# บทที่ 2

# วิศวกรรมร่วมขนานกับการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีด

## วิศวกรรมร่วมขนาน (Concurrent Engineering)

เป็นเวลาหลายปีมาแล้วที่ได้มีการประยุกต์หลักการวิศวกรรมร่วมขนาน (Concurrent Engineering) เพื่อช่วยในการพัฒนาขบวนการทำงานในอุตสาหกรรม วิศวกรรมร่วมขนาน (Concurrent Engineering) หรือจะเรียกอย่างอื่นว่า Simultaneous Engineering หรือ Parallel Engineering เป็นขบวนการที่พยายามจะทำให้ส่วนหรือขั้นตอนต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานหนึ่ง ๆ (เช่น ขบวนการผลิต, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นต้น) ทำไปได้พร้อม ๆ กัน โดยวิศวกรรมร่วมขนานจะมีหลักการให้ทุกขั้นตอนทำงานประสานกันไปเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ไม่เหมือนกับการทำงานแบบ "อนุกรม" (Serial) ที่ใช้สืบต่อกันมา คือ ขั้นตอนหนึ่ง ๆ ต้องสำเร็จก่อนจึงจะเริ่มขั้นตอนต่อไป วิศวกรรมร่วมขนานจะเป็นหลักการที่อนุญาตให้ขั้นตอนหลาย ๆ ขั้นตอนเริ่มปฏิบัติงานได้ แม้ว่าขั้นตอนที่จำเป็นก่อนหน้านั้นจะยังไม่ได้เริ่มก็ตาม

รูปที่ 2.1 จะแสดงความแตกต่างระหว่างวิธีการ Concurrent Engineering กับวิธี Sequential Engineering

ประโยชน์ที่จะได้รับจากวิธีวิศวกรรมร่วมขนาน Concurrent Engineering

1. ลดระยะเวลาในขบวนการทำงานหนึ่ง ๆ เนื่องจาก

1.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงานหลายขั้นตอนสามารถทำไปได้พร้อม ๆ กัน

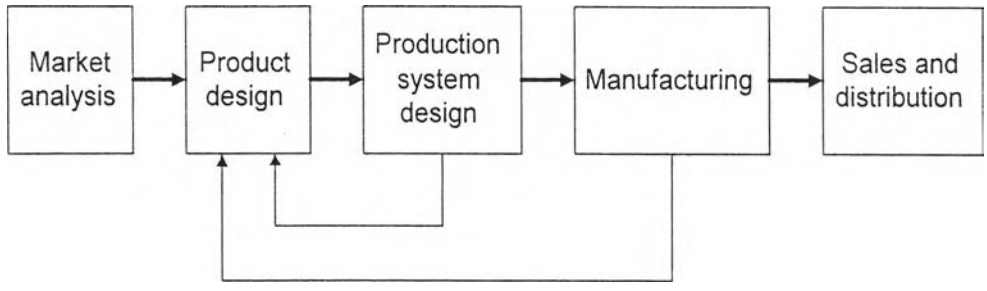
1.2 ถ้าขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งไม่เสร็จตามตารางที่กำหนด ก็ไม่เป็นอุปสรรคต่อขั้นตอนต่อไปมากนัก เนื่องจากเราจะหาเครื่องมือที่มาช่วยให้ขั้นตอนทีทำไปพร้อม ๆ กัน ไม่ต้องอาศัยผลลัพธ์ของขั้นตอนอื่นที่ทำไปพร้อมกัน

2. ลดค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในขบวนการทำงาน เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในขบวนการนั้นลดลง

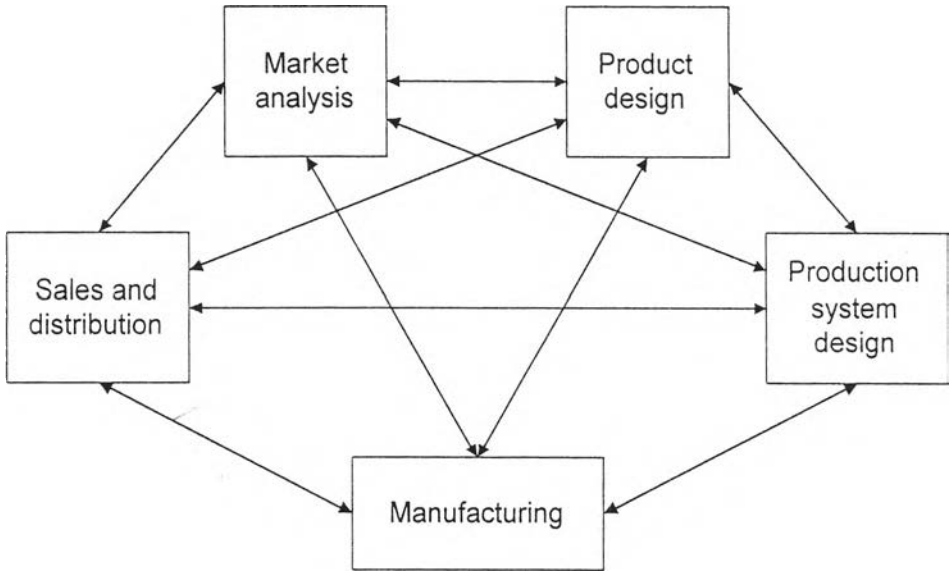
3. เพิ่มคุณภาพของงานที่ได้ เช่น การทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจะมีการวิเคราะห์การไหลของพลาสติกไปพร้อม ๆ กับการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ ทำให้ช่วยลดข้อผิดพลาดก่อนที่จะสร้างแม่พิมพ์ เป็นต้น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Sequentail Engineering**




**Concurrent Engineering**

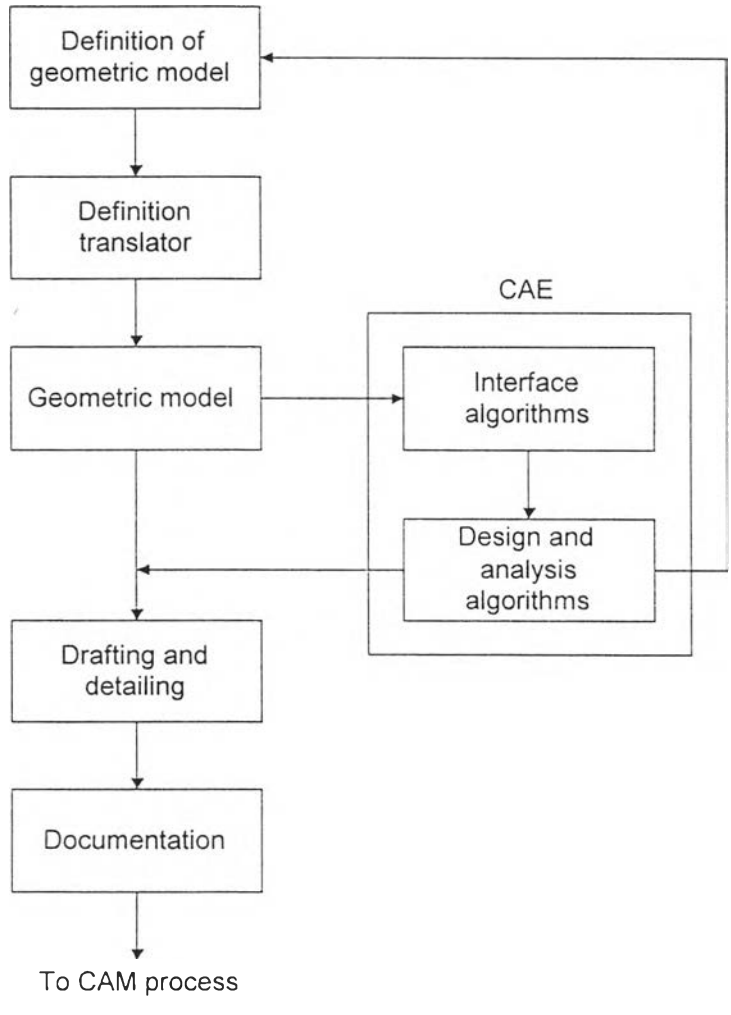



รูปที่ 2.1 แสดงความแตกต่างระหว่างวิธี Sequential กับวิธี Concurrent

## CAD/CAM/CAE

เนื่องจากในโครงการวิทยานิพนธ์นี้เราจะใช้ CAD/CAM/CAE เป็นเครื่องมือหลักในการประยุกต์ใช้หลักการวิศวกรรมร่วมขนาน (Concurrent Engineering) กับงานการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีด ดังนั้นจึงจะขอกล่าวถึง CAD/CAM/CAE พอสังเขป ดังนี้

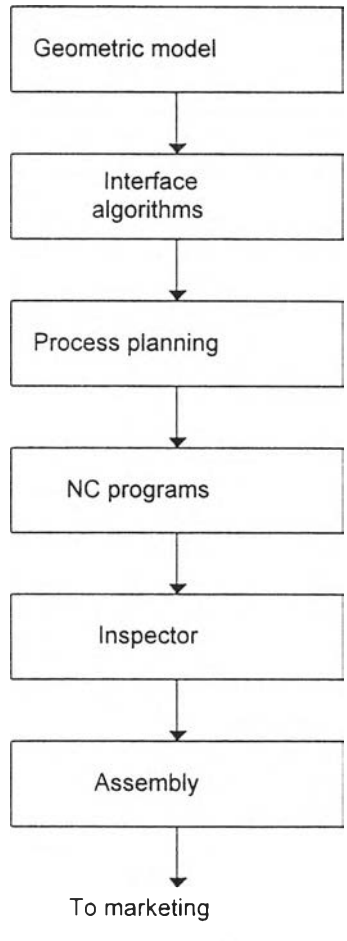
### 1. CAD (Computer-aided design) หรือ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ




รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการใช้ CAD ช่วยในการออกแบบ

การใช้ CAD ช่วยในการออกแบบได้แสดงเป็นขั้นตอนให้เป็นดังในรูปที่ 2.2 ซึ่งจากข้อกำหนดทางเรขาคณิตของชิ้นงานที่จะสร้าง ผู้ออกแบบจะใช้ฟังก์ชัน (function) ต่าง ๆ ในการสร้างรูปทางเราขาคณิตในการสร้างส่วนต่าง ๆ ของชิ้นงาน จนได้รูปทรงแบบจำลองเรขาคณิตที่สมบูรณ์ของชิ้นงานนั้นขึ้นมา และจากรูปทรงเรขาคณิตที่สร้างขึ้นจะเป็นฐานข้อมูลที่ผู้ออกแบบสามารถแปลงเป็นรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ตามที่ต้องการดังที่จะได้กล่าวต่อไปในส่วนของ CAE จากการวิเคราะห์อาจจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแบบในเบื้องต้นได้ เมื่อทำการออกแบบขั้นสุดท้ายสำเร็จ แบบจำลองของชิ้นงานที่ได้ก็จะเป็นข้อมูลสำหรับขบวนการทางด้าน CAM หรือใช้ในการพิมพ์ออกมาเป็นแบบ (Drawing) ต่อไป

2. **CAM (Computer-aided manufacturing) หรือ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในกระบวนการผลิต**

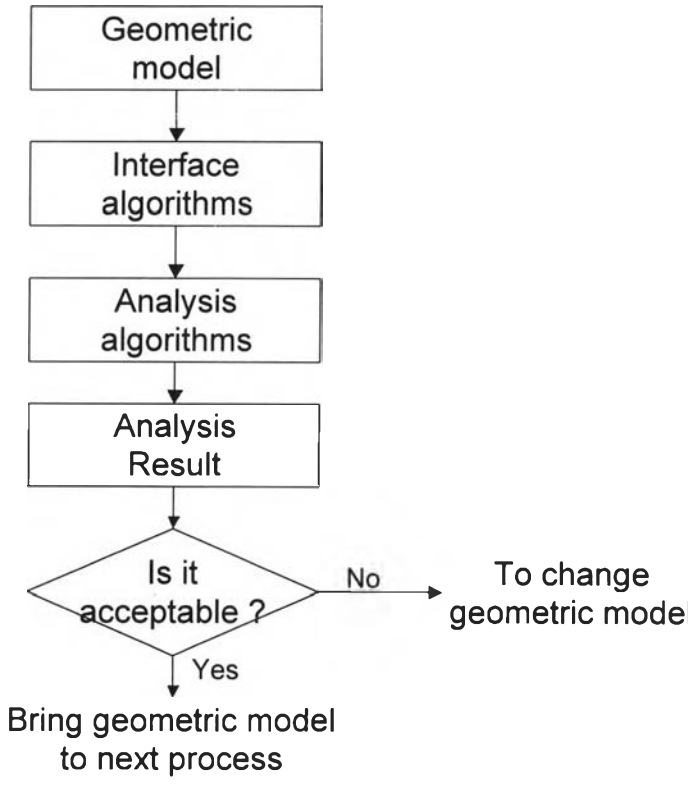



รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการใช้ CAM ช่วยในกระบวนการผลิต

การใช้ CAM ช่วยในขบวนการผลิตได้แสดงตัวอย่างไว้ในรูปที่ 2.3 จากแบบจำลองรูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นงานที่พัฒนามาจากขบวนการทางด้าน CAD จะเป็นฐานข้อมูลสำหรับกิจกรรมทางด้าน CAM งานด้าน CAM ที่ต่างกันจะต้องการข้อมูลทางด้าน CAD ที่ต่างกัน

3. **CAE (Computer-aided engineering) หรือ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม**

จากแบบจำลองรูปทรงเรขาคณิตที่ได้จากขบวนการด้าน CAD ข้อมูลจะถูกแปลงเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางวิศวกรรม ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ทางไฟไนท์เอลลิเมนท์อาจจะต้องการแบบจำลองที่แตกต่างจากการวิเคราะห์ทางจลศาสตร์ งานด้าน CAE นี้จะทำให้เราสามารถตรวจสอบหรือทดสอบแบบที่ออกในเบื้องต้น ซึ่งอาจจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางเรขาคณิตของชิ้นงานนั้นก่อนที่จะนำไปสู่การผลิตชิ้นงานนั้น ๆ จริง ๆ ทำให้ป้องกันหรือลดการแก้ไขชิ้นงานสุดท้ายที่ได้



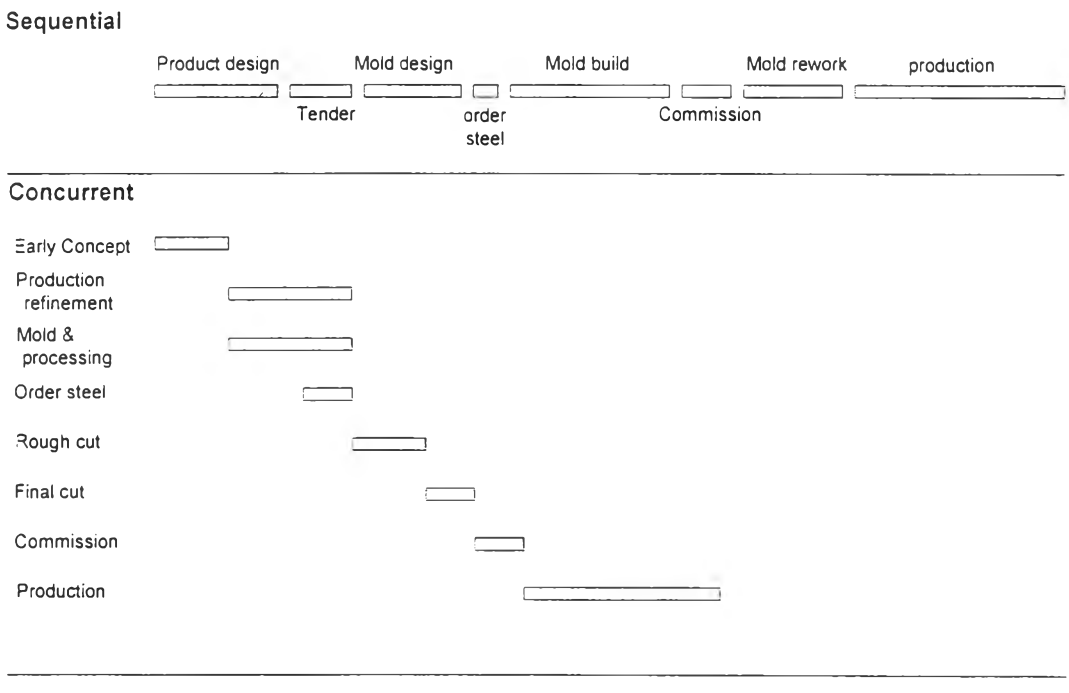

รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการทำงานของ CAE

## การนำหลักการวิศวกรรมร่วมขนานมาใช้กับอุตสาหกรรมแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีด

ในการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกของผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ นั้น จะมีขั้นตอนอยู่หลาย ๆ ขั้นตอนด้วยกัน โดยปัจจุบันส่วนใหญ่จะทำไปทีละขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design) ของชิ้นงานที่จะผลิต จากนั้นจึงไปทำการออกแบบแม่พิมพ์ของชิ้นงานนั้น ๆ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องมีการปรึกษากันระหว่างวิศวกรการผลิตและผู้ออกแบบแม่พิมพ์ถึงรายละเอียดของแม่พิมพ์ เช่น จำนวน Cavity ภายในแม่พิมพ์, ทางเข้า (gate), ทางวิ่ง (runner), ทางเดินน้ำหล่อเย็น (cooling line) ของแม่พิมพ์ และสภาวะแวดล้อมที่ใช้ในขบวนการผลิต เป็นต้น แล้วจึงไปทำการผลิตแม่พิมพ์ขึ้นมา เมื่อได้แม่พิมพ์ตามที่ออกแบบไว้แล้วก็จะมีการทดลองนำแม่พิมพ์นั้นไปทดลองฉีด โดยถ้าเป็นชิ้นงานง่าย ๆ ที่ไม่มีบริเวณที่จะเกิดปัญหาบนชิ้นงาน เช่น การเกิดการบิดงอชิ้นงานที่ทดลองฉีดก็อาจจะได้ตามที่ออกแบบไว้ สามารถนำแม่พิมพ์ที่ได้ไปใช้ในกระบวนการฉีดจริงได้ หรือในบางครั้งอาจจะมีการกลับไปแก้ไขแม่พิมพ์เพียงไม่กี่ครั้งก็สามารถนำแม่พิมพ์นั้นไปใช้จริงได้ แต่สำหรับชิ้นงานที่มีความยากในการผลิต เช่น มีการแยกไหลของพลาสติกเหลวมาก หรือชิ้นงานที่ฉีดแล้วมีการบิดงอ เป็นต้น ชิ้นงานเหล่านี้เมื่อนำไปทดลองฉีดแล้วมักจะไม่ได้ตามที่ออกแบบไว้ จึงต้องมีการนำแม่พิมพ์ที่ได้กลับไปแก้ไขใหม่ ซึ่งอาจจะกลับไปแก้ไขตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ อาจจะต้องแก้ไขจำนวน cavity, ทางเข้า (gate), ทางวิ่ง (runner), ทางเดินน้ำหล่อเย็น (cooling line) ภายในแม่พิมพ์ เป็นต้น แล้วจึงแก้ไขตัวแม่พิมพ์แล้วนำไปทดลองฉีดใหม่ ซึ่งอาจจะต้องทำเช่นนี้อีกหลายครั้ง

ดังนั้นจึงมีการนำหลักการวิศวกรรมร่วมขนานมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีด เพื่อลดระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ โดยจะมีการนำโปรแกรมทางด้าน CAD CAM และ CAE มาใช้ร่วมกันเพื่อเป็นเครื่องมือให้สามารถประยุกต์ใช้หลักการวิศวกรรมร่วมขนานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีโปรแกรมใดที่มีความสามารถทั้งทางด้าน CAD CAM และ CAE ในโปรแกรมเดียว ฉะนั้นในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จึงจะทำการหาวิธีที่รวมโปรแกรมทางด้าน CAD CAM และ CAE (ในที่นี้ คือ โปรแกรม CATIA ซึ่งเป็นโปรแกรมทางด้าน CAD/CAM และ โปรแกรม Moldflow ซึ่งเป็นโปรแกรมทางด้าน CAE ที่ใช้วิเคราะห์การไหล) มาใช้ร่วมกัน โดยการประยุกต์หลักการวิศวกรรมร่วมขนานกับการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ฉีดนี้จะเริ่มจากการออกแบบเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต จากนั้นจึงแยกแต่ละชิ้นส่วนไปทำการออกแบบโดยละเอียดโดยจะใช้โปรแกรมทางด้าน CAD ช่วยในการออกแบบ แล้วจึงไปทำการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ ซึ่งสำหรับแม่พิมพ์ของชิ้นงานที่มีความ

ซับซ้อนจะมีส่วนประกอบหรืออินเสิร์ตในการขึ้นรูปชิ้นงานของแม่พิมพ์เป็นจำนวนมาก วิศวกรผู้ออกแบบจะทำการวิเคราะห์ดูว่าชิ้นงานนี้บริเวณใดที่อาจจะเกิดปัญหา เช่น มีการบิดงอ หรือ อาจมีรอยเชื่อมต่อของเนื้อพลาสติกในบริเวณที่มีความสำคัญหรือทำให้เกิดความไม่สวยงามของชิ้นงาน เป็นต้น วิศวกรผู้ออกแบบก็จะทำการแปลงข้อมูลของชิ้นงานจากฐานข้อมูลทางด้าน CAD ไปเป็นรูปแบบของข้อมูลที่โปรแกรมทางด้าน CAE ที่สามารถวิเคราะห์การไหลของพลาสติกภายในแม่พิมพ์ เพื่อทำการวิเคราะห์ชิ้นงานที่จะได้ก่อนที่จะมีการทำแม่พิมพ์ของชิ้นงานนี้ไปทำการทดลองฉีด ซึ่งถ้าพบปัญหาวิศวกรผู้ออกแบบจะทำการแก้ไขแบบของชิ้นงานชิ้นนี้เพื่อที่จะเมื่อนำไปฉีดแล้วจะได้ชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้ เป็นการลดเวลาที่ใช้ในการแก้ไขแม่พิมพ์หลังการทดลองฉีด ในขณะเดียวกับที่วิศวกรผู้ออกแบบทำการวิเคราะห์ชิ้นงานนั้นด้วยโปรแกรมวิเคราะห์การไหล บริเวณใดที่วิศวกรผู้ออกแบบคิดว่าจะไม่การเกิดปัญหาขึ้น วิศวกรผู้ออกแบบก็จะทำการให้ช่างทำแม่พิมพ์ไปทำการสร้างชิ้นส่วนหรืออินเสิร์ตในการขึ้นรูปชิ้นงานในบริเวณนั้น และทำการออกแบบส่วนประกอบพื้นฐาน (mold base) ของแม่พิมพ์ไปพร้อม ๆ กัน เพื่อเป็นการลดระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ ซึ่งได้แสดงเปรียบเทียบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ด้วยวิธีวิศวกรรมร่วมขนานกับวิธีที่ใช้กันอยู่ในรูปที่ 2.5




รูปที่ 2.5 ภาพแสดงเปรียบเทียบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์พลาสติกแบบฉีดด้วย