



กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยอาศัยการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์
COMPUTER-AIDED ENGINEERING IN THE PLASTIC INJECTION MOLD PROCESS



วัน เดือน ปี..... 31 - 10 - 2540
เลขทะเบียน..... 037010
เลขเรียกหนังสือ..... T38103 ก. 45 ก.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2538

037010

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2538

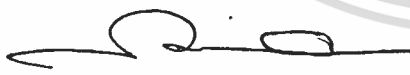
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่องกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยอาศัยการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์.

จัดทำโดย

นายกิตติพัฒน์ วิชญวิเชียร
นายจิระศักดิ์ สาสูงเนิน
นายวิชัย ชาญยุทธศาสตร์


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ. พรศักดิ์ อรรถวานิช)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ กวิน สนธิเพิ่มพูน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยอาศัยการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์

จัดทำโดย

นายกิตติพัฒน์ วิชาญวิเชียร

นายจิระศักดิ์ สาสูงเนิน

นายวิชัย ชาญยุทธศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. พรศักดิ์ อรรถวานิช

อาจารย์ กวิน สนธิเพิ่มพูน

บทคัดย่อ

โปรแกรมการออกแบบและการวิเคราะห์บนคอมพิวเตอร์สามารถช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การวิจัยและพัฒนาดังกล่าว สามารถแสดงดังตัวอย่างและกระบวนการผลิตเพื่อเป็นแนวทางสำหรับอุตสาหกรรม ซึ่งแนวทางดังกล่าวอาศัยคอมพิวเตอร์ในการออกแบบและวิเคราะห์ (Computer-Aided Design and Computer-Aided Engineering) จนสามารถเข้าสู่กระบวนการอัตโนมัติเพื่อประหยัดเวลา อัตราการสูญเสีย ระยะเวลาในการทดลอง และการผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก พร้อมกันนี้ แนวทางดังกล่าวสามารถจะกำหนดตัวแปรต่างๆ สำหรับการผลิตชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและเป็นประโยชน์สำหรับการกำหนดตัวแปรต่างๆ ของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER-AIDED ENGINEERING IN THE PLASTIC INJECTION MOLD PROCESS

By

Mr.Kittipat Vichyavichien

Mr.Jeerasak Sasoongnirn

Mr.Wichai Chanyuttasart

Supervisors

Assist.Prof. Pornsak Attavanich

Mr.Kawin Sonthipermpoon

Abstract

The Computer-Aided Design and Computer-Aided Engineering software were employed for the analysis and design of a plastic injection mold. This was an application example, and the product in the exercise is to be on the market shortly. This exercise shows that by using suitable computer-aided engineering software, and approached in a systematic way, a lot of time and money can be saved. The traditional method of trial and error approach in mold making can be reduced to its minimum. In addition, The program also recommends conditions for the molding of the part which are useful guidelines for the selection and initial setting of the molding machine.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

กระบวนการที่จะใช้ทำการผลิตชิ้นงานออกสู่ตลาดนั้น ต้องใช้กระบวนการการออกแบบ ทำต้นแบบ ออกแบบแม่พิมพ์ สร้างแม่พิมพ์ และผลิตชิ้นงานออกมา รวมทั้งต้องทำการตลาดด้วย แต่ละขั้นตอนดังกล่าว ทำให้เกิดความสูญเสียทางด้านเวลา ถ้าเกิดลดเวลาลงได้จะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการผลิตออกสู่ของตลาดได้ไวขึ้น การลดระยะเวลาทำงานลงเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับผลตอบแทนที่จะได้รับดังนั้นการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ มาช่วยในการวิเคราะห์คำนวณ จึงตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้เป็นอย่างดี โดยปัจจุบัน การจำลองเหตุการณ์ของการเติมเนื้อพลาสติกจนเต็มแม่พิมพ์ (Filling) ด้วยภาพ 3 มิติ

พื้นฐานของการคำนวณจะอาศัยไฟไนท์อิเลเมนต์ (Finite Element) ซึ่งประกอบรวมกันเข้าเป็น 3D Shell Model หรือการมองวัตถุที่จะทำการวิเคราะห์คำนวณให้เหลือเพียงแค่โครงสร้างที่ไม่มีความหนาและเป็นรูปทรง 3 มิติ ข้อกำหนดดังกล่าว ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถที่จะจำลองภาพสถานการณ์ (Simulate) ของ Finite Element ด้วยสมการ 2 มิติ ได้

การสร้าง Finite-Element Mesh สามารถสร้างได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ (Software) ที่อาศัย

- มุมมองรูปทรงต่างๆ ถูกกำหนดค่าลงไปทีค่าโคออร์ดิเนต x,y,z ณ ค่าหนึ่งๆ
- มุมสองมุมคู่ใดๆ ถูกเชื่อมต่อด้วยเส้นตรงจนครบ
- ชุดของเส้นที่ปิดหรือเชื่อมต่อกันเป็นวง จะล้อมรอบจนเกิดเป็นพื้นที่ขึ้น

และในที่สุด Finite Element จะถูกสร้างขึ้นภายในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวภายหลังจากที่จำนวนของจุด (Node) อิเลเมนต์ (Element) หรือขนาดของ Element ที่ต้องการ ได้ถูกป้อนค่าลงไปภายในซอฟต์แวร์ ซึ่งการสร้าง Mesh ของ Finite Element จะช้าเร็วขึ้นอยู่กับความละเอียด, จำนวน และประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์

ข้อดีของการเลือกใช้ Finite Element แบบ 3D-Shell Model เป็นผลมาจากการเลือกตำแหน่งของทางเข้าของพลาสติกที่หลอมเหลว (Gate) เพื่อทำการจำลองสถานการณ์ (Simulate) ด้วย Gate แบบใดแบบหนึ่ง และผลจากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ภายหลังการคำนวณของการเติมเต็มของพลาสติกเหลวจนเต็มแม่พิมพ์ (Filling Image) จะดำเนินการไปโดยอัตโนมัติด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งาน การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่อนุญาตให้เผยแพร่ข้อมูลค่า
 ตัวของ ซอฟต์แวร์เอง และสามารถที่จะใช้ ซอฟต์แวร์ CAD (Computer Aided Design) อื่นๆ เพื่อส่ง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่ายข้อมูลของ Mesh เข้าสู่ CAE (Computer Aided Engineering) ของการวิเคราะห์การฉีดพลาสติก ด้วยการเชื่อมต่อ (Interface) เช่น IGES, VDAFS เป็นต้น

เมื่อได้ Finite Element Mesh มาเรียบร้อยแล้ว จึงทำการคำนวณโดยอาศัยคอมพิวเตอร์ จุดที่ทำการวิเคราะห์ ก็คือ ค่าที่สถานะภาพ (Condition) ต่างๆ ของวัสดุที่ใช้ในการฉีดพลาสติก (Plastic Injection) โดยจะวิเคราะห์หาส่วนที่เป็นจุดที่เกิดข้อบกพร่องหรือจุดด้อยของคุณสมบัติของวัสดุ ดังเช่น จุดที่เกิดรอยการเชื่อมประสานของพลาสติกเหลวที่มาชนสัมผัสกัน (Weld Line) หรือบริเวณที่เกิดค่าแรงเฉือนสูงๆ ค่าจุดที่เกิดอุณหภูมิสูงกว่าจุดที่พลาสติกจะเสื่อมคุณภาพ (Degrade) ถ้าการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขต่างๆ แล้วไม่เกิดจุดบกพร่องหรือจุดบกพร่องน้อย ก็ยอมที่จะสรุปได้ว่า เงื่อนไขดังกล่าวเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการออกแบบสร้างโมลด์

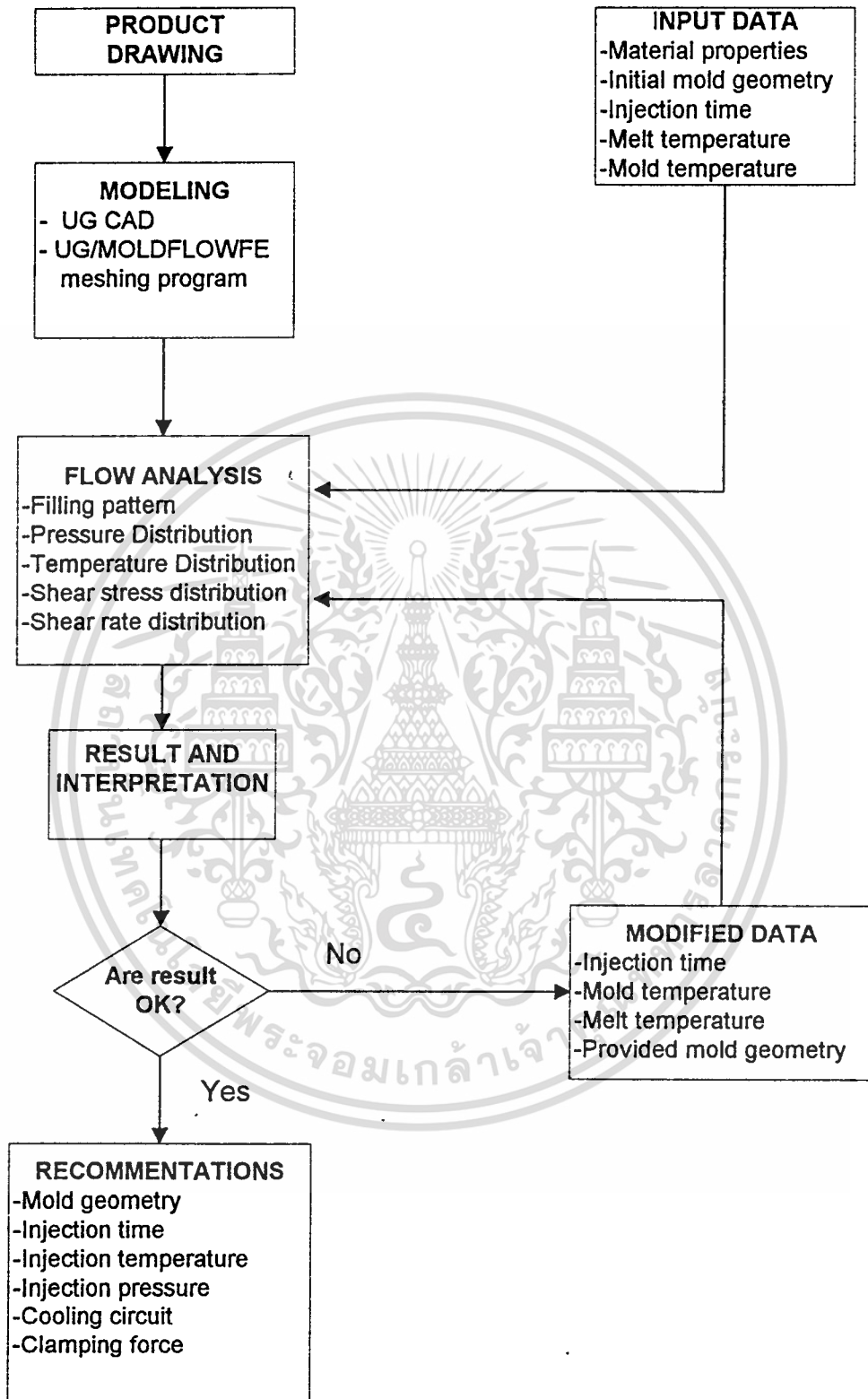
ค่าที่ต้องใช้ในการกำหนดเงื่อนไขเพื่อการวิเคราะห์ ก็คือ

1. ตัวแปรในการผลิต เช่น อุณหภูมิความดันและเวลา
2. วัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการฉีด เช่น พลาสติกประเภทใด
3. ลักษณะรูปแบบของชิ้นงานที่จะทำการวิเคราะห์

เมื่อทำการวิเคราะห์จนได้ผลที่พึงพอใจแล้ว ซึ่งอาจจะต้องทำการทดลองแบบลองผิดลองถูก (Trial-Error) หลายครั้ง กว่าจะได้ค่าที่ดี ค่าตัวแปรต่างๆ เช่น ตำแหน่งของทางเข้าของพลาสติกเหลวสู่แม่พิมพ์ (Gate) ค่าตัวแปรต่างๆ สำหรับการฉีดพลาสติกจะถูกนำเอาไปใช้จริง ๆ กับการออกแบบแม่พิมพ์ และใช้สำหรับการฉีดจริง ๆ ภายหลังจากที่ทำการผลิตแม่พิมพ์เรียบร้อยแล้ว ซึ่งเราจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดเวลาการลองผิดลองถูกกับการทำงานจริงๆ ลงไปมาก และลดความเสี่ยงจากการทำผิดพลาดได้

เราสามารถนำเอาขั้นตอนทั้งหมดมาเขียนให้อยู่ในรูปของแผนภาพ (Flowchart) ได้ดังภาพ

ที่ 1



เอกสารนี้เป็นภาพที่ 1 แผนภาพ (Flow Chart) แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ของซอฟต์แวร์ Moldflow
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

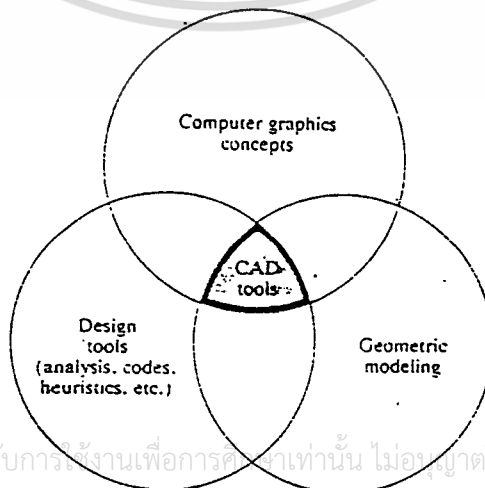
บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีของ CAD/CAM

CAD (Computer Aided Design) และ CAM (Computer Aided Manufacturing) เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการออกแบบ (Design) และกระบวนการผลิต (Manufacturing Process) ตามลำดับ โดยในหัวข้อนี้ เราจะอธิบายถึง CAD, CAM และ CAD/CAM Tools โดยพื้นฐานของการนำไปใช้งานจริง การใช้ CAD/CAM ในเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

จากส่วนประกอบต่างๆ เราอาจกล่าวได้ว่าเครื่องมือทาง CAD (CAD Tools) เป็นส่วนร่วมกัน (Intersect) ของ 3 เขตย่อย คือ รูปทางเลขาคณิต (Geometric Modeling) คอมพิวเตอร์กราฟฟิค (Computer Graphics) และเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ (Design Tools) ซึ่งอธิบายด้วยภาพที่ 2.1 ซึ่งหมายความโดยรวมคือ แนวความคิดในการใช้รูปแบบทางเลขาคณิตและคอมพิวเตอร์กราฟฟิค มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบนั่นเอง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแล้ว CAD Tools ก็เหมือนกับเครื่องมือชิ้นหนึ่งที่ใช้ในการออกแบบ (Design Tools) [คำสั่งในการวิเคราะห์ (Analysis Codes), กระบวนการหรือชุดโปรแกรมที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ได้เอง (Heuristic Procedure) แบบฝึกหัดในการออกแบบ (Design Practice) ฯลฯ] รวมกับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ซึ่งส่วนของการพัฒนา ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เป็นตัวชี้ถึงระดับความสามารถของระบบ CAD/CAM แต่ละระบบรวมถึง CAD Tools ด้วย โดยทั่วไปนักออกแบบจะต้องการเครื่องมือ (Tools) ซึ่งสามารถช่วยในการแก้ปัญหาที่รวดเร็วและเชื่อถือได้กับปัญหาพวกที่ต้องการทำซ้ำ (Iterations) และทดสอบกับตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัว

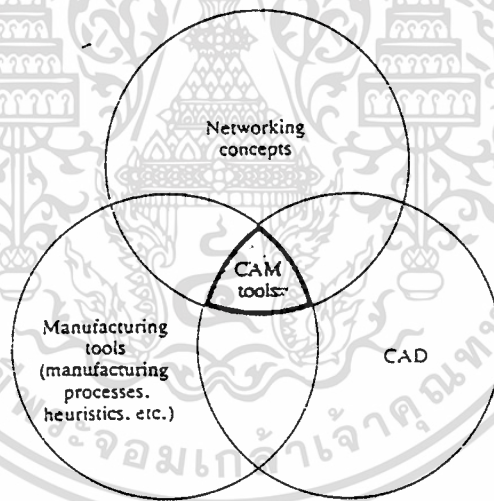


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตัวหนังสืออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ภาพที่ 2.1 แสดงนิยามของ CAD Tools บนพื้นฐานองค์ประกอบของการออกแบบ

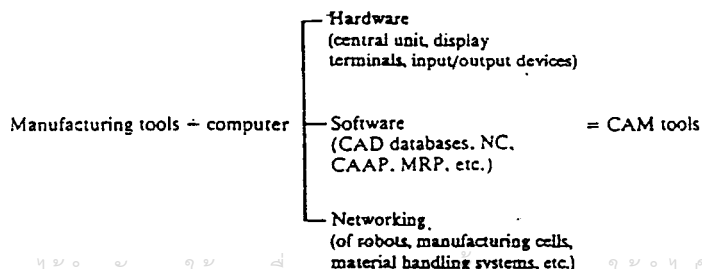
จุดประสงค์ใหญ่ของนิยาม CAD/CAM ข้างต้นคือ

1. เพื่อขยายประโยชน์ที่ได้จากระบบ CAD/CAM นอกเหนือออกไปจากการเขียนแบบ (Drafting) และทำการทำให้เหมือนของจริง (Visualization)
2. เพื่อปรับปรุงระบบ CAD/CAM ในปัจจุบันให้ใช้กับการออกแบบและวิเคราะห์ในกรณีพิเศษที่ต้องการ
3. เพื่อชักนำให้มีการพัฒนาระบบ CAD/CAM ในการออกแบบ (Design) และ กระบวนการผลิต (Manufacturing Process) ให้ดียิ่งๆ ขึ้นไป

ในส่วนของ CAD Tools สามารถนิยามได้ว่าเป็นส่วนร่วมกัน (Intersection) ของส่วน 3 ส่วน คือ CAD Tools แนวคิดของเครือข่ายการทำงาน (Networking Concepts) และ เครื่องมือในการผลิต (Manufacturing Tools) ดังแสดงในภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบที่สำคัญที่ช่วยส่งเสริม CAM ไปสู่สิ่งแวดล้อมในการผลิต (Manufacturing Environment) แสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.2 แสดงนิยามของ CAM Tools บนพื้นฐานการออกแบบการผลิต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกหนึ่งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.3 แสดงนิยามของ CAM Tools เป็นส่วนสำคัญของกาการผลิต

มีตัวประกอบหลักที่ช่วยให้ประสบความสำเร็จในการสนับสนุนอยู่ 2 ตัว คือ

1. การเชื่อมต่อระหว่าง CAD และ CAM ต้องเป็นแบบ 2 ทาง คือ ผู้ออกแบบ (Designer) ต้องนึกถึงความต้องการของวิศวกรการผลิตที่ทำงาน CAM และวิศวกรการผลิตต้องคิดว่าผู้ออกแบบ (Designer) ที่ทำงานในส่วนของ CAD ต้องการอะไร
2. เลือกระบบ CAM (ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์) อย่างไร จึงจะเหมาะสมในการผลิต CAD/CAM Tools ซึ่งเป็นผลของส่วนร่วมกัน (Intersection)

2.1.1 CAD/CAM ในงานอุตสาหกรรม

ในอดีต CAD/CAM ใช้ในงานอุตสาหกรรมอากาศยาน, อุตสาหกรรมรถยนต์ และอุตสาหกรรมต่อเรือ แต่ต่อมามีการใช้ในอุตสาหกรรมอย่างอื่นแพร่หลายขึ้น เช่น การแกะสลัก การหล่อ เป็นต้น

เทคโนโลยีทางด้าน CAD/CAM ช่วยลดช่องว่างระหว่างการสร้างสรรค์เทคโนโลยี, การจัดการ และการใช้ระบบ CAD/CAM ภาพที่ 2.4 แสดงชนิดของระบบ CAD/CAM ในงานอุตสาหกรรม

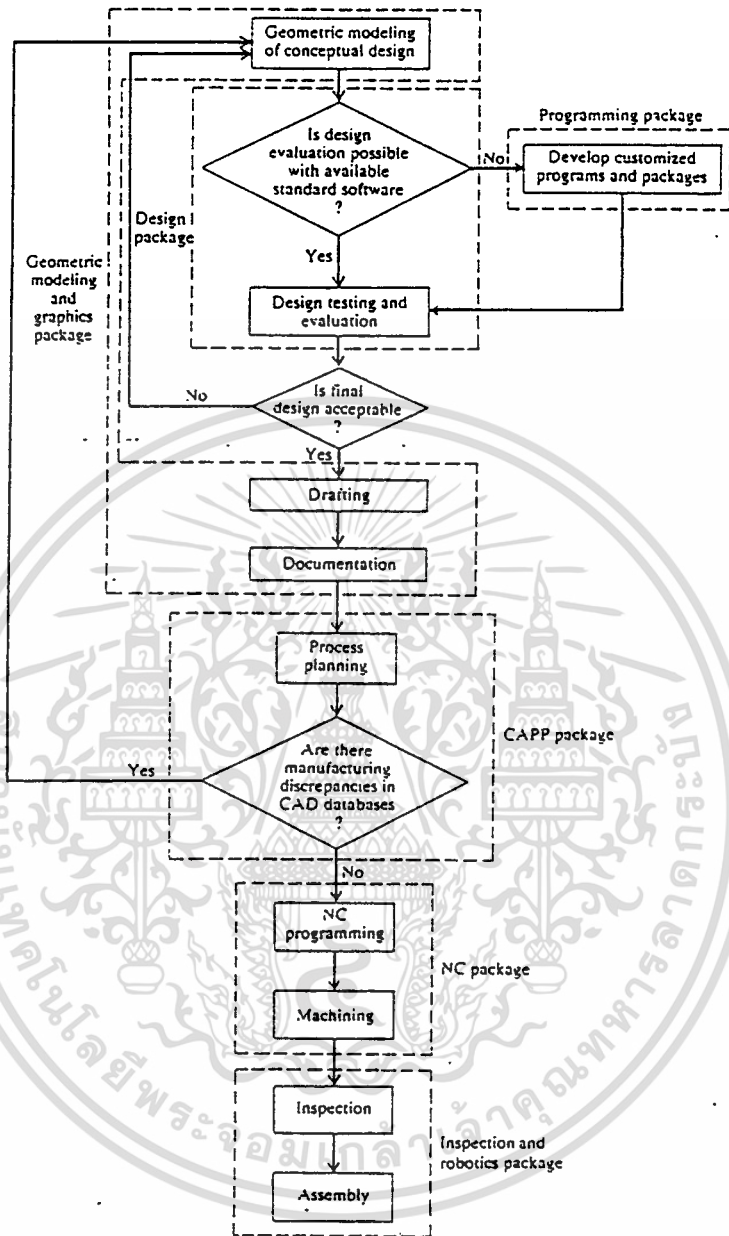
ส่วนประกอบของระบบ CAD/CAM ที่สำคัญ คือ รูปแบบทางเลขาคณิต (Geometric Modeling), กราฟฟิก (Graphics), การออกแบบ (Design), การผลิต (Manufacturing) และ โปรแกรมมิ่งซอฟต์แวร์ (Programming Software) ในส่วน โมเดลลิ่ง (Modeling) มี 3 ชนิด คือ วายร์เฟรมโมเดลลิ่ง (Wireframe Modeling), เซอร์เฟสโมเดลลิ่ง (Surface Modeling) และโซลิดโมเดลลิ่ง (Solid Modeling)

กราฟฟิก(Graphics)ประกอบไปด้วย การเปลี่ยนรูปทรงเลขาคณิต(Geometric Transformations), การเขียนแบบ(Drafting), ส่วนตัวหนังสือ(Documentation), การให้แสงเงา(Shading), การให้สี(Coloring), การแบ่งชั้นภาพ (Layering) นอกจากนี้ ยังมีการประยุกต์การใช้งานอื่นอีก คือ การคำนวณหาคุณสมบัติของมวลวัตถุ, การทำ Finite Element Analysis, การทำ Finite Modeling Analysis, Mechanisms Modeling และการเช็คขอบเขต (Interference Checking)

ในการออกแบบอาจต้องมีการเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการทำงานเชื่อมต่อระหว่างระบบของเราและตัวซอฟต์แวร์

จากการทำผ่านขั้นตอนต่างๆ ข้างบนมาแล้วโมเดล (Model) ของเราก็พร้อมจะถูกส่งไปยังส่วนของ CAM ซึ่งประกอบด้วย การวางแผนการทำงาน (Process Planning), การสร้างทางเดินมีดกัด (Tool path), การตรวจสอบ (Inspection) และการประกอบชิ้นงาน (Assembly) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 แสดงระบบ CAD/CAM ในอุตสาหกรรม

2.1.2 การประยุกต์ CAD/CAM ในงานเครื่องกล

1. การเขียนแบบ 2 มิติ (Two-Dimensional Drafting)

ในการวาดรูป 2 มิติ ซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD/CAM สามารถวาดรูปที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะสามารถวาดลงบนกระดาษได้ สามารถตรวจสอบและแก้ไขแบบได้สะดวกรวดเร็ว รวมทั้งยังเชื่อมต่อในส่วนการผลิต และส่วนทำ เอ็นซี โปรแกรม(NC Program) ได้

2. ที่เก็บสัญลักษณ์ (Symbol Libraries)

ในการวาดรูป ที่มีลักษณะเหมือนกันหลายๆครั้ง เราสามารถทำรูปนั้นเก็บไว้เป็น Libraries ได้ เมื่อจะใช้งานก็สามารถเรียกออกมาใช้ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

3. การทำรายงานทั่วไป (Report Generation)

ส่วนประกอบไมโครแคด (MicroCAD) ส่วนมากสามารถให้ความสะดวกในการทำรายงาน และรายการวัสดุ ในรายงานต่างๆ จะให้ข้อมูลราคา รายการวัสดุ สี และชนิดวัสดุ ซึ่งสามารถแสดงบนหน้าจอให้เห็นหรือไม่แสดงบนหน้าจอให้เห็นก็ได้

ซอฟต์แวร์ MicroCAD ให้ความสะดวกในการเก็บข้อมูลรายการต่างๆ ในรูปของไฟล์ (File) ไฟล์เหล่านี้ถูกอ่านและจัดการโดยโปรแกรมตัวอื่น โดยเขียนด้วยภาษา Basic, LISP หรือภาษาอื่นๆ

4. การออกแบบพารามेटริก (Parametric Design)

เกี่ยวกับการออกแบบพารามेटริก (Parametric Design) นี้ ภาพที่วาดจะเก็บไว้บนแผ่นดิสก์ มิติของวัตถุยังเป็นตัวแปร เช่น เมื่อสกรูถูกแทรกบนหน้าจอ ผู้ใช้จะต้องใส่ค่าข้อมูล (เช่น ชนิดของหัว, ความยาว, เส้นผ่าศูนย์กลาง เป็นต้น) ลงไปจากนั้น สกรูเหมือน ๆ กันจะถูกสร้างขึ้น ซึ่งการทำเช่นนี้จะให้ความสะดวกแก่เรามากในการสร้างแบบ

5. การทำ 3 มิติ

6. การทำ Finite Element Analysis (FEA)

7. งานการผลิต (Manufacturing) [8]

2.2 ทฤษฎีของ Moldflow

หลักพื้นฐานทาง Moldflow ก็คือ การวิเคราะห์ด้วยไฟไนท์ อิลิเมนต์ (Finite Element Method) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ทางด้านคณิตศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ระบบที่มีความซับซ้อน หรืออาจจะไม่ซับซ้อนแต่มีปริมาณการคำนวณมาก หรืออาจจะเป็นไปได้ทั้งสอง

การวิเคราะห์นี้จะนำเอาสมการของของวิชากลศาสตร์เชิง กลศาสตร์ของเหลว และการถ่ายเทความร้อนมาใช้ โดยมองวัตถุทั้งชิ้นเกิดจากการรวมตัวกันของรูปทรงเล็กๆ (Finite Element) มายมาย แล้วคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อแก้ไขสมการดังกล่าว

ค่าตัวแปรที่ต้องกำหนดลงไปในการคำนวณก็คือ

1. ค่าคุณสมบัติทางวัสดุ (Material Properties)

2. ตำแหน่งของทางเข้าของพลาสติกเหลว (gate)

3. เวลาที่ใช้ในการฉีด (Injection Time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ บริษัท ออโตแมติก เทคโนโลยี จำกัด ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำซ้ำ ดัดแปลง แจกจ่าย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อุณหภูมิหลอมตัวของพลาสติก (Melt Temperature)

5. อุณหภูมิของแม่พิมพ์ (Mold Temperature)

โดยจะสามารถวิเคราะห์การฉีดตามหัวข้อได้ดังนี้

1. การเติมเนื้อพลาสติกเหลวจนเต็มแม่พิมพ์ (ทิศทางการเดินของพลาสติก)
2. การกระจายของความดันในการฉีด
3. การกระจายอุณหภูมิในการฉีด
4. แรงเฉือน
5. อัตราของแรงเฉือน

ด้วยการวิเคราะห์ จะทำให้ทราบถึงข้อมูลและผลการวิเคราะห์อย่างมากมาย อย่างที่ไม่สามารถได้มาจากประสบการณ์จากผู้มีประสบการณ์ทำโมลด์ โดยจอภาพมอนิเตอร์จะแสดงการจำลองภาพการฉีดให้ทราบอย่างชัดเจนครบถ้วน ไม่ว่าจะเป็นรอยเชื่อมประสาน (Weld Line), อากาศตกค้าง (Air Traps) เป็นต้น

การวิเคราะห์การไหลของพลาสติก Moldflow จะเป็นโปรแกรมที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งจะแบ่งโปรแกรมในการวิเคราะห์ได้ 2 แบบ คือ

1. MFL4 จะใช้ Finite Element สำหรับการคะเนความดัน และทำการจำลองการไหลของพลาสติกล่วงหน้าก่อนที่จะทำโมลด์เบส (Moldbase) ส่วนการคำนวณด้านอุณหภูมิ จะใช้รูปแบบของอัลกอริทึมบน Moldflow ซึ่งโปรแกรมนี้อาจวิเคราะห์ได้เพียงการเติมเต็มในโมลด์เท่านั้น

2. MFLP จะใช้ Finite Element สำหรับการคะเนความดันและทำการจำลองการไหลของพลาสติกล่วงหน้าก่อนที่จะทำโมลด์เบส (Moldbase) ส่วนการคำนวณด้านอุณหภูมิ จะใช้ส่วนของสมการ(Finite Difference)ซึ่งโปรแกรมนี้อาจวิเคราะห์ได้ในส่วนของการเติมเต็ม (Filling) และการรวมเป็นเนื้อเดียวของพลาสติก (Packing)

2.2.1 MFL4

เนื่องจาก MFL4 จะใช้อัลกอริทึม(Algorithm) บน Moldflow สำหรับการคำนวณอุณหภูมิ ซึ่งจะมีความละเอียดลออในการคำนวณหาค่าตอบที่น้อยกว่าแบบ MFLP แต่อย่างไรก็ตาม ก็มีความสำคัญที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ

อัลกอริทึมบน Moldflow นี้จะสมมติให้รูปแบบของอุณหภูมิจะสม่ำเสมอเมื่อพลาสติกไหล ไม่ว่าจะฉีดใด ทั้งสิ้น อีกทั้งทำให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ เข้าชั้นความหนาของโมลด์ โดยรูปแบบของอุณหภูมิจะมีการถ่ายเทเป็นการประมาณค่าเป็นไป

ตามรูปพาราโบลา (Parabolic) ข้อสมมติฐานจะสมเหตุสมผลก็ต่อเมื่อโมลด์จะถูกฉีดพลาสติกเข้าเต็มอย่างรวดเร็วและความหนาของชั้นแข็งตัวจะไม่ใหญ่เกินไป ถ้าโมลด์ถูกฉีดให้เต็มอย่างช้าๆ ความหนาของชั้นแข็งตัวก็จะไม่ดี ทำให้ผลที่ออกมาไม่สามารถที่จะคาดคะเนได้

เป็นที่แน่นอนว่า จะต้องมีปัญหาที่เกิดขึ้นว่า ทำอย่างไรจะให้โมลด์ถูกฉีดพลาสติกได้เร็วที่สุด และเหมาะสมที่สุด และอัตราต่างๆ ที่เป็นตัวแปรในการฉีดพลาสติก เช่น อุณหภูมิก่อนฉีด และอุณหภูมิเมื่อพลาสติกเต็มโมลด์แล้ว จะต้องมีการประมาณค่าให้เท่ากับอุณหภูมิหลอมเหลวของพลาสติกที่จุดฉีด ซึ่งภายใต้สภาวะเหล่านี้ การถ่ายเทความร้อนจะต้องมีความสมดุลกับความร้อนที่สูญเสียไปเนื่องจากการนำความร้อนในโมลด์

เพราะว่า MFL4 จะเกี่ยวเนื่องกับการเติมเต็ม (Filling) จึงควรที่จะถูกใช้เมื่อมีการออกแบบที่ตั้งของทางเข้า (Gate) การตรวจขั้นตอนของสภาวะการฉีด,ท่อพลาสติกเข้า และการสมดุลของการไหลพลาสติกในโมลด์

2.2.2 MFLP

MFLP เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์เริ่มต้นของ Moldflow ในเรื่องของการหดตัว (Shrinkage) และการบิดตัว (Warpage) การวิเคราะห์ของการหดตัวจำเป็นต้องใช้ ไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์เทคนิค (Finite Difference Technique) มาใช้ในการคำนวณด้านอุณหภูมิ ซึ่งจำเป็นต้องมีผลการคำนวณอื่น ๆ ตามมาด้วย เช่น ค่าของความหนืด (Viscosity) ความเค้นเฉือน (Shear Stress) ซึ่งจะนำไปคำนวณหาความหนาของพลาสติกในโมลด์ได้

โปรแกรมของการหดตัว (Shrinkage) และการบิดตัว (Warpage) บนเครื่องฉีดโมลด์พลาสติกจะมีการแสดงถึงผลของการหดตัวขณะหลอมเหลวในขณะที่มีการเติมเต็มโมลด์ ดังนั้น MFLP จะใช้ข้อมูล PVT (Pressure Volume and Temperature) ซึ่งจะมาทำโมเดลในการคำนวณความสามารถของการอัดและการขยายตัวในขณะที่มีการเติมเต็ม

MFLP จะสามารถวิเคราะห์การรวมตัวของพลาสติกได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้งานแรงดันแคลมป์ (Clamp Tonnage) ที่มีการคาดคะเนไว้อย่างแม่นยำและการหดตัวของปริมาตรในโมลด์ซึ่งในจุดๆ นี้จะนำมาซึ่งการหลีกเลี่ยงการผลิตที่ไม่ได้ขนาดตามต้องการ, การบิดตัวของผลิตภัณฑ์ และการไม่รวมเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ข้อควรคำนึงในการออกแบบ

ประโยชน์ของทั้งสองโปรแกรมนี้ได้กล่าวไว้ข้างต้น จะต้องใช้ในการเปลี่ยนการออกแบบให้ดีขึ้น ซึ่งในส่วนนี้ใช้การวิเคราะห์ MFLP ซึ่งจะต้องมีการอธิบายในส่วนต่าง ๆ เช่น ความดัน อุณหภูมิ ความหนืด ฯลฯ โดยจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมาทำการจำลอง ขั้นตอนการฉีดพลาสติกในโมลด์

1. การเติมเต็มของโมลด์ (Mold Filling) เป็นส่วนที่สำคัญมาก จะมีปัญหาที่จะต้องคำนวณคือว่า จะใช้ “ความดันเท่าใดในการเติมเต็ม” ซึ่งในจุด ๆ นี้ Moldflow จะช่วยในการคะเนค่าความดันให้และจำลองการฉีดได้

2. การวิเคราะห์การรวมเป็นเนื้อเดียว (Packing Analysis) โดยในการวิเคราะห์หัวข้อนี้ จะใช้ MFLP ซึ่งจะช่วยในงานจริงที่ต้องการเปลี่ยนความดันในการฉีดพลาสติกเพื่อจะให้การเติมเต็มในโมลด์มีคุณภาพดีที่สุด

หนทางที่ดีที่สุดจะต้องใช้การจำลองด้วย MFLP ในการควบคุมความดันในการฉีดก่อนที่โมลด์จะเต็ม และ เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรจะประมาณค่าได้ตามสมการ

$$V_p = (100 - P/10)\%$$

P = ความดันใช้ฉีดเข้าแม่พิมพ์

V_p = ร้อยละของปริมาตรพลาสติกที่ฉีดเข้าแม่พิมพ์

3. การหดตัวของปริมาตร (Volumetric Shrinkage) เป็นเนื้อหาของการวิเคราะห์การรวมเป็นเนื้อเดียว (Packing) นี้ ช่วยย้ำความแน่นอนของผลิตภัณฑ์ว่าในการคำนวณของ MFLP ในเรื่องการหดตัวของปริมาตร จะแสดงได้ทาง Moldflow ซึ่งการแปรผันของการหดตัวนี้เอง จะมีผลต่อการเกิดปัญหาของการบิดตัว ซึ่งจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้อยลง

โดยทั่วไปแล้วจะไม่มีสูตรในการหาการฉีดพลาสติกที่ดีที่สุดไว้ แต่จะเป็นการเปลี่ยนสถานะเพื่อทดลองการฉีดที่ดีที่สุด (Trial and Error) ดังนั้น จึงต้องมีความรู้และความสามารถที่ดีพอในการวินิจฉัยสถานะต่างๆ ได้

2.2.4 การติดต่อระหว่าง UG และ Moldflow (UG/Moldflow Interface)

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการติดต่อระหว่างซอฟต์แวร์ UGII และ Moldflow (UG/Moldflow Interface) และวิธีการสร้าง Finite Element Model โดยจะใช้โมดูลใน Graphics Finite Modeling (GFEM Plus) โดยใน UG/Moldflow Interface จะออกแบบตัว Model เฉพาะทาง ซึ่งจะนำไปใช้ใน เอกสาร Moldflow Finite Element Analysis Programs และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่

การออกแบบและโครงสร้างของ UG/Moldflow Interface (Design/Structure of UG/Mold Interface) ใน UG/Moldflow Interface จะแบ่งเป็นส่วนได้ ดังนี้

1. คำแนะนำ (Introduction)

จะให้ข้อมูลทั่วไป ซึ่งเกี่ยวกับการ Design และ Structure ของ UG/Moldflow Interface ซึ่งจะให้คำอธิบายการทำงานระหว่าง UGII และ Moldflow

การเข้าถึง UG/Moldflow ในที่นี้การเข้าถึง UG/Moldflow โดยเลือก Application → GFEM Plus จาก Menu bar ก่อนการเข้าถึง UG/Moldflow ควรที่จะสร้าง Model ซึ่งจะนำมาทำการวิเคราะห์ (Analysis) ใน Moldflow ก่อน ไม่ว่าจะเป็น Solid Modeling หรือจะเป็น Surface Modeling.

ความสัมพันธ์ของ Moldflow และ Unigraphics Moldflow คือ เครื่องมือที่จะสร้าง Finite Element Model และมี Application ในการช่วยให้ ฐานข้อมูล (Database) ซึ่งจะทำงานบน Model ใน Unigraphic การทำงานระหว่างกันของ Moldflow จะทำได้ดี โดยต้องใช้ Standard hardware และ User Interface

Control Node List (CNL) จะเป็น Node ที่ช่วยในการทำ Mesh โดย Create จาก Lines, Curve และ Edge โดยเป็น Node ที่เชื่อมต่อระหว่าง Surface ซึ่งจะมี Element ในแต่ละ Surface Outlines จะเป็น Line ซึ่งเป็น ขอบเขตหรือโครงสร้างบน Model

Coordinate System จะมีสามประเภทจะบ่งบอก Coordinate บน UG/Moldflow คือ Rectangular, Cylindrical และ Spherical โดย Define Node และ Load จะกำหนดเป็น Coordinate และในส่วนของผลการวิเคราะห์ โดยอาจจะ Postprocessor ในเทอมของ Coordinate System

2. ตัวแปรใน UG/Moldflow (UG/Moldflow Parameters)

UG/Moldflow parameter อนุญาตให้สามารถควบคุมการทำงานบน Model โดยการเข้า Application → Preference โดยจะมี parameter ดังนี้

- Node จะควบคุม จำนวนและตำแหน่งของ Node
- Element จะควบคุมขนาดและคุณสมบัติของ Element
- Mesh จะควบคุมการกระทำของการ Mesh
- Post จะควบคุมผลลัพธ์หลังจากการ Analysis โดย Moldflow

- Color จะควบคุมสีบน Model
- Transform จะควบคุมการเปลี่ยนและแก้ไข Object บน Model
- FEM Display จะควบคุม Display ของ Finite Element Model
- FEM Model Bounds จะควบคุม Boundary บน Model
- Coordinate System จะควบคุม Coordinate
- Midsurface จะควบคุม Midsurface ในการ Display และในการคำนวณ Thickness
- Edge Display จะควบคุม Edge บน Model on Surface

3. การสร้างผิวกลาง (Generating Midsurface)

ในหัวข้อนี้ จะอธิบายการสร้างผิวกลาง (Midsurface) ในระหว่างผิวที่ถูกเลือกสองผิว และรวมไปถึงการแก้ไข Sheet หรือ Surface โดยไม่จำเป็นต้องออกไปจาก UG/Moldflow Application

Function ในการสร้าง Midsurface มีได้ดังนี้

- สร้าง Midsurface ระหว่าง ผิว 2 ผิวที่ถูกเลือกไว้
- การสร้าง Surface model จาก Modeling

4. Preprocessor

Preprocessor นี้จะใช้ในการสร้างและแก้ไข UG/Moldflow Finite Element Model

5. Object Selection Subfunction

จะอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการมาตรฐานในการเลือก Object ใน UG/Moldflow

6. รูปแบบสำหรับที่จะวิเคราะห์ (Formatting For Analysis)

โดยรูปแบบที่จะใช้ในการสร้างไฟล์ ในการวิเคราะห์ ซึ่งจะประกอบด้วย Node และ Element บน Model ซึ่ง ไฟล์ นี้จะเป็น Input ที่จะนำเข้าวิเคราะห์ใน Moldflow Analysis Program

7. ผลลัพธ์ที่นำกลับมาจากการวิเคราะห์ (Retrieve Analysis Results)

โดย Function นี้จะใช้ในการเก็บ Output ที่ได้มาจาก Moldflow Finite Element Analysis Program กับ Unigraphics Part File

8. Postprocessing

ซอฟต์แวร์นี้จะใช้ในการแสดง UG/Moldflow Analysis Results ซึ่งจะเป็นผลเกี่ยวกับ ความดัน(Pressure), เวลา (Time), อุณหภูมิ (Temperature) และ ผลของ Element ขณะถูก อัตราแรงเฉือน(Shear rate) และความเค้นเฉือน (Shear stress)

2.2.5 การติดต่อระหว่าง UG และ IGES (UG/IGES Interface)

1. คำแนะนำ (Introduction)

UG/IGES Interface Package จะช่วยให้สามารถส่งถ่ายข้อมูลที่น่าระหว่าง UG Database และ IGES ไฟล์ โดยมี IGES ไฟล์ จะใช้โดยโมดูลใน UG Activity

IGES (Initial Graphics Exchange Specification) กล่าวคือ จะเป็นผู้นำแบบของ ไฟล์ มาตรฐานกลาง สำหรับที่จะเปลี่ยนผลจากข้อมูลนี้ได้กำหนดไว้ในระบบของ CAD/CAM ที่แตกต่างกัน

IGES Function Components ใน UG/IGES Interface จะประกอบไปด้วย 4 ส่วน คือ

- Conversion Processor จะเป็นตัวเปลี่ยนข้อมูล (data) ระหว่าง UG และ IGES
- Tape Utility จะส่งถ่าย IGES ไฟล์ ระหว่าง Disk และ Tape
- Format Utility จะทำการจัดรูปแบบ UG/IGES
- Reformat Utility จะสามารถทำการ Edit IGES ได้

2. User Interaction

ใน IGES Utility จะเป็นการทำงานระหว่าง Program ซึ่งจะเปลี่ยน ไฟล์ ระหว่าง IGES และ Unigraphics

UG/IGES Mode ใน User Interaction

1) Conversion Mode

(1). UG to IGES-Single จะเป็นการแปลง Part ไฟล์ ใน UG ให้เป็น IGES ไฟล์ ใน IGES โดยเป็นแค่ไฟล์ต่อไฟล์

(2). UG to IGES-Multiple จะเป็นการแปลง Part ไฟล์ ใน UG ให้เป็น IGES ไฟล์

ใน IGES โดยทำได้หลายๆ ไฟล์ โดยแต่ละไฟล์จะต้องให้เปลี่ยนเป็นตามลำดับ

(3). IGES to UG-Single จะเป็นการแปลง IGES ไฟล์ ให้เป็น Part ไฟล์ใน UG โดย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีโหมดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ทำได้แค่ไฟล์ต่อไฟล์

(4). IGES to UG-Multiple จะเป็นการแปลง IGES ไฟล์ ใน IGES ให้เป็น Part ไฟล์ ใน UG โดยทำได้หลายๆ ไฟล์ โดยแต่ละไฟล์จะต้องเปลี่ยนเป็นตามลำดับ

2) Input File Name

โดย Input File Name จะเป็นการให้ใส่ชื่ออินพุตไฟล์ ที่ต้องการเปลี่ยน

3) Output File Name

โดย Output File Name จะเป็นการให้ใส่ชื่อเอาต์พุตไฟล์ ที่ต้องการจะให้เป็น

4) Tape Parameter

จะเป็นตัวจัดลำดับในการเขียนและอ่านไฟล์ในเทป หลังจากทำการเปลี่ยนแล้ว

5) Processing Option

จะเป็นออฟชั่น (Option) ในการให้ค่า (Specify) ในการเปลี่ยนที่ได้ทำการให้ค่าใน หัวข้อ 1) - 4) แล้วข้างต้น [6]

2.3 ชนิดของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

แม่พิมพ์ฉีดเป็นแม่พิมพ์ที่มีการนำมาใช้ในการผลิตชิ้นงานพลาสติกกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะกับพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics) และในปัจจุบันมีการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือฉีดพลาสติกและแม่พิมพ์ฉีดให้สามารถฉีดชิ้นงานพลาสติกที่ทำจากพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติง (Thermosetting Plastics) ได้อีกด้วย ทำให้ขอบเขตการใช้งานของแม่พิมพ์ฉีดกว้างขวางยิ่งขึ้น การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดมักจะพิจารณาจากลักษณะรูปร่างของชิ้นงานเป็นหลัก ซึ่งลักษณะรูปร่างของชิ้นงานสามารถจัดเป็นกลุ่มได้ดังนี้

- ก. ชิ้นงานที่ปราศจากร่องหรือบ่า เช่น ถ้วยแก้ว ขาม หวี เป็นต้น
- ข. ชิ้นงานที่มีร่องหรือบ่าด้านนอก เช่น เกลียวดัวผู้ หลอดด้าย เป็นต้น
- ค. ชิ้นงานที่มีร่องหรือบ่าด้านใน เช่น ฝาเกลียว เป็นต้น
- ง. ชิ้นงานที่มีร่องหรือบ่าทั้งด้านนอกและด้านใน เช่น ชิ้นส่วนของปากกาหมึกซึมที่มีทั้งเกลียวนอกและเกลียวใน เป็นต้น

จากลักษณะของชิ้นงานดังกล่าว ทำให้มีการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดชนิดต่างๆ กันเพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างตามต้องการได้ ดังนี้

1. แม่พิมพ์ฉีดแบบสองแผ่น (Two-plate Injection Mold) เป็นแม่พิมพ์แบบง่ายๆ ที่ใช้ผลิตชิ้นงานที่ปราศจากร่องหรือบ่า ลักษณะของแม่พิมพ์แบบนี้จะมีเส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์เพียงเส้นเดียวหรือมีช่องเปิดสำหรับปลดชิ้นงาน แกนรูวิ่งและแกนรูฉีดเพียงช่องเดียวเท่านั้น

2. แม่พิมพ์ฉีดแบบแยกด้านข้าง (Split Mold) เป็นแม่พิมพ์ฉีดที่ออกแบบสำหรับชิ้นงานที่มีร่องหรือปาด้านนอก ส่วนของเบ้าจะแยกเป็นชิ้นส่วนหลายชิ้นที่สามารถเลื่อนได้และควบคุมให้อยู่ในตำแหน่งด้วยกรอบบังคับ (Chase Bolster) ชิ้นส่วนที่ประกบกันเป็นเบ้าของแม่พิมพ์เคลื่อนที่ได้โดยอาศัยอุปกรณ์หรือกลไกต่างๆ เช่น สลักเฉียง ขาเตะสปริง ลูกสูบและกระบอกสูบ เป็นต้น

3. แม่พิมพ์ฉีดแบบคลายเกลียว (Unscrewing Mold) เป็นแม่พิมพ์ฉีดที่ออกแบบสำหรับผลิตชิ้นงานที่มีร่องหรือปาด้านใน เช่น ชิ้นงานที่มีเกลียวใน การขึ้นรูปเกลียวจะอาศัยส่วนแกนแม่พิมพ์(core)ที่เป็นเกลียวและออกแบบให้มีระบบปลดหรือคลายเกลียวโดยอัตโนมัติ การปลดชิ้นงานที่เป็นเกลียวลักษณะนี้มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น ในกรณีที่เป็นการผลิตชิ้นงานจำนวนน้อยชิ้น ส่วน Core ที่เป็นเกลียวอาจนำใส่แม่พิมพ์ด้วยมือ เมื่อสิ้นสุดขบวนการฉีดแล้ว จึงนำชิ้นงานและส่วนcoreออกมาคลายเกลียวข้างนอกด้วยมือหรือมอเตอร์ขนาดเล็ก สำหรับการผลิตชิ้นงานจำนวนมากขึ้น การคลายเกลียวของส่วน Core อาจจะเป็นแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติก็ได้ อุปกรณ์ที่ใช้คลายเกลียวอาจใช้มือควบคุมหรือใช้เฟลาเกลียวหยาบหรือเกลียวหลายปาก หรือใช้ระบบเฟืองนพเคราะห์ (Planetary Gear)

4. แม่พิมพ์ฉีดแบบสามแผ่น (Three Plate Mold) แม่พิมพ์ฉีดแบบสามแผ่นเป็นแม่พิมพ์ฉีดที่ออกแบบให้มีเส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์สองเส้นหรือมีช่องเปิดของแม่พิมพ์สองช่อง ส่วนใหญ่จะใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดที่ต้องการให้มีระบบปลดแกนรูฉีกรูปร่างและรูเข้าออกจากชิ้นงานโดยอัตโนมัติ กล่าวคือ เมื่อสิ้นสุดขบวนการฉีด แม่พิมพ์จะแบบเปิดออกตามแนวเส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์เส้นที่หนึ่ง ซึ่งในส่วนนี้จะประกอบด้วยแกนรูฉีดและรูฉีกรูปร่าง ในขณะเดียวกันก็จะแยกแกนรูเข้าออกจากชิ้นงานด้วย หลังจากนั้นเมื่อแม่พิมพ์เลื่อนเปิดต่อไป ก็จะแยกเปิดออกตามแนวเส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์เส้นที่สองอีกชั้นหนึ่ง เพื่อปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ข้อควรระวังในการออกแบบก็คือ การเปิดของแม่พิมพ์ตามแนวเส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์เส้นที่หนึ่งจะต้องเปิดกว้างเพียงพอที่จะให้แกนรูฉีด, แกนรูฉีกรูปร่างและแกนรูเข้าล่องหล่นจากแม่พิมพ์ได้สะดวก

5. แม่พิมพ์ฉีดแบบรูฉีกร้อน (Hot-runner Injection Molds) แม่พิมพ์ฉีดแบบรูฉีกร้อนหรือบางครั้งจะเรียกว่า แม่พิมพ์ฉีดแบบปราศจากรูฉีกรูปร่างหรือรูฉีด (Sprueless or Runnerless Mold) เป็นแม่พิมพ์ที่ได้รับการออกแบบเพื่อลดปัญหาที่เกิดจากระบบป้อนของแม่พิมพ์ ทำให้แม่พิมพ์แบบอิมเพรสชันเดียว ไม่มีแกนรูฉีดติดอยู่และแม่พิมพ์แบบหลายอิมเพรสชันจะไม่มีแกนรูฉีด แกนรูฉีกรูปร่างและแกนรูเข้าติดอยู่ที่ชิ้นงานเมื่อสิ้นสุดขบวนการฉีด เป็นการช่วยประหยัดพลาสติกที่ต้องสูญเสีย

เอกสารนี้ไปกับระบบป้อนอีกวัสดุทั้งนี้นอกจากนี้ยังลดเวลาในการตกแต่งชิ้นงานและปลดแกนรูเข้าออกจากชิ้นงานภายหลังได้อีกด้วย ระบบป้อนของแม่พิมพ์จะออกแบบเป็นพิเศษ โดยให้มีตัวทำความร้อนติด

อยู่เพื่อให้ความร้อนแก่ระบบป้อนทำให้พลาสติกที่อยู่ในระบบป้อนมีสภาพหลอมอยู่ตลอดเวลา พร้อมทั้งจะถูกฉีดเข้าสู่อิมเพรสชั่นของแม่พิมพ์ (Mold Impression) สำหรับผลิตชิ้นงานชิ้นต่อไปได้ ทำให้ระยะเวลาในการฉีดชิ้นงานพลาสติกแต่ละชิ้นสั้นลงเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณการผลิต เนื่องจากจะต้องมีการออกแบบระบบป้อนเป็นพิเศษทำให้แม่พิมพ์ชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับการผลิตชิ้นงานจำนวนมากชิ้นจึงจะคุ้มทุน

6. แม่พิมพ์ฉีดแบบชั้น (Stack Molds) ในการผลิตชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กและยาวหรือมีขนาดบางแต่กว้าง เช่น กรรไกร ไม้แขวนเสื้อ ฝาดังต่างๆ เป็นต้น ในแม่พิมพ์อาจมีหลายอิมเพรสชั่นจนเต็มเนื้อที่ของแผ่นแม่พิมพ์แล้วก็ตาม แต่ยังคงมีเนื้อพลาสติกหลอมค้างอยู่ในกระบอกล็อคอีกมาก กล่าวคือปริมาณเนื้อพลาสติกหลอมที่เครื่องฉีดพลาสติกสามารถผลิตได้ในแต่ละรอบของการฉีดนั้นมีเหลืออยู่มาก เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์จากเนื้อพลาสติกหลอมที่เครื่องผลิตได้นี้ อาจทำได้โดยการออกแบบแม่พิมพ์ให้มีแผ่นแม่พิมพ์ซ้อน ๆ กันหรือทำแผ่นแม่พิมพ์หลาย ๆ ชั้นนั่นเอง [5]

2.4 หลักในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

1. เลือกชนิดของทางเดินของพลาสติกและทางเข้าแบบต่างๆ (Runners and Gates) ให้เหมาะสม

- ทางเดินของพลาสติก(runner) คือส่วนหนึ่งของการฉีดขึ้นรูปที่ไม่ได้เป็นส่วนประกอบใด ๆ ของชิ้นงานที่ต้องการฉีดขึ้นรูป
- ระบบทางเดินของพลาสติก(runner) เป็นเสมือนช่องทางเดิน ที่ให้วัสดุจำพวกพลาสติกที่หลอมเหลว ได้เคลื่อนตัวจากจุดทางเข้าของแม่พิมพ์ไปสู่ทางเข้าของชิ้นงานฉีด
- ทางเข้าของพลาสติกเหลวสู่ชิ้นงาน (Gate) คือ หน้าตัดของทางเดินพลาสติกในตำแหน่งที่จะป้อนเนื้อพลาสติกเข้าสู่เบ้าของแม่พิมพ์ (Cavity)

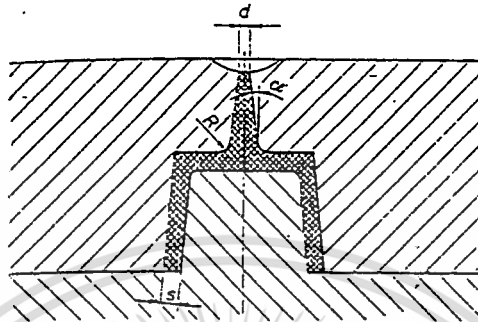
โดยที่เส้นทางการไหลของพลาสติกเหลวเข้าสู่เบ้าของแม่พิมพ์นั้น ควรจะเป็นทางเดินที่มีความสั้นที่สุดเพราะจะช่วยให้ความดันในการฉีดพลาสติกเหลวน้อยลง และชนิดกับตำแหน่งของ Runner กับ Gate จะมีความสำคัญต่อ

- คุณสมบัติของชิ้นงานที่ได้ (Properties of The Mold Part)
- ค่าพิกัดความเผื่อของชิ้นงาน (Tolerance)
- รอยเชื่อมต่อของน้ำพลาสติกเหลวในการฉีด (Weld Line)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า จากที่กล่าวมาทำให้เราสามารถแยกประเภทของ Gate และ Runner ออกได้ดังนี้

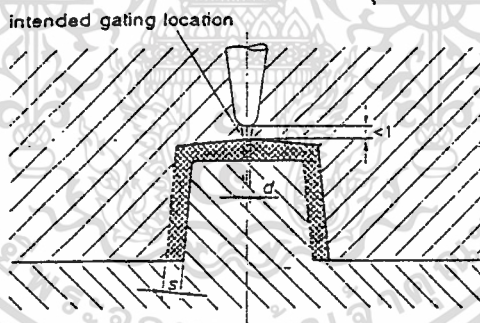
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏและขอสงวนสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sprue โดยทั่วๆ ไปแล้วมักจะถูกนำมาใช้กับส่วนที่มีผนังที่หนา หรือสำหรับพลาสติกที่มีความหนืดสูง และ Sprue จะถูกตัดออกจากชิ้นงานพลาสติกภายหลังจากที่ฉีดเสร็จแล้ว



ภาพที่ 2.5 แสดง Sprue

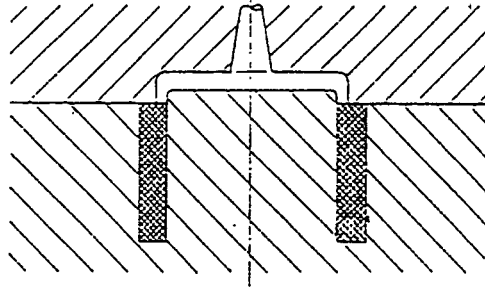
- ทางเข้าแบบรูเข็ม (Pinpoint Gate) จะตรงกันข้ามกับแบบ Sprue คือ Pinpoint Gate จะถูกดึงออกจากชิ้นงานฉีดโดยอัตโนมัติ และสามารถที่จะปลดออกได้ด้วยแรงดันของลม



ภาพที่ 2.6 แสดง Pinpoint Gate

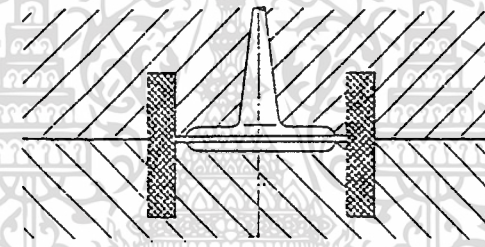
- ทางเข้าแบบไดอะแฟรม (Diaphragm Gate) จะเป็นประโยชน์กับชิ้นงานที่เป็นรูปทรงท่อ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด Weldline แต่บางครั้งอาจจะมีความจำเป็นในการใช้เครื่องจักรกลเพื่อหรือปาดเอา Diaphragm Gate ซึ่งเป็นส่วนเกินออกจากชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 แสดง Diaphragm Gate

- ทางเข้าแบบจาน (Disk Gate) เช่นเดียวกัน Disk Gate มักจะนำไปใช้กับชิ้นงานที่มีรูปร่างทรงกระบอกเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด Weldline และจะช่วยจัดการเกิดการบิดตัวได้ในกรณีที่การฉีดนั้นเป็นการฉีดพลาสติกที่ใช้เส้นใยในการเสริมแรง



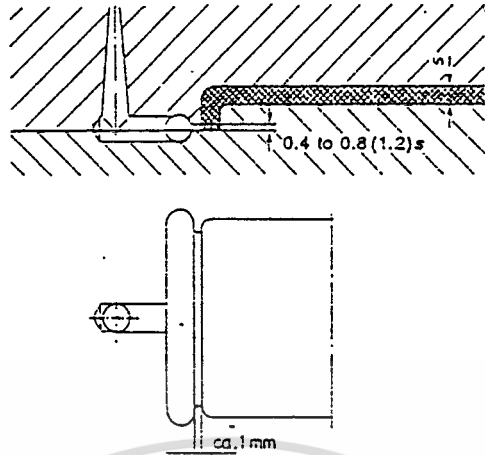
ภาพที่ 2.8 แสดง Disk Gate

- ทางเข้าแบบฟิล์ม (Film Gate) รูปร่างแบบนี้คือ Gate ที่เข้าขอบแบบสี่เหลี่ยมที่มีขนาดยาว ใช้สำหรับการผลิตชิ้นงานขนาดใหญ่ที่มีผนังบางซึ่งสามารถยืดหยุ่นตัวโดยปกติจะวางตำแหน่งรูเข้าขนานไปตลอดความกว้าง (ด้านแคบ) ของชิ้นงาน แต่ในขั้นแรกอาจจะใช้ให้มีขนาดความกว้างที่เล็กกว่าได้ หากสามารถใช้งานได้เป็นที่พอใจซึ่งอาจจะปรับแต่งได้ภายหลัง เหมาะกับการใช้กับพลาสติกทุกชนิดและใช้ได้ดีเป็นพิเศษกับพลาสติกที่มีการหดตัวไม่เท่ากันซึ่งไม่สามารถใช้ระบบ Runner แบบป้อนเข้าตรงศูนย์กลางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

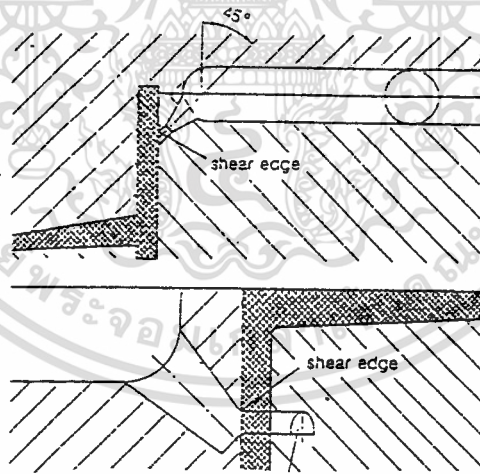
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

037010



ภาพที่ 2.9 แสดง Film Gate

- Submarine Gate เป็นรูเข้าใต้ผิวประกบของแม่พิมพ์เป็นรูเข้าแบบวงกลม หรือวงรี ที่ฝังอยู่ใต้ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ เพื่อป้องกันพลาสติกเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์ การเปิดแม่พิมพ์และปลดชิ้นงานออก จะทำการตัดเอารูทางเข้านี้ออกจากชิ้นงานโดยอัตโนมัติ วิธีการแบบนี้ จะใช้ในการป้องกันพลาสติกเหลวเข้าทางด้านข้างของชิ้นงาน



ภาพที่ 2.10 แสดง Submarine Gate

2. เลือกและออกแบบ ระบบการควบคุมอุณหภูมิในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกให้เหมาะสม

เนื่องจากชนิดอันหลากหลายของพลาสติกที่ใช้ฉีดความร้อนที่ต้องถูกถ่ายเทออกจากแม่พิมพ์ในอัตราต่างๆ กัน สิ่งที่ถูกนำมาใช้ในการถ่ายเทความร้อนออกจากแม่พิมพ์ โดยมากมักจะเป็นน้ำกับน้ำมัน การถ่ายเทความร้อนออกจากแม่พิมพ์ นับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะจะมีผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ชิ้นงานจากการฉีดมีคุณสมบัติต่างๆ ไปจากเดิมได้ ดังนั้นการออกแบบระบบการถ่ายเทความร้อนหรือการควบคุมอุณหภูมิ จึงจำเป็นอย่างยิ่งกับแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

จากการที่พลาสติกที่ร้อน (หลอมเหลว) ถูกฉีดเข้าไปสู่แม่พิมพ์ และเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว จนถึงอุณหภูมิที่พลาสติกแข็งตัวเพียงพอที่จะคงรูปร่างของชิ้นงานเอาไว้ได้ การที่เย็นตัวอย่างรวดเร็วจำเป็นจะต้องดึงเอาความร้อนออกมาโดยใช้ระบบระบายความร้อน (Cooling System) น้ำมักจะถูกเลือกใช้เพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิมิให้สูงจนเกินไปทำให้ต้องใช้เวลานานในการแข็งตัวของพลาสติก โดยจะถูกส่งเข้าไปไหลเวียนในรูหรือร่องที่ทำขึ้นในแม่พิมพ์ ซึ่งเรียกว่า ทางน้ำหล่อเย็น หรือระบบระบายความร้อน (Cooling System)

การออกแบบระบบน้ำหล่อเย็นต้องออกแบบวางแผนทางการไหลให้ถูกต้องและได้ตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อผลที่ดีที่สุดและเหมาะสมกับคุณสมบัติของชิ้นงานที่ต้องการ

3. เลือกชนิดของการปลดชิ้นงาน (Types of Ejection)

เนื่องจากการเย็นตัวของพลาสติกที่หลอมเหลว ชิ้นงานพลาสติกจะเกิดการหดตัว ซึ่งโดยมากแล้วจะหดตัวรัดติดกับส่วนที่เป็นแกนของแม่พิมพ์ (Mold Cores) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบระบบการปลดชิ้นงานให้เหมาะสม ซึ่งระบบการปลดชิ้นงาน (Ejector) แบบต่าง ๆ เช่น

- แบบเข็มกระทุ้ง (Ejector Pins)
- แบบปลอกปลดชิ้นงาน (Ejector Sleeves)
- แบบแผ่นปลดชิ้นงาน, แบบแท่งปลดชิ้นงาน, แผงแหวนปลดชิ้นงาน
- แบบปลดโดยใช้แรงดันลม

แบบของการปลดซึ่งจะถูกนำมาเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับรูปทรงของชิ้นงาน แรงที่ใช้ในการปลดควรให้มีแรงน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อป้องกันการเกิดรอยยุบของชิ้นงาน และโดยมากแล้วระบบปลดชิ้นงานมักจะติดอยู่กับแม่พิมพ์ส่วนที่เป็นแกนของแม่พิมพ์ (Mold Core) มากกว่าที่จะติดตั้งอยู่ด้านบ่าของแม่พิมพ์ (Mold Cavity) เนื่องมาจากการหดตัวแล้วยึดติดกับส่วนของแกนแม่พิมพ์นั่นเอง [4]

บทที่ 3

การผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์

3.1 บทนำ

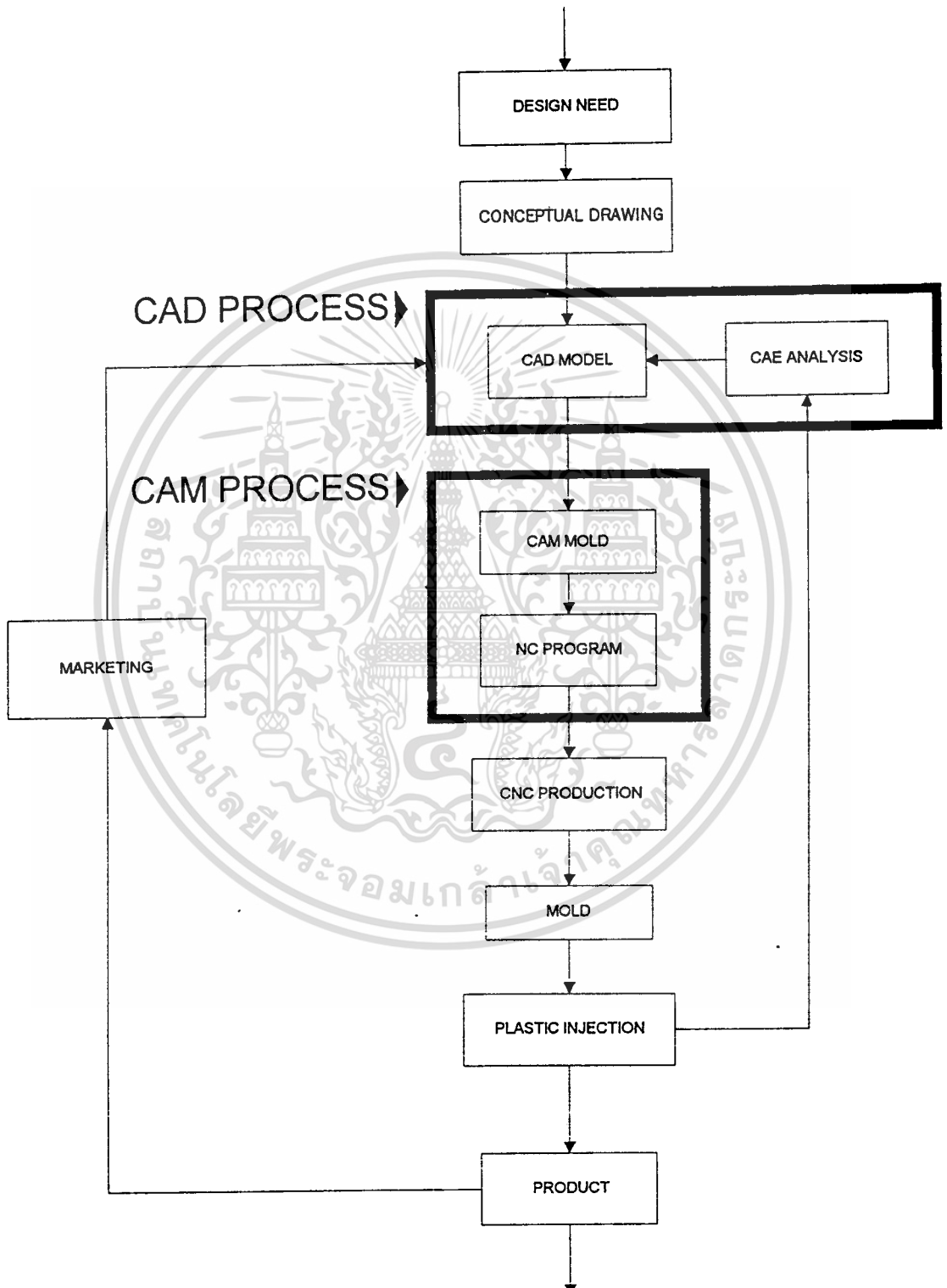
ในการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเริ่มต้นจากการนำเอาความต้องการชิ้นงานอุปกรณ์ จากภาคอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นความคิดพื้นฐานของแต่ละชิ้นงาน (Conceptual Drawing) อย่างเช่นภาพคร่าวๆของรูปแบบชิ้นงาน ขนาดคร่าวๆที่จำเป็นรวมทั้งหน้าที่การทำงาน (Function) ที่จะใช้จากชิ้นงานนั้น จากนั้นนำเอาข้อมูลของขนาดรูปทรงอย่างคร่าวๆไปออกแบบในซอฟต์แวร์ ที่ช่วยในการออกแบบวิศวกรรม CAD (Computer Aided Design) ซึ่งจะช่วยลดขั้นตอนยุ่งยากในการออกแบบ พร้อมทั้งเห็นภาพและขนาดจริงๆทั้งที่เป็นสองมิติและสามมิติได้ ทำให้สามารถแก้ไขเมื่อต้องการได้ทันที เมื่อสร้างชิ้นงานเสร็จแล้วก็จะนำเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์และตรวจสอบแบบชิ้นงานว่าสามารถทนต่อสภาวะของแรงที่มากระทำจากการใช้งานจริง ๆ ได้หรือไม่ รวมทั้งวิเคราะห์การฉีดพลาสติกเพื่อให้ทราบว่าผลจากการฉีดได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่อย่างไร เพื่อนำไปสู่การแก้ไขแม่พิมพ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานได้ด้วยโดยใช้ซอฟต์แวร์ เพื่อช่วยวิเคราะห์ CAE (Computer Aided Engineering)

หลังจากออกแบบเสร็จแล้ว นำเอามิติและขนาดของแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้ นำไปออกแบบการจำลองเส้นทางของมีดกัด (Tool Path) โดยใช้ CAM (Computer Aided Manufacturing) โดยจะต้องทราบถึงขั้นตอนในการกัดเป็นอย่างดี โดยจะเริ่มจากการกัดแม่พิมพ์โดยใช้ดอกกัดหยาบ การกัดละเอียดตลอดจนการเผื่อความหนาสำหรับที่จะนำมาขัดให้เป็นผิวสำเร็จหลังจากนั้นก็สามารรถนำ Tool Path มาทำการ Postprocess เป็น NC Program (G-Code) ซึ่งจะนำไปสู่ขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์ต่อไป

เมื่อได้ NC Program แล้ว นำเอาชิ้นวัตถุดิบไปผ่านขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน (แม่พิมพ์) โดยอาศัยเครื่อง CNC โดยใช้โปรแกรมคำสั่งที่ได้จากขั้นตอน CAM เพื่อสร้างแต่ละชิ้นส่วน จากนั้นนำไปประกอบและทดสอบแม่พิมพ์ (Mold) ว่าสามารถทำงานได้ตามต้องการหรือไม่ แล้วจึงนำไปติดตั้งบนเครื่องฉีดพลาสติก (Plastic Injection Mold Machine) เพื่อทำการผลิตชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้เป็นจำนวนมาก ๆ เพื่อป้อนสู่ภาคอุตสาหกรรมต่อไป

ชิ้นงานที่ได้ออกแบบมาแล้วสามารถนำไปใช้งานได้ทันที ในภายหน้าถ้าต้องการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเพื่อปรับปรุงรูปทรงตามความต้องการของตลาดแล้ว สามารถนำเอาข้อมูลเก่าที่เก็บไว้นำไปแก้ไขเฉพาะส่วนที่ต้องการเพื่อนำไปสู่การผลิตได้อีก โดยไม่ต้องเริ่มออกแบบใหม่หมด

ภาพที่ 3.1 จะเป็น Block Diagram ที่แสดงขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้คอมพิวเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ภาพที่ 3.1 Block Diagram แสดงขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

3.2 การออกแบบแม่พิมพ์ด้วย CAD บนซอฟต์แวร์ UGII

โดยปกติแล้ว การจะสร้างชิ้นงานจากความต้องการทางภาคอุตสาหกรรมนั้น จะได้มาจากการสร้างชิ้นงานต้นแบบ หรือว่าการเขียนภาพฉายโดยให้คนเขียนขึ้นมา วิธีการดังกล่าวมีข้อเสียคือ ช้า การตรวจสอบข้อมูลระหว่างการเขียนแบบและชิ้นงานต้นแบบทำได้ไม่สะดวก การแก้ไขข้อมูลหรือข้อผิดพลาดมีความยุ่งยาก ซึ่งการใช้ CAD (Computer Aided Design) จะช่วยได้หมด

ภาพสเก็ตช์ (Sketch) ที่จะนำมาออกแบบในส่วนของ CAD ได้มาจาก

- (1) Drawing ของชิ้นงานที่มีอยู่แล้ว พร้อมทั้งขนาดและมาตราส่วนของชิ้นงาน
- (2) Model โดยจากต้นแบบของจริง ทำการวัดขนาดเพื่อนำมาวาดภาพ Sketch แล้วกำหนดขนาดชัดเจน
- (3) Conceptual โดยจะเป็นชิ้นงานที่คิดขึ้นเอง กำหนดขนาดเองเพื่อความเหมาะสม

Unigraphics II เป็นหนึ่งในซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD สามารถช่วยในการออกแบบชิ้นงานได้อย่างดี ชิ้นงานที่สร้างใน Unigraphics II นี้ จะถูกสร้างให้เป็นรูปทรงตัน (Solid Model) อันเกิดจากรูปทรงพื้นฐานทางเรขาคณิต (Primitive Solid) หรือจะสร้างเป็นรูปทรงที่เกิดจากการนำเอาพื้นผิวรูปแบบต่างๆมาต่อติดกันจนหุ้มบริเวณหรือปริมาตรหนึ่งๆอยู่ แต่ภายในกลวง (Surface Model) ซึ่งไม่ว่าจะสร้างชิ้นงานเป็นแบบ Solid Model หรือ Surface Model จะถูกเก็บข้อมูลเป็นพารามетริก (Parametric) หรือเก็บชิ้นส่วนแต่ละชิ้นในรูปของสมการทางเรขาคณิต เช่น ถ้าต้องการสร้างทรงกลม เราจำเป็นต้องระบุรัศมีและตำแหน่งของทรงกลมที่จะถูกสร้างขึ้น

ชิ้นงานในโครงการนี้เป็นชิ้นที่จะถูกนำไปผลิตขึ้นโดยขั้นตอน Plastic Injection ดังนั้นการออกแบบจึงจะต้องสอดคล้องกับการนำไปสร้างและใช้งานได้จริงด้วย

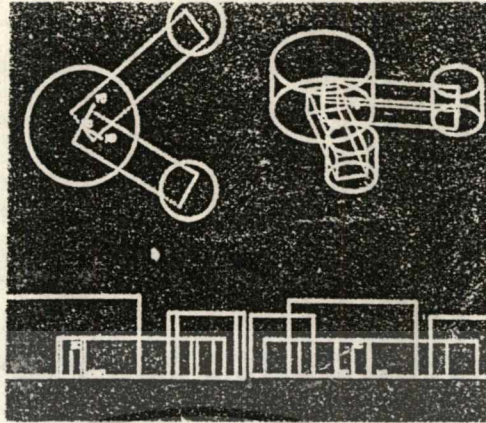
3.2.1 การออกแบบชิ้นงาน

ในการออกแบบชิ้นงาน จะทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างแท่งทรงกระบอกใหญ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 มม. สูง 25 มม. และทรงกระบอกเล็กอีกสองอันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 มม. สูง 20 มม. โดยจุดศูนย์กลางของทรงกระบอกเล็กห่างจากทรงกระบอกใหญ่ 50 มม. และ 60 มม. ตามลำดับ ซึ่งมุมระหว่างทรงกระบอกทั้งสามโดยมีจุดศูนย์กลางของทรงกระบอกใหญ่เป็นจุดยอดมุมทำมุมกัน 70 องศา

2. สร้างแท่งสี่เหลี่ยมเพื่อเป็นขาเชื่อมระหว่างทรงกระบอกเล็กและทรงกระบอกใหญ่ ขนาดหน้าตัดกว้าง 14 มม. สูง 12 มม. วางตัวในแนวรัศมีจากจุดศูนย์กลางของทรงกระบอกใหญ่ไปจนถึงทรงกระบอกเล็กทั้งสอง ดังภาพที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แสดงการสร้างทรงกระบอกและแท่งสี่เหลี่ยม

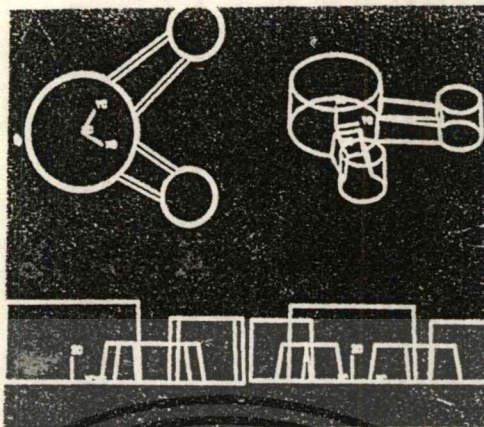
3. เนื่องจากไม่ว่าจะเป็นทรงกระบอกหรือแท่งสี่เหลี่ยมที่สร้างขึ้นมานั้นจำเป็นต้องระบุดลงไปว่าชิ้นส่วนแต่ละชิ้นที่ให้สร้างนั้นจะสร้างขึ้นเฉยๆ หรือว่าจะนำไปรวม (Unite) หรือไม่ก็นำไปหักออก (Subtract) จากชิ้นส่วนอื่นที่ซ้อนทับกันอยู่

เราจึงระบุให้แท่งสี่เหลี่ยมที่เป็นขาทั้งสองข้างและทรงกระบอกทั้งสามรวมกัน (Unite) ซึ่งจะทำให้ปริมาตรส่วนที่เกิดการซ้อนทับกันระหว่างชิ้นส่วนใดๆสองชิ้น (หรือมากกว่า) รวมเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นชิ้นส่วนที่สร้างมาแล้วห้าชิ้นจึงรวมเป็นเนื้อเดียวกันแต่ข้อมูลของแต่ละชิ้นยังคงถูกเก็บไว้อย่างครบถ้วนและพร้อมที่จะแก้ไขได้

4. ขยายความกว้างของขาตรงส่วนที่เชื่อมกับทรงกระบอกใหญ่ทั้งสองข้างโดยใช้คำสั่ง Taper ขยายออกให้ทำมุมกับแนวรัศมี 6 องศา และ 8 องศา ตามลำดับ คำสั่งนี้จะทำให้ชิ้นส่วนมีรูปทรงเรียวไปในทิศทางหนึ่งทิศทางใดตามที่เราระบุ โดยจะต้องกำหนดความเรียวเป็นองศาที่ทำมุมกับทิศทางเรียวที่กำหนดไว้ก่อนแล้ว เช่นกันใช้คำสั่ง Taper ทรงกระบอกทั้งสามให้เรียวลูเข้าทางด้านบนโดยให้องศาความเรียว 1.5 องศา และ Taper แท่งสี่เหลี่ยมที่เป็นขาทั้งสองให้เรียวลูเข้าทางด้านบนเช่นกัน ทำมุมองศาความเรียว 10 องศา

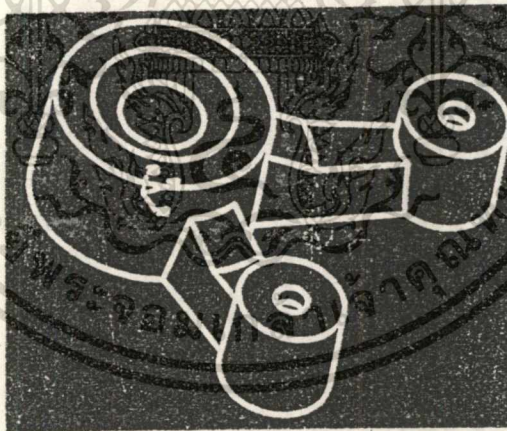
ที่จำเป็นต้องทำ Taper ชิ้นส่วนทั้งหมดก็เพราะต้องการให้ชิ้นงานสามารถปลดออกจากแม่พิมพ์ได้สะดวก การ Taper ถือเป็นส่วนสำคัญมากในการออกแบบชิ้นงานพลาสติกสามารถสังเกตเห็นได้ในผลิตภัณฑ์ทำจากพลาสติกทั่วไป ดังภาพที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 แสดงการทำเทเปอร์ (Taper) ชิ้นงาน

5. เสริมขอบของขาให้ยกขึ้นโดยใช้คำสั่ง Chamfer ที่จำเป็นต้องทำการ Chamfer ตรงนี้ เพื่อทำให้เกิดความแข็งแรงของชิ้นงานในการต้านทานแรงบิดแรงเฉือนที่จะเกิดขึ้นเมื่อนำชิ้นงานไปใช้งาน และยังสร้างความสวยงามด้วย ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แสดงการทำแชมเฟอร์ (Chamfer) และเจาะรูด้านบนของทรงกระบอกทั้งสาม

6. เจาะรูด้านบนของทรงกระบอกใหญ่ให้ลึกลงไป 3 มม. จากผิวด้านบนของทรงกระบอกแล้วทำการ Taper ให้ปากรูบานออกทำมุม 120 องศา ส่วนแท่งทรงกระบอกเล็กทั้งสอง เจาะรูลึก 4 มม. การเจาะรูสามารทำได้โดยการสร้างแท่งทรงกระบอกขนาดเท่ารูที่ต้องการเจาะ แล้วนำไปลบ (Subtract) ชิ้นงานที่ต้องการเจาะรู

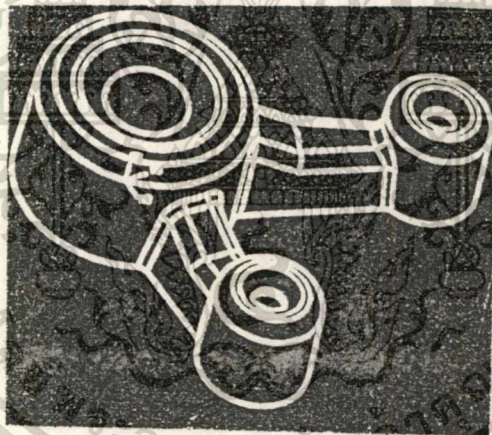
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ต้องทำการเจาะรูของแท่งทรงกระบอกทั้งสามก็เพราะจะทำให้แท่งทรงกระบอกสามารถรับแรงกดในแนวรัศมีของทรงกระบอกได้มากกว่าเดิม ดังภาพที่ 3.4

7. ทำการลบมุม (Blend) ส่วนที่เป็นรอยต่อเชื่อมระหว่างขากับแท่งทรงกระบอกทั้งสามด้วยรัศมีเท่ากับ 2 มม. ส่วนขอบที่เหลือทั้งหมดของทรงกระบอกทั้งสามและแท่งสี่เหลี่ยมที่เป็นขาทำการลบมุมด้วยรัศมีเท่ากับ 3 มม. ที่จำเป็นต้องใช้รัศมีเท่ากับ 3 มม. ก็เพราะต้องการกำหนดค่าให้สอดคล้องกับมีดกัด Ball Nose ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. ซึ่งเราใช้ในการกัดแม่พิมพ์ ดังนั้นในส่วนของมุมอับใดๆในแม่พิมพ์ จำเป็นต้องมีรัศมีอย่างน้อยเท่ากับ 3 มม. เพื่อให้ดอกกัดสามารถเข้าไปกัดได้

การที่ทำการลบมุมก็เพื่อความแข็งแรงของชิ้นงาน ทั้งนี้เพราะชิ้นงานที่มีรอยต่อเป็นมุมแหลมจะเกิดแตกหรือทนต่อความล้าได้น้อยกว่าส่วนที่มีความโค้งมน และยังทำให้เกิดความสวยงามด้วย ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 แสดงการลบมุม (Blend) ที่รอยต่อของชิ้นงาน

8. ถึงขั้นนี้เราก็ได้รูปทรงของชิ้นงานที่สมบูรณ์ แต่การที่จะนำไปทำชิ้นส่วนพลาสติกจะต้องคำนึงถึงความยากง่ายในการฉีดขึ้นรูปเป็นพลาสติก การหล่อเย็น และเวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นด้วย รวมถึงการหดตัวของพลาสติกเมื่อเย็นตัวลง

ถ้าสมมุติว่าชิ้นงานในโครงนี้ มีรูปร่างเป็นชิ้นงานตันๆจะทำให้ส่วนที่หนาสุดของชิ้นงานมีความหนาถึง 45 มม. ทำให้ใช้พลาสติกปริมาณมากและยังทำให้ใช้เวลาในการหล่อเย็นมาก ที่สำคัญจะทำให้เกิดการเย็นตัวไม่เท่ากัน โดยส่วนที่มีความบางกว่าจะเย็นตัวได้เร็วกว่าแต่ส่วนที่หนาจะเย็นตัวช้ากว่า ทำให้เกิดการหดตัวไม่เท่ากันทั่วทั้งชิ้น อาจก่อให้เกิดการบิดตัวของชิ้นงานไม่วางกรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดบังแสงและต้องอ้างอิงถึงเงาของชิ้นงานที่พิมพ์ออกมาเพื่อใช้

หรือทำให้เกิดการยุบตัวของส่วนที่หนาได้ ฉะนั้นการทำให้ชิ้นงานกลวงโดยให้มีความหนาจะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้

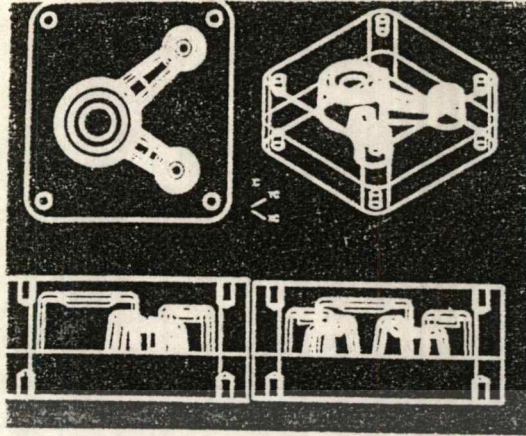
ดังนั้นการออกแบบให้ชิ้นงานมีแต่ความหนา โดยกำหนดความหนา 2 มม. ทำให้ชิ้นงานมีลักษณะคล้ายกลอง โดยอาศัยความสามารถของ Unigraphics ในคำสั่ง Hollow ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานคงรูปร่างภายนอกไว้ แต่จะเหลือความหนาของโครงเท่านั้น โดยจะมีปากที่เปิดออกหนึ่งพื้นผิว เราสามารถให้ชิ้นงานมีความหนาได้ตามต้องการ โดยระบุค่าลงไป ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 แสดงชิ้นงานหลังจากใช้คำสั่ง Hollow

3.2.2 การออกแบบแม่พิมพ์ตัวผู้ (Core Insert) และแม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity Insert)

เป็นการนำเอาชิ้นงานที่ได้ไปสร้างแม่พิมพ์ตัวผู้และแม่พิมพ์ตัวเมียโดยอาศัยการลบออก (Subtract) และการรวมกัน (Unite) เริ่มจากการสร้างแม่พิมพ์รูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด กว้าง 110 มม. ยาว 115 มม. หนา 32 มม. แล้วลบออกด้วยชิ้นงานในภาพที่ 3.6 โดยใช้คำสั่ง Subtract ก็จะได้แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity Insert) แล้วทำการดึงปริมาตรส่วนที่เป็นผลต่างของการ Subtract ตอนแรกมาทำแม่พิมพ์ตัวผู้ (Cavity Insert) โดยทำการสร้างฐานแม่พิมพ์แล้วนำมารวมกัน (Unite) กับปริมาตรที่ดึงออกมา ก็จะได้แม่พิมพ์ตัวผู้ (Cavity Insert) ตามต้องการ ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 แสดงภาพถ่ายของแม่พิมพ์ตัวผู้และตัวเมีย

3.3 การผลิตแม่พิมพ์ด้วย CAM บน ซอฟต์แวร์ UGII

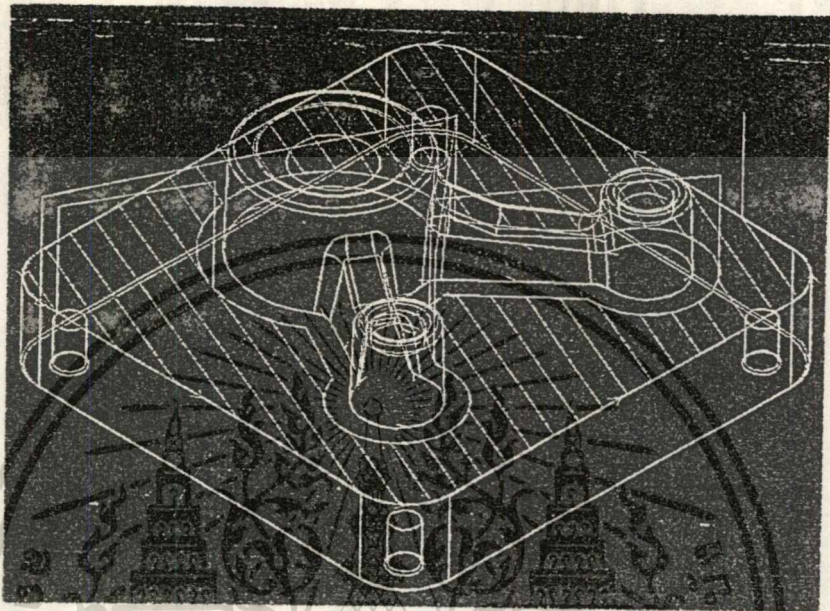
หลังจากออกแบบแม่พิมพ์ตัวผู้และแม่พิมพ์ตัวเมียสำเร็จแล้ว จากนั้นก็นำมาสร้าง NC Program เพื่อจะนำไปผลิตแม่พิมพ์บนเครื่อง CNC ในขั้นตอนต่อไป

3.3.1 แม่พิมพ์ตัวผู้ (Core Insert)

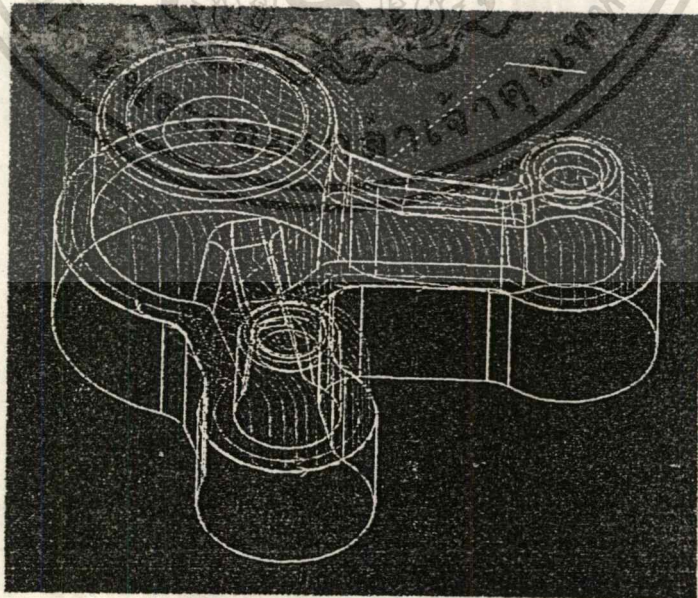
การสร้าง NC Program ของแม่พิมพ์ตัวผู้จะเริ่มจาก

1. ใช้ดอกกัด End Mill $\varnothing 10$ มม. กัดหยาบลงไปก่อน ดังแสดงการกัดในภาพที่ 3.8
2. ใช้ดอก Ball Nose $\varnothing 6$ มม. ตามเก็บลงไปอีกสองครั้ง โดยครั้งที่สองทางเดินดอกกัดจะตั้งฉากกับทางเดินดอกกัดครั้งแรก ดังแสดงในภาพ 3.9 และ 3.10 ตามลำดับ
3. จากการใช้ดอก Ball Nose กัด ทำให้เกิดพื้นผิวส่วนที่ดอก Ball Nose ไม่สามารถเข้าไปกัดรอบบริเวณขอบนอกชิ้นงานดังนั้นจึงทำการเก็บขอบนอกด้วยดอก End Mill $\varnothing 6$ มม. โดยจะทำการ Subtract ส่วนที่เป็นผิวสำเร็จแล้วออกให้เหลือแต่ส่วนขอบโดยรอบชิ้นงาน ดังแสดงทางเดินดอกกัดดังแสดงในภาพที่ 3.11
4. ทำการเก็บผิวด้านล่างของรูเล็กทั้งสองด้วยดอกกัด End Mill $\varnothing 6$ มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

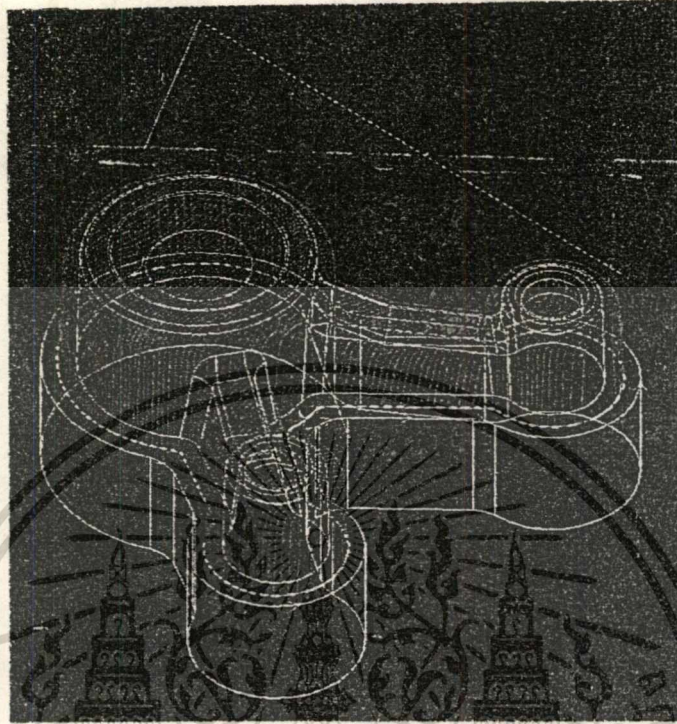


ภาพที่ 3.8 แสดงการกัดปาดพื้นล่างด้วยดอกกัด End Mill

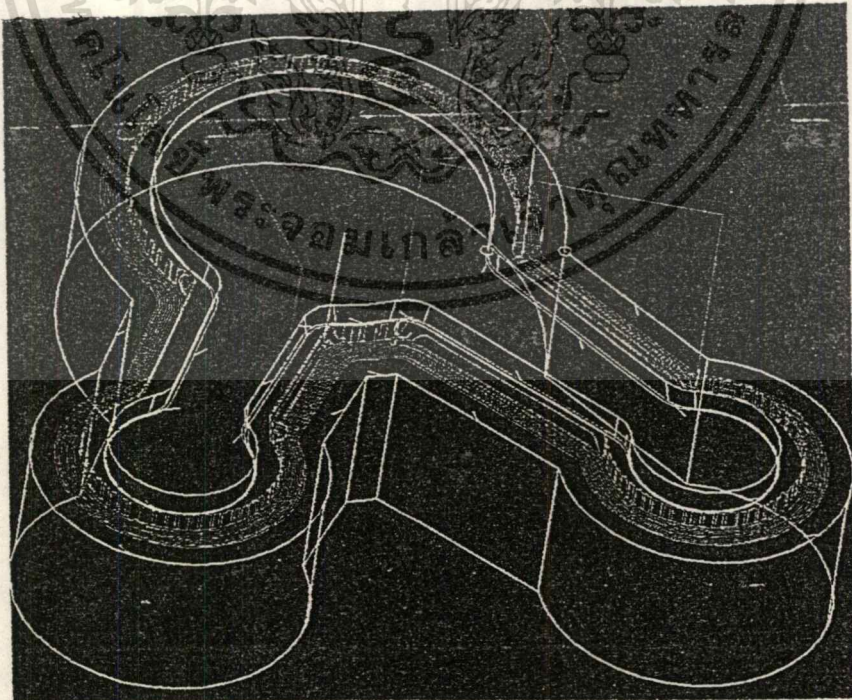


ภาพที่ 3.9 แสดงการกัดผิวข้างด้วยดอกกัด Ball Nose

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดก็ตามที่เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 แสดงการกัดผิวข้างในแนวตั้งจากกับครั้งแรก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ภาพที่ 3.11 แสดงการกัดเก็บขอบ แม่พิมพ์ตัวผู้ ด้วยดอกกัด End Mill
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดเบี่ยงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

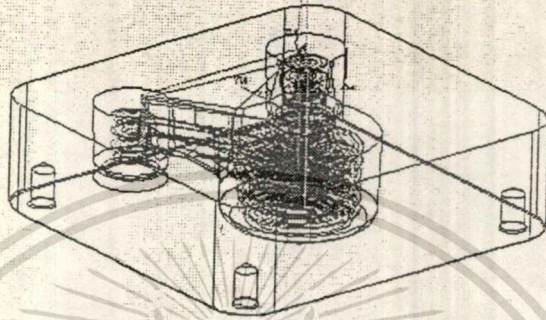
3.3.2 แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity Insert)

การสร้าง NC Program ของแม่พิมพ์ตัวเมีย เริ่มจาก

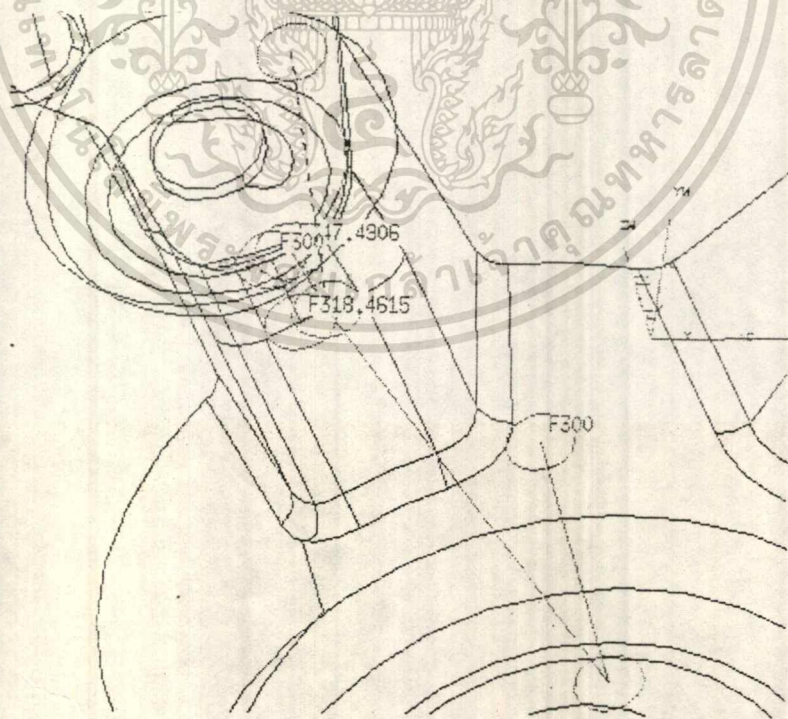
1. ทำการกัดหยาบ แบบ Cavity Milling ลงเป็นชั้นๆ ด้วยดอกกัด Ball Nose $\varnothing 10$ มม. ดังแสดงในภาพที่ 3.12
2. จากนั้นทำการกัดละเอียด ด้วยดอกกัด Ball Nose $\varnothing 6$ มม. ดังแสดงในภาพที่ 3.13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.12 แสดงการกักเก็บ Cavity



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ภาพที่ 3.13 แสดงการกักปิดพื้นผิวขาทั้งสองข้าง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

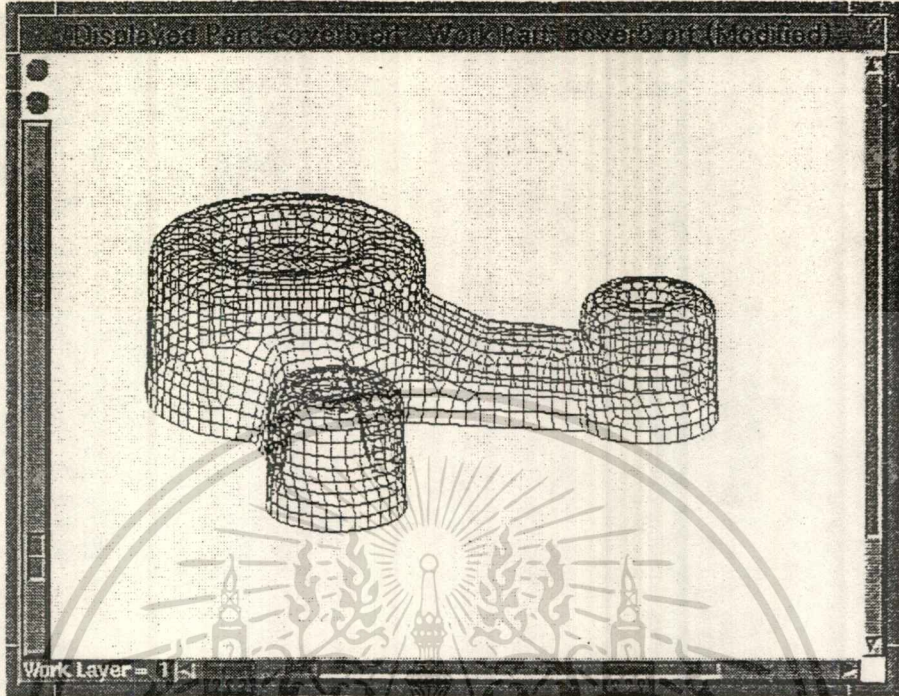
3.4 การวิเคราะห์การฉีดพลาสติกด้วย CAE บนซอฟต์แวร์ Moldflow

ในการวิเคราะห์ต้องสร้าง FEM (Finite Element Model) บน UGII เพื่อจะเป็นการ Preprocessor ในการที่นำ Part File ของชิ้นงานที่จะวิเคราะห์ (Cover.part) ไปวิเคราะห์บน Moldflow

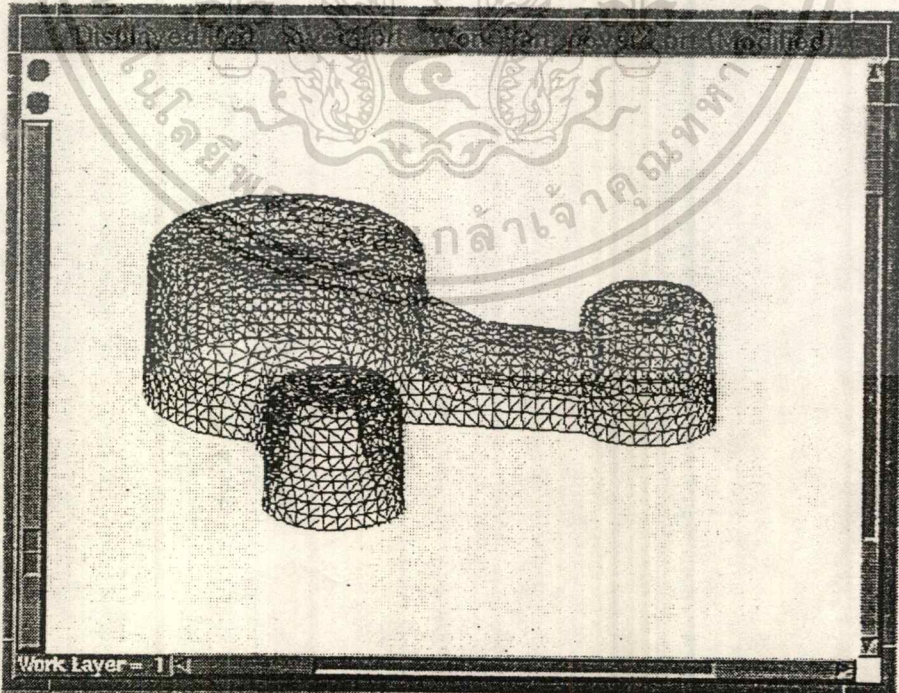
3.4.1 การทำ การติดต่อระหว่าง UG และ Moldflow

ทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เข้า Application → GFEM Plus ซึ่งเป็น โมดูล(Module) ในการช่วยสร้าง FEM
2. เลือก Preprocessor เพื่อเตรียมชิ้นงานก่อนทำการ วิเคราะห์
3. เลือก Midsurface ทำการสร้าง Midsurface จากชิ้นงาน Cover.prt โดยใช้วิธี Surface Between จะได้เป็น ผิวกกลางของชิ้นงาน ซึ่งเป็น Surface Model
4. เลือก Auto Shell Mesh ซึ่งจะทำกร Mesh บน Midsurface นั้น โดยที่ Node และ Element จะเป็นไปตามที่ได้ Specify ไว้ จะได้ภาพชิ้นงานที่ถูกทำการ Mesh เป็น Element แบบ Quadrilateral ดังภาพที่ 3.14
5. ทำการเปลี่ยน Element จาก Quadrilateral → Triangular ดังแสดงในภาพที่ 3.15
6. จะได้ Part File ที่เป็น Finite Element Model ของชิ้นงาน ที่พร้อมที่จะไปวิเคราะห์การฉีดพลาสติก บนซอฟต์แวร์ Moldflow ต่อไป



ภาพที่ 3.14 แสดงการ Meshing ในรูปแบบ Quadrilateral



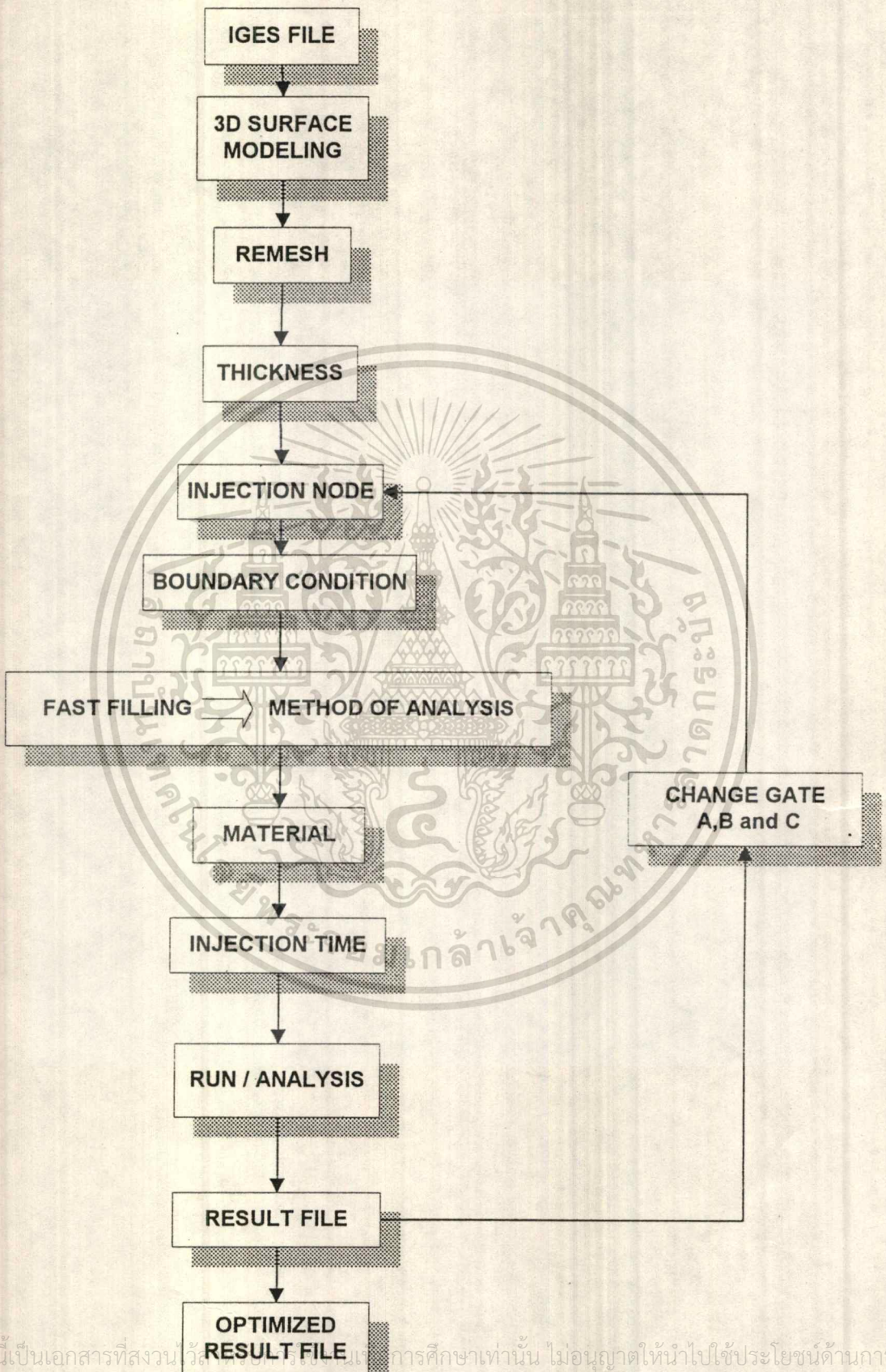
ภาพที่ 3.15 แสดงการ Meshing ในรูปแบบ Triangular

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 วิธีการทำ UG เป็น IGES

เหตุที่ทำให้ UG เป็น IGES เพราะว่า การที่ทำ Part File บน UG นั้น เมื่อเสร็จขั้นตอนการ Preprocessor แล้วนั้น ยังไม่สามารถที่จะการวิเคราะห์บน Moldflow ได้ทันทีเพราะฐานข้อมูล (Database) ของ UG และ Moldflow เป็นคนละโปรแกรมกัน จึงต้องเปลี่ยน File ใน UG ให้เป็น IGES เพื่อที่จะสามารถนำ File เข้าไป Run บน Moldflow ได้ เริ่มจาก

1. เข้า Module Activity เพราะ IGES อยู่ในโมดูลนี้
2. เลือก UG Translator
3. เลือก IGES
4. ให้ Conversion Mode: UG เป็น IGES - Simple เพราะจะทำ IGES เพียงไฟล์เดียว
5. ใส่ชื่อไฟล์ Cover.part ซึ่งจะเป็นไฟล์ที่ทำการ Preprocessor จาก GFEM Plus ที่ทำเตรียมไว้แล้ว
6. จะได้ไฟล์ Cover.IGS ซึ่งเป็น IGES ไฟล์ จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์บน Moldflow ต่อไป
7. ทำการ Postprocessor จะได้ IGES ไฟล์ พร้อมทั้งจะนำไปวิเคราะห์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่แบบลงมือและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 ภาพที่ 3.16 Block Diagram แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ การฉีดพลาสติกบน Moldflow

3.4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ การฉีดพลาสติก

การทดลองวิเคราะห์แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกนี้บน Moldflow จะเป็นไปตาม Block diagram ดังภาพที่ 3.16 เริ่มจาก

1. IGES File เปิดไฟล์ที่ได้สร้าง Midsurface จาก UGII พร้อมทั้งจะนำมาทำการวิเคราะห์บน Moldflow
2. 3D Surface Modeling เปลี่ยนโหมด(Mode) ให้แสดงแต่ 3D Surface Modeling
3. Remesh ทำการ Remesh ซึ่ง Moldflow จะทำการสร้าง Node และ Element โดยอัตโนมัติ โดยใช้หลักในการสร้าง Node และ Element ให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์
4. Thickness กำหนดค่าความหนาของชิ้นงาน จากที่ได้ทำการออกแบบบน CAD โดยให้ Thickness เท่ากับ 2 mm.
5. Injection Node จะเป็นเครื่องมือในการกำหนดจุดฉีดพลาสติกเข้าชิ้นงาน
6. Boundary Condition จะเป็นการกำหนดสภาวะขอบเขตของชิ้นงานตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนจุดสิ้นสุดของการฉีดบนชิ้นงาน
7. Method of Analysis โดยในการวิเคราะห์ในขั้นนี้ จะใช้วิธี Fast Filling
8. Material จะใช้วัสดุดิบ ซึ่งก็คือ พลาสติก ในการใช้พลาสติกในการวิเคราะห์ได้มาจากโรงงานโดยจะใช้พลาสติกชนิด PS10 ABS TAFLEX 450N-B MITSUBISHI-MONSANTO VI (240)136 JAN82 ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ ของพลาสติกนี้จะได้จาก Database ของ Moldflow กล่าวคือ จะมีคุณสมบัติดังนี้

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity) 0.0984 W/m^oC

ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) 2015.0 J/Kg.^oC

ความหนาแน่นเมื่อหลอมเหลว (Melt Density) 901.0 Kg/m³

อุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (Injection Temperature) 120.0 ^oC

อุณหภูมิเมื่อไม่มีการไหล (No Flow Temperature) 140.0 ^oC

(รายละเอียดอื่น ๆ ดูได้จาก Result File) [3]

9. Injection Time กำหนดช่วงเวลาในการฉีดให้เป็นอัตโนมัติ เพื่อว่าจะทราบถึงการใช้เวลาทั้งหมด ตั้งแต่เริ่มต้นทำการฉีดพลาสติกจนกระทั่งสิ้นสุดหรือไม่มีการไหลของพลาสติกอีกต่อไป

10. Run/Analysis ทำการวิเคราะห์การฉีดพลาสติกในชิ้นงานโดย Moldflow จะทำการวิเคราะห์ให้ได้ผล ณ เวลาต่างๆ เมื่อพลาสติกไหลเข้าชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอกการดำเนินงานไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงบนสื่อออนไลน์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. Result File เมื่อสิ้นสุดการวิเคราะห์ จะได้ Result File จะเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เป็นผลจากการวิเคราะห์ เช่น ความดัน (Pressure), อุณหภูมิ (Temperature), ความเค้นเฉือน (Shear Stress), อัตราแรงเฉือน (Shear Rate), อากาศที่ค้างอยู่ (Air Trap), รอยเชื่อมประสานพลาสติก (Weld Line), ความหนืด (Viscosity), ทิศทางการไหลและอื่นๆ

12. Change Gate (A,B,C) โดยการทดลองนี้จะให้ขั้นตอนทุกขั้นตอนเป็นไปตาม Block Diagram ดังกล่าว แต่จะให้ตัวแปรต้นเป็นการเปลี่ยนจุดฉีด (Inject Node) และตัวแปรตามคือผลซึ่งได้จากการวิเคราะห์บน Moldflow

A - จุดศูนย์กลางเฉลี่ยของชิ้นงาน

B - จุดศูนย์กลางวงกลมใหญ่

C - จุดศูนย์กลางวงกลมเล็ก

13. Optimized Result File ทำการเปลี่ยน Injection Node ในลักษณะต่างๆ แล้วทำการวิเคราะห์ใหม่ทั้งหมด ก็จะได้ Result File ออกมา

บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงาน

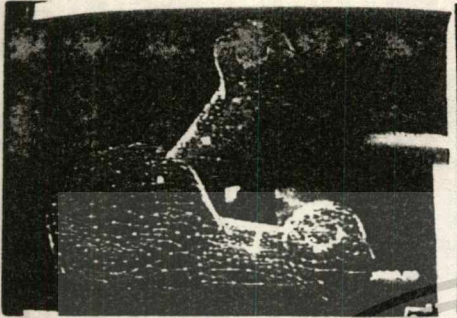
4.1 ผลการวิเคราะห์การฉีดพลาสติก

ผลจากการวิเคราะห์การจำลองสถานะการฉีดพลาสติกในการเติมเต็ม (Filling) บน Moldflow ที่จุดฉีด A , B และ C ได้ผลดังนี้

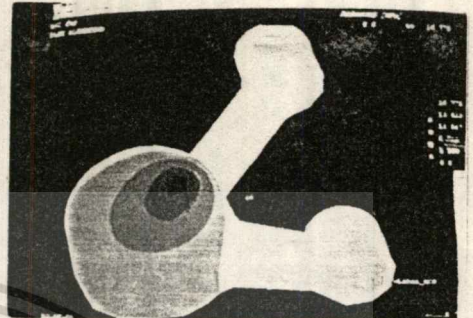


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

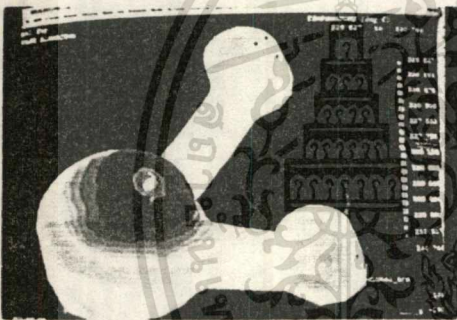
4.1.1 การวิเคราะห์ การฉีดพลาสติกที่จุดฉีด A



ภาพที่ A1 แสดงตำแหน่งจุดฉีด



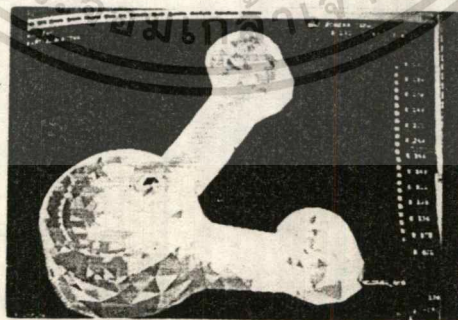
ภาพที่ A2 แสดงการกระจายความดัน



ภาพที่ A3 แสดงการกระจายอุณหภูมิ, Weld Line, Air Trap



ภาพที่ A4 แสดงทิศทางการไหล



ภาพที่ A5 แสดงการกระจายความเค้นเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิภาพที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ที่จุดฉีด A เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ การฉีดพลาสติกที่จุด A

MFL 5.3.1 9 SUMMARY -FINAL FILLING -FAST

* *

* FAST *

* FILLING ANALYSIS *

* *

Restart File

Restart File Name : NONE

Cooling Results

Cooling Interface File Name : NONE

Model Information

MODEL (master) file name : wichai_ans

1931 nodes, highest no.= 1931

3802 elements, highest no.= 3802

Maximum aspect ratio of 8.757 at element : 350

Minimum aspect ratio of 1.160 at element : 2390

Average aspect ratio of triangular elements : 1.870

Boundary Condition File

Boundary Condition File Name : test.bf3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Machine Settings

Maximum Injection Pressure : 100.00 MPa
 Maximum Clamp Tonnage : 10000.00 tonne

Material Information

Reading MOLDFLOW PVT001 from Standard database.

Material DATABASE type : MATDB <Standard>

SUPPLIER/file name : MITSUBI

GRADE code : P810

Material MODEL order : 1

Material description :

P810 ABS TAFLEX 450N-B MITSUBISHI-MONSANTO VI(240)136 JAN82

Conductivity 0.098400 W/m/degC

Specific Heat 2015.000000 J/kg/degC

Melt Density 901.000000 kg/cu.m

Ejection Temperature 120.000000 deg.C

No Flow Temperature 140.000000 deg.C

Viscosity

Temperature	Shear Rate	Viscosity
deg.C	1/s	Pa.s
220.000	100.000	890.160034
240.000	10000.000	26.802525
260.000	1000.000	105.622955

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ขออนุญาตไว้สำหรับใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Processing Conditions:

Generic Melt Temperature Minimum	200.000000 deg.C
Generic Melt Temperature Maximum	260.000000 deg.C
Generic Melt Temperature Suggested	230.000000 deg.C
Generic Mold Temperature Minimum	40.000000 deg.C
Generic Mold Temperature Maximum	80.000000 deg.C
Generic Mold Temperature Suggested	60.000000 deg.C
Generic Melt Temperature Absolute Maximum	280.000000 deg.C
Generic Maximum Shear Stress	0.300000 MPa
Generic Maximum Shear Rate	50000.000000 1/s

Material Compressibility : Factor
 Material Compressibility Factor : 10.00% (Pressure Drop 200.0 MPa)

Injection Node(s)

Number of injection nodes : 1

Injection node numbers : 100

Molding Conditions

Mold temperature : 60.00 deg.C

Melt temperature : 230.00 deg.C

Injection time : 1.40 sec

Total Volume : 16.56 cu.cm

Flow rate : 11.83 cu.cm/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output Options

No. intermediate results files : 0
 Time Series Step Mode : Constant Volume Increments
 Number of % Volume Increments : 20
 No. Restart Files : 0
 Screen Output Format : Short Format

Numerical Parameters

Pressure Iteration Limit : 1000
 Pressure Iteration Tolerance : 0.0005000
 Viscosity Iteration Limit : 10
 Viscosity Iteration Tolerance : 0.0100000
 Nodal Growth Mechanism : Multiple
 Growth Increment : 5.0 %
 Result File Core Name : test

* FILLING PHASE RESULTS SUMMARY *

Maximum - Minimum Values

Max Pressure (at Fill) : 16.1571 MPa
 Max Pressure (during cycle) : 16.1572 MPa
 Max Clamp Force (during cycle) : 4.4230 tonne
 Total projected area : 41.2848 sq.cm
 Actual injection time : 1.4045 sec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Min Temperature (at Fill) : 221.4700 deg.C
 Max Temperature (at Fill) : 234.5677 deg.C
 Min Temperature (flow front) : 224.9003 deg.C
 Max Temperature (flow front) : 230.7761 deg.C
 Max Shear Rate (at Fill) : 3706.6567 1/s
 Max Shear Rate (during cycle) : 4535.2925 1/s
 Max Shear Stress (at Fill) : 0.3771 MPa
 Max Shear Stress (during cycle) : 0.4001 MPa
 Max Solidification Time (Tri. Elements): 12.47 sec (Element 3774)
 Min Solidification Time (Tri. Elements): 11.60 sec (Element 349)

Throughputs

Node	Throughputs [cu.cm]
100	16.600

Pressure when Throughput exceeded Part Volume : 16.157 MPa
 Pressure when Displaced Ram Volume exceeded Part Volume : 16.157 MPa

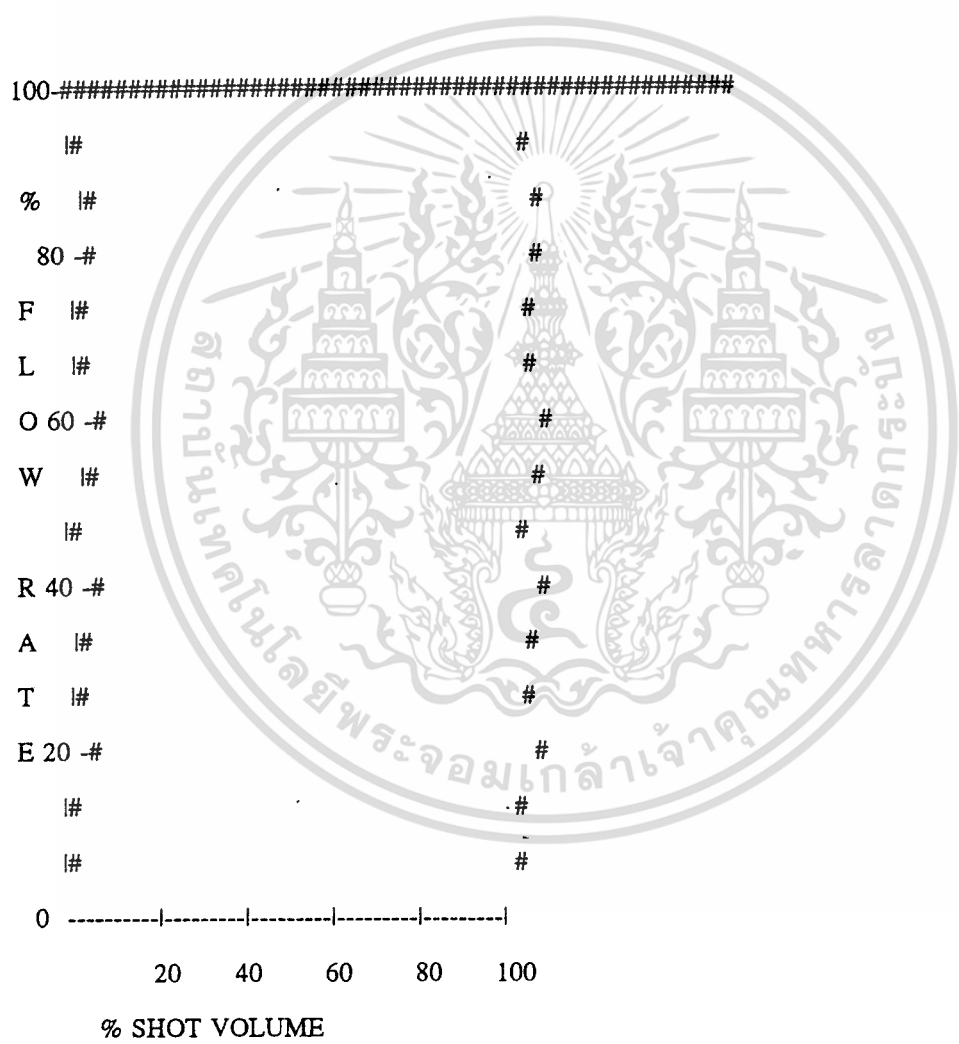
Output files produced

No. Restart File(s) : 0
 No. Intermediate Results File(s) : 0
 Nodal Result File : test.fnr
 Elemental Result File : test.fer
 Summary File : test.fsu
 Time Series File : test.fts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Actual Injection Profile

% Shot vol.	% Nom. flow rate
99.2	100.0
99.3	99.7
99.9	90.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analysis Display Summary

:-----:						
:	:	:	Flow rate	:	:	:
:	:	:	:-----:	:	:	:
:	Time	Volume	Actual	Nominal	Pressure	Clamp force:
:	sec	%	cu.cm/s	%	MPa	tonne
:-----:						
:	0.07116	5.08	11.825	100.00	2.58	0.01
:	0.14143	10.09	11.825	100.00	3.45	0.03
:	0.21169	15.10	11.825	100.00	4.01	0.05
:	0.28274	20.17	11.825	100.00	4.47	0.08
:	0.35314	25.20	11.825	100.00	4.82	0.11
:	0.42294	30.21	11.825	100.00	5.21	0.15
:	0.49317	35.21	11.825	100.00	5.61	0.20
:	0.56350	40.22	11.825	100.00	5.82	0.22
:	0.63534	45.34	11.825	100.00	6.25	0.28
:	0.70632	50.40	11.825	100.00	6.56	0.34
:	0.77713	55.44	11.825	100.00	6.99	0.43
:	0.84944	60.59	11.825	100.00	7.53	0.55
:	0.91989	65.61	11.825	100.00	7.86	0.63
:	0.99319	70.84	11.825	100.00	8.39	0.77
:	1.06440	75.91	11.825	100.00	9.31	1.06
:	1.13534	80.95	11.825	100.00	10.77	1.82
:	1.20730	86.07	11.825	100.00	11.22	1.98
:	1.27815	91.10	11.825	100.00	11.92	2.23
:	1.34933	96.15	11.825	100.00	15.25	3.99
:	1.39320	99.26	11.825	100.00	16.16	4.37
:	1.40198	99.86	10.717	90.63	16.16	4.42
:	1.40446	100.00	9.179	77.63	16.16	4.42
:-----:						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* Change to Press. Control at 99.3 % Shot Volume (1.39320 sec)

Pressure = 16.157 MPa

Filling Warning and Error Diagnostics

[FPISLV - 5] Estimated Numerical Error in Pressure Solver 0.08 %

Execution Times

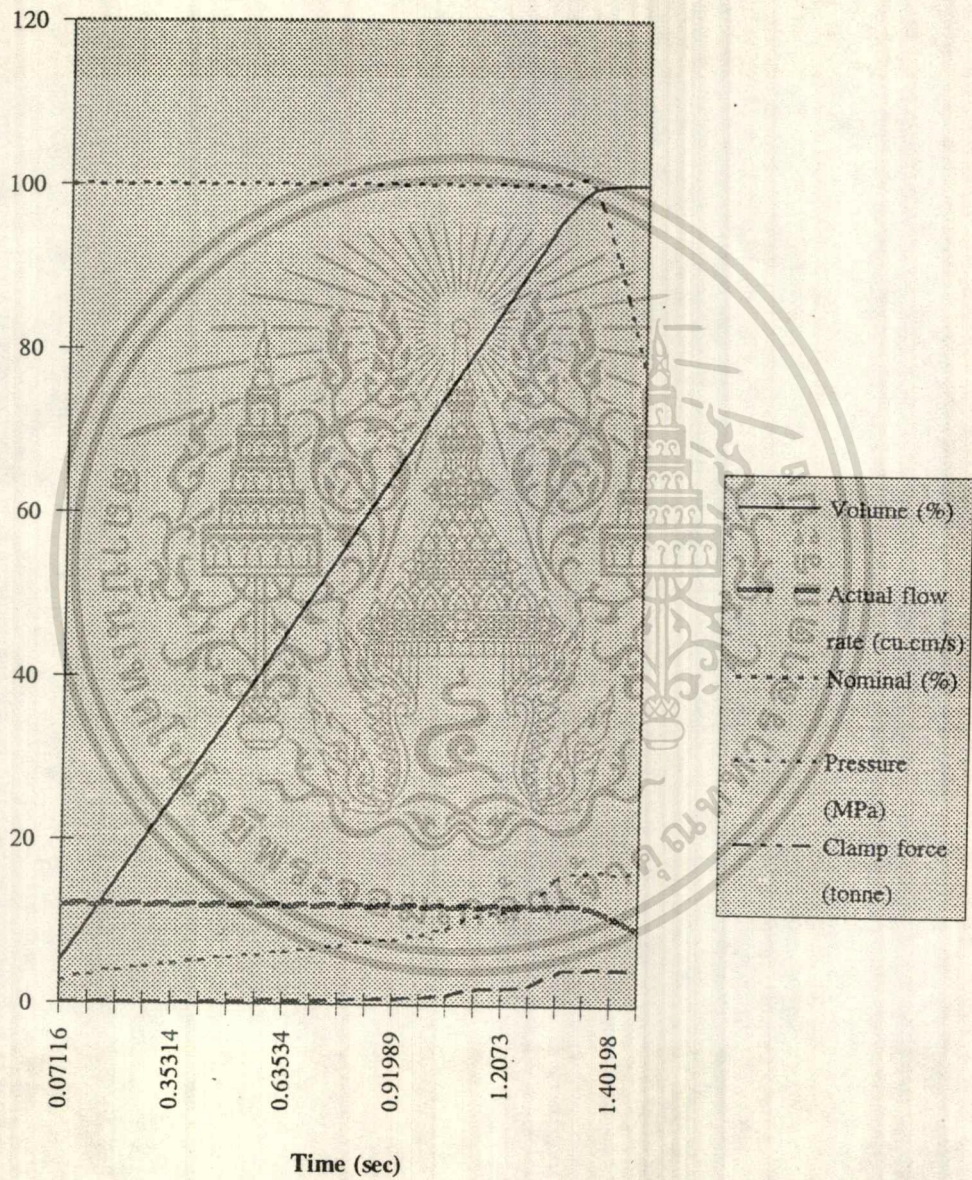
EXECUTED 28-FEB-95 14:14

COMPLETED 28-FEB-95 14:29



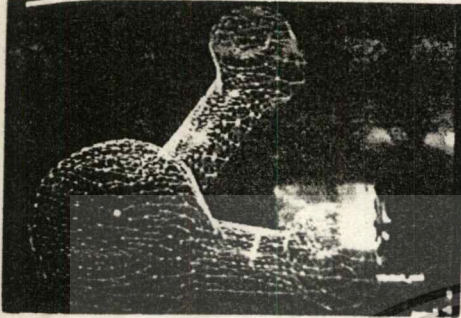
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analysis Display Summary point A.

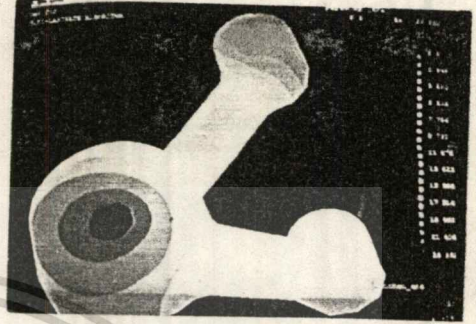


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งภาพที่ 4.2 กราฟแสดงตัวแปรในการวิเคราะห์เทียบกับเวลา (t) ที่จุดฉีด A การนำไปใช้

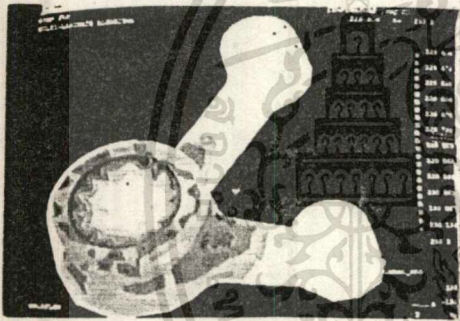
4.1.2 การวิเคราะห์ การฉีดพลาสติกที่จุดฉีด B



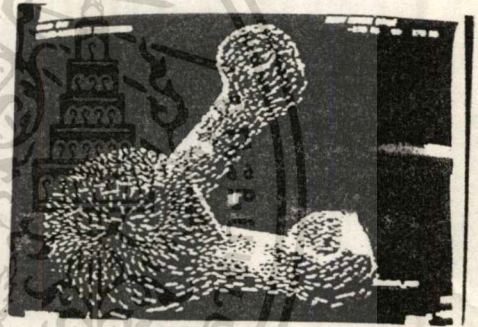
ภาพที่ B1 แสดงตำแหน่งจุดฉีด



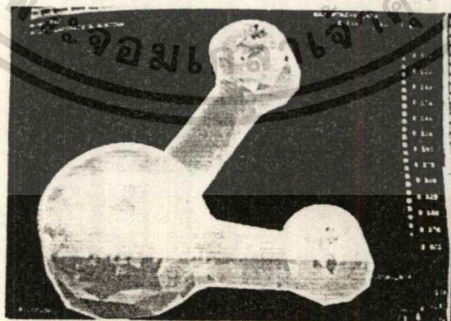
ภาพที่ B2 แสดงการกระจายความดัน



ภาพที่ B3 แสดงการกระจายอุณหภูมิ, Weld Line, Air Trap



ภาพที่ B4 แสดงทิศทางการไหล



ภาพที่ B5 แสดงการกระจายความเค้นเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาพที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ที่จุดฉีด B ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ การฉีดพลาสติกที่จุด B

MFL 5.3.1 9 SUMMARY -FINAL FILLING -FAST

* *
 * FAST *
 * FILLING ANALYSIS *
 * *

Restart File

=====

Restart File Name : NONE

Cooling Results

=====

Cooling Interface File Name : NONE

Model Information

=====

MODEL (master) file name : wichai_ans

1931 nodes, highest no.= 1931

3802 elements, highest no.= 3802

Maximum aspect ratio of 8.757 at element : 350

Minimum aspect ratio of 1.160 at element : 2390

Average aspect ratio of triangular elements : 1.870

Boundary Condition File

=====

Boundary Condition File Name : ex1.bf3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Machine Settings

Maximum Injection Pressure : 100.00 MPa

Maximum Clamp Tonnage : 10000.00 tonne

Material Information

Reading MOLDFLOW PVT001 from Standard database.

Material DATABASE type : MATDB <Standard>

SUPPLIER/file name : MITSUBI

GRADE code : P810

Material MODEL order : 1

Material description :

P810 ABS TAFLEX 450N-B MITSUBISHI-MONSANTO VI(240)136 JAN82

Conductivity 0.098400 W/m/degC

Specific Heat 2015.000000 J/kg/degC

Melt Density 901.000000 kg/cu.m

Ejection Temperature 120.000000 deg.C

No Flow Temperature 140.000000 deg.C

Viscosity

Temperature	Shear Rate	Viscosity
deg.C	1/s	Pa.s
220.000	100.000	890.160034
240.000	10000.000	26.802525
260.000	1000.000	105.622955

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Processing Conditions:

Generic Melt Temperature Minimum	200.000000 deg.C
Generic Melt Temperature Maximum	260.000000 deg.C
Generic Melt Temperature Suggested	230.000000 deg.C
Generic Mold Temperature Minimum	40.000000 deg.C
Generic Mold Temperature Maximum	80.000000 deg.C
Generic Mold Temperature Suggested	60.000000 deg.C
Generic Melt Temperature Absolute Maximum	280.000000 deg.C
Generic Maximum Shear Stress	0.300000 MPa
Generic Maximum Shear Rate	50000.000000 1/s

Material Compressibility : Factor

Material Compressibility Factor : 10.00% (Pressure Drop 200.0 MPa)

Injection Node(s)

Number of injection nodes : 1

Injection node numbers : 1462

Molding Conditions

Mold temperature : 60.00 deg.C

Melt temperature : 230.00 deg.C

Injection time : 1.40 sec

Total Volume : 16.56 cu.cm

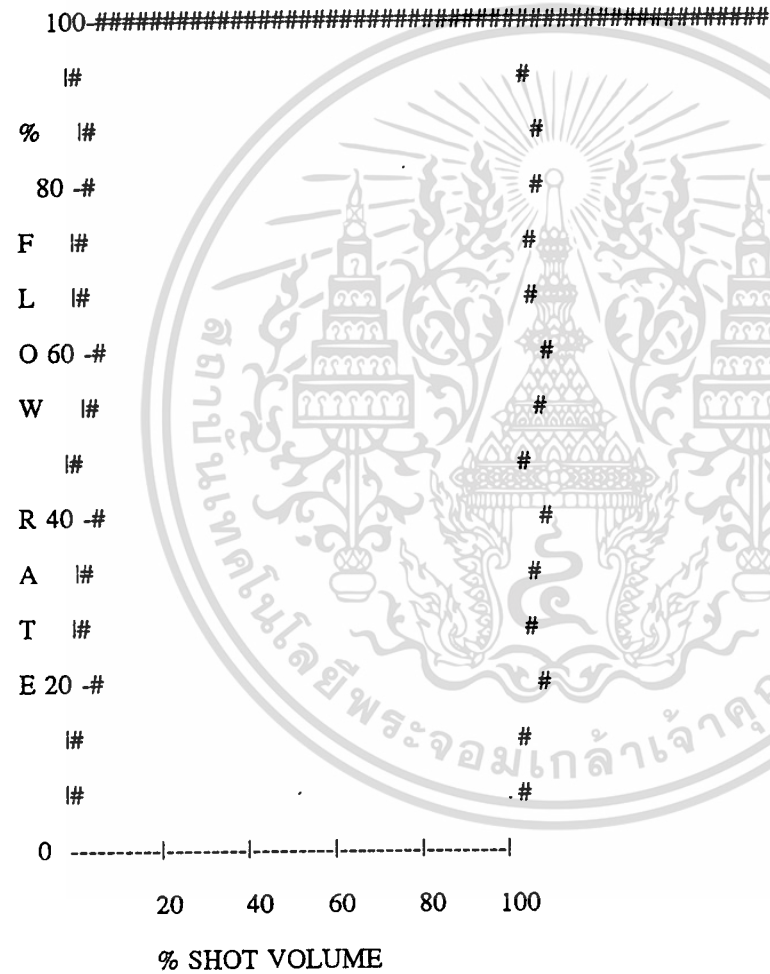
Flow rate : 11.83 cu.cm/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analysis Options

Nominal Injection Profile:

% Shot Vol	% Nominal Flow Rate
100.0	100.0



Maximum Flow Rate (Based on Profile) : 11.83 cu.cm/s

Constant Pressure Mode : Automatic

Change-over to Pressure : Automatic

Change-over Pressure Factor : 1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หงสึน อึกหังหามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output Options

No. intermediate results files : 0
 Time Series Step Mode : Constant Volume Increments
 Number of % Volume Increments : 20
 No. Restart Files : 0
 Screen Output Format : Short Format

Numerical Parameters

Pressure Iteration Limit : 1000
 Pressure Iteration Tolerance : 0.0005000
 Viscosity Iteration Limit : 10
 Viscosity Iteration Tolerance : 0.0100000
 Nodal Growth Mechanism : Multiple
 Growth Increment : 5.0 %
 Result File Core Name : ex1

* FILLING PHASE RESULTS SUMMARY *

Maximum - Minimum Values

Max Pressure (at Fill) : 16.7795 MPa
 Max Pressure (during cycle) : 16.7795 MPa
 Max Clamp Force (during cycle) : 4.4965 tonne
 Total projected area : 41.2848 sq.cm
 Actual injection time : 1.4047 sec
 Min Temperature (at Fill) : 220.9968 deg.C

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Max Temperature (at Fill) : 234.6136 deg.C
 Min Temperature (flow front) : 225.6271 deg.C
 Max Temperature (flow front) : 230.7444 deg.C
 Max Shear Rate (at Fill) : 3844.3274 1/s
 Max Shear Rate (during cycle) : 4603.4888 1/s
 Max Shear Stress (at Fill) : 0.3810 MPa
 Max Shear Stress (during cycle) : 0.4017 MPa
 Max Solidification Time (Tri. Elements): 12.48 sec (Element 3774)
 Min Solidification Time (Tri. Elements): 11.57 sec (Element 220)

Throughputs

Node	Throughput [cu.cm]
1462	16.604

Pressure when Throughput exceeded Part Volume : 16.780 MPa
 Pressure when Displaced Ram Volume exceeded Part Volume : 16.780 MPa

Output files produced

No. Restart File(s) : 0
 No. Intermediate Results File(s) : 0
 Nodal Result File : ex1.fnr
 Elemental Result File : ex1.fer
 Summary File : ex1.fsu
 Time Series File : ex1.fts

Actual Injection Profile

% Shot vol.	% Nom. flow rate
99.1	100.0
99.2	100.0
99.9	90.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analysis Display Summary

-----:
 : : : Flow rate : : :
 : : :-----: : : :
 : Time : Volume : Actual : Nominal : Pressure : Clamp force:
 : sec : % : cu.cm/s : % : MPa : tonne :
 -----:

: 0.07083	: 5.05	: 11.825	: 100.00	: 2.54	: 0.01	:
: 0.14150	: 10.10	: 11.825	: 100.00	: 3.34	: 0.02	:
: 0.21389	: 15.26	: 11.825	: 100.00	: 3.99	: 0.04	:
: 0.28444	: 20.29	: 11.825	: 100.00	: 4.44	: 0.06	:
: 0.35460	: 25.31	: 11.825	: 100.00	: 4.82	: 0.08	:
: 0.42454	: 30.32	: 11.825	: 100.00	: 5.19	: 0.12	:
: 0.49506	: 35.35	: 11.825	: 100.00	: 5.52	: 0.15	:
: 0.56589	: 40.39	: 11.825	: 100.00	: 5.87	: 0.20	:
: 0.63614	: 45.40	: 11.825	: 100.00	: 6.14	: 0.24	:
: 0.70651	: 50.41	: 11.825	: 100.00	: 6.68	: 0.34	:
: 0.77683	: 55.41	: 11.825	: 100.00	: 6.97	: 0.40	:
: 0.84939	: 60.58	: 11.825	: 100.00	: 7.57	: 0.55	:
: 0.92134	: 65.70	: 11.825	: 100.00	: 8.36	: 0.76	:
: 0.99199	: 70.74	: 11.825	: 100.00	: 9.29	: 1.04	:
: 1.06313	: 75.81	: 11.825	: 100.00	: 10.82	: 1.70	:
: 1.13414	: 80.86	: 11.825	: 100.00	: 11.45	: 1.91	:
: 1.20557	: 85.94	: 11.825	: 100.00	: 11.95	: 2.08	:
: 1.27714	: 91.02	: 11.825	: 100.00	: 12.49	: 2.28	:
: 1.34785	: 96.04	: 11.825	: 100.00	: 15.81	: 4.05	:
: 1.39258	: 99.20	: 11.825	: 100.00	: 16.78	: 4.46	:
: 1.40224	: 99.86	: 10.827	: 91.56	: 16.78	: 4.50	:
: 1.40468	: 100.00	: 9.331	: 78.90	: 16.78	: 4.50	:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 : 1.40468 : 100.00 : 9.331 : 78.90 : 16.78 : 4.50 :
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* Change to Press. Control at 99.2 % Shot Volume (1.39258 sec)

Pressure = 16.780 MPa

Filling Warning and Error Diagnostics

[FPISLV - 5] Estimated Numerical Error in Pressure Solver 0.09 %

Execution Times

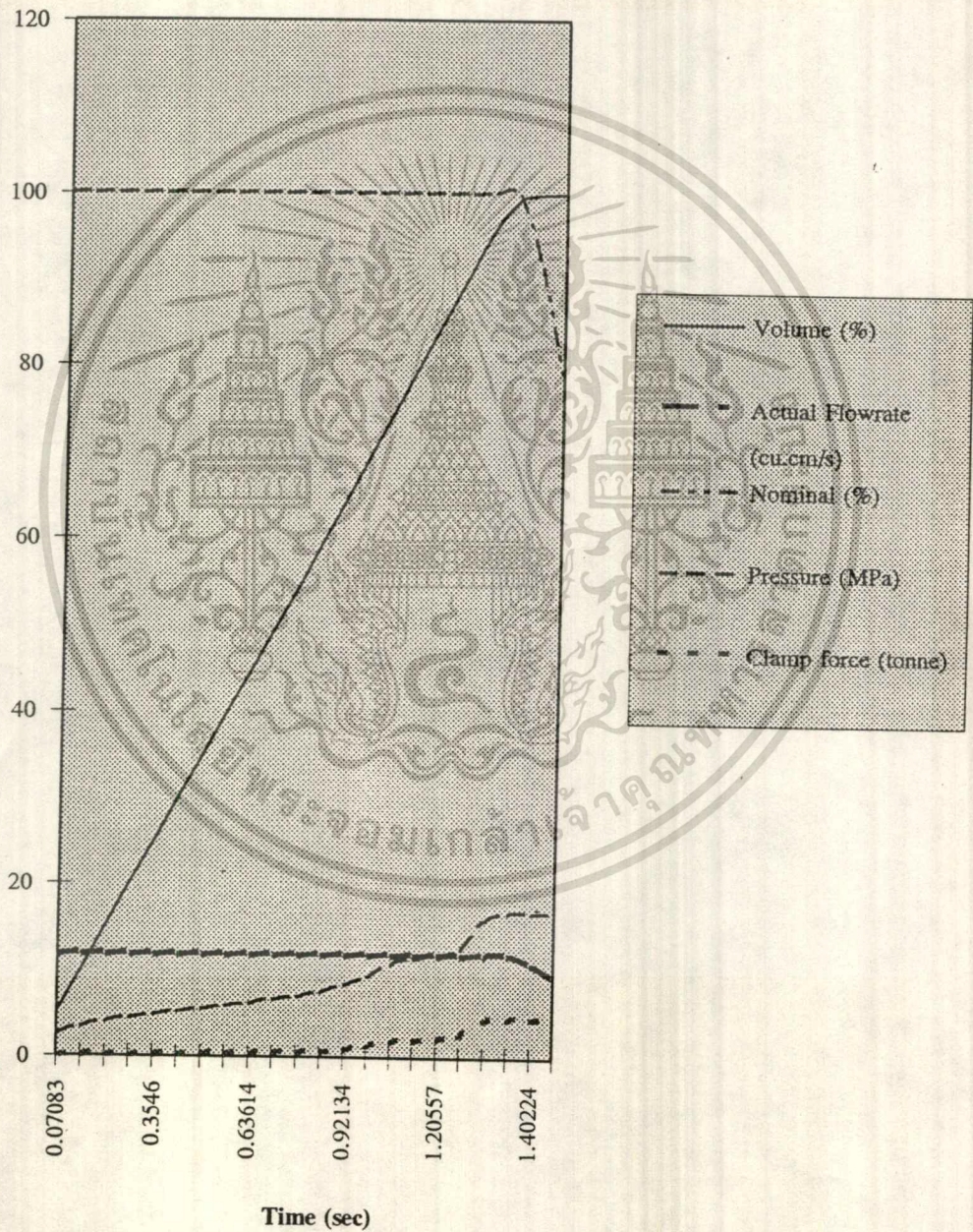
EXECUTED 28-FEB-95 14:48

COMPLETED 28-FEB-95 15:11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

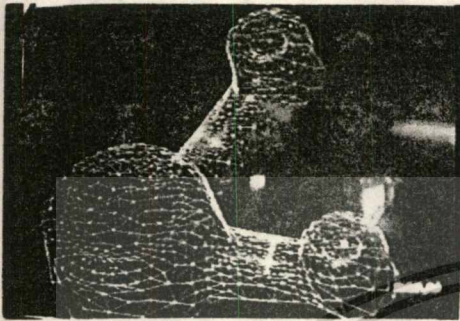
Analysis Display Summary point B.



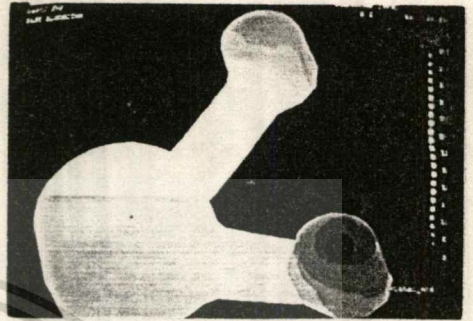
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์นี้สงวนไว้สำหรับสถาบันวิจัยและพัฒนาและห้องวิจัยเชิงลึกของเอกสารฉบับนี้ที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงตัวแปรในการวิเคราะห์เทียบกับเวลา (t) ที่จุดวัด B

4.1.3 การวิเคราะห์ การฉีดพลาสติกที่จุดฉีด C



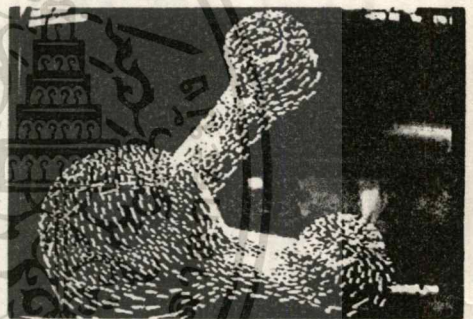
ภาพที่ C1 แสดงตำแหน่งจุดฉีด



ภาพที่ C2 แสดงการกระจายความดัน



ภาพที่ C3 แสดงการกระจายอุณหภูมิ, Weld Line, Air Trap



ภาพที่ C4 แสดงทิศทางการไหล



ภาพที่ C5 แสดงการกระจายความเค้นเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาควิชางานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ภาพที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ที่จุดฉีด C
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ การฉีดพลาสติกที่จุด C

MFL 5.3.1 9 SUMMARY -FINAL FILLING -FAST

* *

* FAST *

* FILLING ANALYSIS *

* *

start File

Restart File Name : NONE

Cooling Results

Cooling Interface File Name : NONE

Model Information

MODEL (master) file name : wichai_ans

1931 nodes, highest no.= 1931

3802 elements, highest no.= 3802

Maximum aspect ratio of 8.757 at element : 350

Minimum aspect ratio of 1.160 at element : 2390

Average aspect ratio of triangular elements : 1.870

Boundary Condition File

Boundary Condition File Name : test1.bf3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Machine Settings

Maximum Injection Pressure : 100.00 MPa

Maximum Clamp Tonnage : 10000.00 tonne

Material Information

Reading MOLDFLOW PVT001 from Standard database.

Material DATABASE type : MATDB <Standard>

SUPPLIER/file name : MITSUBI

GRADE code : P810

Material MODEL order : 1

Material description :

P810 ABS TAFLEX 450N-B MITSUBISHI-MONSANTO VI(240)136 JAN82

Conductivity 0.098400 W/m/degC

Specific Heat 2015.000000 J/kg/degC

Melt Density 901.000000 kg/cu.m

Ejection Temperature 120.000000 deg.C

No Flow Temperature 140.000000 deg.C

Viscosity

Temperature	Shear Rate	Viscosity
deg.C	1/s	Pa.s
220.000	100.000	890.160034
240.000	10000.000	26.802525
260.000	1000.000	105.622955

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Processing Conditions:

Generic Melt Temperature Minimum	200.000000 deg.C
Generic Melt Temperature Maximum	260.000000 deg.C
Generic Melt Temperature Suggested	230.000000 deg.C
Generic Mold Temperature Minimum	40.000000 deg.C
Generic Mold Temperature Maximum	80.000000 deg.C
Generic Mold Temperature Suggested	60.000000 deg.C
Generic Melt Temperature Absolute Maximum	280.000000 deg.C
Generic Maximum Shear Stress	0.300000 MPa
Generic Maximum Shear Rate	50000.000000 1/s
Material Compressibility : Factor	
Material Compressibility Factor : 10.00%	(Pressure Drop 200.0 MPa)

Injection Node(s)

Number of injection nodes : 1
 Injection node numbers : 1037

Molding Conditions

Mold temperature : 60.00 deg.C
 Melt temperature : 230.00 deg.C
 Injection time : 1.60 sec
 Total Volume : 16.56 cu.cm
 Flow rate : 10.35 cu.cm/s

Analysis Options

Nominal Injection Profile:

% Shot Vol % Nominal Flow Rate

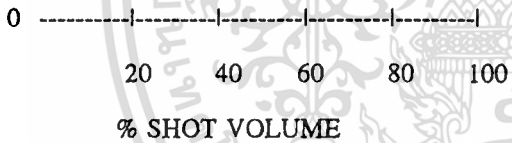
100.0 100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100#####

#	#
% #	#
80 -#	#
F #	#
L #	#
O 60 -#	#
W #	#
#	#
R 40 -#	#
A #	#
T #	#
E 20 -#	#
#	#
#	#



Maximum Flow Rate (Based on Profile) : 10.35 cu.cm/s

Constant Pressure Mode : Automatic

Change-over to Pressure : Automatic

Change-over Pressure Factor : 1.000

Output Options

No. intermediate results files : 0

Time Series Step Mode : Constant Volume Increments.

Number of % Volume Increments : 20

No. Restart Files : 0

Screen Output Format : Short Format

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 'ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น' อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Numerical Parameters

Pressure Iteration Limit : 1000
 Pressure Iteration Tolerance : 0.0005000
 Viscosity Iteration Limit : 10
 Viscosity Iteration Tolerance : 0.0100000
 Nodal Growth Mechanism : Multiple
 Growth Increment : 5.0 %

Result File Core Name : test1

* FILLING PHASE RESULTS SUMMARY *

Maximum - Minimum Values

Max Pressure (at Fill) : 23.6441 MPa
 Max Pressure (during cycle) : 23.6441 MPa
 Max Clamp Force (during cycle) : 4.8121 tonne
 Total projected area : 41.2848 sq.cm
 Actual injection time : 1.6096 .sec
 Min Temperature (at Fill) : 217.4139 deg.C
 Max Temperature (at Fill) : 236.9761 deg.C
 Min Temperature (flow front) : 227.2979 deg.C
 Max Temperature (flow front) : 233.9420 deg.C
 Max Shear Rate (at Fill) : 2043.4668 1/s
 Max Shear Rate (during cycle) : 2307.7556 1/s
 Max Shear Stress (at Fill) : 0.3183 MPa
 Max Shear Stress (during cycle) : 0.3299 MPa
 Max Solidification Time (Tri. Elements): 12.63 sec (Element 3775)
 Min Solidification Time (Tri. Elements): 11.29 sec (Element 556)

Throughputs

Node	Throughput [cu.cm]
1037	16.650

Pressure when Throughput exceeded Part Volume : 23.644 MPa

Pressure when Displaced Ram Volume exceeded Part Volume : 23.644 MPa

Output files produced

No. Restart File(s) : 0
 No. Intermediate Results File(s) : 0
 Nodal Result File : test1.fnr
 Elemental Result File : test1.fer
 Summary File : test1.fsu
 Time Series File : test1.fts

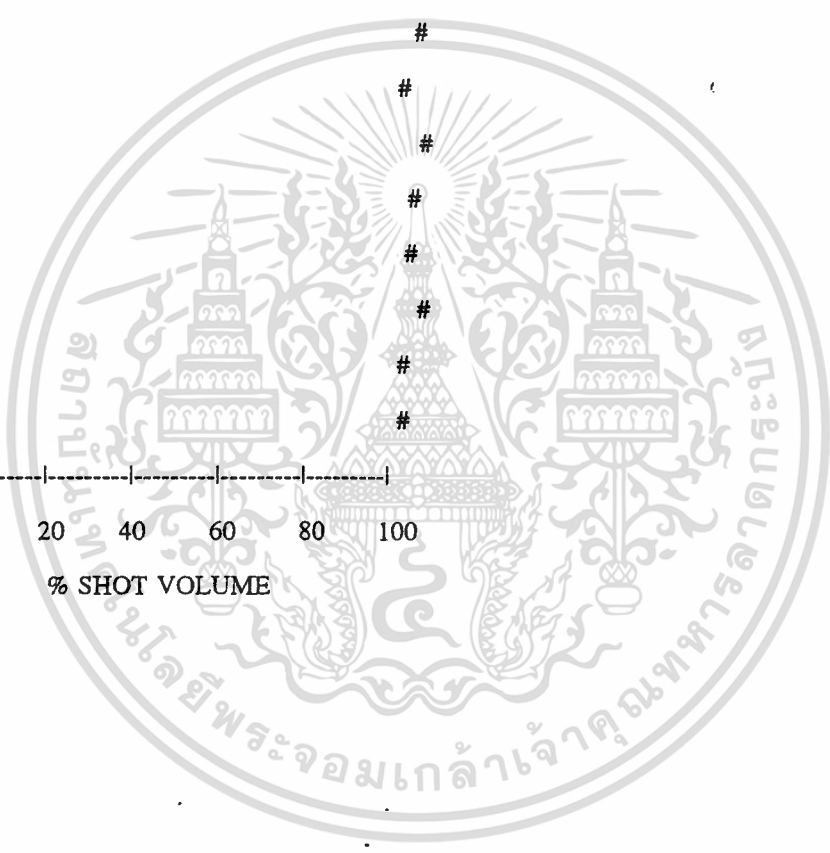
Actual Injection Profile

% Shot vol.	% Nom. flow rate
98.7	100.0
98.9	99.8
100.0	96.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100 #####

#	#
% #	#
80 -#	#
F #	#
L #	#
O 60 -#	#
W #	#
#	#
R 40 -#	#
A #	#
T #	#
E 20 -#	#
#	#
#	#
0 -----	
20 40 60 80 100	
% SHOT VOLUME	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analysis Display Summary

:-----:						
:	:	:	Flow rate	:	:	:
:	:	:	-----:	:	:	:
:	Time	Volume	Actual	Nominal	Pressure	Clamp force:
:	sec	%	cu.cm/s	%	MPa	tonne
:-----:						
:	0.08245	5.15	10.347	100.00	2.85	0.01
:	0.16281	10.16	10.347	100.00	4.04	0.04
:	0.24280	15.17	10.347	100.00	5.16	0.10
:	0.32326	20.18	10.347	100.00	7.20	0.28
:	0.40467	25.25	10.347	100.00	9.33	0.45
:	0.49012	30.56	10.347	100.00	10.90	0.61
:	0.57278	35.70	10.347	100.00	11.84	0.74
:	0.65384	40.73	10.347	100.00	12.42	0.83
:	0.73413	45.74	10.347	100.00	13.14	0.96
:	0.81527	50.77	10.347	100.00	13.83	1.08
:	0.89702	55.84	10.347	100.00	14.35	1.17
:	0.97979	61.02	10.347	100.00	14.82	1.27
:	1.06120	66.07	10.347	100.00	15.30	1.37
:	1.14222	71.09	10.347	100.00	15.91	1.52
:	1.22304	76.10	10.347	100.00	16.44	1.67
:	1.30466	81.16	10.347	100.00	17.35	1.93
:	1.38882	86.37	10.347	100.00	19.04	2.53
:	1.47049	91.43	10.347	100.00	21.76	3.90
:	1.55305	96.53	10.347	100.00	22.97	4.39
2 :	1.59146	98.91	10.347	100.00	23.64	4.67
:	1.60902	99.97	9.524	92.04	23.64	4.81
:	1.60960	100.00	8.979	86.78	23.64	4.81
:-----:						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีใช้งานที่อาคารศิษย์ของเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* Change to Press. Control at 98.9 % Shot Volume (1.59146 sec)

Pressure = 23.644 MPa

Filling Warning and Error Diagnostics

[FPISLV - 5] Estimated Numerical Error in Pressure Solver 0.25 %

Execution Times

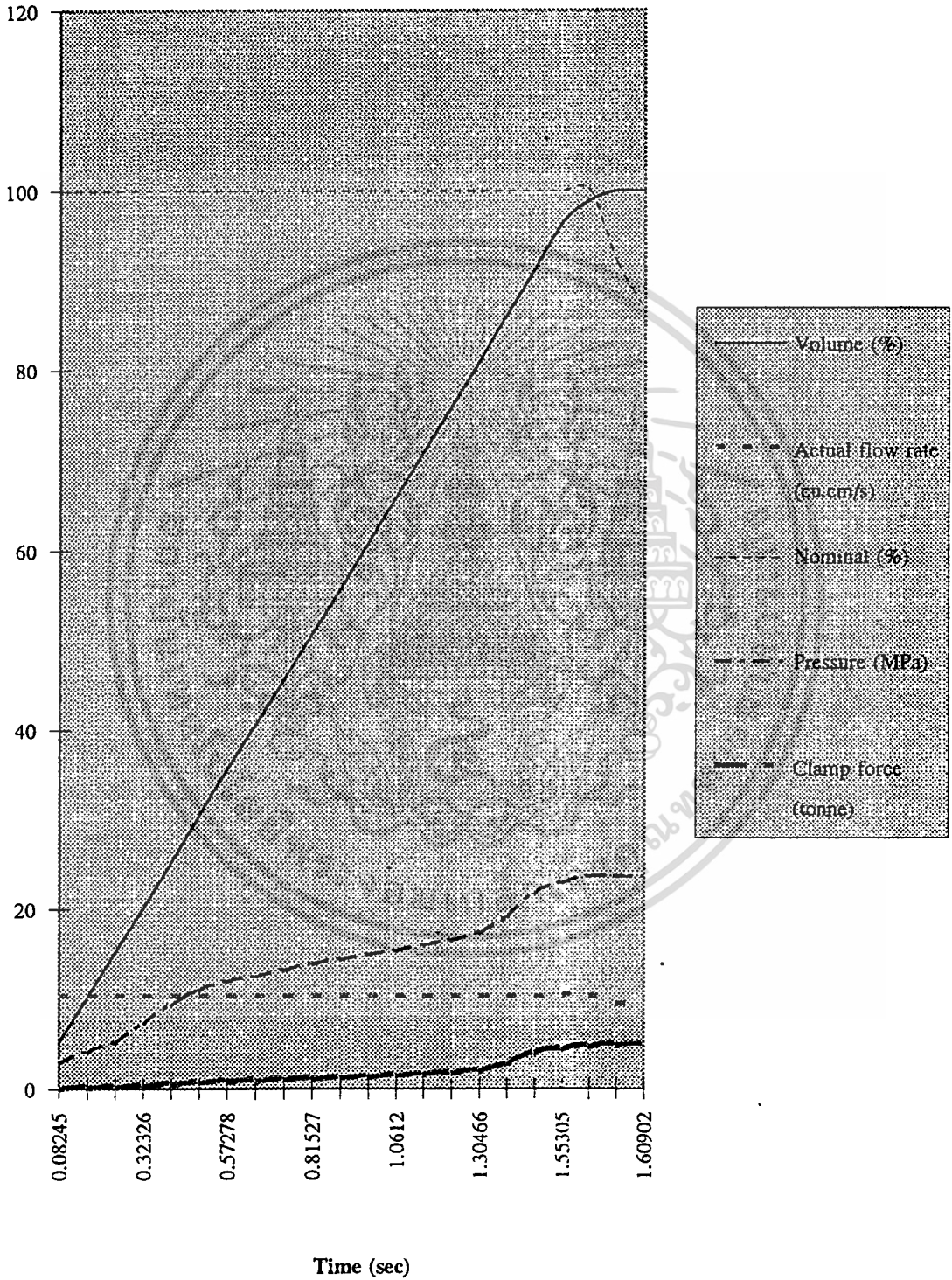
EXECUTED 28-FEB-95 16:03

COMPLETED 28-FEB-95 16:18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analysis Display Summary point C.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงตัวแปรในการวิเคราะห์เทียบกับเวลา (t) ที่จุดฉีด C การนำไปใช้

4.1.4 การเปรียบเทียบจุดฉีดพลาสติก A,B และ C

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่จุดฉีดต่างๆ (A,B,C)

ปัจจัยการวิเคราะห์	จุดฉีด A	จุดฉีด B	จุดฉีด C
<u>การเติมเต็มแม่พิมพ์</u>			
- เวลาการฉีดอัตโนมัติ (sec)	1.4	1.4	1.6
- เวลาการฉีดจริง (sec)	1.4045	1.4047	1.6096
- สมดุลการไหล	ค่อนข้างสมดุล	ค่อนข้างสมดุล	ไม่สมดุล
- อัตราการไหล (cm ³ /sec)	11.83	11.83	10.35
- รอยเชื่อมประสาน	รูปภาพที่ 4.1	รูปภาพที่ 4.3	รูปภาพที่ 4.5
- อากาศที่ค้างอยู่	รูปภาพที่ 4.1	รูปภาพที่ 4.3	รูปภาพที่ 4.5
<u>การกระจายความดัน</u>			
- ความดันสูงสุดเมื่อเติมแม่พิมพ์ (MPa)	16.1571	16.7795	23.6441
- ความดันสูงสุดระหว่าง cycle (MPa)	16.1572	16.7795	23.6441
<u>การกระจายอุณหภูมิ</u>			
- อุณหภูมิต่ำสุดขณะเติมแม่พิมพ์ (°C)	221.47	220.9968	217.4139
- อุณหภูมิสูงสุดขณะเติมแม่พิมพ์ (°C)	234.5677	234.6136	236.9761
- อุณหภูมิต่ำสุดก่อนไหล (°C)	224.9003	225.6271	227.2979
- อุณหภูมิสูงสุดก่อนไหล (°C)	230.7761	230.7444	233.942
- การลดคุณภาพของพลาสติก	ไม่เกิดขึ้น	ไม่เกิดขึ้น	ไม่เกิดขึ้น
<u>การกระจายความดันเฉือน</u>			
- ความดันเฉือนสูงสุดขณะเติมแม่พิมพ์(MPa)	0.3771	0.3810	0.3183
- ความดันเฉือนสูงสุดระหว่าง cycle (MPa)	0.4001	0.4017	0.3299
- อัตราแรงเฉือนสูงสุดขณะเติมแม่พิมพ์(MPa)	3076.6567	3844.3274	2043.4668
- อัตราแรงเฉือนสูงสุดระหว่าง cycle (1/s)	4535.2925	4603.4888	2307.7556
- เวลาการแข็งตัวสูงสุด (sec)	12.47	12.47	12.63
- เวลาการแข็งตัวต่ำสุด (sec)	11.60	11.57	11.29
- แรงประกบแม่พิมพ์สูงสุด (ton)	4.423	4.4965	4.8121

จากตารางที่ 4.1 สามารถสรุปและเปรียบเทียบ ผลการวิเคราะห์ การฉีดพลาสติกได้ดังนี้

1. พิจารณาถึงตำแหน่งที่เกิดการตกค้างของอากาศที่อยู่ภายในแม่พิมพ์ (Air Trap) และตำแหน่งที่เกิดรอยเชื่อมต่อของพลาสติก (Weld Line) จุดฉีด B ั้เกิดจำนวน 2 รอย และตำแหน่งการเกิดการตกค้างของอากาศทั้งสองเกิดอยู่ติดกับแนวประกบแม่พิมพ์ (Parting Line) ทำให้เราสามารถเปิดช่องบางๆ (Air Vent) เพื่อให้อากาศที่ตกค้างให้ออกจากแม่พิมพ์ได้ โดยที่จุดฉีด A และจุดฉีด C จะเกิดจำนวน 3 รอย และ มีบางจุดที่ตำแหน่งที่เกิดการตกค้างของอากาศที่อยู่ภายในแม่พิมพ์ มิได้อยู่ติดกับ Parting Line จึงอาจส่งผลให้อากาศตกค้างอยู่ภายในแม่พิมพ์ ได้

2. พิจารณาที่จุดฉีด C ก่อน โดยเปรียบเทียบกับจุดฉีด A และจุดฉีด B จากการวิเคราะห์ โดยให้เวลาในการฉีดเป็นไปตามอัตราในมิติ ภายหลังจากการวิเคราะห์รูปร่างของชิ้นงานแล้ว จะได้ผลคือ เวลาในการฉีดและอัตราการไหล ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบที่จุดฉีด A กับจุดฉีด B แล้ว ให้เวลาในการฉีดจริงที่สูงกว่าประมาณ 0.2 sec และ อัตราการไหลน้อยกว่า A และ B ประมาณ 1.48 cm³/sec และทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการฉีดพลาสติกให้เต็มแม่พิมพ์ ข้อด้อยของจุด C อีกประการคือ ต้องใช้ความดันสูงกว่า เพราะจากรูปผลการทดลอง ที่จุดฉีด C จะเห็นว่า จุดฉีด C สมดุลการไหลจะไม่สมดุลเมื่อเข้าสู่แม่พิมพ์ และเกิดความสูญเสียความดันจึงจำเป็นต้องใช้ความดันในการฉีดสูงกว่า เกิดความสิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นเมื่อพิจารณาจุดฉีด C แล้วจะเห็นได้ว่าไม่ควรนำจุดฉีด C มาทำเป็นแบบในการทำโมลด์

3. พิจารณาจุดฉีด A และจุดฉีด B เปรียบเทียบกันโดยที่จุดฉีดทั้ง 2 จะใช้เวลาในการฉีดจริงใกล้เคียงกันมาก ต่างกันเพียง 0.0002 วินาที ซึ่งถือว่าน้อยมาก สมดุลการไหลจากรูปทั้งสองค่อนข้างจะสมดุล ความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดที่จุด B จะมากกว่าจุดฉีด A ประมาณ 0.622 MPa. แต่จุดฉีด B จะมีการกระจายความดันที่ราบเรียบกว่า ในส่วนของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของทั้งจุดฉีดทั้ง 2 จะแตกต่างกันไม่เกิน 1°C ซึ่งถือว่าน้อยมาก เวลาในการเย็นตัวจะใกล้เคียงกันมาก

จากการเปรียบเทียบดังกล่าว ที่จุดฉีด B มีความเหมาะสมน้อยกว่า จุดฉีด A เพียงเล็กน้อยแต่เมื่อพิจารณาในเรื่องความยากง่ายในขั้นตอนการผลิต จุดฉีด B จะทำง่ายกว่าเพราะตั้งอยู่จุดที่ศูนย์กลางของวงกลมพอดี แต่จุดฉีด A เป็นจุดศูนย์กลางเฉลี่ยของชิ้นงานซึ่งอยู่บนผิวที่ลาดเอียง ซึ่งยากต่อการเจาะรูเพราะผิวลาดเอียงจะทำให้การเจาะรูเกิดการหนีศูนย์ และมีความสวยงามน้อยกว่า ดังนั้นจึงนำจุดฉีด B มาพิจารณาในการออกแบบโมลด์ ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

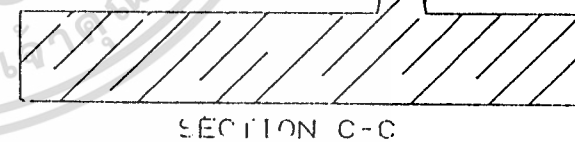
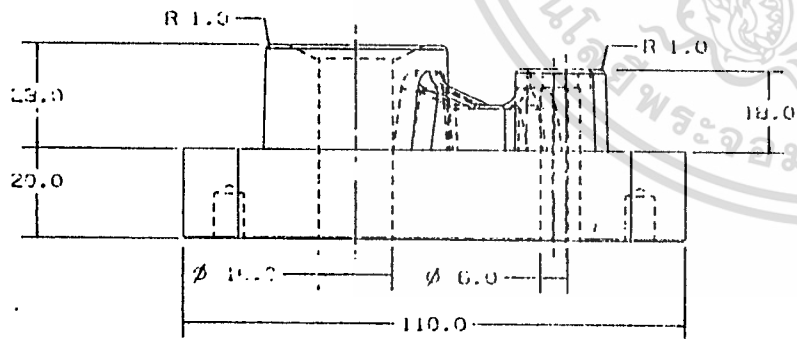
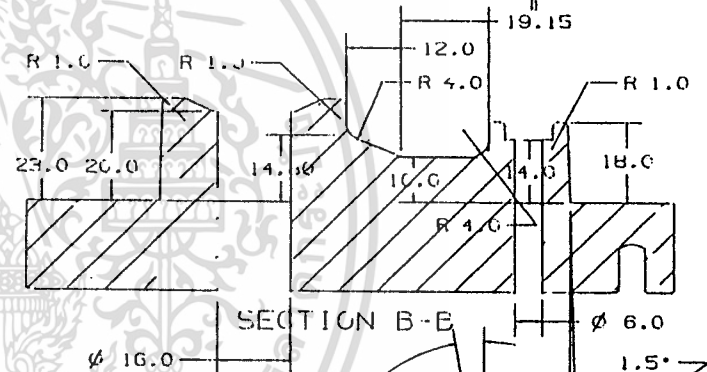
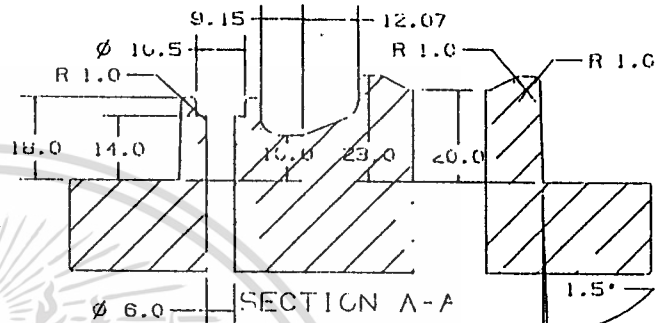
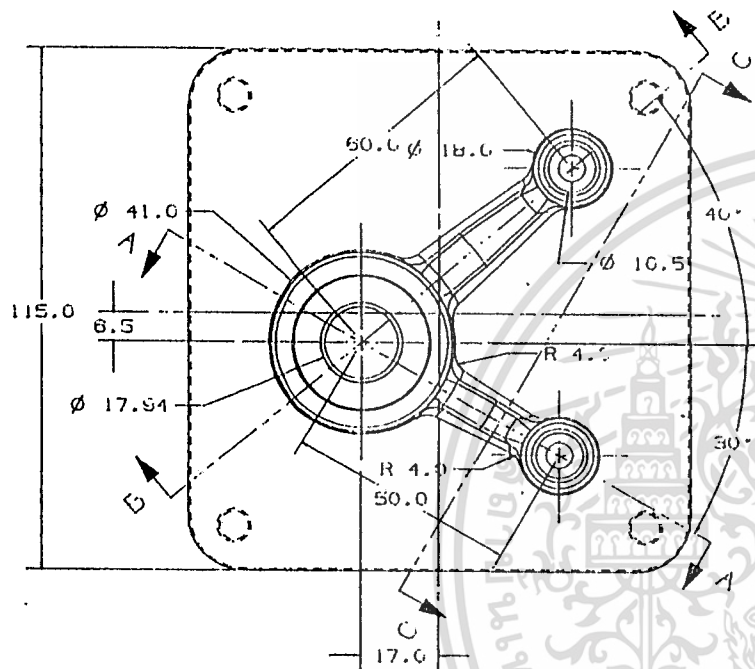
4.2 ผลการทำแม่พิมพ์

ผลจากการวิเคราะห์และการนำผลที่ได้จากการเลือกชนิดขององค์ประกอบ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นแม่พิมพ์ในปริญญาณิพนธ์ นี้จะได้ผลของการออกแบบดังนี้

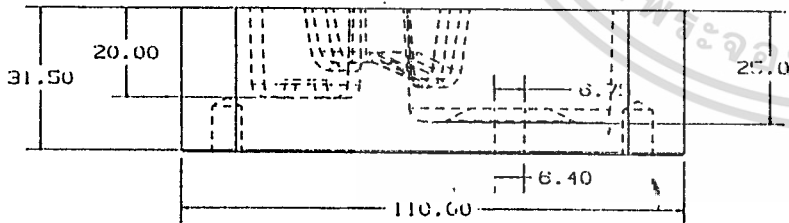
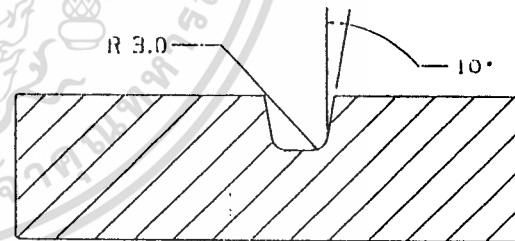
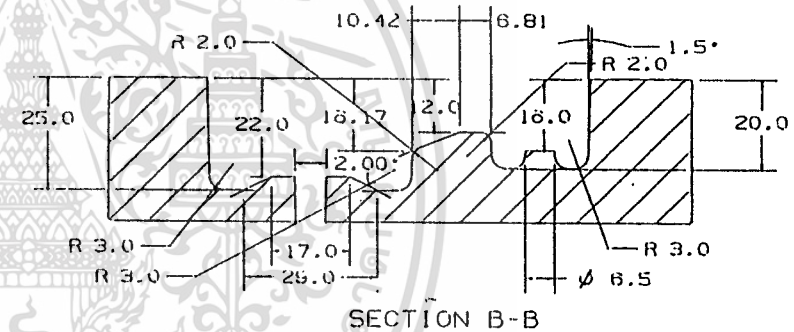
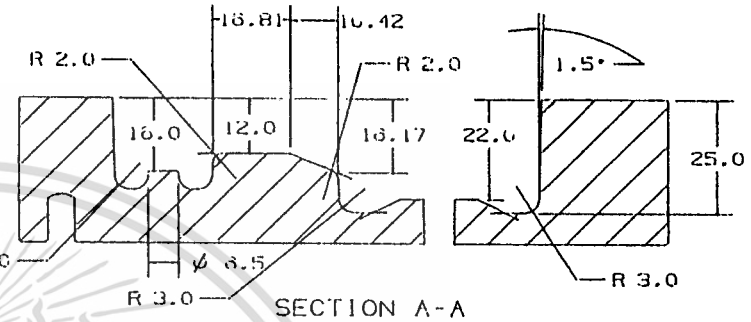
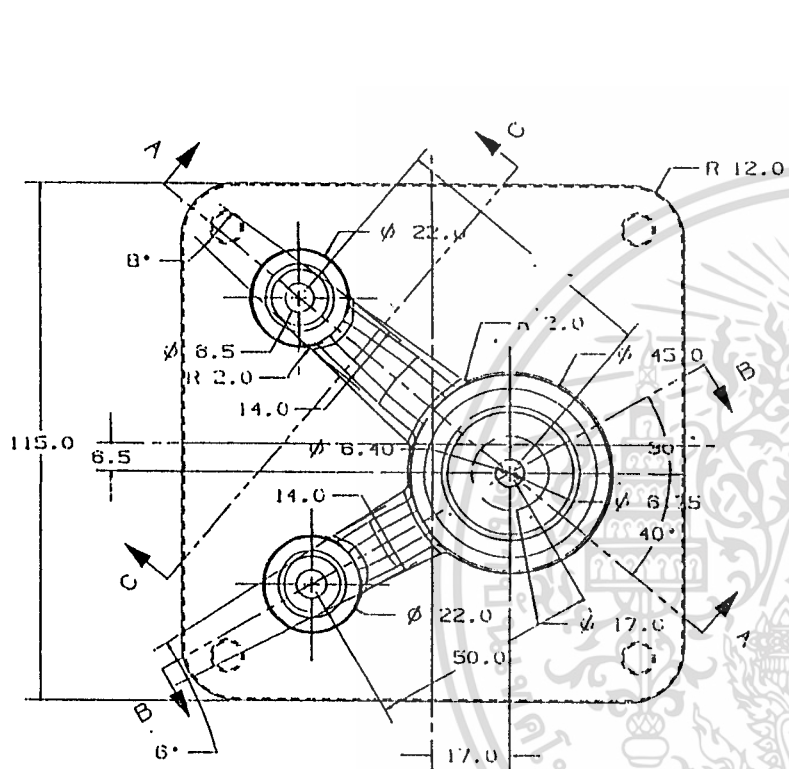
แม่พิมพ์ควรเป็นแบบ สามเพลท (Three Plate Mold) หรือแบบ สองเพลท (Two Plate Mold) แบบสามเพลทจะมีความเหมาะสมกว่า เพราะการปลดชิ้นงานจะปลดชิ้นงานออกจากส่วนที่เป็นแกนของแม่พิมพ์ โดยดันออกด้วยเพลท ตลอดทั่วทั้งขอบด้านล่างชิ้นงาน แต่แม่พิมพ์แบบสามเพลทเหมาะกับงานที่มีความลึกของชิ้นงานมาก แต่ชิ้นงานในการทดลองนี้จะดี้น และมีการเทเปอร์เพื่อให้การปลดชิ้นงานออกง่ายอยู่แล้ว ดังนั้น จึงเลือกการออกแบบแม่พิมพ์เป็นแบบ “สองเพลท”

ระบบการปลดใช้แบบ เข็มกระทุ้ง (Ejector Pins) ดันชิ้นงานออกเท่านั้นก็เพียงพอ และจากผลจากการเลือกจุดฉีดที่ตำแหน่ง B จึงมีเพียงทางเข้าของพลาสติกแบบ Sprue Gate และแบบ Pinpoint Gate เท่านั้น แต่ต้องเลือกแบบ Sprue Gate เพราะข้อจำกัดของเครื่องจักรที่ไม่สามารถผลิตได้ และแม่พิมพ์แบบสองเพลท ไม่สามารถใช้กับ Pinpoint Gate ได้ [1]

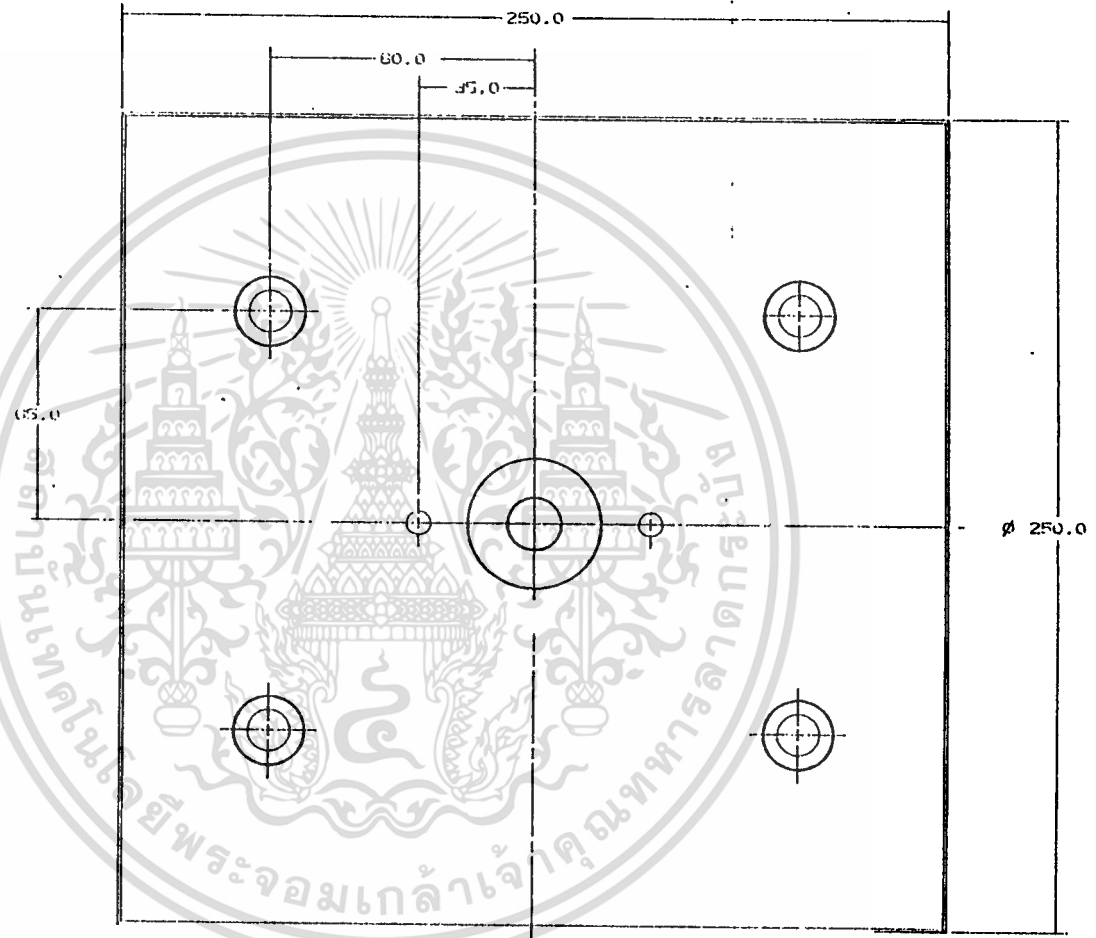
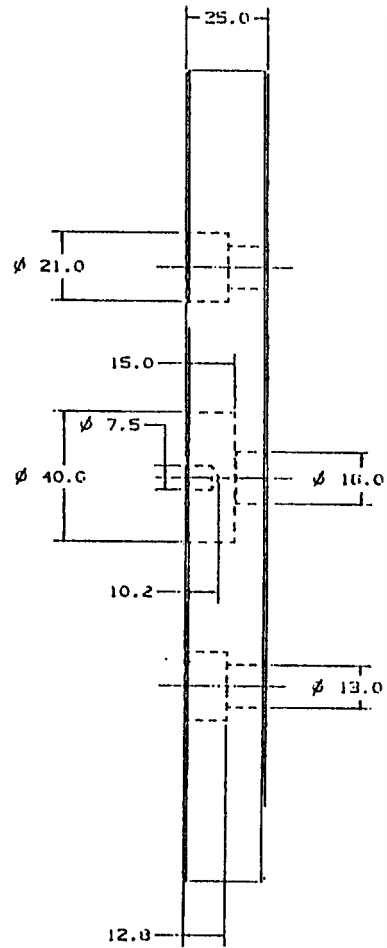
หลังจากที่ได้ทำการจำลองการฉีดพลาสติกและวิเคราะห์ด้วย Moldflow แล้ว จึงนำผลการวิเคราะห์มาทำแม่พิมพ์จริง(แม่พิมพ์ตัวผู้, แม่พิมพ์ตัวเมีย และโมลด์เบส) โดยจะแสดงได้ดังภาพ Drawing ดังต่อไปนี้ และหลังจากการทำ CAM ด้วย UGII จะได้ NC Program ที่จะนำไปกัดแม่พิมพ์ตัวผู้และตัวเมีย



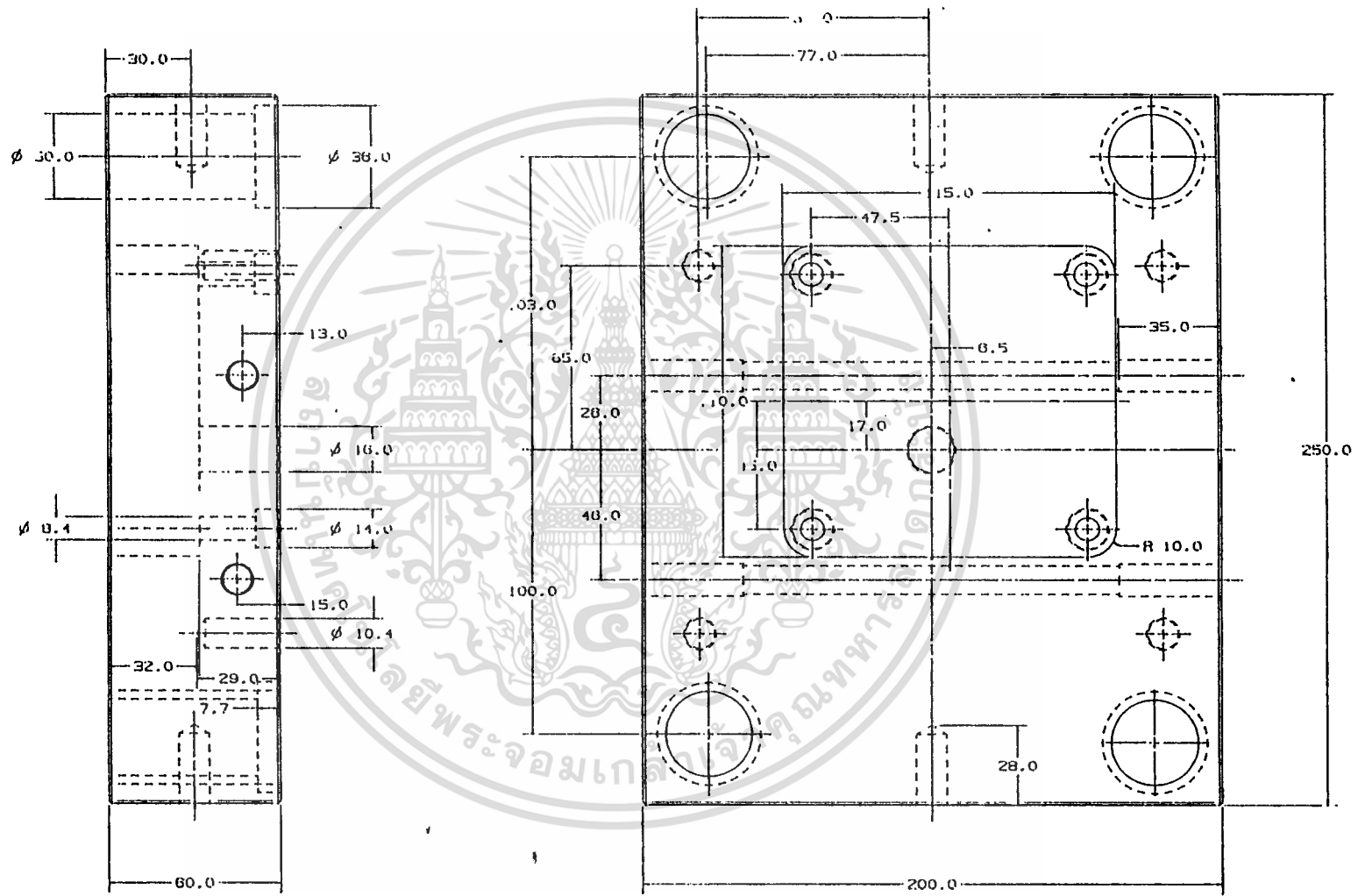
DRN.	DATE	SCALE	TITLE
JEERASAK S.	18 SEPT 95	1:1	MALE-INSERT
<small>PROJ. NO. 111 DIMENSIONS ARE IN mm.</small>			<small>ENGINEERING INSTITUTE OF TECHNOLOGY LAOCHADASSO</small>
			DWG. No. MALE.PRT



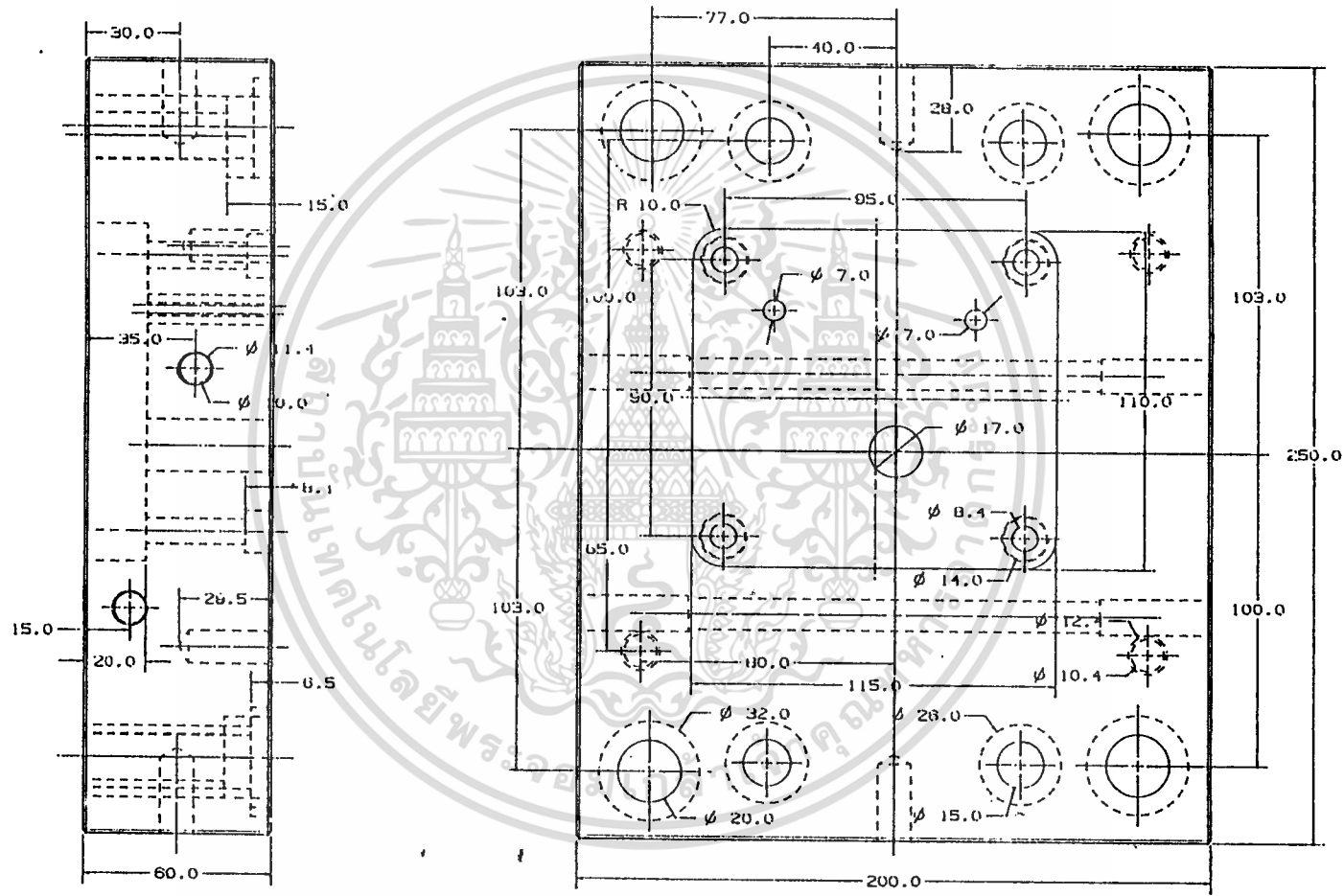
DRN. VICHAI C.	DATE 19 SEPT 95	SCALE 1:1	TITLE FEMALE-INSERT
UNLESS SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MM.		ENGINEERING INSTITUTE OF TECHNOLOGY LAO	DWG. No. FEMALE.PRT



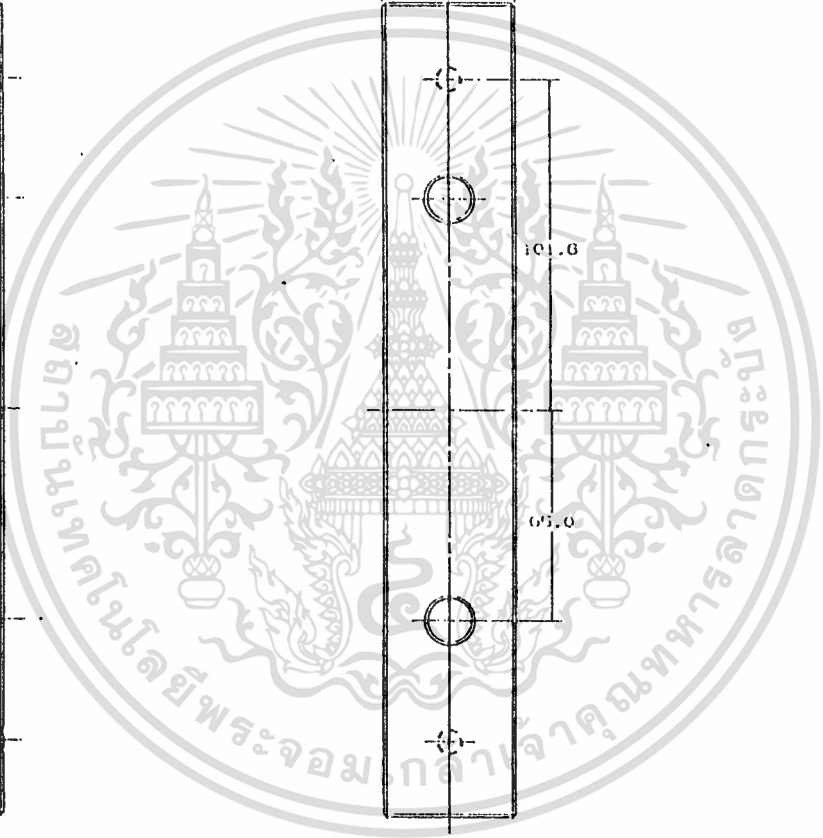
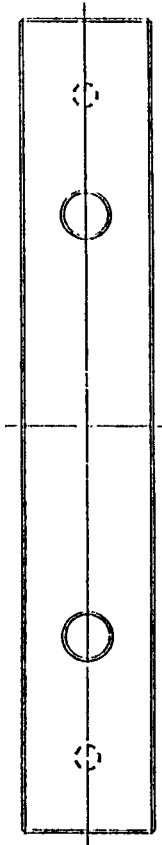
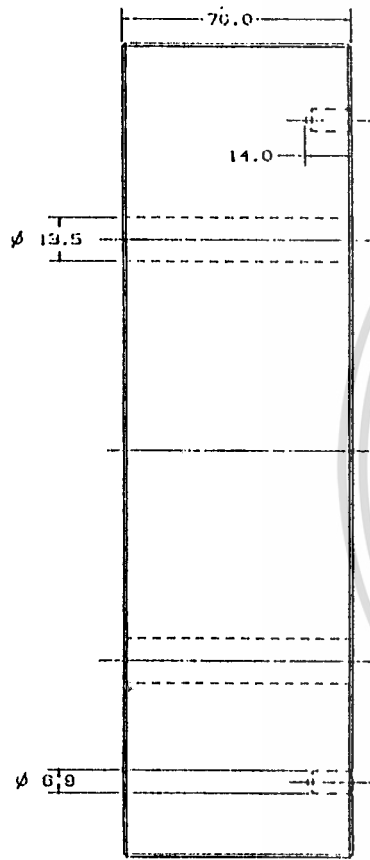
DRN.	DATE	SCALE	TITLE
KEEHASAK 5.	9 FEB 98	1:1	MOLDBASE
	SINA MOUSAT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LABESABANG		DWG. No. PLATE1.PRT



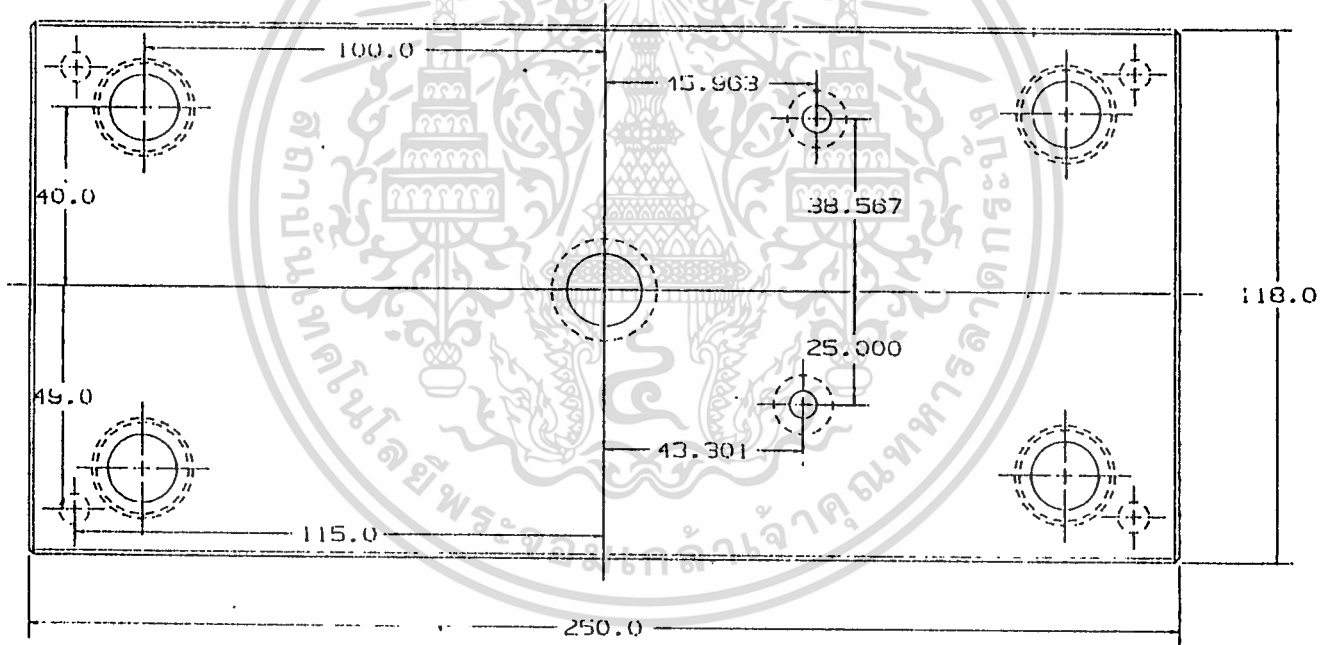
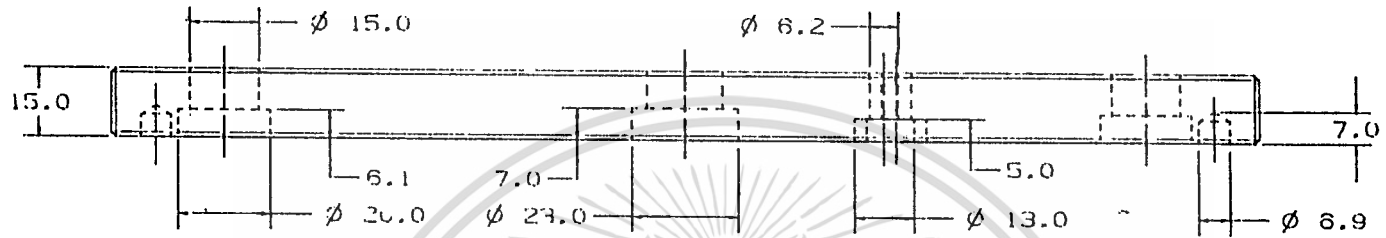
DRN. JEERAGAK S.	DATE 0 FEB 80	SCALE 1:1	TITLE MOLDBASE
	DESIGNER DIPONEGARA S.	ENGINEER OF TECHNOLOGY LABORATORY	DWG. NO PLATE2.PRT



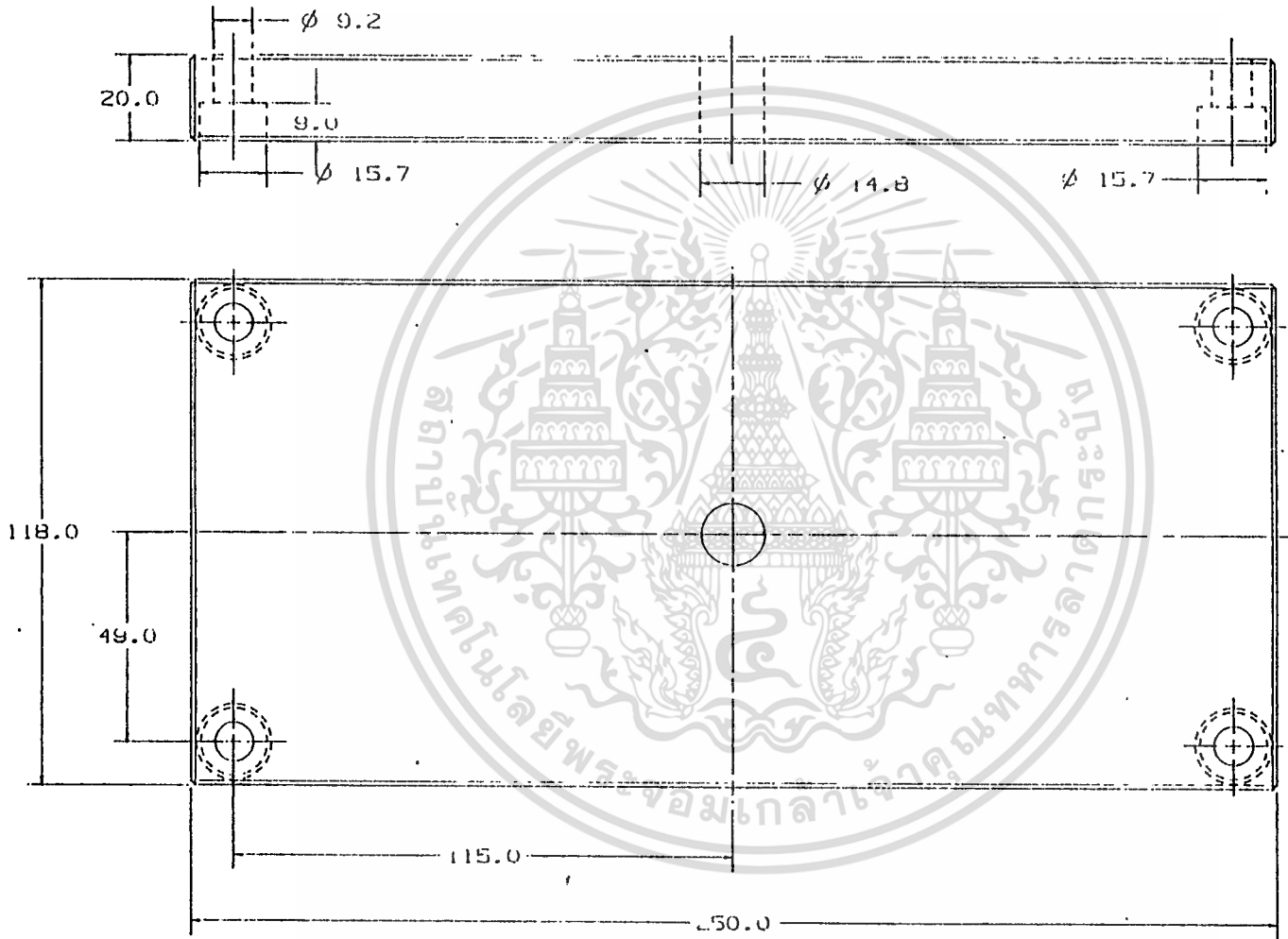
DRN. RECRASAK S.	DATE 0 FEB 96	SCALE 1:1	TITLE MOLDBASE
	ชื่อ บริษัท INDO-SINE AM TH.	ชื่อ หน่วย สถาบัน TECHNOLOGY LABRORARY	DWG. No. PLATE3.PRT



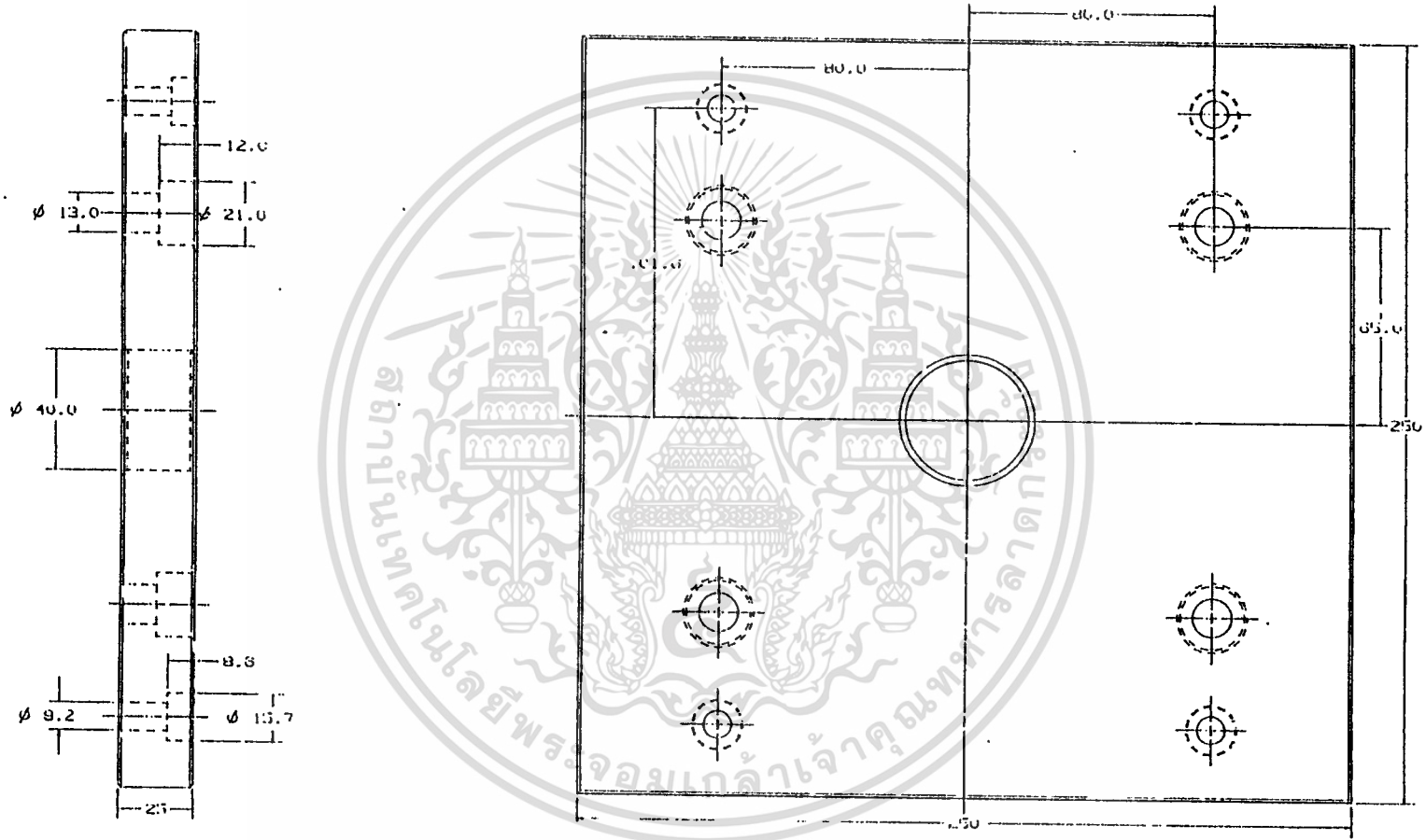
DRN. REFRASAK 1.	DATE 9 FEB 06	SCALE 1:1	TITLE MOI.DBASE
RAJABHAT NAKHON PHANOM UNIVERSITY			DWG. No. PLATE4.PRT



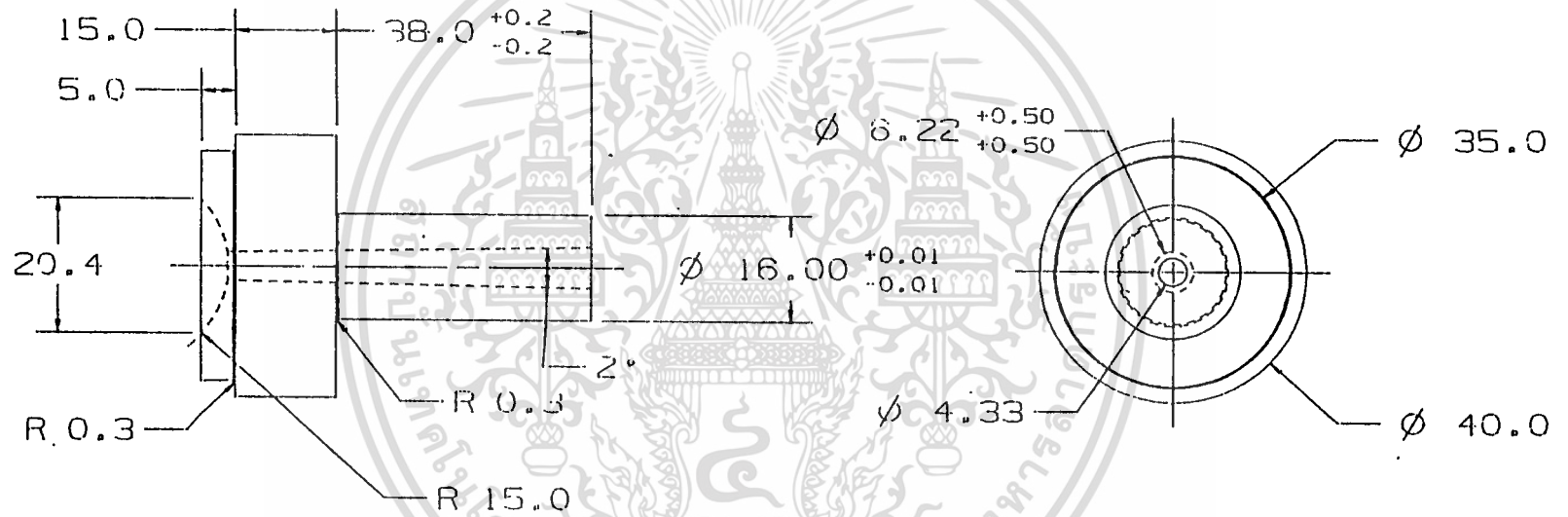
DRN. JEERASAK S.	DATE 9 FEB 96	SCALE 1:1	TITLE MGLDBASE
	UNLESS SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MM.	THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF TECHNOLOGY LABORATORY	DWG. No. PLATES.PRT




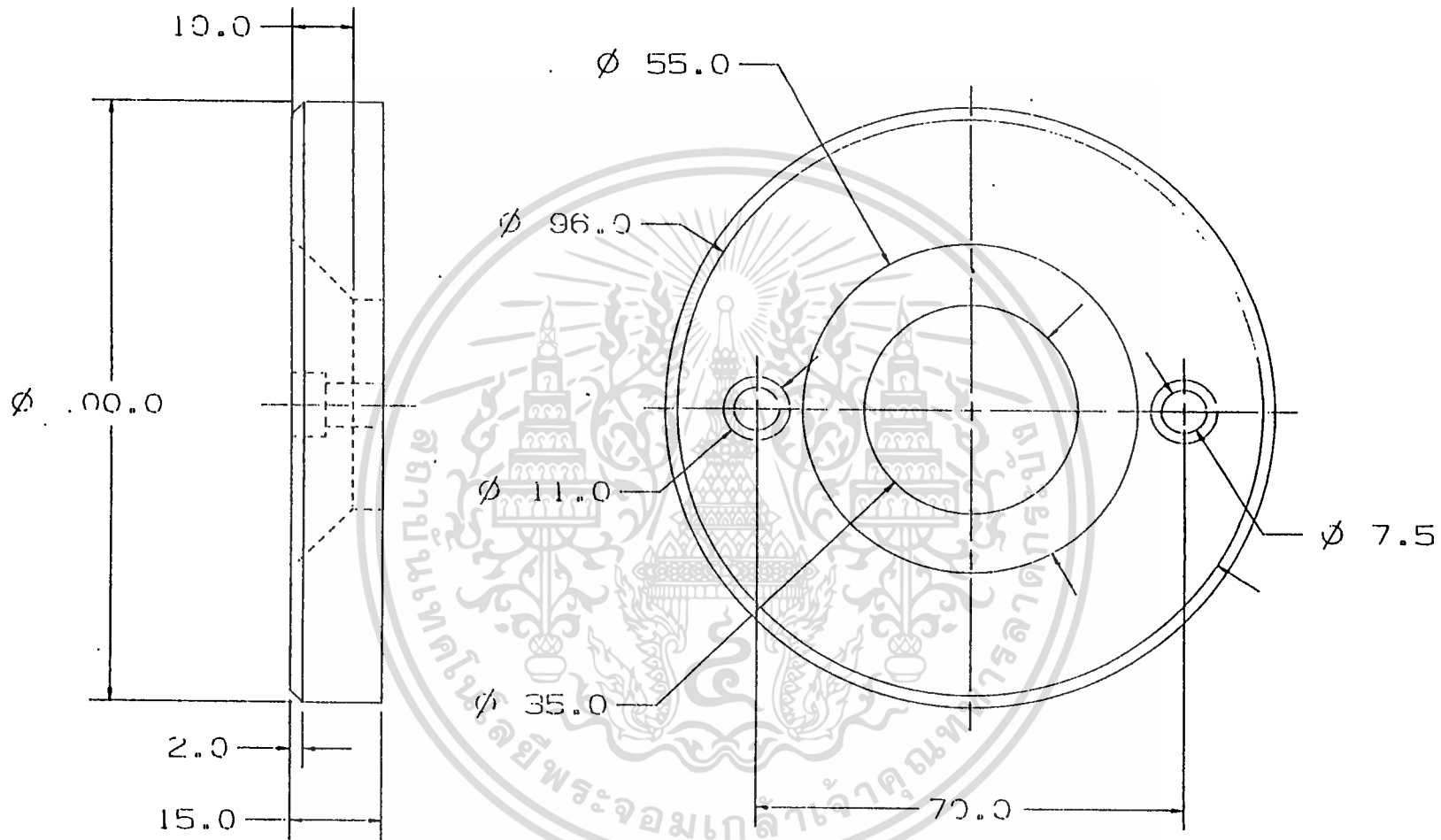
DRN. JEERASAK S.	DATE 9 FEB 98	SCALE 1:1	TITLE MOLDBASE
DIMENSIONS ARE IN MM.	THESE DIMENSIONS UNLESS OF TECHNOLOGY LABORATORY	DWG. No. PLATE6.PRT	




DRN. HEERASAK S.	DATE 9 FEB 96	SCALE 1:1	TITLE MOLDBASE
	DESIGNED BY HEERASAK S.	DRAWN BY HEERASAK S.	DWG. No. PLATE7.PRT



DRN. JEERASAK S.	DATE 9 FEB 96	SCALE 1:1	TITLE MOLDBASE
	UNLESS SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN mm.	KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG	DWG. No. SPURE_BUSH.PRT



DRN. JEERASAK S.	DATE 9 FEB 96	SCALE 1:1	TITLE MOLDBASE
 UNLESS SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN mm.	KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG		DWG. No. ROCATING_RING

ตัวอย่าง NC Program ที่ใช้ในการกัดแม่พิมพ์ (Insert)

O0004 ;

N1 G71 G90 G00 X32.416 Y-29.634 S1000 M03 ;

N2 Z-3.46 ;

N3 G01 X32.57 Y-29.575 Z-3.555 F250 ;

N4 X32.835 Y-29.155 Z-3.842 ;

N5 X32.799 Y-28.66 Z-4.129 ;

N6 X32.474 Y-28.283 Z-4.416 ;

N7 X31.99 Y-28.175 Z-4.703 ;

N8 X31.535 Y-28.376 Z-4.99 ;

N9 X31.291 Y-28.808 Z-5.276 ;

N10 X31.351 Y-29.301 Z-5.563 ;

N11 X31.72 Y-29.688 Z-5.872 ;

N12 X32.072 Y-29.767 Z-6.08 ;

N13 X32.57 Y-29.575 Z-6.388 ;

N14 X32.835 Y-29.155 Z-6.675 ;

N15 X32.799 Y-28.66 Z-6.962 ;

N16 X32.474 Y-28.283 Z-7.249 ;

N17 X31.99 Y-28.175 Z-7.535 ;

N18 X31.535 Y-28.376 Z-7.822 ;

N19 X31.291 Y-28.808 Z-8.109 ;

N20 X31.351 Y-29.301 Z-8.396 ;

N21 X31.72 Y-29.688 Z-8.704 ;

N22 X32.072 Y-29.767 Z-8.912 ;

N23 X32.213 Y-29.712 Z-9. ;

N24 X32.033 Y-29.246 ;

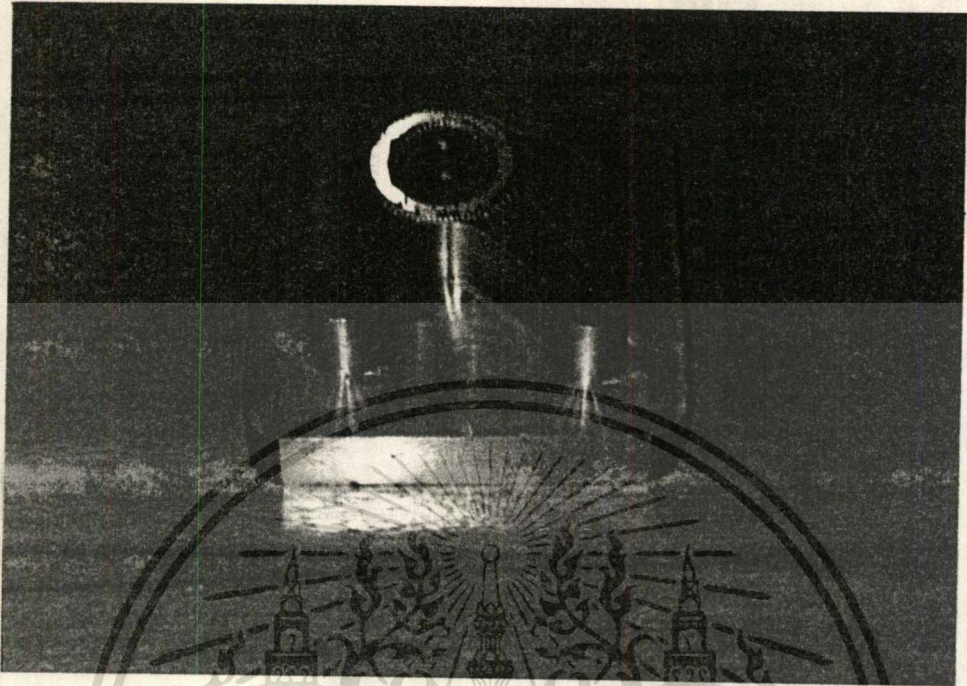
N25 X32.236 Y-29.168 ;

N26 X32.292 Y-29.121 F20 ;

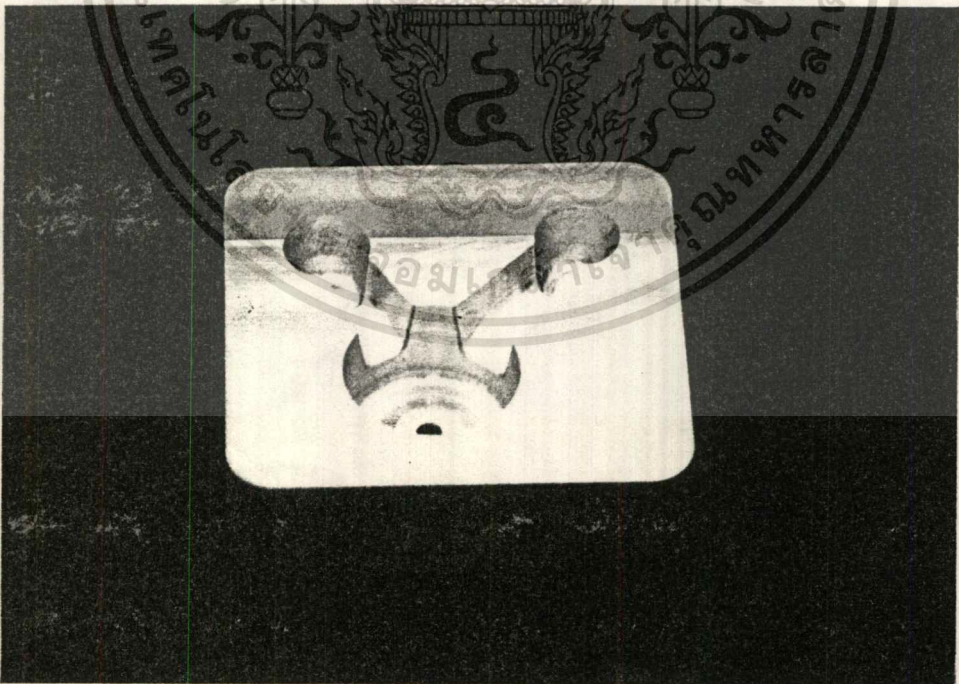
N27 X32.342 Y-28.947 ;

N28 X32.273 Y-28.779 ;

N29 X32.114 Y-28.691 ;



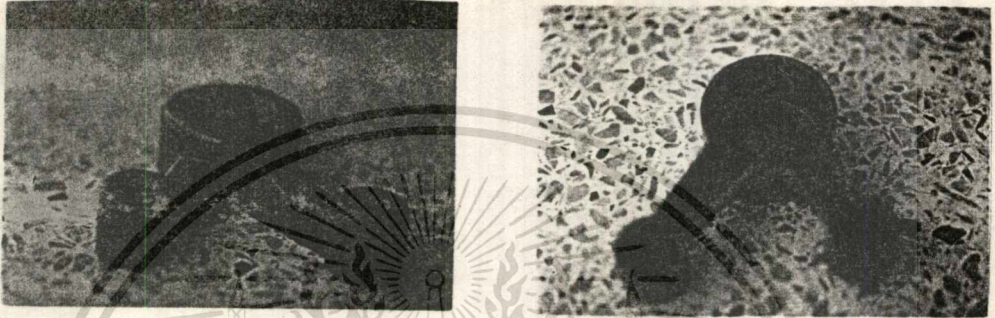
ภาพที่ 4.7 แสดงแม่พิมพ์ตัวผู้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ **ภาพที่ 4.8 แสดงแม่พิมพ์ตัวเมีย** อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเปรียบเทียบ ผลการวิเคราะห์การฉีดพลาสติกด้วย Moldflow กับการฉีดพลาสติกจริง

เมื่อทำการผลิตแม่พิมพ์ขึ้นทุกชิ้นแล้ว จึงนำมาประกอบกันเป็นแม่พิมพ์ที่สมบูรณ์ จากนั้น นำแม่พิมพ์ขึ้นฉีดบนเครื่องฉีดพลาสติก โดยปรับสภาวะต่างๆให้เหมาะสมกับการฉีด จะได้ชิ้นงานที่ออกมาโดยสมบูรณ์ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 แสดงชิ้นงานสมบูรณ์ที่ได้ทำการฉีด

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์การฉีดพลาสติกด้วย Moldflow กับการฉีดพลาสติกจริง

ผลที่ได้	จากการวิเคราะห์ด้วย Moldflow	จากการฉีดพลาสติกจริง
จุดฉีด	จุด B	จุด B
อุณหภูมิที่ควบคุม (°C)	230	215-230
เวลาของวัฏจักร (sec)	14	24
ความดันที่ฉีด (MPa)	16.78	5.5
รอยเชื่อมประสาน	เหมือนกัน	เหมือนกัน

จากตารางที่ 4.2 สามารถสรุปได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. จะเห็นว่าในการฉีดพลาสติกจริง ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์นั้น ไม่สามารถใช้ความดันตามที่วิเคราะห์ไว้โดย Moldflow ซึ่งแตกต่างกัน 11.28 MPa แต่ถ้าปรับให้เครื่องฉีด

พลาสติกใช้ความดันในการฉีดเท่ากับที่วิเคราะห์บน Moldflow จำเป็นจะต้องเพิ่ม Clamping Force ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายที่ตัวแม่พิมพ์

2. ในส่วนของเวลาการฉีดทั้งหมด จะใช้เวลาการฉีดทั้งหมดจริงนานกว่าที่ได้วิเคราะห์ไว้ถึง 10 วินาที ซึ่งจุดนี้ น่าจะขึ้นอยู่กับการถ่ายเทความร้อนในตัวแม่พิมพ์จำเป็นต้องศึกษาต่อไป

3. แต่ที่ตรงกันในส่วนของการวิเคราะห์จะเห็นได้คือ อุณหภูมิที่ควบคุมไว้ในการวิเคราะห์และการฉีดจริงจะอยู่ในช่วง 215-230 °C เพื่อป้องกันการลดคุณภาพของพลาสติก (Degrade) และการแข็งตัวก่อนที่จะเต็มแม่พิมพ์ และในส่วนของรอยเชื่อมประสาน เมื่อดูจากชิ้นงานจริง จะเห็นได้ว่าเกิดรอยเชื่อมประสาน และชิ้นงานมีการเติมเต็มเหมือนดังที่วิเคราะห์ไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการปฏิบัติงาน

5.1 บทสรุป

ปัจจุบันนี้ เทคโนโลยีทาง CAD/CAM/CAE ได้เข้ามามีผลต่อกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ซึ่งเห็นได้จากการทดลองดังกล่าว จะช่วยในการออกแบบ และการวิเคราะห์ชิ้นงานก่อนที่จะผลิตจริง โดยในอดีตจะอาศัยความชำนาญของช่างทำแม่พิมพ์ และออกแบบโดยอาศัยประสบการณ์ในการทำแม่พิมพ์

UG II เป็นซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD/CAM ตัวหนึ่ง ซึ่งในการออกแบบชิ้นงานและแม่พิมพ์ จะสามารถแก้ไขได้ทันทีทางคอมพิวเตอร์ และทำการจำลองการกัด (Milling) โดยสามารถที่จะทราบถึงวิธีการกัดที่ดีที่สุด ประหยัดเวลาในการกัดน้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการผลิตและลดต้นทุนได้

Moldflow ก็เป็นหนึ่งในซอฟต์แวร์ทางด้าน CAE โดย Moldflow จะใช้วิธี Finite Element ในการคำนวณเพื่อจำลองภาพการฉีดพลาสติกเข้าแม่พิมพ์ โปรแกรมนี้จะช่วยให้ออกแบบได้รวดเร็ว สามารถวิเคราะห์แก้ไขแบบได้ก่อนที่จะนำแบบที่ออกแบบไว้ไปทำการผลิตแม่พิมพ์จริง

ผลจากการออกแบบโดย UGII และการวิเคราะห์โดย Moldflow จะสามารถเป็นแนวทางในการตัดสินใจที่จะเลือกการออกแบบแม่พิมพ์และเครื่องจักรต่างๆ ในการผลิตชิ้นงานได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามในการใช้ซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD/CAM/CAE นั้นจะต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญสูง จึงจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะและโครงการก้าวหน้า (Future Work)

1. ในส่วนของ การวิเคราะห์การฉีดพลาสติกบน ซอฟต์แวร์ Moldflow นั้น ยังมีสถานะอื่นที่จำเป็นจะต้องนำมาวิเคราะห์อีก เช่นในการคำนวณเรื่องการถ่ายเทความร้อน การวิเคราะห์ในหัวข้อนี้ต้องทำการออกแบบในเรื่องท่อทางเดินพลาสติกเข้าสู่โมลด์ (Runner) ซึ่งต้องออกแบบตั้งแต่การทำโมเดลของ Runner บน Moldflow โดยตรง ซึ่งไม่สามารถที่จะทำบน UGII ได้ และรวมไปถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง, จำนวนท่อ, ความยาวของท่อ, ทิศทางการไหลของพลาสติกด้วย ต่อมาก็จะเป็นเรื่องของสถานะขนาดทางเข้าโมลด์ (Gate) ซึ่งในเรื่องนี้จะมีผลต่อการควบคุมความดันที่ใช้ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อการเลือกเครื่องฉีดพลาสติก (Injection Molding Machine)

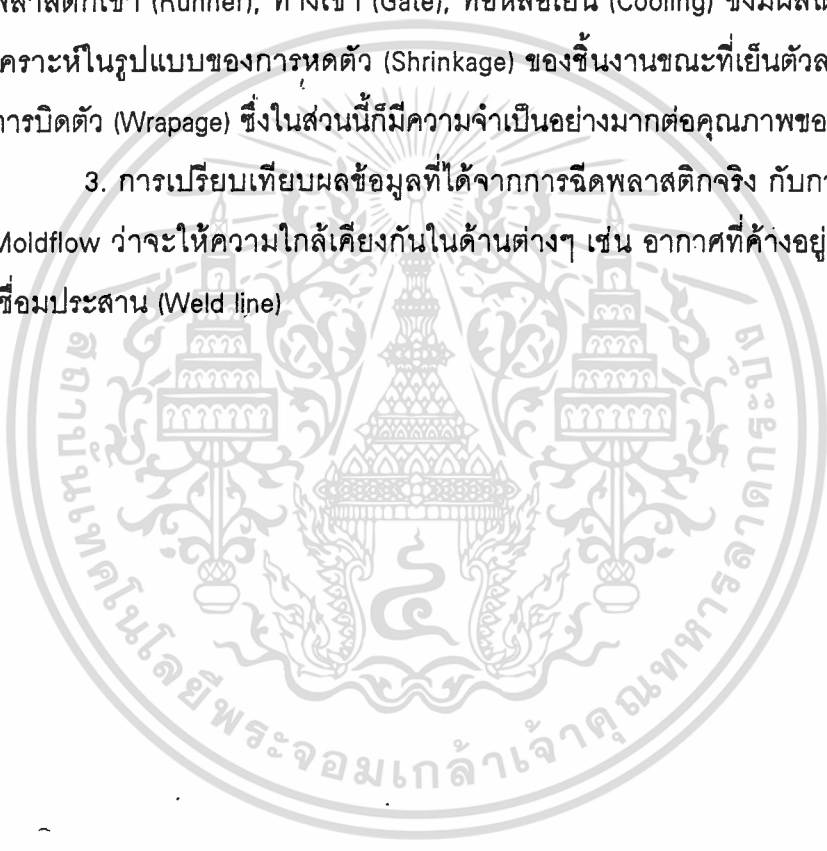
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เป็นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ขอสงวนสิทธิ์ในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ การหล่อเย็นในตัวโมลด์ (Cooling) ก็มีความสำคัญ ซึ่งจำเป็นต่อการระบายความร้อนในโมลด์ ทำให้พลาสติกในโมลด์แข็งตัว การออกแบบท่อน้ำหล่อเย็น จึงจำเป็นต้องรู้ถึงการออกแบบ ระบบทางเดินน้ำหล่อเย็น บน Moldflow โดยต้องออกแบบ ตั้งแต่ขนาด Cooling, จำนวนท่อหล่อเย็น, ความยาวท่อหล่อเย็น, ระยะห่างกับข้อขึ้นงาน ซึ่งทั้งหมดจะเป็นสถานะที่เพิ่มเติมเข้าไปในการออกแบบบน Moldflow

2. ในส่วนของวิธีการวิเคราะห์ เพราะว่ายังไม่สามารถออกแบบในส่วนของท่อพลาสติกเข้า (Runner), ทางเข้า (Gate), ท่อหล่อเย็น (Cooling) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อ การวิเคราะห์ในรูปแบบของการหดตัว (Shrinkage) ของชิ้นงานขณะที่เย็นตัวลงหรือแม้กระทั่ง การบิดตัว (Wrapage) ซึ่งในส่วนนี้ก็มีความจำเป็นอย่างมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3. การเปรียบเทียบผลข้อมูลที่ได้จากการฉีดพลาสติกจริง กับการวิเคราะห์ด้วย Moldflow ว่าจะให้ความใกล้เคียงกันในด้านต่างๆ เช่น อากาศที่ค้างอยู่ (Air Trap), รอยเชื่อมประสาน (Weld line)



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ที่ให้การอนุเคราะห์ทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้โปรเจกต์นี้ ได้สำเร็จลุล่วงลงไปได้ด้วยดี ซึ่งช่วยเหลือในด้านซอฟต์แวร์ อุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนเครื่องมือจักร ดั่งมีรายนามต่อไปนี้

สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

คุณ ไวยวุฒิ สายธนู

คุณ จินตนา คงบุญ

คุณ ธีรพงษ์ ศิวะอังกูร

คุณ จิรวุฒิ สิ้นธุวนิชเศรษฐ์

คุณ เพ็ญณี หวังเมธิกุล

บริษัท IEC (The International Engineering Public Company Limited)

ผู้แทนจำหน่าย UnigraphicII (UGII)

คุณ มงคล เอกสินิกข์กุล

คุณ วิโรจน์ วงศ์จริยกุล

คุณ พิสุทธิ สันติมนตรีรัตน์

บริษัท Incamtech. Co., Ltd.

ผู้แทนจำหน่าย Moldflow และ Pro-Engineering

คุณ มาลี มณีรัตน์

คุณ จ่านงค์ โคกเพลาะ

บริษัท คานากาตะ ประเทศไทย จำกัด

ผู้ผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

คุณ ภิญโญ

คุณ อานนท์

คุณ ณัฐ

คุณ พรชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัท ศรีไทย มียากาวา จำกัด

ผู้ผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

บริษัท FANUC ประเทศไทย จำกัด

ผู้แทนจำหน่าย FANUC

คุณ ยุทธนา

บริษัท Machine Tech Co., Ltd.

ผู้แทนจำหน่ายเครื่องกัด CNC HAAS และ MICRON

คุณ รัชศักดิ์ เกิดงู

คุณ ไพโรจน์ โคตรเจริญ

คุณ วิโรจน์ ศรีชัยลา

คุณ วิฑูรย์ บำรุงสกุลสวัสดิ์ ผู้ช่วยจัดการเรื่องรายงาน

ผศ. สัจจาทิพย์ ทศนียพันธ์ุ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักพิมพ์ ธีรดาการพิมพ์ จำกัด

ผู้พิมพ์และโฆษณา นิตยสาร A CLUB MAGAZINE

คุณ มณฑา เทียมเมือง ที่ให้คำปรึกษาและยืมอุปกรณ์

บริษัท ศิริวัฒนาพลาสติก จำกัด

เอื้อเพื่อเครื่องฉีดพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ซาลี ตระกูลการ , ผศ. “ การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เล่ม 1 และ เล่ม 2 ”
Fourth Edition , กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น , 2536.
- [2] ชวลิต ช่างทอง , มন্ত্রী มงคล ,” ชุดสื่อการ6รเรียนการสอน(IMP) งานกัด CNC.”
กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ , 2536.
- [3] Hans Domininghaus. “ Plastic for Engineering ” , New York : Hanser Publishers,
1993.
- [4] George Menges and Paul Mohen ,” How to make injection molds “ ,Second
Edition. New York : Hanser Publishers, 1993.
- [5] Hans Gastrow , “ Injection Molds ”,Second Edition. New York : Hanser Publishers,
1993.
- [6] UnigraphicsII, “ UnigraphicsII Manual Version 10.5 ”
- [7] Moldflow ,” Moldflow Manual Release 7 “
- [8] Ibrahim Zeid, “CAD/CAM Theory and Practice “, McGraw-Hill International Editions ,
Computer Science Series.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้