

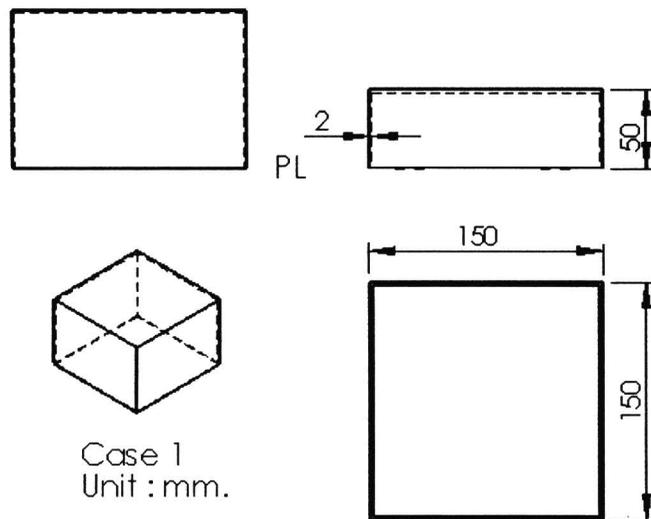
## บทที่ 4 ผลการวิจัย

### 4.1 ผลการทำงานของโปรแกรม

จากความต้องการที่ให้โปรแกรมคำนวณหาขนาดแม่พิมพ์ซึ่งมีความแข็งแรงตามวัตถุประสงค์และมีการโค้งตัวขณะฉีดไม่เกินค่าที่กำหนดจึงได้ทำการทดลอง 9 กรณี ปรากฏผลการทดลองออกมาดังนี้

#### 4.1.1 กรณีศึกษาที่ 1

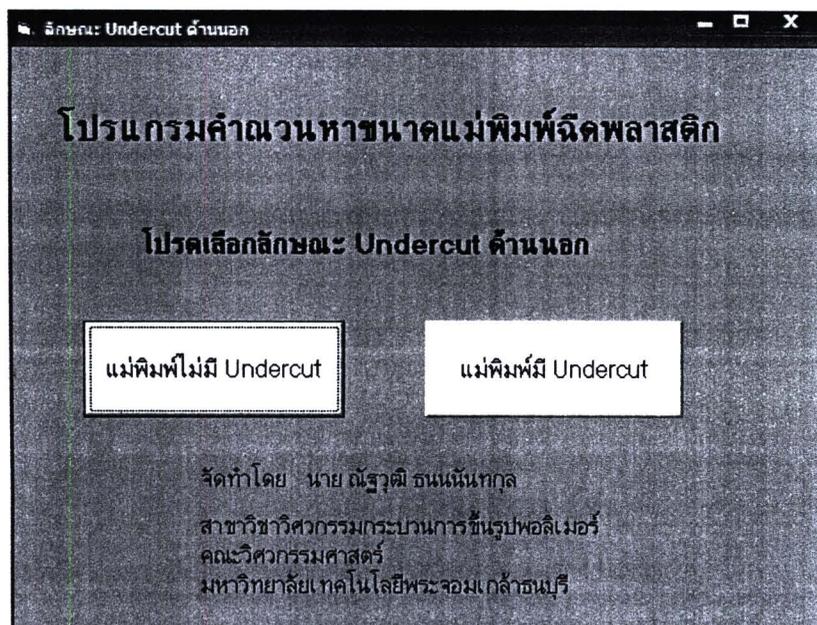
- ชิ้นงานมีขนาดตามรูปที่ 4.1
- แม่พิมพ์สองแผ่นจำนวน 1 โพรงแบบ
- ชิ้นงานเป็นพลาสติกชนิด PS
- วัสดุแม่พิมพ์ AISI 1045 (S45C)
- ระยะโค้งตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ 0.050 มม.
- gate แบบ edge gate



รูปที่ 4.1 แบบชิ้นงานกรณีศึกษาที่ 1

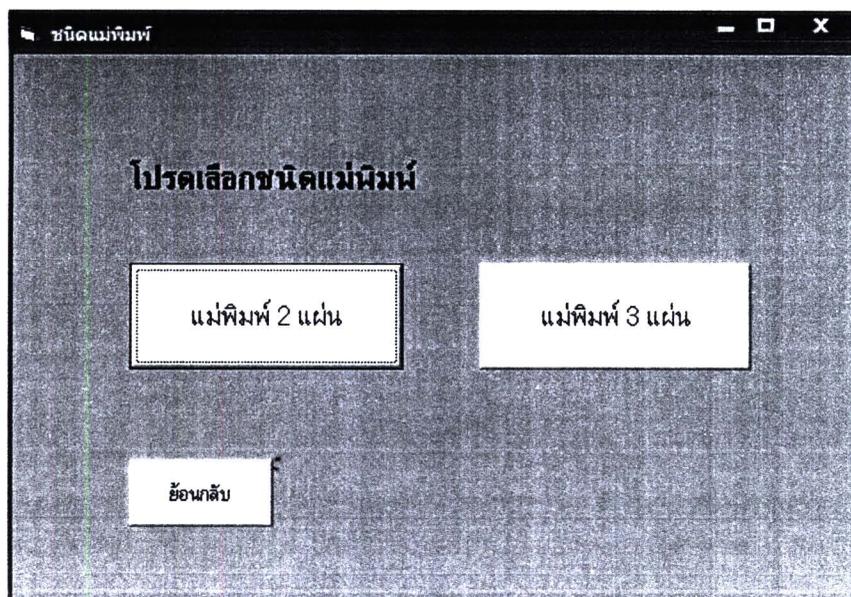
#### 4.1.1.1 กรณีศึกษาที่ 1 จำนวนโดยโปรแกรม

แม่พิมพ์สองแผ่น ไม่มี undercut มี 1 โพรงแบบ โดยใส่ค่าต่างในโปรแกรมดังนี้



รูปที่ 4.2 หน้าต่างการเลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก (กรณีศึกษาที่ 1)

1. เลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก แบบ แม่พิมพ์ไม่มี Undercut ตามรูปที่ 4.2



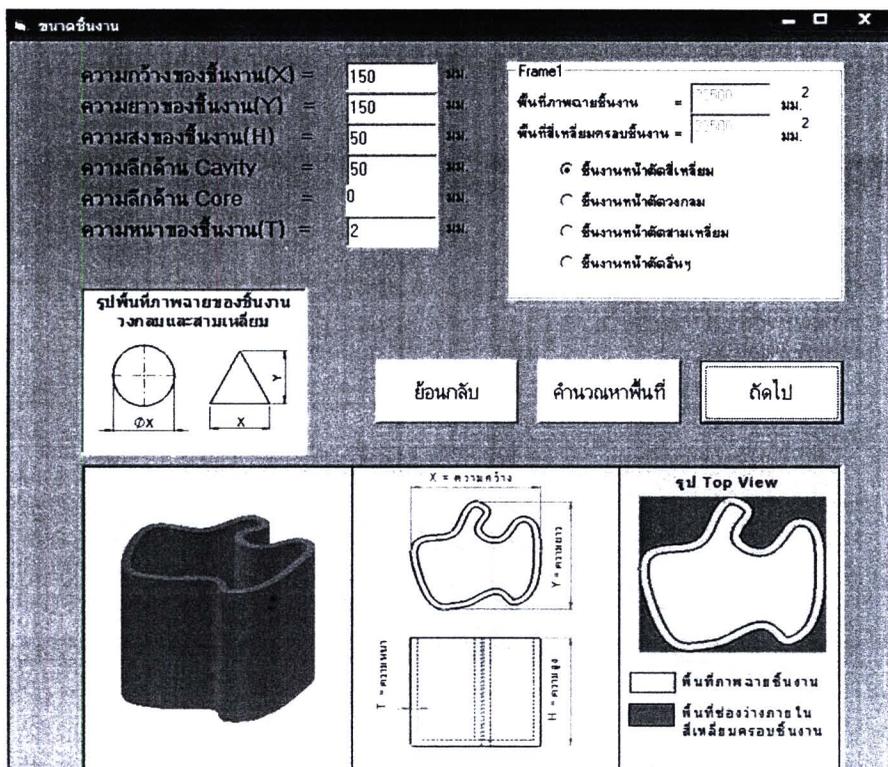
รูปที่ 4.3 หน้าต่างการเลือกชนิดแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 1)

2. เลือกชนิดแม่พิมพ์ แบบ แม่พิมพ์ 2 แผ่น ตามรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.4 หน้าต่างการเลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 1)

3. เลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน แบบ ปลดชิ้นงาน โดย Ejector pin และใส่ระยะปลดชิ้นงาน = 70 มม. ตามรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.5 หน้าต่างการป้อนข้อมูลขนาดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 1)

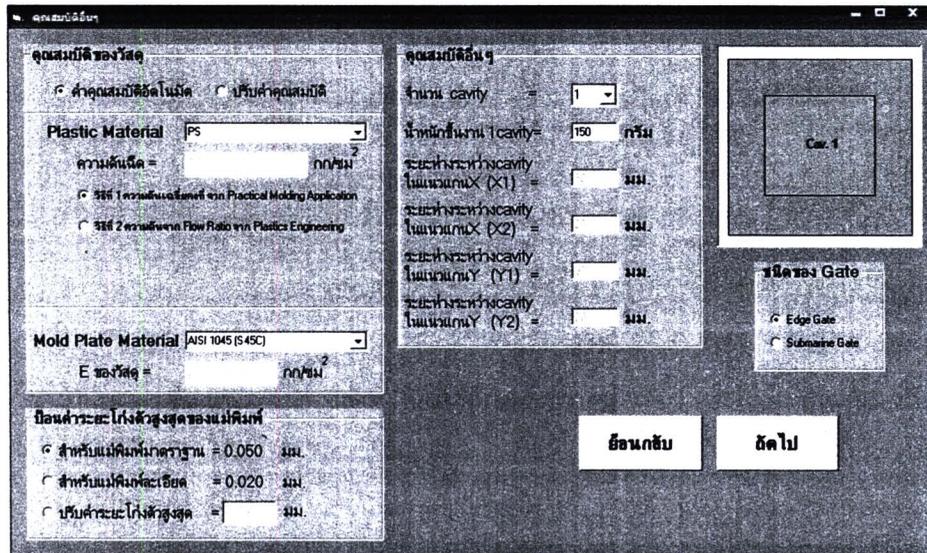
4. ป้อนค่าขนาดของชิ้นงานตามรูปที่ 4.5 ดังนี้  
 ใส่ระยะความกว้างของชิ้นงาน( $X$ ) = 150 มม.  
 ใส่ระยะความยาวของชิ้นงาน( $Y$ ) = 150 มม.

ใส่ระยะความสูงของชิ้นงาน(H) = 50 มม.

ใส่ระยะความลึกค้ำ Cavity = 50 มม.

ใส่ค่าความหนาของชิ้นงาน(T) = 2 มม.

เลือกชิ้นงานหน้าตัดสี่เหลี่ยม



รูปที่ 4.6 หน้าต่างการป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ (กรณีศึกษาที่ 1)

5. ป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ ตามรูปที่ 4.6 ดังนี้

เลือกชนิดของพลาสติก คือ PS

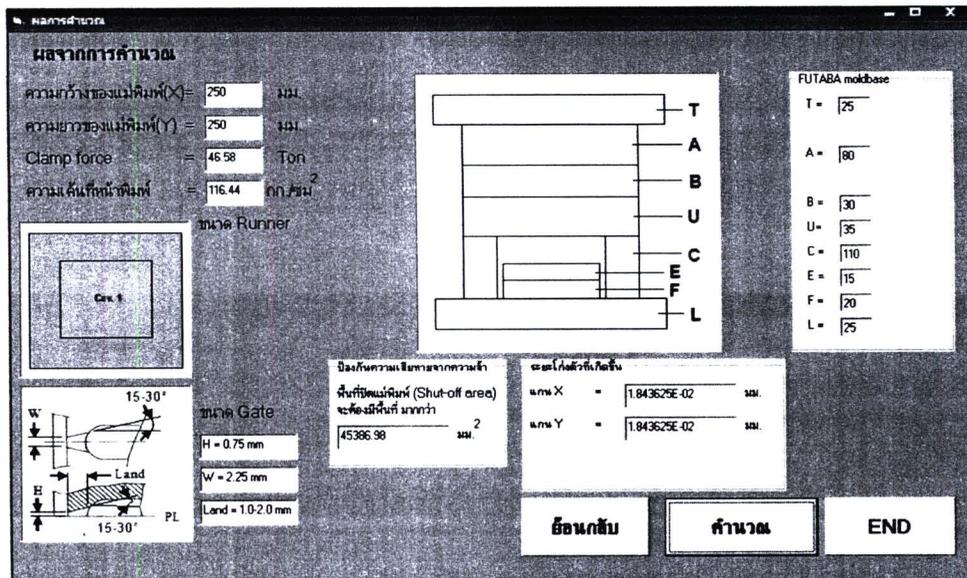
เลือกชนิดของแผ่นแม่พิมพ์ คือ AISI 1045 (S45C)

เลือกระยะ โกงตัวสูงสุดของแม่พิมพ์ = 0.050 มม.

เลือกจำนวน โพรงแบบ = 1

ใส่ค่าน้ำหนักชิ้นงาน 1 โพรงแบบ = 150 กรัม

:



รูปที่ 4.7 ผลจากการคำนวณ (กรณีศึกษาที่ 1)

จากการคำนวณของโปรแกรมได้ผลตามรูปที่ 4.7 ดังนี้

ความกว้างของแม่พิมพ์ = 250 มม.

ความยาวของแม่พิมพ์ = 250 มม.

Clamp force = 46.58 ตัน

ความเค้นที่หน้าพิมพ์ = 116.44 กก./ซม.<sup>2</sup>

ขนาดของ Gate : H = 0.75 มม.

ขนาดของ Gate : W = 2.25 มม.

ขนาดของ Gate : Land = 1.0-2.0 มม.

ความหนาของแผ่นแม่พิมพ์จาก FUTABA moldbase

T = 25 มม.

A = 80 มม.

B = 30 มม.

U = 35 มม.

C = 110 มม.

E = 15 มม.

F = 20 มม.

L = 25 มม.

ค่าพื้นที่ปิดแม่พิมพ์ (Shut-off area) น้อยที่สุดที่จะไม่เกิดเสียรูปเนื่องจากความถ้ำ = 45386.98 มม.<sup>2</sup>

ระยะโคงตัวในแนวแกน X ที่คำนวณได้ = 0.01844 มม.

ระยะโคงตัวในแนวแกน Y ที่คำนวณได้ = 0.01844 มม.

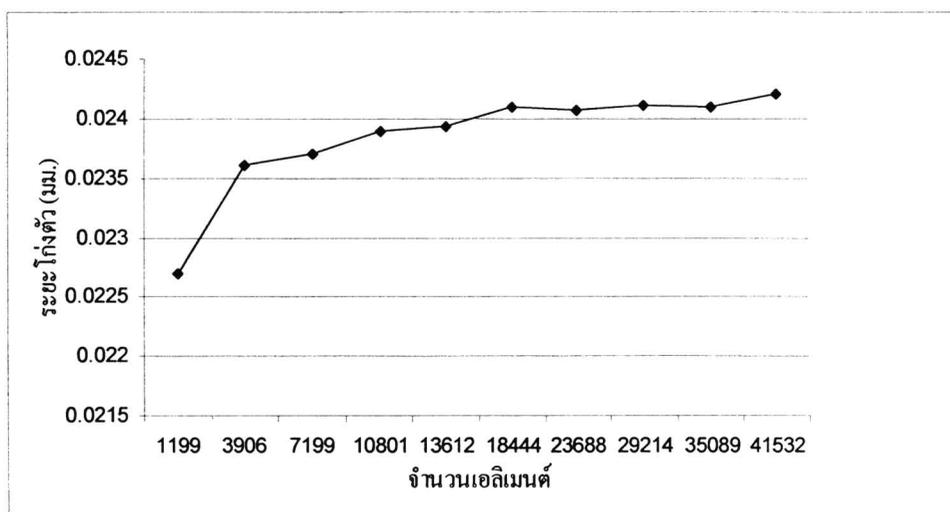
#### 4.1.1.2 กรณีศึกษาที่ 1 จำนวน โดยไฟไนต์เอลิเมนต์

ในโครงการนี้ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม Solid Work 2009 เพื่อเปรียบเทียบระยะการโก่งตัวของแม่พิมพ์ที่คำนวณโดยโปรแกรม และคำนวณโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แบบ Non Linear

สำหรับกรณีที่ 1 แม่พิมพ์กว้าง 250 มม. ยาว 250 มม.หนา 80 มม.

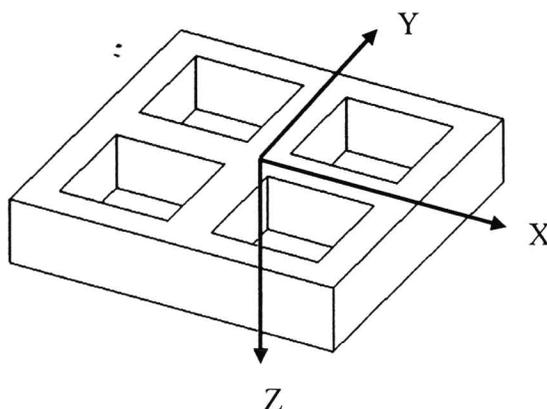
โพรงแบบกว้าง 150 มม. ยาว 150 มม. ลึก 50 มม. จำนวน 1 โพรงแบบ

ในการคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ทำการหาจำนวนเอลิเมนต์ ที่มากพอเพื่อที่จะได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ จากรูปที่ 4.8 ระยะโก่งตัวเริ่มคงที่เมื่อใช้ จำนวนเอลิเมนต์เท่ากับ 23,688 เพราะฉะนั้นในงานวิจัยนี้ จะใช้จำนวนเอลิเมนต์มากกว่า 20,000 เอลิเมนต์



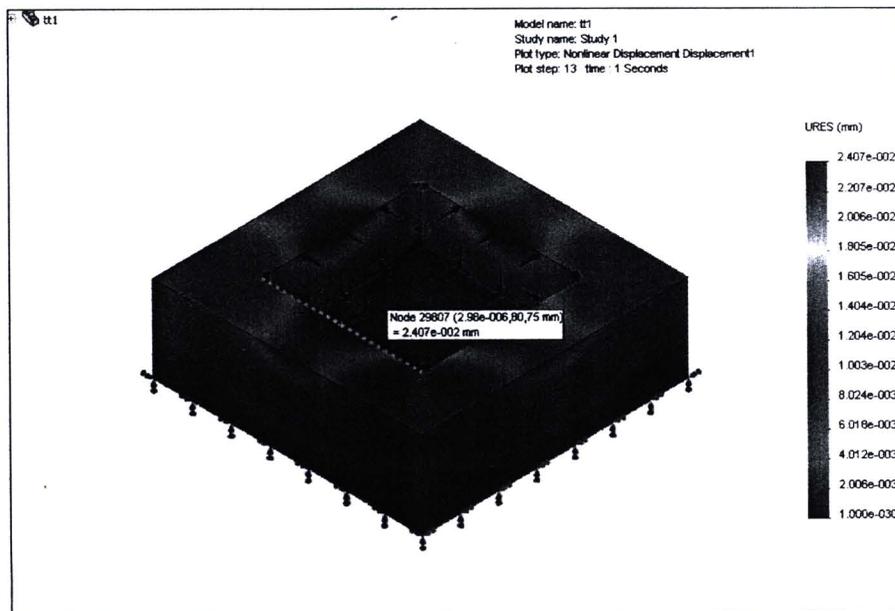
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเอลิเมนต์ และระยะโก่งตัว

รูปจากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์อ้างอิงแกน X , Y จุดเริ่มต้นเริ่มจากกึ่งกลางชิ้นงาน แกน Z เริ่มต้นจากผิวบนสุดของชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การอ้างอิง COORDINATE สำหรับรูปจากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

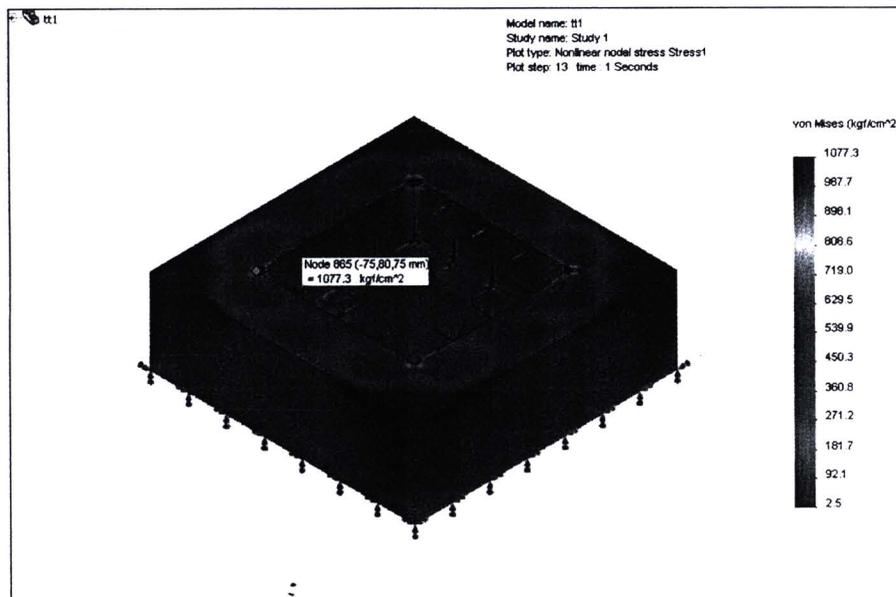
จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.10 ระยะการโก่งตัวของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 1)

จากรูปที่ 4.10 ระยะโก่งตัวสูงสุด = 0.02407 มม.

ที่ตำแหน่ง X = 0 มม. Y = -75 มม. และ Z = 0 มม.



รูปที่ 4.11 ความเค้นของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 1)

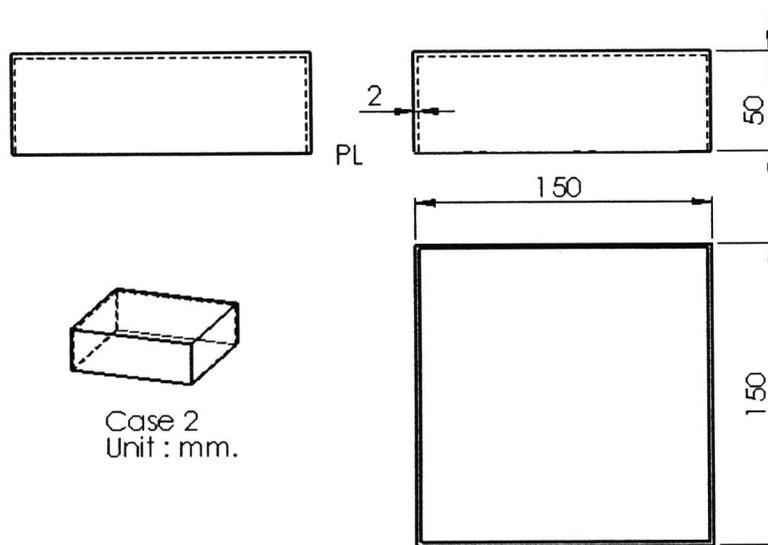
จากรูปที่ 4.11 ความเค้นสูงสุด = 1071.3 กก./ซม.<sup>2</sup>

ที่ตำแหน่ง X = -75 มม. Y = -75 มม. และ Z = 0 มม.

ระยะโก่งตัวสูงสุดคำนวณโดยโปรแกรมต่างจากคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ -0.00563 มม.

#### 4.1.2 กรณีศึกษาที่ 2

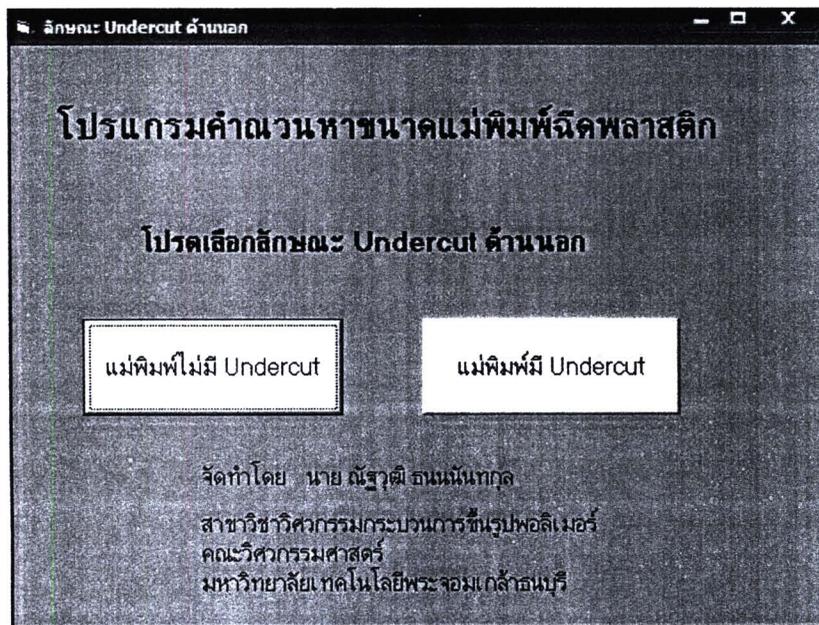
- ชิ้นงานมีขนาดตามรูปที่ 4.12
- แม่พิมพ์สองแผ่นจำนวน 4 โพรงแบบ
- ชิ้นงานเป็นพลาสติกชนิด PE
- วัสดุแม่พิมพ์ AISI 1045 (S45C)
- ระยะโค้งตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ 0.050 มม.
- gate แบบ edge gate



รูปที่ 4.12 แบบชิ้นงานกรณีศึกษาที่ 2

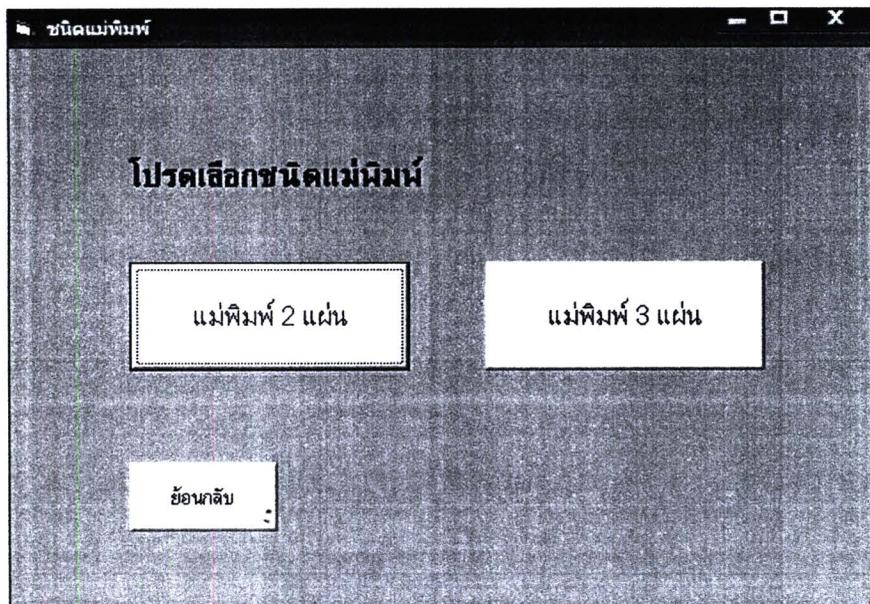
#### 4.1.2.1 กรณีศึกษาที่ 2 จำนวน โดยโปรแกรม

แม่พิมพ์สองแผ่น ไม่มี undercut มี 4 โปรแกรม โดยใส่ค่าต่างในโปรแกรมดังนี้



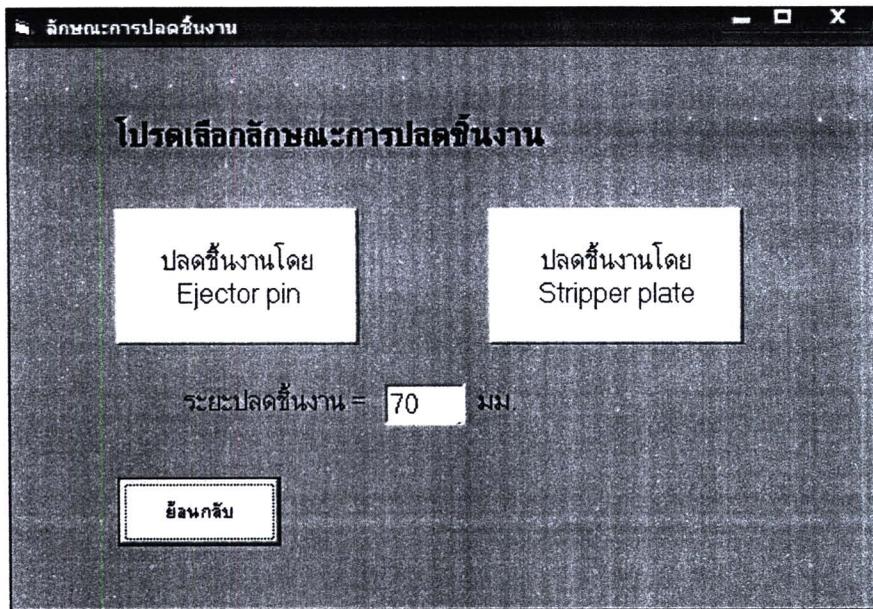
รูปที่ 4.13 หน้าต่างการเลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก (กรณีศึกษาที่ 2)

1. เลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก แบบ แม่พิมพ์ไม่มี Undercut ตามรูปที่ 4.13



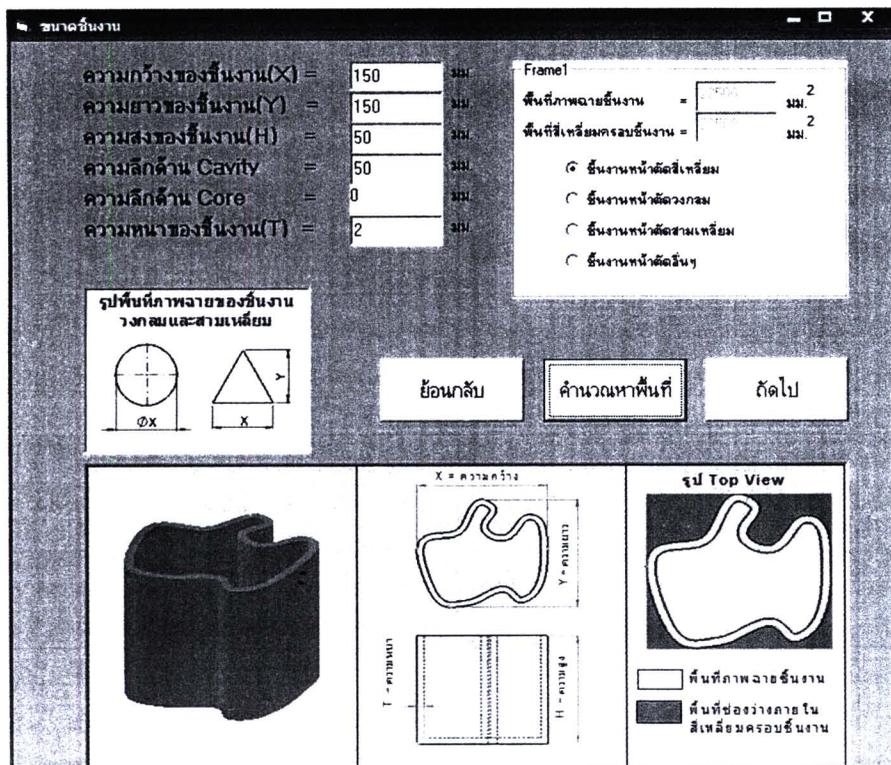
รูปที่ 4.14 หน้าต่างการเลือกชนิดแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 2)

2. เลือกชนิดแม่พิมพ์ แบบแม่พิมพ์ 2 แผ่น ตามรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.15 หน้าต่างการเลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 2)

3. เลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน แบบปลดชิ้นงานโดย Ejector pin และใส่ระยะปลดชิ้นงาน = 70 มม.  
ตามรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.16 หน้าต่างการป้อนข้อมูลขนาดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 2)

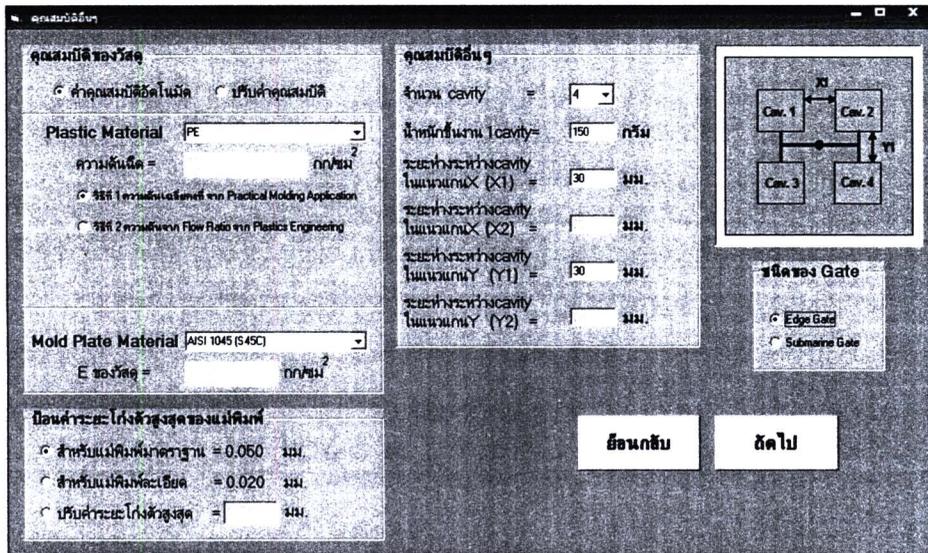
4. ป้อนค่าขนาดของชิ้นงานตามรูปที่ 4.16 ดังนี้  
ใส่ระยะความกว้างของชิ้นงาน (X) = 150 มม.  
ใส่ระยะความยาวของชิ้นงาน (Y) = 150 มม.

ใส่ระยะความสูงของชิ้นงาน(H) = 50 มม.

ใส่ระยะความลึกด้าน Cavity = 50 มม.

ใส่ค่าความหนาของชิ้นงาน(T) = 2 มม.

เลือกชิ้นงานหน้าตัดสี่เหลี่ยม



รูปที่ 4.17 หน้าต่างการป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ (กรณีศึกษาที่ 2)

5. ป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ ตามรูปที่ 4.17 ดังนี้

เลือกชนิดของพลาสติก คือ PE

เลือกชนิดของแผ่นแม่พิมพ์ คือ AISI 1045 (S45C)

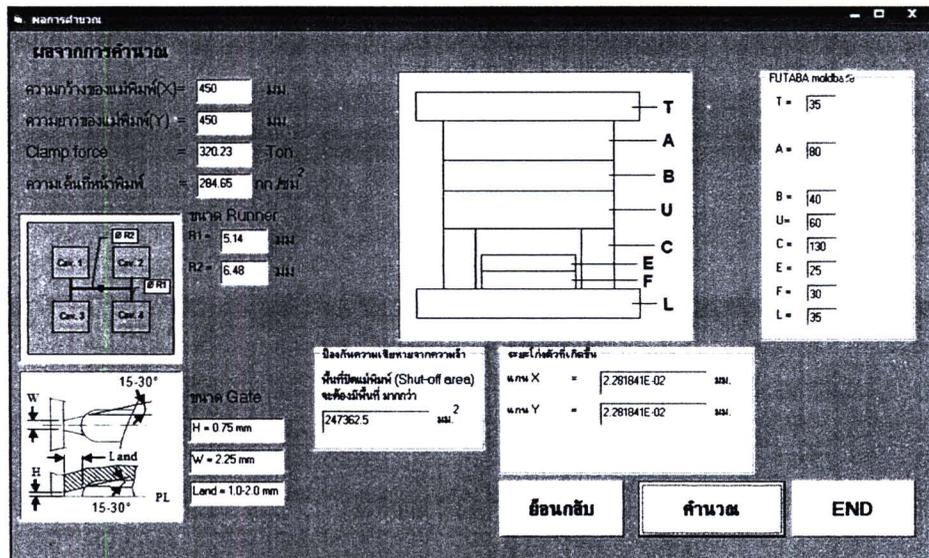
เลือกกระยะโค้งตัวสูงสุดของแม่พิมพ์ = 0.050 มม.

เลือกจำนวนโพรงแบบ = 4

ใส่ค่าน้ำหนักชิ้นงาน 1 โพรงแบบ = 150 กรัม

ใส่ระยะห่างระหว่างโพรงแบบในแนวแกน X (X1) = 30 มม.

ใส่ระยะห่างระหว่างโพรงแบบในแนวแกน Y (Y1) = 30 มม.



รูปที่ 4.18 ผลจากการคำนวณ (กรณีศึกษาที่ 2)

จากการคำนวณของโปรแกรมได้ผลตามรูปที่ 4.18 ดังนี้

ความกว้างของแม่พิมพ์ = 450 มม.

ความยาวของแม่พิมพ์ = 450 มม.

Clamp force = 320.23 ตัน

ความเค้นที่หน้าพิมพ์ = 284.65 กก./ซม.<sup>2</sup>

ขนาดของ Runner R1 = 5.14 มม.

ขนาดของ Runner R2 = 6.48 มม.

ขนาดของ Gate : H = 0.75 มม.

ขนาดของ Gate : W = 2.25 มม.

ขนาดของ Gate : Land = 1.0-2.0 มม.

ความหนาของแผ่นแม่พิมพ์จาก FUTABA moldbase

T = 35 มม.

A = 80 มม.

B = 40 มม.

U = 60 มม.

C = 130 มม.

E = 25 มม.

F = 30 มม.

L = 35 มม.

ค่าพื้นที่ปิดแม่พิมพ์ (Shut-off area) น้อยที่สุดที่จะไม่เกิดเสียรูปเนื่องจากความเค้น = 247362.5 มม.<sup>2</sup>

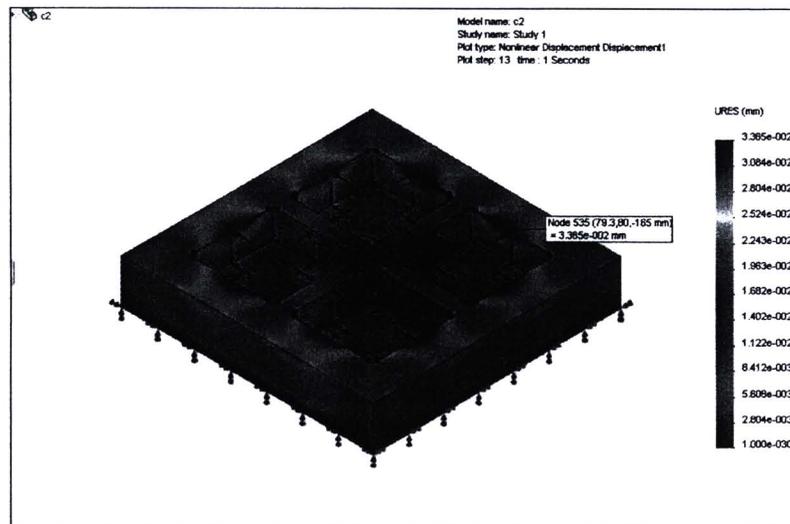
ระยะโคงตัวในแนวแกน X ที่คำนวณได้ = 0.02282 มม.

ระยะโก่งตัวในแนวแกน Y ที่คำนวณได้ = 0.02282 มม.

#### 4.1.2.2 กรณีศึกษาที่ 2 คำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์

สำหรับกรณีที่ 2 แม่พิมพ์กว้าง 450 มม. ยาว 450 มม.หนา 80 มม.

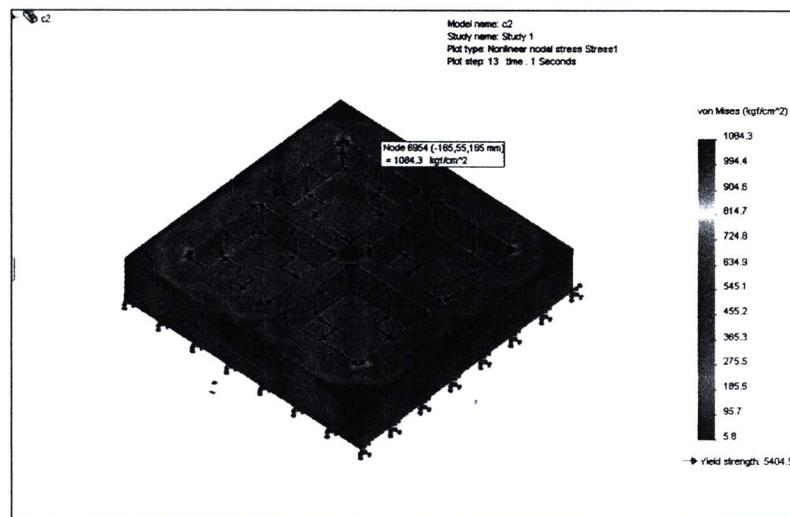
โครงแบบกว้าง 150 มม. ยาว 150 มม. ลึก 50 มม. จำนวน 4 โครงแบบ  
จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.19 ระยะการโก่งตัวของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 2)

จากรูปที่ 4.19 ระยะโก่งตัวสูงสุด = 0.03365 มม.

ที่ตำแหน่ง X = 79.3 มม. Y = 165 มม. และ Z = 0 มม.



รูปที่ 4.20 ความเค้นของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 2)

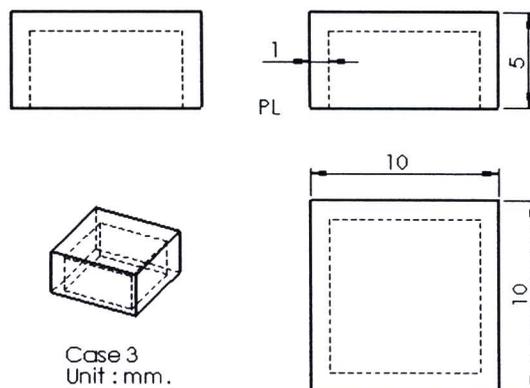
จากรูปที่ 4.20 ความเค้นสูงสุด = 1084.3 กก./ซม.<sup>2</sup>

ที่ตำแหน่ง X = -165 มม. Y = 165 มม. และ Z = 55 มม.

ระยะโก่งตัวสูงสุดคำนวณโดยโปรแกรมต่างจากคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ -0.01083 มม.

### 4.1.3 กรณีศึกษาที่ 3

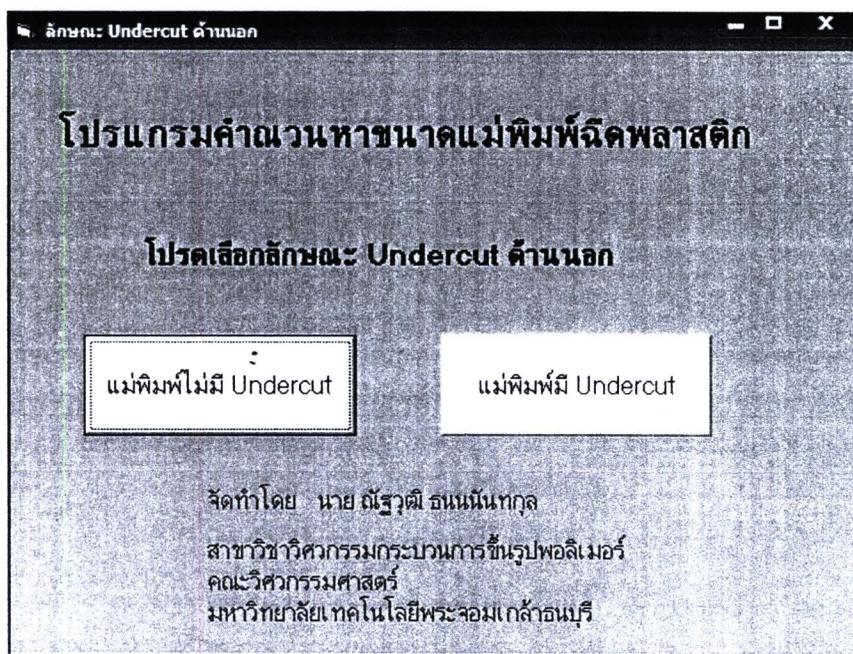
- ชิ้นงานมีขนาดตามรูปที่ 4.21
- แม่พิมพ์สามแผ่นจำนวน 16 โพรงแบบ
- ชิ้นงานเป็นพลาสติกชนิด PS
- วัสดุแม่พิมพ์ AISI 1045 (S45C)
- ระยะโค้งตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ 0.050 มม.
- gate แบบ pin point gate



รูปที่ 4.21 แบบชิ้นงานกรณีศึกษาที่ 3

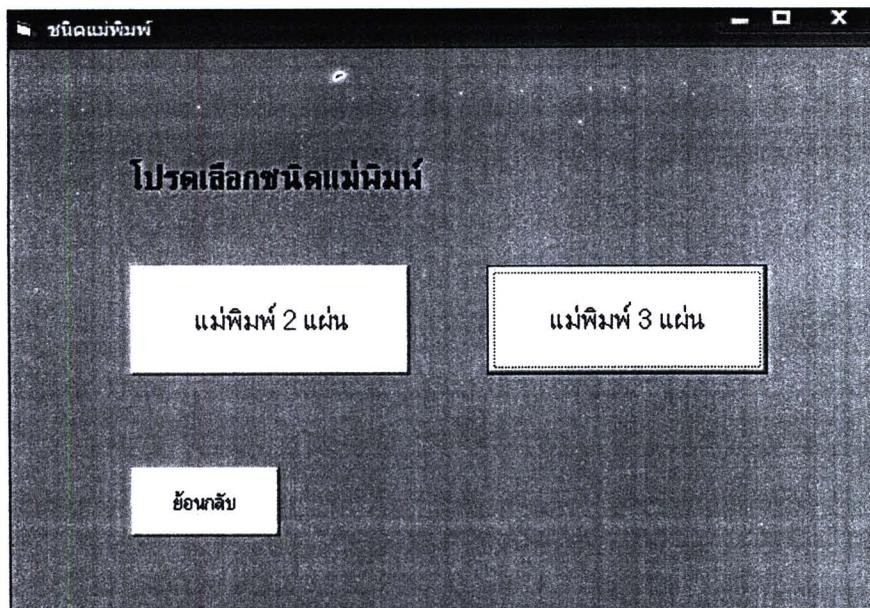
#### 4.1.3.1 กรณีศึกษาที่ 3 จำนวน โดยโปรแกรม

แม่พิมพ์สามแผ่น ไม่มี undercut มี 16 โพรงแบบ โดยใส่ค่าต่างในโปรแกรมหดังนี้



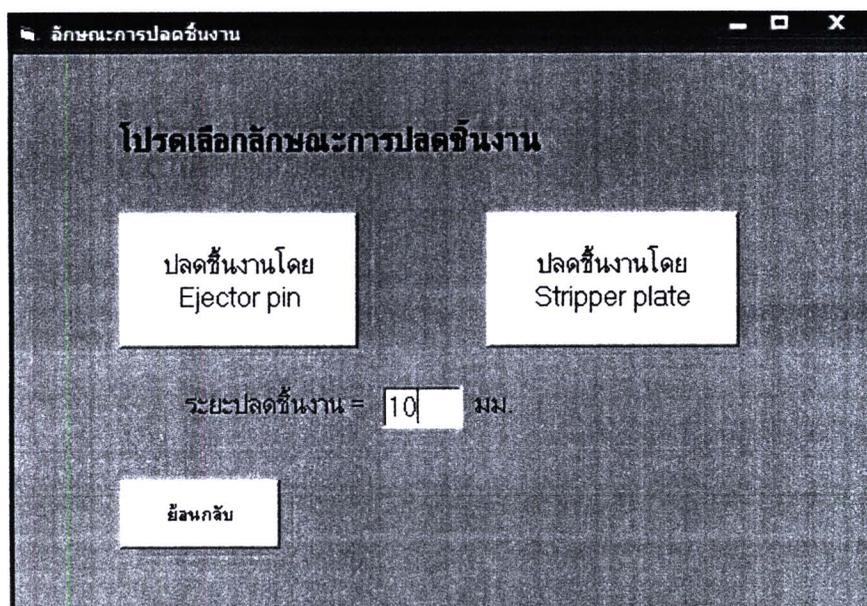
รูปที่ 4.22 หน้าต่างการเลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก (กรณีศึกษาที่ 3)

1. เลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก แบบ แม่พิมพ์ไม่มี Undercut ตามรูปที่ 4.22



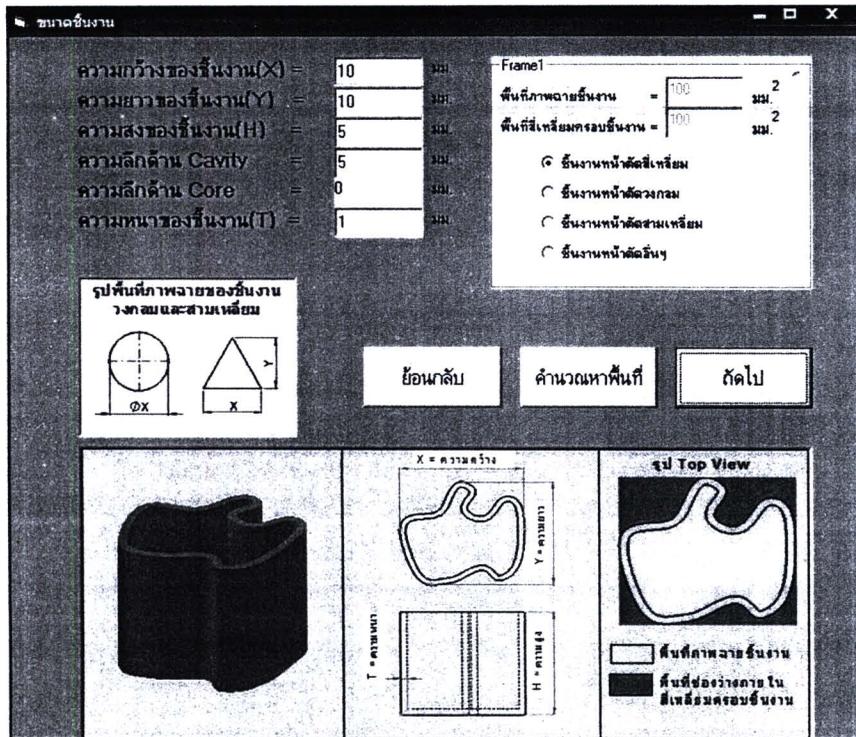
รูปที่ 4.23 หน้าต่างการเลือกชนิดแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 3)

2. เลือกชนิดแม่พิมพ์ แบบ แม่พิมพ์ 3 แผ่น ตามรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.24 หน้าต่งการเลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 3)

3. เลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน แบบ ปลดชิ้นงานโดย Ejector pin และใส่ระยะปลดชิ้นงาน = 10 มม. ตามรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.25 หน้าต่างการป้อนข้อมูลขนาดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 3)

4. ป้อนค่าขนาดของชิ้นงานตามรูปที่ 4.25 ดังนี้

ใส่ระยะความกว้างของชิ้นงาน(X) = 10 มม.

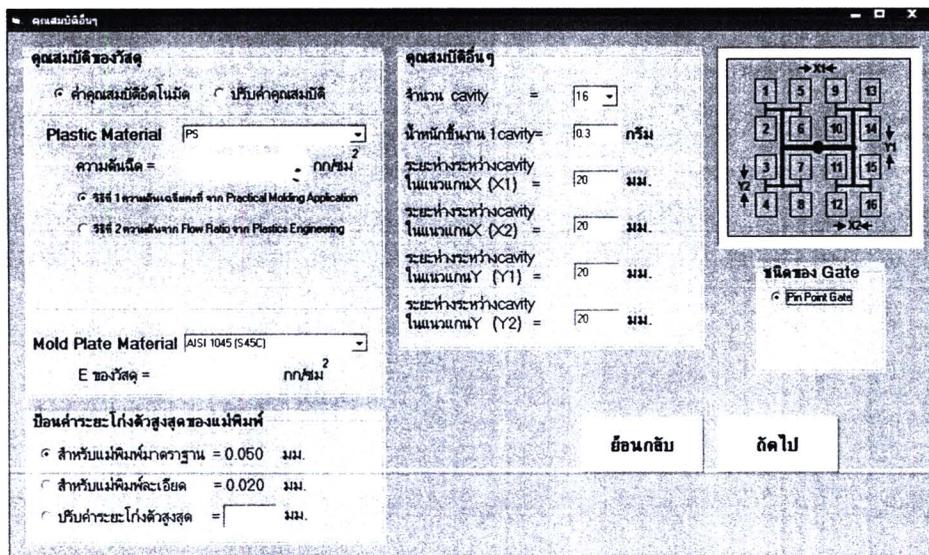
ใส่ระยะความยาวของชิ้นงาน(Y) = 10 มม.

ใส่ระยะความสูงของชิ้นงาน(H) = 5 มม.

ใส่ระยะความลึกด้าน Cavity = 5 มม.

ใส่ค่าความหนาของชิ้นงาน(T) = 1 มม.

เลือกชิ้นงานหน้าตัดสี่เหลี่ยม



รูปที่ 4.26 หน้าต่างการป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ (กรณีศึกษาที่ 3)

5. ป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่น ๆ ตามรูปที่ 4.26 ดังนี้

เลือกชนิดของพลาสติก คือ PS

เลือกชนิดของแผ่นแม่พิมพ์ คือ AISI 1045 (S45C)

เลือกระยะ โกงตัวสูงสุดของแม่พิมพ์ = 0.050 มม.

เลือกจำนวน โพรงแบบ = 16

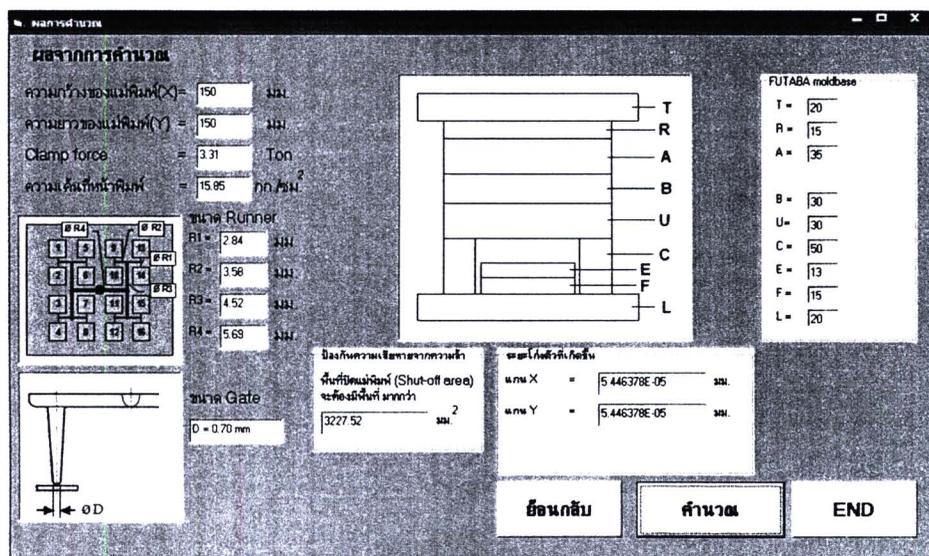
ใส่ค่าน้ำหนักชิ้นงาน 1 โพรงแบบ = 0.3 กรัม

ใส่ระยะห่างระหว่างโพรงแบบในแนวแกน X (X1) = 20 มม.

ใส่ระยะห่างระหว่างโพรงแบบในแนวแกน X (X2) = 20 มม.

ใส่ระยะห่างระหว่างโพรงแบบในแนวแกน Y (Y1) = 20 มม.

ใส่ระยะห่างระหว่างโพรงแบบในแนวแกน Y (Y2) = 20 มม.



รูปที่ 4.27 ผลจากการคำนวณ (กรณีศึกษาที่ 3)

จากการคำนวณของโปรแกรมได้ผลตามรูปที่ 4.27 ดังนี้

ความกว้างของแม่พิมพ์ = 150 มม.

ความยาวของแม่พิมพ์ = 150 มม.

Clamp force = 3.31 ตัน

ความดันที่หน้าพิมพ์ = 15.85/ กก./ซม.<sup>2</sup>

ขนาดของ Runner R1 = 2.84 มม.

ขนาดของ Runner R2 = 3.58 มม.

ขนาดของ Runner R3 = 4.52 มม.

ขนาดของ Runner R4 = 5.69 มม.

ขนาดของ Gate : D = 0.70 มม.

ความหนาของแผ่นแม่พิมพ์จาก FUTABA moldbase

T = 20 มม.

R = 15 มม.

A = 35 มม.

B = 30 มม.

U = 30 มม.

C = 50 มม.

E = 13 มม.

F = 15 มม.

L = 20 มม.

ค่าพื้นที่ปิดแม่พิมพ์ (Shut-off area) น้อยที่สุดที่จะไม่เกิดเสียรูปเนื่องจากความล้า =  $3227.52 \text{ มม.}^2$

ระยะโก่งตัวในแนวแกน X ที่คำนวณได้ =  $0.000054 \text{ มม.}$

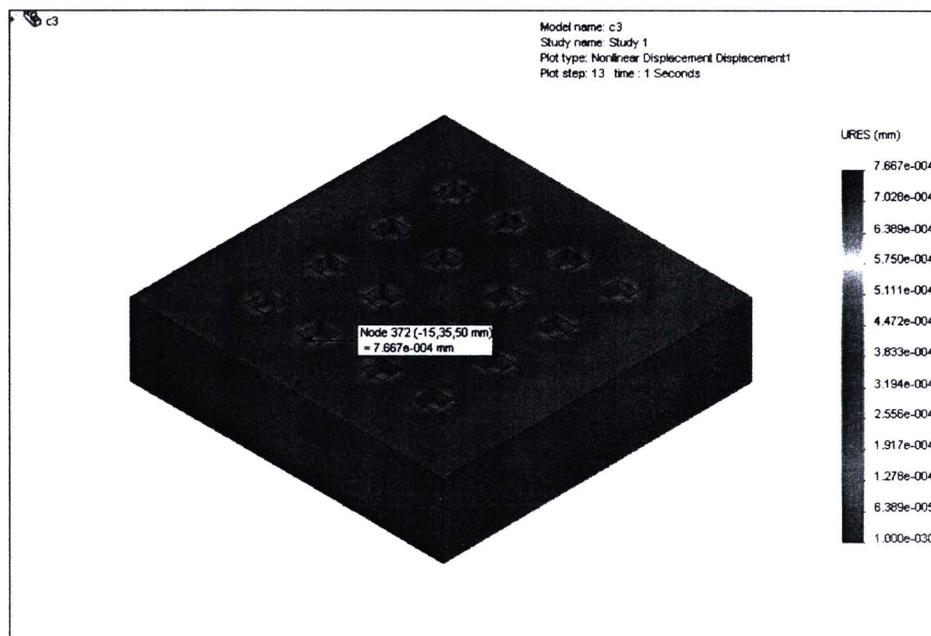
ระยะโก่งตัวในแนวแกน Y ที่คำนวณได้ =  $0.000054 \text{ มม.}$

#### 4.1.3.2 กรณีศึกษาที่ 3 คำนวณ โดยไฟไนต์เอลิเมนต์

สำหรับกรณีที่ 3 แม่พิมพ์กว้าง 150 มม. ยาว 150 มม. หนา 35 มม.

โครงแบบกว้าง 10 มม. ยาว 10 มม. ลึก 5 มม. จำนวน 16 โครงแบบ

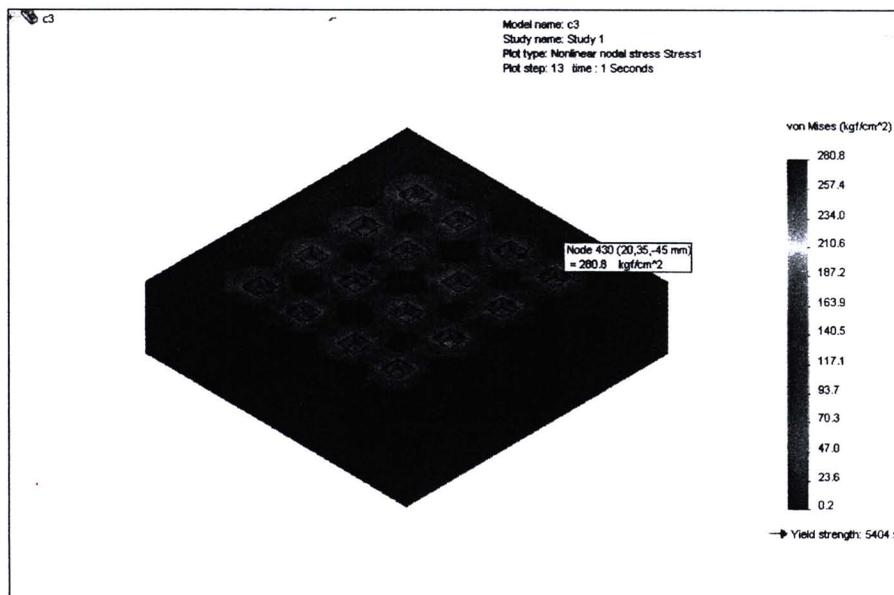
จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.28 ระยะการโก่งตัวของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 3)

จากรูปที่ 4.28 ระยะโก่งตัวสูงสุด =  $0.000767 \text{ มม.}$

ที่ตำแหน่ง X = -15 มม. Y = -50 มม. และ Z = 0 มม.



รูปที่ 4.29 ความเค้นของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 3)

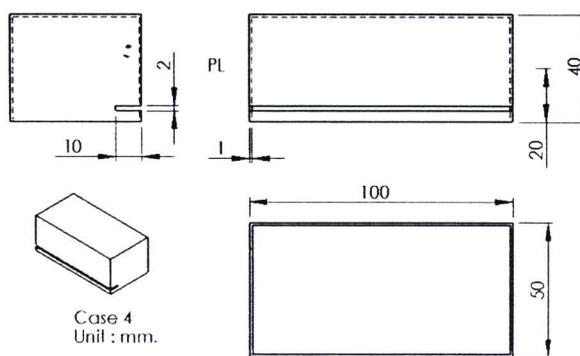
จากรูปที่ 4.29 ความเค้นสูงสุด = 280.8 กก./ซม.<sup>2</sup>

ที่ตำแหน่ง X = 20 มม. Y = 45 มม. และ Z = 0 มม.

ระยะโค้งตัวสูงสุดคำนวณโดยโปรแกรมต่างจากคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ -0.00071 มม.

#### 4.1.4 กรณีศึกษาที่ 4

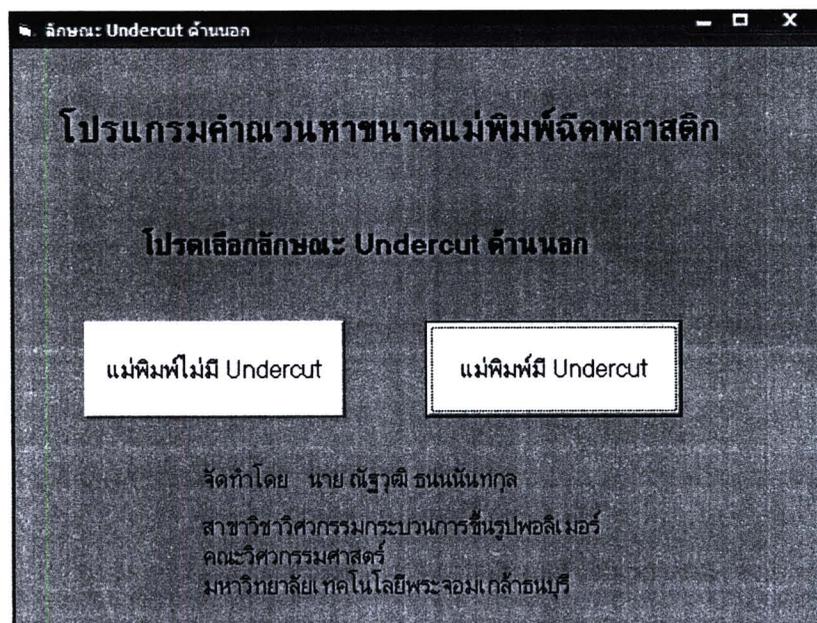
- ชิ้นงานมีขนาดตามรูปที่ 4.30
- แม่พิมพ์สองแผ่นจำนวน 2 โพรงแบบ
- ชิ้นงานเป็นพลาสติกชนิด POM
- วัสดุแม่พิมพ์ AISI 1045 (S45C)
- ระยะโค้งตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ 0.050 มม.
- gate แบบ edge gate



รูปที่ 4.30 แบบชิ้นงานกรณีศึกษาที่ 4

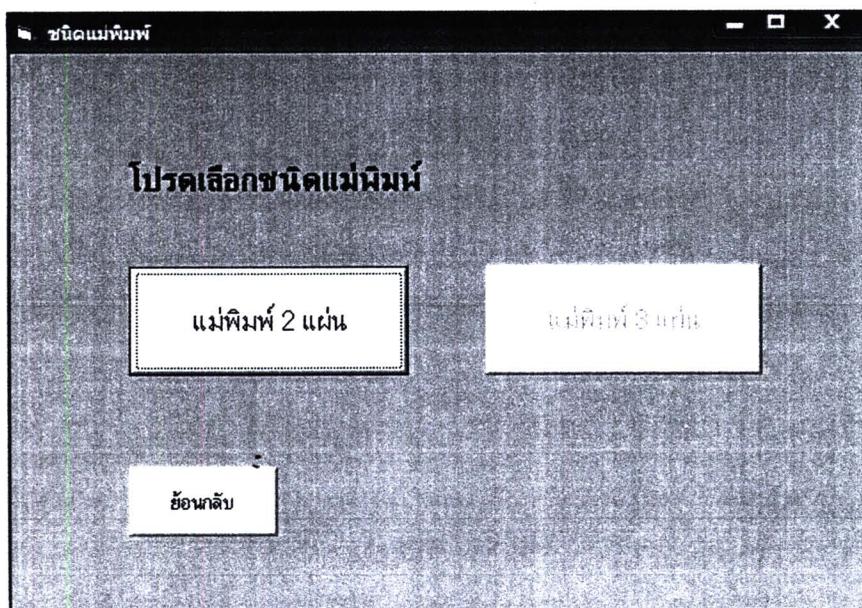
#### 4.1.4.1 กรณีศึกษาที่ 4 จำนวนโดยโปรแกรม

แม่พิมพ์สองแผ่น มี undercut มี 2 โครงแบบ โดยใส่ค่าต่างในโปรแกรมดังนี้



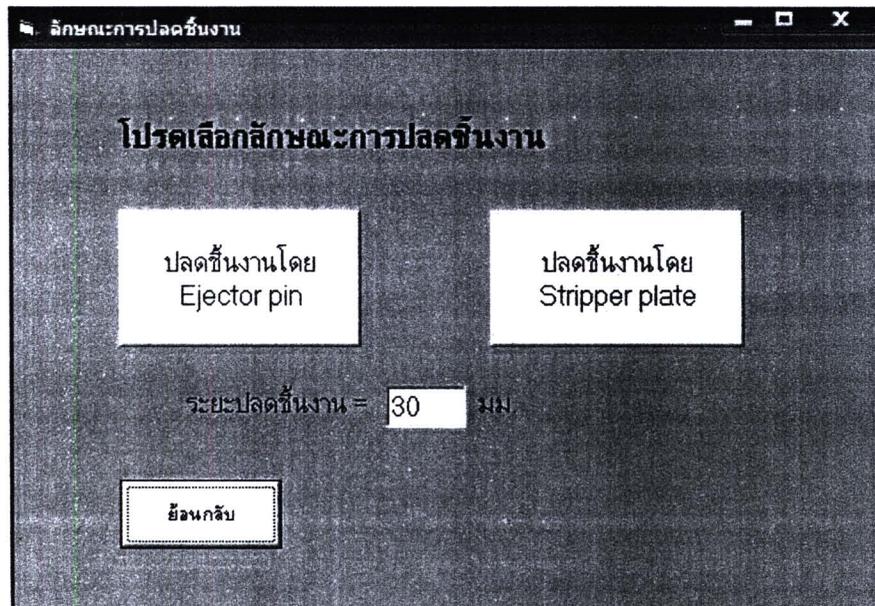
รูปที่ 4.31 หน้าต่างการเลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก (กรณีศึกษาที่ 4)

1. เลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก แบบ แม่พิมพ์มี Undercut ตามรูปที่ 4.31



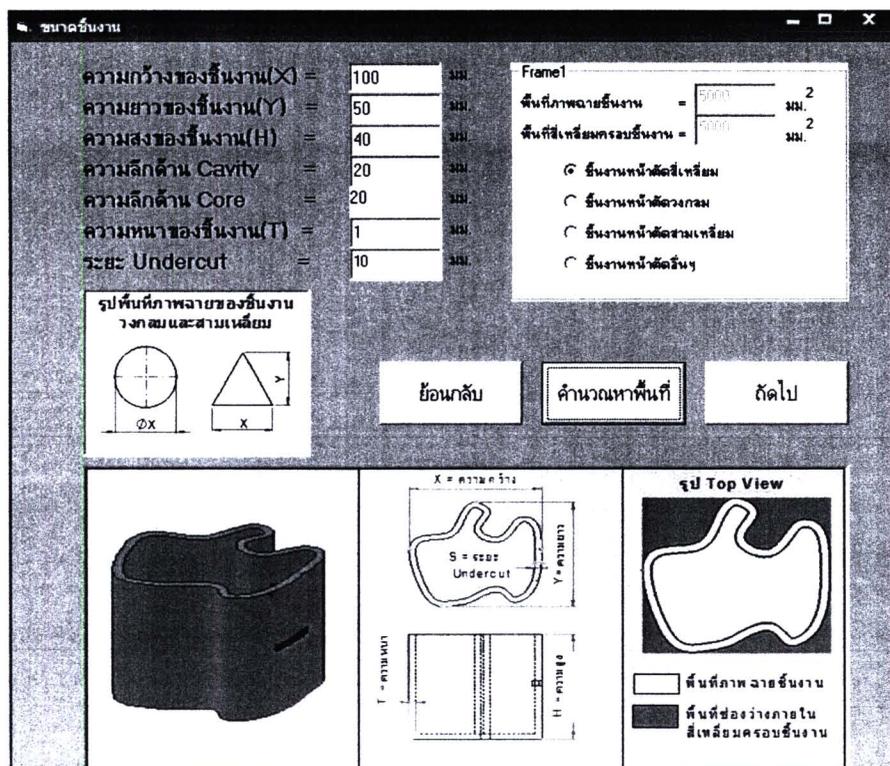
รูปที่ 4.32 หน้าต่างการเลือกชนิดแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 4)

2. เลือกชนิดแม่พิมพ์ แบบ แม่พิมพ์ 2 แผ่น ตามรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.33 หน้าต่างการเลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 4)

3. เลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน แบบ ปลดชิ้นงาน โดย Ejector pin และใส่ระยะปลดชิ้นงาน = 30 มม. ตามรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.34 หน้าต่างการป้อนข้อมูลขนาดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 4)

4. ป้อนค่าขนาดของชิ้นงานตามรูปที่ 4.34 ดังนี้  
 ใส่ระยะความกว้างของชิ้นงาน( $X$ ) = 100 มม.  
 ใส่ระยะความยาวของชิ้นงาน( $Y$ ) = 50 มม.

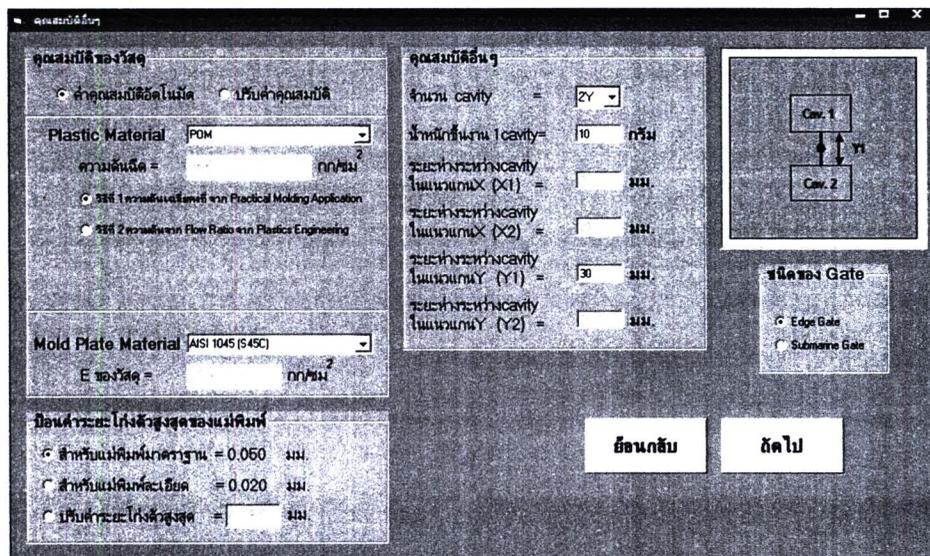
ใส่ระยะความสูงของชิ้นงาน(H) = 40 มม.

ใส่ระยะความลึกด้าน Cavity = 20 มม.

ใส่ค่าความหนาของชิ้นงาน(T) = 1 มม.

ใส่ระยะ undercut = 10 มม.

เลือกชิ้นงานหน้าตัดสี่เหลี่ยม



รูปที่ 4.35 หน้าต่างการป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ (กรณีศึกษาที่ 4)

5. ป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ ตามรูปที่ 4.35 ดังนี้

เลือกชนิดของพลาสติก คือ POM

เลือกชนิดของแผ่นแม่พิมพ์ คือ AISI 1045 (S45C)

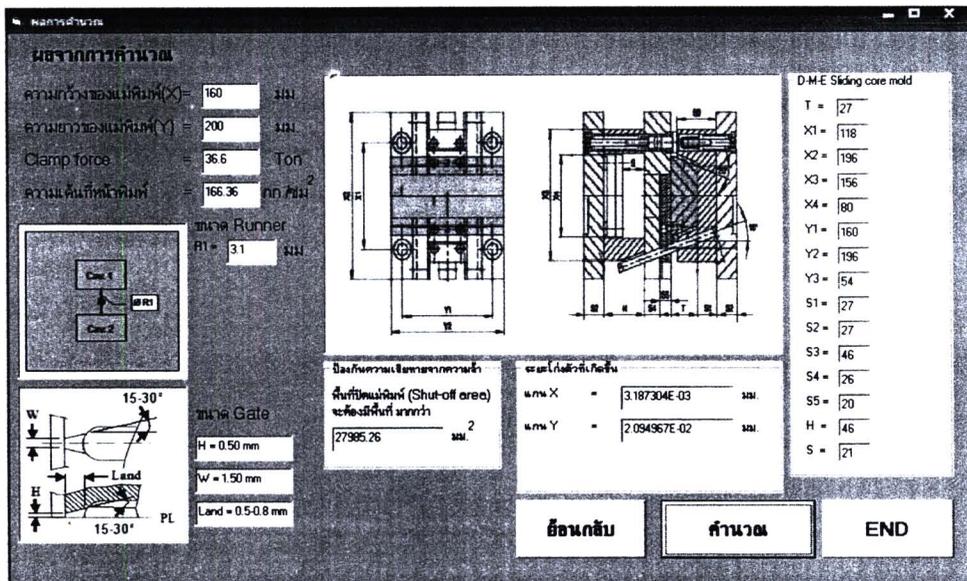
เลือกระยะ โกงตัวสูงสุดของแม่พิมพ์ = 0.050 มม.

เลือกจำนวน โพรงแบบ = 2Y

ใส่ค่าน้ำหนักชิ้นงาน 1 โพรงแบบ = 10 กรัม

ใส่ระยะห่างระหว่างโพรงแบบในแนวแกน Y (Y1) = 30 มม.

:



รูปที่ 4.36 ผลจากการคำนวณ (กรณีศึกษาที่ 4)

จากการคำนวณของโปรแกรมได้ผลตามรูปที่ 4.36 ดังนี้

ความกว้างของแม่พิมพ์ = 160 มม.

ความยาวของแม่พิมพ์ = 200 มม.

Clamp force = 36.6 ตัน

ความเค้นที่หน้าพิมพ์ = 166.36 กก./ซม.<sup>2</sup>

ขนาดของ Runner R1 = 3.1 มม.

ขนาดของ Gate : H = 0.50 มม.

ขนาดของ Gate : W = 1.50 มม.

ขนาดของ Gate : Land = 0.5-0.8 มม.

ความหนาของแผ่นแม่พิมพ์จาก D-M-E slide core moldbase

T = 27 มม.

X1 = 118 มม.

X2 = 196 มม.

X3 = 156 มม.

X4 = 80 มม.

Y1 = 160 มม.

Y2 = 196 มม.

Y3 = 54 มม.

S1 = 27 มม.

S2 = 27 มม.

S3 = 46 มม.

S4 = 26 มม.

S5 = 20 มม.

H = 46 มม.

S = 21 มม.

ค่าพื้นที่ปิดแม่พิมพ์ (Shut-off area) น้อยที่สุดที่จะไม่เกิดเสีรูปเนื่องจากความล้า = 27985.26 มม.<sup>2</sup>

ระยะโค้งตัวในแนวแกน X ที่คำนวณได้ = 0.00319 มม.

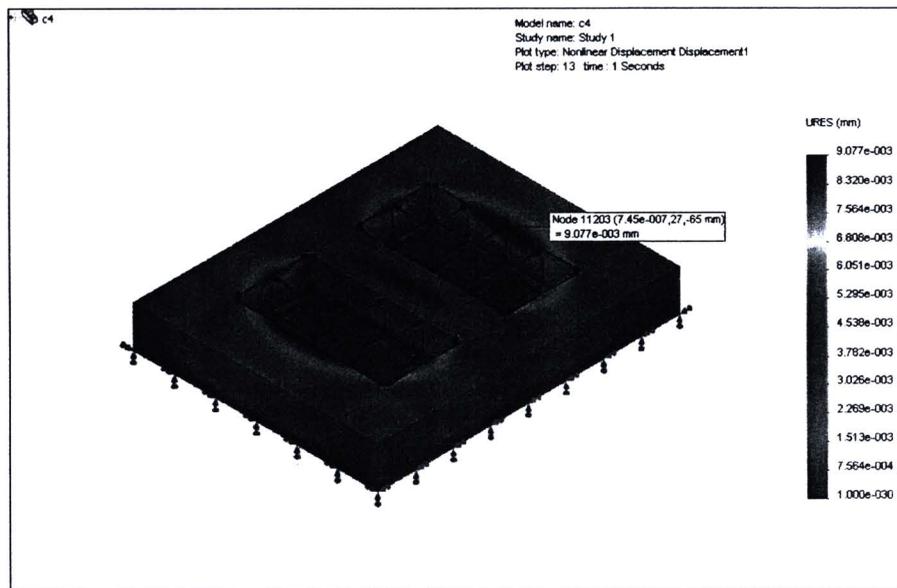
ระยะโค้งตัวในแนวแกน Y ที่คำนวณได้ = 0.02095 มม.

#### 4.1.4.2 กรณีศึกษาที่ 4 คำนวณ โดยไฟไนต์เอลิเมนต์

สำหรับกรณีที่ 4 แม่พิมพ์กว้าง 160 มม. ยาว 200 มม.หนา 27 มม.

โครงแบบกว้าง 100 มม. ยาว 50 มม. ลึก 10 มม. จำนวน 2 โครงแบบ

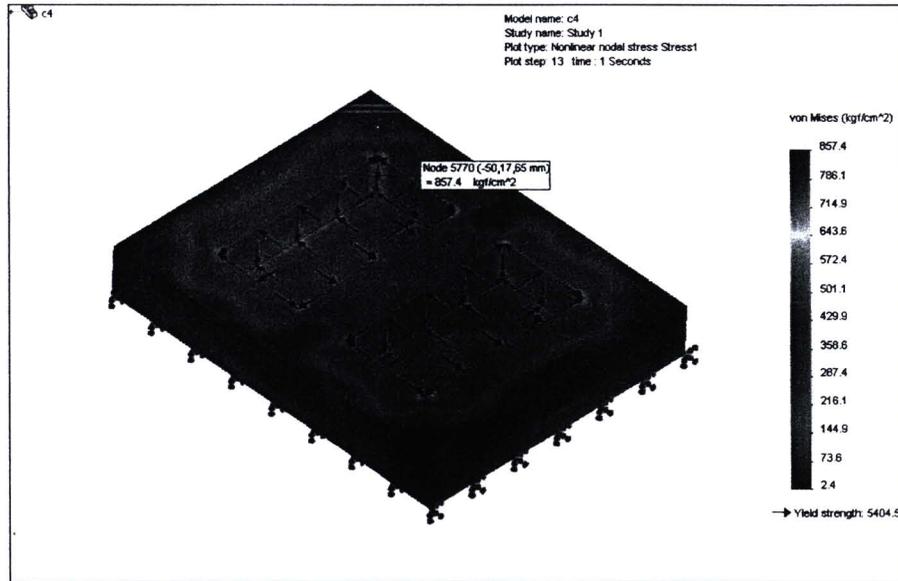
จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.37 ระยะการโค้งตัวของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 4)

จากรูปที่ 4.37 ระยะโค้งตัวสูงสุด  $\approx$  0.00908 มม.

ที่ตำแหน่ง X = 0 มม. Y = 65 มม. และ Z = 0 มม.



รูปที่ 4.38 ความเค้นของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 4)

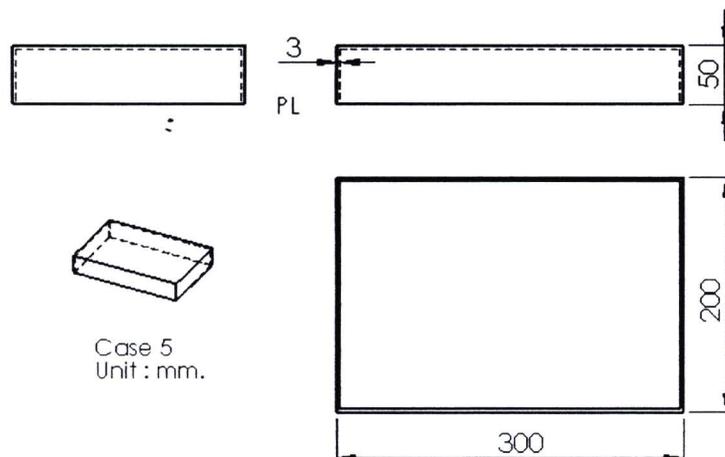
จากรูปที่ 4.38 ความเค้นสูงสุด = 857.4 กก./ซม.<sup>2</sup>

ที่ตำแหน่ง X = -50 มม. Y = 65 มม. และ Z = 17 มม.

ระยะโค้งตัวสูงสุดคำนวณโดยโปรแกรมต่างจากคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ 0.01187 มม.

#### 4.1.5 กรณีศึกษาที่ 5

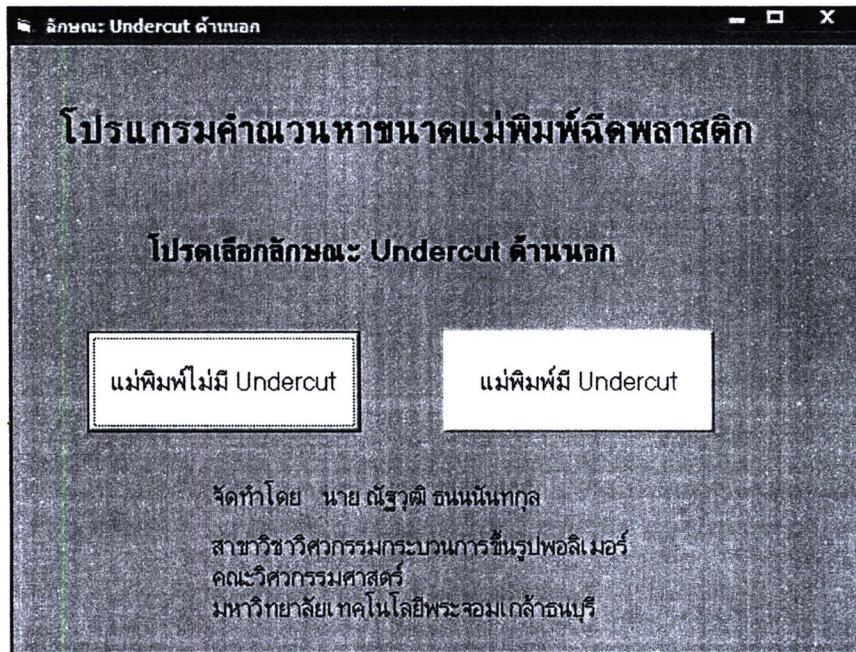
- ชิ้นงานมีขนาดตามรูปที่ 4.39
- แม่พิมพ์สองแผ่นจำนวน 2 โพรงแบบ
- ชิ้นงานเป็นพลาสติกชนิด PP
- วัสดุแม่พิมพ์ AISI 1045 (S45C)
- ระยะโค้งตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ 0.050 มม.
- gate แบบ edge gate



รูปที่ 4.39 แบบชิ้นงานกรณีศึกษาที่ 5

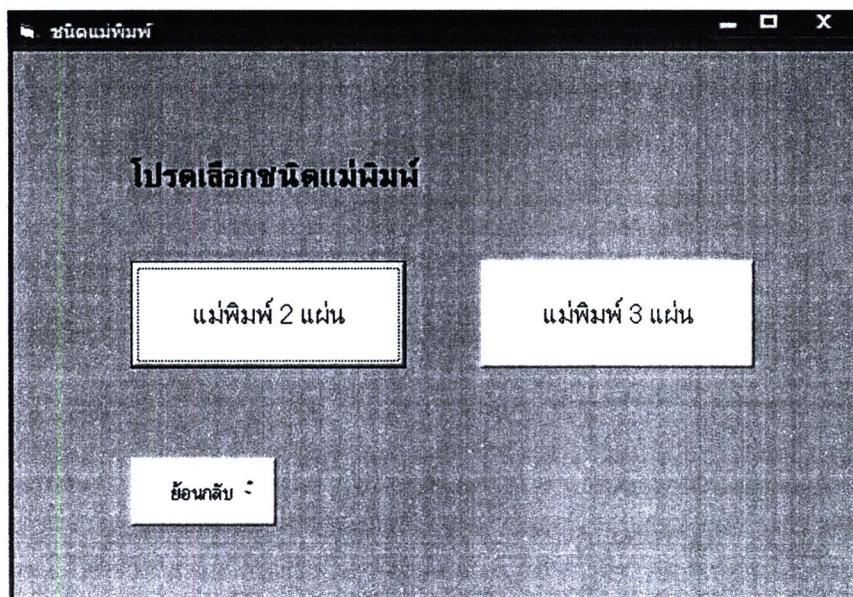
#### 4.1.5.1 กรณีศึกษาที่ 5 จำนวนโดยโปรแกรม

แม่พิมพ์สองแผ่น ไม่มี undercut มี 2 โปรแกรม โดยใส่ค่าต่างในโปรแกรมดังนี้



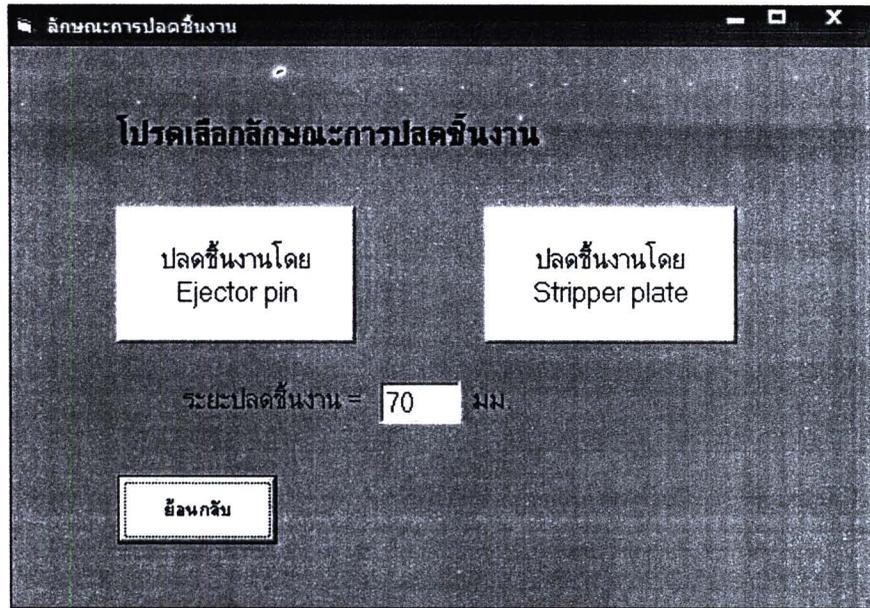
รูปที่ 4.40 หน้าต่างการเลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก (กรณีศึกษาที่ 5)

1. เลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก แบบ แม่พิมพ์ไม่มี Undercut ตามรูปที่ 4.40



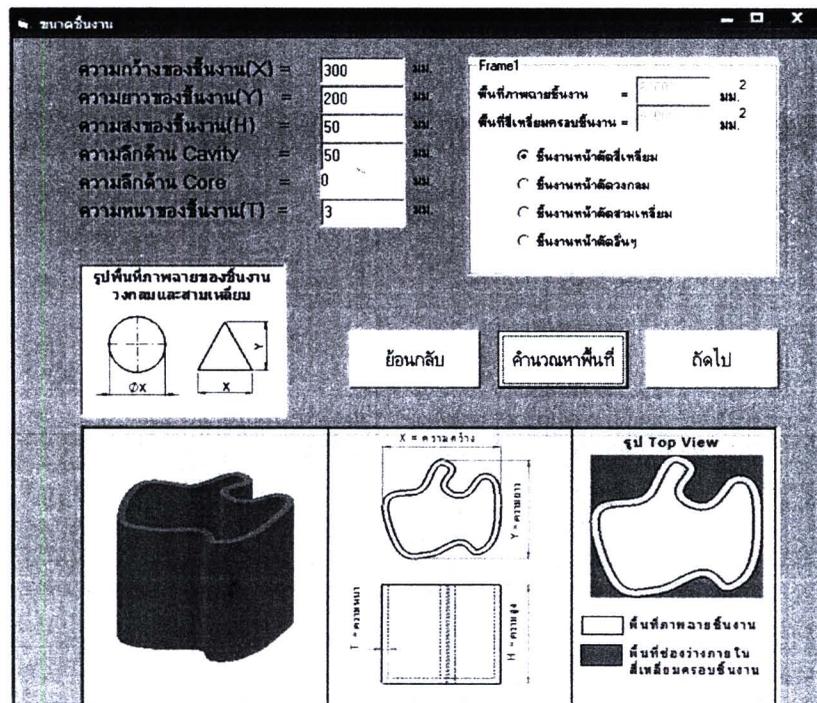
รูปที่ 4.41 หน้าต่างการเลือกชนิดแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 5)

2. เลือกชนิดแม่พิมพ์ แบบแม่พิมพ์ 2 แผ่น ตามรูปที่ 4.41



รูปที่ 4.42 หน้าต่างการเลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 5)

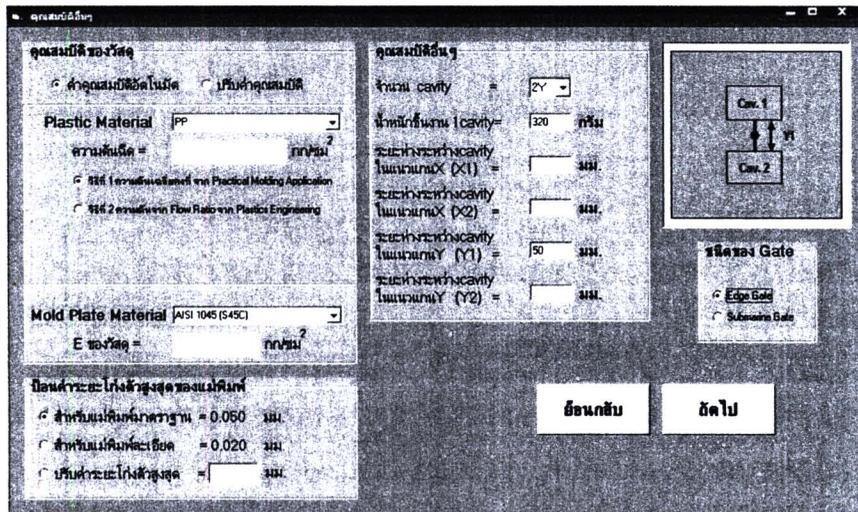
3. เลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน แบบปลดชิ้นงาน โดย Stripper plate และใส่ระยะปลดชิ้นงาน = 70 มม. ตามรูปที่ 4.42



รูปที่ 4.43 หน้าต่างป้อนข้อมูลขนาดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 5)

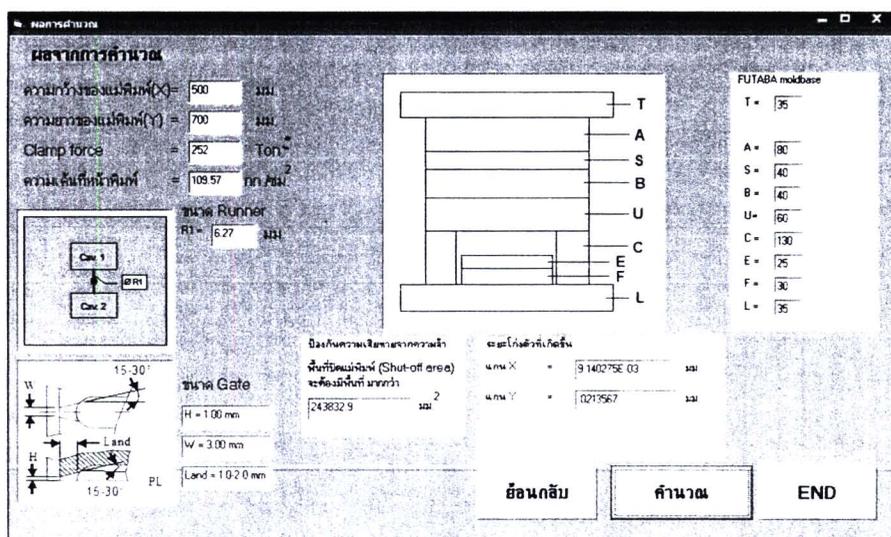
4. ป้อนค่าขนาดของชิ้นงานตามรูปที่ 4.43 ดังนี้  
 ใส่ระยะความกว้างของชิ้นงาน( $X$ ) = 300 มม.  
 ใส่ระยะความยาวของชิ้นงาน( $Y$ ) = 200 มม.  
 ใส่ระยะความสูงของชิ้นงาน( $H$ ) = 50 มม.

- ใส่ระยะความลึกค้ำ Cavity = 50 มม.  
ใส่ค่าความหนาของชิ้นงาน(T) = 3 มม.  
เลือกชิ้นงานหน้าตัดสี่เหลี่ยม



รูปที่ 4.44 หน้าต่างการป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ (กรณีศึกษาที่ 5)

5. ป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ ตามรูปที่ 4.44 ดังนี้
- เลือกชนิดของพลาสติก คือ PP
  - เลือกชนิดของแผ่นแม่พิมพ์ คือ AISI 1045 (S45C)
  - เลือกระยะโค้งตัวสูงสุดของแม่พิมพ์ = 0.050 มม.
  - เลือกจำนวนโพรงแบบ = 2Y
  - ใส่ค่าน้ำหนักชิ้นงาน 1 โพรงแบบ = 320 กรัม
  - ใส่ระยะห่างระหว่างโพรงแบบในแนวแกน Y (Y1) = 50 มม.



รูปที่ 4.45 ผลจากการคำนวณ (กรณีศึกษาที่ 5)

จากการคำนวณของโปรแกรมได้ผลตามรูปที่ 4.45 ดังนี้

ความกว้างของแม่พิมพ์ = 500 มม.

ความยาวของแม่พิมพ์ = 700 มม.

Clamp force = 252 ตัน

ความเค้นที่หน้าพิมพ์ = 109.57 กก./ซม.<sup>2</sup>

ขนาดของ Runner R1 = 6.27 มม.

ขนาดของ Gate : H = 1.00 มม.

ขนาดของ Gate : W = 3.00 มม.

ขนาดของ Gate : Land = 1.0-2.0 มม.

ความหนาของแผ่นแม่พิมพ์จาก FUTABA moldbase

T = 35 มม.

A = 80 มม.

S = 40 มม.

B = 40 มม.

U = 60 มม.

C = 130 มม.

E = 25 มม.

F = 30 มม.

L = 35 มม.

ค่าพื้นที่ปิดแม่พิมพ์ (Shut-off area) น้อยที่สุดที่จะไม่เกิดเสียรูปเนื่องจากความล้า = 243832.9 มม.<sup>2</sup>

ระยะโค้งตัวในแนวแกน X ที่คำนวณได้ = 0.00914 มม.

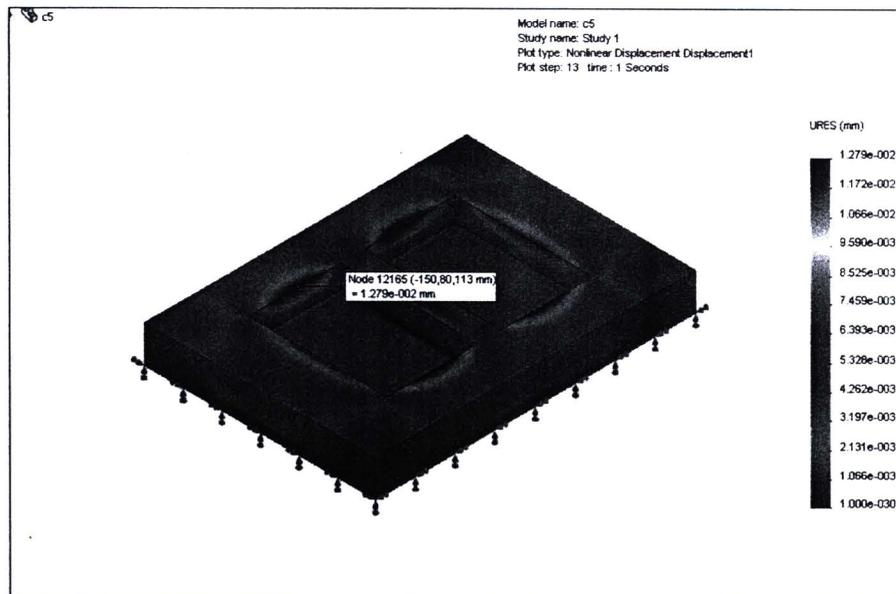
ระยะโค้งตัวในแนวแกน Y ที่คำนวณได้ = 0.02136 มม.

#### 4.1.5.2 กรณีศึกษาที่ 5 คำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์

สำหรับกรณีที่ 5 แม่พิมพ์กว้าง 500 มม. ยาว 700 มม. หนา 80 มม.

โครงแบบกว้าง 300 มม. ยาว 200 มม. ลึก 50 มม. จำนวน 2 โครงแบบ

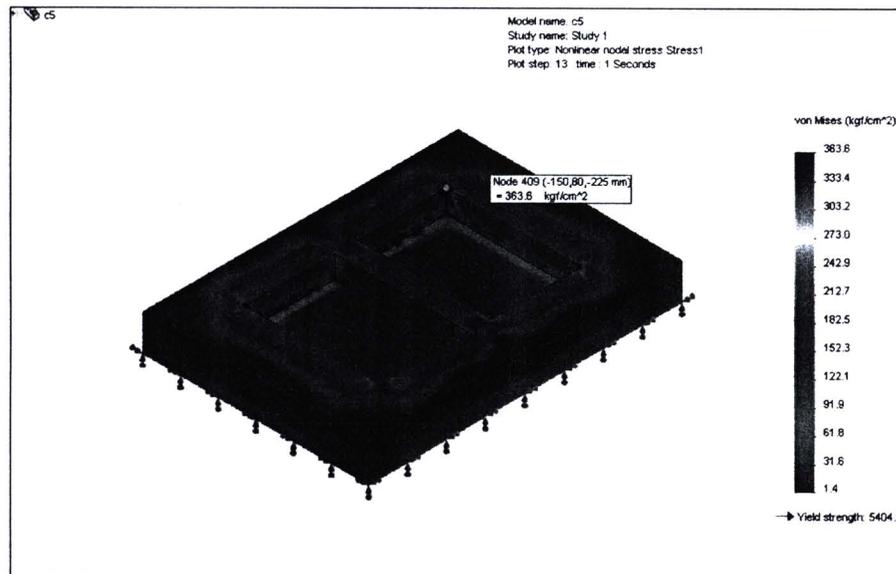
จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.46 ระยะการโก่งตัวของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 5)

จากรูปที่ 4.46 ระยะโก่งตัวสูงสุด = 0.01279 มม.

ที่ตำแหน่ง X = -150 มม. Y = -113 มม. และ Z = 0 มม.



รูปที่ 4.47 ความเค้นของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 5)

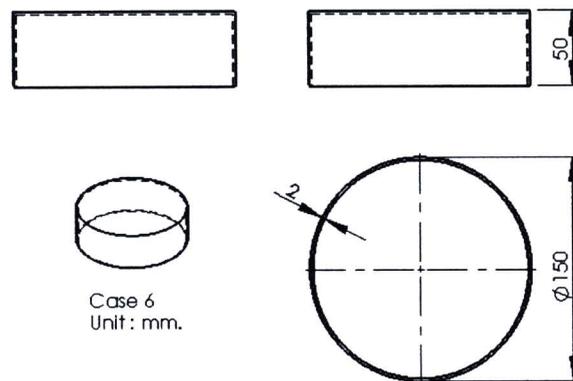
จากรูปที่ 4.47 ความเค้นสูงสุด = 363.6 กก./ซม.<sup>2</sup>

ที่ตำแหน่ง X = -150 มม. Y = 225 มม. และ Z = 0 มม.

ระยะโก่งตัวสูงสุดคำนวณโดยโปรแกรมต่างจากคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ 0.00857 มม.

#### 4.1.6 กรณีศึกษาที่ 6

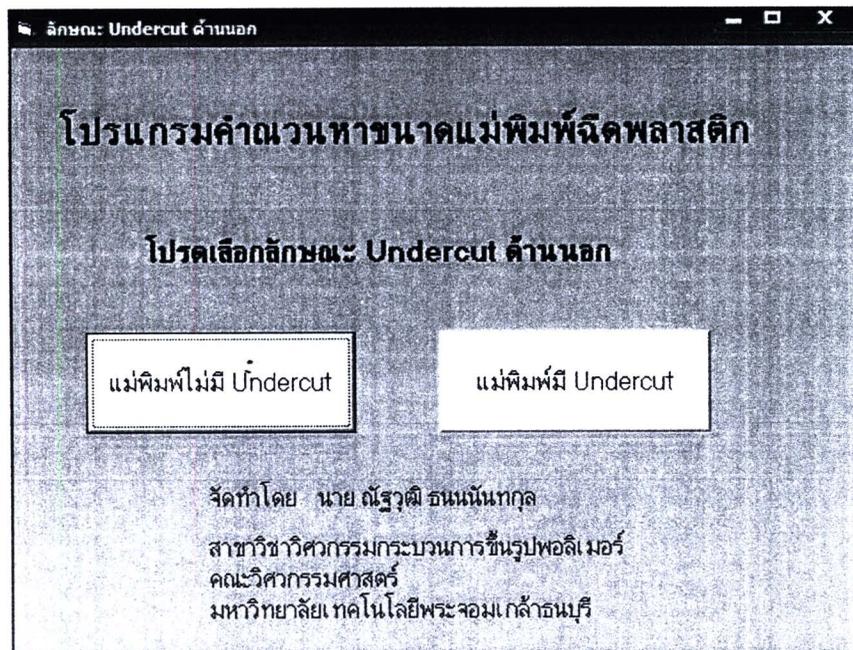
- ชิ้นงานมีขนาดตามรูปที่ 4.48
- แม่พิมพ์สองแผ่นจำนวน 1 โพรงแบบ
- ชิ้นงานเป็นพลาสติกชนิด PS
- วัสดุแม่พิมพ์ AISI 1045 (S45C)
- ระยะ โกงตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ 0.050 มม.
- gate แบบ edge gate



รูปที่ 4.48 แบบชิ้นงานกรณีศึกษาที่ 6

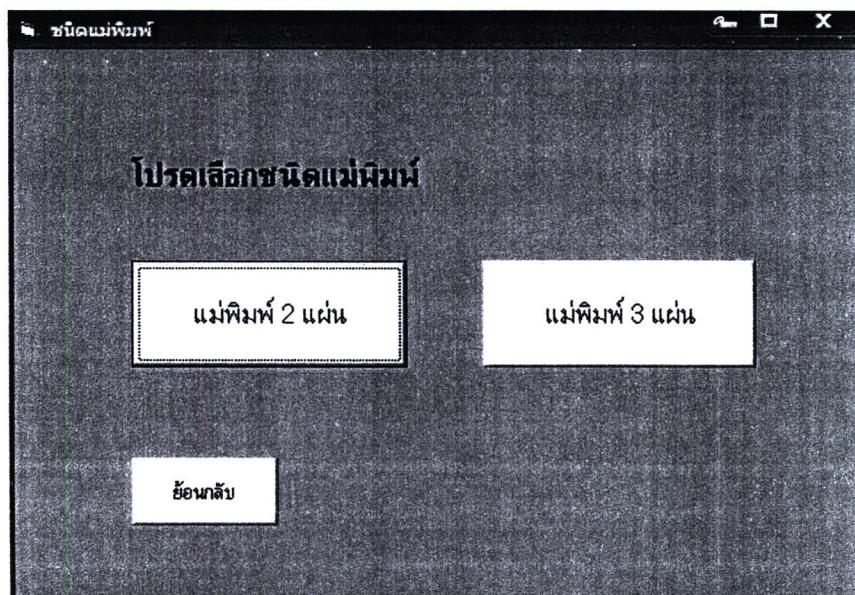
##### 4.1.6.1 กรณีศึกษาที่ 6 คำนวณ โดยโปรแกรม

แม่พิมพ์สองแผ่น ไม่มี undercut มี 1 โพรงแบบ โดยใส่ค่าต่างในโปรแกรกดังนี้



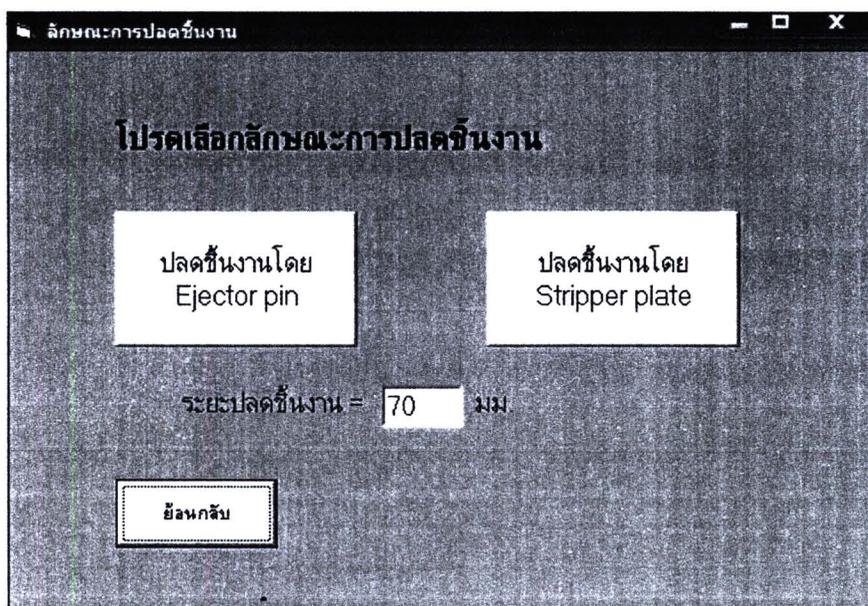
รูปที่ 4.49 หน้าต่างการเลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก (กรณีศึกษาที่ 6)

1. เลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก แบบ แม่พิมพ์ไม่มี Undercut ตามรูปที่ 4.49



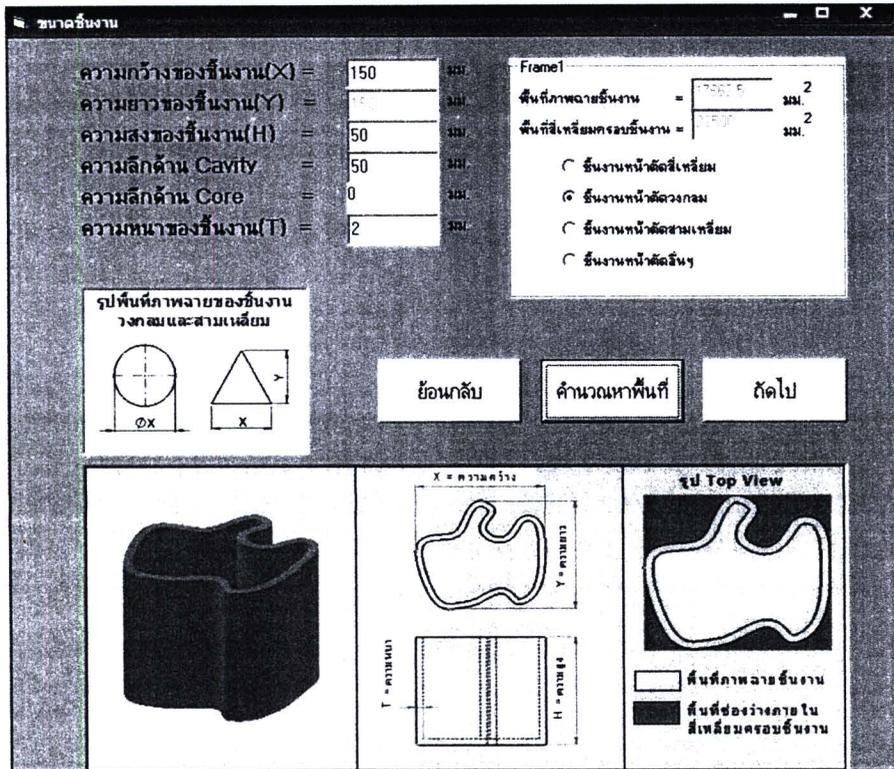
รูปที่ 4.50 หน้าต่างการเลือกชนิดแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 6)

2. เลือกชนิดแม่พิมพ์ แบบ แม่พิมพ์ 2 แผ่น ตามรูปที่ 4.50



รูปที่ 4.51 หน้าต่างการเลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 6)

3. เลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน แบบ ปลดชิ้นงาน โดย Ejector pin และใส่ระยะปลดชิ้นงาน = 70 มม. ตามรูปที่ 4.51



รูปที่ 4.52 หน้าต่างการป้อนข้อมูลขนาดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 6)

4. ป้อนค่าขนาดของชิ้นงานตามรูปที่ 4.52 ดังนี้

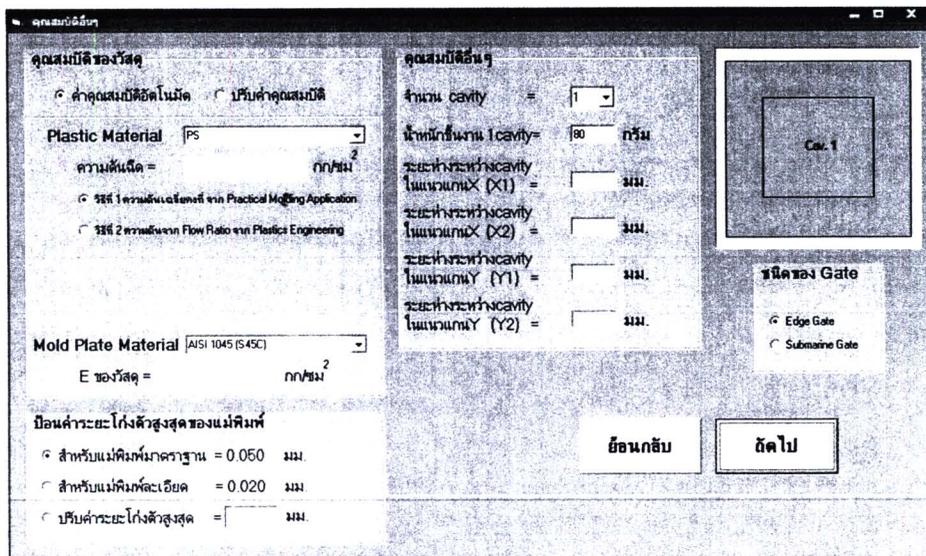
ใส่ระยะความกว้างของชิ้นงาน (X) = 300 มม.

ใส่ระยะความสูงของชิ้นงาน (H) = 50 มม.

ใส่ระยะความลึกด้าน Cavity = 50 มม.

ใส่ค่าความหนาของชิ้นงาน (T) = 2 มม.

เลือกชิ้นงานหน้าตัดวงกลม



รูปที่ 4.53 หน้าต่างการป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ (กรณีศึกษาที่ 6)

5. ป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆตามรูปที่ 4.53 ดังนี้

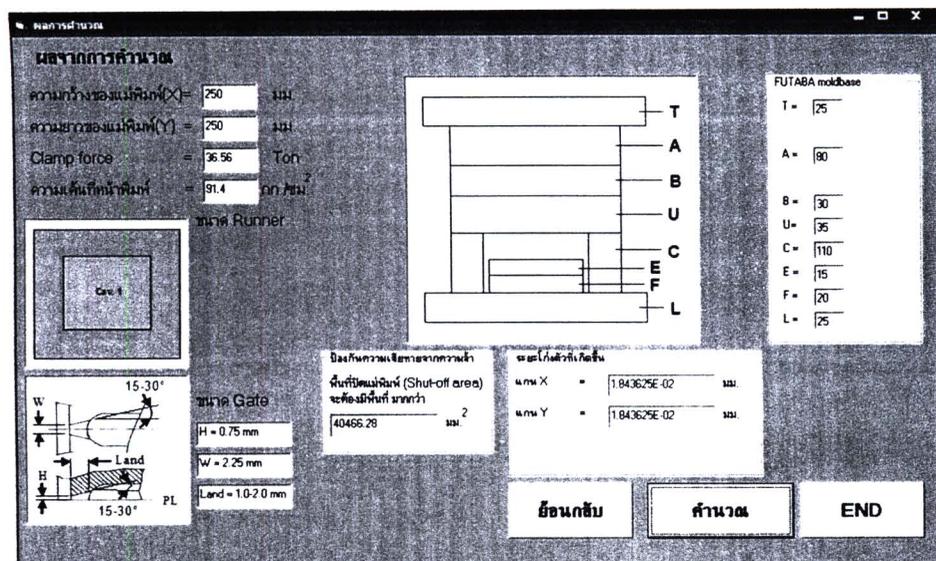
เลือกชนิดของพลาสติก คือ PS

เลือกชนิดของแผ่นแม่พิมพ์ คือ AISI 1045 (S45C)

เลือกระยะโค้งตัวสูงสุดของแม่พิมพ์ = 0.050 มม.

เลือกจำนวนโพรงแบบ = 1

ใส่ค่าน้ำหนักชิ้นงาน 1 โพรงแบบ = 80 กรัม



รูปที่ 4.54 ผลจากการคำนวณ (กรณีศึกษาที่ 6)

จากการคำนวณของโปรแกรมได้ผลตามรูปที่ 4.54 ดังนี้

ความกว้างของแม่พิมพ์ = 250 มม.

ความยาวของแม่พิมพ์ = 250 มม.

Clamp force = 36.56 ตัน

ความเค้นที่หน้าพิมพ์ = 91.4 กก./ซม.<sup>2</sup>

ขนาดของ Gate : H = 0.75 มม.

ขนาดของ Gate : W = 2.25 มม.

ขนาดของ Gate : Land = 1.0-2.0 มม.

ความหนาของแผ่นแม่พิมพ์จาก FUTABA moldbase

T = 25 มม.

A = 80 มม.

B = 30 มม.

U = 35 มม.

C = 110 มม.



E = 15 มม.

F = 20 มม.

L = 25 มม.

ค่าพื้นที่ปิดแม่พิมพ์ (Shut-off area) ที่สุดที่จะไม่เกิดเสียรูปเนื่องจากความล้า = 40466.28 มม.<sup>2</sup>

ระยะโค้งตัวในแนวแกน X ที่คำนวณได้ = 0.01844 มม.

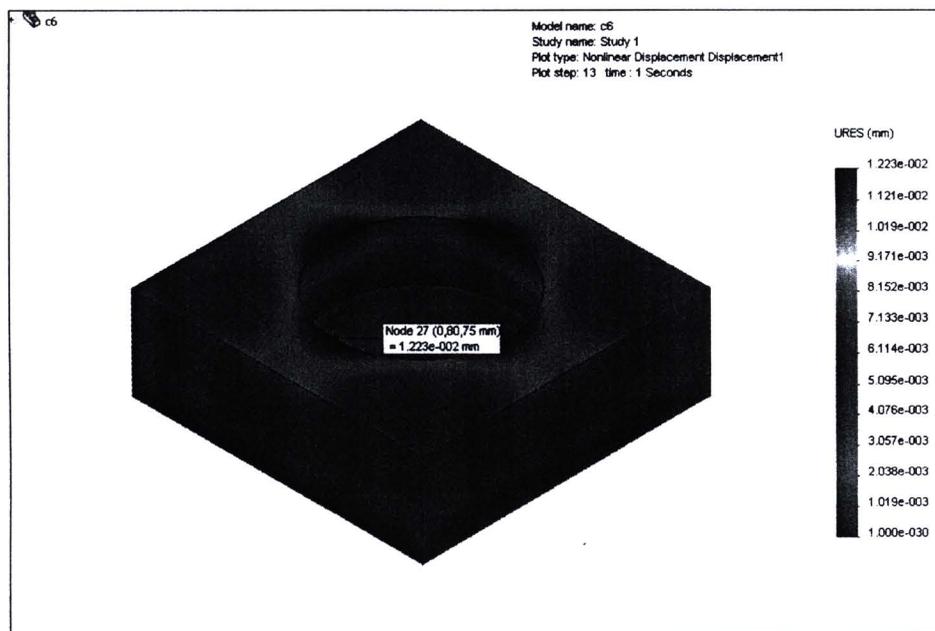
ระยะโค้งตัวในแนวแกน Y ที่คำนวณได้ = 0.01844 มม.

#### 4.1.6.2 กรณีศึกษาที่ 6 คำนวณ โดยไฟไนต์เอลิเมนต์

สำหรับกรณีที่ 6 แม่พิมพ์กว้าง 250 มม. ยาว 250 มม.หนา 80 มม.

โครงแบบกว้าง 150 มม. ยาว 150 มม. ลึก 50 มม. จำนวน 1 โครงแบบ

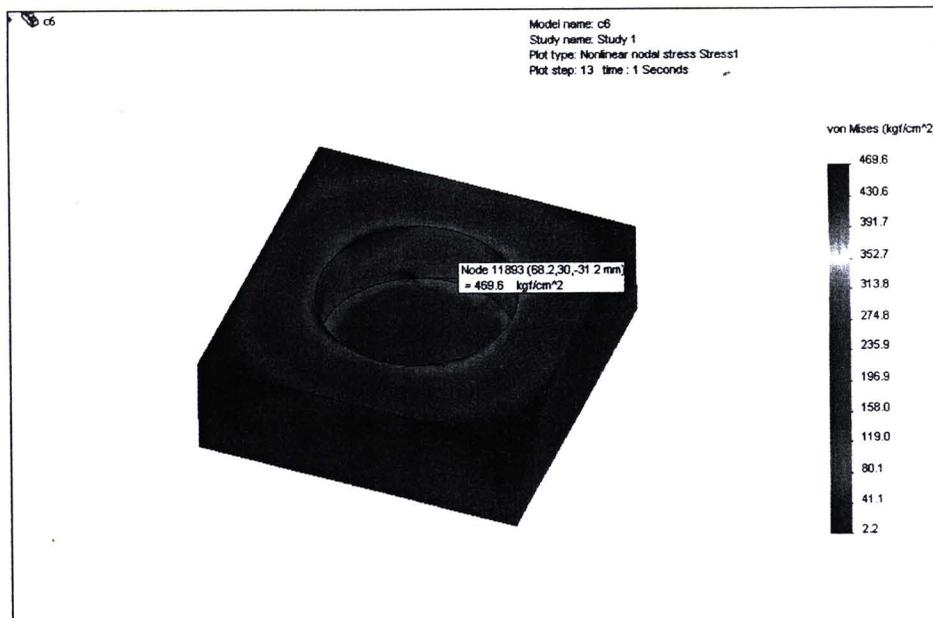
จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.55 ระยะการโค้งตัวของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 6)

จากรูปที่ 4.55 ระยะโค้งตัวสูงสุด = 0.01223 มม.

ที่ตำแหน่ง X = 0 มม. Y = -75 มม. และ Z = 0 มม.



รูปที่ 4.56 ความเค้นของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 6)

จากรูปที่ 4.56 ความเค้นสูงสุด = 469.6 กก./ซม.<sup>2</sup>

ที่ตำแหน่ง X = -86.2 มม. Y = 31.2 มม. และ Z = 50 มม.

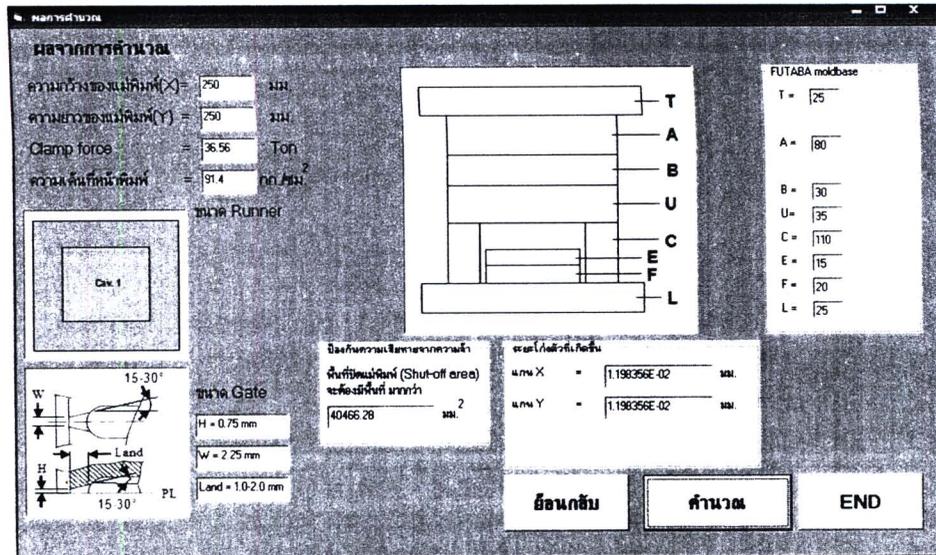
ระยะโค้งตัวสูงสุดคำนวณโดยโปรแกรมต่างจากคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ 0.00621 มม.

จากการทดลองเมื่อหน้าตัดของชิ้นงานเป็นวงกลมทำให้โปรแกรมคำนวณคลาดเคลื่อนจึงได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าปรับแก้ในกรณีชิ้นงานหน้าตัดวงกลมโดยเปรียบเทียบผลจากไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ระยะ โค้งตัวของชิ้นงานรูปสี่เหลี่ยมและวงกลมคำนวณจากไฟไนต์เอลิเมนต์

No.	ลักษณะชิ้นงาน ( 1 โพรงแบบ)	ระยะ โค้งตัวจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (มม.)	อัตราส่วน
1	สี่เหลี่ยมขนาด 100x100 มม.	0.01514	1.0000
2	วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม.	0.00818	0.5403
3	สี่เหลี่ยมขนาด 150x150 มม.	0.02370	1.0000
4	วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม.	0.01223	0.5160
5	สี่เหลี่ยมขนาด 200x200 มม.	0.01628	1.0000
6	วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มม.	0.01039	0.6382

จากตารางที่ 4.1 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของระยะ โค้งตัวของรูปวงกลมและสี่เหลี่ยมอยู่ในช่วง 0.516 ถึง 0.638 ดังนั้นใน โปรแกรมที่พัฒนาจึงใส่ค่าปรับแก้ 0.65 คูณในสมการการหาระยะ โค้งตัวจากนั้นได้คำนวณกรณีศึกษาที่ 6 อีกครั้ง ได้ผลดังรูปที่ 4.57



รูปที่ 4.57 ผลจากการคำนวณ (กรณีศึกษาที่ 6 คุณค่าปรับแก้วงกลม)

จากการคำนวณของโปรแกรมได้ผลตามรูปที่ 4.57 ดังนี้

ความกว้างของแม่พิมพ์ = 250 มม.

ความยาวของแม่พิมพ์ = 250 มม.

Clamp force = 36.56 ตัน

ความเค้นที่หน้าพิมพ์ = 91.4 กก./ซม.<sup>2</sup>

ขนาดของ Gate : H = 0.75 มม.

ขนาดของ Gate : W = 2.25 มม.

ขนาดของ Gate : Land = 1.0-2.0 มม.

ความหนาของแผ่นแม่พิมพ์จาก FUTABA moldbase

T = 25 มม.

A = 80 มม.

B = 30 มม.

U = 35 มม.

C = 110 มม.

E = 15 มม.

F = 20 มม.

L = 25 มม.

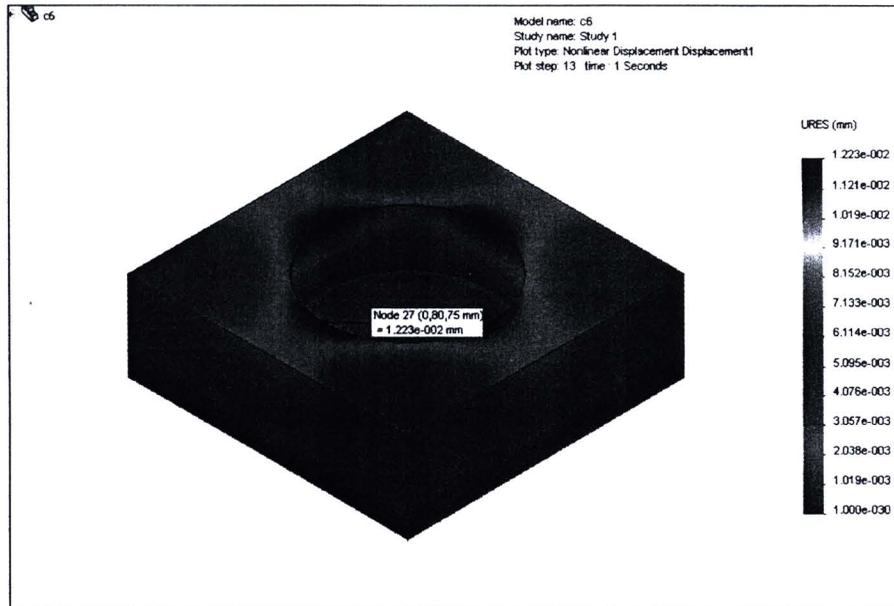
ค่าพื้นที่ปิดแม่พิมพ์ (Shut-off area) ที่สุดที่จะไม่เกิดเสียรูปเนื่องจากความล้า = 40466.28 มม.<sup>2</sup>

ระยะโค้งตัวในแนวแกน X ที่คำนวณได้ = 0.01198 มม.

ระยะโค้งตัวในแนวแกน Y ที่คำนวณได้ = 0.01198 มม.

4.1.6.3 กรณีศึกษาที่ 6 ผนัค่าปรับแก้วงกลม คำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์  
สำหรับกรณีที่ 6 แม่พิมพ์กว้าง 250 มม. ยาว 250 มม. หนา 80 มม.

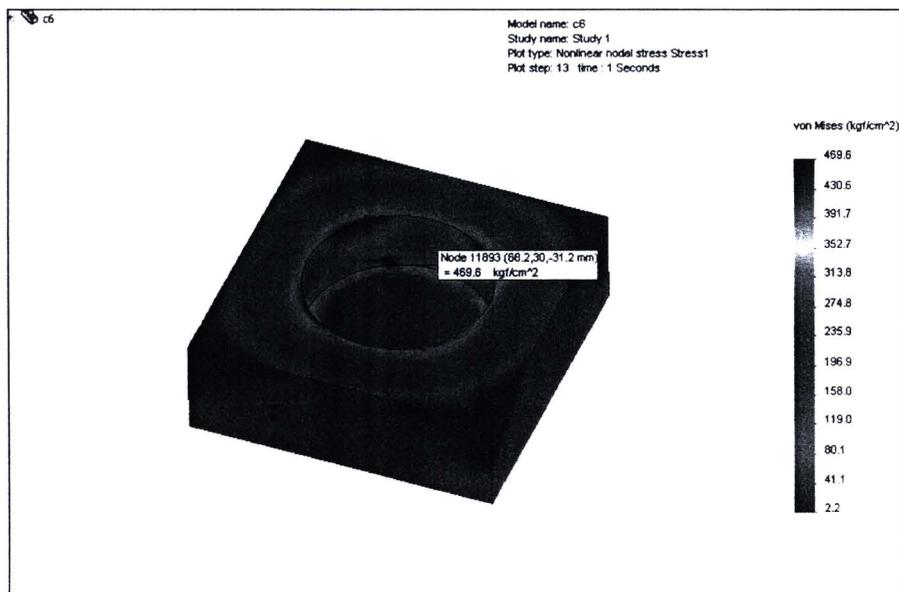
โครงแบบกว้าง 150 มม. ยาว 150 มม. ลึก 50 มม. จำนวน 1 โครงแบบ  
จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.58 ระยะการโก่งตัวของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 6 ผนัค่าปรับแก้วงกลม)

จากรูปที่ 4.58 ระยะโก่งตัวสูงสุด = 0.01223 มม.

ที่ตำแหน่ง X = 0 มม. Y = -75 มม. และ Z = 0 มม.



รูปที่ 4.59 ความเค้นของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 6 ผนัค่าปรับแก้วงกลม)

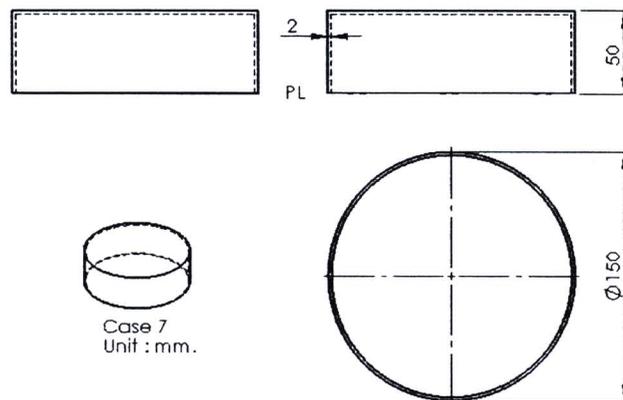
จากรูปที่ 4.59 ความเค้นสูงสุด = 469.6 กก./ซม.<sup>2</sup>

ที่ตำแหน่ง X = -68.2 มม. Y = 31.2 มม. และ Z = 50 มม.

ระยะโก่งตัวสูงสุดคำนวณโดยโปรแกรมต่างจากคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ -0.00025 มม.

#### 4.1.7 กรณีศึกษาที่ 7

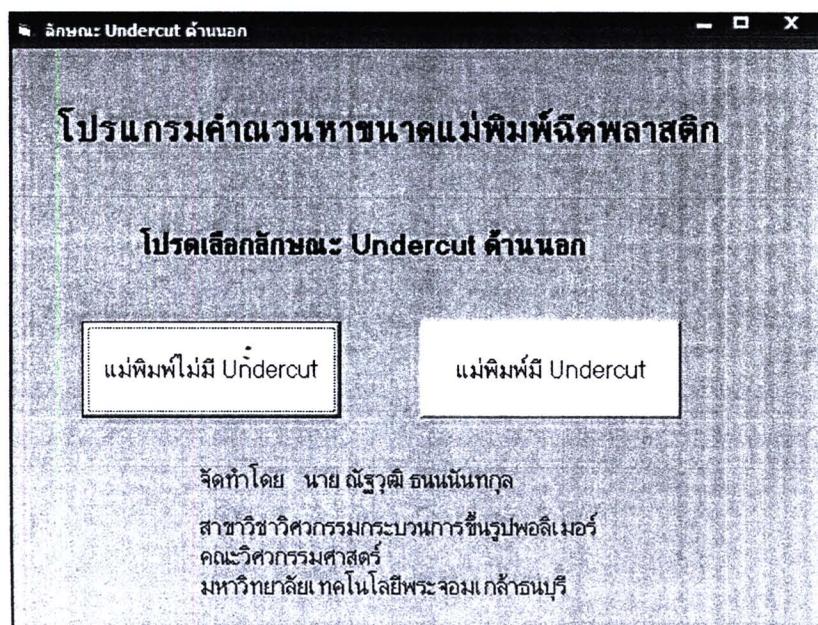
- ชิ้นงานมีขนาดตามรูปที่ 4.60
- แม่พิมพ์สองแผ่นจำนวน 4 โพรงแบบ
- ชิ้นงานเป็นพลาสติกชนิด PE
- วัสดุแม่พิมพ์ AISI 1045 (S45C)
- ระยะโค้งตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ 0.050 มม.
- gate แบบ edge gate



รูปที่ 4.60 แบบชิ้นงานกรณีศึกษาที่ 7

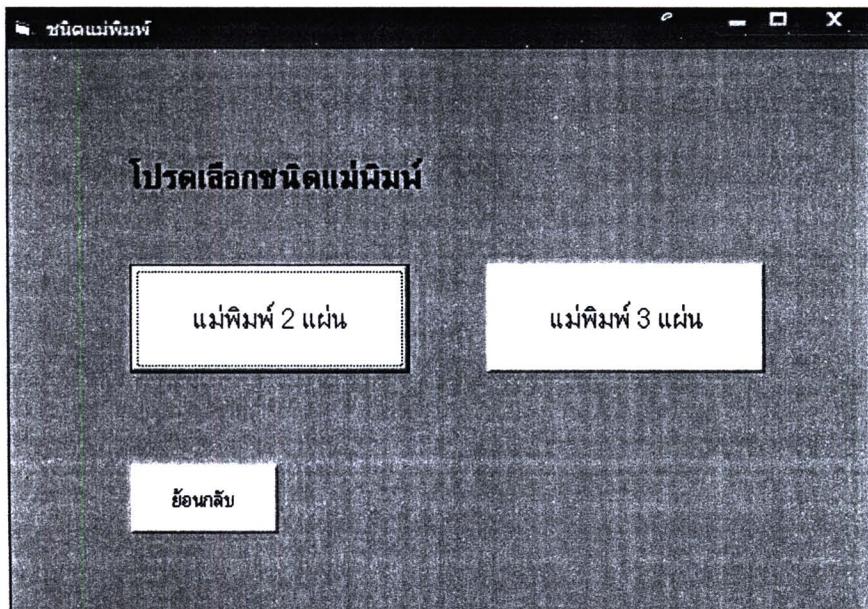
##### 4.1.7.1 กรณีศึกษาที่ 7 จำนวน โดยโปรแกรม

แม่พิมพ์สองแผ่น ไม่มี undercut มี 4 โพรงแบบ โดยใส่ค่าต่างในโปรแกรมดังนี้



รูปที่ 4.61 หน้าต่างการเลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก (กรณีศึกษาที่ 7)

1. เลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก แบบ แม่พิมพ์ไม่มี Undercut ตามรูปที่ 4.61



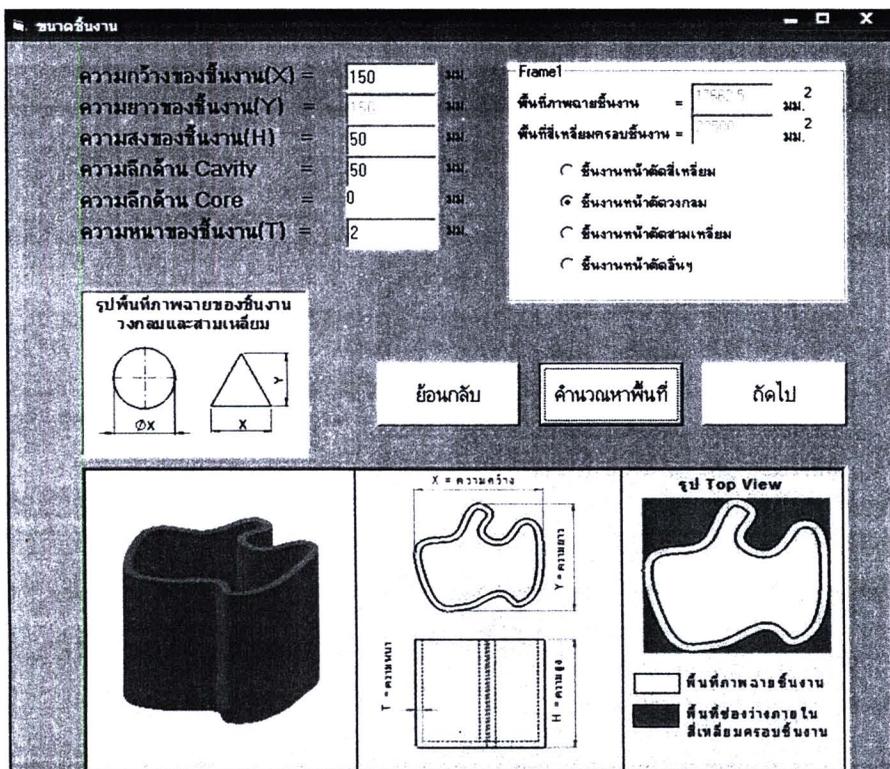
รูปที่ 4.62 หน้าต่างการเลือกชนิดแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 7)

2. เลือกชนิดแม่พิมพ์ แบบ แม่พิมพ์ 2 แผ่น ตามรูปที่ 4.62



รูปที่ 4.63 หน้าต่างการเลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 7)

3. เลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน แบบ ปลดชิ้นงานโดย Ejector pin และใส่ระยะปลดชิ้นงาน = 70 มม. ตามรูปที่ 4.63



รูปที่ 4.64 หน้าต่างการป้อนข้อมูลขนาดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 7)

4. ป้อนค่าขนาดของชิ้นงานตามรูปที่ 4.64 ดังนี้

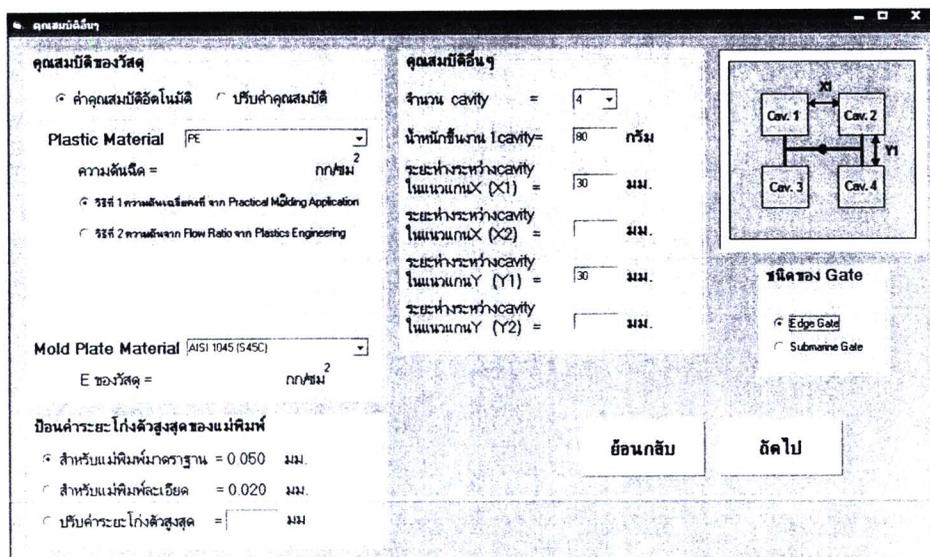
ใส่ระยะความกว้างของชิ้นงาน(X) = 150 มม.

ใส่ระยะความสูงของชิ้นงาน(H) = 50 มม.

ใส่ระยะความลึกด้าน Cavity = 50 มม.

ใส่ค่าความหนาของชิ้นงาน(T) = 2 มม.

เลือกชิ้นงานหน้าตัดวงกลม



รูปที่ 4.65 หน้าต่างการป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ (กรณีศึกษาที่ 7)

5. ป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ ตามรูปที่ 4.65 ดังนี้

เลือกชนิดของพลาสติก คือ PE

เลือกชนิดของแผ่นแม่พิมพ์ คือ AISI 1045 (S45C)

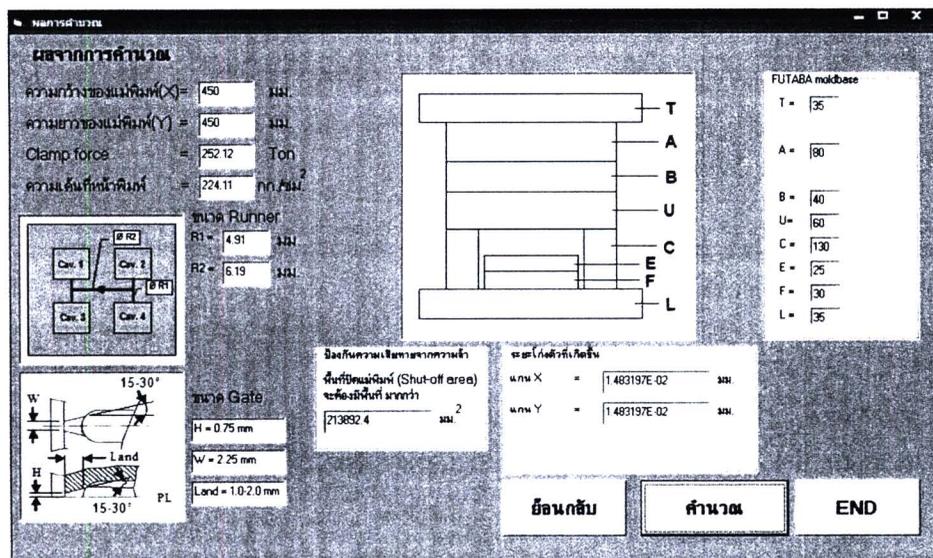
เลือกระยะ โกงตัวสูงสุดของแม่พิมพ์ = 0.050 มม.

เลือกจำนวน โพรงแบบ = 4

ใส่ค่าน้ำหนักชิ้นงาน 1 โพรงแบบ = 80 กรัม

ใส่ระยะห่างระหว่างโพรงแบบในแนวแกน X (X1) = 30 มม.

ใส่ระยะห่างระหว่างโพรงแบบในแนวแกน Y (Y1) = 30 มม.



รูปที่ 4.66 ผลจากการคำนวณ (กรณีศึกษาที่ 7)

จากการคำนวณของโปรแกรมซึ่งได้คุณค่าปรับแก้วงกลมแล้วได้ผลตามรูปที่ 4.66 ดังนี้

ความกว้างของแม่พิมพ์ = 450 มม.

ความยาวของแม่พิมพ์ = 450 มม.

Clamp force = 252.12 ตัน

ความเค้นที่หน้าพิมพ์ = 224.11 กก./ซม.<sup>2</sup>

ขนาดของ Runner R1 = 4.91 มม.

ขนาดของ Runner R2 = 6.19 มม.

ขนาดของ Gate : H = 0.75 มม.

ขนาดของ Gate : W = 2.25 มม.

ขนาดของ Gate : Land = 1.0-2.0 มม.

ความหนาของแผ่นแม่พิมพ์จาก FUTABA moldbase

T = 35 มม.

A = 80 มม.

B = 40 มม.

U = 60 มม.

C = 130 มม.

E = 25 มม.

F = 30 มม.

L = 35 มม.

ค่าพื้นที่ปิดแม่พิมพ์ (Shut-off area) น้อยที่สุดที่จะไม่เกิดเสียรูปเนื่องจากความถ้ำ = 213892.4 มม.<sup>2</sup>

ระยะโค้งตัวในแนวแกน X ที่คำนวณได้ = 0.01483 มม.

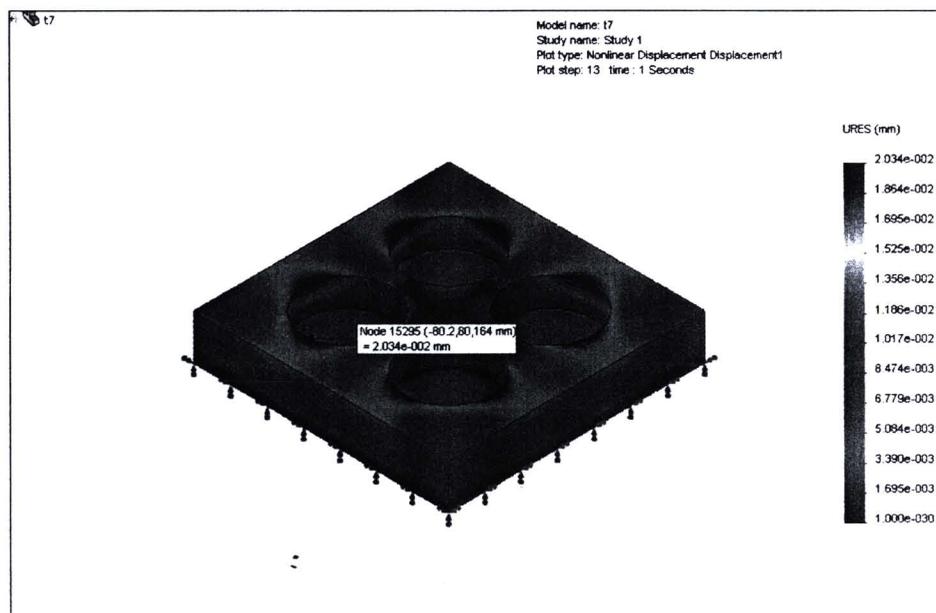
ระยะโค้งตัวในแนวแกน Y ที่คำนวณได้ = 0.01483 มม.

#### 4.1.7.2 กรณีศึกษาที่ 7 คำนวณ โดยไฟไนต์เอลิเมนต์

สำหรับกรณีที่ 7 แม่พิมพ์กว้าง 450 มม. ยาว 450 มม.หนา 80 มม.

โครงแบบกว้าง 150 มม. ยาว 150 มม. ลึก 50 มม. จำนวน 4 โครงแบบ

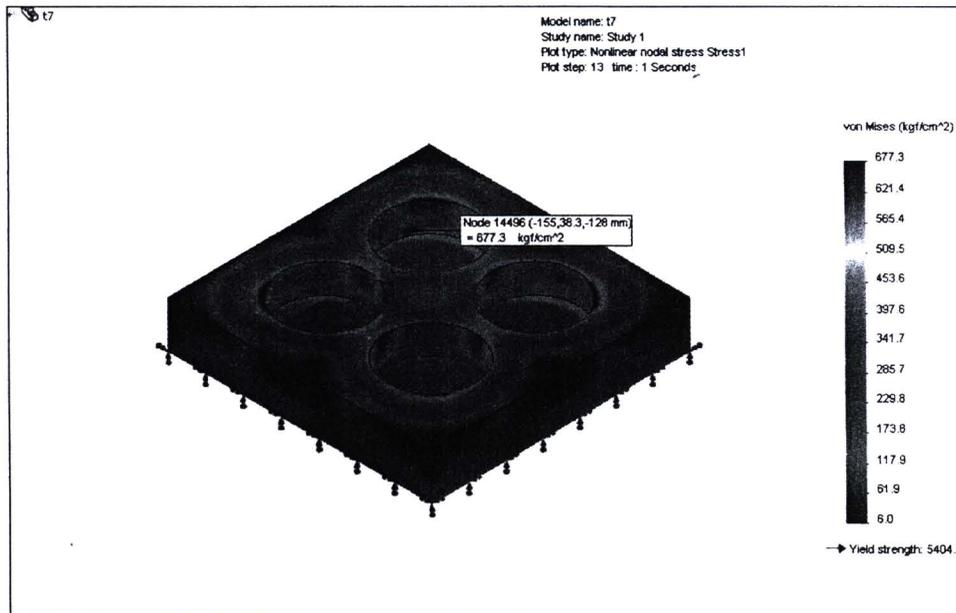
จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.67 ระยะการโค้งตัวของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 7)

จากรูปที่ 4.67 ระยะโค้งตัวสูงสุด = 0.02034 มม.

ที่ตำแหน่ง X = -80.2 มม. Y = 80.164 มม. และ Z = 0 มม.



รูปที่ 4.68 ความเค้นของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 7)

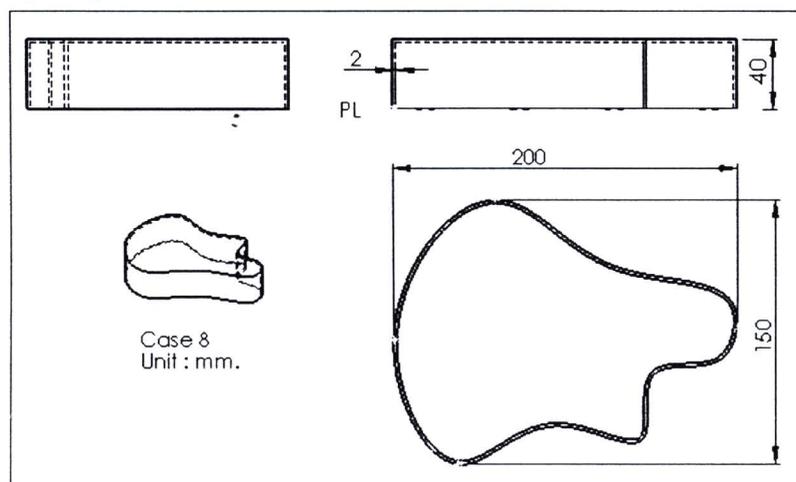
จากรูปที่ 4.68 ความเค้นสูงสุด =  $677.3 \text{ กก./ซม.}^2$

ที่ตำแหน่ง X = -155 มม. Y = 128 มม. และ Z = 41.7 มม.

ระยะ โกงตัวสูงสุดคำนวณโดยโปรแกรมต่างจากคำนวณ โดยไฟไนต์เอลิเมนต์ -0.00551 มม.

#### 4.1.8 กรณีศึกษาที่ 8

- ชิ้นงานมีขนาดตามรูปที่ 4.69
- แม่พิมพ์สามแผ่นจำนวน 1 โพรงแบบ
- ชิ้นงานเป็นพลาสติกชนิด PC
- วัสดุแม่พิมพ์ AISI 1045 (S45C)
- ระยะ โกงตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ 0.050 มม.
- gate แบบ pin point gate



รูปที่ 4.69 แบบชิ้นงานกรณีศึกษาที่ 8

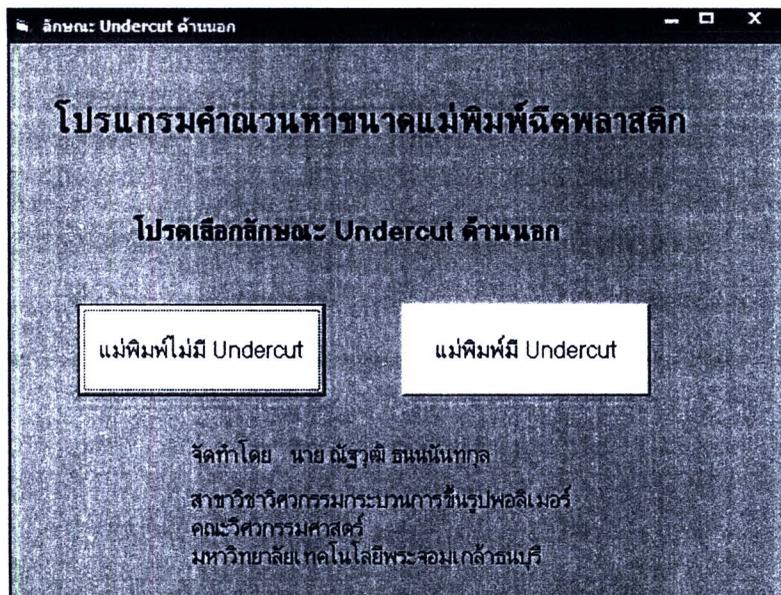
ในกรณีที่หน้าตัดของชิ้นงานเป็นรูปร่างโค้งเว้า โปรแกรมหาค่าปรับแก้จากอัตราส่วนพื้นที่ดังนี้  
จากรูปที่ 4.69 พื้นที่หน้าตัดรูป คือ  $19242.1 \text{ มม.}^2$

พื้นที่สี่เหลี่ยมกรอบชิ้นงาน คือ  $30000 \text{ มม.}^2$

ค่าปรับแก้ =  $19242.1/30000 = 0.641$

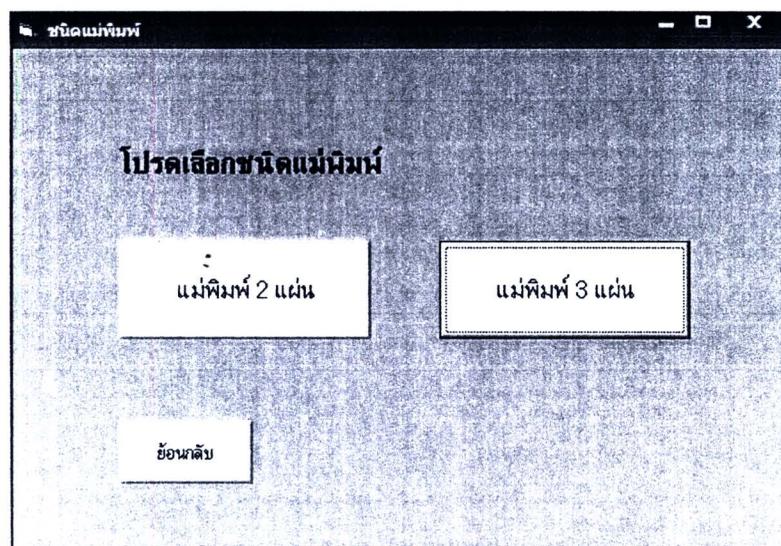
#### 4.1.8.1 กรณีศึกษาที่ 8 คำนวณโดยโปรแกรม

แม่พิมพ์สามแผ่น ไม่มี undercut มี 1 โพรงแบบ โดยใส่ค่าต่างในโปรแกรมดังนี้



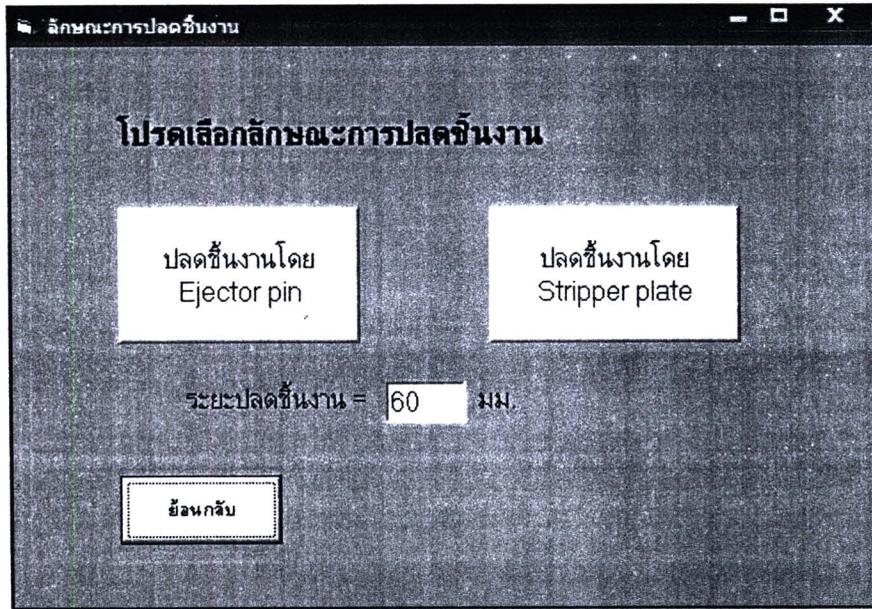
รูปที่ 4.70 หน้าต่างการเลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก (กรณีศึกษาที่ 8)

1. เลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก แบบ แม่พิมพ์ไม่มี Undercut ตามรูปที่ 4.70



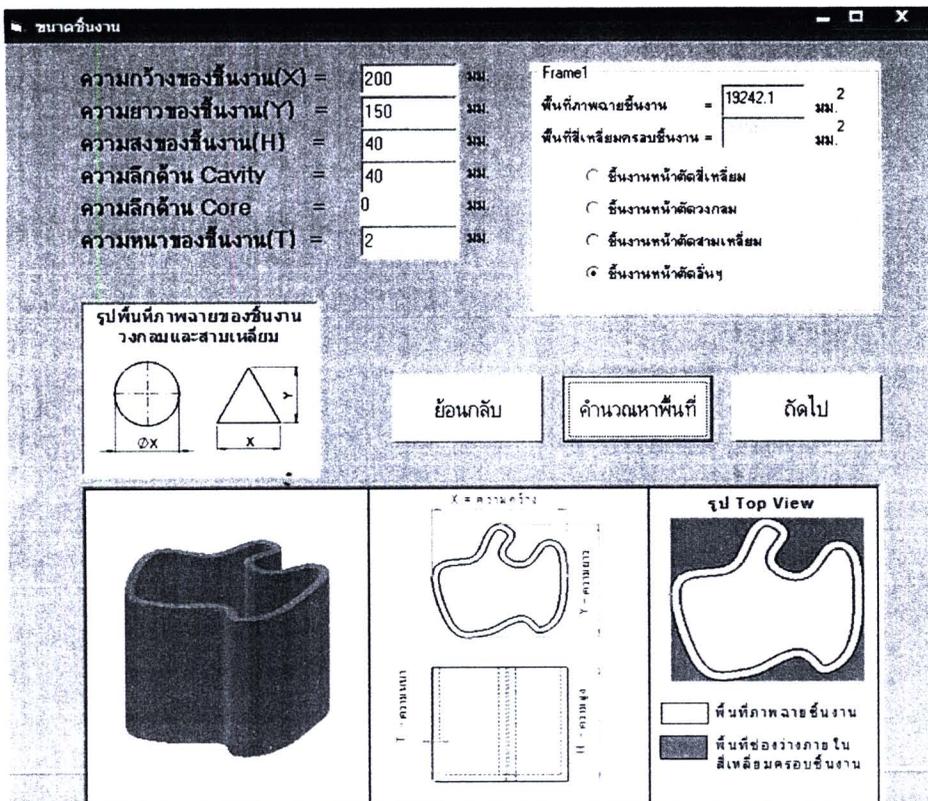
รูปที่ 4.71 หน้าต่างการเลือกชนิดแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 8)

2. เลือกชนิดแม่พิมพ์ แบบแม่พิมพ์ 3 แผ่น ตามรูปที่ 4.671



รูปที่ 4.72 หน้าต่างการเลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 8)

3. เลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน แบบปลดชิ้นงาน โดย Stripper plate และใส่ระยะปลดชิ้นงาน = 60 มม.ตามรูปที่ 4.72



รูปที่ 4.73 หน้าต่างการป้อนข้อมูลขนาดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 8)

4. ป้อนค่าขนาดของชิ้นงานตามรูปที่ 4.73 ดังนี้

ใส่ระยะความกว้างของชิ้นงาน(X) = 200 มม.

ใส่ระยะความยาวของชิ้นงาน(Y) = 150 มม.

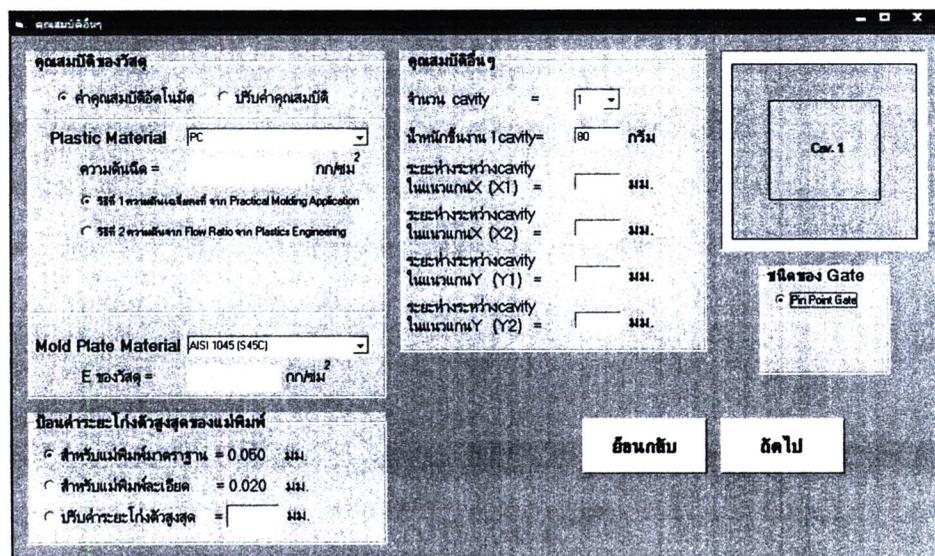
ใส่ระยะความสูงของชิ้นงาน(H) = 40 มม.

ใส่ระยะความลึกค้ำ Cavity = 40 มม.

ใส่ค่าความหนาของชิ้นงาน(T) = 2 มม.

ใส่ค่าพื้นที่ภาพฉายชิ้นงาน = 19242.1 มม.<sup>2</sup>

เลือกชิ้นงานหน้าต่างอื่นๆ



รูปที่ 4.74 หน้าต่างการป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ (กรณีศึกษาที่ 8)

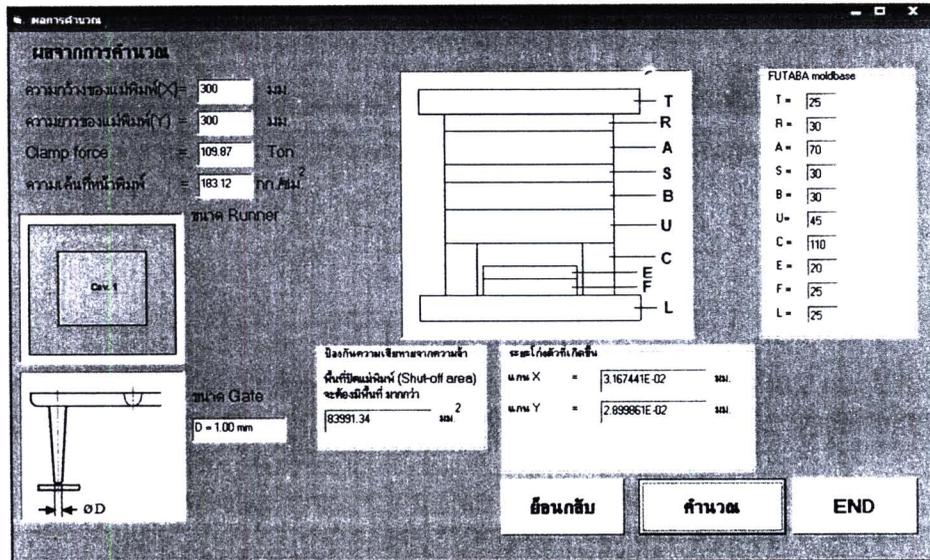
5. ป้อนข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ ตามรูปที่ 4.74 ดังนี้

เลือกชนิดของพลาสติก คือ PC

เลือกชนิดของแผ่นแม่พิมพ์ คือ AISI 1045 (S45C)

เลือกกระยะ โกงตัวสูงสุดของแม่พิมพ์ = 0.050 มม.

เลือกจำนวนโพรงแบบ = 1



รูปที่ 4.75 ผลจากการคำนวณ (กรณีศึกษาที่ 8)

จากการคำนวณของโปรแกรมได้ผลตามรูปที่ 4.75 ดังนี้

ความกว้างของแม่พิมพ์ = 300 มม.

ความยาวของแม่พิมพ์ = 300 มม.

Clamp force = 109.87 ตัน

ความเค้นที่หน้าพิมพ์ = 183.12 กก./ซม.<sup>2</sup>

ขนาดของ Gate : D = 1.00 มม.

ความหนาของแผ่นแม่พิมพ์จาก FUTABA moldbase

T = 25 มม.

R = 30 มม.

A = 70 มม.

S = 30 มม.

B = 30 มม.

U = 45 มม.

C = 110 มม.

E = 20 มม.

F = 25 มม.

L = 25 มม.

ค่าพื้นที่ปิดแม่พิมพ์ (Shut-off area) น้อยที่สุดที่จะไม่เกิดเสียรูปเนื่องจากความล้า = 83991.34 มม.<sup>2</sup>

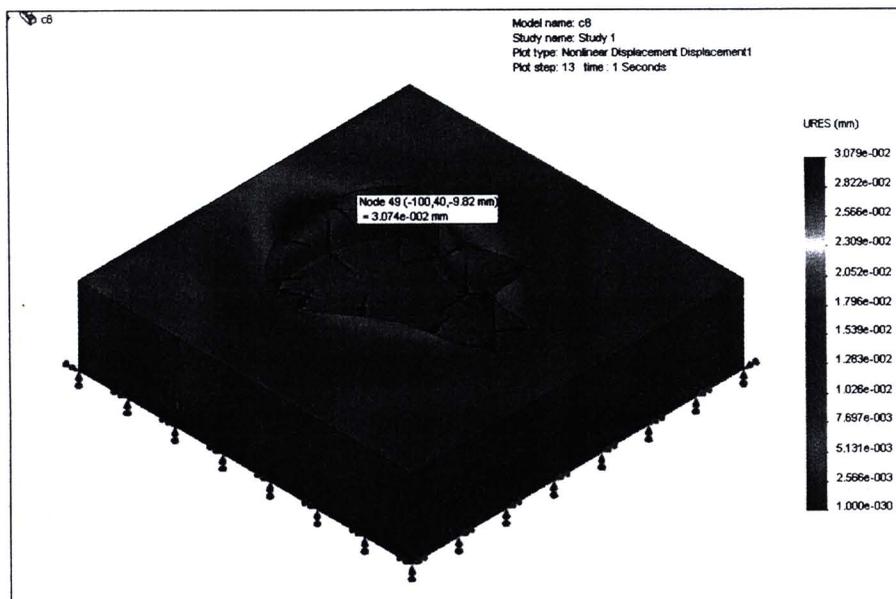
ระยะโค้งตัวในแนวแกน X ที่คำนวณได้ = 0.03167 มม.

ระยะโค้งตัวในแนวแกน Y ที่คำนวณได้ = 0.02899 มม.

4.1.8.2 กรณีศึกษาที่ 8 คำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์

สำหรับกรณีศึกษาที่ 8 แม่พิมพ์กว้าง 300 มม. ยาว 300 มม.หนา 70 มม.

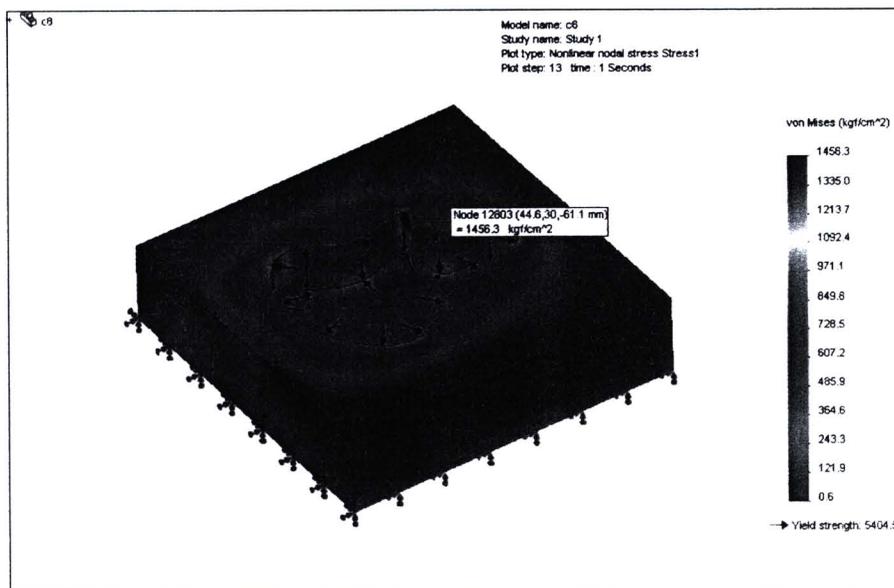
โพรงแบบกว้าง 200 มม. ยาว 150 มม. ลึก 40 มม. จำนวน 1 โพรงแบบ  
จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.76 ระยะการโก่งตัวของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 8)

จากรูปที่ 4.76 ระยะโก่งตัวสูงสุด = 0.03074 มม.

ที่ตำแหน่ง X = -100 มม. Y = 9.82 มม. และ Z = 0 มม.



รูปที่ 4.77 ความเค้นของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 8)

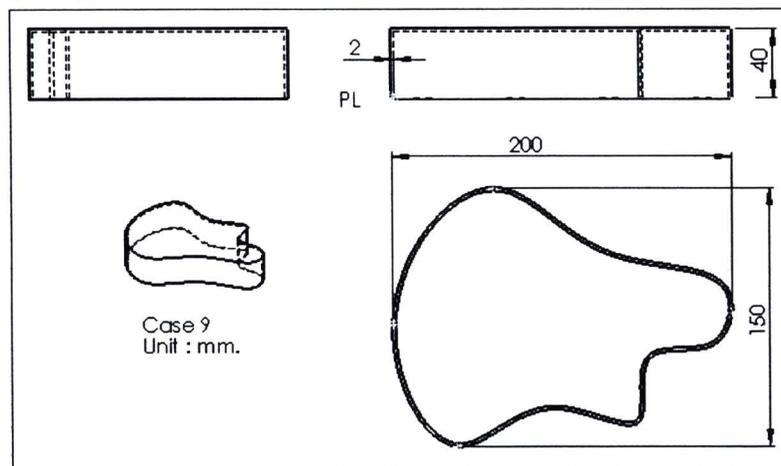
จากรูปที่ 4.77 ความเค้นสูงสุด = 1456.3 กก./ซม.<sup>2</sup>

ที่ตำแหน่ง X = 44.6 มม. Y = 61.1 มม. และ Z = 10 มม.

ระยะโก่งตัวสูงสุดคำนวณโดยโปรแกรมต่างจากคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ 0.00093 มม.

#### 4.1.8 กรณีศึกษาที่ 9

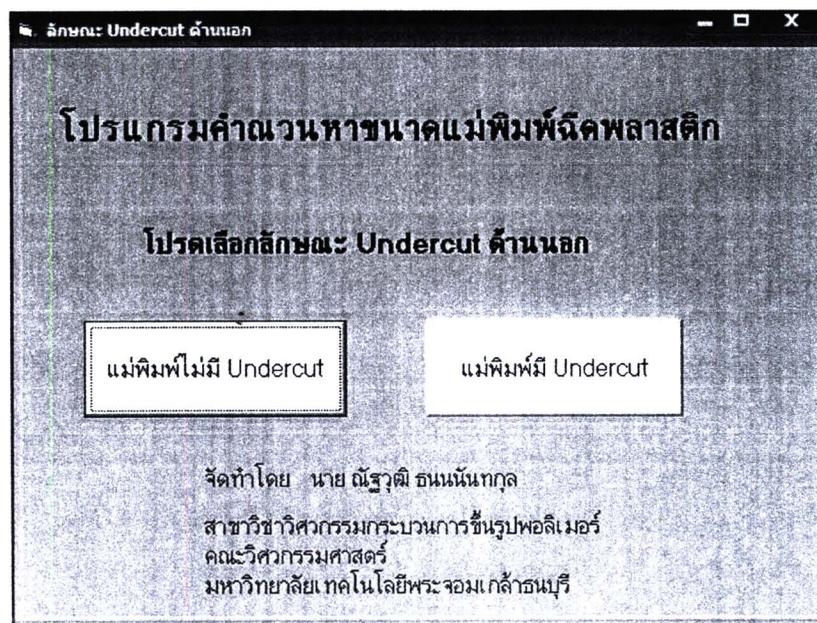
- ชิ้นงานมีขนาดตามรูปที่ 4.78
- แม่พิมพ์สามแผ่นจำนวน 2 โพรงแบบ
- ชิ้นงานเป็นพลาสติกชนิด PC
- วัสดุแม่พิมพ์ AISI 1045 (S45C)
- ระยะโค้งตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ 0.050 มม.
- gate แบบ pin point gate



รูปที่ 4.78 แบบชิ้นงานกรณีศึกษาที่ 9

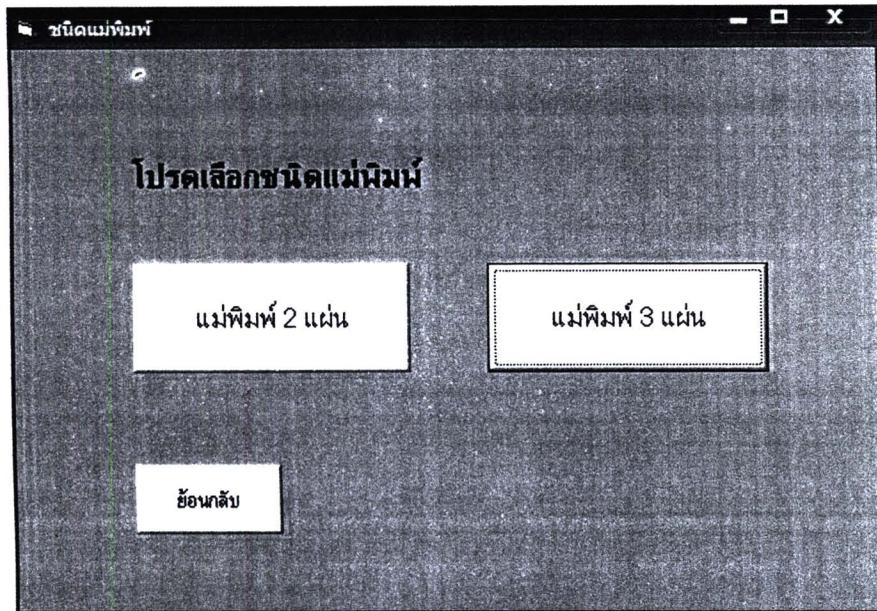
##### 4.1.9.1 กรณีศึกษาที่ 9 จำนวน โดยโปรแกรม

แม่พิมพ์สามแผ่น ไม่มี undercut มี 2 โพรงแบบ โดยใส่ค่าต่างในโปรแกรมดังนี้



รูปที่ 4.79 หน้าต่างการเลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก (กรณีศึกษาที่ 9)

1. เลือกลักษณะ Undercut ด้านนอก แบบ แม่พิมพ์ไม่มี Undercut ตามรูปที่ 4.79



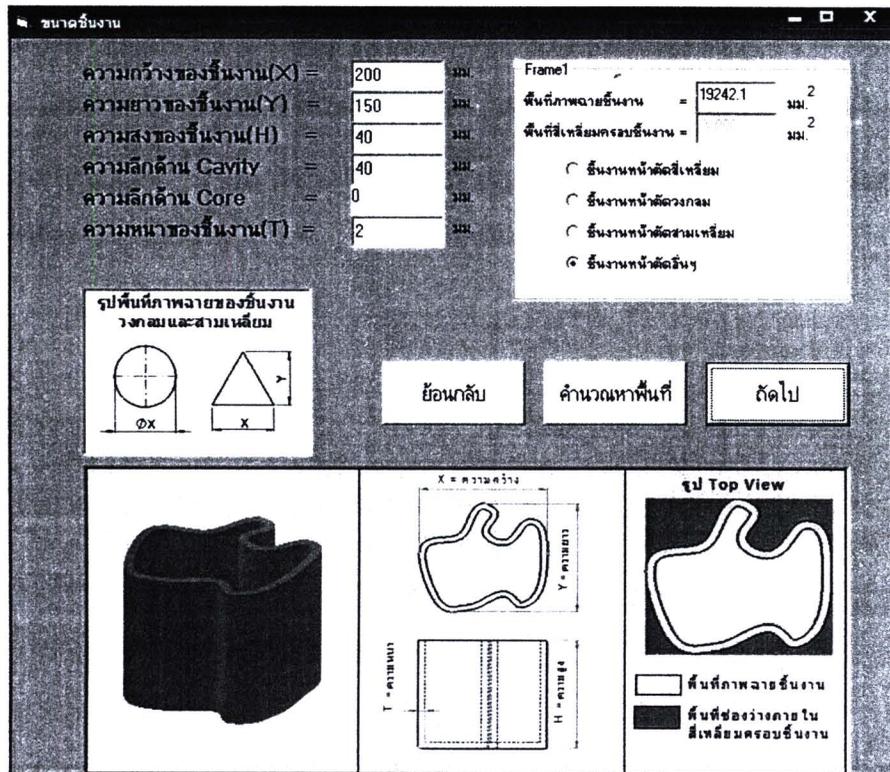
รูปที่ 4.80 หน้าต่างการเลือกชนิดแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 9)

2. เลือกชนิดแม่พิมพ์ แบบ แม่พิมพ์ 3 แผ่น ตามรูปที่ 4.80



รูปที่ 4.81 หน้าต่างกรเลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 9)

3. เลือกลักษณะการปลดชิ้นงาน แบบ ปลดชิ้นงาน โดย Stripper plate และใส่ระยะปลดชิ้นงาน = 60 มม.ตามรูปที่ 4.81



รูปที่ 4.82 หน้าต่างการป้อนข้อมูลขนาดชิ้นงาน (กรณีศึกษาที่ 9)

4. ป้อนค่าขนาดของชิ้นงานตามรูปที่ 4.82 ดังนี้

ใส่ระยะความกว้างของชิ้นงาน( $X$ ) = 200 มม.

ใส่ระยะความยาวของชิ้นงาน( $Y$ ) = 150 มม.

ใส่ระยะความสูงของชิ้นงาน( $H$ ) = 40 มม.

ใส่ระยะความลึกด้าน Cavity = 40 มม.

ใส่ค่าความหนาของชิ้นงาน( $T$ ) = 20 มม.

ใส่ค่าพื้นที่ภาพฉายชิ้นงาน = 19242.1 มม.<sup>2</sup>

เลือกชิ้นงานหน้าตัดอื่นๆ





Clamp force = 219.74 ตัน

ความเค้นที่หน้าพิมพ์ = 244.16 กก./ซม.<sup>2</sup>

ขนาดของ Runner R1 = 4.27 มม.

ขนาดของ Gate : D = 1.00 มม.

ความหนาของแผ่นแม่พิมพ์จาก FUTABA moldbase

T = 30 มม.

R = 30 มม.

A = 70 มม.

S = 30 มม.

B = 35 มม.

U = 45 มม.

C = 110 มม.

E = 20 มม.

F = 25 มม.

L = 30 มม.

ค่าพื้นที่ปิดแม่พิมพ์ (Shut-off area) น้อยที่สุดที่จะไม่เกิดเสียรูปเนื่องจากความตึง = 167982.7 มม.<sup>2</sup>

ระยะโค้งตัวในแนวแกน X ที่คำนวณได้ = 0.03801 มม.

ระยะโค้งตัวในแนวแกน Y ที่คำนวณได้ = 0.02429 มม.

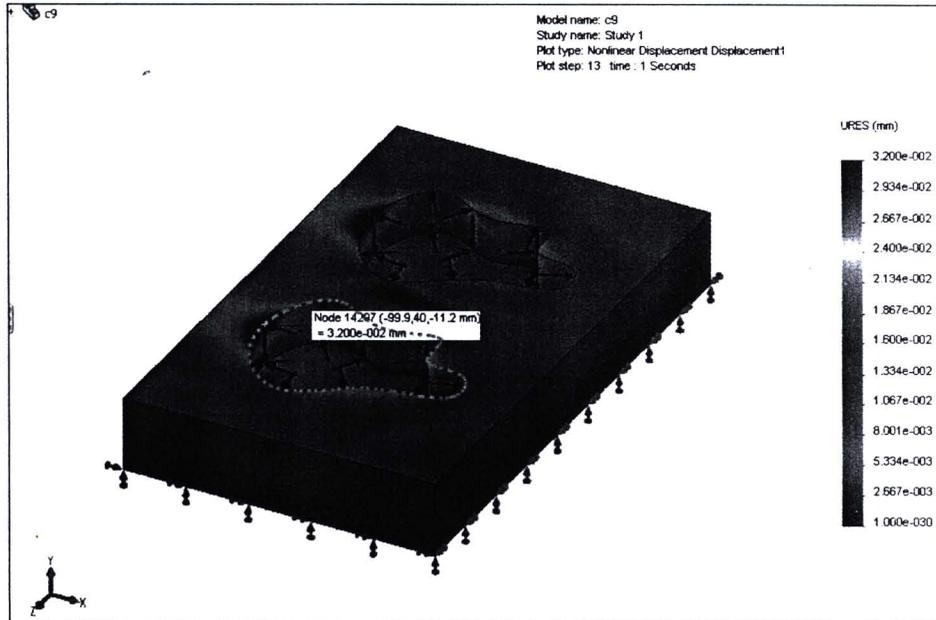
#### 4.1.9.2 กรณีศึกษาที่ 9 คำนวณ โดยไฟไนต์เอลิเมนต์

สำหรับกรณีที่ 9 แม่พิมพ์กว้าง 300 มม. ยาว 500 มม. หนา 70 มม.

โครงแบบกว้าง 200 ,ม. ยาว 150 มม. ลึก 40 มม. จำนวน 2 โครงแบบ

จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ผลดังนี้

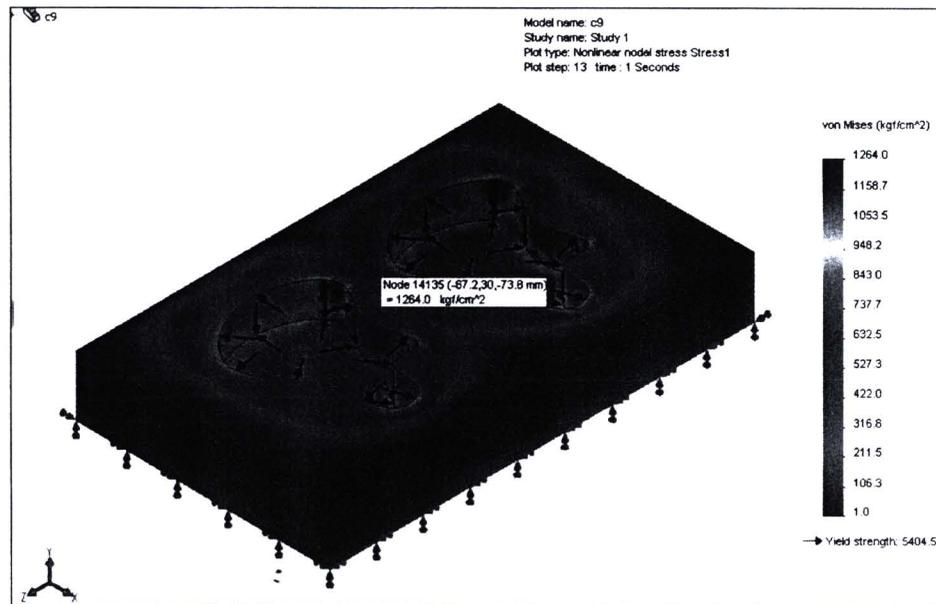
:



รูปที่ 4.85 ระยะการโก่งตัวของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 9)

จากรูปที่ 4.85 ระยะโก่งตัวสูงสุด = 0.03200 มม.

ที่ตำแหน่ง X = -99.9 มม. Y = -93.8 มม. และ Z = 0 มม.



รูปที่ 4.86 ความเค้นของแม่พิมพ์ (กรณีศึกษาที่ 9)

จากรูปที่ 4.86 ความเค้นสูงสุด = 1264.0 กก./ซม.<sup>2</sup>

ที่ตำแหน่ง X = -67.2 มม. Y = -31.2 มม. และ Z = 10 มม.

ระยะโก่งตัวสูงสุดคำนวณโดยโปรแกรมต่างจากคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ 0.00601 มม.

## 4.2 ผลการเปรียบเทียบระยะการโค้งตัว

ผลการเปรียบเทียบระยะการโค้งตัวแสดงตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบระยะการโค้ง

กรณีที่	ลักษณะชิ้นงาน	ระยะการโค้งตัวสูงสุดในด้านข้างของแม่พิมพ์ (มม.)		ระยะผิดพลาด(มม.)
		ผลจากโปรแกรม	ผลจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	
1	สี่เหลี่ยม 1 โพรงแบบ	0.01844	0.02407	-0.00563
2	สี่เหลี่ยม 4 โพรงแบบ	0.02282	0.03365	-0.01083
3	สี่เหลี่ยม 16 โพรงแบบ	0.00005	0.00076	-0.00071
4	สี่เหลี่ยม 2 โพรงแบบ	0.02095	0.00908	0.01187
5	สี่เหลี่ยม 2 โพรงแบบ	0.02136	0.01279	0.00857
6	วงกลม 1 โพรงแบบ	0.01198	0.01223	-0.00025
7	วงกลม 4 โพรงแบบ	0.01483	0.02034	-0.00551
8	โค้งเว้า 1 โพรงแบบ	0.03167	0.03074	0.00093
9	โค้งเว้า 2 โพรงแบบ	0.03801	0.03200	0.00601

หมายเหตุ ระยะผิดพลาดติดลบ แสดงว่าการโค้งตัวของแม่พิมพ์ที่คำนวณโดยโปรแกรมมีค่าต่ำกว่าที่คำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์

จากการทดลองกรณีศึกษาที่ 1 ระยะโค้งตัวสูงสุดที่โปรแกรมคำนวณต่างจากการคำนวณด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ -0.00563 มม. ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนน้อย

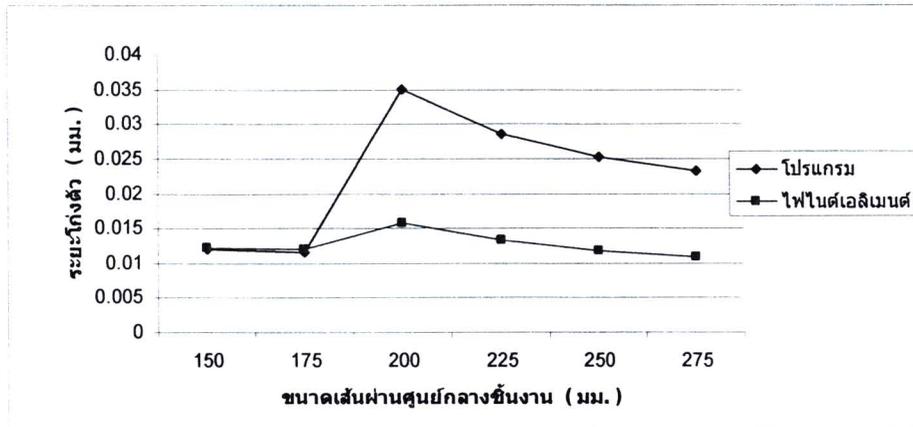
กรณีศึกษาที่ 2 มีความคลาดเคลื่อน -0.01083 มม. เนื่องจากกรณีนี้มีโพรงแบบ 4 โพรงแบบ แต่โปรแกรมคำนวณตัดเป็น 1 โพรงแบบและใช้วิธีการ superimposition แต่การคำนวณด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นแบบการคำนวณโดยรวมและแบ่งชิ้นงานเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ

กรณีศึกษาที่ 3 ชิ้นงานมีขนาดเล็กทำให้ระยะโค้งตัวมีค่าน้อย เพราะว่า moldbase มาตรฐานในโปรแกรมมีขนาดเล็กที่สุดขนาด กว้าง 150 มม. ยาว 150 มม.

กรณีศึกษาที่ 4 และ 5 ชิ้นงานมีขนาดกลาง และ ใหญ่ ระยะโค้งตัวสูงสุดที่โปรแกรมคำนวณต่างจากการคำนวณด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ -0.01187 มม. และ 0.00857 มม. ตามลำดับ

กรณีศึกษาที่ 6, 7, 8 และ 9 ชิ้นงานมีพื้นที่หน้าตัดไม่เป็นสี่เหลี่ยม โปรแกรมจะคำนวณโดยการลดอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดที่หายไป ทำให้ได้ค่าระยะโค้งตัวใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์

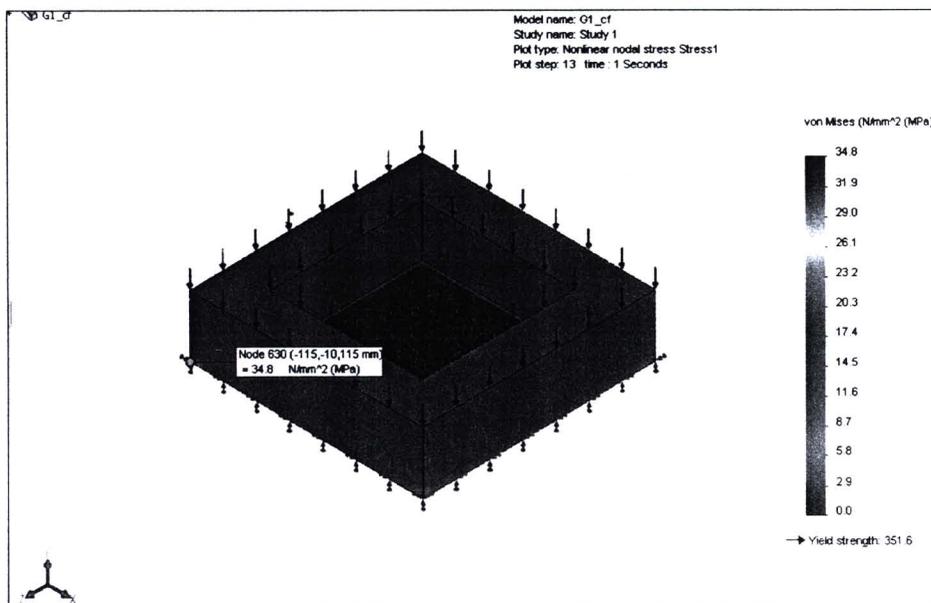
จากการทดลองโปรแกรมคำนวณหาขนาดแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากโปรแกรมคำนวณโดยใช้วิธีการ superimposition แต่การคำนวณด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นแบบการคำนวณโดยแบ่งชิ้นงานเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ และ ใช้การประมาณค่าการโค้งของรูปทรงที่ไม่เป็นโพรงแบบสี่เหลี่ยม ด้วยสมการการโค้งของรูปทรงที่เป็นโพรงแบบสี่เหลี่ยม



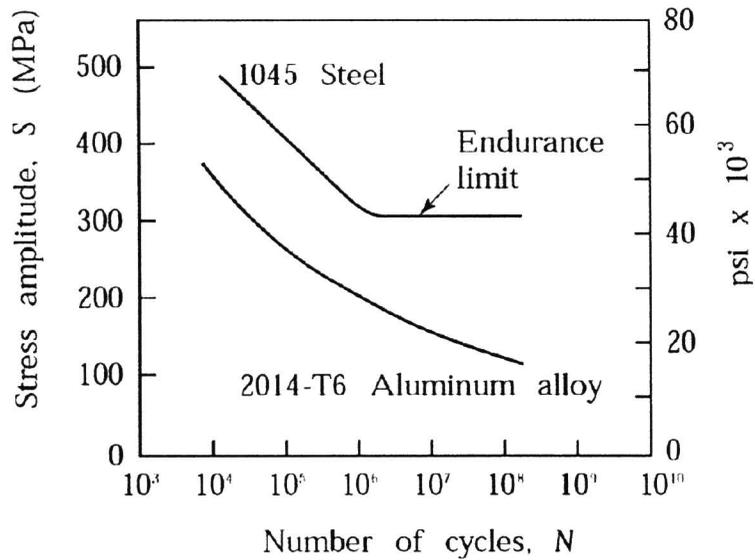
รูปที่ 4.87 ระยะโก่งตัวของโพรแกรมวงกลม 1 โพรแกรม ที่ขนาดต่างๆ

รูปที่ 4.87 แสดงระยะโก่งตัวของโพรแกรมวงกลม 1 โพรแกรม ลึก 50 มม. ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม. 175 มม. 200 มม. 225 มม. 250 มม. และ 275 มม. และมีขนาดของแม่พิมพ์ 250x250 มม. 300x300 มม. 300x300 มม. 350x350 มม. 400x400 มม. และ 450x450 มม. ตามลำดับ โดยคำนวณจากโพรแกรมและคำนวณจากไฟไนต์เอลิเมนต์ จากรูปที่ 4.87 โดยคำนวณจากโพรแกรมที่ชิ้นงานขนาด 175 และ 200 มม. มีขนาดของแม่พิมพ์เท่ากัน เนื่องจากชิ้นงานทั้ง 2 มีระยะโก่งตัวไม่เกินค่าที่กำหนด โพรแกรมจึงเลือกขนาดแม่พิมพ์เท่ากัน ทำให้ระยะการโก่งตัวมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเนื่องจากขนาดชิ้นงานใหญ่ขึ้น และจากรูปแสดงให้เห็นว่าเมื่อชิ้นงานมีขนาดโตขึ้น โพรแกรมคำนวณจะให้ค่าระยะโก่งตัวมากกว่าการคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยมีความคลาดเคลื่อนทางด้านบวก เพราะฉะนั้นจะได้แม่พิมพ์ที่มีความแข็งแรงสามารถทนต่อการโก่งตัวเนื่องจากแรงดันฉีดได้มากขึ้น

### 4.3 ผลการเปรียบเทียบความเค้นที่เกิดจากความล้า



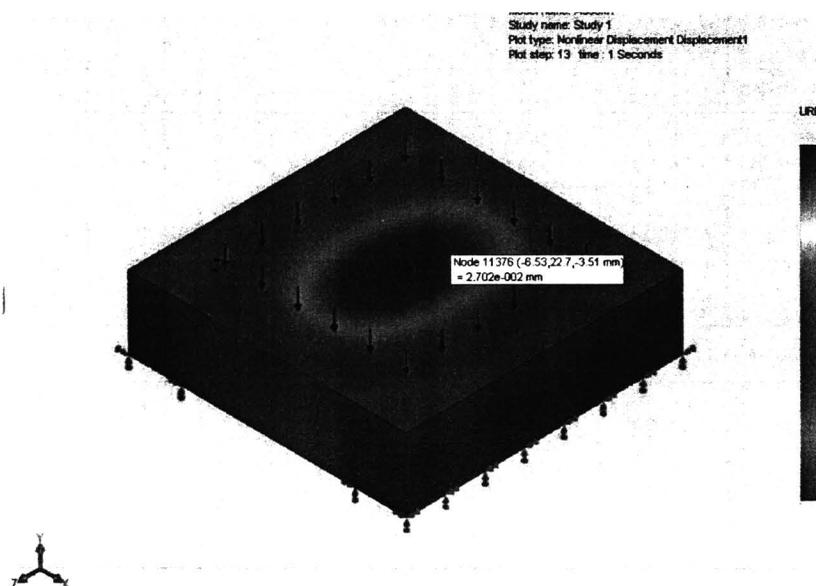
รูปที่ 4.88 ความเค้นที่เกิดจากความล้า



รูปที่ 4.89 S-N CURVES สำหรับเหล็ก AISI1045 [19:12]

จากรูปที่ 4.89 แสดงว่าเหล็กทำแม่พิมพ์ AISI 1045 สามารถฉีดขึ้นงานได้ 10000 ครั้ง ถ้าแม่พิมพ์ได้รับความเค้น 500 Mpa และสามารถฉีดขึ้นงานได้ตลอดไป ถ้าแม่พิมพ์ได้รับความเค้นน้อยกว่า 300 Mpa จากกรณีศึกษาที่ 1 ตรวจสอบโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ ความเค้นสูงสุดที่เกิดจาก clamp force = 34.8 MPa ซึ่งน้อยกว่า 300 MPa ดังนั้นแม่พิมพ์สามารถใช้งานได้ ร้อยล้านครั้ง โดยไม่เกิดการเสียหายของเหล็ก AISI 1045 เนื่องจากความล้า

#### 4.4 ผลการเปรียบเทียบการโก่งตัวของ support plate



รูปที่ 4.90 ระยะการโก่งตัวของ support plate

จากกรณีศึกษาที่ 1 ตรวจสอบ โดยไฟไนต์เอลิเมนต์ แม่พิมพ์โก่งตัวด้านล่างสูงสุด 0.0270 มม. และจากตารางที่ 4.3 แม่พิมพ์โก่งตัวด้านล่างสูงสุดน้อยกว่าระยะโก่งตัว 0.050 มม. ทุกกรณีศึกษา ดังนั้นความหนาของแผ่น support plate ที่หาโดยโปรแกรมจึงสามารถใช้งานได้

ตารางที่ 4.3 ระยะการโก่งตัวด้านล่างโดยไฟไนต์เอลิเมนต์

กรณีที่	ลักษณะชิ้นงาน	แม่พิมพ์โก่งตัวด้านล่างสูงสุด (มม.)
1	สี่เหลี่ยม 1 โพรงแบบ	0.02700
2	สี่เหลี่ยม 4 โพรงแบบ	0.04686
3	สี่เหลี่ยม 16 โพรงแบบ	0.00185
4	สี่เหลี่ยม 2 โพรงแบบ	0.00732
5	สี่เหลี่ยม 2 โพรงแบบ	0.04184
6	วงกลม 1 โพรงแบบ	0.01172
7	วงกลม 4 โพรงแบบ	0.03786
8	โค้งเว้า 1 โพรงแบบ	0.03239
9	โค้งเว้า 2 โพรงแบบ	0.03462