วิศวกรรมร่วมขนานในงานการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีด

นาย สมบูรณ์ อนันตธนะสาร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-723-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 9 ก.พ. 2543
I17358607

CONCURRENT ENGINEERING IN PLASTIC INJECTION MOLD DESIGNS

Mr. Somboon Anantathanasarn

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineeering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1996

ISBN 974-636-723-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	วิศวกรรมร่วมขนานในงานการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีด
โดย	นาย สมบูรณ์ อนันตธนะสาร
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดำรงศักดิ์ มลิลา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ไชยะภินันท์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สมบูรณ์ อนันตธนะสาร : วิศวกรรมร่วมขนานในงานการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีด
(CONCURRENT ENGINEERING IN PLASTIC INJECTION MOLD DESIGNS)
อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ , 110 หน้า. ISBN 974-636-723-4

โครงการวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาการนำเอาโปรแกรมที่ช่วยในการออกแบบ ผลิต และวิเคราะห์ทางวิศวกรรม เข้ามาใช้ร่วมกันในการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีด เป็นการแสดงถึงการทำงานในลักษณะวิศวกรรมร่วมขนาน ซึ่งจะสามารถทำให้บางขั้นตอนในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์สามารถทำงานไปได้พร้อม ๆ กัน

ขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ จะเกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบ (CATIA) ทั้งในลักษณะฟอร์เวิร์ดเอ็นจิเนียริ่งและรีเวิร์สเอ็นจิเนียริ่ง โดยในลักษณะฟอร์เวิร์ดเอ็นจิเนียริ่งนั้นได้ทำการออกแบบแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติของก้านเปลี่ยนเกียร์รถจักรยานยนต์และได้ถูกนำไปสร้างเพื่อใช้งานจริง ส่วนในลักษณะรีเวิร์สเอ็นจิเนียริ่ง ได้มีการพัฒนาโปรแกรมพรีโปรเซสเซอร์ซึ่งสามารถรับข้อมูลจุดพิกัดซึ่งวัดมาจากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติสร้างเป็นแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติในโปรแกรม CATIA โดยได้ทดสอบโปรแกรมด้วยชิ้นงานฝาครอบกระจกมองข้างของรถยนต์

การศึกษานี้ได้แสดงถึงวิธีการใช้โปรแกรมช่วยในการผลิตหาทางเดินของหัวกัดสำหรับเครื่อง CNC ในขั้นตอนของการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ ทางเดินของหัวกัดประกอบด้วยข้อมูลของส่วนคอร์และส่วนเบ้าของแบบจำลองโดยอยู่ในรูปแบบภาษา APT และได้พัฒนาโปรแกรมโพสโปรเซสเซอร์เพื่อแปลทางเดินของหัวกัดในภาษา APT ไปเป็นรหัสจีและเอ็ม โดยชุดควบคุมของเครื่อง CNC ส่วนใหญ่จะใช้รหัสเหล่านี้ นอกจากนี้ยังได้สร้างแบบจำลองของส่วนประกอบพื้นฐานของแม่พิมพ์ที่ใช้กันทั่วไปในลักษณะที่สามารถเปลี่ยนขนาดรูปร่างได้เพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบให้ออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่สมบูรณ์ได้

โปรแกรมวิเคราะห์การไหลของเทอร์โมพลาสติกโปรแกรม Moldflow ได้ถูกใช้เพื่อทำการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลภายในคาวิตี้ ทางวิ่ง และปลอกรูฉีด โดยทำการสร้างแบบจำลองในโปรแกรม CATIA แล้วแปลงข้อมูลของแบบจำลองที่ได้ให้สามารถใช้กับโปรแกรม Moldflow โดยใช้แฟ้มข้อมูลสื่อกลาง

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต สมบูรณ์ อนันตธนะสาร
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ
ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C615971, : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING
KEY WORD: CONCURRENT ENGINEERING / PLASTIC INJECTION MOLD

SOMBOON ANANTATHANASARN : CONCURRENT ENGINEERING IN PLASTIC INJECTION MOLD DESIGNS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. VIBOON SANGVERAPHUNSIRI, Ph.D. 110 pp. ISBN 974-636-723-4.

The combined use of the program CAD/CAM/CAE in plastic injection mold designs is studied in this thesis. The purpose is to illustrate the concept of concurrent engineering. It means that each or some steps in the mold design and mold building process or product design can work simultaneously.

The product design steps involve the use of CAD (CATIA) in both the forward and the reverse engineering. For the forward engineering, the 3-D surface models for motorcycle gear shift were created and actually built. In the reverse engineering method, the pre-processor program are developed, so that the digitized coordinate data points from the CMM machine can be used for constructing 3-D surface models in CATIA. The program was tested with a shell of the automobile side mirror.

This study also shows the method of using CAM to generate the tool paths for CNC machine in the mold design and building steps. The tool paths consist of the information of core and cavity of the model in APT language. The post-processor program is developed for translating tool paths in APT language to G-code and M-code. These codes used mostly in the CNC machine controller. The method of variation geometry is used for creating some basic mold base parts for helping the designer to design the complete plastic injection molds.

The thermoplastic material flow analysis software call Moldflow is used for analysing the flow behavior in the cavity, runner and sprue. The CAD models (from CATIA) can be transformed to the Moldflow by using neutral file format.

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ พร้อมทั้งจัดหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มาด้วยดีตลอด และขอขอบคุณบริษัท NSS จำกัด ที่มอบทุนการศึกษาให้โดยไม่มีเงื่อนไขใด ๆ ทั้งสิ้น เนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบพระคุณบิดา-มารดาซึ่งสนับสนุนทางด้านทุนทรัพย์และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สมบูรณ์ อนันตธนะสาร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช
บทที่
1. บทนำ 1
2. วิศวกรรมร่วมขนานกับการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีด 4
3. การออกแบบผลิตภัณฑ์ 11
4. การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ 23
5. การวิเคราะห์การไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ 50
6. ภาพรวมของการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติกด้วยวิธีวิศวกรรมร่วมขนาน 70
7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 74
บรรณานุกรม 78
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 79
ภาคผนวก ข 86
ประวัติผู้เขียน 110

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้าที่

ก.1 แสดงความหมายของรหัสเอ็ม 79

ก.2 แสดงความหมายของรหัสจี 82

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้าที่

2.1 แสดงความแตกต่างระหว่างวิธี Sequential กับวิธี Concurrent 5

2.2 แสดงขั้นตอนการใช้ CAD ช่วยในการออกแบบ 6

2.3 แสดงตัวอย่างการใช้ CAM ช่วยในกระบวนการผลิต 7

2.4 แสดงขั้นตอนการใช้ CAD ช่วยในการออกแบบ 8

2.5 แสดงเปรียบเทียบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีดด้วย
วิธี Sequential และ วิธี Concurrent 10

3.1 แสดงแบบจำลอง (Model) ของก้านเปลี่ยนเกียร์ของมอเตอร์ไซด์ที่สร้าง
ขึ้นจากโปรแกรม CATIA 12

3.2 แสดงขั้นตอนของการทำ Reverse Engineering 13

3.3 แสดงให้เห็นฝาครอบกระจกมองข้างของรถยนต์กำลังถูกเก็บข้อมูลของพื้นผิว
ด้วยเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ 13

3.4 แสดงจุดของฝาครอบกระจกมองข้างใน CATIA ซึ่งได้จากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ 15

3.5 แสดงเส้นโค้งซับซ้อนใน CATIA ซึ่งสร้างมาจากจุดพิกัดที่ได้จากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ 15

3.6 แสดงแบบจำลอง (model) ของพื้นผิวของฝาครอบกระจกมองข้างที่สร้างขึ้นจาก
เส้นโค้งที่สร้างจากจุดที่วัดได้จากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ 15

3.7 แสดงไม้รูปหน้าคนที่มีพื้นผิวซับซ้อน 16

3.8 แสดงแบบจำลอง (model) ใน CATIA 16

3.9 แสดงให้เห็นว่าในการที่เก็บข้อมูลของพิกัดของจุดของพื้นผิวซับซ้อนจะต้องเก็บ
ข้อมูลจำนวนมาก 16

3.10 แสดงรูปร่างต้นแบบ (Prototype) ขอฝาครอบเครื่องยนต์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
พิกัดของด้านบน 17

3.11 แสดงจุดภายใน CATIA ของผิวด้านบนที่เก็บข้อมูลของพิกัดด้วย
เครื่องวัดพิกัด 3 มิติ (CMM) 17

3.12 แสดงการปรับแต่งจุดที่ได้ด้วยฟังก์ชันใน CATIA 17

3.13 แสดงพื้นผิวที่สร้างขึ้นจากจุดที่ปรับแต่งแล้ว 17

3.14 แผนผังขั้นตอนการเขียนโปรแกรม MKPT 19

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้าที่

3.15 แผนผังขั้นตอนการเขียนโปรแกรม MKSUR 22
4.1 แสดงขั้นตอนของกระบวนการฉีด 23
4.2 แสดงเครื่องฉีดพลาสติก 24
4.3 แสดงให้เห็นการทำงานของแม่พิมพ์ฉีดแบบสองแผ่น 25
4.4 แสดงให้เห็นการทำงานของแม่พิมพ์แบบสามแผ่น 25
4.5 แสดงแม่พิมพ์ฉีดแบบรูวิ่งร้อน 26
4.6 พื้นฐานของแม่พิมพ์ประกอบด้วยแผ่นเบ้าและแผ่นคอร์ 28
4.7 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของแม่พิมพ์บางส่วน 28
4.8 แสดงปลอกรูฉีด 29
4.9 แสดงแหวนบังคับศูนย์ 30
4.10 แสดงเพลานำและปลอกนำ 30
4.11 แสดงส่วนดึงแกนรูฉีดทำเป็นบ่อดักเรียวย้อนกลับ 31
4.12 แสดงส่วนดึงแกนรูฉีดทำเป็นบ่อดักวงแหวน 31
4.13 แสดงสลักดึงแกนรูฉีดแบบตัว Z 31
4.14 แสดงสลักดึงแกนรูฉีดแบบเรียวย้อนกลับ 32
4.15 แสดงสลักดึงแกนรูฉีดแบบหัวเห็ด 32
4.16 แสดงสลักปลด 32
4.17 แสดงการปลดชิ้นงานโดยให้เพลาดันปลดไปกระทบกับเพลากระทุ้ง 33
4.18 แสดงการปลดชิ้นงานโดยใช้กระบอกและลูกสูบไฮดรอลิก 33
4.19 แสดงห้องระบบปลดชิ้นงาน 34
4.20 แสดงแผ่นประกอบตัวปลด 35
4.21 แสดงการทำงานของเพลาดันกลับ 36
4.22 แสดงห้องระบบปลดชิ้นงานที่ไม่มีสลักยัน 37
4.23 แสดงห้องระบบปลดชิ้นงานที่มีปลักยัน 37
4.24 แสดงลักษณะการควบคุมการทำงานของเครื่อง CNC Milling Machine 38
4.25 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยระบบ CAD/CAM 40

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้าที่

4.26 แสดงแบบจำลอง (model) ของส่วนคอร์ในโปรแกรม CATIA 42

4.27 แสดงชิ้นงานของส่วนคอร์ที่กัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว 42

4.28 แสดงแนวทางเดินของหัวกัดที่ได้จากโปรแกรม CATIA ในการกัดหยาบส่วนคอร์ 42

4.29 แสดงแนวทางเดินของหัวกัดทีได้จากโปรแกรม CATIA ในการกัดละเอียดส่วนคอร์ . 43

4.30 แสดงแบบจำลอง (model) ของส่วนเบ้าในโปรแกรม CATIA 43

4.31 แสดงชิ้นงานของส่วนเบ้าที่กัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว 43

4.32 แสดงแนวทางเดินของหัวกัดที่ได้จากโปรแกรม CATIA ในการกัดหยาบส่วนเบ้า 44

4.33 แสดงแนวทางเดินของหัวกัดทีได้จากโปรแกรม CATIA ในการกัดละเอียดส่วนเบ้า .. 44

4.34 แผนผังแสดงขั้นตอนการเขียนโปรแกรม APT.for ซึ่งเป็น
โปรแกรมโพสโปรเซสเซอร์ 48

4.35 แสดงบางส่วนของแบบจำลอง (model) ของส่วนประกอบพื้นฐานของแม่พิมพ์ 49

4.36 แสดงบางส่วนของแบบจำลอง (model) ของส่วนประกอบพื้นฐานของแม่พิมพ์ 50

5.1 แสดงภาพตัดของแม่พิมพ์รูปร่างคล้ายจาน 51

5.2 แสดงการไหลเข้าสู่แม่พิมพ์ของพลาสติก 52

5.3 แสดงการเกิดการโค้งงอของชิ้นงานเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ไม่เท่ากัน . 53

5.4 แสดงการเกิดการโค้งงอของชิ้นงานเนื่องจากการแข็งตัวที่ไม่เท่ากัน 54

5.5 แสดงการโค้งงอของชิ้นงานที่เกิดจากการหล่อเย็นที่ไม่เท่ากันของ
ส่วนเบ้าและส่วนคอร์ 55

5.6 แสดงการเกิด Overpack ในชิ้นงาน 56

5.7 แสดงการเกิด Underflow effect ในชิ้นงาน 57

5.8 แสดงการเกิด Weld line ในชิ้นงาน 57

5.9 แสดงแม่พิมพ์ที่ใช้อธิบายการไหลแบบ Themal induced unstable flow 58

5.10 แสดงแบบจำลอง (model) กล่องสี่เหลี่ยมที่ไม่สมมาตรใน
โปรแกรม CATIA 62

5.11 แสดงการแบ่งพื้นผิวของชิ้ นออกเป็นส่วน ๆ ในโปรแกรม CATIA 63

5.12 แสดงการสร้าง mesh ในแต่ละพื้นผิวของชิ้นงานในโปรแกรม CATIA 63

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้าที่

5.13 แสดง mesh และพื้นผิวของชิ้นงานในโปรแกรม Moldflow ที่อ่านข้อมูลเข้ามา 64
5.14 แสดงชิ้นงานใน Moldflow ที่กำหนดความหนาให้แต่ละพื้นผิวแล้ว 65
5.15 แสดงเวลาในการเติมพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ 65
5.16 แสดงความแค้นเฉือนที่เกิดในชิ้นงาน 66
5.17 แสดงอุณหภูมิ ณ ส่วนต่าง ๆ ของชิ้นงาน 66
5.18 แสดง Weld lines บนชิ้นงาน 67
5.19 แสดงการแบ่งเส้นทางไหลของพลาสติกในชิ้นงาน 68
5.20 แสดงเวลาที่ใช้ในการเติมพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ของชิ้นงานที่มี
การเปลี่ยนแปลงความหนา 68
5.21 แสดงความเค้นเฉือนของชิ้นงานที่มีการเปลี่ยนแปลงความหนาแล้ว 69
6.1 แสดงด้านหน้าและด้านหลังของกรอบโทรศัพท์มือถือ 71
6.2 แผนผังภาพรวมของการใช้วิธีวิศวกรรมร่วมขนานกับการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติก . 73