บทที่ 5

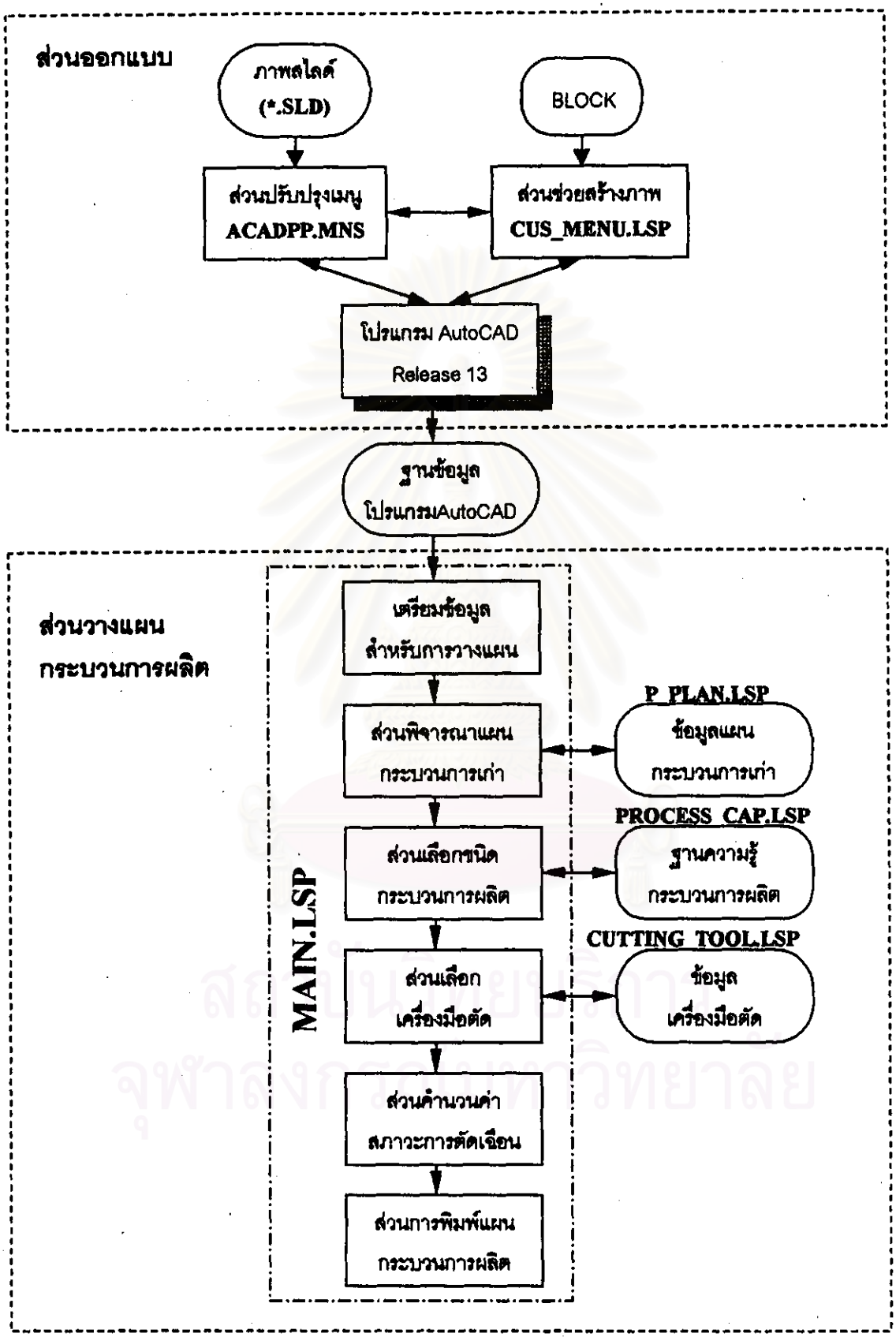
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนกระบวนการสร้างรู และการกัด

ระบบต้นแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนกระบวนการผลิตนี้สามารถรองรับชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นทรงเหลี่ยม (Prismatic Part) โดยสามารถระบุกระบวนการผลิตที่ต้องใช้ในการสร้างรูและการกัดปาดหน้าได้อย่างอัตโนมัติหลังจากได้ทำการออกแบบโดยใช้ส่วนออกแบบของระบบ กระบวนการผลิตต่างๆที่ถูกเลือกเป็นกระบวนการที่สามารถทำขึ้นได้โดยเครื่อง Machining Center เพื่อให้แผนกระบวนการผลิตมีความสมำ่เสมอระบบจะทำการเลือกกระบวนการผลิตที่เคยมีอยู่เดิมก่อน หากพื้นผิวเป็นลักษณะรูปร่างที่ไม่เคยมีข้อมูลอยู่ในระบบ โปรแกรมจะทำการสร้างแผนกระบวนการผลิตของพื้นผิวเหล่านั้นโดยอาศัยกฎเกณฑ์ต่างๆในฐานความรู้ของกระบวนการผลิต กลไกในการวางแผนกระบวนการผลิตจะเป็นการวางแผนแบบย้อนกลับ (Backward Planning) แผนกระบวนการผลิตที่มีความเหมาะสมที่สุดจะเป็นแผนที่ใช้เวลาในการผลิตน้อยที่สุด

5.1 โครงสร้างของโปรแกรม

ระบบต้นแบบนี้พัฒนาโดยใช้โปรแกรมภาษา AutoLISP ซึ่งเป็นภาษาที่สามารถจัดการกับข้อมูลที่เป็นสัญลักษณ์ได้ (Symbol) จึงมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ โครงสร้างของโปรแกรมช่วยวางแผนกระบวนการผลิตประกอบไปด้วยหลายส่วน ได้แก่ ส่วนหลักซึ่งเขียนด้วยภาษา AutoLISP และส่วนปรับปรุงเมนูของโปรแกรม AutoCAD โครงสร้างโปรแกรมแสดงในรูปที่ 5.1 และโครงสร้างของแฟ้มข้อมูลของระบบจะมีลักษณะดังรูปที่ 5.2

จากรูปที่ 5.2 จะเห็นว่าไดเรกทอรี่ที่จัดเก็บแฟ้มข้อมูลของโปรแกรมได้แยกออกจากไดเรกทอรี่ของโปรแกรม AutoCAD รวมทั้งสร้างไฟล์ในการตั้งค่าของโปรแกรม (Acadnt.cfg และ Acad.ini) แยกออกจากโปรแกรม AutoCAD เพื่อสะดวกต่อการแก้ไข และปรับปรุงโปรแกรม



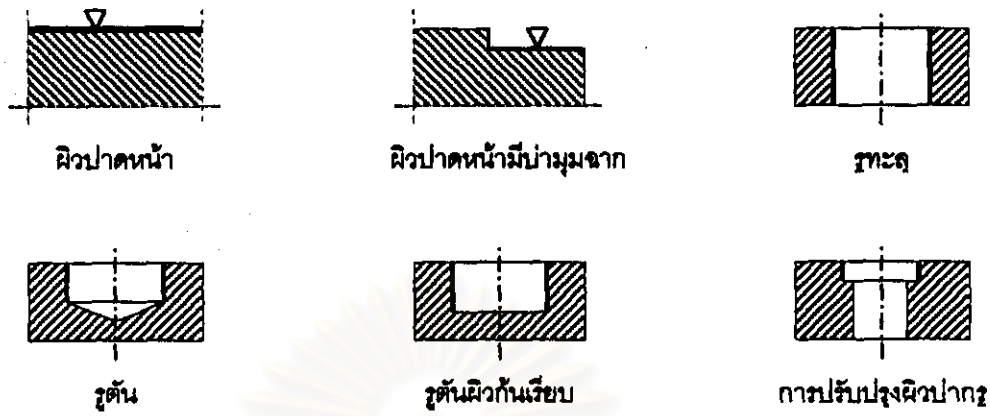
รูปที่ 5.1 โครงสร้างการทำงานของระบบ

```
C:\ caps
        acadnt.cfg          ; AutoCAD configuration file
        acad.ini            ; AutoCAD configuration setting
        acad.pgp            ; AutoCAD program parameters
        acadpp.mns          ; AutoCAD menu source file
        acad.lsp            ; AutoLISP Application Source
        feature.slb         ; feature slide library
        material.slb        ; material slide library
        cus_menu.lsp        ; โปรแกรมส่วนช่วยสร้างภาพ
        main.lsp            ; โปรแกรมส่วนหลักสำหรับวางแผนกระบวนการผลิต
        p_plan.lsp          ; โปรแกรมส่วนเก็บข้อมูลแผนกระบวนการผลิต
        process_cap.lsp     ; โปรแกรมส่วนฐานความรู้กระบวนการผลิต
        cutting_tool.lsp    ; โปรแกรมส่วนเก็บข้อมูลเครื่องมือตัด

        \block              ; ส่วนจัดเก็บแฟ้มข้อมูลลักษณะรูปร่างพิเศษ
                through.dwg
                blind_mark.dwg
                blind_flat.dwg
                face.dwg
                ssface.dwg
                chamfer.dwg
                counter_bore.dwg

        \slide              ; ส่วนจัดเก็บสไลด์สำหรับแสดงในเมนูรูปภาพ
                through.sld
                blind_mark.sld
                blind_flat.sld
                face.sld
                ssface.sld
                chamfer.sld
                counter_bore.sld
                cmc01-1.sld
                cmc01-2.sld
                cmc01-3.sld
                cmc30-21.sld
                cmc30-22.sld
\r13                        ; ไดเรกทอรี่ของโปรแกรม AutoCAD
        \com
        \win
```

รูปที่ 5.2 โครงสร้างแฟ้มข้อมูล



รูปที่ 5.3 ตัวอย่างลักษณะรูปร่าง

5.2 ส่วนการออกแบบ

ลักษณะรูปร่างพิเศษที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมนี้สามารถจำแนกได้เป็น 3 ส่วน (ดังรูปที่5.3) คือ

- *รู (Holes)* ลักษณะรูปร่างของรูเป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งหากจำแนกตามชนิดของก้นรูแล้วอาจสามารถแบ่งออกได้อีก 3 ชนิด คือ 1) รูที่ไม่มีพื้นผิวก้นรู หรือรูที่มีการเจาะทะลุเนื้อชิ้นงานไปอีกด้านหนึ่ง 2) รูที่ไม่มีการควบคุมขนาดหรือความเรียบผิวของก้นรู รูชนิดนี้สามารถทิ้งรอยที่เกิดจากการเจาะไว้ที่ก้นรูได้ และ 3) รูที่มีการควบคุมขนาด รูปร่าง หรือความเรียบผิวของก้นรู เช่น มีการกำหนดให้รูปร่างก้นรูมีลักษณะเรียบ ซึ่งรูชนิดนี้ไม่สามารถทิ้งรอยการเจาะไว้ที่ก้นรูได้

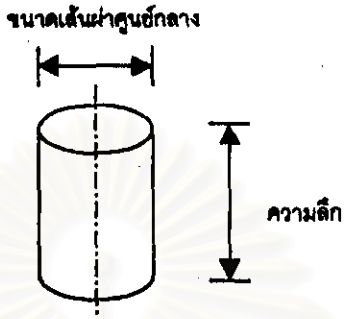
- *ผิวปาดหน้า (Faces)* อาจจะแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ 1) ผิวปาดหน้าเรียบ (Face Milling) เป็นผิวที่มีการปาดหน้าเต็มทั้งหน้า และ 2) ผิวปาดหน้ามีบ่ามุมฉาก (Square Shoulder Face Milling) เป็นผิวที่ไม่ได้กัดเต็มหน้า

- *การปรับปรุงปากรูชนิดต่าง ๆ* ได้แก่ การเจาะฝังหัว และ ผิวลบมุม

ข้อมูลต่างๆที่ใช้สำหรับการวางแผนกระบวนการผลิตนอกจากจะใช้ข้อมูลทางด้านรูปทรงต่างๆแล้วยังต้องการของทั้งทางด้านขนาด และข้อมูลทางด้านเทคนิค โดย

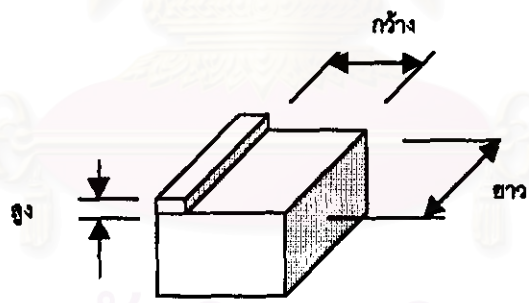
- *รู (Hole)* ชนิดต่างๆ ได้แก่ รูทะลุ รูไม่ทะลุ และรูไม่ทะลุผิวก้นเรียบ สามารถระบุรายละเอียดทางด้านขนาดของรูโดยการกำหนดจุดเริ่มต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความลึก (ดังรูปที่ 5.4) ข้อมูล

ทางด้านเทคนิคที่ต้องกำหนด ได้แก่ ชนิดพื้นผิวก่อนการแมชชีน (ผิวตันหรือมีการเตรียมรู) ระดับความเรียบผิว (R_a) ขนาดพิกัดความเผื่อทางด้านขนาด และค่าพิกัดความเผื่อของรูปร่างอื่นๆ ได้แก่ ความร่วมศูนย์ ความเที่ยงความกลม และความเที่ยงศูนย์ เป็นต้น



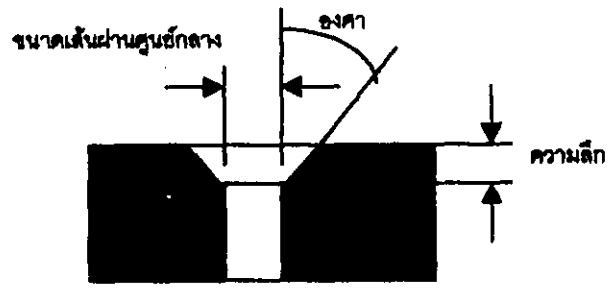
รูปที่ 5.4 การกำหนดขนาดรู

- ***ผิวปาดหน้า (Faces)*** ชนิดต่างๆ ได้แก่ ผิวเรียบ และปาดหน้ามีป่ามุมฉาก สามารถระบุรายละเอียดของขนาดผิวปาดหน้าโดยการกำหนดขนาดความกว้าง ขนาดความยาว และขนาดความสูง (กรณีมีปามุมฉาก) (ดังรูปที่ 5.5) และรายละเอียดทางด้านเทคนิคต่างๆ ได้แก่ ค่าความเรียบผิว (R_a) และค่าพิกัดความเผื่อของรูปร่างอื่นๆ



รูปที่ 5.5 การแสดงผิวปาดหน้า

- ***การเจาะฝังหัว*** (Counter Bore) จะกำหนดรายละเอียดเช่นเดียวกับรู
- ***การลบมุมรูเจาะ*** (Inside Chamfer) สามารถระบุรายละเอียดทางด้านขนาดโดยการกำหนดจุดเริ่มต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความลึก และองศาการลบมุม (ดังรูปที่ 5.6) และรายละเอียดทางเทคนิค ได้แก่ ค่าความเรียบผิว (R_a) และค่าพิกัดความเผื่อของรูปร่างอื่นๆ



รูปที่ 5.6 การแสดงผิว Chamfer

ส่วนการออกแบบจะใช้วิธีการออกแบบโดยอาศัยลักษณะรูปร่างพิเศษเป็นพื้นฐาน โดยลักษณะรูปร่างที่ได้กล่าวมาแล้วจะถูกจัดทำอยู่ในรูป Block ต้นแบบ คุณสมบัติของ Block ในโปรแกรม AutoCAD คือ สามารถเก็บข้อมูลที่อยู่ในรูปของข้อความได้โดยการตั้งค่า Attribute ของ Block ซึ่งเป็นช่องทางให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนดข้อมูลคุณสมบัติของ Block ที่ต้องการวาดลงในแบบชิ้นงานได้ จากคุณสมบัติอันนี้จึงสามารถใช้ Block ในการนำเสนอข้อมูลทั้งลักษณะรูปร่าง และคุณสมบัติของรูปร่างต่างๆในส่วนที่ไม่สามารถแสดงในรูปของภาพกราฟฟิกได้ เช่น ค่าพิกัดความเผื่อ ระดับความเรียบผิว และค่าพิกัดความเผื่อของรูปทรง เป็นต้น Attribute ของ Block จะถูกกำหนดให้ไม่สามารถมองเห็นได้ทางจอภาพคอมพิวเตอร์ แต่ข้อมูลจะถูกจัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม AutoCAD ซึ่งสามารถเรียกดูข้อมูลได้โดยอาศัยคำสั่งของโปรแกรมภาษา AutoLISP

ส่วนการป้อนข้อมูลการออกแบบสร้างขึ้นโดยการปรับปรุงเมนูของโปรแกรม AutoCAD เพื่อให้มีลักษณะเป็นหนึ่งเดียวกับโปรแกรม AutoCAD แฟ้มข้อมูลลักษณะเมนู (Menu Source File) ของระบบที่พัฒนาขึ้นถูกจัดเก็บอยู่ในชื่อ Acadpp.mns ซึ่งได้จากการปรับปรุงไฟล์ข้อมูลเมนูมาตรฐานของโปรแกรม AutoCAD โดยส่วนที่ทำการปรับปรุง ได้แก่ ส่วนเมนูแบบ Pull-Down และเมนูรูปภาพ (Image Tile Menu)

การปรับปรุงเมนูแบบ Pull-Down ได้ทำโดยแก้ไขคำสั่งในส่วนของ POP7 ซึ่งใช้ควบคุมเมนู Pull-Down ในลำดับที่ 7 โดยจะอยู่ก่อนหน้าเมนู Help เมนูที่ได้รับการปรับปรุงแล้วแสดงดังรูปที่ 5.7 ส่วนของคำสั่งที่มีการปรับปรุงใน POP7 มีดังนี้

```
***POP7
CAPSPop1_T    [&CAPS]
CAPSPop1_0    [&About CAPS...]
CAPSPop1_1    [&Design Blank Part]^C^Clayer make blank ^C^Ccolor 7 ^C^Climit
CAPSPop1_2T   [&Insert Feature]^C^Ccmdecho 0;^c^cattdia 1;$I=CAPS1 $I=*
CAPSPop1_3T   [&Process Planning]^C^C$I=CAPS2 $I=*;_.main;
```

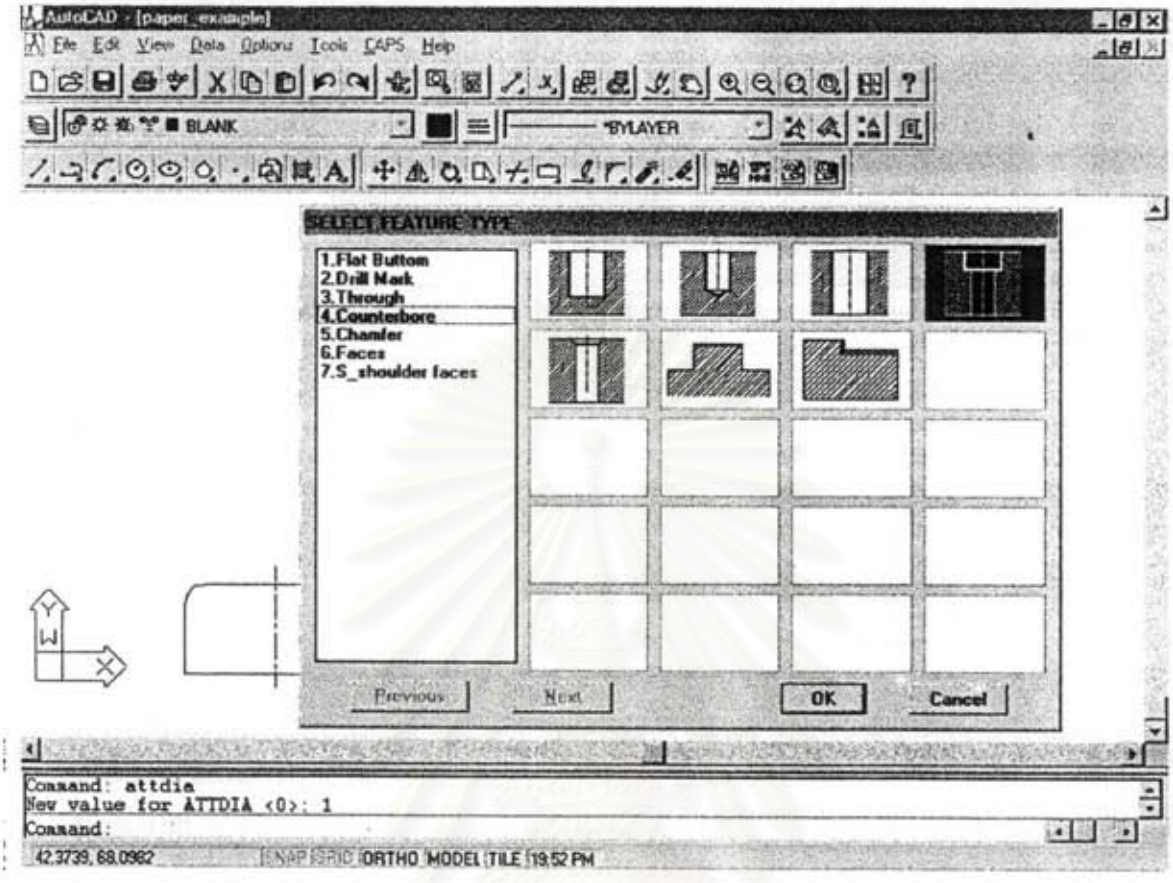
ส่วนของเมนูรูปภาพที่ได้ทำการเพิ่มเติมมี 2 ส่วนด้วยกัน คือ เมนูรูปภาพสำหรับเลือกชนิดรูปร่าง (CAPS1) และเมนูรูปภาพสำหรับเลือกชนิดวัสดุ (CAPS2) ดังรูปที่ 5.8 และ 5.12 เมนูรูปภาพต่างๆจะถูกบันทึกอยู่ในส่วน ***IMAGE โดยในแต่ละเมนูย่อยจะขึ้นต้นด้วยคำสั่งด้วย **Submenu_name ในที่นี้เป็น **CAPS1 และ **CAPS2 เมนูรูปภาพจะถูกเรียกจากคำสั่งใน POP7 โดยคำสั่ง $I=submenu_name เพื่อเรียกเมนูที่มีชื่อตามที่กำหนด และคำสั่ง $I=* เพื่อแสดงเมนูนั้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ คำสั่งของเมนูรูปภาพดังรายการข้างล่าง ในวงเล็บแรกของเมนูเป็นส่วนแสดงชื่อเมนู รูปแบบของคำสั่งสำหรับแสดงสไลด์ในกรอบของเมนูรูปภาพ คือ เริ่มด้วยไฟล์ Slide Library ได้แก่ feat และ mater จากนั้นตามด้วยชื่อของไฟล์ Slide และสุดท้ายเป็นข้อความที่ปรากฏในกรอบข้อความด้านซ้ายของเมนูรูปภาพ

```
***IMAGE
**CAPS1
[SELECT FEATURE TYPE]
[feat(blind_f,1.Flat Buttom)]^c^c_.layer _make hole color 5;^c^c(setq insert 1);^c^c_drawhole;
[feat(blind_d,2.Drill Mark) ]^c^c_.layer _make hole color 5;^c^c(setq insert 2);^c^c_drawhole;
[feat(thru,3.Through)      ]^c^c_.layer _make hole color 5;^c^c(setq insert 3);^c^c_drawhole;
[feat(c_bore,4.Counterbore) ]^c^c_.layer _make hole color 5;^c^c(setq insert 4);^c^c_drawhole;
[feat(c_sink,5.Chamfer)    ]^c^c_.layer _make hole color 5;^c^c(setq insert 5);^c^c_drawhole;
[feat(facing,6.Faces)      ]^c^c_.layer _make face color 5;^c^c_drawface;
[feat(facing_s,7.S_shoulder faces)]^c^c_.layer _make face color 5;^c^c_drawssface;
**CAPS2
[SELECT THE MATERIAL TYPE] ;ref coromil p.411
[mater(cmc01_1,1.L_Carbon Steel) ]^c^c(setq material (list "01_1" 125));
[mater(cmc01_2,2.M_Carbon Steel) ]^c^c(setq material (list "01_2" 150));
[mater(cmc01_3,3.H_Carbon Steel) ]^c^c(setq material (list "01_3" 170));
[mater(cmc08_1,4.Grey Cast Iron) ]^c^c(setq material (list "08_1" 180));
[mater(cmc09_1,5.Modular Cast Iron) ]^c^c(setq material (list "09_1" 160));
[mater(cmc30_22,6.Aluminium)    ]^c^c(setq material (list "30_22" 90));
```

รูปที่ 5.7 เมนู Pull-down ที่ถูกปรับปรุง

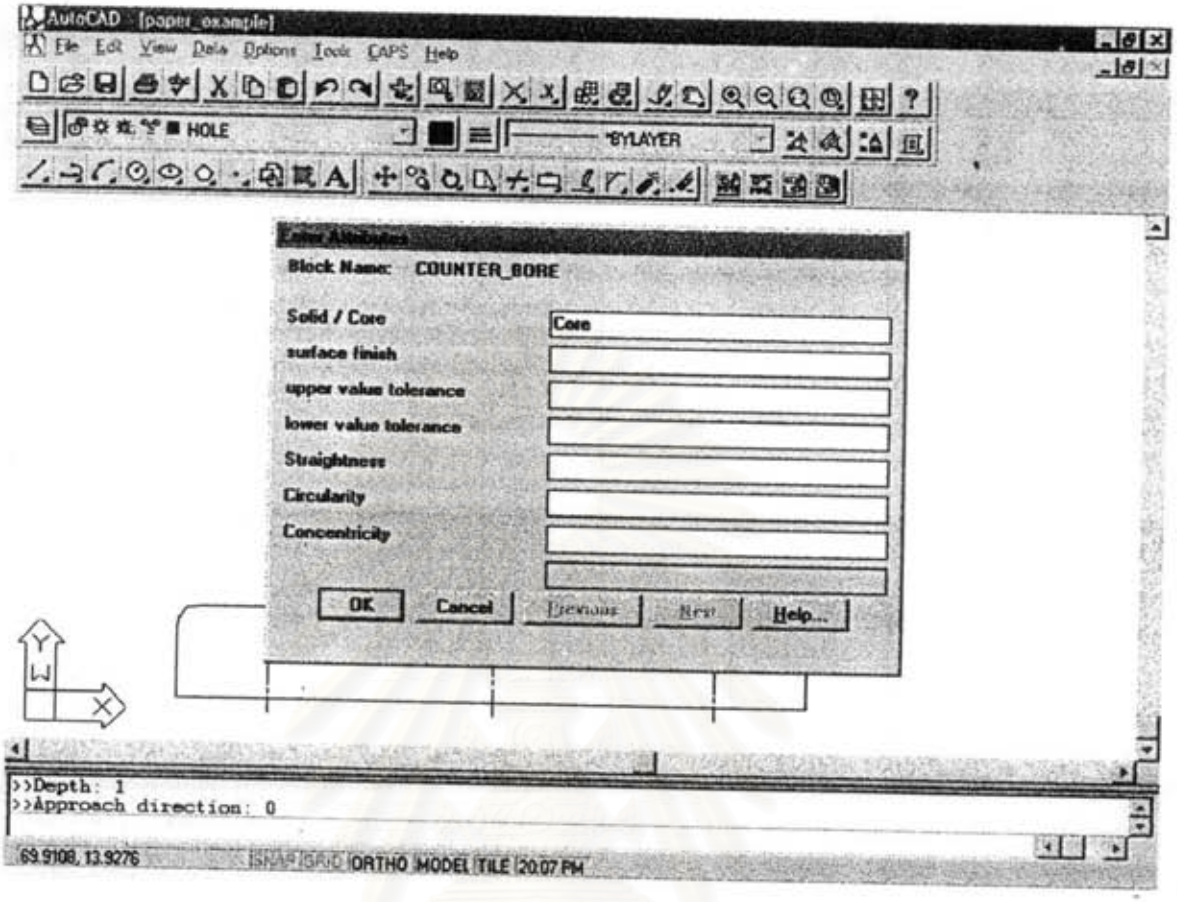
การออกแบบเริ่มจากฝ่ายวิศวกรรมการผลิตได้รับแบบทางวิศวกรรมและทำการพิจารณาแบบในเบื้องต้น และระบุพื้นผิวที่ต้องการทำการแมชชีน หลังจากทราบรายละเอียดต่างๆจากแบบชิ้นงานแล้ว จะทำการวาดแบบชิ้นงานออกเป็นภาพตัดในส่วนต่างๆ วิธีการวาดเริ่มจากเลือกเมนู Design Blank Part จากเมนูหลัก CAPS บริเวณส่วนป้อนคำสั่ง (Command Menu) จะถามขนาดความกว้าง (>>Blank Width :..) และขนาดความสูง (>> Blank Heigth : ....) เพื่อกำหนดขนาดพื้นที่สำหรับวาดภาพชิ้นงาน หลังจากนั้นโปรแกรมจะจัดสภาพแวดล้อมสำหรับการวาดรูปชิ้นงาน โดยการกำหนดขอบเขตการวาดภาพ สร้าง Layer Blank กำหนดชนิดและสีของเส้นที่จะใช้วาด

หลังจากผู้วางแผนทำการวาดรูปชิ้นงานก่อนการแมชชีนเสร็จสิ้นแล้ว ผู้ออกแบบจะทำการเพิ่มลักษณะรูปร่างต่างๆที่ต้องการแมชชีนลงในแบบที่ได้วาดไว้แล้ว โดยการเลือกเมนู Insert Feature จากเมนูหลัก CAPS จะปรากฏเมนูรูปภาพของลักษณะรูปทรงต่างๆให้ผู้ออกแบบเลือก (ดังรูปที่ 5.8) เช่น จากรูป ถ้าต้องการเพิ่มพื้นผิว Counterbore ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม.ลึก 1 มม. และเพิ่มรูขนาดเส้นผ่าน



รูปที่ 5.8 เมนูรูปภาพสำหรับเลือกลักษณะรูปร่าง

ศูนย์กลาง 7 มม. ลึก 12 มม. จากรูปที่ 5.8 ให้เลือกไปที่ Counter_bore แล้วกด OK ที่บริเวณส่วนป้อนคำสั่งผู้ออกแบบจะถูกถามให้ใส่รายละเอียดทางด้านขนาดและตำแหน่งของลักษณะรูปร่างที่เราต้องการ ได้แก่ ตำแหน่งของที่ต้องการใส่พื้นผิวลงไป (>> Start Point : ..) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (>> Diameter :.) ความลึก (>> Depth : ...) และทิศทางการป้อน (>> Approach Direction ...) จากนั้นจะปรากฏ Dialog box สำหรับป้อนค่าคุณสมบัติต่างๆของพื้นผิวนั้นๆ (ดังรูปที่ 5.9) เช่น สำหรับ Counter_bore จะปรากฏ Dialog Box ให้กำหนดค่า สภาพรูพื้นผิวก่อนการแมชชีน ระดับความเรียบผิว ค่าพิกัดความเผื่อบน ค่าพิกัดความเผื่อล่าง ความร่วมศูนย์ ความเที่ยงความกลม และความเที่ยงศูนย์ เป็นต้น หลังจากกด OK โปรแกรมจะทำการวาด Counter_Bore เข้ากับแบบชิ้นงานที่กำลังออกแบบตามตำแหน่งและขนาดที่ผู้ออกแบบกำหนด โดยพื้นผิวที่เพิ่มขึ้นใหม่จะเป็นเส้นสีน้ำเงิน จากชิ้นงานตัวอย่างรูปที่ 3.3 เมื่อทำการเพิ่มพื้นผิวทั้งหมดลงในแบบแล้วจะได้แบบชิ้นงาน ดังรูปที่ 5.10



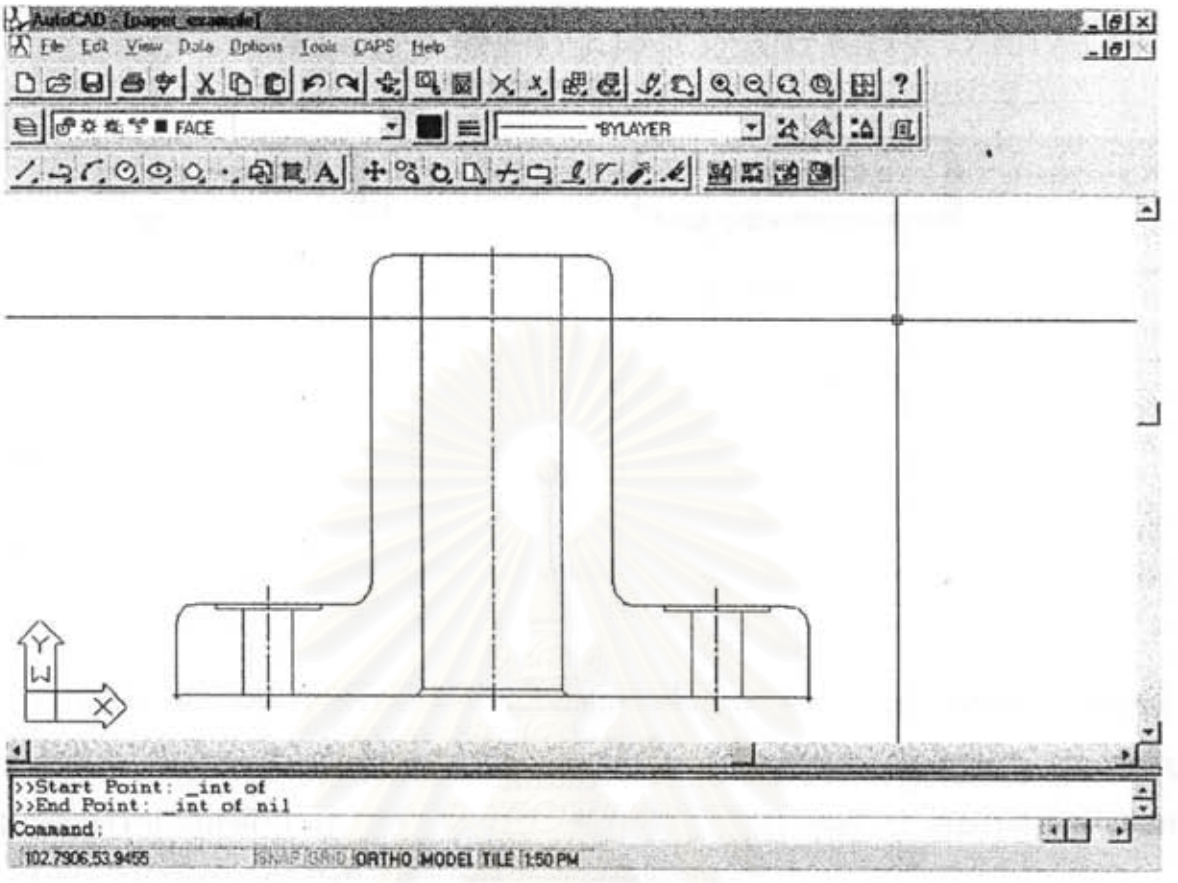
รูปที่ 5.9 Dialog Box สำหรับกำหนดคุณสมบัติของพื้นผิวที่ทำการออกแบบ

5.3 ส่วนการเตรียมข้อมูลสำหรับวางแผนกระบวนการผลิต

ส่วนนี้จะเป็นส่วนแรกของการวางแผนกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนที่ทำการออกแบบจะประกอบไปด้วยลักษณะรูปร่างพิเศษต่างๆ รูปร่างต่างๆจะถูกแยกและจัดกลุ่มโดยทิศทางของการแมชชีนและข้อมูลของแต่ละลักษณะรูปร่างพิเศษนั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทางด้านขนาดและตำแหน่ง และข้อมูลทางด้านเทคนิค ระบบจะอาศัยข้อมูลจากทั้งสองส่วนนี้สำหรับการวางแผนกระบวนการผลิตของแต่ละลักษณะรูปร่างพิเศษ

ในขั้นตอนแรกจะทำการค้นหาจำนวนพื้นผิวทั้งหมดที่มีการเพิ่มใส่ในแบบ โดยใช้คำสั่ง

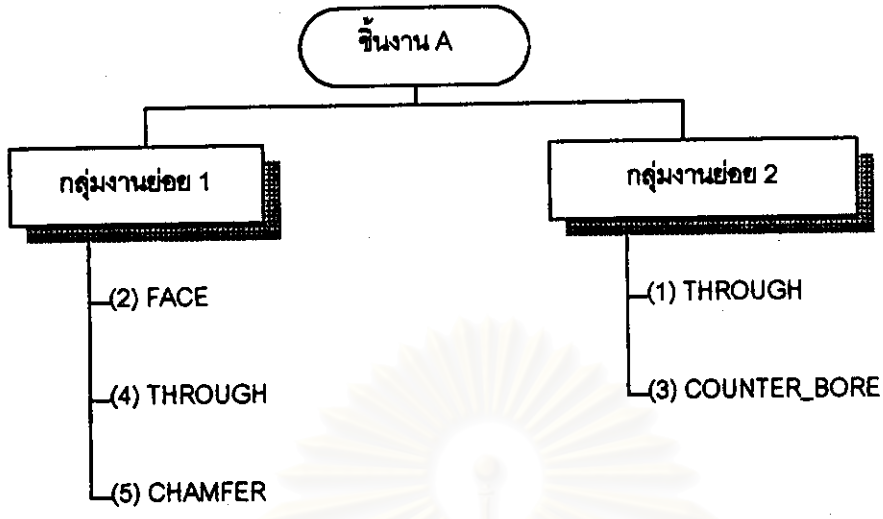
```
(setq ss (ssget "x" '((8 . "HOLE,FACE") (0 . "INSERT"))))
(setq n (sslength ss))
```



รูปที่ 5.10 ภาพจากรูปที่ 3.3 ภายหลังเพิ่มพื้นผิวแมชชีนเสร็จ

คำสั่งแรกเป็นคำสั่งการเลือก Entities ทั้งหมดที่เป็น Block และอยู่ใน Layer Hole และ Face โดยการใช้ฟังก์ชั่น (ssget [mode] [*filterlist*]) โดยกำหนดวิธีการเลือกเป็น "x" คือให้เลือกทั้งหมด และ '((8 . "HOLE,FACE") (0 . "INSERT")) แสดงเกณฑ์ในการเลือก เลข 8 และ 0 คือรหัสกลุ่มของแต่ละ Entity (Entity Group Codes) ในฐานข้อมูลของโปรแกรม AutoCAD โดย 8 หมายถึง Layer และ 0 หมายถึงชนิดของ Entity ผลลัพธ์ที่ได้จากคำสั่งแรกจะเป็นกลุ่มของพื้นผิวที่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ทำการเลือก คำสั่งที่สองเป็นการหาจำนวนของ Entity ที่พบจากคำสั่งแรก โดยใช้ฟังก์ชั่น (sslength *selset*)

ส่วนต่อไปจะเป็นหาจำนวนด้านทั้งหมดที่มีลักษณะรูปร่างพิเศษที่เพิ่มเข้าไปอย่างน้อย 1 พื้นผิว โดยใช้คำสั่ง (setq angle (cdr (assoc 50 (entget en)))) ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นมุมทิศทางการป้อนของพื้นผิวต่างๆ จำนวนมุมที่แตกต่างกันก็คือจำนวนด้านทั้งหมดที่มีลักษณะรูปร่างพิเศษกำหนดอยู่



รูปที่ 5.11 ผลลัพธ์ของขั้นตอนการเตรียมข้อมูลสำหรับวางแผน

การจัดกลุ่มของพื้นผิวในแต่ละด้าน จะจัดกลุ่มของพื้นผิวที่มีทิศทางการป้อนเหมือนกัน และการเรียงลำดับของพื้นผิวของแต่ละกลุ่มจะอาศัยหลักเกณฑ์ดังนี้ การปาดหน้าจะทำก่อนการทำรู และการทำรูจะทำก่อนการปรับปรุงผิวปากรู การจัดกลุ่มจะใช้คำสั่ง (ssget [mode] [*filterlist*]) โดยกำหนดหลักเกณฑ์การค้นหาเป็นมุมทิศทางการป้อน และชนิดของลักษณะพื้นผิว

ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นกลุ่มของพื้นผิวในแต่ละด้าน จากรูปชิ้นงานตัวอย่างที่ 3.3 มีโครงสร้างของลักษณะรูปร่างพิเศษดังรูปที่ 5.11

การทำงานของโปรแกรมในขั้นตอนนี้เริ่มจากผู้วางแผนเลือกเมนู Process Planning จากเมนูหลัก CAPS จะปรากฏเมนูรูปภาพให้เลือกชนิดวัสดุของชิ้นงาน (รูปที่ 5.12) โดยในระบบต้นแบบนี้จะคลอบคลุมวัสดุ 6 ชนิด (CMC ย่อมาจาก Coromant Material Classification) หลังจากเลือกชนิดวัสดุแล้วโปรแกรมจะวางแผนกระบวนการผลิตให้อย่างอัตโนมัติ ในรูปที่ 5.13 หน้าจอการวางแผนกระบวนการผลิต จากรูปที่ 5.13 พบว่าโปรแกรมพบลักษณะรูปร่างพิเศษที่เพิ่มเข้าไป 7 พื้นผิว โดยแยกออกเป็น 2 ด้าน

5.4 การเลือกแผนกระบวนการผลิตจากแผนเดิม

ข้อมูลของแผนกระบวนการผลิตเดิมที่จะถูกจัดเก็บจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1) ส่วนรายละเอียดของลักษณะรูปทรง และ 2) ส่วนแผนกระบวนการผลิต เพื่อให้สามารถช่วยหาคำตอบได้เร็วขึ้น แผนกระบวนการผลิตเดิมจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ 1) กลุ่มกระบวนการสร้างรู และ 2) กลุ่มไม่ใช่กระบวนการสร้างรู ตัวอย่างของแผนกระบวนการสร้างรูเดิมแสดงในตารางที่ 5.1

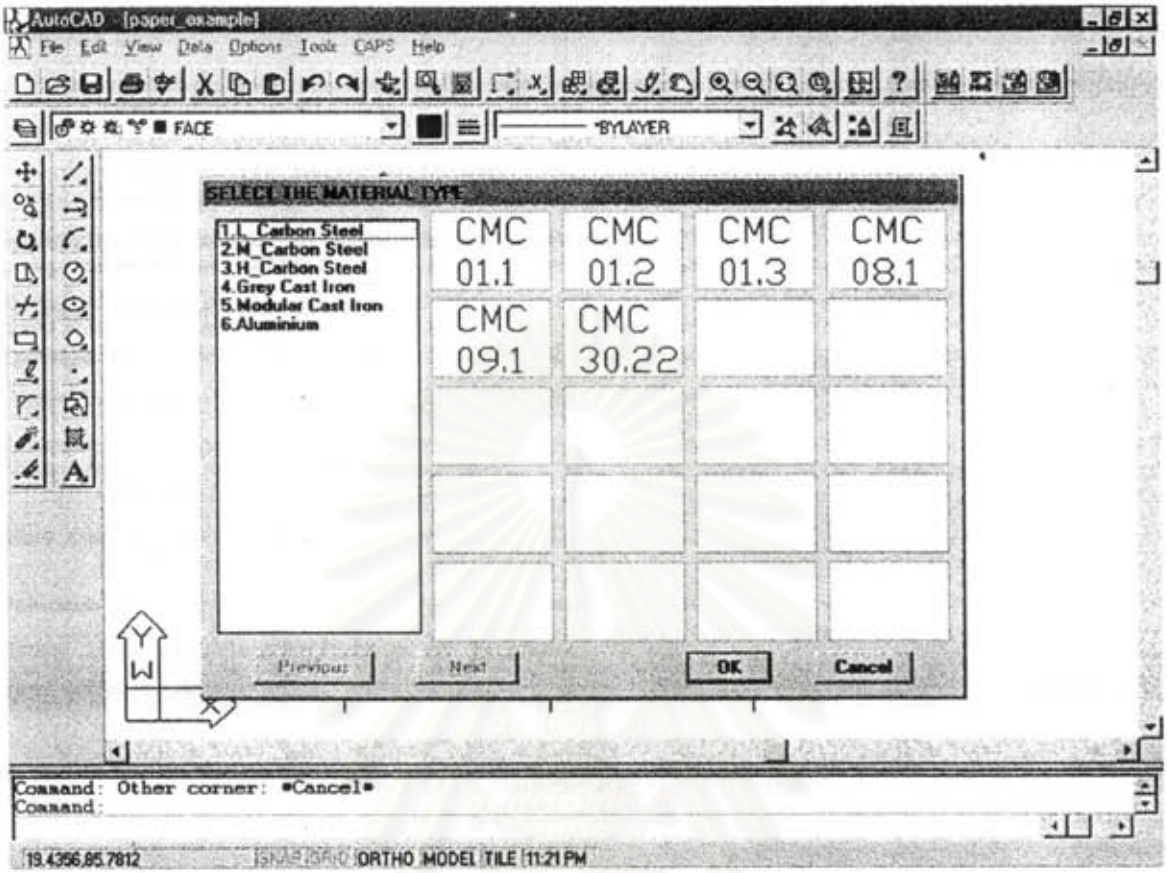
หลังจากได้กลุ่มของลักษณะรูปร่างพิเศษของแต่ละหน้าแล้ว จะทำการเลือกแผนกระบวนการผลิตสำหรับแต่ละลักษณะรูปร่าง การเลือกจะอาศัยการเปรียบเทียบลักษณะรูปทรงพิเศษของชิ้นงานออกแบบกับของแผนกระบวนการผลิตเดิม หากไม่มีกระบวนการใดสอดคล้องระบบจะทำการวางแผนกระบวนการผลิตโดยวิธีการสร้างแผนใหม่ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในส่วนต่อไป

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างข้อมูลแผนกระบวนการผลิตเดิม

	ลักษณะรูปร่าง			กระบวนการผลิต	
	ขนาด	ลึก	ผิว	ชนิด	รหัส
Blind_Flat	74	10	12.5	Boring	CL-105
Through	41	10	2.5	Boring	CL-102
Blind_Flat	40	12.5	12.5	Boring	CL-102
Through	30	9	12.5	Boring	CL-103
Through	6	20		Drilling	DR-101
Through	30	13	12.5	Boring	CL-103

5.5 การเลือกชนิดกระบวนการผลิต

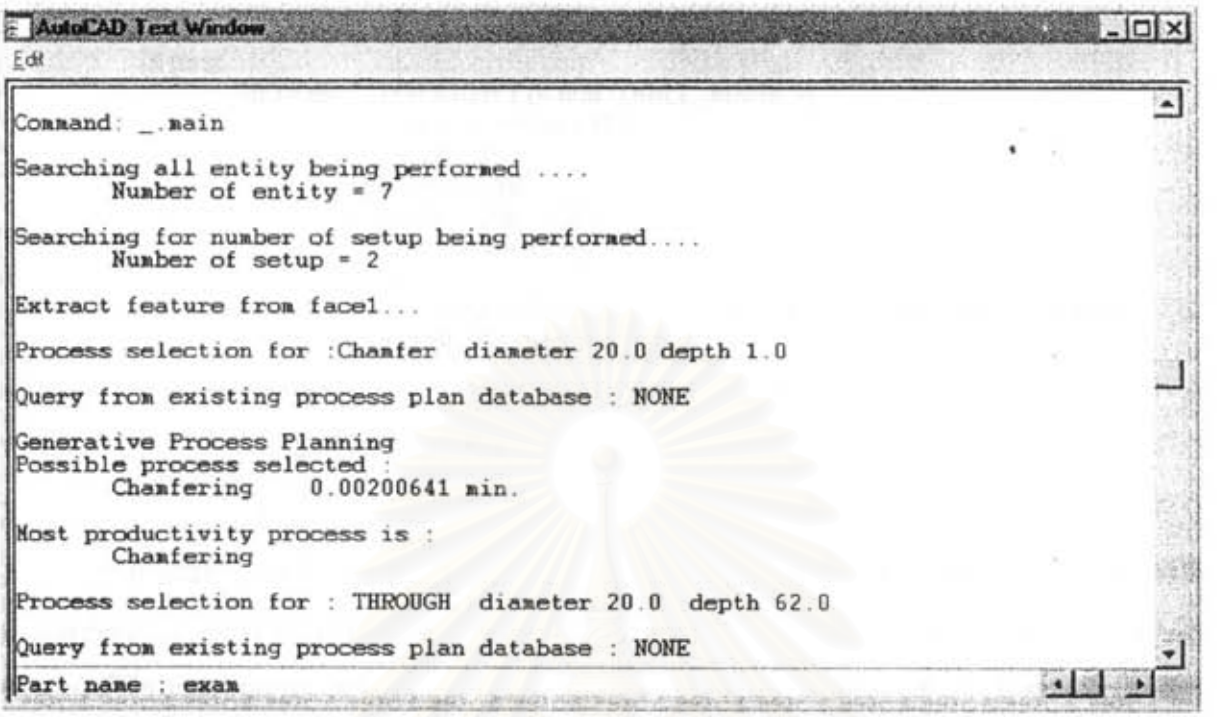
การเลือกกระบวนการผลิตจะใช้วิธี Knowledge-Based Approach ข้อมูลความสามารถของกระบวนการผลิตซึ่งได้จากทฤษฎีการตัดเฉือนโลหะ ประสบการณ์ของผู้วางแผน และแคตตาล็อคเครื่องมือตัดของบริษัทต่างๆ จะถูกรวบรวมเป็นฐานความรู้ของกระบวนการผลิตและใช้โปรแกรม AutoLISP ในการจัดทำ กฎเกณฑ์ในการเลือกชนิดกระบวนการผลิตจะใช้วิธีการวางแผนย้อนกลับ (Backward Planning) ข้อกำหนดของพื้นผิวจะถูกกำหนดเป็นเป้าหมาย (Goal) ของอัลกอริทึมในการเลือกชนิดกระบวนการผลิต



รูปที่ 5.12 เมนูรูปภาพสำหรับกำหนดชนิดวัสดุ

ชนิดของกระบวนการผลิตจะถูกแบ่งออกเป็น กระบวนการสร้างรู และกระบวนการสร้างรูปทรงอื่นๆ กระบวนการสร้างรูจะถูกแบ่งออกเป็นกระบวนการสร้างรูสำเร็จ และกระบวนการสร้างรูกึ่งสำเร็จ การแบ่งชนิดกระบวนการผลิตออกเป็นกลุ่มต่างๆสามารถช่วยลดจำนวนกระบวนการผลิตที่ต้องค้นหา

กระบวนการสร้างรูสำเร็จ เมื่อพบพื้นผิวที่เป็นรูชนิดต่างๆ จะทำการค้นหากระบวนการสร้างรูจากฐานความรู้กระบวนการสร้างรูสำเร็จ โดยในเบื้องต้นจะประกอบไปด้วย 6 ชนิดกระบวนการ ได้แก่ 1) Twist Drill, 2) Insert Drill, 3) Solid Carbide Drill, 4) Core Drill, 5) Boring, และ 6) Reaming ตัวอย่างของความสามารถของกระบวนการเขียนด้วยโปรแกรม AutoLISP ดังรูปที่ 5.14 และ รูปที่ 5.15 ตัวแปร feat จะเป็นชนิดของพื้นผิวรูที่พบ ซึ่ง Twist Drill สามารถสร้างได้ทั้งรูทะลุ (Through) และรูไม่ทะลุแต่รูปร่างของก้นรูจะเหมือนกับรูปร่างของเครื่องมือ (Drill Mark) ต่อมาจะพิจารณาอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับ Twist Drill ต้องน้อยกว่า 10 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Twist Drill ที่มีอยู่อยู่ในช่วงขนาด 1 ถึง 38 มม. ระดับความเรียบ (R_a) ต้องอยู่ในช่วง 3.125 ถึง 12.5 ไมโครเมตร



รูปที่ 5.13 หน้าจอการวางแผนกระบวนการผลิต

การตรวจสอบจะใช้ฟังก์ชั่น and ซึ่งข้อกำหนดทั้งหมดต้องเป็นจริงถึงจะเลือก Twist Drill ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องมือเท่ากับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรู และทำการค้นหาเครื่องมือและกำหนดค่าสภาวะการตัดเฉือนซึ่งจะกล่าวถึงในส่วนต่อไป ผลลัพธ์ที่ได้จากการพิจารณากระบวนการสร้างรูสำเร็จนี้จะได้ชนิดกระบวนการสร้างรูทั้งหมดที่สามารถสร้างพื้นผิวนั้นได้ หากมีมากกว่าหนึ่งชนิดจะเลือกกระบวนการที่ใช้เวลาในการผลิตต่ำที่สุด

กระบวนการสร้างรูที่ถูกเลือกจะถูกนำไปพิจารณาเรื่องความจำเป็นต้องมีกระบวนการลำดับก่อนหน้า โดยการพิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตเทียบกับพื้นผิวรูก่อนการแมชชีน ตามกฎเกณฑ์ดังนี้

ก. การสร้างรูโดยมีการเตรียมรูไว้ก่อน (Core) ไม่จำเป็นต้องมีการกระบวนการก่อนหน้า

ข. การสร้างรูบนพื้นผิวตัน (Solid) และกระบวนการที่เลือกสามารถสร้างรูจากผิวตัน (เช่น Twist Drill, Solid Carbide Drill, Insert Drill เป็นต้น) ไม่จำเป็นต้องมีกระบวนการก่อนหน้า

ค. การสร้างรูบนพื้นผิวตัน (Solid) และกระบวนการผลิตที่เลือกไม่สามารถสร้างรูจากผิวตัน (เช่น Core Drill, Boring, และ Reaming เป็นต้น) จำเป็นต้องมีกระบวนการก่อนหน้า

```
twist drill
        (if (and
                (or (= feat "THROUGH") (= feat "DRILL_MARK"))
                        (< (/ length diameter) 10)
                        (> diameter 0)
                        (<= diameter 38)
                        (or (and (>= Ra 3.125)
                                 (<= Ra 12.5))
                        (progn
                                (setq finish (cons (list "twist_drill" diameter length 0) finish)))
                        (setq finish finish))
```

รูปที่ 5.14 ความสามารถของ Twist drill

หากกระบวนการสร้างรูนั้นๆจำเป็นต้องมีกระบวนการอื่นนำหน้า จะทำการคำนวนค่า ความลึกการตัดเฉือน (a_{max}) ของการสร้างผิวสำเร็จ และกำหนดเป็นเป้าหมายใหม่และค้นหากระบวนการในลำดับก่อนหน้าที่มีขนาดรอยการแมชชีน (a_{min}) ต่ำกว่าค่า (a_{max}) ของกระบวนการสร้างรูสำเร็จ โดยการค้นหาจากฐานความรู้กระบวนการผลิตรูกึ่งสำเร็จ

กระบวนการสร้างรูกึ่งสำเร็จ จะพิจารณาเปรียบเทียบค่า a_{min} ที่ได้จากกระบวนการต่างๆเทียบกับค่า a_{max} ของกระบวนการสร้างรูสำเร็จ ตัวอย่างฐานความรู้กระบวนการสร้างรูกึ่งสำเร็จ ดังรูปที่ 5.15 โดยในขั้นตอนนี้จะไม่พิจารณาค่าความเรียบผิวที่สามารถทำได้เนื่องจากการสร้างรูกึ่งสำเร็จต้องมีกระบวนการสร้างรูสำเร็จทำการปรับปรุงคุณภาพผิวให้ได้ตามที่กำหนดอีกครั้ง จากนั้นจะทำการค้นหาเครื่องมือและกำหนดค่าสภาวะการตัดเฉือนซึ่งจะกล่าวถึงในส่วนต่อไป ผลลัพธ์ที่ได้จากการพิจารณากระบวนการสร้างกึ่งสำเร็จนี้จะได้ชนิดกระบวนการสร้างรูทั้งหมดที่สามารถสร้างพื้นผิวนั้นได้ หากมีมากกว่าหนึ่งชนิดจะเลือกกระบวนการที่ใช้เวลาในการผลิตต่ำที่สุด

กระบวนการสร้างพื้นผิวชนิดอื่นๆ (ไม่ใช่รู) เมื่อพบพื้นผิวอื่นๆที่ไม่ใช่รูจะทำการเปรียบเทียบชนิดของพื้นผิว ขนาด และข้อกำหนดอื่นๆ เช่น ระดับความเรียบผิว และค่าพิกัดกัดความเผื่อ เป็นต้น กับความสามารถในการผลิตของแต่ละชนิดกระบวนการผลิตในฐานความรู้กระบวนการสร้างพื้นผิวอื่นๆ ผลลัพธ์กระบวนการผลิตที่ได้จะถูกนำไปค้นหาเครื่องมือตัดและกำหนดค่าสภาวะการตัดเฉือนที่ต้องใช้ซึ่งจะกล่าวถึงในส่วนต่อไป

```
twist drill
        (setq amin (cal_amin_twist dia length min_doc))
        (if     (and
                (or (= feat "THROUGH") (= feat "DRILL_MARK"))
                        (< (/ length dia) 10)
                        (> dia 0)
                        (<= dia 38)
                        (> a_max amin))
                (progn
                        (setq dia_max (fix (- dia (* 2 amin))))
                        (setq rough (cons (list "twist_drill" dia_max length 0) rough)))
                        (setq rough rough))
```

รูปที่ 5.15 ความสามารถของTwist drill

5.6 การเลือกเครื่องมือและกำหนดสภาวะการตัดเฉือน

การเลือกชนิดกระบวนการผลิตเป็นเสมือนการเลือกชนิดของเครื่องมือตัดซึ่งเครื่องมือตัดแต่ละชนิดมีความสามารถในการสร้างพื้นผิวได้ไม่เหมือนกัน ส่วนการเลือกเครื่องมือตัดจึงเป็นเหมือนการพิจารณารายละเอียดของเครื่องมือตัดนั้นๆ เช่น ขนาดความยาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และชนิดของเม็ดมีด เป็นต้น

วิธีการเลือกเครื่องมือของระบบที่ทำการศึกษาจะใช้วิธีการค้นหาจากฐานข้อมูลของเครื่องมือชนิดต่างๆตามข้อกำหนดต่างๆจากชนิดกระบวนการผลิต เช่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ระยะการตัดเฉือน และชนิดวัสดุ เป็นต้น ฐานข้อมูลเครื่องมือตัดอาจประกอบไปด้วย 3 ชนิด ได้แก่ 1)เครื่องมือที่มีการปรับแต่งแล้วและพร้อมติดตั้งบนเครื่องจักร 2) เครื่องมือที่ยังไม่พร้อมใช้งาน การเลือกเครื่องมือจะพยายามเลือกเครื่องมือตัดที่พร้อมใช้งานก่อนเพื่อลดเวลาในการเตรียมเครื่องมือ โดยอาจไม่ใช่เครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดก็ได้ หากต้องการใช้เครื่องมือที่มีความเหมาะสมที่สุดของทุกๆกระบวนการผลิตอาจจำเป็นต้องใช้เครื่องมือตัดจำนวนมากมายหลายชนิด ซึ่งเป็นการลงทุนที่สูง และประกอบกับข้อจำกัดของจำนวนเครื่องมือที่บรรจุได้ของแต่ละเครื่องจักรทำให้บางครั้งไม่สามารถใช้กระบวนการที่เหมาะสมที่สุดได้ และต้องมีการใช้เครื่องมือต่างๆร่วมกัน ในระบบการผลิตที่เป็นแบบผลิตครั้งละมากๆ (Mass Production) เครื่องมืออาจถูกออกแบบมาให้ใช้กับงานใดงานหนึ่งโดยเฉพาะโดยมักพิจารณาเลือกเครื่องมือจากแคตตาล็อคเครื่องมือตัดของบริษัทต่างๆ แต่เครื่องมือที่มีราคาแพงอาจให้มีการใช้ร่วมกัน เช่น เครื่องมือกัดปาดหน้า เป็นต้น ในระบบต้นแบบนี้ข้อมูลในฐานข้อมูลของเครื่องมือตัดจะได้มาจากแคตตาล็อคของ Sandvik (Sandvik, 1997)

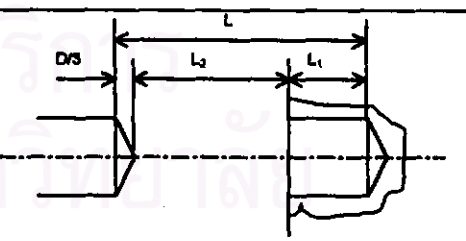
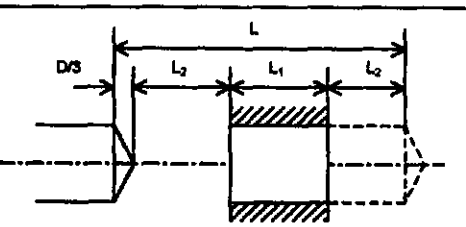
และ GTS(German Tooling Systems (Thai) Co.,LTD) และวิธีการเลือกจะแตกต่างกันไปตามชนิดของเครื่องมือ

การกำหนดค่าสภาวะการตัดเฉือนและประมาณเวลาการทำงานจะอาศัยวิธีการคำนวนซึ่งสามารถได้ค่าที่เป็นตัวเลข ซึ่งไม่อยู่ในรูปของช่วงของตัวเลขซึ่งต้องให้ผู้วางแผนทำการตัดสินใจอีกครั้งหนึ่ง สูตรต่างๆที่ใช้คำนวณได้จากคู่มือทฤษฎีการตัดเฉือนโลหะ ข้อมูลจากโรงงาน และแคตตาล็อคเครื่องมือตัด

การสร้างรู หลังจากเลือกชนิดกระบวนการสร้างรูแล้ว (ได้แก่ Twist Drill, Insert Drill, Solid Carbide Drill, Core Drill, Boring และ Reaming) จะทำการเลือกเครื่องมือตัดจากฐานข้อมูลเครื่องมือตัดชนิดต่างๆ โดยการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องมือตัดที่มีอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ต้องการ และเปรียบเทียบความยาวก้านของเครื่องมือ (Shank Size) กับความลึกของรูที่ต้องการ เพื่อให้แน่ใจได้ว่าเครื่องมือสามารถสร้างรูได้ขนาดความลึกตามที่กำหนด การคำนวนค่าสภาวะการตัดเฉือนซึ่งได้แก่ อัตราการป้อน และความเร็วตัดของแต่ละกระบวนการจะขึ้นอยู่กับชนิด และค่าความแข็งของวัสดุซึ่งสามารถคำนวนได้ดังตารางที่ 3.3 และระยะการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ (L) สามารถคำนวนได้จากตารางที่ 3.2 จากข้อมูลสภาวะการตัดเฉือนสามารถทำการประมาณเวลาการตัดเฉือนสำหรับการสร้างรูได้จากสูตร

เวลาการทำงาน (นาที) $$T = \frac{\pi DL}{V_c f}$$

ตารางที่ 5.2 ระยะทางการทำงาน (L)

ลักษณะรู	สูตร	ภาพ
1) รูไม่ทะลุ (Unthrough Hole)	$L = L_1 + L_2 + \frac{D}{3}$ กำหนดให้ L_2 = 3 มม.	
2) รูทะลุ (Through Hole)	$L = L_1 + 2L_2 + \frac{D}{3}$ กำหนดให้ L_2 = 3 มม.	

ตารางที่ 5.3 การกำหนดค่าสภาวะการตัดเฉือน

กำหนดให้

f = อัตราการป้อน (มม./รอบ)

V_c = ความเร็วตัด (เมตร/นาที)

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรู (มม.)

L = ความลึก (มม.)

HBN = ค่าความแข็งของชิ้นงานหน่วยเป็นบริเนล

R_a = ค่าความเรียบผิว (ไมโครเมตร)

T = เวลาการทำงาน (นาที)

กระบวนการ	อัตราการป้อน (f) มม./ รอบ	ความเร็วตัด (V_c) เมตร / นาที
Twist Drill	$f = 2.83D^{0.6}R_a^{0.5}\frac{\left(1.09-0.04\frac{L}{D}\right)}{HBN}$	$V_c = \frac{3.38D^{0.4}\left(\frac{160}{HBN}\right)^{1.4}}{f^{0.6}}$
Insert Drill	$f = 0.3\left(\frac{D}{56}\right)^{0.424}\left(\frac{R_a}{12.5}\right)^{0.4}$	$V_c = \frac{7.32D^{0.6}}{f^{0.3}\left(\frac{HBN}{220}\right)^{0.9}}$
Solid Carbide Drill	$f = 2.83D^{0.6}R_a^{0.5}\frac{\left(1.09-0.04\frac{L}{D}\right)}{HBN}$	$V_c = \frac{10.0D^{0.4}\left(\frac{160}{HBN}\right)^{1.4}}{f^{0.6}}$
Core drill	$f = \frac{2.83D^{0.6}R_a^{0.5}\left(1.09-0.04\frac{L}{D}\right)}{HBN\left[\frac{D-D_1}{2D}\right]^{0.1}}$	$V_c = \frac{5D^{0.4}\left(\frac{160}{HBN}\right)^{1.4}}{f^{0.6}\left[\frac{D-D_1}{2}\right]^{0.1}}$
Reaming	$f = \frac{0.1}{(D-D_1)^{0.1}}\left(\frac{220}{HBN}\right)^{1.4}\left(\frac{D}{3}\right)^{0.62}$ กรณี $R_a > 1.575$ $f = f\left(\frac{R_a}{3.125}\right)^{0.3}$ กรณี $R_a < 1.575$ $f = 0.67f\left(\frac{R_a}{1.575}\right)^{0.15}$	$V_c = 27\left(\frac{220}{HBN}\right)^{0.7}$
Boring	$f = 0.088R_a^{0.5}$	$V_c = \frac{90}{a^{0.1}f^{0.25}}\left(3.5-2.5\left(\frac{HBN}{150}\right)^{0.18}\right)$ หมายเหตุ a = ความลึกการตัดเฉือน (มม.)

การสร้างรูปทรงอื่น (ไม่ใช่รู) หลังจากเลือกกระบวนการผลิตสำหรับการสร้างรูปทรงอื่นๆแล้ว ซึ่งได้แก่ การกัดปาดหน้า (Face Milling) การกัดปาดหน้ามุมฉาก (Square Shoulder Face Milling) การลบมุมภายใน (Chamfering) การเจาะฝังหัว (Counter Sink) และการเจาะฝังหัวทรงกระบอก (Counter-Bore) จะทำการเลือกเครื่องมือตัดจากฐานข้อมูลเครื่องมือตัดชนิดต่างๆ โดยวิธีการเลือกจะแตกต่างกันไปตามชนิดของกระบวนการผลิต (ข้อมูลจากแคตตาล็อคเครื่องมือตัดของ GTS และ Sandvik)

กระบวนการกัดปาดหน้า ในระบบต้นแบบนี้จะพิจารณาเลือกเครื่องมือกัดปาดหน้าจำนวน 2 รุ่นด้วยกันคือ CoroMill245 และ CoroMill290 ซึ่งมีความสามารถที่แตกต่างกันไปและการเลือกใช้จะอยู่ในขั้นตอนการเลือกกระบวนการผลิต ในการเลือกเครื่องมือตัดจะพิจารณาเลือกส่วนประกอบของเครื่องมือตัดแต่ละรุ่นซึ่งได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และจำนวนและชนิดของเม็ดมีด โดยพิจารณาจากขนาดและรูปร่างของพื้นผิวที่ต้องการ และชนิดและความแข็งของวัสดุชิ้นงาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องมือกัดปาดหน้าควรมีขนาดมากกว่า 1.2 เท่าของความกว้างของการตัดเฉือน และทำการค้นหาจากฐานข้อมูลเครื่องมือปาดหน้า ชนิดของ Insert สามารถแบ่งตามรูปทรงได้ 3 ชนิด คือ สำหรับงานเบา สำหรับงานปานกลาง และสำหรับงานหนัก โดยมากจะเลือกใช้Insert สำหรับงานปานกลาง ชนิดของ Insert ยังต้องขึ้นกับชนิดวัสดุของชิ้นงานด้วย

การคำนวนค่าสภาวะการตัดเฉือนสามารถคำนวนได้จากสูตร (Sandvik, 1997)

ความเร็วรอบ , n (รอบต่อนาที)

$$n = \frac{1000 V_c}{\pi Dap}$$

ความเร็วตัด ,V_c (เมตรต่อนาที)

$$V_c = V_{c0} \times e^{\left(\frac{C_{vc} \times h_{ex} \times a_e}{\sqrt{Dap}}\right)}$$

โดย V_{c0} = ค่าคงที่สำหรับค่าความเร็วตัด (ขึ้นอยู่กับInsert Grade และวัสดุชิ้นงาน)

C_{vc} = Correction Factor for Cutting Speed

H_{ex} = Max. Chip Thickness (ขึ้นอยู่กับขนิดเครื่องมือ)

Dap = Max. Cutting Diameter

อัตราป้อนของโต๊ะงาน , V_f (มม.ต่อนาที)

$$V_f = Z_n \times n \times f_z$$

โดย Z_n = จำนวนฟัน

f_z = อัตราการป้อนต่อฟัน

$$f_z = \frac{h_{ex}}{\sin \kappa_r}$$

ดังนั้นเราสามารถคำนวนเวลาการทำงานได้จากสูตร

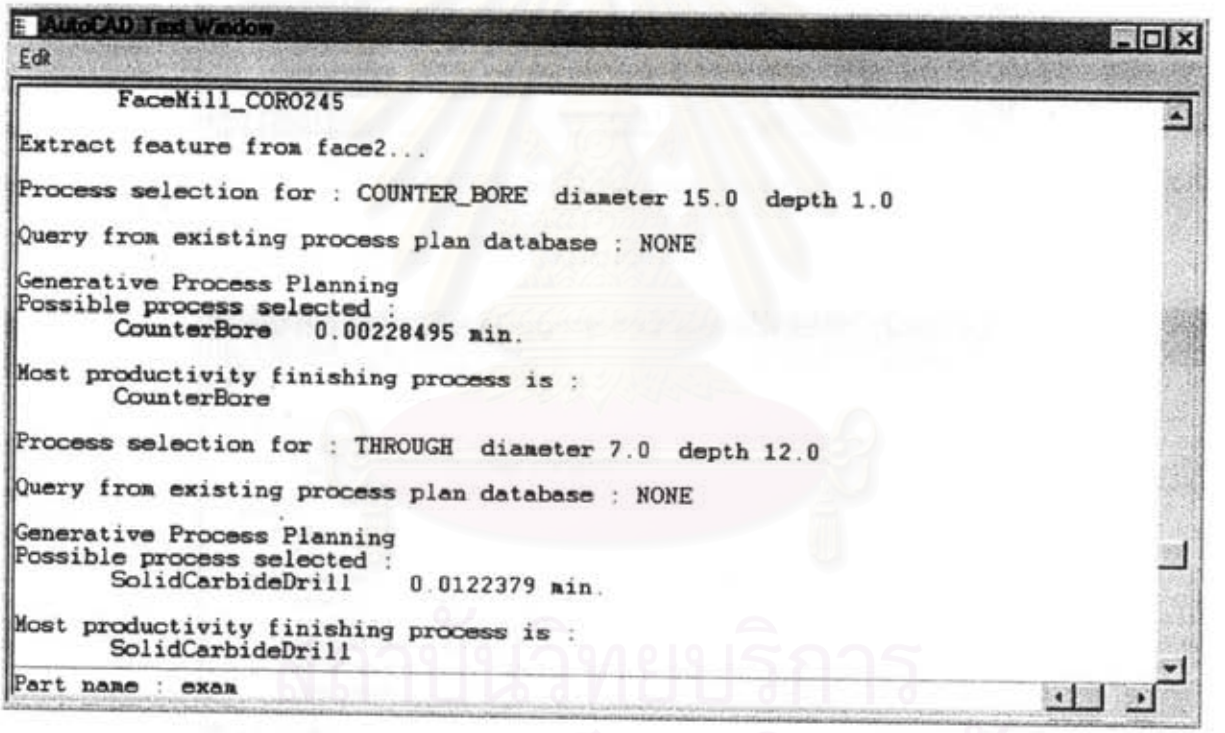
$$T_c = \frac{L}{V_f}$$

การเจาะฝังหัว (Counter Sink) การเจาะฝังหัวมุมฉาก (Counter Bore) และ Chamfering เป็นกระบวนการที่ใช้ในการปรับปรุงผิวปากรูและมักทำต่อจากกระบวนการในการสร้างรู เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการดังกล่าวอาจเป็นเครื่องมือสำหรับใช้เฉพาะกระบวนการดังกล่าว (เช่น Tool for Chamfering) หรือใช้เครื่องมือพิเศษซึ่งสามารถสร้างรูและปรับปรุงผิวปากรูได้ในเวลาเดียวกัน (เช่น ดอกสว่านหลายระดับ, Drilling and Chamfering Tool ของ Hertel เป็นต้น) ดังนั้นการรูปร่างของเครื่องมือจะพิจารณาจากรูปร่างของพื้นผิว (เช่น มุม Chamfer เป็นต้น) และชนิดวัสดุเครื่องมือจะพิจารณาจากชนิดวัสดุและค่าความแข็งของชิ้นงาน

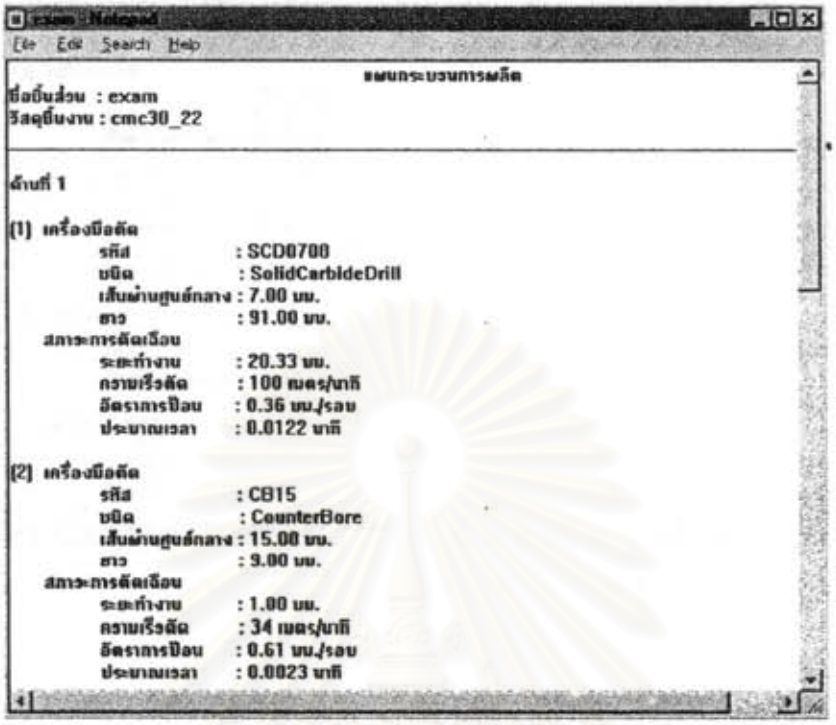
รูปที่ 5.16 แสดงสถานะการทำงานของโปรแกรมในขณะเลือกกระบวนการผลิตสำหรับกลุ่มลักษณะรูปทรงพิเศษที่ 2 ซึ่งประกอบไปด้วย Counter_Boreขนาด 15 มมลึก 1 มม และ รูทะลุขนาด 7 มม.ลึก 12 มม. พิจารณาการสร้างรูขนาด 7 มม. พบว่ามีกระบวนการที่สามารถใช้งานได้ Solid Carbide Drill ดังนั้นกระบวนการที่เหมาะสมที่สุดจึงควรเป็น Solid Carbide Drill

5.7 การพิมพ์รายงานแผนกระบวนการผลิต

รายละเอียดของแผนกระบวนการผลิตที่จำเป็น ได้แก่ รายละเอียดของเครื่องมือ และ รายละเอียดของค่าสภาวะการตัดเฉือน การพิมพ์รายงานจะอาศัยฟังก์ชั่น (write-line *string* [file]) ซึ่งเป็นคำสั่งในการเขียนข้อความซึ่งอยู่ในรูปของรหัส Ascii ไว้ในไฟล์ที่กำหนด แผนกระบวนการผลิตสามารถเรียกดูได้โดยโปรแกรม Text editor ทั่วๆไป เช่น Notepad หรือ Textpad เป็นต้น แผนกระบวนการผลิตที่ได้จากชิ้นงานตัวอย่างรูปที่ 3.3 แสดงดังรูปที่ 5.17 วิธีการติดตั้งและการใช้โปรแกรมแสดงในภาคผนวก ข.

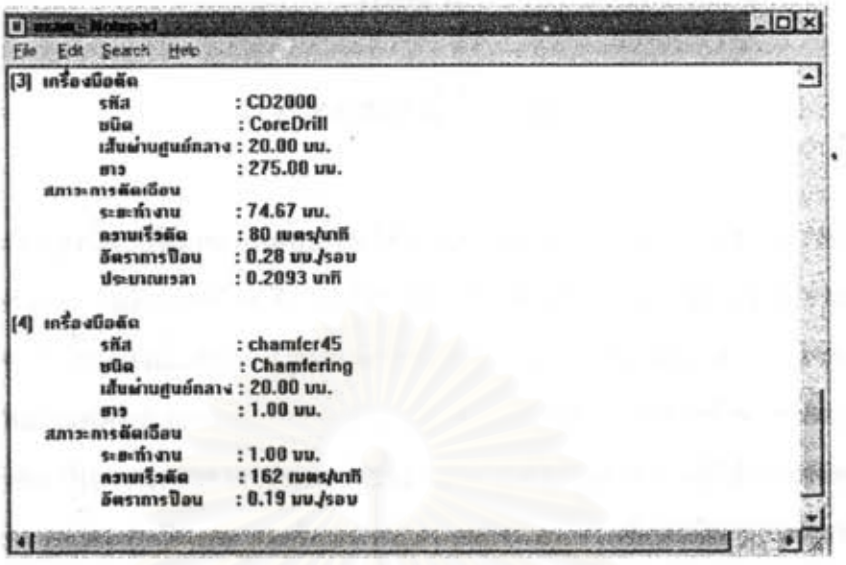


รูปที่ 5.16 จอภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในการเลือกกระบวนการผลิต



รูปที่ 5.17 รายงานแผนกระบวนการผลิต

รูปที่ 5.17(ต่อ) รายงานแผนกระบวนการผลิต



รูปที่ 5.17(ต่อ) รายงานแผนกระบวนการผลิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย