บทที่ 5

การออกแบบแม่พิมพ์ตัดโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบอิงพาราเมตริก

5.1. การศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบพาราเมตริก

สิ่งที่ทำการศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบพาราเมตริก ได้แก่ คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD) พาราเมตริกโมเดลลิ่ง รูปแบบและโครงสร้างของแม่พิมพ์ตัด

5.1.1. คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (Computer Aided Design)

การใช้คอมพิวเตอร์ในขบวนการออกแบบ เป็นการออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างภาพและทำการวิเคราะห์ เป็นเครื่องมือของนักเขียนแบบและนักออกแบบ

ขีดความสามารถของโปรแกรมขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีการสร้างโปรแกรม และเทคโนโลยีของฮาร์ดแวร์ประกอบกัน เทคนิคพื้นฐานของ CAD ได้แก่การสร้างภาพทั้งในลักษณะ 2 มิติ และ 3 มิติ รวมทั้งการนำเสนอแบบเลียนแบบของจริง เช่น รูปทรงโครงลวด (Wire Frame Model) และเหมือนของจริง เช่น รูปทรงตัน (Solid Model)

เทคนิคการออกแบบรูปทรง 3 มิติของคอมพิวเตอร์ในขบวนการออกแบบ ได้แก่ Parametric modeling, Variational geometry, Feature-Based Modeling และ Bidirectional Associativity

ปัญหาหลักๆ ในการออกแบบโดยระบบ CAD แบบเก่า คือ การปรับปรุงแก้ไขแบบทำได้ไม่ง่ายนัก ผู้ออกแบบต้องจดจำความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ที่ออกแบบ เมื่อจะทำการปรับปรุงแก้ไขแบบ จะต้องตามแก้ส่วนที่มีความสัมพันธ์นั้นเอง ซึ่งอาจลืมหรือผิดพลาดได้

นักออกแบบต้องการระบบที่ทำให้การร่าง (sketch) หรือทำโครงร่าง (layout) จากความคิดทำได้อย่างรวดเร็ว และทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแบบที่ได้ออกแบบไว้ได้ง่าย

5.1.2. พาราเมตริกโมเดลลิ่ง

"พาราเมตริก" หมายถึง สามารถกำหนดขนาดและตำแหน่งให้มีความสัมพันธ์กันด้วยสมการทางคณิตศาสตร์หรือเป็นค่าตัวเลข แล้ววัตถุที่ได้เขียนขึ้นนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงขนาดหรือตำแหน่งตามสมการหรือค่าที่กำหนดได้ตามต้องการ

พาราเมตริกโมเดลลิ่ง เป็นวิธีการสร้างรูปทรง 3 มิติ ที่สามารถเก็บขั้นตอนของการสร้างของรูปทรง และสามารถเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ประกอบด้วยตำแหน่งการวางตัว ขนาด และจำนวน เป็นต้น ได้อย่างรวดเร็ว โดยสามารถระบุความสัมพันธ์ในแง่ของสมการหรือเงื่อนไขระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ ทั้งยังสร้างโมเดลผสมผสานระหว่างรูปทรงโครงลวด รูปทรงผิว และรูปทรงตันได้ การเปลี่ยนแปลงค่าของพารามิเตอร์บางตัวจะส่งผลไปยังพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีการผูกความสัมพันธ์ได้

5.1.3. รูปแบบและโครงสร้างของแม่พิมพ์ตัด

รูปแบบและโครงสร้างของแม่พิมพ์ตัดที่ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

1. โครงสร้างและส่วนประกอบของแม่พิมพ์ตัด
    1.1. รูปแบบและโครงสร้างของส่วนประกอบของแม่พิมพ์ตัด
    1.2. ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นงานกับส่วนประกอบต่างๆ ของแม่พิมพ์ตัด
    1.3. ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ของแม่พิมพ์ตัด
    1.4. ชิ้นส่วนมาตรฐาน และมาตรฐานต่างๆ ในการออกแบบแม่พิมพ์ตัด
2. จำแนกชนิดแม่พิมพ์ที่มีตามความคล้ายกันในสิ่งต่างๆ ดังนี้
    2.1. โครงสร้างแม่พิมพ์เหมือนกัน (มีชิ้นส่วนหลักเหมือนกัน) เช่น แม่พิมพ์ที่มี shut height สูง อาจจะมีชิ้นส่วนเสริมความสูงของไกด์ หรือ upper spacer

2.2. รูปร่างชิ้นงานคล้ายกัน เช่น วงกลม สี่เหลี่ยมมุมฉาก สี่เหลี่ยมคางหมู ฯลฯ

3. โครงสร้างส่วนประกอบเหมือนกัน เช่น

3.1. ชุดแม่พิมพ์มีแบบการวางไกด์เหมือนกัน เช่น 2 เสาวางกลาง 4 เสา

3.2. แผ่นกดชิ้นงานแบบเดียวกัน เช่น แบบเคลื่อนที่ได้, แบบอยู่กับที่

3.3. ดายที่มีภาคตัดขวางแบบเดียวกัน เช่น แบบมีมุมหนี, แบบ offset

3.4. โครงสร้างดายแบบเดียวกัน เช่น ชิ้นเดียว, แยกส่วน

3.5. โครงสร้างพั้นช์ เช่น แบบมีปีก, แบบไม่มีปีก, ใช้แผ่นรอง และแบบแยกส่วน

3.6. โครงสร้างของแผ่นยึดพั้นช์ เช่น แบบอัดเข้า, แบบใช้โบล์ยึด และแบบเชื่อมติด

5.2. แนวทางการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบอิงพาราเมตริกในการออกแบบแม่พิมพ์ตัด

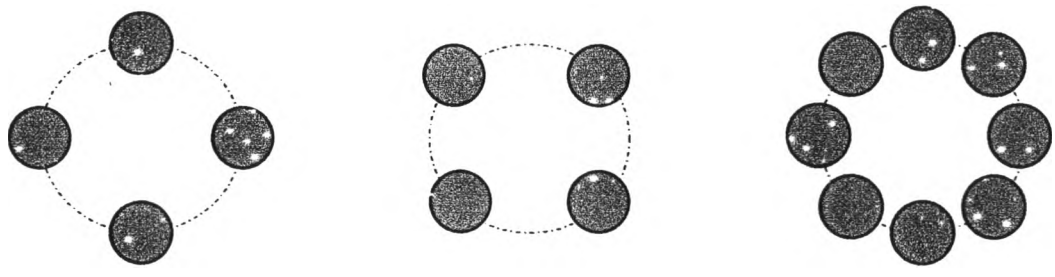
ร่างภาพก่อน แล้วให้ขนาดทีหลัง (Sketch - first / Dimension - after) โดยการร่างเส้นหรือส่วนโค้งใดๆที่ต้องการก่อน เมื่อได้โครงร่างทั้งหมด แล้วจึงค่อยระบุหรือเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของขนาดตามความต้องการ ระบุข้อกำหนดหรือข้อจำกัดของพารามิเตอร์ต่างๆ ได้โดยใช้เงื่อนไข หรือสมการโยงความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์อื่นๆ

สร้างภาพ 2 มิติก่อน เพื่อช่วยสร้างภาพ 3 มิติต่อไป ทำการสร้างรูปทรง 3 มิติ ที่เก็บขั้นตอนของการสร้างของรูปทรง และสามารถเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ประกอบด้วยตำแหน่งการวางตัว ขนาด และจำนวน โดยสามารถระบุความสัมพันธ์ในแง่ของสมการหรือเงื่อนไขระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆ

การออกแบบแม่พิมพ์ตัดด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบอิงพาราเมตริก สามารถจัดกลุ่มของแม่พิมพ์ตามลักษณะของชิ้นงานได้เป็น 3 กลุ่ม โดยทั้งนี้ได้พิจารณาจากความสามารถของโปรแกรมช่วยออกแบบที่ใช้ทำการวิจัยในครั้งนี้

5.2.1. กลุ่มที่ 1 ชิ้นงานง่ายๆ ไม่หลากหลาย สามารถทำได้ดังนี้

ออกแบบแม่พิมพ์ทั้งชุดให้มีความสัมพันธ์กันทั้งหมด เนื่องจากเป็นชิ้นงานง่ายๆ และไม่หลากหลาย เช่น งานตัดกลม พารามิเตอร์ของดายและพั้นช์มีเพียงแค่เส้นผ่านศูนย์กลางที่เปลี่ยน ลักษณะการวางตำแหน่งสปริงก็มีรูปแบบแน่นอน ดังนี้



สามารถออกแบบแม่พิมพ์ที่ชิ้นงานมีการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง วัสดุ ความหนา ได้ด้วยการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ไม่กี่ค่า ได้แก่ ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของชิ้นงาน shut height และ partline ของแม่พิมพ์ เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของสปริง โดยใช้เวลาไม่กี่นาทีก็จะได้แบบแม่พิมพ์ที่ใช้ผลิตชิ้นงานใหม่ตามมาตรฐานการออกแบบที่ได้สร้างไว้ในต้นแบบแม่พิมพ์

5.2.2. กลุ่มที่ 2 ชิ้นงานมีความหลากหลายและซับซ้อนปานกลาง สามารถทำได้ดังนี้

1. สร้างชิ้นส่วนมาตรฐานของแม่พิมพ์ขึ้น

2. เปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของชิ้นส่วนมาตรฐานตามต้องการ เนื่องจากส่วนประกอบของแม่พิมพ์มีหลายชนิดและแต่ละชนิดก็มีหลายขนาด จึงต้องสร้างแต่ละชนิดไว้แล้วทำการเปลี่ยนขนาดที่หลัง เพื่อประหยัดที่เก็บ (พื้นที่ของดิสก์และฮาร์ดดิสก์)

3. นำชิ้นส่วนมาตรฐานมาประกอบกัน

4. ดายและพั้นช์ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ขึ้นอยู่กับชิ้นงาน จะทำการออกแบบใหม่แล้วนำไปประกอบ ซึ่งในการออกแบบดายและพั้นช์บางแบบสามารถใช้ความสามารถของระบบอิงพารามเตริกกับเทคนิคการจัดกลุ่มได้ โดยการสร้างต้นแบบของชิ้นงาน ที่สามารถใช้การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ได้ โดยกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างดายและพั้นช์ ดังนั้นแม่พิมพ์บางกลุ่มจึงสามารถออกแบบดายพั้นช์ได้ โดยเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของ

ต้นแบบมาตรฐานของชิ้นงานในกลุ่มเดียวกัน โดยการจัดกลุ่มของชิ้นงานนี้ต้องจัดให้เหมาะสมกับวิธีการทำงานของการสร้างโมเดลของระบบคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบอิงพาราเมตริกเป็นสำคัญ

5.2.3 กลุ่มที่ 3 ชิ้นงานมีความซับซ้อน

ทำการสร้างโมเดลของชิ้นงานมีความสัมพันธ์กับดายและพั้นช์ แล้วนำชิ้นส่วนมาตรฐานมาประกอบเข้าเป็นแม่พิมพ์ทั้งชุด

5.3. ตัวอย่างการออกแบบแม่พิมพ์ตัดด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบอิงพาราเมตริก

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นโปรแกรมที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการยูนิค ชื่อ Unigraphics เวอร์ชัน 10.1

แม่พิมพ์ที่ทดลองออกแบบในการวิจัยมีลักษณะดังนี้

- เป็นแม่พิมพ์ตัดชิ้นงานกลม
- ใช้ Spacer บนและล่าง เพื่อประหยัดวัสดุ และลดน้ำหนักแม่พิมพ์
- มี Stripper แบบเคลื่อนที่ที่แม่พิมพ์บนและเป็นแบบ Double stepped
- โครงสร้างของดายเป็นแบบชิ้นเดียว
- ลักษณะคมตัดแบบ offset
- โครงสร้างการยึดพั้นช์แบบมีแผ่น Retainer สวมอัด
- Spring confinement แบบ Spring pocketed ที่ปลาย

สร้างโมเดลชิ้นส่วนแต่ละชิ้นที่จะประกอบกันเป็นแม่พิมพ์หนึ่งชุด ซึ่งมีชิ้นส่วน (ชื่อไฟล์ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์) และระดับการประกอบ ดังรูปที่ 5.1 ซึ่งสามารถดูค่าพารามิเตอร์และแผนแบบของไฟล์นั้นได้จากเลข ID และหมายเลขรูปที่อยู่ในกรอบของไฟล์นั้น

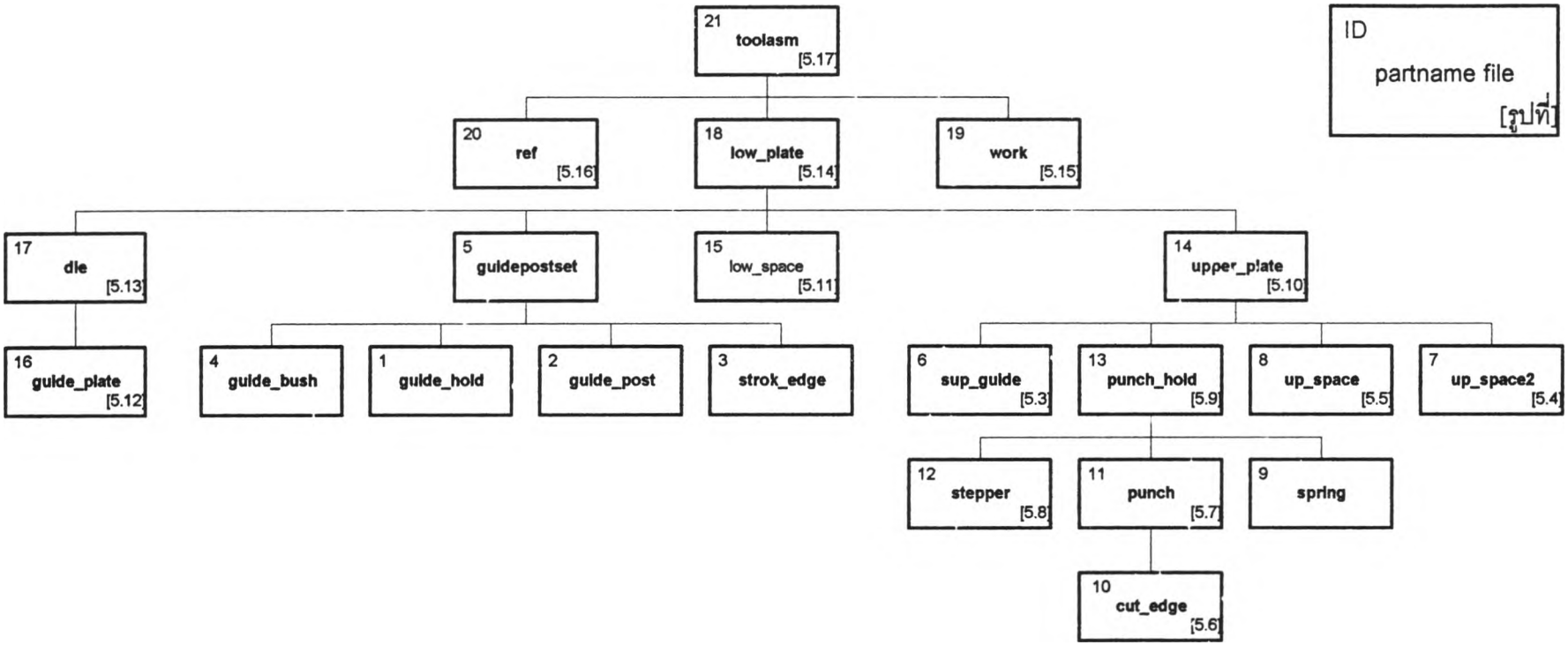
ทำการกำหนดค่าพารามเมตริกของแต่ละชิ้นส่วน และระหว่างชิ้นส่วนแต่ละชิ้นทั้งในเรื่องของขนาดและตำแหน่งตามทฤษฎีการออกแบบแม่พิมพ์ตัด ดังรูปที่ 5.2 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ กรอบสีน้ำเงิน แทน ไฟล์ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ และชิ้นงาน กรอบสีแดง แทน สมการและเงื่อนไข สีเขียว แทน ไฟล์ ref ลูกศร แทน การส่งค่าพารามิเตอร์ โดยชื่อของพารามิเตอร์ในไฟล์ที่ส่งค่าออกแทนด้วยตัวอักษรสีแดง ส่วนชื่อของพารามิเตอร์ในไฟล์ที่รับค่าแทนด้วยอักษรสีเขียว

ตัวอย่างการดูความสัมพันธ์ระหว่างไฟล์ ref กับ die ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรชื่อ work_thk punch_edgel punch_edgew และ work_dia จะเท่ากับ ค่าของตัวแปรชื่อ A C D และ B ตามลำดับ โดยค่าตัวแปรทั้ง 4 นี้ ได้ใช้ในการคำนวณหาค่า H X และ Y จากสมการและเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อเป็นค่า high width และ len ของไฟล์ die ตามลำดับ ค่า H ได้จากเงื่อนไขการเลือกขนาดความสูงของ die block ตามขนาดความหนาของชิ้นงานในที่นี้คือค่าของตัวแปร work_thk

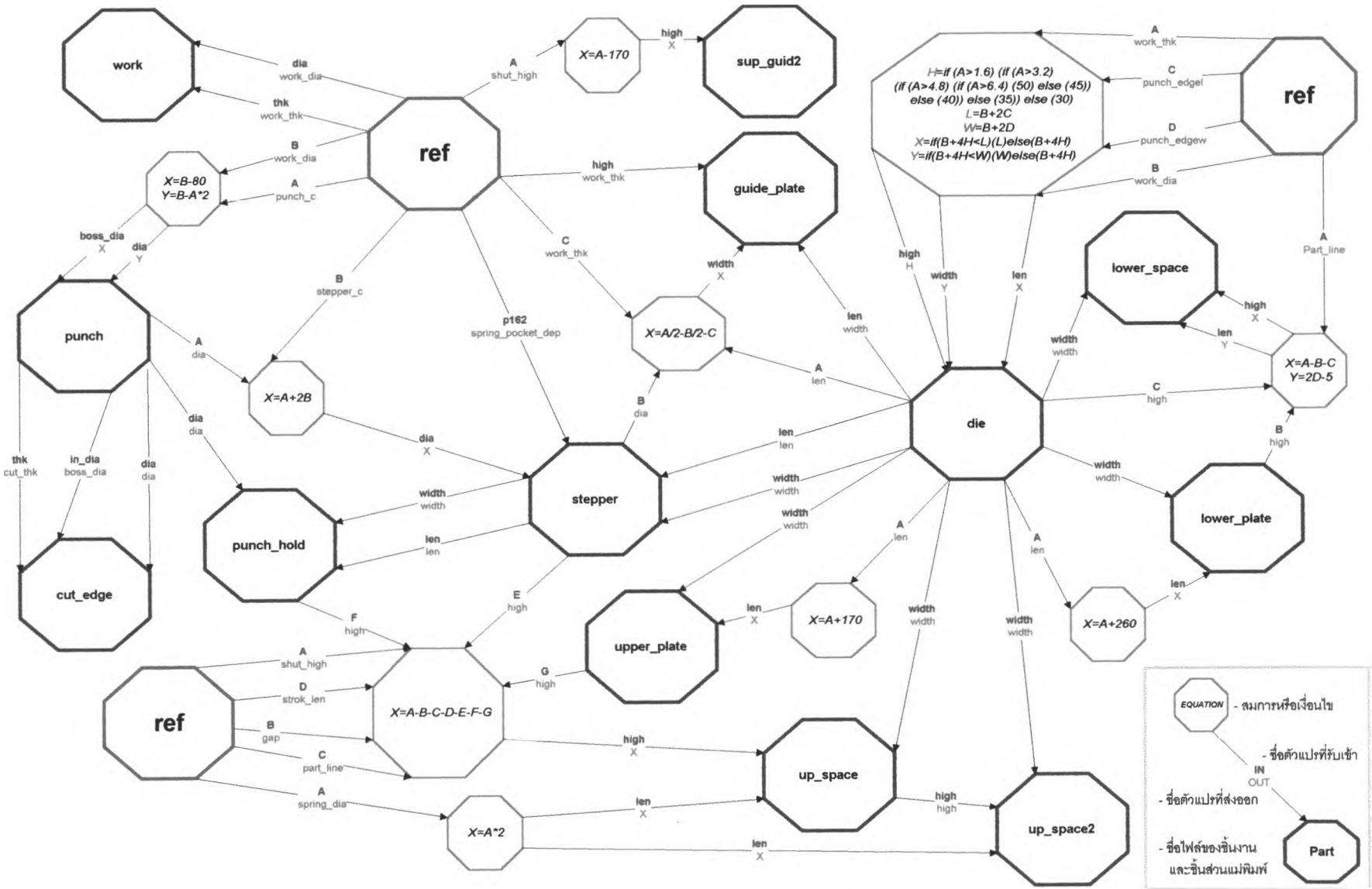
ไฟล์ toolasm เป็นไฟล์ประกอบชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ทั้งชุด ไฟล์ ref เป็นไฟล์สำหรับกำหนดค่าเริ่มต้นและค่าคงที่ต่างๆ ที่เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ โดยชิ้นส่วนต่างๆ จะใช้ค่าโดยการอ้างอิงถึงค่าเหล่านี้ เพื่อสะดวกในการเปลี่ยนแปลงแก้ไข เพราะเพียงแต่ทำการแก้ไขในไฟล์นี้ ไม่ต้องทำการแก้ไขทุกชิ้นส่วน

การแก้ไขโมเดลที่ได้ออกแบบทำได้ง่ายและรวดเร็ว เพียงทำการแก้ไขค่าพารามเมตริกที่เป็นหัวใจของแม่พิมพ์เท่านั้น เช่น เมื่อเปลี่ยนความหนาของชิ้นงานแล้วความหนาของดายจะเปลี่ยนโดยอัตโนมัติตามที่กำหนดไว้ เป็นต้น

แม่พิมพ์ต้นแบบแรกเริ่มใช้ตัดชิ้นงานกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มม. หนา 1.6 มม. ใช้เครื่องเพรสที่มี partline 175 มม. เมื่อต้องการได้แม่พิมพ์ที่ใช้ตัดชิ้นงานกลม แต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม. หนา 6.4 มม. ต้องใช้เครื่องเพรสที่มี partline 250 มม. ทำการการแก้ไขแม่พิมพ์ทั้งชุดด้วยการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของตัวแปร part_line = 175 เป็น 250 shut_high = 340 เป็น 480 spring_dia = 30 เป็น 50 work_dia = 200 เป็น 300 และ work_thk = 1.6 เป็น 6.4 ในไฟล์ ref โปรแกรมดำเนินการปรับเปลี่ยนค่าของขนาดและตำแหน่งของชิ้นส่วนต่างๆ ตามความสัมพันธ์ดังที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 นาทีก็ได้แบบของแม่พิมพ์ชุดใหม่ที่ต้องการ



รูปที่ 5.1 ผังการประกอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์จากคอมพิวเตอร์ไฟล์



รูปที่ 5.2 ผังแสดงความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ระหว่างไฟล์ชิ้นส่วนของแม่พิมพ์

5.3.1. รายการค่าพารามิเตอร์ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ชุดที่ทำการทดลองออกแบบ

รายการตัวแปรและค่าของพารามิเตอร์ในไฟล์ของแม่พิมพ์ชุดมีรูปแบบของรายการดังนี้

ID. ชื่อไฟล์

ชื่อตัวแปร = ตัวเลขหรือสมการ // ค่า

การอ้างถึงชื่อตัวแบ่รของไฟล์อื่นใช้เครื่องหมาย "::" คือ ชื่อไฟล์::ชื่อตัวแปร

```
// ---------------------------------------
1. guide_hold
// ---------------------------------------
cham_off=3                    // 3
fillet_rad=3.5                // 3.5
high=20                       // 20
hole_dia=32                   // 32
len=100                       // 100
p6=width/2                    // 29
p7=len/2                      // 50
width=58                      // 58

// ---------------------------------------
2. guide_post
// ---------------------------------------
dia=32                        // 32
len=ref::guide_post_len       // 140
p6=-40                        // -40
rad_low=3.5                   // 3.5
up_rad=3.5                    // 3.5

// ---------------------------------------
3. strok_end
// ---------------------------------------
india=32                      // 32
outdia=58                     // 58
outhigh=20                    // 20
p4=ref::chamoff               // 2

// ---------------------------------------
4. guide_bush
// ---------------------------------------
cham_off=3                    // 3
fillet_rad=3.5                // 3.5
high=20                       // 20
hole_dia=32                   // 32
len=100                       // 100
p15=width                     // 58
p18=width/2                   // 29
p19=len/2                     // 50
p24=cham_off                  // 3
width=58                      // 58

// ---------------------------------------
5. guidepostset
// ---------------------------------------
```

ไม่มี

```
// ------------------------------------
6. sup_guide2
// ------------------------------------
high=ref::shut_high-170                    // 310
len=100                                    // 100
p6=width/2                                 // 30
p7=len/2                                   // 50
width=60                                   // 60

// ------------------------------------
7. up_space2
// ------------------------------------
bore_dep=ref::bore_dep                     // 11.5
bore_dia=ref::bore_dia                     // 17.5
dist_hole=ref::hole_edge                   // 30
high=up_space::high                        // 115
hole_dep=ref::tot_hole_dep-ref::bore_dep   // 18.5
hole_dia=ref::hole_dia                     // 11
len=ref::spring_dia*2                      // 100
width=die::width                           // 550

// ------------------------------------
8. up_space
// ------------------------------------
bore_dep=ref::bore_dep                     // 11.5
bore_dia=ref::bore_dia                     // 17.5
dist_hole=ref::hole_edge                   // 30
high=ref::shut_high-ref::gap-ref::part_line-upper_plate::high-punch_hold::high-stepper::high+ref::strok_len   // 115
hole_dep=ref::tot_hole_dep-ref::bore_dep   // 18.5
hole_dia=ref::hole_dia                     // 11
len=ref::spring_dia*2                      // 100
p24=ref::hole_edge                         // 30
p25=ref::hole_edge                         // 30
p29=ref::hole_edge                         // 30
strok_len=50                               // 50
width=die::width                           // 550

// ------------------------------------
9. spring
// ------------------------------------
dia=ref::spring_dia                        // 50
high=ref::spring_high-ref::spring_int_def-ref::spring_work   // 60
p3=-punch_hold::high                       // -30

// ------------------------------------
10. cut_edge
// ------------------------------------
dia=punch::dia                             // 294
in_dia=punch::boss_dia                     // 214
p32=in_dia/2+(dia-in_dia)/4                // 127
p35=in_dia/2+(dia-in_dia)/4                // 127
p38=in_dia/2+(dia-in_dia)/4                // 127
p41=in_dia/2+(dia-in_dia)/4                // 127
p44=in_dia/2+(dia-in_dia)/4                // 127
p47=in_dia/2+(dia-in_dia)/4                // 127
thk=punch::cut_thk                         // 30

// ------------------------------------
11. punch
// ------------------------------------
body_high=30                               // 30
boss_dia=dia-80                            // 214
c=ref::punch_c                             // 3
cut_thk=30                                 // 30
dia=work::dia-ref::punch_c*2               // 294
p41=boss_dia/2+(dia-boss_dia)/4            // 127
p44=boss_dia/2+(dia-boss_dia)/4            // 127
p47=boss_dia/2+(dia-boss_dia)/4            // 127
p50=boss_dia/2+(dia-boss_dia)/4            // 127
p53=boss_dia/2+(dia-boss_dia)/4            // 127
p56=boss_dia/2+(dia-boss_dia)/4            // 127
```

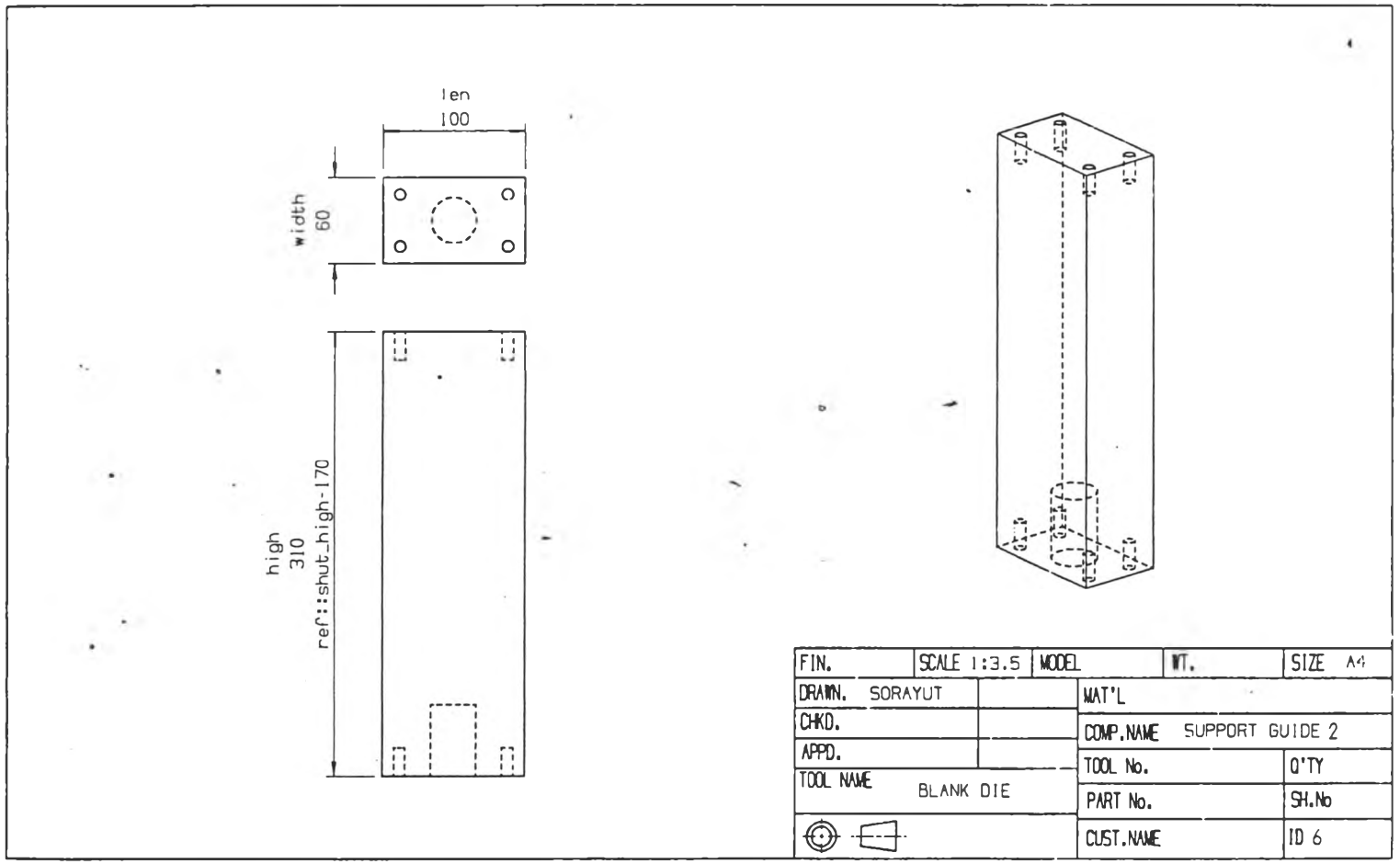
```
// ------------------------------------
12. !stepper
// ------------------------------------
dia=punch::dia+2*ref::stepper_c          // 300
high=30                                  // 30
len=die::len                             // 500
p17=ref::spring_hole_dia                 // 52
p21=ref::spring_dia/2+ref::bolt_edge     // 75
p27=ref::spring_hole_dia                 // 52
p31=ref::spring_dia/2+ref::bolt_edge     // 75
p34=width/2                              // 275
p35=len/2                                // 250
p75=guide_plate::width+work::thk/2       // 96.8
p76=width                                // 550
p77=work::thk*2                          // 12.8
p131=dia+work::thk                       // 306.4
p132=width                               // 550
p133=work::thk                           // 6.4
p141=ref::strip_th_dia                   // 8
p145=punch_hold::dia/2+ref::strip_hole_dia*2          // 169
p146=ref::strip_th_dia                   // 8
p150=punch_hold::dia/2+ref::strip_hole_dia*2          // 169
p151=ref::strip_th_dia                   // 8
p155=punch_hold::dia/2+ref::strip_hole_dia*2          // 169
p156=ref::strip_th_dia                   // 8
p160=punch_hold::dia/2+ref::strip_hole_dia*2          // 169
p161=ref::spring_hole_dia                // 52
p162=ref::spring_pocket_dep              // 5
p165=ref::spring_dia                     // 50
p166=ref::spring_hole_dia                // 52
p167=ref::spring_pocket_dep              // 5
p170=ref::spring_dia                     // 50
width=die::width                         // 550

// ------------------------------------
13. punch_hold
// ------------------------------------
bore_dep=ref::bore_dep                   // 11.5
bore_dia=ref::bore_dia                   // 17.5
c_bore_dep'0=bore_dep                    // 11.5
c_bore_dep'1=bore_dep                    // 11.5
c_bore_dep'2=bore_dep                    // 11.5
c_bore_dep'3=bore_dep                    // 11.5
c_bore_dia'0=bore_dia                    // 17.5
c_bore_dia'1=bore_dia                    // 17.5
c_bore_dia'2=bore_dia                    // 17.5
c_bore_dia'3=bore_dia                    // 17.5
dia=punch::dia                           // 294
dist_hole=ref::hole_edge                 // 30
high=30                                  // 30
hole_dep=ref::tot_hole_dep-ref::bore_dep // 18.5
hole_dep'0=hole_dep                      // 18.5
hole_dep'1=hole_dep                      // 18.5
hole_dep'2=hole_dep                      // 18.5
hole_dep'3=hole_dep                      // 18.5
hole_dia=ref::hole_dia                   // 11
hole_dia'0=hole_dia                      // 11
hole_dia'1=hole_dia                      // 11
hole_dia'2=hole_dia                      // 11
hole_dia'3=hole_dia                      // 11
len=stepper::len                         // 500
p3=dist_hole                             // 30
p4=dist_hole                             // 30
p5=dist_hole                             // 30
p6=dist_hole                             // 30
p7=dist_hole                             // 30
p8=dist_hole                             // 30
p9=dist_hole                             // 30
p10=dist_hole                            // 30
p25=spr_hole_dia                         // 52
p26=ref::spring_dia                      // 50
p27=width/2                              // 275
p28=spr_hole_dia                         // 52
```

```
p29=ref::spring_dia/2+ref::bolt_edge                    // 75
p30=len/2                                               // 250
p31=spr_hole_dia                                        // 52
p32=ref::spring_dia/2+ref::bolt_edge                    // 75
p33=len/2                                               // 250
p114=punch::boss_dia/2+(punch::dia-punch::boss_dia)/4   // 127
p119=punch::boss_dia/2+(punch::dia-punch::boss_dia)/4   // 127
p124=punch::boss_dia/2+(punch::dia-punch::boss_dia)/4   // 127
p129=punch::boss_dia/2+(punch::dia-punch::boss_dia)/4   // 127
p132=punch::boss_dia/2+(punch::dia-punch::boss_dia)/4   // 127
p135=punch::boss_dia/2+(punch::dia-punch::boss_dia)/4   // 127
p137=ref::strip_hole_dia                                // 11
p139=dia/2+ref::strip_hole_dia*2                        // 169
p140=ref::strip_hole_dia                                // 11
p142=dia/2+ref::strip_hole_dia*2                        // 169
p143=ref::strip_hole_dia                                // 11
p145=dia/2+ref::strip_hole_dia*2                        // 169
p146=ref::strip_hole_dia                                // 11
p148=dia/2+ref::strip_hole_dia*2                        // 169
p151=up_space2::len/2-15                                // 35
p154=up_space2::len/2-15                                // 35
p155=ref::bore_dia                                      // 17.5
p156=ref::bore_dep                                      // 11.5
p157=ref::hole_dia                                      // 11
p159=up_space2::len/2-15                                // 35
p160=ref::bore_dia                                      // 17.5
p161=ref::bore_dep                                      // 11.5
p162=ref::hole_dia                                      // 11
p164=up_space2::len/2-15                                // 35
p166=width/2                                            // 275
spr_hole_dia=ref::spring_hole_dia                       // 52
spr_hole_dist=ref::spring_dia                           // 50
spr_hole_dist2=width/2                                  // 275
width=stepper::width                                    // 550

// ------------------------------------------
14. !upper_plate
// ------------------------------------------
high=30                                                 // 30
len=die::len+170                                        // 670
p58=100+up_space::len-30                                // 170
p61=100+up_space::len-30                                // 170
p79=100+up_space::len-30                                // 170
p84=100+up_space::len-30                                // 170
p87=up_space2::len/2-15                                 // 35
p90=up_space2::len/2-15                                 // 35
p95=up_space2::len/2-15                                 // 35
p100=up_space2::len/2-15                                // 35
width=die::width                                        // 550

// ------------------------------------------
15. low_space
// ------------------------------------------
high=ref::part_line-low_plate::high-die::high           // 175
hole1=ref::hole_edge                                    // 30
hole1y=ref::hole_edge                                   // 30
hole_dep=20                                             // 20
hole_dia=10                                             // 10
hole_edge=15                                            // 15
len=ref::spring_dia*2-5                                 // 95
p43=ref::hole_edge                                      // 30
p44=ref::hole_edge                                      // 30
p48=hole_edge                                           // 15
p49=hole_edge                                           // 15
p53=hole_edge                                           // 15
p54=hole_edge                                           // 15
p58=hole_edge                                           // 15
p59=hole_edge                                           // 15
p63=hole_edge                                           // 15
p64=hole_edge                                           // 15
p71=ref::pin_hole_dia                                   // 10
p76=ref::hole_edge                                      // 30
p77=ref::hole_edge*2                                    // 60
```

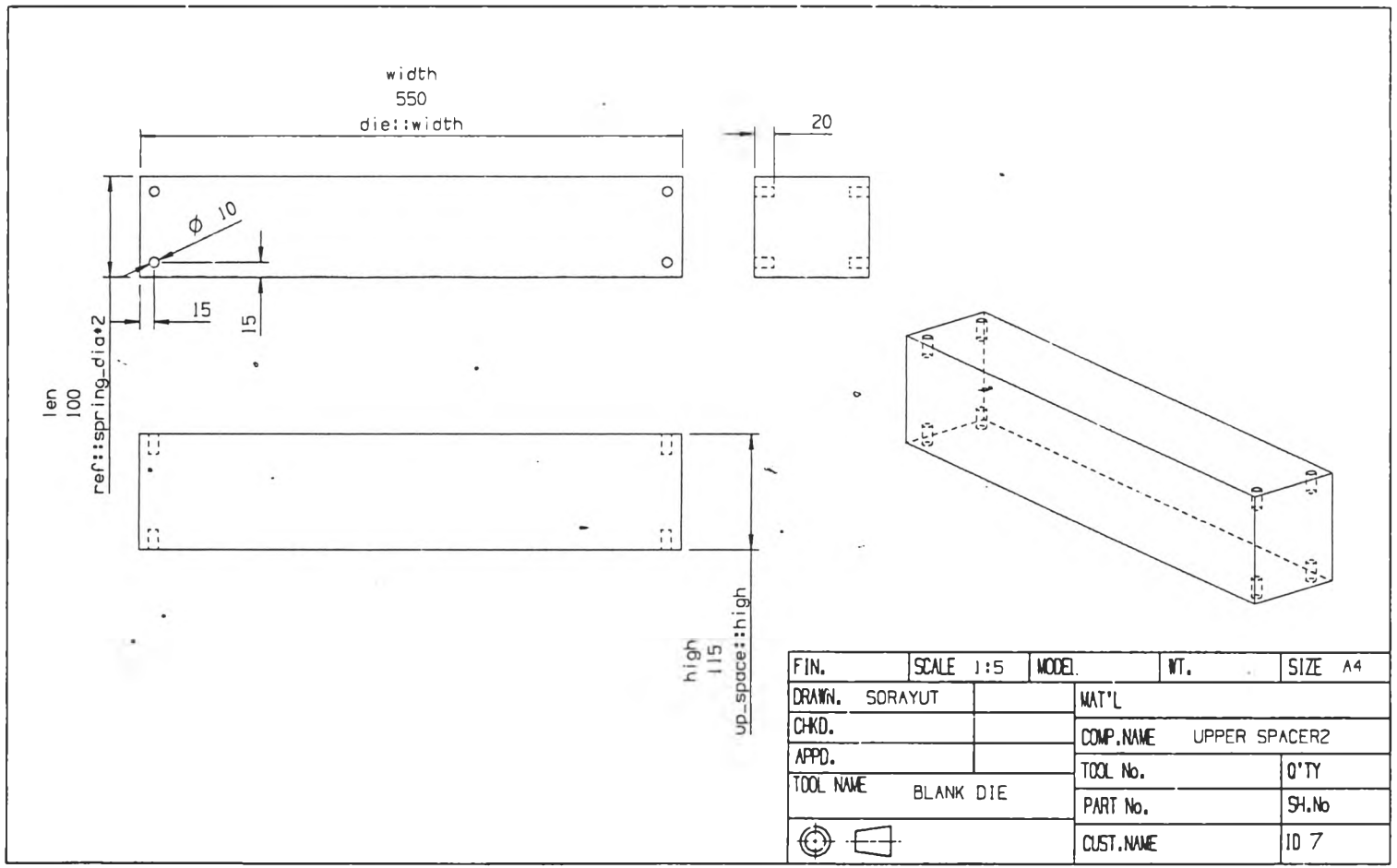
```
width=die::width                                    // 550

// ---------------------------------------
16. guide_plate
// ---------------------------------------
high=1.5*work::thk                                  // 9.6
len=die::width                                      // 550
width=die::len/2-stepper::dia/2-work::thk           // 93.6

// ---------------------------------------
17. die
// ---------------------------------------
bore_dep=ref::bore_dep                              // 11.5
bore_dia=ref::bore_dia                              // 17.5
high=if(thk > 1.6)(if (thk > 3.2 ) (if (thk > 4.8) (if (thk > 6.4) (50) else (45)) else (40)) else (35)) else (30) // 45
hole_dep=ref::tot_hole_dep-ref::bore_dep            // 18.5
hole_dia=ref::hole_dia                              // 11
len=if(work::dia+4*high < stp_distl) (stp_distl) else (work::dia+4*high) // 500
p19=bore_dia                                        // 17.5
p20=bore_dep                                        // 11.5
p21=hole_dia                                        // 11
p22=ref::hole_edge                                  // 30
p23=ref::hole_edge                                  // 30
p24=bore_dia                                        // 17.5
p25=bore_dep                                        // 11.5
p26=hole_dia                                        // 11
p27=ref::hole_edge                                  // 30
p28=ref::hole_edge                                  // 30
p29=bore_dia                                        // 17.5
p30=bore_dep                                        // 11.5
p31=hole_dia                                        // 11
p32=ref::hole_edge                                  // 30
p33=ref::hole_edge                                  // 30
p34=bore_dia                                        // 17.5
p35=bore_dep                                        // 11.5
p36=hole_dia                                        // 11
p37=ref::hole_edge                                  // 30
p38=ref::hole_edge                                  // 30
p40=work::dia                                       // 300
p41=ref::cut_land                                   // 10
p43=width/2                                         // 275
p44=len/2                                           // 250
p45=work::dia+2*ref::cut_land_c                     // 302
p46=high-ref::cut_land                              // 35
p48=width/2                                         // 275
p49=len/2                                           // 250
p60=ref::pin_hole_dia                               // 10
p61=ref::hole_edge                                  // 30
p62=ref::hole_edge*2                                // 60
p63=ref::pin_hole_dia                               // 10
p64=ref::hole_edge                                  // 30
p65=ref::hole_edge*2                                // 60
stp_distl=work::dia+ref::punch_edgel*2              // 500
stp_distw=work::dia+ref::punch_edgew*2              // 550
thk=work::thk                                       // 6.4
width=if(work::dia+4*high < stp_distw) (stp_distw) else (work::dia+4*high) // 550

// ---------------------------------------
18. low_plate
// ---------------------------------------
high=30                                             // 30
len=die::len+260                                    // 760
p31=high                                            // 30
p36=p29/2                                           // 15
p37=30                                              // 30
p40=30                                              // 30
p41=30                                              // 30
p42=high                                            // 30
p47=-p40/2                                          // -15
p48=30                                              // 30
p52=17.5                                            // 17.5
p53=11.5                                            // 11.5
p54=11                                              // 11
```

```
p55=15                                  // 15
p56=145                                 // 145
p57=17.5                                // 17.5
p58=11.5                                // 11.5
p59=11                                  // 11
p60=15                                  // 15
p61=145+low_space::len-30               // 210
p71=145+low_space::len-30               // 210
p72=10                                  // 10
p73=15                                  // 15
p74=145                                 // 145
p75=10                                  // 10
p76=15                                  // 15
p77=145+low_space::len-30               // 210
p78=10                                  // 10
p79=15                                  // 15
p80=145+low_space::len-30               // 210
p81=10                                  // 10
p82=15                                  // 15
p83=145                                 // 145
width=die::width                        // 550

// ---------------------------------------
19. work
// ---------------------------------------
cen_point=0                             // 0
dia=ref::work_dia                       // 300
thk=ref::work_thk                       // 6.4

// ---------------------------------------
20. ref
// ---------------------------------------
bolt_edge=50                            // 50
bore_dep=11.5                           // 11.5
bore_dia=17.5                           // 17.5
cut_land=10                             // 10
cut_land_c=1                            // 1
gap=spring_high-spring_int_def-spring_work-spring_pocket_dep    // 55
guide_post_len=140                      // 140
high=30                                 // 30
hole_dia=11                             // 11
hole_edge=30                            // 30
hole_edge2=55                           // 55
len=100                                 // 100
part_line=250                           // 250
pin_hole_dia=10                         // 10
pin_hole_edge=25                        // 25
punch_c=3                               // 3
punch_edgel=spring_dia*2                // 100
punch_edgew=bolt_edge+spring_dia*1.5    // 125
shut_high=480                           // 480
spring_dia=50                           // 50
spring_high=80                          // 80
spring_hole_dia=spring_dia+2            // 52
spring_int_def=10                       // 10
spring_pocket_dep=5                     // 5
spring_work=10                          // 10
stepper_c=3                             // 3
strip_bore_dia=17.5                     // 17.5
strip_hole_dia=11                       // 11
strip_th_dia=8                          // 8
strok_len=30                            // 30
tot_hole_dep=high                       // 30
wide=100                                // 100
work_dia=300                            // 300
work_thk=6.4                            // 6.4
ydist_hole=hole_edge                    // 30

// ---------------------------------------
21. toolasm
// ---------------------------------------
```

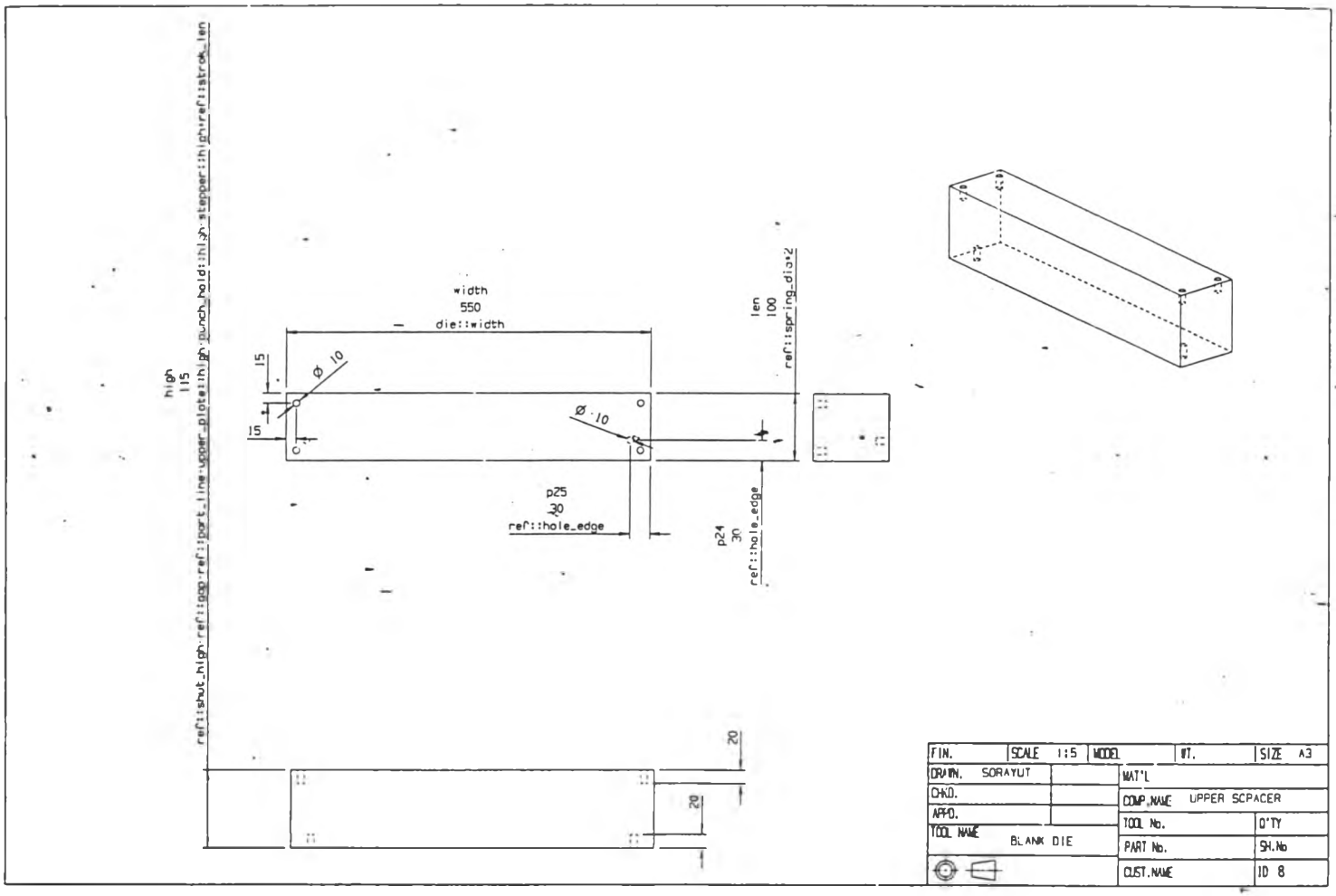
ไม่มี



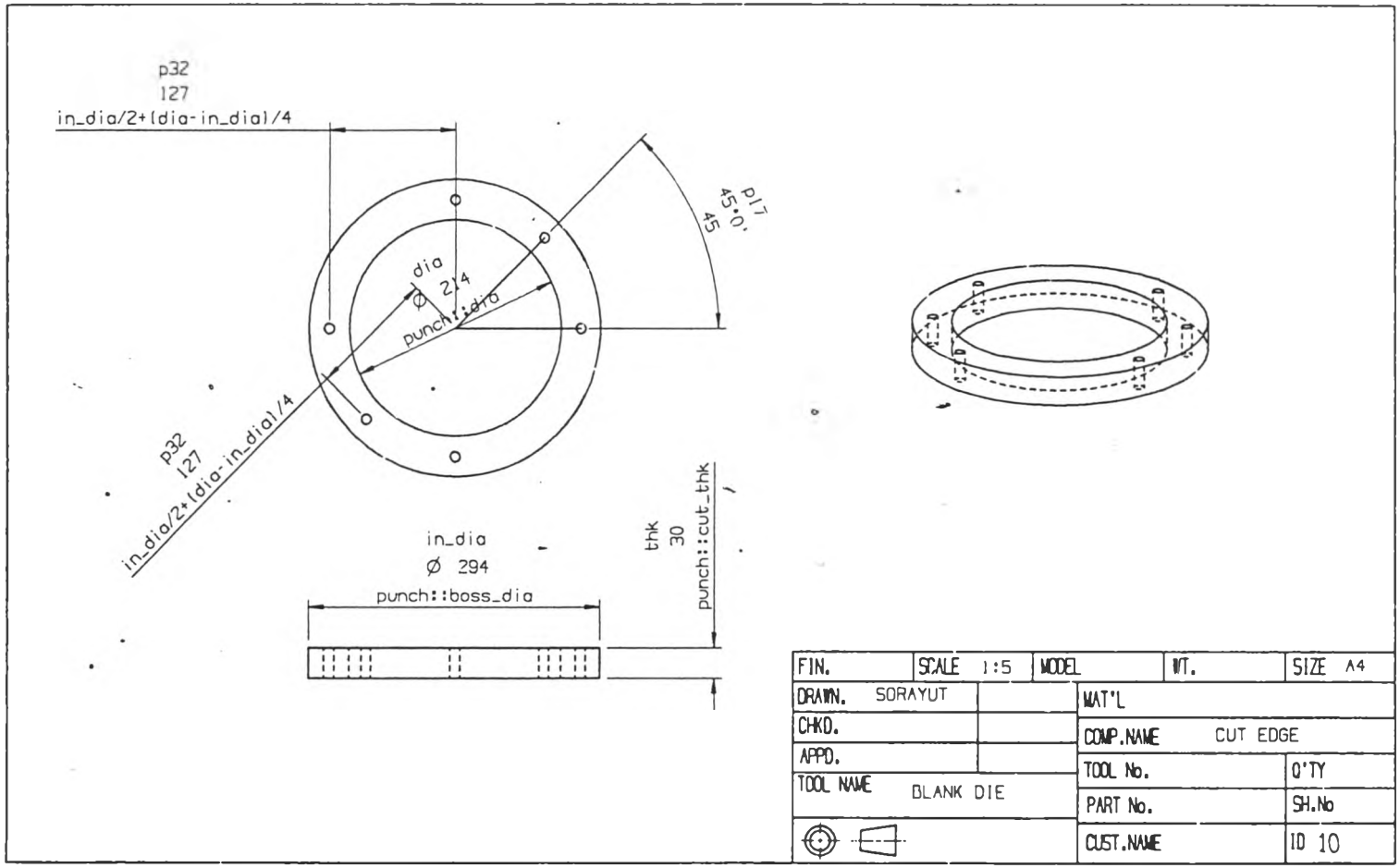
รูปที่ 5.3 แผนแบบ sup_guide



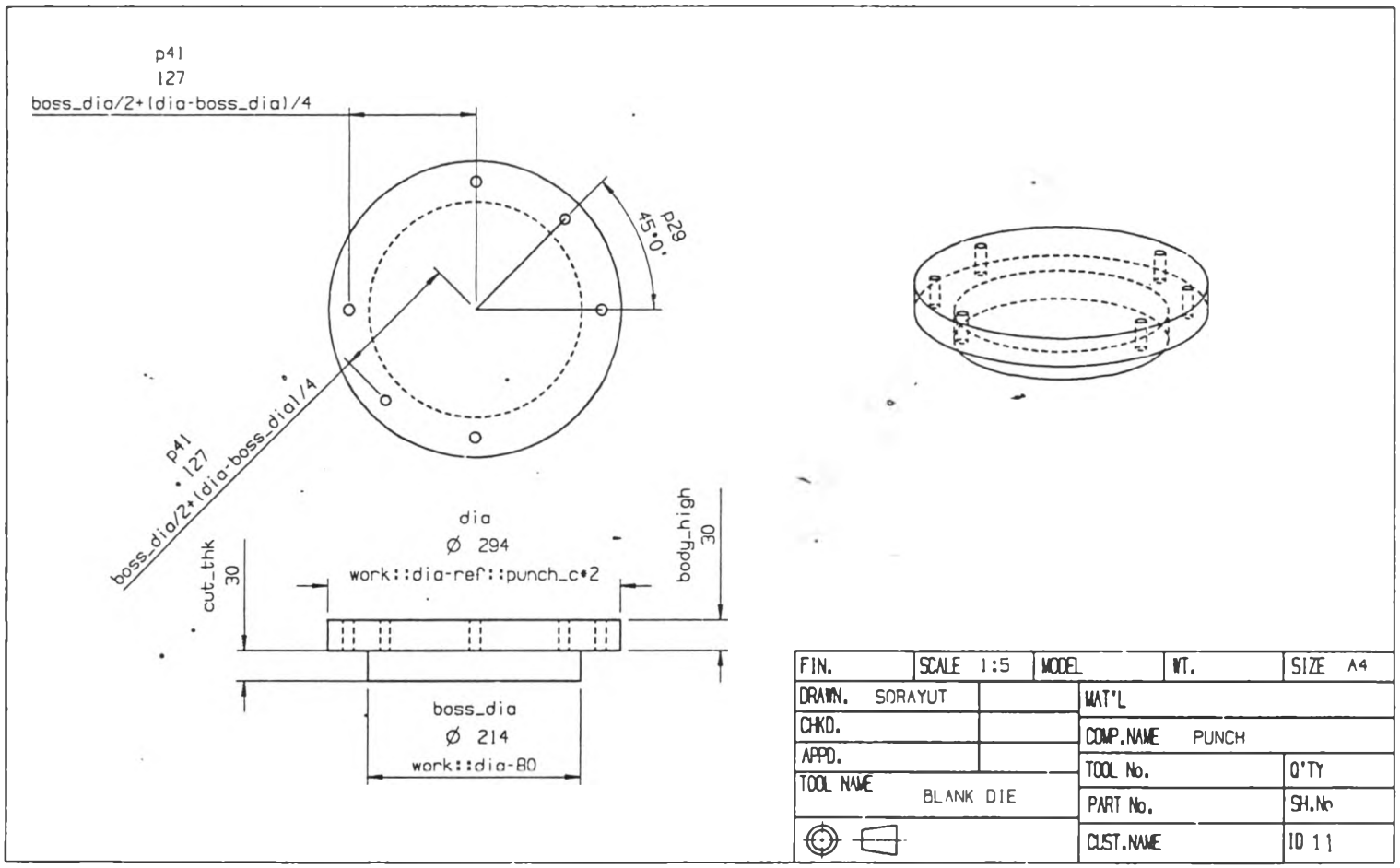
รูปที่ 5.4 แผนแบบ up_space2



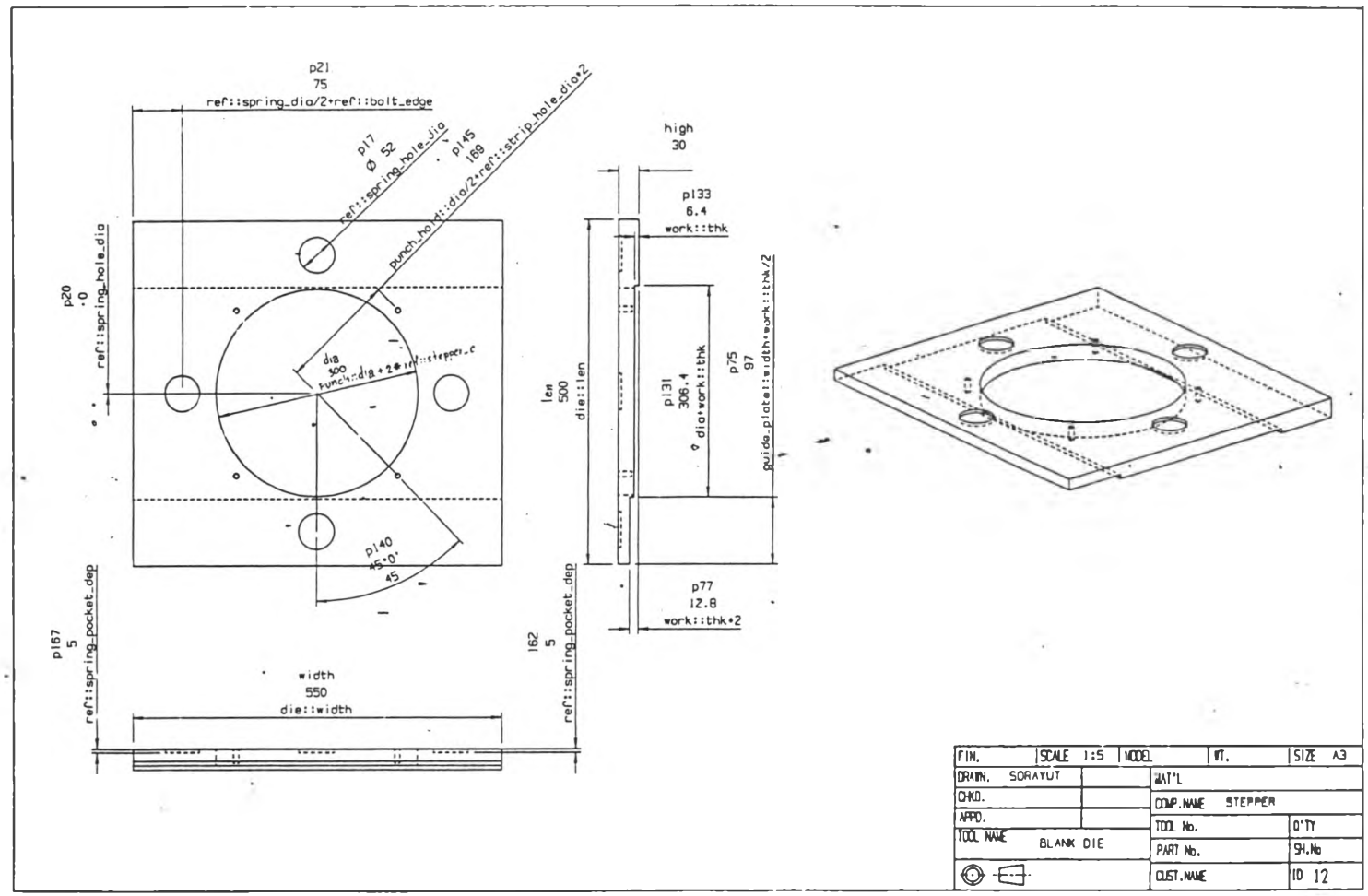
รูปที่ 5.5 แผนแบบ up_space



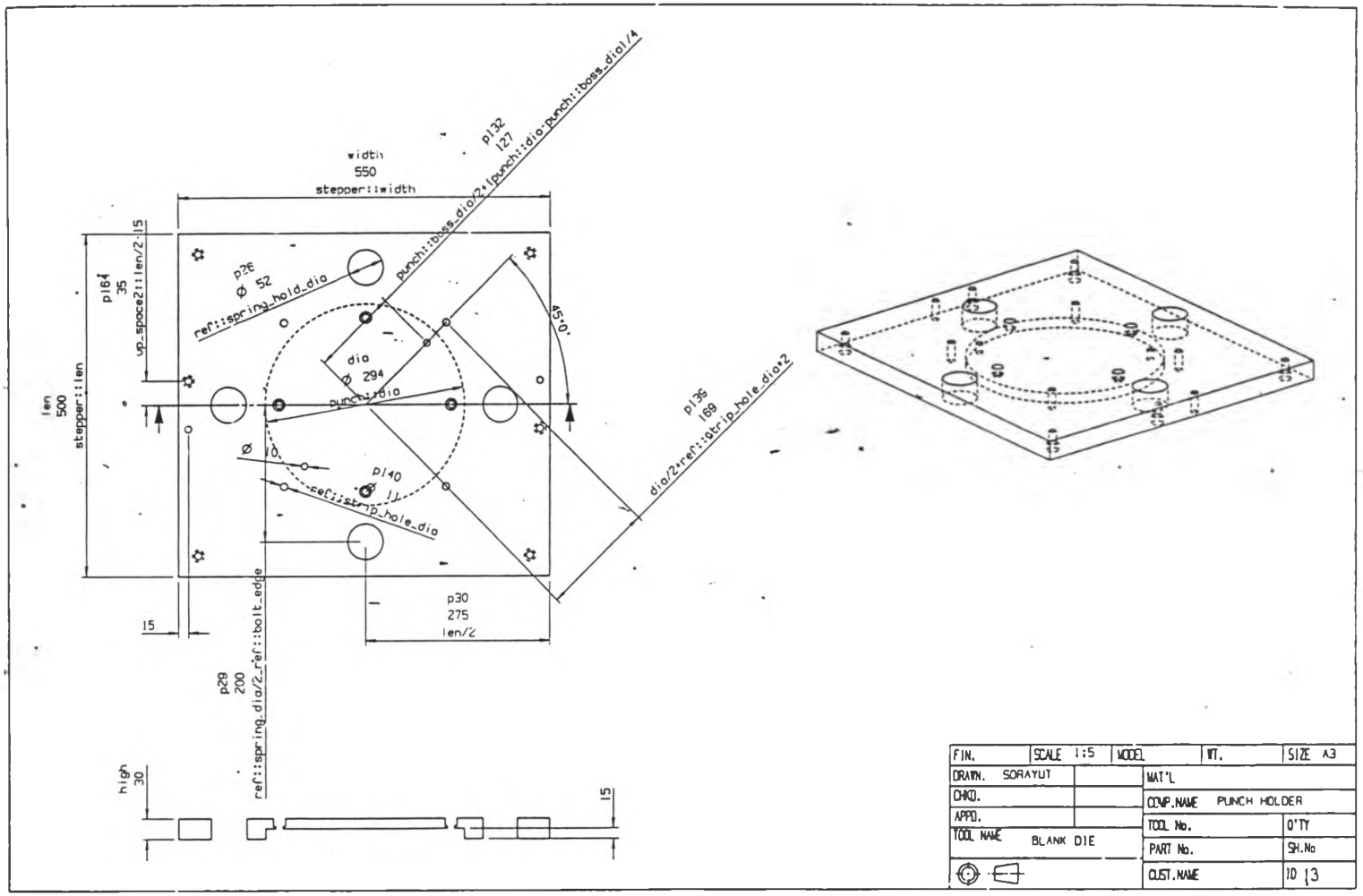
รูปที่ 5.6 แผนแบบ cut_edge



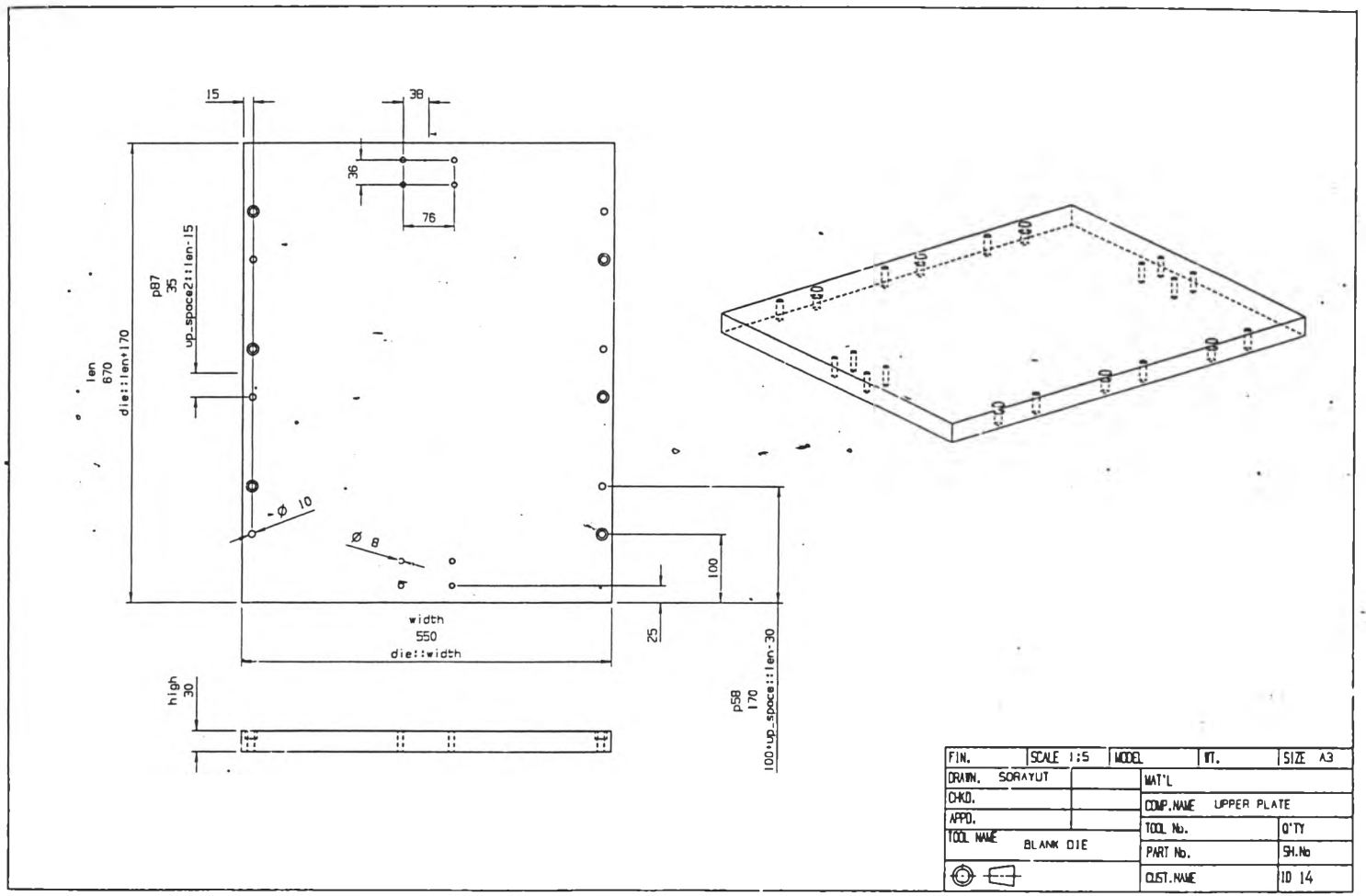
รูปที่ 5.7 แผนแบบ punch



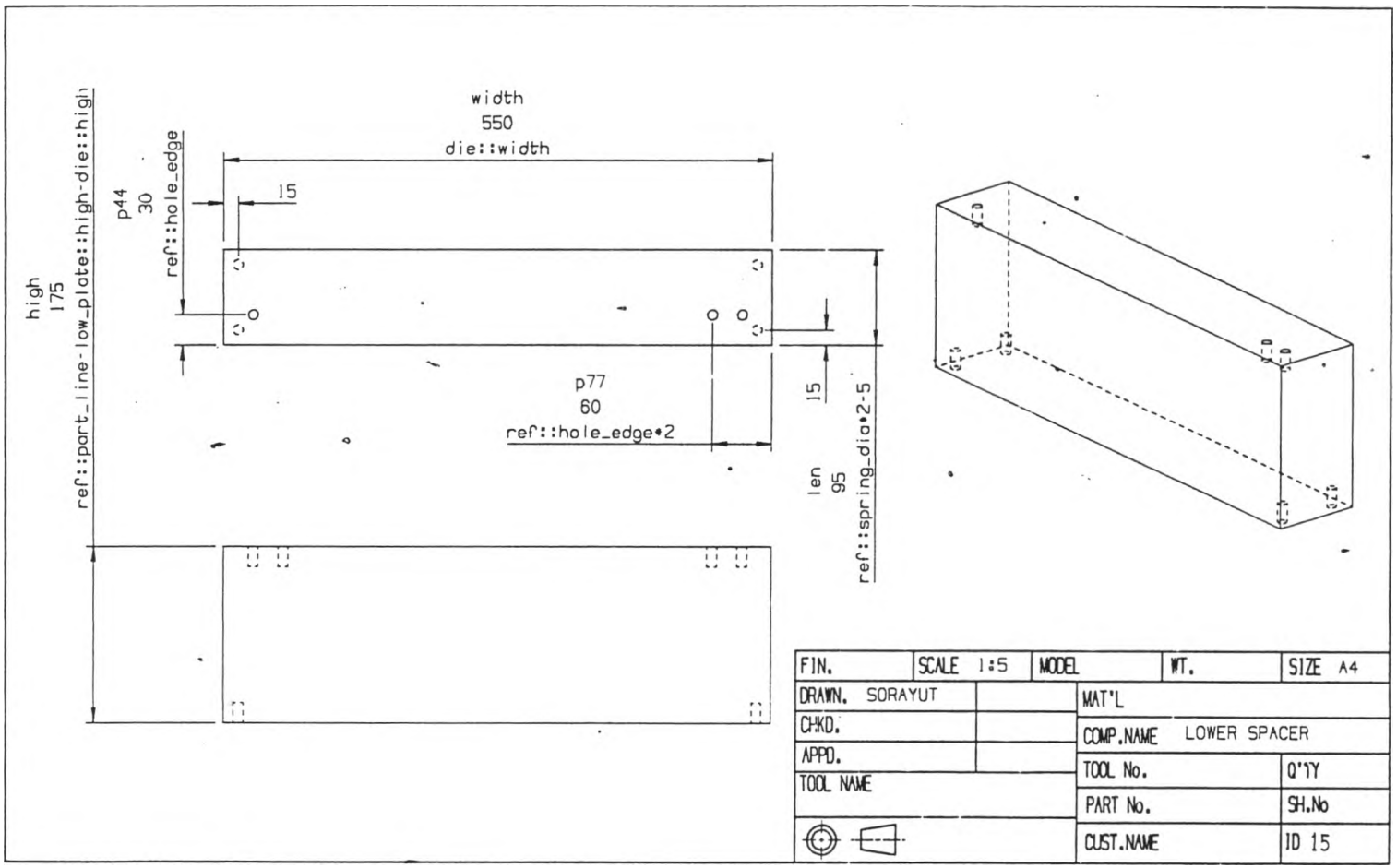
รูปที่ 5.8 แผนแบบ stepper



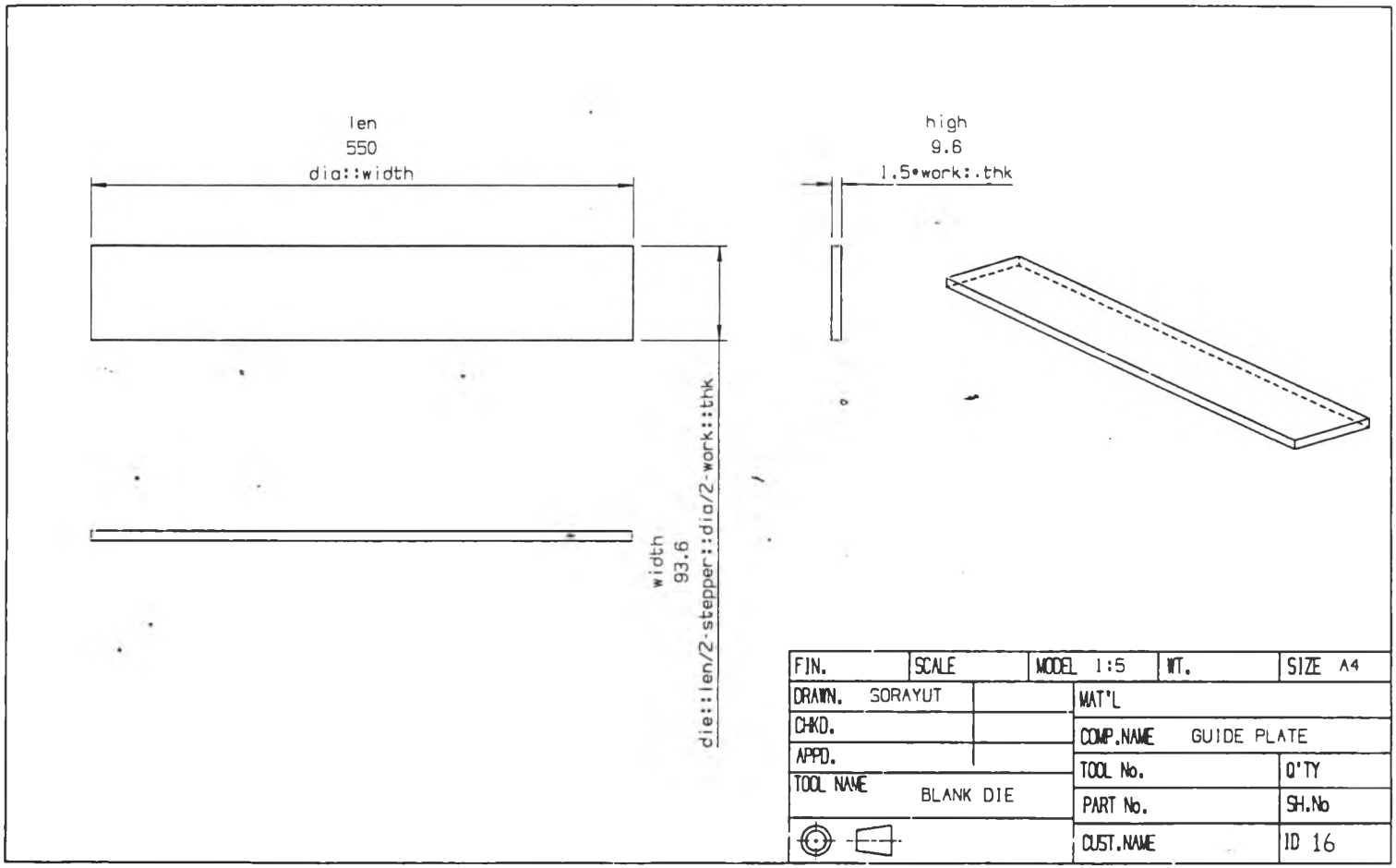
รูปที่ 5.9 แผนแบบ punch_hold



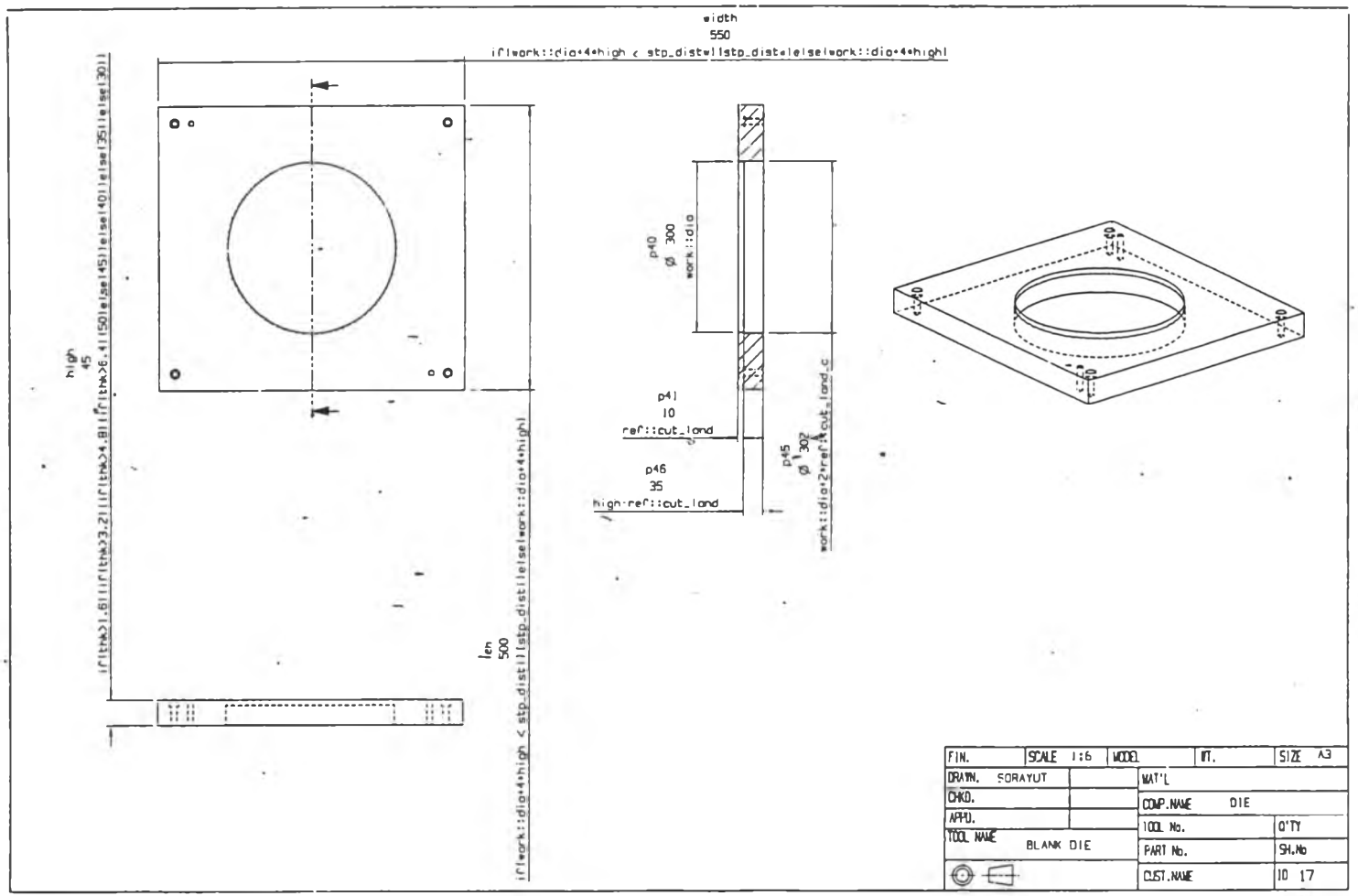
รูปที่ 5.10 แผนแบบ upper_plate



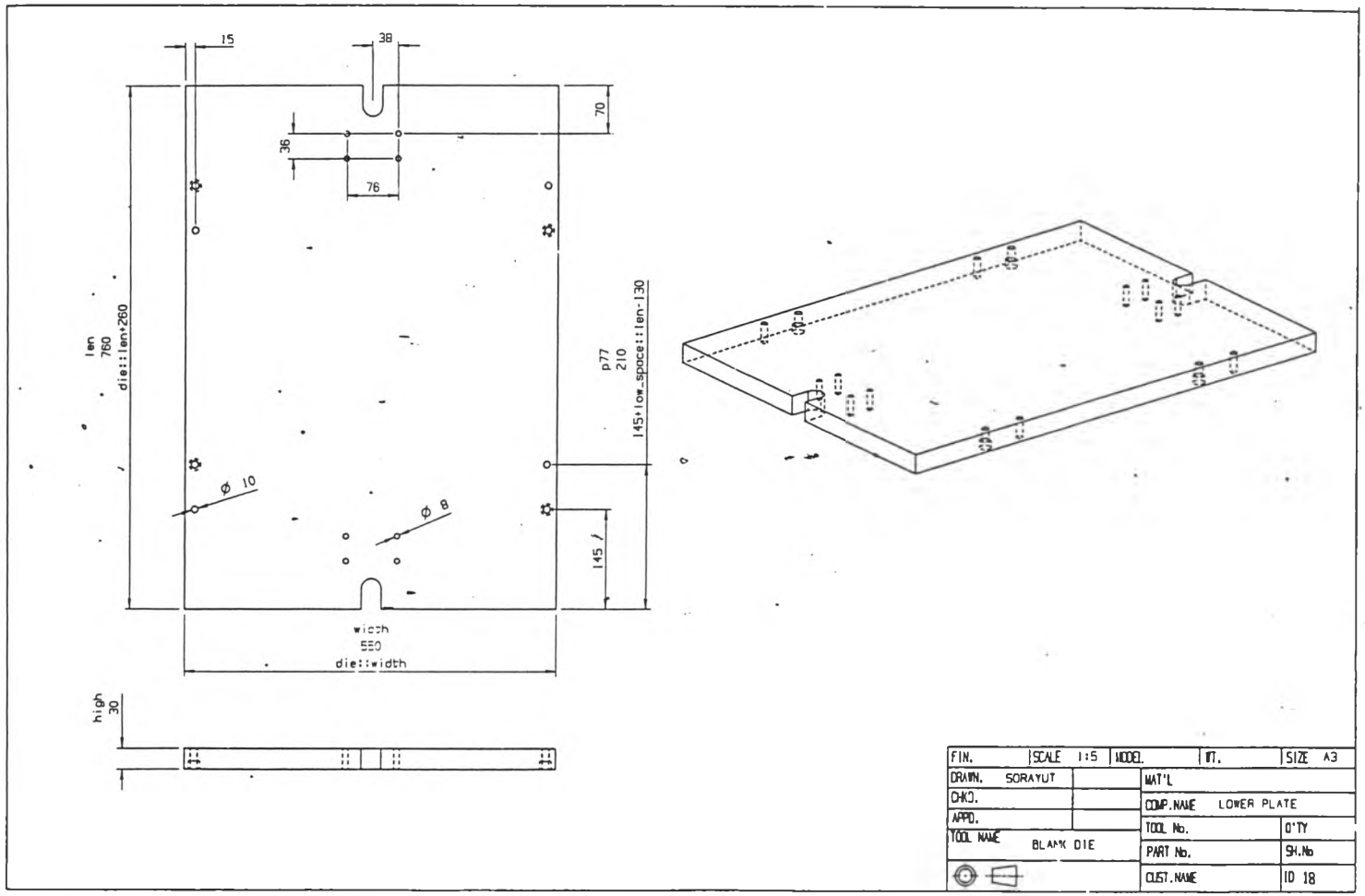
รูปที่ 5.11 แผนแบบ low_space



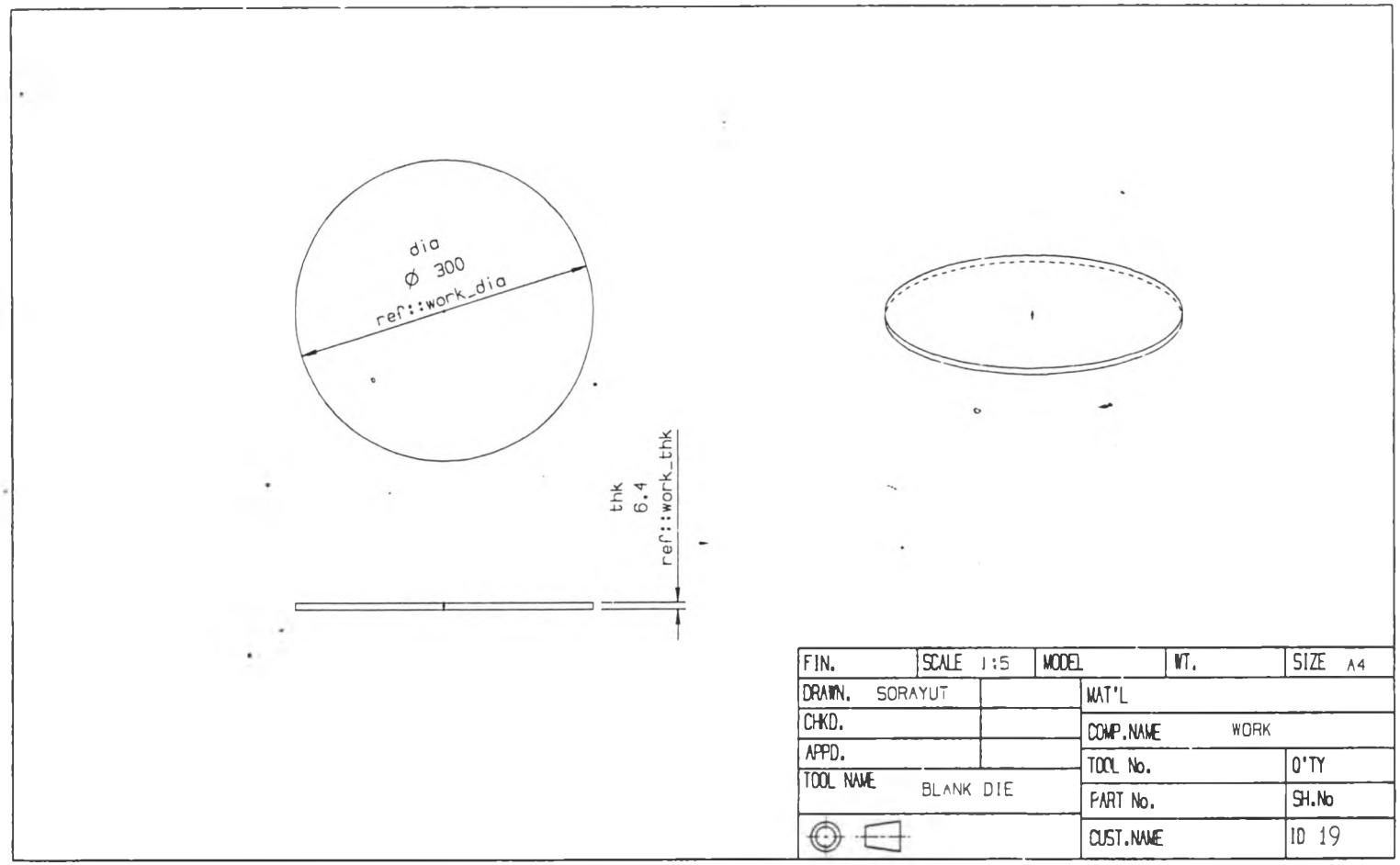
รูปที่ 5.12 แผนแบบ guide_plate



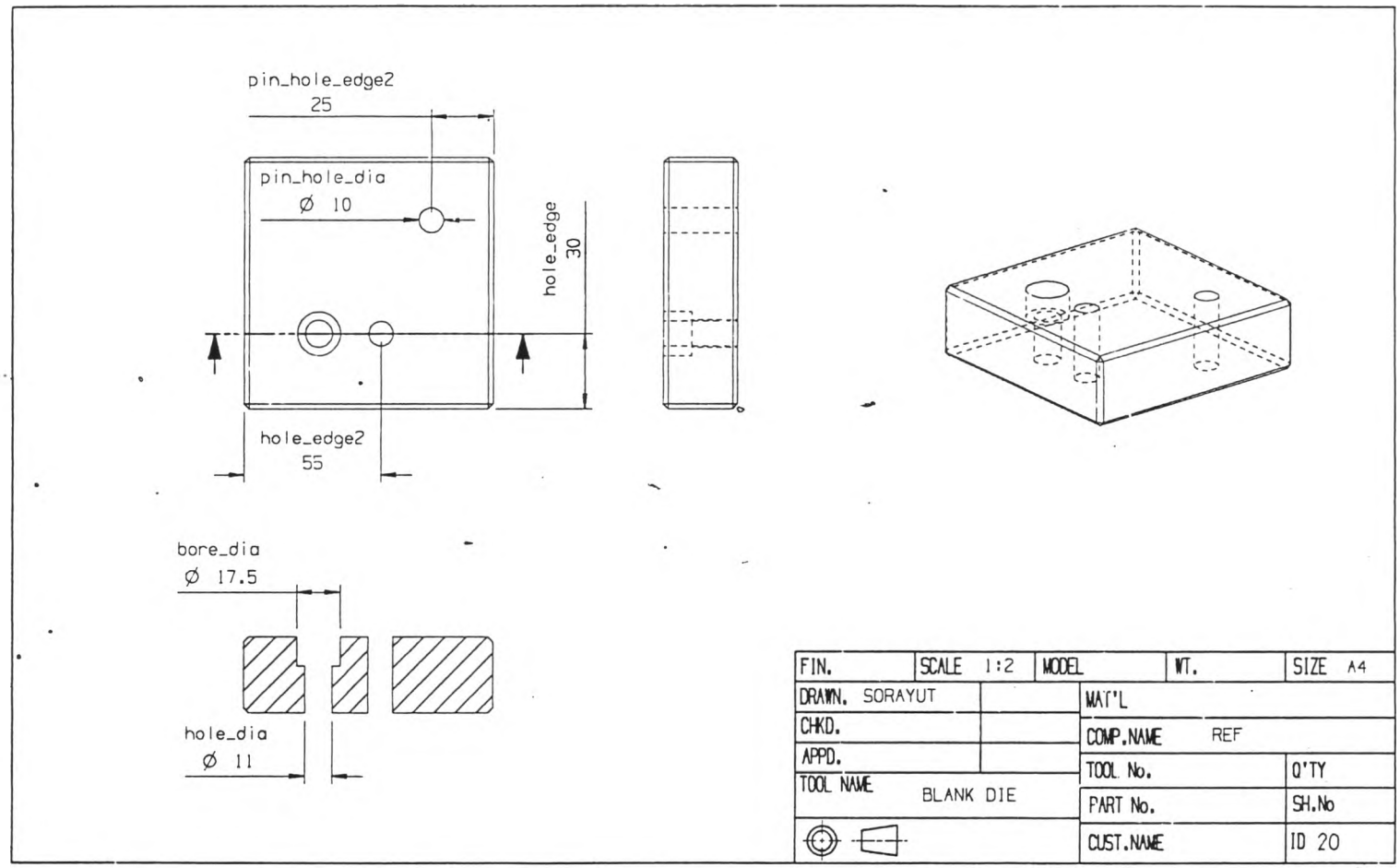
รูปที่ 5.13 แผนแบบ die



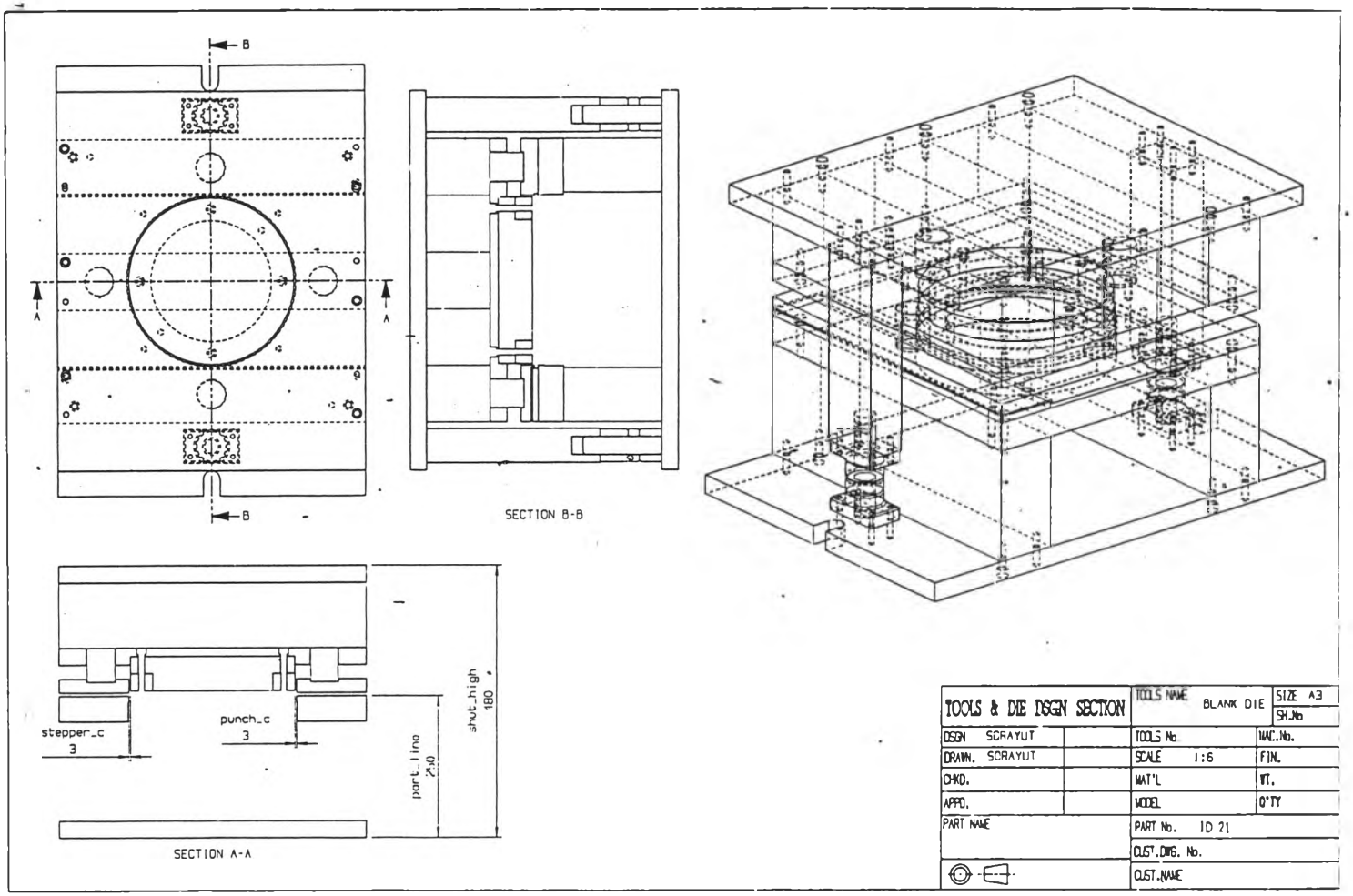
รูปที่ 5.14 แผนแบบ low_plate



รูปที่ 5.15 แผนแบบ work



รูปที่ 5.16 แผนแบบ ret



รูปที่ 5.17 แผนแบบ toolasm