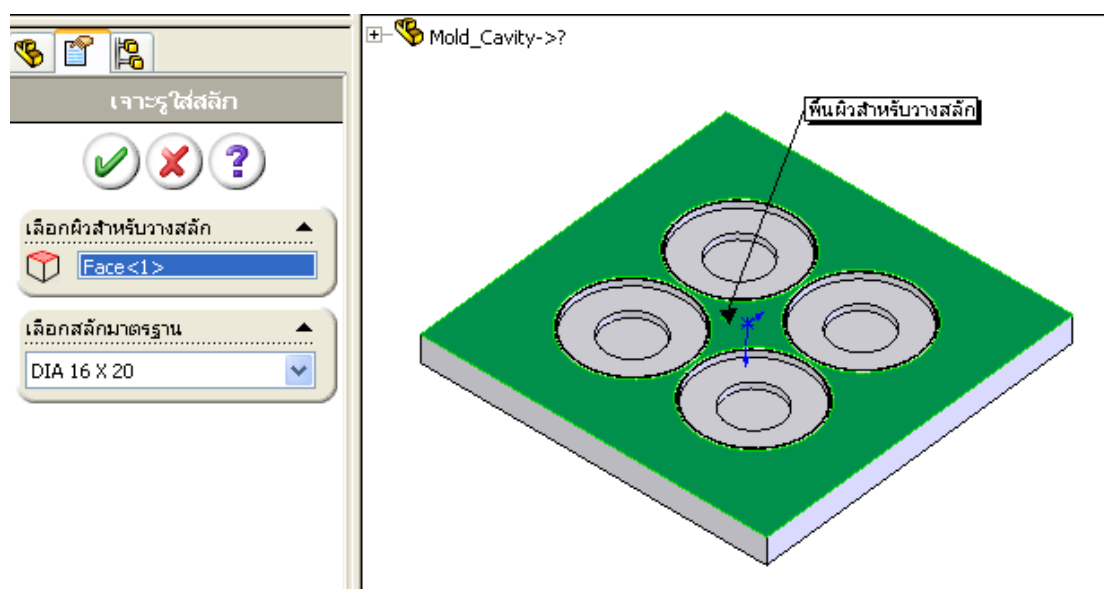
หลังจากยืดผิวออกจนแม่พิมพ์มีขนาดตามแผ่นแม่พิมพ์มาตรฐานแล้วนั้น (จากตัวอย่างคือมีขนาดความกว้างและความยาวเท่ากับ 250 x 250 มม.) แผ่นแม่พิมพ์จะมีลักษณะดังภาพประกอบ ก-17



ภาพประกอบ ก-17 แม่พิมพ์หลังการยืดผิว

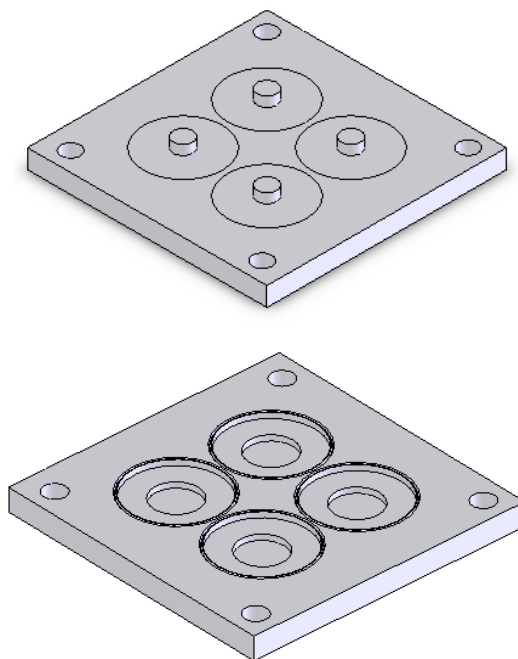
1.7 เจาะรูใส่สลัก

สำหรับขั้นตอนนี้จะเป็นการเจาะรูสำหรับใส่สลัก (Leader pin & Leader bush) บนแม่พิมพ์ทั้ง 2 แผ่น โดยผู้ใช้ต้องกำหนดผิวที่ต้องการเจาะรูและกำหนดสลักมาตรฐานที่จัดทำเป็นฐานข้อมูลไว้ดังภาพประกอบ ก-18



ภาพประกอบ ก-18 ขั้นตอนการเจาะรูใส่สลัก

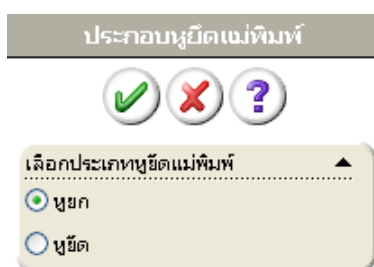
หลังจากทำการเจาะรูแม่พิมพ์ทั้ง 2 แผ่นแล้ว แม่พิมพ์จะมีลักษณะดังภาพประกอบ ก-19



ภาพประกอบ ก-19 แม่พิมพ์ที่ผ่านขั้นตอนการเจาะรูใส่สลัก

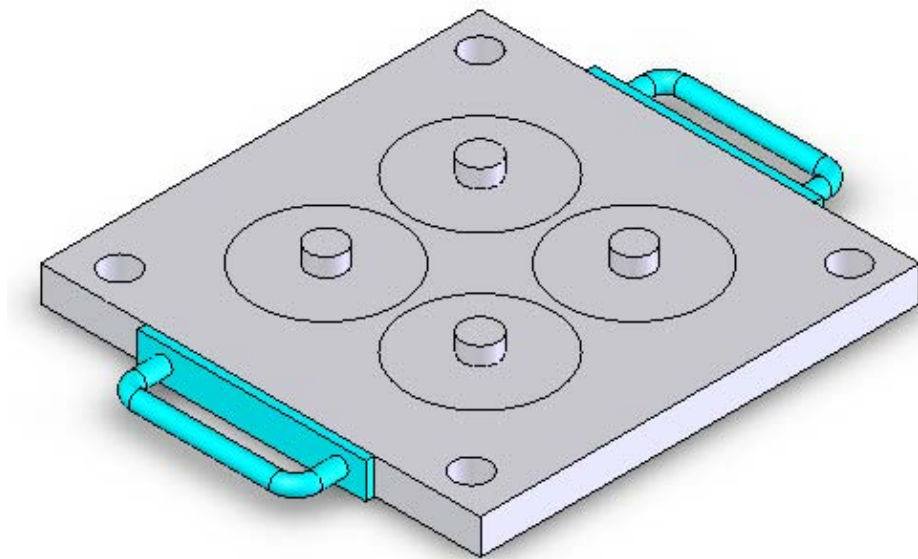
1.8 ประกอบหุ้ยัดแม่พิมพ์

เป็นขั้นตอนการประกอบหุ้ยัดแม่พิมพ์ให้กับแผ่นแม่พิมพ์ทั้งสอง โดยในโปรแกรมต้นแบบนี้จะมีหุ้ยัดแม่พิมพ์ 2 แบบ คือ แบบหุยกสำหรับประกอบกับแม่พิมพ์ที่ต้องยึดกับเครื่องอัด และแบบหุ้ยัดสำหรับประกอบกับแม่พิมพ์ที่ต้องยึดกับเครื่องอัด สำหรับตัวอย่างนี้จะเลือกหุ้ยัดแบบหุยกดังภาพประกอบ ก-20

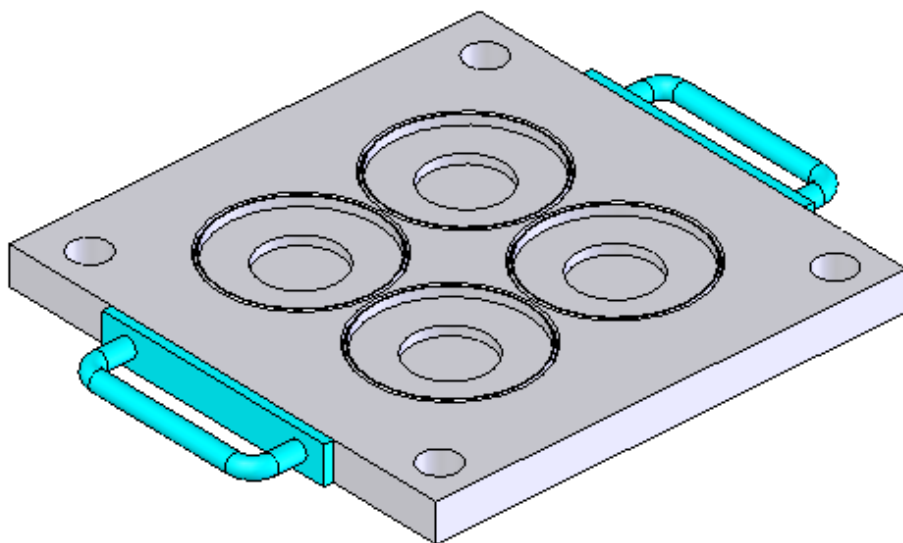


ภาพประกอบ ก-20 หน้าต่างประกอบหุ้ยัดแม่พิมพ์

หลังจากประกอบหุยกแม่พิมพ์แล้วก็จะได้แม่พิมพ์ที่สมบูรณ์ พร้อมทั้งจะนำไปสร้างรายละเอียด (Drawing) ของชิ้นส่วนต่างๆ หรือนำไฟล์นี้ไปเข้าสู่ระบบ CAM (Computer Aided Manufacturing) เพื่อสร้างเส้นทางเดินใบมีดให้กับเครื่องจักร CNC ต่อไป แม่พิมพ์ส่วนคอร์และแครี่เป็นดังภาพประกอบ ก-21 และภาพประกอบ ก-22



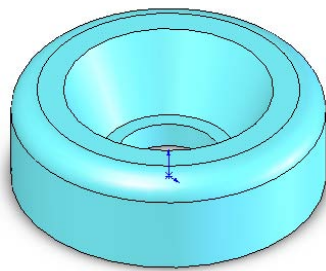
ภาพประกอบ ก-21 แม่พิมพ์ส่วนคอร์ (Core)



ภาพประกอบ ก-22 แม่พิมพ์ส่วนแควิตี (Cavity)

2. แม่พิมพ์อัดชนิด 2 แผ่นแบบติดหุ้ยัด

ตาราง ก-2 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการออกแบบแม่พิมพ์

ข้อมูล	ค่าที่กำหนด
• ชิ้นงานที่ต้องการออกแบบแม่พิมพ์ • ขนาดชิ้นงานวัดโดยโปรแกรม	
• วัสดุยาง	CR_45
• เครื่องอัด	เครื่องอัดขนาด 300 ตัน
• จำนวนเบ้า	คำนวณด้วยวิธีกำลังอัด

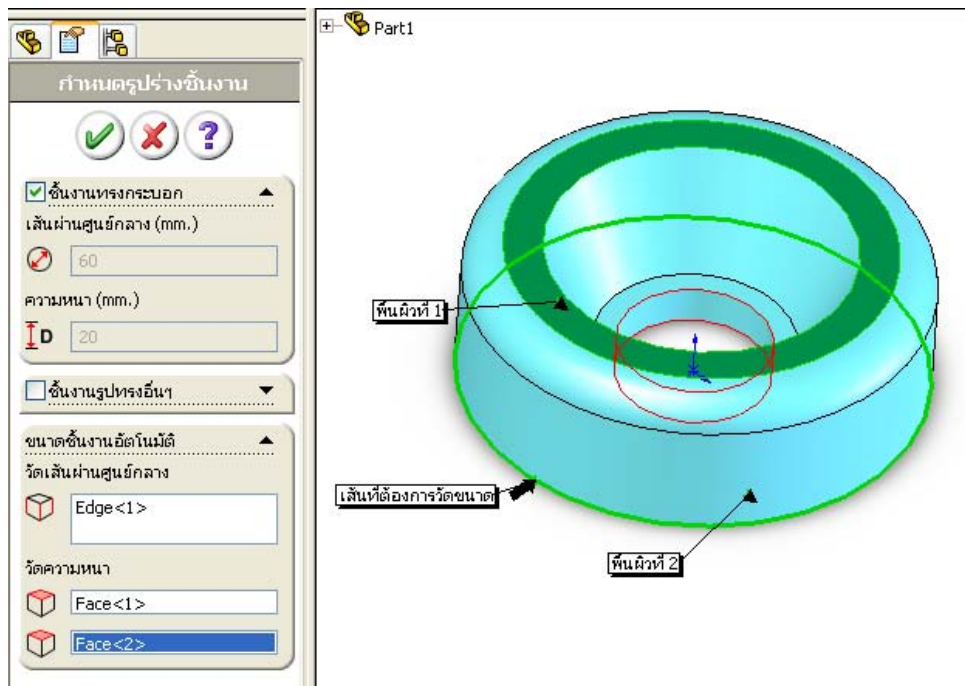
เริ่มต้นออกแบบแม่พิมพ์ด้วยโปรแกรมออกแบบแม่พิมพ์อัดด้วยซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นตามขั้นตอนดังนี้

2.1 กำหนดข้อมูลเบื้องต้น

ขั้นตอนแรกของการออกแบบคือ ผู้ใช้โปรแกรม (User) จะต้องทำการกำหนดข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบซึ่งจะประกอบด้วย ข้อมูลขนาดชิ้นงาน ข้อมูลชนิดของยาง ข้อมูลเครื่องอัด และข้อมูลจำนวนเบ้า ตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.1.1 กำหนดรูปร่างชิ้นงาน

จากตาราง ก-2 จะเห็นว่าชิ้นงานที่ต้องการออกแบบแม่พิมพ์นั้นมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก ดังนั้นจะทำการกำหนดข้อมูลของชิ้นงานดังภาพประกอบ ก-23

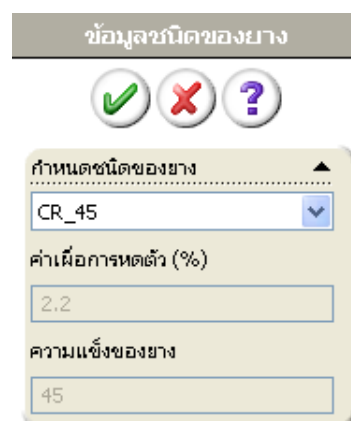


ภาพประกอบ ก-23 การกำหนดรูปร่างชิ้นงาน

จากภาพประกอบ ก-23 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของชิ้นงานนั้น สามารถวัดขนาดด้วยโปรแกรมนี้ได้โดยผู้ใช้ต้องเลือกเส้นขอบชิ้นงานส่วนที่โตที่สุดเพื่อวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และเลือกพื้นผิว 2 ผิว เพื่อวัดขนาดความหนา

2.1.2 ข้อมูลชนิดของยาง

จากตาราง ก-2 กำหนดชนิดของยางเป็น CR_45 ซึ่งมีระยะเพื่อการหดตัวเท่ากับ 2.2% และค่าความแข็งของยางเท่ากับ 45 ดังภาพประกอบ ก-24



ภาพประกอบ ก-24 การกำหนดข้อมูลชนิดของยาง

2.1.3 ข้อมูลเครื่องอัด

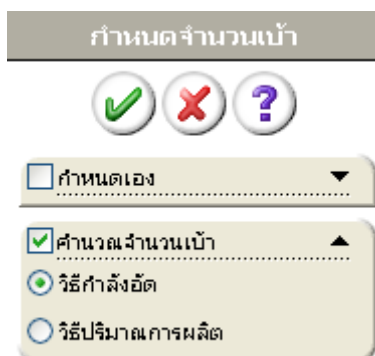
จากตาราง ก-2 กำหนดเครื่องอัดที่จะใช้ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์นี้มีขนาดกำลังอัด 300 ตัน ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะเลือก “กำหนดเครื่อง” และเลือกเครื่องอัด “P300” จากฐานข้อมูลในโปรแกรมดังภาพประกอบ ก-25

ภาพประกอบ ก-25 การกำหนดเครื่องอัด

ข้อมูลเครื่องอัดที่ผู้ใช้กำหนดนี้ จะนำไปใช้ในขั้นตอนการคำนวณเบ้าด้วยวิธีกำลังอัด การคำนวณขนาดแม่พิมพ์ และตำแหน่งการประกอบหุ้ยัดแม่พิมพ์ต่อไป

2.1.4 กำหนดจำนวนเบ้า

จากตารางที่ ก-2 ได้กำหนดให้คำนวณจำนวนเบ้าด้วยวิธีกำลังอัด ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะเลือก “คำนวณจำนวนเบ้า” และเลือก “วิธีกำลังอัด” ดังภาพประกอบ ก-26

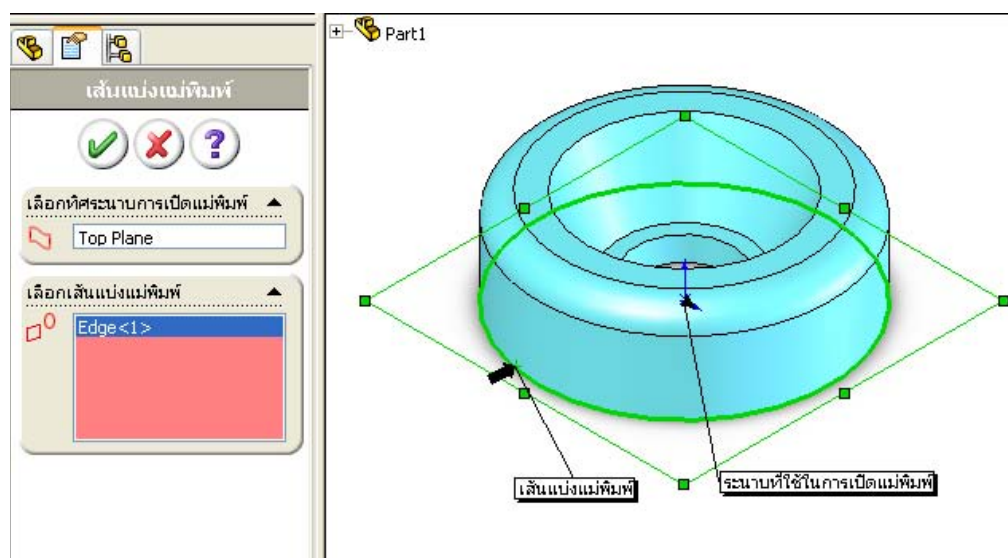


ดั่งภาพประกอบ ก-26 การคำนวณจำนวนเบ้า

จากการคำนวณจำนวนเบ้าจะได้จำนวนเบ้าเท่ากับ 64 หลุม หลังจากกำหนดข้อมูลเบื้องต้นเสร็จแล้วจะทำให้ชิ้นงานขยายตัวจากขนาดเดิมออกไปอีก 2.2 % ตามค่าระยะเผื่อการหดตัวที่ผู้ใช้ได้กำหนดในขั้นตอนที่ 2.1.2

2.2 เส้นแบ่งแม่พิมพ์ (Parting line)

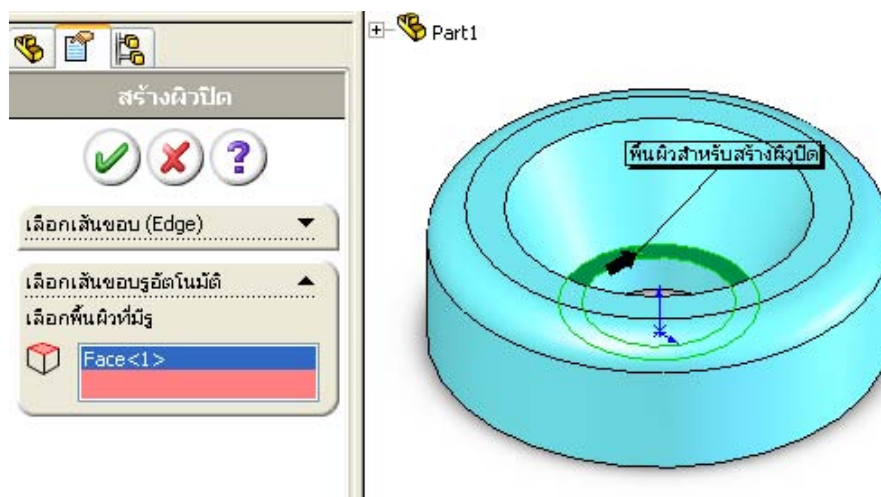
ขั้นตอนต่อจากการกำหนดข้อมูลเบื้องต้นคือ การกำหนดเส้นแบ่งแม่พิมพ์ (Parting line) โดยผู้ใช้งานจะต้องกับหนดระนาบ (Plane) ที่ใช้เป็นทิศทางเปิดแม่พิมพ์ และเลือกเส้นขอบ (Edge) ของชิ้นงานที่ต้องการใช้เป็นเส้นแบ่งแม่พิมพ์ดังภาพประกอบ ก-27



ภาพประกอบ ก-27 การกำหนดเส้นแบ่งแม่พิมพ์

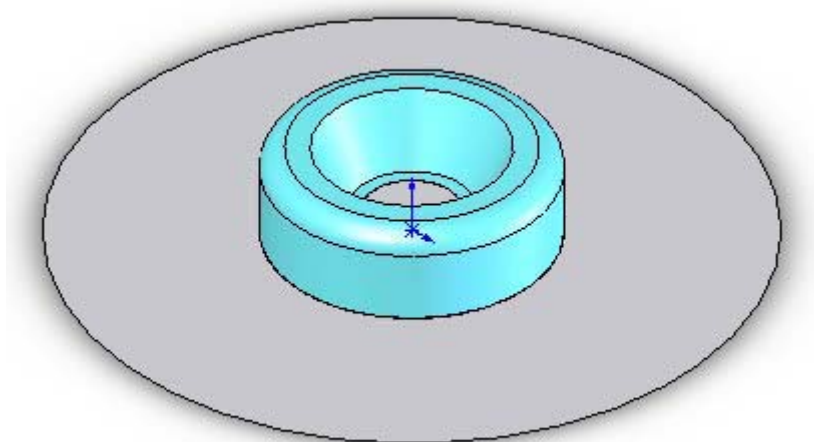
2.3 สร้างผิวปิด (Shut-off surface)

สำหรับขั้นตอนนี้ กรณีที่ชิ้นงานที่ต้องการออกแบบแม่พิมพ์นั้นมีส่วนที่เป็นรูทะลุอยู่บนชิ้นงาน จะต้องทำการปิดรูดังกล่าวก่อนเพื่อให้สามารถแยกแม่พิมพ์ออกเป็น ส่วนคอร์ (Core) และแควิตี้ (Cavity) โดยสามารถให้โปรแกรมสร้างผิวปิดอัตโนมัติได้โดยการเลือกผิวที่มีรูดังภาพประกอบ ก-28



ภาพประกอบ ก-28 การสร้างผิวปิดอัตโนมัติ

หลังจากผ่านขั้นตอนนี้โปรแกรมจะทำการสร้างผิวปิดบนชิ้นงานและสร้างพื้นผิวสำหรับแบ่งแม่พิมพ์ (Parting surface) ดังภาพประกอบ ก-28



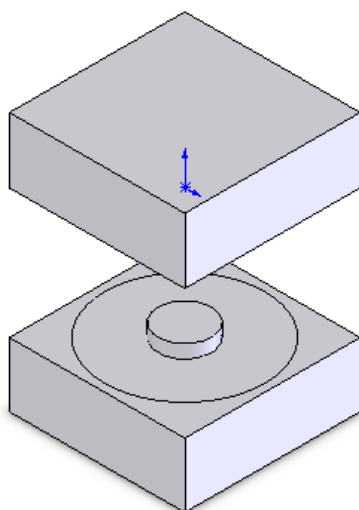
ภาพประกอบ ก-28 ชิ้นงานหลังผ่านขั้นตอนการสร้างผิวปิด

2.4 แยกแม่พิมพ์

ในขั้นตอนนี้โปรแกรมจะทำการคำนวณขนาดแม่พิมพ์ 1 เบ้า และขนาดแผ่นแม่พิมพ์ตามจำนวนเบ้าที่คำนวณได้ รวมทั้งจำนวนแถวและจำนวนสดมภ์ ดังภาพประกอบ ก-29

ภาพประกอบ ก-29 ขนาดแม่พิมพ์ที่ได้จากการคำนวณ

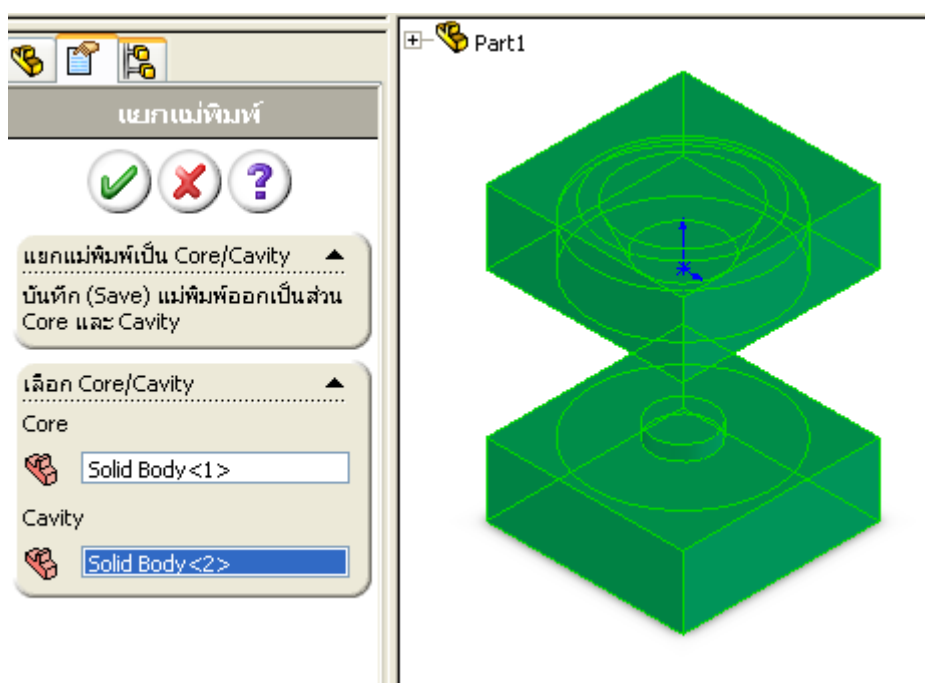
หลังจากผ่านขั้นตอนนี้โปรแกรมจะทำการแยกแม่พิมพ์ออกเป็น 2 แผ่นดังภาพประกอบ ก-30



ภาพประกอบ ก-30 แม่พิมพ์ 1 เบ้า

2.5 บันทึกแม่พิมพ์

ขั้นตอนนี้ผู้ใช้ต้องทำการกำหนดแม่พิมพ์ส่วนคอร์และแควิตี้ เพื่อให้โปรแกรมทำการบันทึกเป็นไฟล์ใหม่เพื่อใช้ในขั้นตอนการประกอบแม่พิมพ์ต่อไป ดังภาพประกอบ ก-31

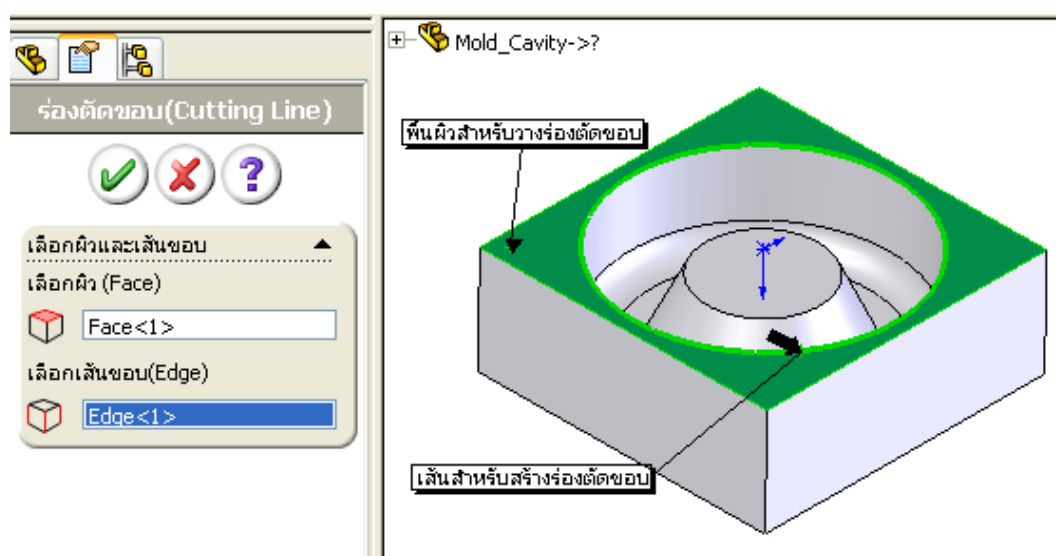


ภาพประกอบ ก-31 การบันทึกแม่พิมพ์

หลังจากผ่านขั้นตอนนี้แล้ว โปรแกรมจะทำการบันทึกแม่พิมพ์ส่วนคอร์เป็นชื่อ “Mold_Core” และแม่พิมพ์ส่วนแควิตีชื่อ “Mold_Cavity”

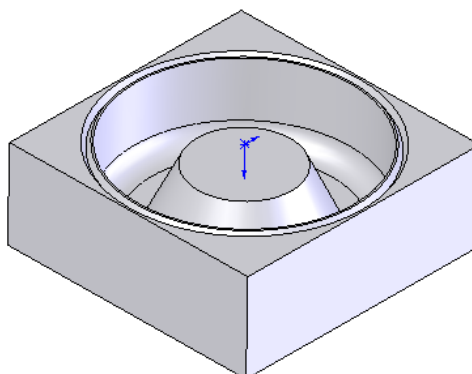
2.6 สร้างร่องตัดขอบ (Cutting line)

โปรแกรมจะทำการเปิดไฟล์ชื่อ “Mold_Cavity” ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้ทำการสร้างร่องตัดขอบให้กับแม่พิมพ์ โดยผู้ใช้งานต้องทำการกำหนดผิวที่ต้องการวางร่องและเส้นขอบของเป้าเพื่อใช้เป็นเส้นนำ (Path) สำหรับสร้างร่องตัดขอบ ดังภาพประกอบ ก-32



ภาพประกอบ ก-32 การสร้างร่องตัดขอบ

หลังจากกำหนดข้อมูลเสร็จแล้วโปรแกรมจะทำการสร้างร่องตัดขอบบนผิวแม่พิมพ์ที่ได้เลือกไว้ดังภาพประกอบ ก-33

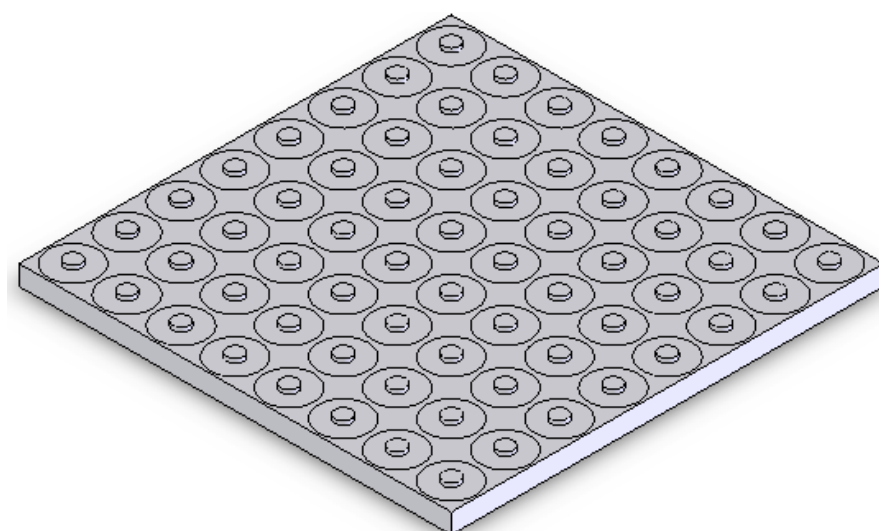


ภาพประกอบ ก-33 แม่พิมพ์ที่ผ่านการสร้างร่องตัดขอบ

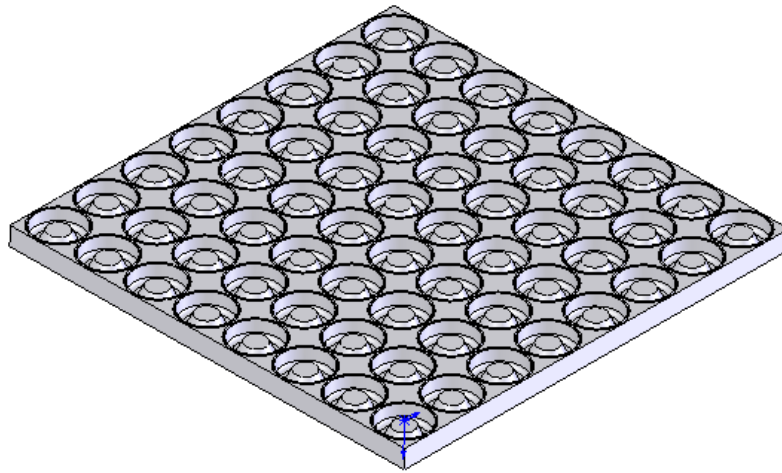
หลังจากสร้างร่องตัดขอบแล้วโปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าจำนวนเบ้ามากกว่า 1 หรือไม่ ถ้าหากจำนวนเบ้ามากกว่า 1 ก็จะปรากฏหน้าต่างการกระจายเบ้าขึ้นมา โดยมีข้อมูลจำนวนเบ้า จำนวนแถว และจำนวนสดมภ์ ดังภาพประกอบ ก-34

ภาพประกอบ ก-34 หน้าต่างการกระจายเบ้า

แม่พิมพ์จะกระจายออกตามจำนวนเบ้าที่แสดงคือ 64 หลุม ทั้งส่วนคอร์และแควิตั้งภาพประกอบ ก-35 และ ภาพประกอบ ก-36

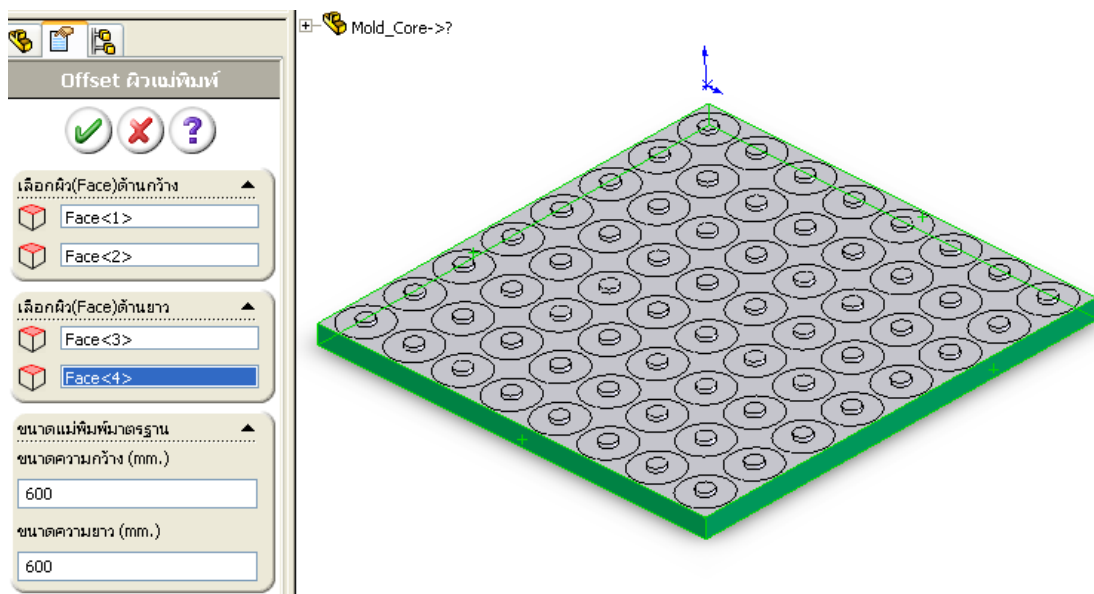


ภาพประกอบ ก-35 แม่พิมพ์ส่วนคอร์ที่กระจายออกเป็น 64 หลุม

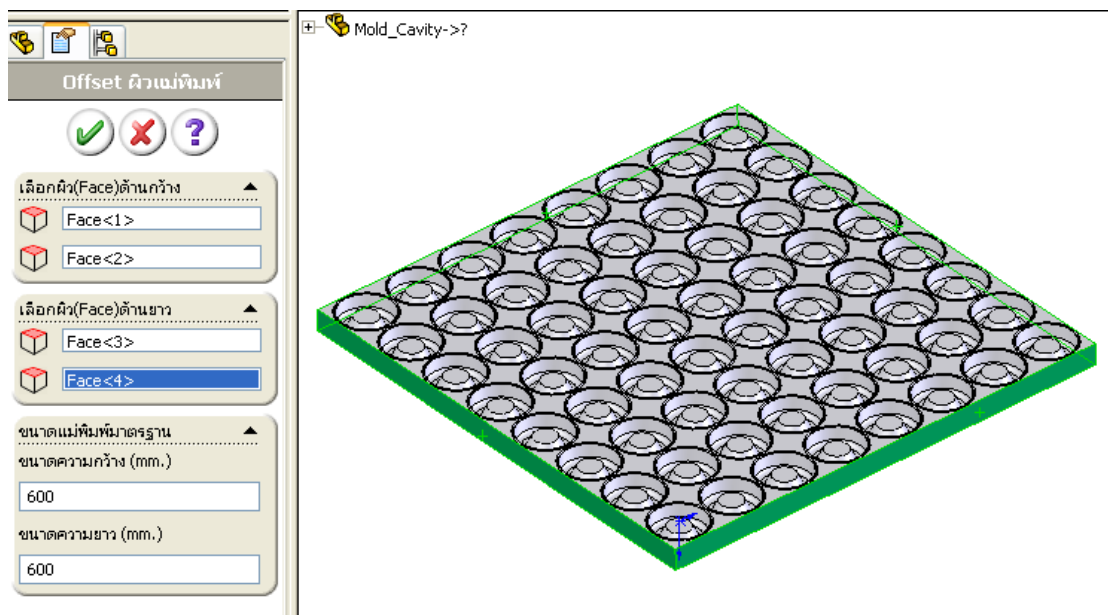


ภาพประกอบ ก-36 แม่พิมพ์ส่วนแควตีที่กระจายออกเป็น 64 หลุม

จากภาพประกอบ ก-35 และภาพประกอบ ก-36 แม่พิมพ์ที่กระจายออกนั้น ยังมีขนาดไม่เท่ากับขนาดแผ่นแม่พิมพ์มาตรฐาน ดังนั้นโปรแกรมจะคำนวณขนาดแม่พิมพ์มาตรฐานที่เหมาะสมมาให้และจะให้ผู้ใช้เลือกผิวด้านข้างของชิ้นงานเพื่อทำการยืดผิว (Offset) ออกให้มีขนาดเท่ากับแผ่นแม่พิมพ์มาตรฐานดังกล่าวทั้งส่วนคอร์และแควตีดังภาพประกอบ ก-37 และภาพประกอบ ก-38

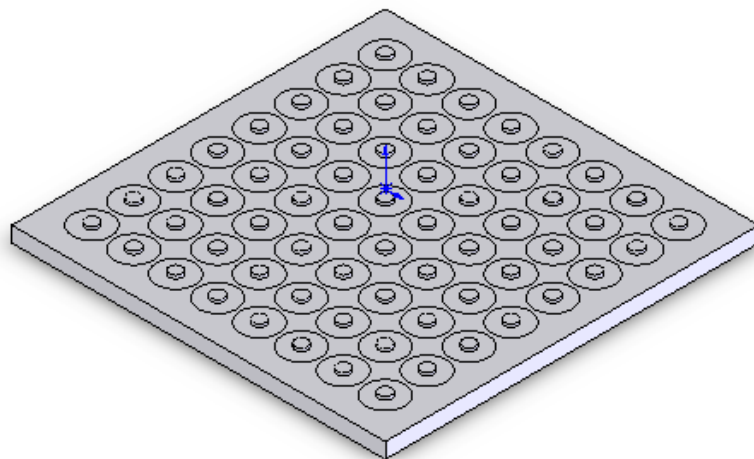


ภาพประกอบ ก-37 การยืดผิวแม่พิมพ์ส่วนคอร์

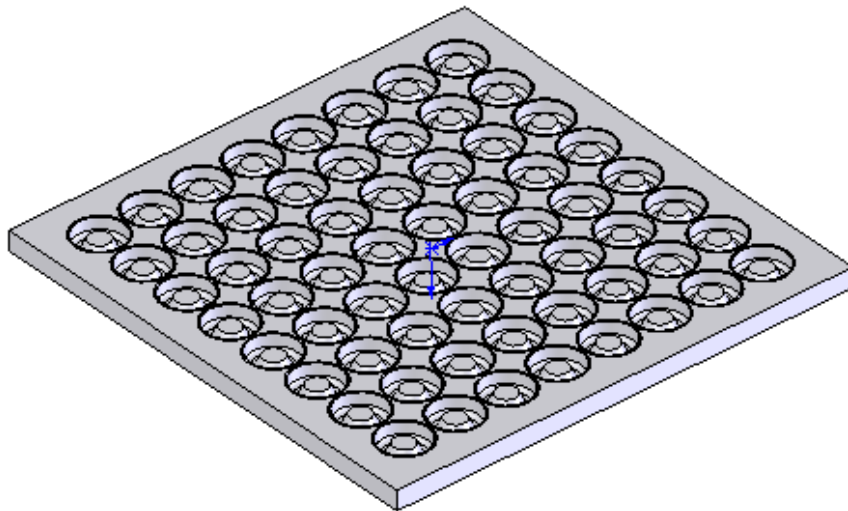


ภาพประกอบ ก-38 การยืดผิวแม่พิมพ์ส่วนแควตี

หลังจากยืดผิวออกจนแม่พิมพ์มีขนาดตามแผ่นแม่พิมพ์มาตรฐานแล้วนั้น (จากตัวอย่างคือมีขนาดความกว้างและความยาวเท่ากับ 600 x 600 มม.) แผ่นแม่พิมพ์จะมีลักษณะดังภาพประกอบ ก-39 และภาพประกอบ ก-40



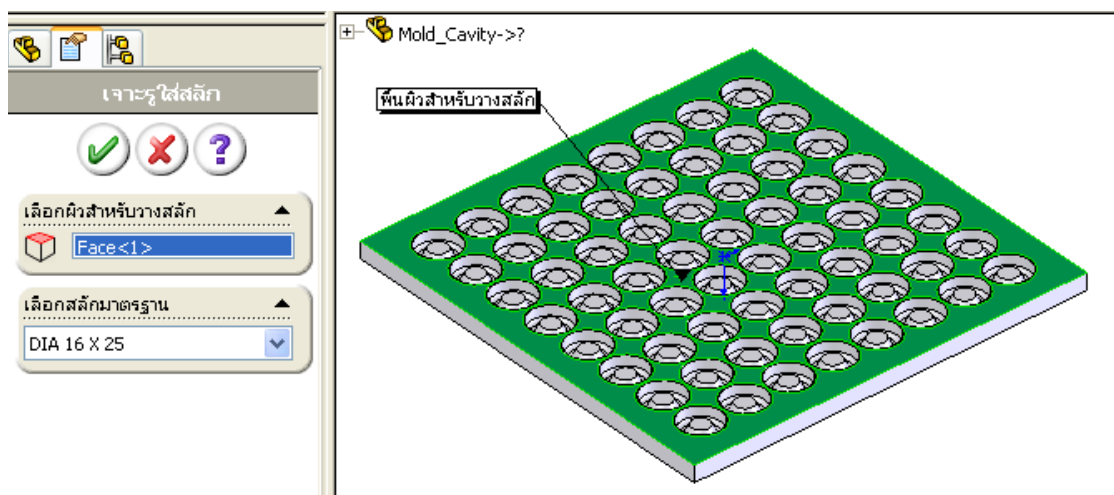
ภาพประกอบ ก-39 แม่พิมพ์ส่วนคอร์หลังการยืดผิว



ภาพประกอบ ก-40 แม่พิมพ์ส่วนแควดีหลังการยึดผิว

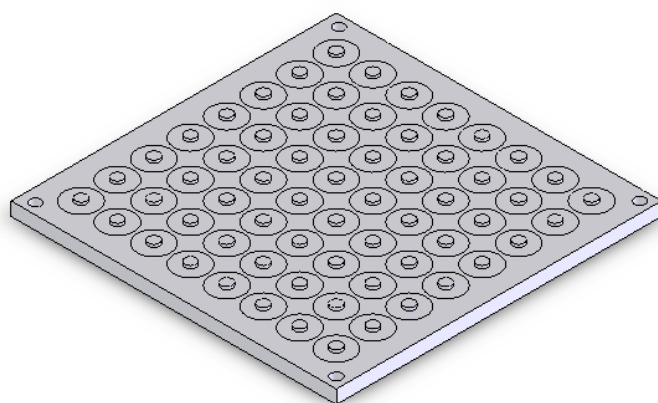
2.7 เจาะรูใส่สลัก

สำหรับขั้นตอนนี้จะเป็นการเจาะรูสำหรับใส่สลัก (Leader pin & Leader bush) บนแม่พิมพ์ทั้ง 2 แผ่น โดยผู้ใช้ต้องกำหนดผิวที่ต้องการเจาะรูและกำหนดสลักมาตรฐานที่จัดทำเป็นฐานข้อมูลไว้ดังภาพประกอบ ก-41

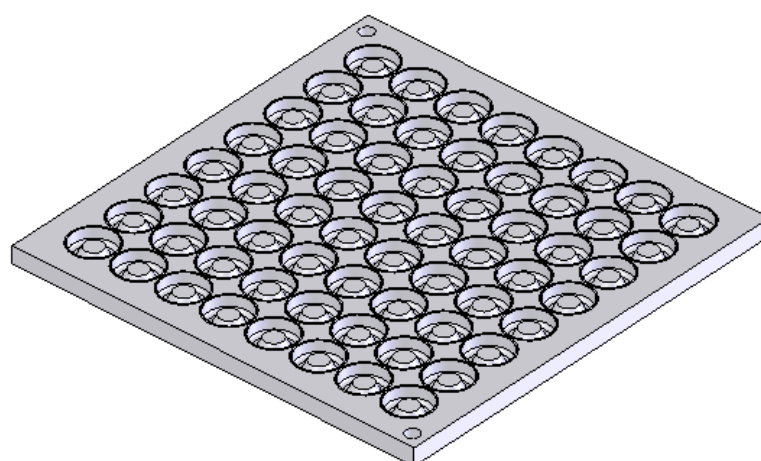


ภาพประกอบ ก-41 ขั้นตอนการเจาะรูใส่สลัก

หลังจากทำการเจาะรูแม่พิมพ์ทั้ง 2 แผ่นแล้ว แม่พิมพ์จะมีลักษณะดัง
ภาพประกอบ ก-42 และ ภาพประกอบ ก-44



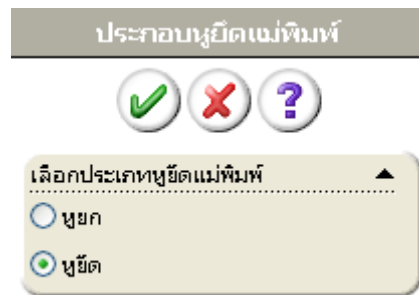
ภาพประกอบ ก-43 แม่พิมพ์ส่วนคอร์ที่ผ่านขั้นตอนการเจาะรูใส่สลัก



ภาพประกอบ ก-44 แม่พิมพ์ส่วนแคริดีที่ผ่านขั้นตอนการเจาะรูใส่สลัก

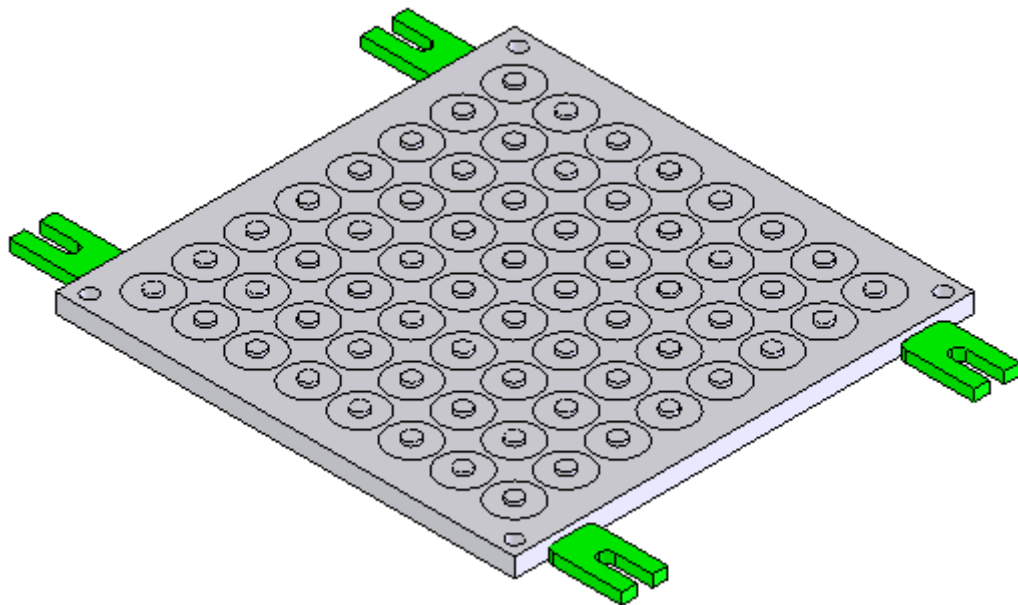
2.8 ประกอบหุ้ยัดแม่พิมพ์

เป็นขั้นตอนการประกอบหุ้ยัดแม่พิมพ์ให้กับแผ่นแม่พิมพ์ทั้งสอง โดยใน
โปรแกรมต้นแบบนี้จะมีหุ้ยัดแม่พิมพ์ 2 แบบ คือ แบบหุ้ยัดสำหรับประกอบกับแม่พิมพ์ที่ได้
ต้องยึดกับเครื่องอัด และแบบหุ้ยัดสำหรับประกอบกับแม่พิมพ์ที่ต้องยึดกับเครื่องอัด สำหรับ
ตัวอย่างนี้จะเลือกหุ้ยัดแบบหุ้ยัดเครื่องอัดดังภาพประกอบ ก-45

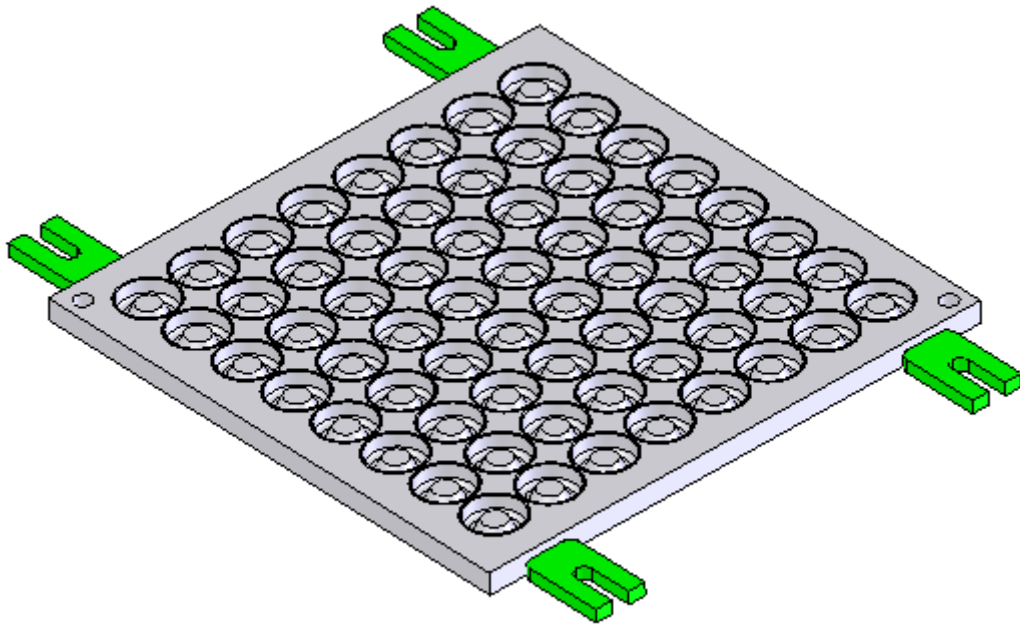


ภาพประกอบ ก-45 หน้าต่างประกอบหุ้ยัดแม่พิมพ์

หลังจากประกอบหุ้ยัดแม่พิมพ์แล้วก็จะได้แม่พิมพ์ที่สมบูรณ์ พร้อมทั้งจะนำไปสร้างรายละเอียด (Drawing) ของชิ้นส่วนต่างๆ หรือนำไฟล์นี้ไปเข้าสู่ระบบ CAM (Computer Aided Manufacturing) เพื่อสร้างเส้นทางเดินใบมีดให้กับเครื่องจักร CNC ต่อไป แม่พิมพ์ส่วนคอร์และแควดีเป็นดังภาพประกอบ ก-46 และภาพประกอบ ก-47



ภาพประกอบ ก-46 แม่พิมพ์ส่วนคอร์ (Core)



ภาพประกอบ ก-47 แม่พิมพ์ส่วนแควิตี (Cavity)

ภาคผนวก ข

ผลการประเมินจากโรงงานออกแบบและผลิตแม่พิมพ์

แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับโปรแกรม RCM-Designer Version 0.1

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมข้อมูลภายใต้โครงการวิจัย “ฟังก์ชันช่วยทำงานสำหรับการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางบนซอฟต์แวร์สำเร็จรูป” ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ตอนที่ 1 ข้อมูลผู้กรอกแบบสอบถาม

ชื่อ สุรศักดิ์ สอนศรี บริษัท เอราวัณรับเบอร์ จำกัด
ตำแหน่ง พนักงานออกแบบแม่พิมพ์ แผนก แม่พิมพ์
ประสบการณ์ในการทำงาน ด้าน ออกแบบแม่พิมพ์ เป็นระยะเวลา 6 ปี
ด้าน.....เป็นระยะเวลา.....ปี

ตอนที่ 2 ข้อมูลบริษัทของผู้กรอกแบบสอบถาม

บริษัทมีทุนจดทะเบียน 16 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ของบริษัท แม่พิมพ์, ผลิตภัณฑ์ยาง
จำนวนพนักงาน 150 คน รายได้ต่อปี - ล้านบาท

ตอนที่ 3 ข้อมูลการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์

- บริษัทของท่าน ☒ ออกแบบ ☒ ผลิตแม่พิมพ์ ☒ ใช้งานแม่พิมพ์
หากไม่ได้ใช้งานแม่พิมพ์ บริษัทผลิตแม่พิมพ์เพื่อ บริษัทในเครือ ☒ ลูกค้าภายนอก
 - ลูกค้าประมาณ 200 ราย
 - ผลิตใช้เองมากกว่า 80%
 - แม่พิมพ์ที่ต้องผลิตด้วยเครื่อง CNC จะนำแบบแม่พิมพ์ไปจ้างทำ
- บริษัทของท่านออกแบบแม่พิมพ์ชนิดใดบ้างต่อไปนี้
 - ☒ แม่พิมพ์อัด
 - แบบ ☒ สองแผ่น ☒ สามแผ่น ☒ อื่นๆ 4, 5 แผ่น
 - ☒ แม่พิมพ์ฉีด
 - แบบ ☒ สองแผ่น ☒ สามแผ่น ☒ อื่นๆ 4, 5 แผ่น
 - ☒ แม่พิมพ์กึ่งฉีด
 - แบบ ☒ สองแผ่น ☒ สามแผ่น

.....
.....
.....

3. ในการออกแบบแม่พิมพ์ใช้เวลาเฉลี่ยต่อหนึ่งตัวประมาณเท่าใด (ความเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไร)
 - แม่พิมพ์อย่างง่ายใช้เวลา 10-20 นาที
 - แม่พิมพ์ระดับปานกลางใช้เวลาประมาณ 1-2 ชม.
 - ระยะเวลาในการออกแบบแม่พิมพ์ขึ้นอยู่กับ Order ของลูกค้า
4. ในการผลิตแม่พิมพ์ต่อหนึ่งตัวใช้เวลาเฉลี่ยประมาณเท่าใด (ความเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไร)
 - แม่พิมพ์อย่างง่ายใช้เวลาประมาณ 1-3 วัน
 - แม่พิมพ์ระดับปานกลางใช้เวลาประมาณ 12-15 วัน
 - แม่พิมพ์ระดับยากใช้เวลา 1 เดือนขึ้นไป
 - ขึ้นอยู่กับระยะเวลาส่งมอบและปริมาณ order ของลูกค้า
5. เวลาส่งมอบแม่พิมพ์ต่อหนึ่งตัวใช้เวลาประมาณเท่าใด (ความเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไร)
 - แม่พิมพ์อย่างง่ายใช้ระยะเวลาประมาณ 7 วัน
 - แม่พิมพ์ระดับปานกลางใช้เวลาประมาณ 12-15 วัน
 - แม่พิมพ์ระดับยากใช้เวลา 1 เดือนขึ้นไป
 - ขึ้นอยู่กับระยะเวลาส่งมอบและปริมาณ order ของลูกค้า
6. ประสบการณ์ของผู้ที่รับผิดชอบการออกแบบแม่พิมพ์เป็นอย่างไร (ออกแบบมาแล้วกี่ปี ต้องมีความรู้อะไรบ้าง วุฒิการศึกษาเฉลี่ยเป็นอย่างไร)
 - 6 ปี
 - วุฒิการศึกษาอย่างน้อยต้องจบ ปวช.
 - มีทักษะด้านการเขียนแบบ อ่านแบบ
7. การแก้ไขแม่พิมพ์ หรือตีกลับจากลูกค้า โดยเฉลี่ยมีจำนวนครั้งเท่าไร และมักเกิดจากสาเหตุใดบ้าง
 - ประมาณ 2 ครั้ง
 - ชิ้นงานที่ผลิตได้มีขนาดไม่ตรงกับแบบ
8. เรียงลำดับค่าใช้จ่ายของแม่พิมพ์จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด (หมายเลข 1-มากที่สุด 4-น้อยที่สุด)

วัสดุ	ค่าแรง	ค่าออกแบบ	ค่าผลิต
1. ค่าผลิต	2. ค่าแรง	3. วัสดุ	4. ค่าออกแบบ

9. เรียงลำดับปัจจัยความสำเร็จในการส่งมอบแม่พิมพ์จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด (หมายเลข 1-มากที่สุด 4-น้อยที่สุด)
- | | | | |
|--------------|------------|----------------------|-------------------|
| การวางแผน | การออกแบบ | การผลิต | การประกอบและทดสอบ |
| 1. การวางแผน | 2. การผลิต | 3. การประกอบและทดสอบ | 4. การออกแบบ |
10. บริษัทให้ความสำคัญแก่การออกแบบแม่พิมพ์ระดับใด เพราะเหตุใด
- ☒ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยมาก
- เป็นจุดเริ่มต้นของการออกแบบ
11. ปัจจุบันบริษัทของท่านมีพนักงานที่สามารถออกแบบได้กี่คน (จากทั้งหมดกี่คน)
- 3 คน จากพนักงาน 22 คน (พนักงานแผนกแม่พิมพ์)
12. ในการรับพนักงานใหม่ที่ทำหน้าที่ออกแบบแม่พิมพ์ต้องใช้เวลานานเท่าใดจึงจะสามารถออกแบบแม่พิมพ์ได้ด้วยตนเอง (กรณีเป็นพนักงานใหม่ที่ไม่เคยทำงานด้านนี้มาก่อน)
- 1 เดือน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์แต่ละคน
13. ถ้ามีพนักงานที่ทำการออกแบบลาออกท่านคิดว่าพนักงานใหม่ที่เข้ามาทำงานจะสามารถออกแบบได้ทันที ☒ ไม่ได้ทันที หากต้องเตรียมการจะใช้เวลานานเท่าใด เพราะเหตุใด
- พนักงานเข้าใหม่ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน
 - พนักงานในบริษัทที่เปลี่ยนตำแหน่งใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์

ตอนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรม API

1. ปัจจุบันท่านมีซอฟต์แวร์หรือเครื่องมือช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์อะไรบ้าง
- AutoCAD
2. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้นำไปใช้งาน ☒ ได้จริง ไม่ได้จริง เพราะเหตุใด
- สามารถออกแบบแม่พิมพ์เบื้องต้นให้ลูกค้าดูได้
 - สามารถใช้ฝึกสอน (Train) ให้กับพนักงานใหม่ได้
3. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้สามารถลดระยะเวลาการออกแบบ หรือช่วยลดปัญหาการออกแบบสำหรับพนักงานใหม่ ☒ ได้ ไม่ได้ อย่างไร
- แต่พนักงานจะไม่ได้ทักษะเนื่องจากถูกรวบรวมไว้ในโปรแกรมแล้ว
 - สามารถฝึกสอนได้รวดเร็ว
 - จะต้องมีการใช้โปรแกรม 3D
4. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้มีความถูกต้องในระดับใด และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
- มากที่สุด มาก ☒ ปานกลาง น้อย น้อยมาก
- สามารถออกแบบแม่พิมพ์เฉพาะอย่างง่ายได้เท่านั้น

5. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้สามารถออกแบบได้เร็วระดับใด และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
- มากที่สุด ☒ มาก ปานกลาง น้อย น้อยมาก

.....

.....

.....

6. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้มีข้อดีอย่างไร (โปรดแสดงความคิดเห็น)

- สามารถลดเวลาในการฝึกสอนพนักงานใหม่ได้
- ออกแบบแม่พิมพ์ได้เร็วขึ้น

7. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้ควรตัดฟังก์ชันใดออกไป

.....

.....

.....

.....

8. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้ควรมีฟังก์ชันใดเพิ่มเติม

- รูปแบบของร่องตัดขอบที่หลากหลาย
- ขนาดแผ่นแม่พิมพ์และสลักที่เป็นมาตรฐาน
- การประเมินราคาแม่พิมพ์

9. หากท่านจะซื้อโปรแกรมนี้ไปใช้ท่านจะยอมเสียเงินเท่าใด

- ประมาณ 5,000 บาท

แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับโปรแกรม RCM-Designer Version 0.1

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมข้อมูลภายใต้โครงการวิจัย “ฟังก์ชันช่วยทำงานสำหรับการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางบนซอฟต์แวร์สำเร็จรูป” ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ตอนที่ 1 ข้อมูลผู้กรอกแบบสอบถาม

ชื่อ นวัตกรรม บริษัท Precise Engineering (ทำแม่พิมพ์ให้กับบริษัท เอสเคพอลิเมอร์)
ตำแหน่ง ผู้จัดการ แผนก.....
ประสบการณ์ในการทำงาน ด้าน ออกแบบแม่พิมพ์ เป็นระยะเวลา 8 ปี
ด้าน.....เป็นระยะเวลา.....ปี

ตอนที่ 2 ข้อมูลบริษัทของผู้กรอกแบบสอบถาม

บริษัทมีทุนจดทะเบียน 17 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ของบริษัท แม่พิมพ์
จำนวนพนักงาน 24 คน รายได้ต่อปี - ล้านบาท

ตอนที่ 3 ข้อมูลการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์

- บริษัทของท่าน ☒ ออกแบบ ☒ ผลิตแม่พิมพ์ ใช้งานแม่พิมพ์
หากไม่ได้ใช้งานแม่พิมพ์ บริษัทผลิตแม่พิมพ์เพื่อ ☒ บริษัทในเครือ ☒ ลูกค้าภายนอก
- บริษัทของท่านออกแบบแม่พิมพ์ชนิดใดบ้างต่อไปนี้
☒ แม่พิมพ์อัด
แบบ ☒ สองแผ่น ☒ สามแผ่น ☒ อื่นๆ 4, 5 แผ่น
☒ แม่พิมพ์ฉีด
แบบ ☒ สองแผ่น ☒ สามแผ่น ☒ อื่นๆ 4, 5 แผ่น
☒ แม่พิมพ์กึ่งฉีด
แบบ ☒ สองแผ่น ☒ สามแผ่น
 - เน้นแม่พิมพ์ฉีดเป็นหลัก
- ในการออกแบบแม่พิมพ์ใช้เวลาเฉลี่ยต่อหนึ่งตัวประมาณเท่าใด (ความเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไร)
 - แม่พิมพ์ 2 แผ่น ออกแบบ 1.5 วัน
 - ให้รายละเอียดแม่พิมพ์ (Drawing) 1 วัน

4. ในการผลิตแม่พิมพ์ต่อหนึ่งตัวใช้เวลาเฉลี่ยประมาณเท่าใด (ความเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไร)
 - แม่พิมพ์อย่างง่ายใช้เวลาประมาณ 1 วัน
 - แม่พิมพ์ระดับปานกลางใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน
 - แม่พิมพ์ระดับยากใช้เวลาประมาณ 10 วันขึ้นไป
 - ขึ้นอยู่กับระยะเวลาส่งมอบและกระบวนการผลิต
5. เวลาส่งมอบแม่พิมพ์ต่อหนึ่งตัวใช้เวลาประมาณเท่าใด (ความเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไร)
 - แม่พิมพ์อย่างง่ายใช้เวลาประมาณ 15 วัน
 - แม่พิมพ์ระดับปานกลางใช้เวลาประมาณ 30 วัน
 - แม่พิมพ์ระดับยากใช้เวลาประมาณ 45 วัน
 - ขึ้นอยู่กับกำหนดเวลาส่งมอบและปริมาณ order ของลูกค้า
6. ประสบการณ์ของผู้ที่รับผิดชอบการออกแบบแม่พิมพ์เป็นอย่างไร (ออกแบบมาแล้วกี่ปี ต้องมีความรู้อะไรบ้าง วุฒิการศึกษาเฉลี่ยเป็นอย่างไร)
 - มีความรู้ด้านโปรแกรมการออกแบบ
 - จบช่างกลฯ
 - มีประสบการณ์ด้านการขึ้นรูปชิ้นงานยาง
7. การแก้ไขแม่พิมพ์ หรือตีกลับจากลูกค้า โดยเฉลี่ยมีจำนวนครั้งเท่าไร และมักเกิดจากสาเหตุใดบ้าง
 - ประมาณ 3 ครั้ง
 - ออกแบบผิด
 - เกิดความผิดพลาดระหว่างการผลิต
8. เรียงลำดับค่าใช้จ่ายของแม่พิมพ์จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด (หมายเลข 1-มากที่สุด 4-น้อยที่สุด)

วัสดุ	ค่าแรง	ค่าออกแบบ	ค่าผลิต
1. ค่าผลิต	2. ค่าแรง	3. วัสดุ	4. ค่าออกแบบ
9. เรียงลำดับปัจจัยความสำเร็จในการส่งมอบแม่พิมพ์จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด (หมายเลข 1-มากที่สุด 4-น้อยที่สุด)

การวางแผน	การออกแบบ	การผลิต	การประกอบและทดสอบ
1. การผลิต	2. การวางแผน	3. การออกแบบ	4. การประกอบและทดสอบ
10. บริษัทให้ความสำคัญแก่การออกแบบแม่พิมพ์ระดับใด เพราะเหตุใด

☒ มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก
---	-----	---------	------	---------

 - เป็นจุดเริ่มต้นของการออกแบบ
11. ปัจจุบันบริษัทของท่านมีพนักงานที่สามารถออกแบบได้กี่คน (จากทั้งหมดกี่คน)
 - 2 คน จากพนักงาน 15 คน

12. ในการรับพนักงานใหม่ที่ทำหน้าที่ออกแบบแม่พิมพ์ต้องใช้เวลานานเท่าใดจึงจะสามารถออกแบบแม่พิมพ์ได้ด้วยตนเอง (กรณีเป็นพนักงานใหม่ที่ไม่เคยทำงานด้านนี้มาก่อน)
 - 1 เดือน สามารถออกแบบแม่พิมพ์อย่างง่ายได้
 - มีประสบการณ์ (3 ปี) ใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์
13. ถ้ามีพนักงานที่ทำการออกแบบลาออกท่านคิดว่าพนักงานใหม่ที่เข้ามาทำงานจะสามารถออกแบบได้ทันที ☒ ไม่ได้ทันที หากต้องเตรียมการจะใช้เวลานานเท่าใด เพราะเหตุใด
 - พนักงานเข้าใหม่ที่มีพื้นฐานบ้างแล้วใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์

ตอนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรม API

1. ปัจจุบันท่านมีซอฟต์แวร์หรือเครื่องมือช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์อะไรบ้าง
 - SolidWorks
2. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้น่าสามารถนำไปใช้งาน ☒ ได้จริง ไม่ได้จริง เพราะเหตุใด
 - ประยุกต์มาจากการออกแบบจริง
3. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้น่าสามารถลดระยะเวลาการออกแบบ หรือช่วยลดปัญหาการออกแบบสำหรับพนักงานใหม่ ☒ ได้ ไม่ได้ อย่างไร
4. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้น่ามีความถูกต้องในระดับใด และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

มากที่สุด มาก ☒ ปานกลาง น้อย น้อยมาก

 - สามารถออกแบบแม่พิมพ์เฉพาะอย่างง่ายได้เท่านั้น
5. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้น่าสามารถออกแบบได้เร็วระดับใด และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

มากที่สุด มาก ปานกลาง ☒ น้อย น้อยมาก

 - ยังไม่สามารถให้รายละเอียดแม่พิมพ์ที่นำไปใช้อ้างอิงสำหรับกระบวนการผลิตได้
6. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้น่ามีข้อดีอย่างไร (โปรดแสดงความคิดเห็น)
 - การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ
 - การออกแบบ Cavity อัดโน้มติ
7. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้น่าควรตัดฟังก์ชันใดออกไป
 - ยังไม่พอ
8. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้น่าควรมีฟังก์ชันใดเพิ่มเติม
 - รูปแบบของร่องตัดขอบที่หลากหลาย
 - แม่พิมพ์ชนิด 3 แผ่น
 - การประเมินราคาแม่พิมพ์

9. หากท่านจะซื้อโปรแกรมนี้ไปใช้ท่านจะยอมเสียเงินเท่าใด
 - ขึ้นอยู่กับความสามารถที่ทำได้
 - สำหรับการออกแบบแม่พิมพ์ 2 แผ่นราคาอยู่ประมาณหลักพัน

4. ในการผลิตแม่พิมพ์ต่อหนึ่งตัวใช้เวลาเฉลี่ยประมาณเท่าใด (ความเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไร)
 - แม่พิมพ์อย่างง่ายใช้เวลาประมาณ 4 วัน
 - แม่พิมพ์ระดับปานกลางใช้เวลาประมาณ 15-20 วัน
 - แม่พิมพ์ระดับยากใช้เวลาประมาณ 30-60 วันขึ้นไป
 - ขึ้นอยู่กับระยะเวลาส่งมอบและกระบวนการผลิต
5. เวลาส่งมอบแม่พิมพ์ต่อหนึ่งตัวใช้เวลาประมาณเท่าใด (ความเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไร)
 - หลังจากผลิตแม่พิมพ์เสร็จประมาณ 1-3 วัน
6. ประสบการณ์ของผู้ที่รับผิดชอบการออกแบบแม่พิมพ์เป็นอย่างไร (ออกแบบมาแล้วกี่ปี ต้องมีความรู้อะไรบ้าง วุฒิกการศึกษาเฉลี่ยเป็นอย่างไร)
 - มีความรู้ด้านการออกแบบแม่พิมพ์
 - มีความรู้ด้านการ Machining
7. การแก้ไขแม่พิมพ์ หรือตีกลับจากลูกค้า โดยเฉลี่ยมีจำนวนครั้งเท่าไร และมักเกิดจากสาเหตุใดบ้าง
 - ลูกค้าสั่งแก้ไขหรือเพิ่มเติม
 - เกิดจากกระบวนการผลิตไม่ดี
8. เรียงลำดับค่าใช้จ่ายของแม่พิมพ์จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด (หมายเลข 1-มากที่สุด 4-น้อยที่สุด)

วัสดุ	ค่าแรง	ค่าออกแบบ	ค่าผลิต
1. ค่าผลิต	2. ค่าออกแบบ	3. วัสดุ	4. ค่าแรง
9. เรียงลำดับปัจจัยความสำเร็จในการส่งมอบแม่พิมพ์จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด (หมายเลข 1-มากที่สุด 4-น้อยที่สุด)

การวางแผน	การออกแบบ	การผลิต	การประกอบและทดสอบ
1. การออกแบบ	2. การวางแผน	3. การผลิต	4. การประกอบและทดสอบ
10. บริษัทให้ความสำคัญแก่การออกแบบแม่พิมพ์ระดับใด เพราะเหตุใด

มากที่สุด	☒ มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก
• เป็นจุดเริ่มต้นของการออกแบบ				
11. ปัจจุบันบริษัทของท่านมีพนักงานที่สามารถออกแบบได้กี่คน (จากทั้งหมดกี่คน)
 - 2 คน จากพนักงาน 5 คน
12. ในการรับพนักงานใหม่ที่ทำหน้าที่ออกแบบแม่พิมพ์ต้องใช้เวลานานเท่าใดจึงจะสามารถออกแบบแม่พิมพ์ได้ด้วยตนเอง (กรณีเป็นพนักงานใหม่ที่ไม่เคยทำงานด้านนี้มาก่อน)
 - ประมาณ 1 ปีขึ้นไป

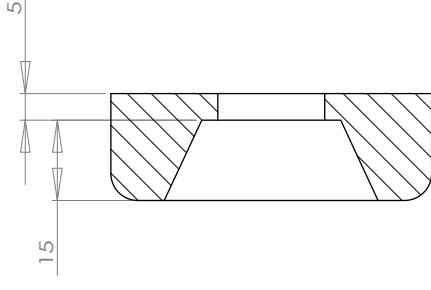
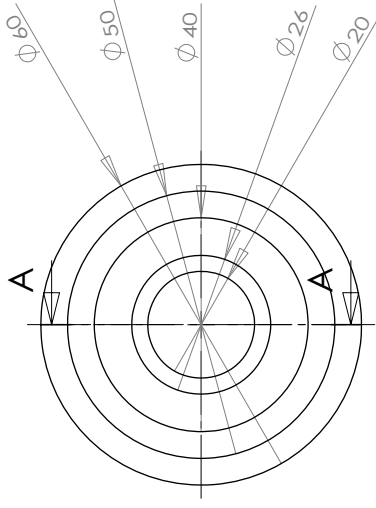
13. ถ้ามีพนักงานที่ทำการออกแบบลาออกท่านคิดว่าพนักงานใหม่ที่เข้ามาทำงานจะสามารถออกแบบ
- ☒ ได้ทันที ☐ ไม่ได้ทันที หากต้องเตรียมการจะใช้เวลาานเท่าใด เพราะเหตุใด
- ถ้าเป็นคนในองค์กรเดิมสามารถออกแบบได้ทันที
 - ถ้าเป็นพนักงานใหม่ ไม่สามารถออกแบบได้ทันที

ตอนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรม API

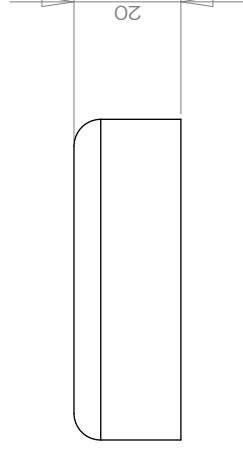
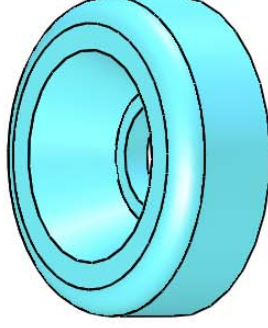
1. ปัจจุบันท่านมีซอฟต์แวร์หรือเครื่องมือช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์อะไรบ้าง
- Cimatron
2. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้นำไปใช้งาน ☒ ได้จริง ☐ ไม่ได้จริง เพราะเหตุใด
3. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้นำมาลดระยะเวลาการออกแบบ หรือช่วยลดปัญหาการออกแบบสำหรับพนักงานใหม่ ☒ ได้ ☐ ไม่ได้ อย่างไร
4. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้มีความถูกต้องในระดับใด และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
- มากที่สุด มาก ☒ ปานกลาง น้อย น้อยมาก
5. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้สามารถออกแบบได้เร็วระดับใด และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
- มากที่สุด ☒ มาก ปานกลาง น้อย น้อยมาก
- ไม่ต้องเสียเวลากับการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
6. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้มีข้อดีอย่างไร (โปรดแสดงความคิดเห็น)
- ลดเวลาในการออกแบบ
 - ทำให้การออกแบบแม่พิมพ์มีมาตรฐานเดียวกัน
7. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้ควรตัดฟังก์ชันใดออกไป
8. ท่านคิดว่าโปรแกรมนี้ควรมีฟังก์ชันใดเพิ่มเติม
- รูปแบบของร่องตัดขอบที่หลากหลาย
 - แม่พิมพ์ชนิด 3 แผ่น
 - การประเมินราคาแม่พิมพ์
 - สามารถแก้ไขข้อมูลต่างๆ ได้
9. หากท่านจะซื้อโปรแกรมนี้ไปใช้ท่านจะยอมเสียเงินเท่าใด
- 5,000 - 6,000 บาท

ภาคผนวก ค

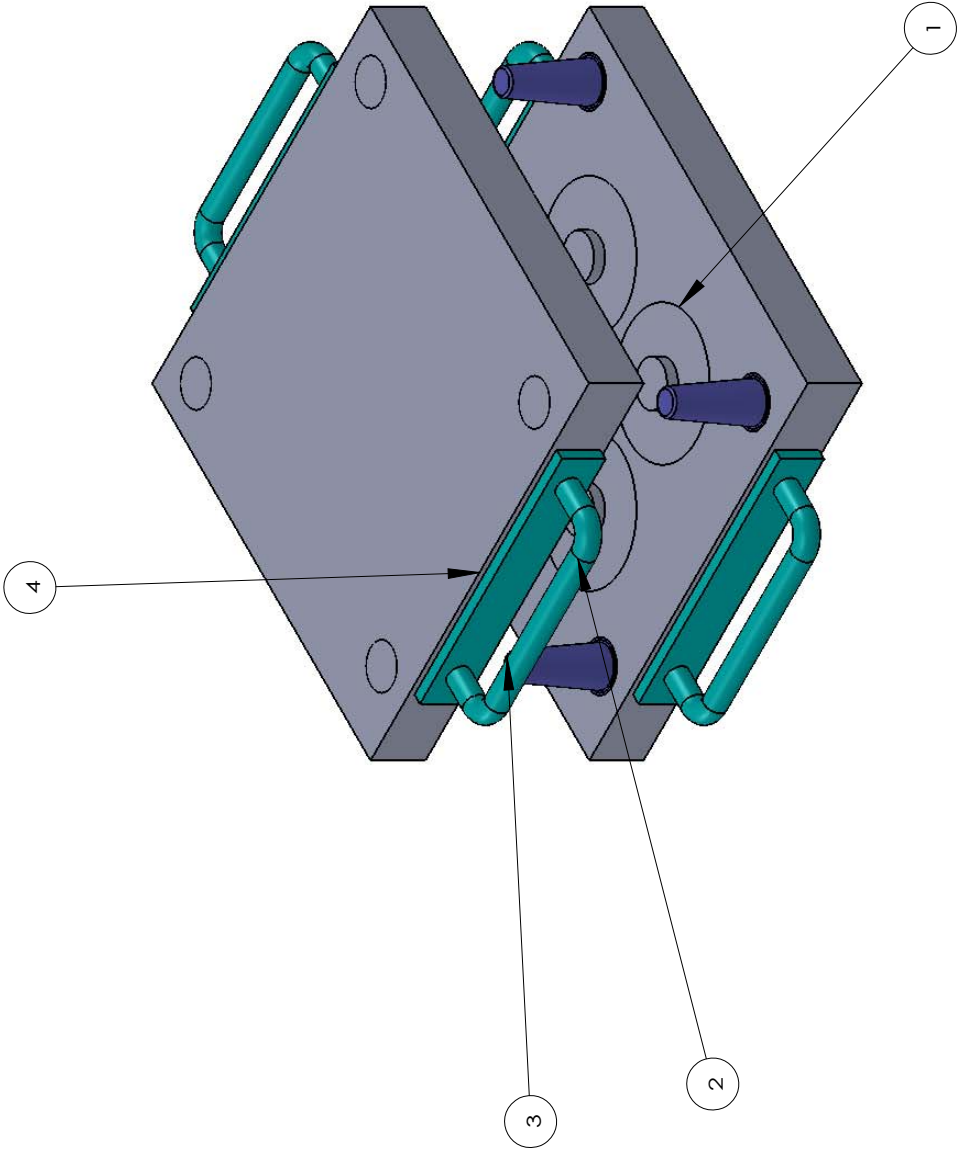
ตัวอย่างของแบบแม่พิมพ์และผลการทดสอบเวลาในการออกแบบ



SECTION A-A



	Mold Detail	D
	Mold Type:	
	Mold Material:	
	Rubber Material:	
	Shrinkage:	%
	Cavity:	
	Mold Width:	mm.
	Mold Length:	mm.
	Mold Height:	mm.
	DATE:	30/7/2552
	Drawn:	
	TITLE:	2Plate
	DWG NO.	A3
	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1



Mold Detail

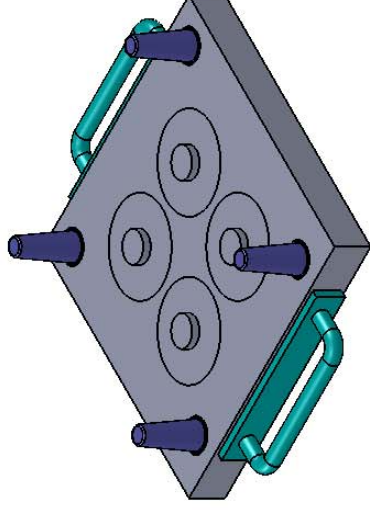
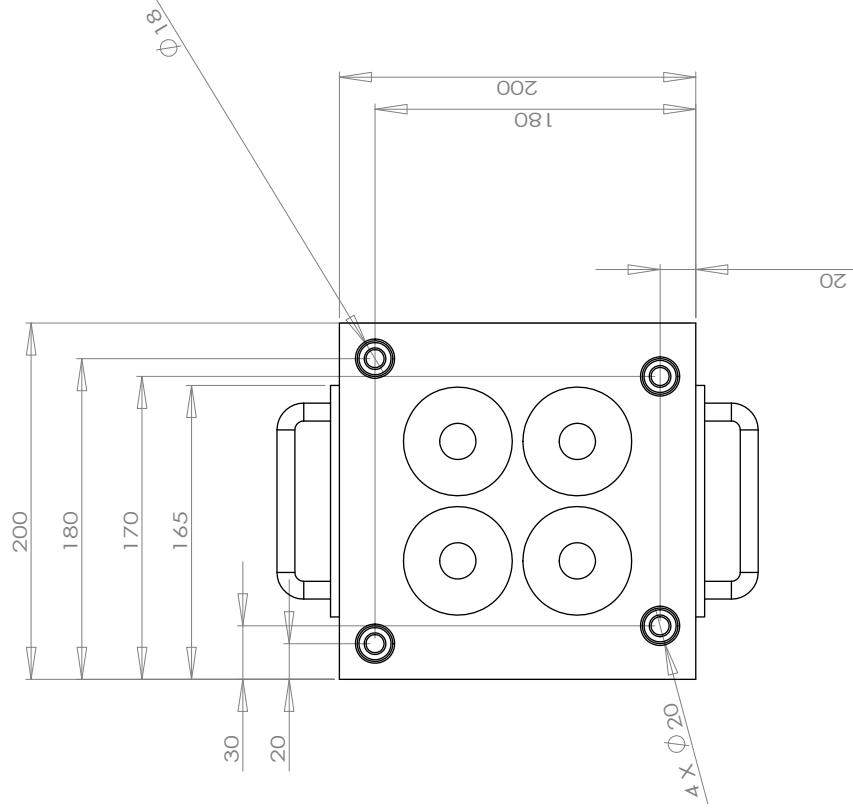
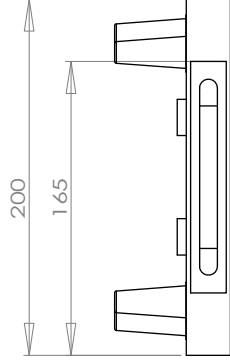
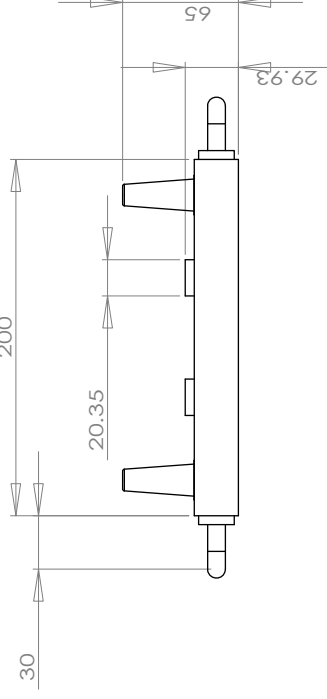
Mold Type:	2-Plate
Mold Material:	S50C
Rubber Material:	NR_65
Shrinkage:	1.75 %
Cavity:	4
Mold Width:	200 mm.
Mold Length:	200 mm.
Mold Height:	50 mm.

DATE:	15/7/2552
Drawn:	Chukree Deasa
TITLE:	Assem_Mold
DWG NO.	A3
SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1

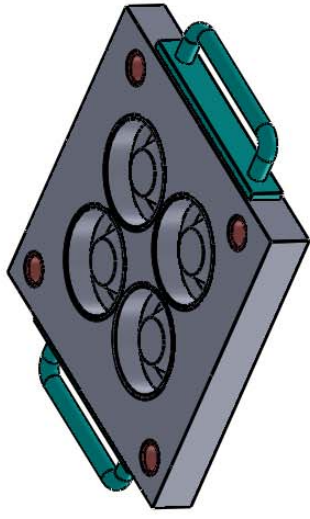
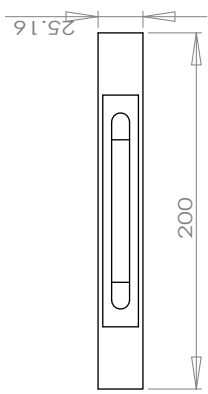
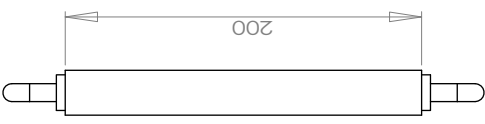
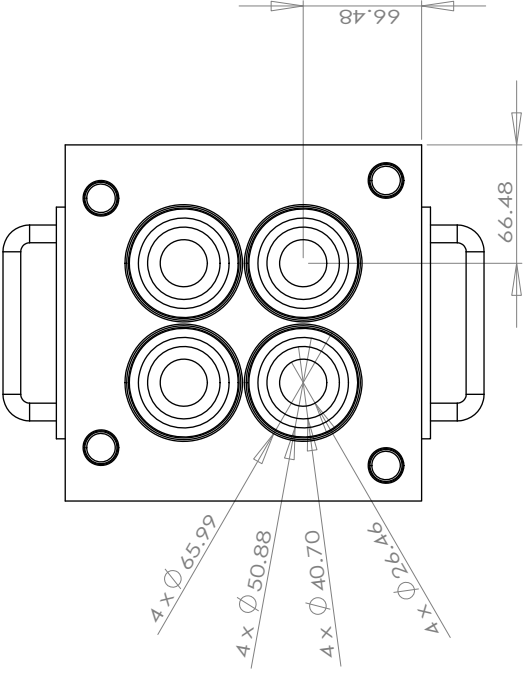
Compression Machine Data

Machine Name:	P100
Machine Power:	100
Min. Mold Support:	200
Max. Mold Support:	400

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Mold_Core		1
2	Hinge		4
3	Pin		4
4	Mold_Cavity		1
5	Guide		4

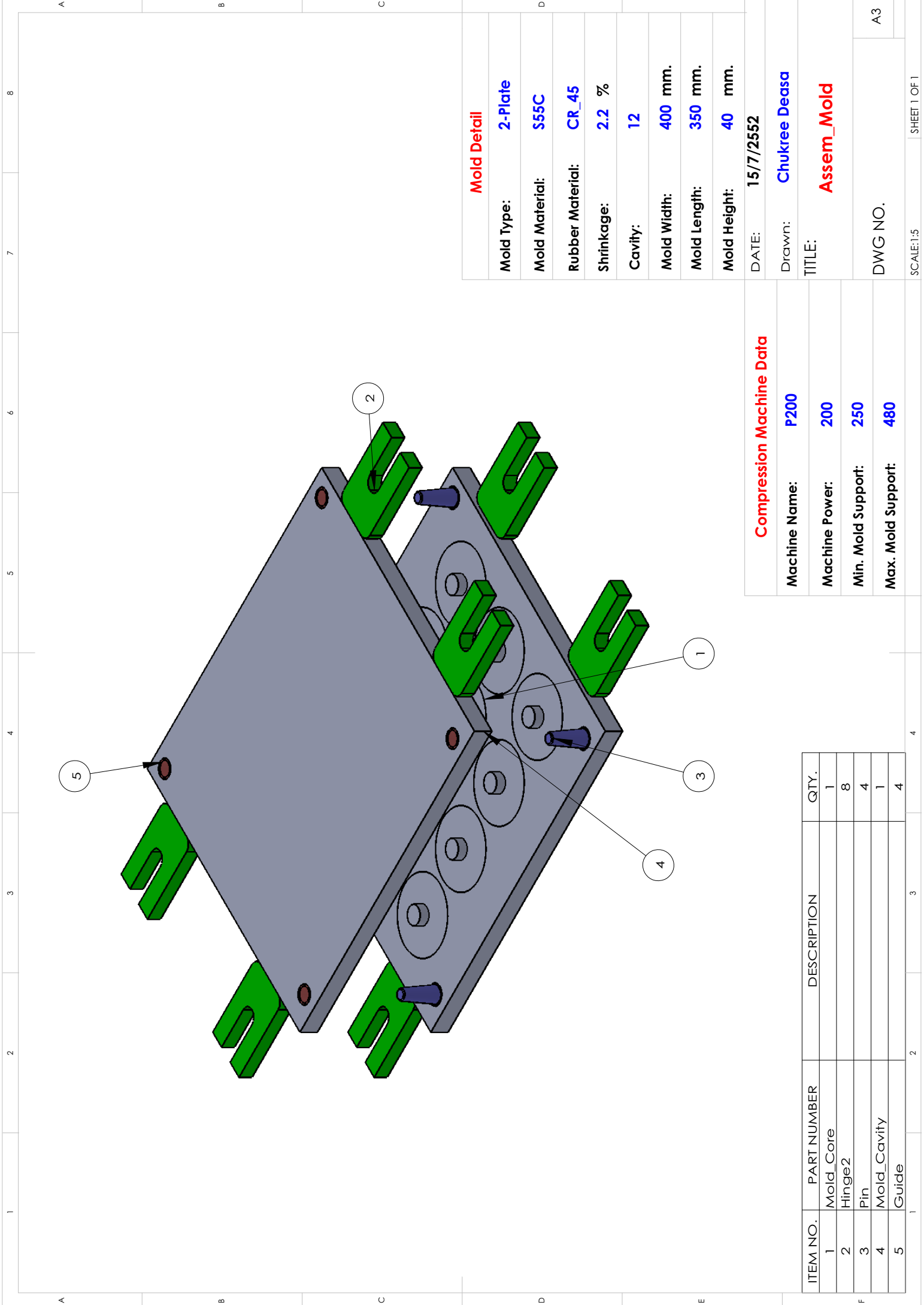


Mold Detail		
Mold Type:	2-Plate	
Mold Material:	S50C	
Rubber Material:	NR_65	
Shrinkage:	1.75 %	
Cavity:	4	
Mold Width:	200 mm.	
Mold Length:	200 mm.	
Mold Height:	50 mm.	
DATE:	15/7/2552	
Drawn:	Chukree Deasa	
TITLE:	Assem_Core	
DWG NO.	A3	
SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1	



Mold Detail	
Mold Type:	2-Plate
Mold Material:	S50C
Rubber Material:	NR_65
Shrinkage:	1.75 %
Cavity:	4
Mold Width:	200 mm.
Mold Length:	200 mm.
Mold Height:	50 mm.
DATE:	15/7/2552
Drawn:	Chukree Deasa
TITLE:	Assem_Cavity
DWG NO.	A3

Compression Machine Data	
Machine Name:	P100
Machine Power:	100
Min. Mold Support:	200
Max. Mold Support:	400



Mold Detail

Mold Type:	2-Plate
Mold Material:	S55C
Rubber Material:	CR_45
Shrinkage:	2.2 %
Cavity:	12
Mold Width:	400 mm.
Mold Length:	350 mm.
Mold Height:	40 mm.

DATE: 15/7/2552

Drawn: Chukree Deasa

TITLE: Assem_Mold

DWG NO. A3

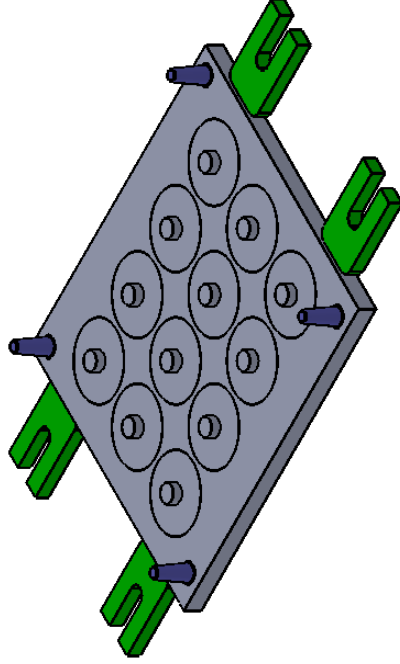
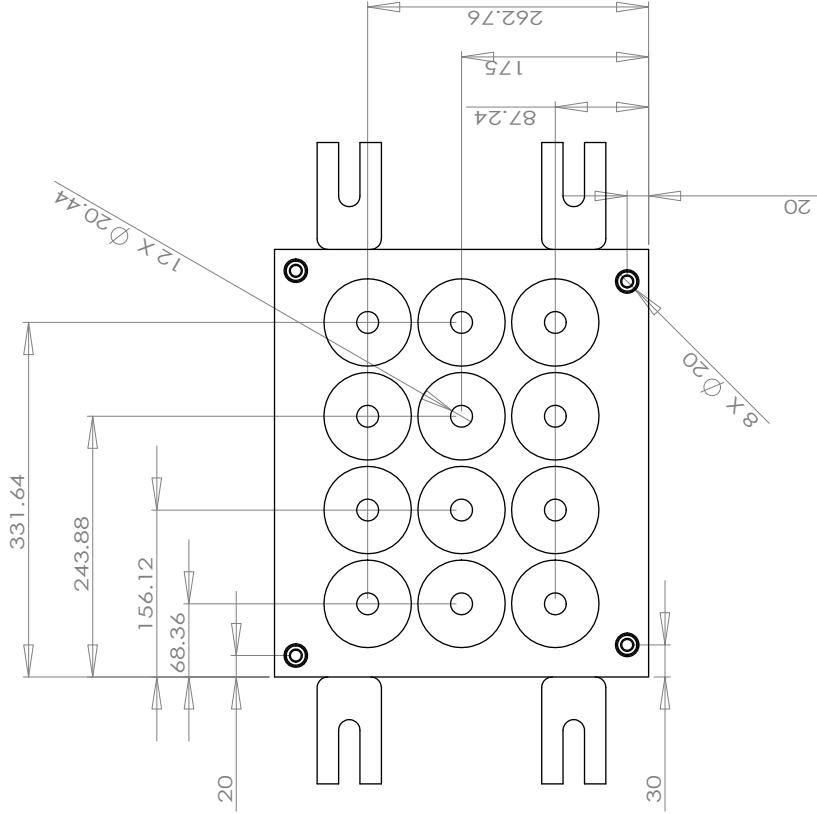
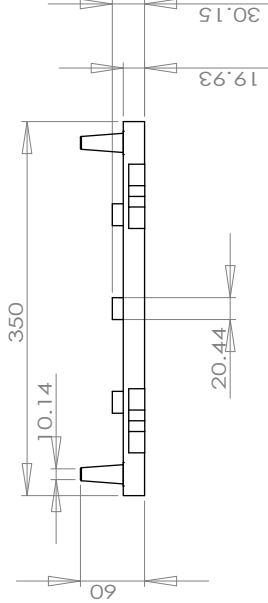
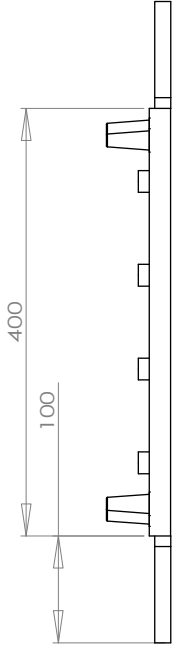
SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1

Compression Machine Data

Machine Name:	P200
Machine Power:	200
Min. Mold Support:	250
Max. Mold Support:	480

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Mold_Core		1
2	Hinge2		8
3	Pin		4
4	Mold_Cavity		1
5	Guide		4



Mold Detail

Mold Type:	2-Plate
Mold Material:	S55C
Rubber Material:	CR_45
Shrinkage:	2.2 %
Cavity:	12
Mold Width:	400 mm.
Mold Length:	350 mm.
Mold Height:	40 mm.

DATE: 15/7/2552

Drawn: Chukree Deasa

TITLE: Assem_Core

DWG NO.

A3

Compression Machine Data

Machine Name: P200

Machine Power: 200

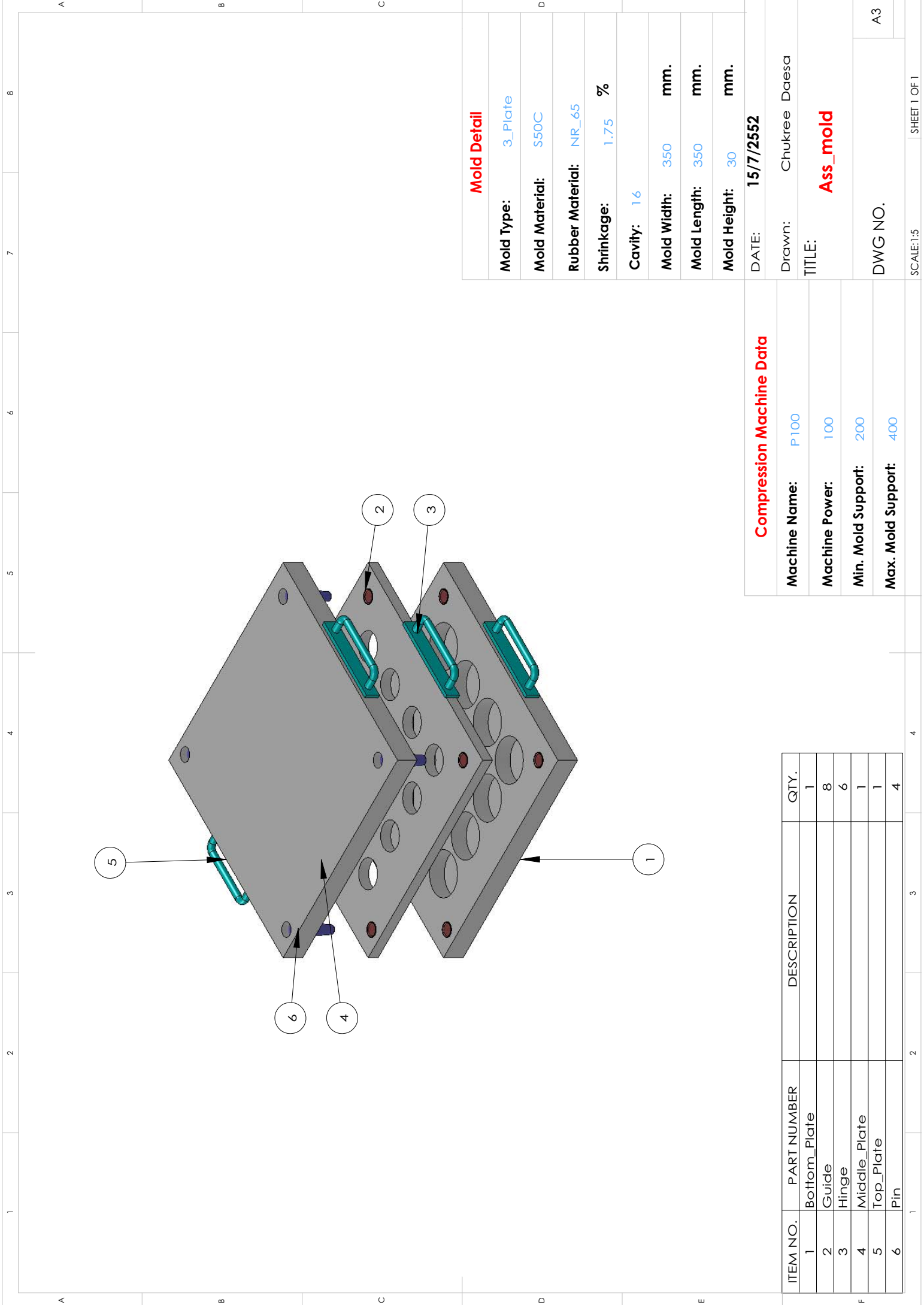
Min. Mold Support: 250

Max. Mold Support: 480

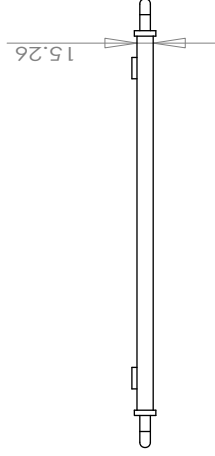
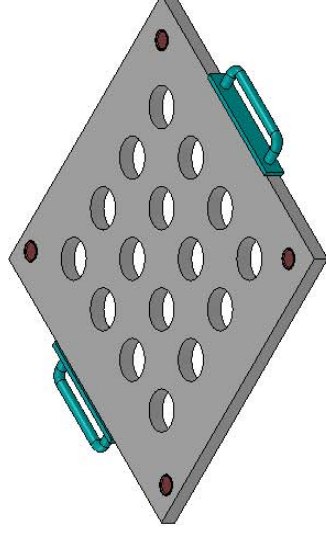
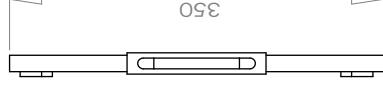
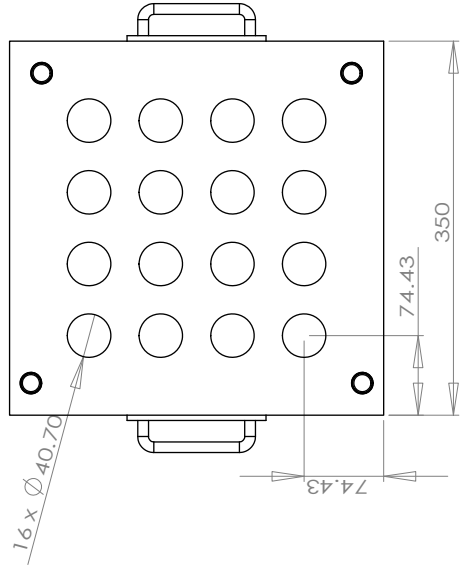
SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1

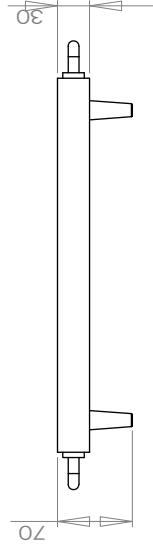
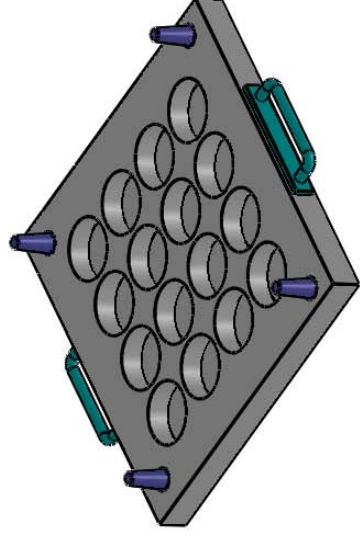
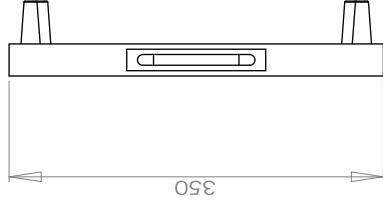
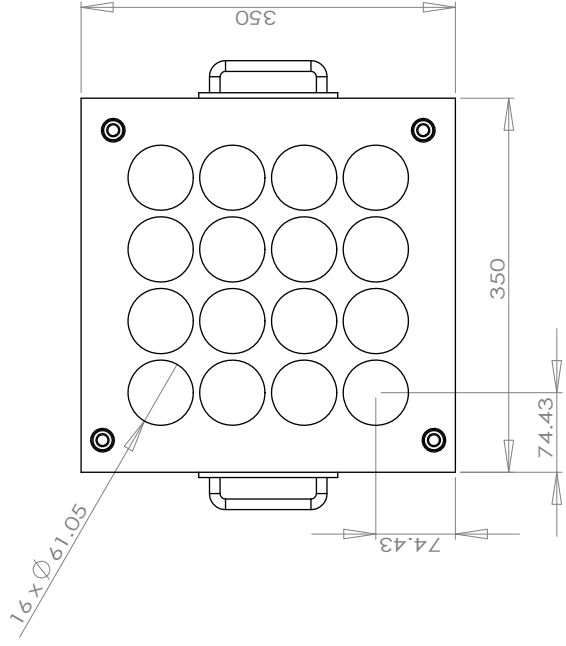
		1		2		3		4		5		6		7		8	
A																A	
B																B	
C																C	
D																D	
E																E	
F																F	



A	B	C						



Mold Detail		D
Mold Type:	3_Plate	
Mold Material:	S50C	
Rubber Material:	NR_65	
Shrinkage:	1.75 %	
Cavity:	16	
Mold Width:	350 mm.	
Mold Length:	350 mm.	
Mold Height:	30 mm.	
DATE:	15/7/2552	
Drawn:	Chukree Daesa	
TITLE:	Ass_Middle	
DWG NO.	A3	
SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1	



Mold Detail		D
Mold Type:	3_Plate	
Mold Material:	S50C	
Rubber Material:	NR_65	
Shrinkage:	1.75 %	
Cavity:	16	
Mold Width:	350 mm.	
Mold Length:	350 mm.	
Mold Height:	30 mm.	
DATE:	15/7/2552	
Drawn:	Chukree Daesa	
TITLE:	Ass_Top	
DWG NO.	A3	
SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1	

แบบสอบถาม

กรุณาตอบคำถามต่อไปนี้

ข้อมูลผู้ประเมิน	
ชื่อบริษัท	เอ็มโปรเรียมเซอร์วิส จำกัด
ชื่อ-สกุล	นายชาญกิตติชัย บุรณภักดี
ตำแหน่ง	ออกแบบ
ประสบการณ์ทำงาน	2
ซอฟต์แวร์ CAD ที่ใช้	UG NX3

จากแบบแม่พิมพ์ตัวอย่างทั้ง 3 ชุดที่แนบมาในไฟล์สกุล PDF หากท่านเป็นผู้ออกแบบแม่พิมพ์ ท่านจะใช้เวลาในการออกแบบและเขียนแบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์และรายละเอียดดังตัวอย่างที่ให้มาเป็นเวลานานเท่าใด (โดยเริ่มจากการรับไฟล์ CAD ของรูปร่างชิ้นงานตามที่แนบไป)

แม่พิมพ์	เวลาที่ใช้ (นาที)
Mold 1	220
Mold 2	180
Mold 3	240

ขอความกรุณาในการกรอกแบบสอบถามและส่งมายัง

นายชุกรี แดสา

Email: shuk_111@hotmail.com

หรือแฟกซ์มาที่ 074-212-892

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา 90112

แบบสอบถาม

กรุณาตอบคำถามต่อไปนี้

ข้อมูลผู้ประเมิน	
ชื่อบริษัท	สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
ชื่อ-สกุล	ฐานวัฒน์ ศศิเมธีพัชร
ตำแหน่ง	หน.ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์
ประสบการณ์ทำงาน	12 ปี
ซอฟต์แวร์ CAD ที่ใช้	Unigraphics, Pro/Eng

จากแบบแม่พิมพ์ตัวอย่างทั้ง 3 ชุดที่แนบมาในไฟล์สกุล PDF หากท่านเป็นผู้ออกแบบแม่พิมพ์ ท่านจะใช้เวลาในการออกแบบและเขียนแบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์และรายละเอียดดังตัวอย่างที่ให้มาเป็นเวลานานเท่าใด (โดยเริ่มจากการรับไฟล์ CAD ของรูปร่างชิ้นงานตามที่แนบไป)

แม่พิมพ์	เวลาที่ใช้ (นาที)
Mold 1	180
Mold 2	180
Mold 3	300

ขอความกรุณาในการกรอกแบบสอบถามและส่งมายัง

นายชุกรี แดสา

Email: shuk_111@hotmail.com

หรือแฟกซ์มาที่ 074-212-892

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา 90112

แบบสอบถาม

กรุณาตอบคำถามต่อไปนี้

ข้อมูลผู้ประเมิน	
ชื่อบริษัท	เอ็มโปเรียมเซอร์วิสจำกัด
ชื่อ-สกุล	ภรภัทร วรินรำไพ
ตำแหน่ง	ออกแบบแม่พิมพ์
ประสบการณ์ทำงาน	5 ปี
ซอฟต์แวร์ CAD ที่ใช้	UG

จากแบบแม่พิมพ์ตัวอย่างทั้ง 3 ชุดที่แนบมาในไฟล์สกุล PDF หากท่านเป็นผู้ออกแบบแม่พิมพ์ ท่านจะใช้เวลาในการออกแบบและเขียนแบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์และรายละเอียดดังตัวอย่างที่ให้มาเป็นเวลานานเท่าใด (โดยเริ่มจากการรับไฟล์ CAD ของรูปร่างชิ้นงานตามที่แนบไป)

แม่พิมพ์	เวลาที่ใช้ (นาที)
Mold 1	180
Mold 2	240
Mold 3	240

ขอความกรุณาในการกรอกแบบสอบถามและส่งมายัง

นายชุกรี แดสา

Email: shuk_111@hotmail.com

หรือแฟกซ์มาที่ 074-212-892

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา 90112

แบบสอบถาม

กรุณาตอบคำถามต่อไปนี้

ข้อมูลผู้ประเมิน	
ชื่อบริษัท	เอราวัณ รับเบอร์ จำกัด
ชื่อ-สกุล	นายอุทิศย์ นาจันทร์ทอง
ตำแหน่ง	รองหัวหน้าฝ่ายแม่พิมพ์
ประสบการณ์ทำงาน	10 ปี
ซอฟต์แวร์ CAD ที่ใช้	AutoCAD 2009

จากแบบแม่พิมพ์ตัวอย่างทั้ง 3 ชุดที่แนบมาในไฟล์สกุล PDF หากท่านเป็นผู้ออกแบบแม่พิมพ์ ท่านจะใช้เวลาในการออกแบบและเขียนแบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์และรายละเอียดดังตัวอย่างที่ให้มาเป็นเวลานานเท่าใด (โดยเริ่มจากการรับไฟล์ CAD ของรูปร่างชิ้นงานตามที่แนบไป)

แม่พิมพ์	เวลาที่ใช้ (นาที)
Mold 1	35
Mold 2	50
Mold 3	90

ขอความกรุณาในการกรอกแบบสอบถามและส่งมายัง

นายชุกรี แดสา

Email: shuk_111@hotmail.com

หรือแฟกซ์มาที่ 074-212-892

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา 90112

ภาคผนวก ง
บทความนำเสนอในที่ประชุมวิชาการ



ระบบการออกแบบแม่พิมพ์อัดสำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

A Compression Mold Design System for Rubber Products

ชุกรี แดสา¹ สุภาพรณ ไชยประพัทธ์^{1*} ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร²

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

² ภาควิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เขตสวนหลวง

กรุงเทพมหานคร 10250

E-mail: supapan.s@psu.ac.th*

Shukree Deasa¹ Supapan Chaiprapat^{1*} Srisit Chianrabutra²

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112

²Department of Automotive Engineering, Faculty of Engineering,
Thai-Nichi Institute of Technology Suanluang, Bangkok 10250

E-mail: supapan.s@psu.ac.th*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ยางได้เข้ามามีบทบาทกับการดำรงชีวิตของมนุษย์มากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมยานยนต์ อิเล็กทรอนิกส์ หรือสิ่งของเครื่องใช้ในครัวเรือนมีการประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์ยางทดแทนวัสดุเดิมมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ยางต่างๆ เหล่านี้ได้มาจากการบวนการขึ้นรูปด้วยวิธีการใช้เบ้าพิมพ์แบบต่างๆ คือแบบอัด (Compression molding) แบบฉีด (Injection molding) แบบกึ่งฉีด (Transfer molding) โดยเบ้าพิมพ์แบบอัดเป็นพิมพ์แบบง่าย ราคาถูกกว่าอีก 2 แบบ ใช้กันอย่างกว้างขวางในการทำผลิตภัณฑ์ยางโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์มีรายละเอียดที่ต้องอาศัยทักษะและประสบการณ์ที่ชำนาญของผู้ออกแบบแม่พิมพ์ในการตัดสินใจ ซึ่งแนวคิดและขั้นตอนในการออกแบบแม่พิมพ์ของผู้ออกแบบแต่ละคนก็แตกต่างกันไปตามประสบการณ์งานวิจัยนี้ได้ทำการรวบรวมองค์ความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาสร้างเป็นระบบการออกแบบแม่พิมพ์อัดสำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางที่มีขั้นตอนเป็นมาตรฐาน ระบบการออกแบบแม่พิมพ์ในงานวิจัยนี้จะใช้เป็นโครงสร้างในการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับงานวิจัยในอนาคต ผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าระบบที่ได้

จัดสร้างขึ้นมานี้จะช่วยลดเวลาและอำนวยความสะดวกในการออกแบบแม่พิมพ์ที่มีความสะดวกมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยผลักดันให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางมีความแพร่หลายและสามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้มากยิ่งขึ้น

คำหลัก ผลิตภัณฑ์ยาง แม่พิมพ์อัด การออกแบบแม่พิมพ์ ร่องตัดขอบ ร่องระบายยาง

Abstract

Rubber products have increasingly become an integrated part of our daily lives, ranging from being components of automobile, electronic appliances, to regular household products. These products are fabricated from different processes such as compression molding, injection molding and transfer molding. Among these, compression molding is known to be the most widely used because the design and manufacturing of the molds are least complicated. However, mold designing is still very much experience-based. Decisions are usually made on the ground of designer's proficiency, causing unnecessary variation in the process. To eliminate such variation, a design procedure must be systemized. This study proposes a conceptual design system for compression mold. Practical industrial design techniques were surveyed before selectively captured and integrated into the system. By exercising the design concept presented in this study, the mold design process would be made simpler and more consistent. Future

study will be directed toward the development of window-based software aided mold design. In the end, this system would expectedly help promote Thailand's rubber product industry to be more competitive in the world market

Keywords: Rubber products, Compression mold, Mold design, Cutting line

1. บทนำ

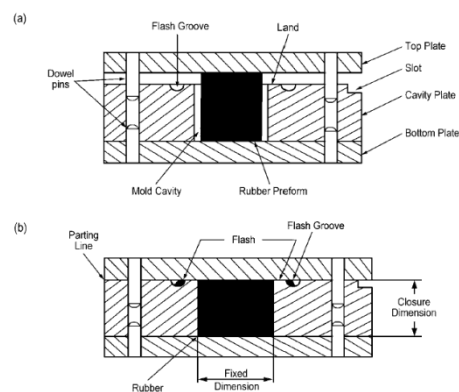
อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางนับเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อประเทศทั้งในแง่ของการจ้างงานและการส่งออก เนื่องจากประเทศไทยมีศักยภาพสูงในด้านวัตถุดิบที่เป็นข้อได้เปรียบต่อประเทศคู่แข่ง ซึ่งในปี 2549 มีมูลค่าส่งออกในกลุ่มอุตสาหกรรมไม่น้อยกว่า 8,422 ล้านเหรียญสหรัฐ โดยมีอัตราการขยายตัวร้อยละ 38.96 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2548 การส่งออกยางพาราขั้นต้นประเภทยางแผ่น ยางแท่ง น้ำยางข้น และยางขั้นต้นอื่น ๆ มีมูลค่าส่งออกรวมกันประมาณ 5,364.84 ล้านเหรียญสหรัฐ ขยายตัวร้อยละ 44.60 และ ผลิตภัณฑ์ยางมีการส่งออก 3,057.96 ล้านเหรียญสหรัฐ ขยายตัวร้อยละ 30.06 โดยในช่วงต้นปีอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางอยู่ในภาวะการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ตามตลาดโลกที่ยังคงมีปริมาณความต้องการใช้ยางเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะตลาดในประเทศจีน ที่ใช้ยางในปริมาณมากเพื่อรองรับการขยายตัวของเศรษฐกิจ [1]

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ยางมีการขยายตัวน้อยกว่ายางพาราขั้นต้นเนื่องจากวิทยาการทางด้านการออกแบบแม่พิมพ์ยังมีการศึกษาอยู่ในวงจำกัด ทั้งกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ก็ยังต้องการเทคโนโลยีขั้นสูง ทำให้การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางไม่มีความก้าวหน้าเท่าที่ควร แม้ว่าในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตหลายรายนำเสนอโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน แต่ส่วนใหญ่ยังเป็นงานในกลุ่มแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดที่จะรวบรวมองค์ความรู้ทางด้านการออกแบบแม่พิมพ์ยางเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางหรือใช้เป็นโครงสร้างในการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่มีลักษณะการดำเนินการคล้ายคลึงกับโปรแกรมซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพื่อช่วยลดเวลาและความยุ่งยากในขั้นตอนการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์อัดยางอันจะเป็นการส่งเสริมการสร้างสรรคการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ยางให้มีความแพร่หลายมากยิ่งขึ้น

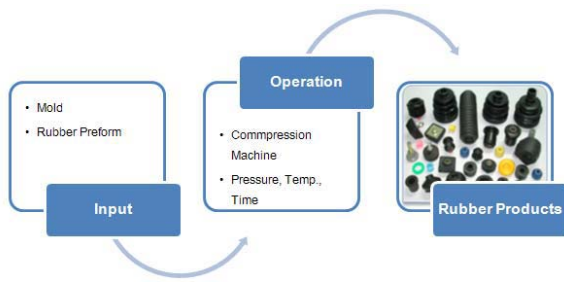
2. กระบวนการอัด (Compression molding)

การขึ้นรูปยางที่ได้ผสมสารต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ให้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ สรุปได้ 4 วิธี คือ การใช้เบ้าพิมพ์ (Molding) การอัดผ่านตาย (Extruding) การใช้เครื่องคาลเ็นเดอร์ (Calender) และการฉาบสารละลายยางบนผ้า (Spreading on fabric from rubber solution) การใช้เบ้าพิมพ์ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง เป็นวิธีการทำให้ยางเกิดเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์พร้อมๆ กับการเกิดปฏิกิริยาการคงรูปโดยความร้อนและแรงอัด [2] แม่พิมพ์อัดเป็นแม่พิมพ์ชนิดหนึ่งในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ยางที่นิยมใช้ในปัจจุบันเนื่องจากสามารถออกแบบและผลิตได้ง่าย อีกทั้งยังมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าแม่พิมพ์ชนิดอื่นๆ แม่พิมพ์อัดประกอบด้วยเบ้าตัวเมีย (Cavity) และเบ้าตัวผู้ (Core) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์อัด [4]

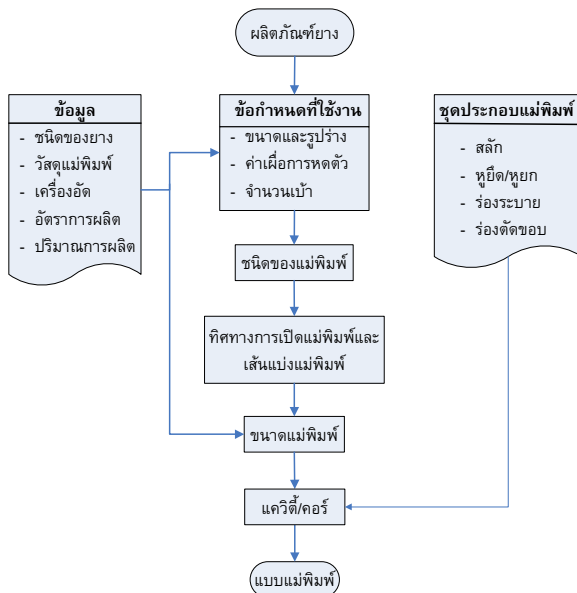
กระบวนการอัดขึ้นรูปนั้นเริ่มจากการนำแม่พิมพ์อัดไปประกอบเข้ากับเครื่องอัด (Compression machine) ใส่แผ่นยางที่เรียกว่าแผ่นพรีฟอร์ม (Preform) ไว้ในแม่พิมพ์ จากนั้นทำการอัดเบ้าตามค่าอุณหภูมิ ความดันและเวลาที่ตั้งค่าไว้จนได้เป็นชิ้นงานออกมาแล้วจึงนำไปตากแต่งเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จต่อไป จากขั้นตอนดังกล่าวสามารถสรุปเป็นกระบวนการอัดขึ้นรูปได้ดังนี้ [3]



รูปที่ 2 กระบวนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

3. กระบวนการออกแบบแม่พิมพ์อัด

การออกแบบแม่พิมพ์อัดสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง พิจารณาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการได้ออกแบบ ทั้งจากเอกสารตำราทางวิชาการและข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตแม่พิมพ์และผลิตภัณฑ์ยางที่สามารถสรุปเป็นกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์ได้ดังนี้



รูปที่ 3 กระบวนการออกแบบแม่พิมพ์

3.1 ข้อมูลเบื้องต้น

3.1.1 ขนาดชิ้นงาน

ขนาดของชิ้นงานจะเป็นตัวแปรที่จะนำมาพิจารณาในการแบ่งชนิดแม่พิมพ์และคำนวณหาขนาดแม่พิมพ์ ขนาดชิ้นงานสามารถหาได้จากการวัดจากชิ้นงานจริงหรือจากแบบชิ้นงาน (Detailed drawing) ที่ได้จากโปรแกรมเขียนแบบ

3.1.2 เครื่องอัด (Compression machine)

เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางจากแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้ ข้อมูลของเครื่องอัดที่จะนำมาพิจารณาในการออกแบบแม่พิมพ์จะประกอบด้วย ขนาดกำลังของเครื่อง ขนาดของแท่นสำหรับวางแผ่นแม่พิมพ์ ระยะและตำแหน่งในการจับยึดแม่พิมพ์ เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะใช้สำหรับการคำนวณขนาดแม่พิมพ์และการใส่หุ้ยัดและหุยกให้กับแม่พิมพ์

3.1.3 จำนวนเบ้า

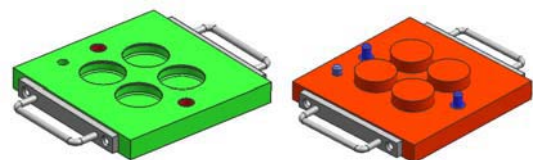
จำนวนเบ้าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดแม่พิมพ์ การคำนวณหาจำนวนเบ้าจะพิจารณาจากขนาดชิ้นงาน ซึ่งจะส่งผลต่อขนาดแม่พิมพ์และเครื่องอัดที่ใช้ในการขึ้นรูปด้วย นอกจากนี้จำนวนเบ้ายังขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตและปริมาณการผลิตชิ้นงานที่ต้องการอีกด้วย

3.2 ชนิดของแม่พิมพ์อัด

การแบ่งชนิดของแม่พิมพ์อัดที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางนั้นจะพิจารณาจากรูปร่างของชิ้นงาน การเลือกเส้นแบ่งแม่พิมพ์ การถอดชิ้นงาน การผลิตแม่พิมพ์ และการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะสามารถแบ่งแม่พิมพ์อัดได้ 2 ชนิดคือ

3.2.1 แม่พิมพ์อัดชนิด 2 แผ่น

แม่พิมพ์อัดชนิดนี้นิยมใช้สำหรับอัดขึ้นรูปชิ้นงานที่มีรูปร่างไม่ซับซ้อนและมีความหนาของชิ้นงานไม่เกิน 20 มม. เช่น โอริง ปะเก็น เป็นต้น ตัวอย่างแม่พิมพ์ชนิด 2 แผ่นดังรูปที่ 4

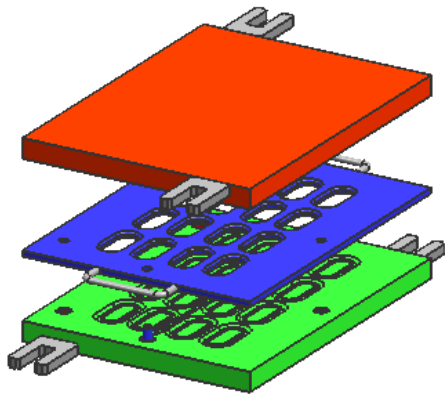


รูปที่ 4 แม่พิมพ์ชนิด 2 แผ่น

3.2.2 แม่พิมพ์อัดชนิด 3 แผ่น

แม่พิมพ์ชนิดนี้จะใช้กับชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน ซึ่งหากขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบ 2 แผ่นจะทำให้การดึงชิ้นงานออกจากเบ้าไม่ได้ นอกจากนี้ยังใช้สำหรับชิ้นงาน

ที่มีความสูงเกิน 20 มม. จากตำแหน่งการเปิดแม่พิมพ์ ตัวชิ้นงานที่ผลิตด้วยแม่พิมพ์ชนิดนี้ เช่น ยางครอบ ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ปะเก็นที่หนาเกิน 20 มม. เป็นต้น ตัวอย่างแม่พิมพ์ชนิดนี้เป็นดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แม่พิมพ์ชนิด 3 แผ่น

3.3 เลือกวัสดุ

3.3.1 ชนิดของยาง

เมื่อยางผ่านการอัดขึ้นรูปแล้วนั้นยางจะมีการหดตัว ค่าการหดตัวของยางที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของยาง แต่ละชนิด ค่าดังกล่าวจะถูกใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบว่า จะต้องเผื่อขนาดของแม่พิมพ์เป็นเท่าใด จึงจะทำให้เมื่อผ่านการอัดขึ้นรูปชิ้นงานแล้ว ชิ้นงานที่ได้จะมีขนาดตามที่ต้องการ

3.3.2 วัสดุแม่พิมพ์

เหล็กที่ใช้เป็นวัสดุในการผลิตแม่พิมพ์นั้นจะต้องมีการนำความร้อนที่ดีและรองรับแรงอัดตามเงื่อนไขในการอัดขึ้นรูปชิ้นงานยางได้ ในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางจะนิยมใช้วัสดุแม่พิมพ์เป็นเหล็กเกรด S50C

3.4 ทิศทางการเปิดแม่พิมพ์และเส้นแบ่งแม่พิมพ์

3.4.1 ทิศทางการเปิดแม่พิมพ์

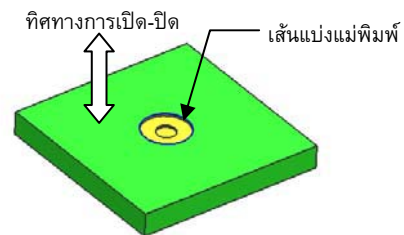
การเลือกทิศทางการเปิดแม่พิมพ์จะพิจารณาจากการถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์เป็นหลัก คือต้องเลือกเปิดในทิศทางที่สามารถถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายและสะดวก นอกจากนี้ยังพิจารณาจากพื้นที่หน้าตัด

ของชิ้นงานด้วย โดยพิจารณาเลือกทิศทางจากระนาบที่มีพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานมากที่สุด

3.4.2 เส้นแบ่งแม่พิมพ์ (Parting line)

เส้นแบ่งแม่พิมพ์เป็นตำแหน่งของการเปิด-ปิดแม่พิมพ์ และยังเป็นเส้นที่แบ่งแม่พิมพ์ออกเป็นส่วนเบ้าตัวเมีย (Cavity) และส่วนเบ้าตัวผู้ (Core) การเลือกเส้นแบ่งแม่พิมพ์เป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในการออกแบบแม่พิมพ์ ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการเลือกเส้นแบ่งแม่พิมพ์ดังนี้ [5]

1. พิจารณาจากชิ้นงานตัวอย่างที่ต้องการออกแบบแม่พิมพ์ โดยเลือกจากเส้นแบ่งแม่พิมพ์ของชิ้นงานตัวอย่างนั้น
2. เส้นแบ่งแม่พิมพ์ต้องอยู่ในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางการเปิด-ปิดแม่พิมพ์ ตัวอย่างดังรูปที่ 6



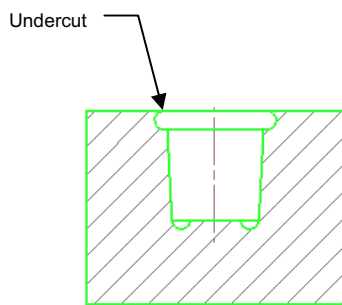
รูปที่ 6 เส้นแบ่งแม่พิมพ์

3. เส้นแบ่งแม่พิมพ์จะต้องไม่ทำให้เกิดอันเดอร์คัต (Undercut) ขึ้นบนแผ่นแม่พิมพ์ ซึ่งจะมีผลต่อกระบวนการผลิตแม่พิมพ์และกระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงานได้ เช่น ไม่สามารถผลิตแม่พิมพ์ตามที่ต้องการมาได้หรือเมื่ออัดขึ้นรูปแล้วไม่สามารถเอาชิ้นงานออกจากเบ้าได้ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเลือกเส้นแบ่งแม่พิมพ์

เมื่อสร้างเป็นแม่พิมพ์จะทำให้เกิดอันเดอร์คัต (Undercut) ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การเกิดอันเดอร์คัต

4. เส้นแบ่งแม่พิมพ์จะต้องอยู่ในแนวเส้นรอบๆ ตำแหน่งขนาดโตสุดของชิ้นงานโดยมองในทิศทางปิด-เปิดแม่พิมพ์

ข้อแตกต่างในการเลือกเส้นแบ่งแม่พิมพ์ระหว่างการออกแบบแม่พิมพ์อัดกับการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดยางคือ แม่พิมพ์อัดจะเลือกเส้นแบ่งแม่พิมพ์ที่อยู่ในระนาบราบเรียบเท่านั้นเพราะในกระบวนการอัดขึ้นรูปจะต้องมีการวางยางลงบนเบ้าพิมพ์ถ้าหากเป็นพื้นผิวที่ไม่ราบเรียบอาจวางยางไม่ได้และจะมีผลต่อรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วย ในขณะที่แม่พิมพ์ฉีดยางจะมีเส้นแบ่งแม่พิมพ์ได้ 2 แบบ คือ แบบราบเรียบ และแบบไม่ราบเรียบเนื่องจากกระบวนการฉีดนั้นไม่ต้องการวางวัสดุชิ้นงานลงบนแม่พิมพ์โดยจะทำการปิดพิมพ์แล้วจึงฉีดน้ำยางเหลวเข้าไป

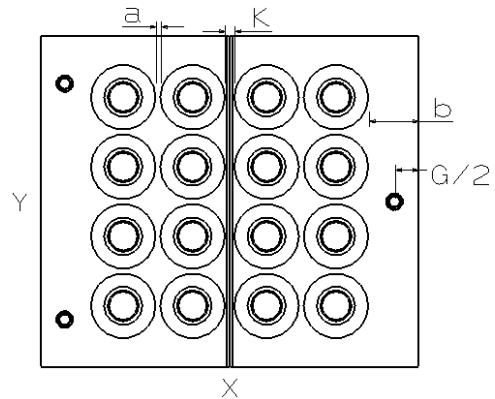
3.5 ขนาดของแม่พิมพ์

ขนาดของแม่พิมพ์จะขึ้นอยู่กับจำนวนเบ้าที่ต้องการต่อแม่พิมพ์และขนาดของเครื่องอัดที่ใช้ในการขึ้นรูป นอกจากนี้ขนาดของแม่พิมพ์จะต้องเผื่อการวางสลักสำหรับประกอบแม่พิมพ์ การวางร่องตัดขอบ (Cutting line) และการวางร่องระบายยางด้วย การคำนวณขนาด

แม่พิมพ์สามารถแยกคำนวณตามชนิดของแม่พิมพ์ได้ดังนี้

3.4.1 แม่พิมพ์ชนิด 2 แผ่น

การคำนวณหาขนาดของแม่พิมพ์โดยจะกำหนดให้ทั้ง 2 แผ่นนั้นมีขนาดเท่ากันสามารถคำนวณได้ดังนี้



รูปที่ 9 ขนาดแม่พิมพ์

คำนวณขนาดแม่พิมพ์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} X &= N_x (D+a) + ka + G \\ Y &= N_y (D+a) + b \end{aligned} \quad (1)$$

กำหนดให้

D = ขนาดของส่วนที่โตสุดของชิ้นงาน

a = ระยะห่างระหว่างเบ้าอย่างน้อย 5 มม.

N_x = จำนวนเบ้าในแนว X

N_y = จำนวนเบ้าในแนว Y

G = ระยะการวางสลักเท่ากับ 80 มม.

b = ระยะห่างขอบเบ้าถึงขอบแม่พิมพ์ด้านที่ไม่ได้วางสลักเท่ากับ 40 มม.

K = ระยะเผื่อการวางร่องระบาย

c = จำนวนร่องระบาย

3.4.2 แม่พิมพ์ชนิด 3 แผ่น

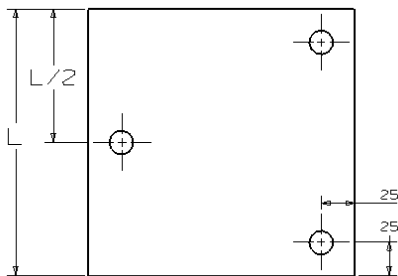
การคำนวณขนาดแม่พิมพ์ชนิด 3 แผ่นนั้น แผ่นบนและแผ่นล่างสามารถใช้การคำนวณตามแม่พิมพ์ชนิด 2 แผ่นได้ ส่วนแผ่นกลางจะมีความหนาเท่ากับระยะห่างระหว่างเส้นแบ่งแม่พิมพ์ทั้งสอง

3.6 ชุดประกอบแม่พิมพ์

3.6.1 สลักนำ

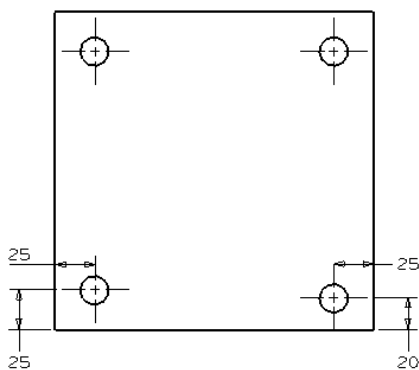
สลักจะประกอบด้วยตัวผู้ (Pin) และตัวเมีย (Bush) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวปรับตำแหน่งของหน้าสัมผัสแม่พิมพ์เมื่อแม่พิมพ์ปิดในระหว่างขั้นตอนการอัด นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสลักบังคับตำแหน่ง (Locating pin) เมื่อประกอบแม่พิมพ์เข้าด้วยกัน การวางสลักให้กับชุดแม่พิมพ์มี 2 แบบคือ

1. แบบสลัก 3 ตัว การวางสลักแบบนี้จะใช้ในกรณีที่เป็นแม่พิมพ์ขนาดเล็กเช่นมีขนาดไม่เกิน 400 มม. โดยตัวอย่างรูปแบบและระยะการวางดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การวางสลักแบบ 3 ตัว

2. แบบสลัก 4 ตัว กรณีที่เป็นแม่พิมพ์ขนาดใหญ่เช่นมีขนาดเกิน 400 มม. จะมีการวางสลัก 4 ตัวเพื่อให้สามารถประกอบแม่พิมพ์ได้ ตัวอย่างรูปแบบการวางเป็นดังรูปที่ 11

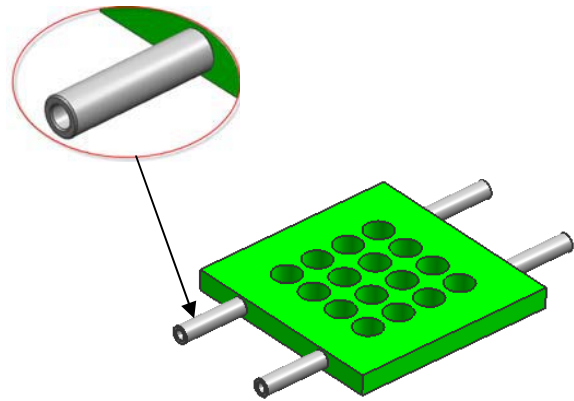


รูปที่ 11 การวางสลักแบบ 4 ตัว

3.6.2 หุยกแม่พิมพ์

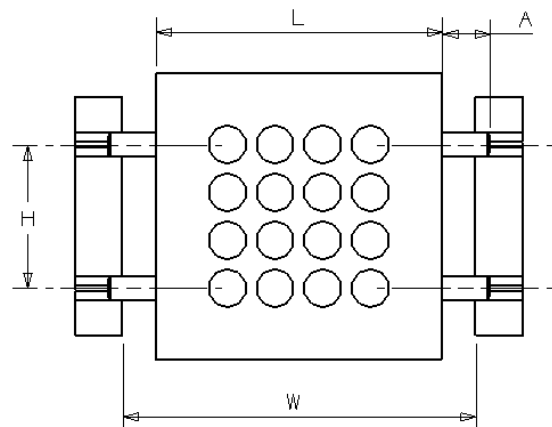
ในกรณีที่แม่พิมพ์ชนิด 3 แผ่น ในกระบวนการอัดขึ้นรูปนั้นแม่พิมพ์แผ่นล่างจะจับยึดอยู่กับแท่นเครื่อง

อัดส่วนล่างและแม่พิมพ์แผ่นบนจะจับยึดอยู่กับแท่นเครื่องอัดส่วนบน แผ่นกลางนั้นจะยกเข้าไปวางบนแผ่นล่างเพื่อทำการอัดขึ้นรูปชิ้นงานและจะยกออกจากแผ่นล่างเพื่อปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ การยกเข้า-ออกของแม่พิมพ์แผ่นกลางนั้นจะมีแขนของเครื่องอัดยื่นเข้ามายกแม่พิมพ์ ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างหุยกให้กับแม่พิมพ์แผ่นกลาง ตัวอย่างลักษณะของหุยกเป็นดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ลักษณะของหุยกและการประกอบกับแม่พิมพ์

จากตัวอย่างของหุยกในรูปที่ 12 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. ส่วนความยาวนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของแม่พิมพ์และระยะแขนยกของเครื่องอัดที่ใช้ การประกอบหุยกกับแม่พิมพ์และระยะต่างๆ เป็นดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 ระยะหุยกและแขนยกแม่พิมพ์กำหนดให้

A = ความยาวของหุยก

L = ความยาวของแม่พิมพ์

H = ระยะห่างระหว่างร่องหุยก

W = ระยะแขนยก

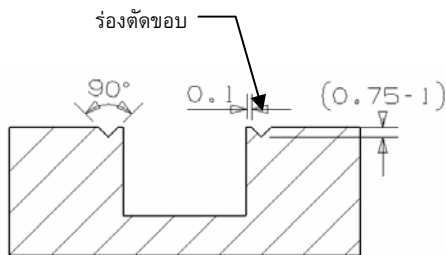
$$A = (W - L) + 15$$

ความยาวของหูยกแม่พิมพ์เท่ากับระยะแขนยกของเครื่องอัดลบด้วยความยาวของแม่พิมพ์และหูยกควรจะต้องยื่นเข้าไปในร่องของแขนยกอย่างน้อย 15 มม.

3.6.3 ร่องตัดขอบ (Cutting line)

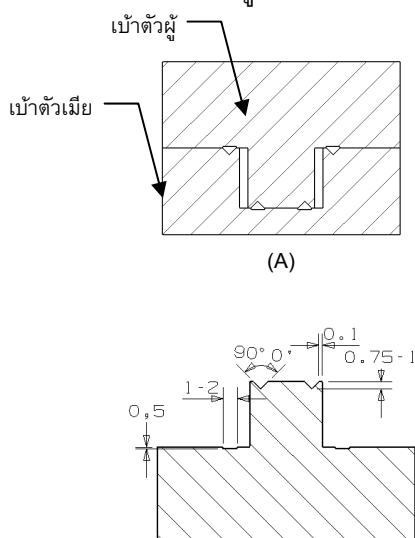
เป็นร่องที่ใช้สำหรับตัดขอบชิ้นงานออกจากส่วนที่เป็นครีป ทำให้ดึงครีปออกจากชิ้นงานได้ง่าย การสร้างร่องตัดขอบ (Cutting line) มีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมี 2 แบบดังนี้

1. แบบร่องสามเหลี่ยม ร่องตัดขอบแบบนี้จะสร้างให้กับแม่พิมพ์ที่เป็นเบ้าตัวเมียทั้งสองแผ่นโดยมีลักษณะของร่องและขนาดเป็นดังรูปที่ 14

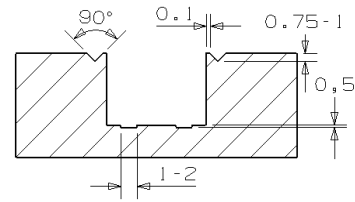


รูปที่ 14 ร่องตัดขอบ (Cutting line)

2. แบบร่องสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยม ร่องแบบนี้จะสร้างในกรณีที่มีแม่พิมพ์เป็นแบบที่มีทั้งเบ้าตัวเมีย (Cavity) และเบ้าตัวผู้ (Core) โดยจะสร้างร่องสามเหลี่ยมให้กับส่วนเบ้าตัวเมียและสร้างร่องสี่เหลี่ยมให้กับส่วนเบ้าตัวผู้ ลักษณะและขนาดเป็นดังรูปที่ 15



(B)

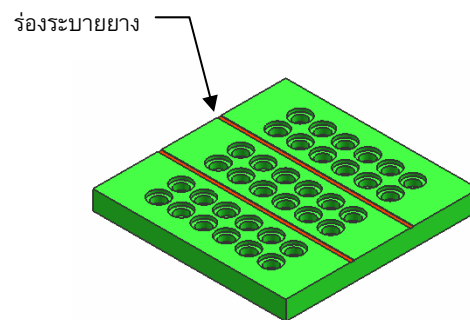


(C)

รูปที่ 15 การสร้างร่องตัดขอบ (A) ขณะประกอบแม่พิมพ์ (B) ส่วนเบ้าตัวเมีย (C) ส่วนเบ้าตัวผู้

3.6.3 ร่องระบายยาง

ในกระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงานนั้นจะมีการวางยางลงบนแม่พิมพ์ซึ่งจะมีปริมาณมากพอที่จะเต็มเบ้าและล้นออกมาเป็นครีป (Flash) ถ้าหากยางมีความแข็งมากจะทำให้ยางหนืดและไหลตัวไม่ดี เมื่ออัดขึ้นรูปแล้วเกิดยางไม่เต็มเบ้าได้ ดังนั้นในกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์จึงต้องมีการออกแบบให้มีร่องระบายยาง เพื่อช่วยให้ยางไหลตัวได้ดี และช่วยให้ยางส่วนที่เหลือไหลออกจากแม่พิมพ์ได้ โดยจะวางร่องระบายนี้ไว้บนแม่พิมพ์แผ่นล่าง ตัวอย่างการสร้างร่องระบายนี้มีลักษณะดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 ร่องระบายยาง

4. สรุป

ในกระบวนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางนั้นจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นผลมาจากแม่พิมพ์และเงื่อนไขที่ใช้ในกระบวนการอัด โดยเงื่อนไขที่ใช้ในกระบวนการอัดได้แก่ ความดัน อุณหภูมิ และเวลา ซึ่งตัวแปรเหล่านั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของยางที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ส่วนแม่พิมพ์จะเป็นผลมาจากกระบวนการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ กระบวนการออกแบบแม่พิมพ์จึงนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการรวบรวมองค์ความรู้ทางด้านการออกแบบแม่พิมพ์อัดสำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

นำมาจัดทำเป็นระบบการออกแบบแม่พิมพ์ที่สามารถใช้
เป็นโครงสร้างสำหรับการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการ
ออกแบบแม่พิมพ์อย่างต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัย (สกว) สัญญาหมายเลข
RDG5050020

ขอขอบคุณ บริษัท เอราวัณรับเบอร์ จำกัด และ
พนักงานฝ่ายออกแบบแม่พิมพ์ที่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับ
กระบวนการออกแบบแม่พิมพ์

ขอขอบคุณ บริษัท เอสเคพอลิเมอร์ จำกัด และ
พนักงานฝ่ายออกแบบแม่พิมพ์ที่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับ
กระบวนการออกแบบแม่พิมพ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2549. ภาวะ
อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยาง. กระทรวง
อุตสาหกรรม
- [2] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2549. ยางธรรมชาติ: การผลิต
และการใช้งาน. ซีโน ดีไซน์, กรุงเทพฯ, หน้า 137.
- [3] John G. Sommer. 2003. Elastomer Molding
Technology. Hudson, Ohio
- [4] Davis, B. A., P. J. Gramann, T. A. Osswald
and A. C. Rios. 2003. Compression Moulding.
Carl Hanser Verlag, Munich.
- [5] J.Y.H. Fuh, Y.F. Zhang, A.Y.C. Nee, M.W. Fu.
2004. Computer-aided injection mold design and
manufacture. Marcel Dekker, Inc, New York