

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบแม่พิมพ์

2.1 การดึงขึ้นรูปหรือการดรอว์

การดึงขึ้นรูปหรือการดรอว์ (drawing) เป็นการขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ตัวผู้กดแผ่นขึ้นงาน (ในกรณีนี้คือ ใบตอง) ให้ไหลเข้าไปในช่องเปิดของแม่พิมพ์ตัวเมีย เพื่อทำให้เกิดรูปทรงกลวงที่ไม่ มีตะเข็บ แผ่นขึ้นงานที่นำมาขึ้นรูปจะเกิดการคัดผ่านปลายของแม่พิมพ์ตัวเมียและในเวลาเดียวกัน แผ่นขึ้นงานบริเวณรอบๆก็จะเคลื่อนที่เข้าหาจุดศูนย์กลางของแม่พิมพ์เรื่อยๆจนกระทั่งแผ่นขึ้นงาน ไหลไปตามรัศมีต่างๆของแม่พิมพ์ตัวเมียและแผ่นขึ้นงานจะเปลี่ยนรูปทรงไปจนเหมือนกันกับรูป ทรงช่องเปิดของแม่พิมพ์ตัวเมีย ในขณะที่แผ่นขึ้นงานบริเวณรอบๆเคลื่อนที่เข้าหาศูนย์กลางนั้น แผ่นขึ้นงานจะมีความหนาเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใบตองเคลื่อนที่ผ่านรัศมีของแม่พิมพ์ตัวเมียแรงดึงดูดที่ เกิดขึ้นระหว่างปลายแม่พิมพ์ตัวผู้กับรัศมีแม่พิมพ์ตัวเมียจะทำให้ความหนาของใบตองลดลง ความหนา ที่เปลี่ยนไปจะขึ้นอยู่กับเคลือบเรซินหรือช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์ตัวผู้กับแม่พิมพ์ตัวเมีย

การขึ้นรูปใบตองให้เป็นรูปถ้วยโดยการให้แม่พิมพ์ตัวผู้กดลงบนศูนย์กลางของใบตองที่ วางอยู่บนแม่พิมพ์ตัวเมียจนกระทั่งใบตองเปลี่ยนรูปทรงเป็นรูปถ้วย การที่รูปถ้วยมีความสูงขึ้นมา ได้ก็เพราะแผ่นใบตองบริเวณรัศมีจากจุดศูนย์กลางเลื่อนมาอยู่ในแนวความสูง เนื่องจากในขณะที่ ขึ้นรูปปริมาตรของใบตองไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นความสูงถ้วย จึงมากกว่าความกว้างของใบตอง

ในการขึ้นรูป ปริมาณใบตองส่วนเกินจะทำให้เกิดรอยย่น (Wrinkles) เมื่อต้องการขึ้นงาน รูปถ้วยที่ไม่มีรอยย่นมากนักสามารถทำได้คือ ขึ้นรูปขึ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบตองค่อนข้างน้อย นั่นก็คือในการขึ้นรูปครั้งหนึ่งๆสามารถขึ้นรูปถ้วยได้เท่านั้น เพื่อป้องกันมิให้เกิดรอย ย่นมากเกินไปฉะนั้นก่อนขึ้นรูปจะต้องกดใบตองให้แนบกับผิวหน้าของแม่พิมพ์ตัวเมียให้มากที่สุด ที่สำคัญคือต้องควบคุมความชื้นของใบตองก่อนขึ้นรูป อุณหภูมิความร้อนของแม่พิมพ์ขณะทำการ อัดขึ้นรูป ระยะเวลาในการทำการอัด และแรงที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปให้พอดี เพื่อให้เกิดรูปทรงถ้วยที่มีรูปทรงสวยงามและไม่คืนรูปในภายหลัง

2.2 ระบบเครื่องมือตัด (Tools System)

การทำงานในระบบเครื่องมือตัดใน hyperMILL จะให้ผู้ใช้งานระบุประเภท ขนาด และค่าพารามิเตอร์ ของเครื่องมือตัดลงใน Tools Dialog Box ทุกครั้งหลังจากเลือกโปรแกรมการกัดงาน จากคำสั่ง job list หรือทุกครั้งที่มีการสร้างทางเดินมีดกัด

ทุกครั้งผู้ใช้งานจะต้องกำหนดประเภท และขนาดของมีดกัดให้ถูกต้องทุกครั้งในการทำงาน เนื่องจากโปรแกรมจะนำค่าที่ระบุไว้ใน Tools Dialog Box ไปเป็นส่วนประกอบในการคำนวณการ สร้างทางเดินมีดกัด เช่น ใช้สำหรับชดเชยค่ารัศมีของมีดกัด ดังนั้น ต้องทำความเข้าใจค่า พารามิเตอร์ ต่างๆให้ถูกต้อง

2.3 Tools Types

โปรแกรม hyperMILL จะบรรจุประเภทของมีดกัดไว้ดังนี้

1. Ball mill คอก Endmill ทรงกลม ใช้สำหรับกัดพื้นที่ ที่มีรูปร่างผิวโค้ง
2. Endmill คอก Endmill ปรกติใช้สำหรับกัดงานในพื้นที่ผิวลักษณะเรียบตรงในแนวระนาบ
3. Bullnose endmill คอก Endmill ที่มีลักษณะโค้งสำหรับกัดงานที่มีพื้นผิวตรงในแนวระนาบ แต่มุมของมีดกัดจะเป็นมุมโค้ง ปัจจุบันมีดกัดจำพวก Bullnose endmill ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับงาน High Speed machine เนื่องจากการเดินมีดกัดด้วยความเร็วสูงหากใช้มีดกัดชนิดคอก Endmill ธรรมดาจะทำให้มุมสึกหรอหรือแตกหักได้ง่าย
4. Drill คอกสว่าน โดยมีการกำหนดมุมของคอกสว่านเป็น 118 องศา
5. Tap เครื่องมือทำเกลียวใน
6. Reamer ริมเมอร์สำหรับคว้านให้พื้นผิวมีความเรียบ
7. Turn – out tool มีดคว้านรูใน
8. NC center drill สว่านเจาะนำศูนย์

2.4 จุดอ้างอิงเครื่องมือ (Tool and Reference Point Setting by Manual)

2.4.1 การชดเชยขนาดความยาวเครื่องมือ

ในการกัดชิ้นงานเราจะต้องใส่ขนาดความยาวเครื่องมือ ในหน่วยความจำเครื่องให้ตรงกับขนาดความยาวของเครื่องมือจริง ขนาดความยาวของเครื่องมือจะต้องทำการวัดขนาดก่อนที่เครื่องกัด CNC จะเริ่มปฏิบัติงานตามโปรแกรม และข้อมูลที่วัดได้จะถูกป้อนเข้าไปไว้ในหน่วยความจำเครื่อง และในกรณีที่ใส่ความยาวของเครื่องมือไม่ถูกต้องก็ทำให้ชิ้นงานไม่ได้ตามที่ต้องการ

2.4.2 การกำหนดขนาดความยาวของเครื่องมือตัดบนเครื่องกัด CNC

โดยทั่วไปจะทำได้ 2 วิธีคือ

1. การทดลองตัดเฉือน (Trial Machining)

วิธีนี้ครั้งแรกจะป้อนข้อมูลขนาดของเครื่องมือโดยประมาณไว้ในระบบควบคุมก่อนซึ่งโดยทั่วไปมักจะใส่ค่ามาก หรือยาวไว้ก่อน หลังจากนั้นจะทดลองตัดเฉือนชิ้นงานเสร็จแล้วจึงตรวจวัดขนาดของชิ้นงาน ขนาดที่แตกต่างไปจากแบบงาน จะถูกป้อนเข้าไปในระบบควบคุมเป็นค่าแก้ไข (correction data) ของขนาดเครื่องมือ

2. การใช้อุปกรณ์ตั้งขนาดเครื่องมือ

อุปกรณ์ตั้งขนาดเครื่องมือนี้อาจติดอยู่บนเครื่องจักร หรือเป็นชุดแยกต่างหากได้ อุปกรณ์นี้จะใช้วัดตำแหน่งของขอบคมตัด (tool cutting edge) สัมพันธ์กับจุดตั้งของขนาดเครื่องมือ (tool setting point)

ในการปรับตั้งขนาดของเครื่องมือตัดที่มีขนาดความยาวแตกต่างกันหลายอัน มักนิยมใช้เครื่องมือตั้งศูนย์ (Zeroing tool) ซึ่งมีการใช้งานดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือตั้งศูนย์

- เครื่องมือตัดที่ยาวกว่าเครื่องมือตั้งศูนย์ จะเผื่อระยะตามทิศทาง Z (+)
- เครื่องมือตัดที่สั้นกว่าเครื่องมือตั้งศูนย์ จะเผื่อระยะตามทิศทาง Z (-)

2.4.3 ขั้นตอนการปรับตั้งขนาดความยาวของเครื่องมือ

- เริ่มแรกจะใช้เครื่องมือตั้งศูนย์เลื่อนสัมผัสกับผิวชิ้นงาน และบันทึกขนาดความยาวของเครื่องมือตั้งศูนย์ในระบบควบคุม
- หลังจากนั้นจะบันทึกขนาดความยาวที่แตกต่างกับขนาดความยาวของเครื่องมือตัดอื่น กับเครื่องมือตั้งศูนย์ไว้ในระบบควบคุม
- ในขณะที่ทำการตัดเฉือนระบบควบคุมจะนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการคำนวณการชดเชยความยาวของเครื่องมือตัดโดยอัตโนมัติ

2.4.4 การใช้อุปกรณ์ตั้งศูนย์ในการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของชิ้นงาน

1. การใช้ Center Fixed หาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของชิ้นงาน

การใช้ Center Fixed นี้ เราจะเคลื่อนที่ให้อุปกรณ์ตั้งศูนย์ของชิ้นงานสัมผัสด้านนอกของชิ้นงานในแต่ละข้าง อุปกรณ์ตั้งศูนย์ของชิ้นงานจะติดตั้งที่เพลามีคกัดให้หมุนอยู่ตลอดเวลาในการตั้งศูนย์ของชิ้นงาน เมื่ออุปกรณ์ตั้งศูนย์ของชิ้นงานเข้าไปสัมผัสชิ้นงานจนเกิดการหมุนที่สมดุลกับอุปกรณ์ตั้งศูนย์ของชิ้นงาน หลังจากนั้นจึงตั้งศูนย์ของชิ้นงานให้เครื่องรับรู้ทั้งในแนว X และ Y

โดยเลือกโหมดที่ตั้งศูนย์ของชิ้นงาน การตั้งศูนย์งานลักษณะนี้เราจะต้องอ้างอิงการตั้งจุดศูนย์ของงานจากโปรแกรมที่เราเขียนไว้

2. การใช้ Edge Finding Probe หาคำแหน่งจุดศูนย์ของชิ้นงาน

การใช้ Edge Finding Probe จะมีลักษณะการใช้งานคล้าย Center Fixed โดยเราจะเคลื่อนที่ให้ปลายหัว Probe ไปสัมผัสกับชิ้นงานแต่ไม่ต้องเปิดเครื่องให้เพลามีคกัดหมุนเมื่อเคลื่อนที่ให้หัวเข้าไปสัมผัสชิ้นงานเข็มยาวและเข็มสั้นที่หน้าปัดก็จะเริ่มเคลื่อนที่

เราจะเคลื่อนที่ให้หัว Probe สัมผัสกับชิ้นงานจนกว่าเข็มยาว และเข็มสั้นจะอยู่ตรงเลขศูนย์ หลังจากนั้นจึงตั้งศูนย์ชิ้นงานให้เครื่องรับรู้ทั้งแกน X, Y, Z โดยเลือกโหมดที่ใช้ตั้งศูนย์ชิ้นงาน

2.5 โปรแกรมการกัดงานในระบบ 3 แกน (3 D Machining Cycles)

หลักการการทำงานของโปรแกรม CAD/CAM ในระบบ 3 มิติหรือ 3 แกนคือโปรแกรมจะสร้างทางเดินมีดกัดเดินตามรูปร่างผิวของชิ้นงานพร้อมๆกันทั้ง 3 แกน (X, Y, Z) ดังนั้นจึงสามารถกัดชิ้นงาน 3 มิติ ที่มีรูปร่างผิวโค้งมนหรือเรียกว่า Complex Surface ได้

ข้อมูลจาก Mechanical Desktop ที่ใช้สำหรับระบบ 3 แกนจะมีความแตกต่างกับระบบ 2 แกนคือ 3 แกนจะเป็นระบบ 3 มิติมีคุณสมบัติเป็นวัตถุทรงตัน (Solid Modeling) หรือพื้นผิว (Surface Modeling) รวมทั้งแตกต่างกันที่ขั้นตอนการกำหนดค่าพารามิเตอร์ซึ่งในระบบ 3 แกนจะมีขั้นตอนมากกว่าระบบ 2 แกน

โปรแกรมการกัดงานในระบบ 3 แกน ของโปรแกรม hyperMILL จะแบ่งตามรูปแบบการเดินกัดชิ้นงานออกเป็น 10 โปรแกรม โดยโปรแกรมการกัดงานทั้งหมดจะครอบคลุมทุกขั้นการกัดงานได้อย่างสมบูรณ์เริ่มตั้งแต่การกัดวัตถุดิบทรงตันหรือที่เรียกว่า “ การกัดหยาบ ” ไปจนถึงกัดได้งานตามขนาด ผิวเรียบตามแบบหรือที่เรียกว่า “ การกัดละเอียด ” รวมทั้งมีโปรแกรมซึ่งพัฒนาขึ้นมารองรับเทคนิคใหม่ในการกัดงานด้วยความเร็วสูง (High Speed machining) โดยมีรูปแบบการกัดตามรายละเอียดทั้งหมดนี้

2.5.1 3D Z-Level-Roughing

โปรแกรม 3D Z-Level-Roughing หรือเรียกว่า “ โปรแกรมการกัดหยาบ ” เป็นโปรแกรมแรกที่น่าสนใจเพราะเป็นโปรแกรมที่มีไว้สำหรับกัดชิ้นงานที่เป็นวัตถุดิบทรงตันที่ยังไม่ได้ผ่านการกัดมาก่อนลักษณะการเดินกัดชิ้นงานจะเดินกัดจุดเนื้อวัสดุลงเป็นชั้นๆในระนาบ X หรือ Y ตามระดับความลึกที่ผู้ใช้งานกำหนด

2.5.2 3D Z-Level-Finishing

โปรแกรม 3D Z-Level-Finishing มีลักษณะการเดินกัดชิ้นงานตามพื้นผิวของชิ้นงานลงเป็นชั้นๆ ด้วยค่าความลึกในแนวแกน Z ที่เท่ากัน ส่วนใหญ่จะใช้โปรแกรม 3D Z-Level-Finishing กัดเก็บเนื้อวัสดุที่มีลักษณะเป็นขั้นบันไดที่เกิดจากการกัดหยาบด้วยโปรแกรม 3D Z-Level-Roughing หรือใช้เป็นโปรแกรมกัดละเอียดเฉพาะในบริเวณที่เป็นพื้นผิวที่สูงชัน

2.5.3 3D Finishing

โปรแกรม 3D Finishing มีลักษณะการเดินกัดงานแบบกลับไปกลับมา (Zigzag) ตามพื้นผิวของชิ้นงาน โดยมีระยะห่างของแนวเส้นทางเดินมีดกัดตามระยะห่างของแนวเส้นทางเดินมีดกัดตามระยะ Stepover ที่กำหนด ส่วนใหญ่จะใช้โปรแกรม 3D Finishing เป็นโปรแกรมกัดชิ้นงานโปรแกรมสุดท้ายในการทำงานของการกัดงานระบบ 3 มิติ หรือเรียกว่า “โปรแกรมกัดละเอียด”

2.5.4 3D Free-path-milling

โปรแกรม 3D Free-path-milling เป็นโปรแกรมเดินกัดชิ้นงานตามเส้น Contour ที่เลือกสามารถใช้ได้กับเส้น 2D/3D Polyline, Spline, วงกลมและวงรี ส่วนใหญ่ในการทำงานจะใช้โปรแกรมเดินเก็บบริเวณขอบของชิ้นงาน

2.5.5 3D Automatic-Rest

โปรแกรม 3D Automatic-Rest เป็นโปรแกรมที่กำหนดให้มิดกัที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของมิดกัที่ใช้อ้างอิง โปรแกรมสามารถคำนวณหาบริเวณพื้นที่ของเนื้อวัสดุที่ยังไม่ถูกกินจากมิดกัที่ใช้อ้างอิงซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าได้และสร้างเส้นทางเดินมีดกัดเฉพาะบริเวณที่เหลือเท่านั้น

2.5.6 3D Pencil-Milling

โปรแกรม 3D Pencil-Milling มีลักษณะการทำงานคล้ายกับโปรแกรม 3D Automatic-Rest แตกต่างกันที่โปรแกรม 3D Pencil-Milling จะเดินกินตามแนวร่องเพียงแนวเดียวไม่มีการกำหนดค่า Stepover

2.5.7 3D Iso-Machining

โปรแกรม 3D Iso-Machining เป็นการสร้างเส้นทางเดินมีดกัดตามพื้นผิวที่ผู้ใช้งานเลือก โดยมีลักษณะการเดินกัดชิ้นงานแบบกลับไปกลับมาตามแนวเส้น U หรือ V Line ของพื้นผิวและมีระยะห่างของแต่ละแนวเส้นทางเดินมีดกัดตามระยะ Stepover ที่กำหนด

2.5.8 3D Cast-Offset-Roughing

โปรแกรม 3D Cast-Offset-Roughing เป็นโปรแกรมการกัดหยาบที่มีการทำงานคล้ายกับโปรแกรม 3D Z-Level-Roughing แต่มีลักษณะพิเศษคือจะเดินกัดตามรูปร่างพื้นผิวของชิ้นงานเท่านั้น ซึ่งเหมาะสำหรับชิ้นงานหล่อที่มีการเทหล่อให้มีขนาดรอบตัวเกินกว่าขนาดจริงของชิ้นงานหรือค่าเผื่อรอบตัว (Stock Thickness) โดยที่เส้นทางเดินของมีดกัดที่ถูกสร้างขึ้นจะเดินกัดตามค่าเผื่อรอบตัวที่กำหนดไว้เท่านั้น

2.5.9 3D Optimized-Finishing

โปรแกรม 3D Optimized-Finishing เป็นโปรแกรมที่เดินกัดงานเฉพาะบริเวณพื้นผิวที่มีความชัน โดยพิจารณาจากโปรแกรม 3D Finishing ก่อนหน้ามีการกำหนดให้มีมีดกัดเดินกัดชิ้นงานตามแนวแกน Y โปรแกรม 3D Optimized-Finishing ก็จะเดินกัดชิ้นงานในบริเวณพื้นผิวชันตามแนวแกน X ดังนั้นโปรแกรมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีการกำหนดโปรแกรม 3D Finishing ก่อนหน้าซึ่งจะใช้เป็นโปรแกรมอ้างอิงเท่านั้น

2.5.10 3D True-Scallop

โปรแกรม 3D True-Scallop เป็นโปรแกรมการกัดละเอียดซึ่งมีลักษณะการเดินกัดชิ้นงานขนานกับเส้น Curve ที่กำหนด โดยมีลักษณะพิเศษคือ การรักษาระยะห่างของค่า Stepover ที่กำหนดให้คงที่หรือมีค่าเท่ากันตลอดทั่วทั้งพื้นผิวทำให้พื้นผิวที่ได้มีความเรียบเสมอกันทั้งหมด โปรแกรม 3D True-Scallop เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสำหรับเครื่องจักรชนิด High Speed Machine ที่มีการเดินกัดงานด้วยความเร็วสูง ซึ่งเครื่องจักรลักษณะนี้ควรเดินกัดงานที่มีความหนาของเนื้อวัสดุไม่ต่างกันมากนักเพื่อไม่ให้เกิดการสะดุดระหว่างการทำงาน ดังนั้นค่า Stepover ควรต้องคงที่ตลอดทั้งชิ้นงานซึ่งตรงกับการทำงานของโปรแกรมนี้อย่างยิ่ง

2.6 ทฤษฎีหลักการกัดขึ้นรูปแม่พิมพ์

1. หลักการออกแบบแม่พิมพ์โดยการจำลองเป็นภาพ 3 มิติตามรูปร่างแม่พิมพ์ที่ต้องการโดยใช้โปรแกรม Mechanical Desktop v.3

2. หลักการสร้างรหัสโปรแกรม NC code โดยใช้โปรแกรม hyperMILL v.4.5.1 ร่วมกับโปรแกรม Mechanical Desktop v.3 เพื่อกำหนดทางเดินมีดกัด (tools path) และสร้าง รหัสโปรแกรม NC code เพื่อนำไปใช้เป็นคำสั่งในการกัดขึ้นรูปชิ้นงานบนเครื่อง CNC milling

3. หลักการกัดขึ้นรูปแม่พิมพ์บนเครื่อง CNC milling โดยการเซตชิ้นงาน และเซต tools ที่จะใช้กัด บนแมกกาซีน แล้วนำ NC code ที่ได้มาเป็นคำสั่งในการกัด

2.7 การรับส่งข้อมูลของเครื่องกัด CNC (Interfacing)

การรับส่งข้อมูลของเครื่องกัด CNC (ระบบควบคุม Mill Plus) จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ

1. การรับ – ส่งข้อมูลระหว่างฮาร์ดดิสก์กับแรม (RAM) ของเครื่องกัด CNC เช่นการเรียกโปรแกรมออกมาทำงาน โปรแกรมก็จะถูกเรียกออกมาจากฮาร์ดดิสก์ไปยังแรม นอกจากนี้ยังมีอีกหลายคำสั่งที่อยู่ในหมวดการรับ – ส่งข้อมูล

2. การรับ – ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องกัด CNC กับคอมพิวเตอร์จะมีซอฟต์แวร์ (MINI PC) และสายรับส่งข้อมูล (RS 232) เป็นตัวเชื่อมโยงในการรับ – ส่งข้อมูลจะต้องปรับค่าต่างๆระหว่างเครื่องกัดกับคอมพิวเตอร์ให้ตรงกัน เช่น ค่า Parity, ค่า Stop Bits

2.8 SET UP PROCEDURE

2.8.1 WORK OFFSETS (X AND Y PART ZEROS)

1. TURN POWER ON
2. RESET ALARMS
3. PRESS POWER UP RESTART
4. PRESS SETTINGS DISPLAY (SETTING 51 DOOR HOLD OVERRIDE – ON)
5. PRESS M.D.I. MODE (ORIENT SPINDLE S1000, ENTER, CYCLE START)
6. PRESS HANDLE JOG MODE
7. PRESS POSITION DISPLAY (PAGE DOWN TO OPERATOR POSITION DISPLAY)
8. LOCATE X PART ZERO (REMEMBER TO SHIFT HALF THE DIA WHEN USING AND EDGE FINDER)
9. PRESS OFFSET DISPLAY (PAGE UP TO WORK OFFSET CURSOR TO DERIRED OFFSET IN X AXIS COLUMN)
10. PRESS PART ZERO SET
11. PRESS STEPS 7 THROUGH 10 FOR Y AXIS ZERO

2.8.2 TOOL LENGTH OFFSETS

1. PRESS M.D.I. MODE
2. TYPE IN DESIRED TOOL NUMBER TO BE PLACED IN THE SPINDLE AND PRESS A.T.C. BUTTON
3. PLACE APPROPRIATE TOOL IN SPINDLE
4. PRESS HANDLE JOG MODE
5. PRESS OFFSET DISPLAY (PAGE UP TO LENGTH OFFSETS)
6. HANDLE Z AXIS DOWN TO Z PART ZERO
7. PRESS TOOL OFFSET MEASURE (ENTER IN THE RADIUS AMOUNT OF CUTTER IF APPLICABLE)
8. PRESS NEXT TOOL
9. PRESS STEPS 6 THROUGH 8 FOR REMAINING TOOLS

