

# CAD/CAM/CAE/CNC กับอุตสาหกรรมการผลิต

สมนึก บุญพาไสว

การแข่งขันเป็นสิ่งที่ไม่หลีกเลี่ยงไม่ได้สำหรับการดำรงชีวิตบนโลกนี้ โลกนี้ได้อุตสาหกรรมก็ต้องมีการแข่งขันกันนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการเปิดการค้าเสรีการแข่งขันย่อมเพิ่มมากขึ้นอีกเป็นเท่าทวีคูณ สิ่งที่คุณต้องคิดและทำในเวลานี้ก็คือจะทำอย่างไรจึงจะผลิตสินค้าได้คุณภาพดี รวดเร็วทันความต้องการของลูกค้า ต้นทุนการผลิตต่ำ เพื่อที่จะสามารถแข่งขันกับผู้อื่นได้ ด้วยความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการพัฒนากระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติก็มีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่ต้องการความละเอียด ความถูกต้อง ความเที่ยงตรงของชิ้นงาน ความน่าเชื่อถือ และความยืดหยุ่นในกระบวนการสูง เทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทอย่างยิ่งในกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตได้แก่ CAD/CAM/CAE/และ CNC

## CAD คืออะไร

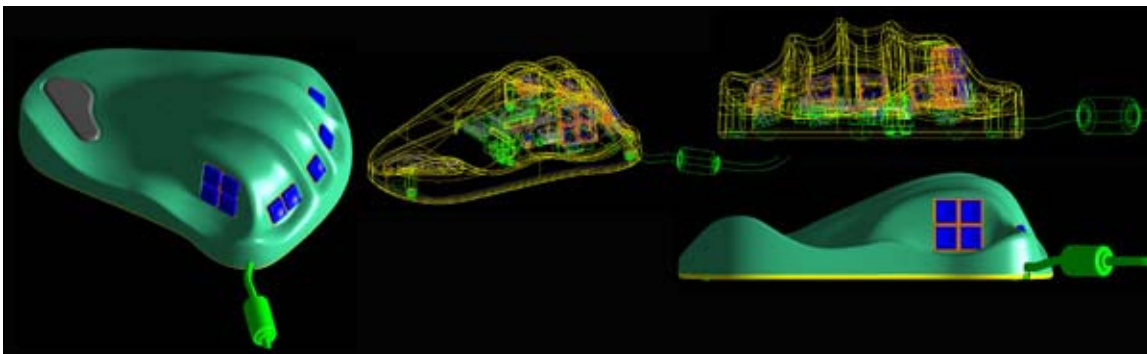
CAD เป็นคำย่อของ Computer Aided Design ซึ่งแปลเป็นภาษาไทยว่าคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างชิ้นส่วน (Part) ด้วยแบบจำลองทางเรขาคณิต

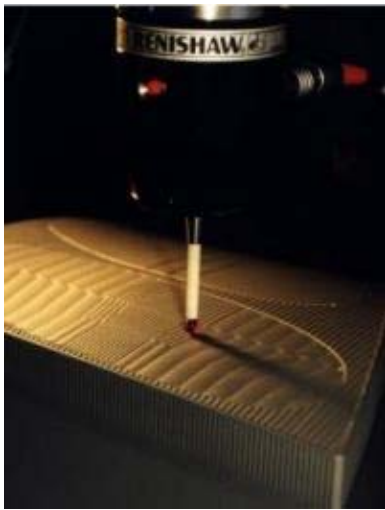
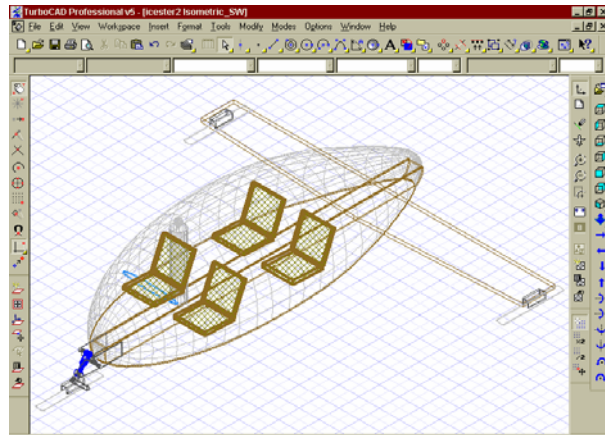
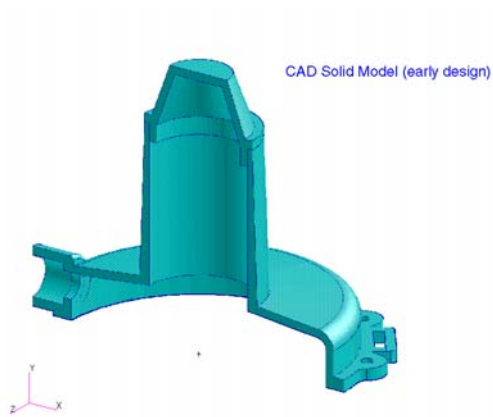
วิศวกรเครื่องกลหรือวิศวกรออกแบบใช้ CAD software ในการสร้างชิ้นส่วน หรือเรียกว่าแบบจำลอง (Model) และแบบจำลองนี้สามารถแสดงเป็นแบบ (Drawing) หรือไฟล์ข้อมูล CAD

สำหรับวิศวกรการผลิตใช้ CAD software เพื่อ

- พัฒนาแบบจำลองชิ้นส่วนจากแบบที่ได้รับ
- ประเมินและแก้ไขข้อมูล CAD ของชิ้นส่วนที่ออกแบบบนระบบ CAD เพื่อให้ยอมรับได้ในการผลิต
- เปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนที่ออกแบบเพื่อให้สามารถผลิตได้ สิ่งนี้อาจรวมถึงการเพิ่มมุมสอบ (Draft angle) หรือพัฒนาแบบจำลองของชิ้นส่วนที่แตกต่างกันออกไป สำหรับขั้นตอนที่แตกต่างกันในกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน
- ออกแบบอุปกรณ์จับยึด โพรงแบบ (Model cavity) ฐานแม่พิมพ์ (Mold base) หรือเครื่องมืออื่น ๆ

การใช้ CAD ในการสร้างรูปร่างชิ้นส่วนสามารถทำได้ 3 ลักษณะ คือ ปริมาตรตัน (Solid) พื้นผิว (Surface) และโครงลวด (Wire frame) ซึ่งแต่ละแบบจะเหมาะกับงานเฉพาะอย่าง





นอกจากการใช้ CAD ในการสร้างชิ้นส่วนแล้วปัจจุบัน CAD software บางตัวยังสามารถใช้ในงานวิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse engineering) ได้ คุณภาพของพื้นผิวที่สร้างขึ้นมาจากซอฟต์แวร์วิศวกรรมย้อนกลับส่วนมากขึ้นอยู่กับ 2 องค์ประกอบ คือ คุณภาพของแบบจำลองหรือส่วนประกอบที่นำมาสแกน และคุณภาพของข้อมูลเชิงตัวเลข บางครั้งในการทำงานจริงเราไม่สามารถได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ หรือคุณภาพของข้อมูลเชิงตัวเลขที่ได้ไม่ดี เนื่องจากชิ้นส่วนชำรุดหรือถูกทำลาย CAD software บางตัวสามารถแก้ไขปัญหาพื้นผิวของแบบจำลองในบริเวณที่ชำรุดได้ หรืออาจแต่งเติมตัดแปลงให้ดีกว่าของเดิมที่สแกนมาได้

## CAM คืออะไร

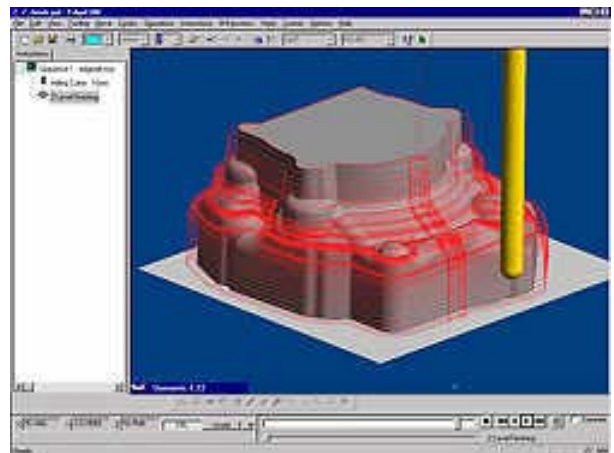
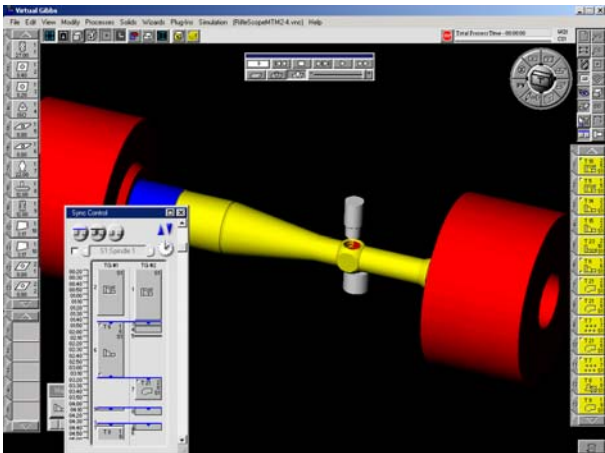
CAM คือคำย่อของ Computer Aided Manufacturing แปลเป็นภาษาไทยว่า คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างรหัสจี (G-code) เพื่อควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีในการกัดขึ้นรูปชิ้นส่วน โดยใช้ข้อมูลทางรูปร่างจาก CAD

CAM เริ่มต้นในปี 1950 ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นที่ MIT ด้วยภาษา Automatic Program Tool (APT) ผู้เขียนโปรแกรมทำงานจากพิมพ์เขียว และใช้ APT สร้างโปรแกรมรหัสจี หรือเขียนโปรแกรมรหัส

จีด้วยมือ CAD ยังไม่สามารถใช้ร่วมกับ CAM ได้จนกระทั่งปี 1970 ในบางจุดเราใช้ CAM เพื่อแก้ไขรูปเรขาคณิตของชิ้นส่วนซึ่งได้มาจาก CAD เรียบร้อยแล้วเพื่อให้เครื่องซีเอ็นซีสามารถทำการกัดชิ้นรูปได้ ซึ่งนำไปสู่การใช้งานร่วมกันของ CAD และ CAM

จากความก้าวหน้าของเทคโนโลยี IT CAM สามารถใช้ข้อมูลจาก CAD ในการกำหนดว่าจะใช้เครื่องจักรใดในการผลิต วัสดุชิ้นงานมีขนาดเท่าใด วางตำแหน่งอ้างอิงอย่างไร ใช้เครื่องมืออะไรในการตัดเฉือน จะใช้วิธีตัดเฉือนแบบไหนกี่ขั้นตอน รวมไปถึงการจำลองขั้นตอนการทำงานเพื่อดูเส้นทางการตัดเฉือนของเครื่องมือตัดเฉือน และตรวจสอบความผิดพลาดในการผลิต

ด้วยการพัฒนา CAM software อย่างต่อเนื่อง ปัจจุบัน CAM software ได้รับการพัฒนาให้ช่วยส่งเสริมการกัดหยาบได้รวดเร็วขึ้น และสามารถกัดละเอียดด้วยความเร็วสูง รวมถึงการกัด 5 แกน



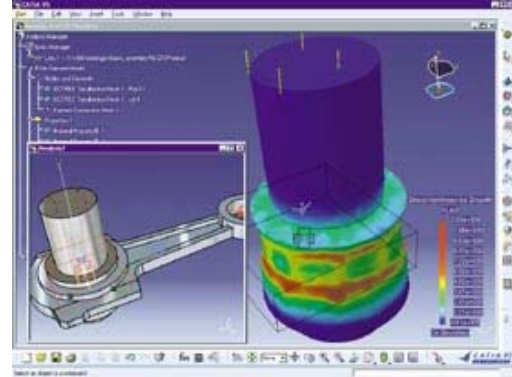
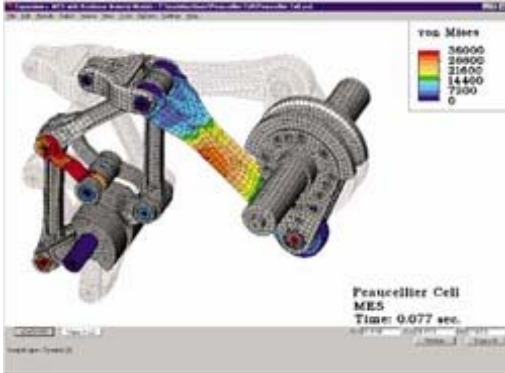
## CAE คืออะไร

CAE เป็นคำย่อของ Computer Aided Engineering แปลเป็นไทยว่าคอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม โดยพื้นฐานแล้วเป็นการใช้คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ในการแก้ปัญหา CAE เป็นสาขาหนึ่งของวิศวกรรม ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนซึ่งยากเกินไป หรือเป็นไปได้ที่จะแก้ปัญหาโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัญหาแบบเดิม CAE เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการทำนายพฤติกรรมของชิ้นส่วน

ชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นมาจะประกอบกันได้หรือไม่ ถ้าอยากทราบว่าผลจากการให้ภาระ (Load) กับชิ้นส่วนเป็นระยะเวลา 6 เดือนหรือ 1 ปี ที่สภาวะอุณหภูมิแวดล้อมที่เปลี่ยนไปจะทำให้รูปร่างของชิ้นส่วนบิดเบี้ยว หรือสมบัติทางกลเปลี่ยนแปลงอย่างไร เราสามารถใช้ CAE หาคำตอบได้ โดยทั่วไปการใช้ CAE มีจุดประสงค์เพื่อ

- ประเมินความสำเร็จของการออกแบบชิ้นส่วนที่กำหนด
- ค้นหาจุดอ่อนก่อนที่จะลงมือทำต้นแบบ
- ทำให้ชิ้นส่วนหรือเครื่องมือมีราคาต่ำสุด

- หาสาเหตุและทำการแก้ไขชิ้นส่วนที่ล้มเหลว  
การใช้ CAE จำลองชิ้นส่วนในสภาวะแวดล้อมใช้งานเมื่อรับภาระหรือภาระทดสอบ ปฏิบัติการของ  
ชิ้นส่วนต่อภาระสามารถทำนายได้ แล้วเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมที่สุด



## CNC คืออะไร

CNC เป็นคำย่อของ Computer Numerical Control แปลว่าการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นการใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น เครื่องกัดซีเอ็นซี เครื่องกลึงซีเอ็นซี เครื่องเจียระไน เครื่อง EDM ฯลฯ ซึ่งสามารถทำให้ผลิตชิ้นส่วนได้รวดเร็วถูกต้อง และเที่ยงตรง

เครื่องจักรซีเอ็นซีแต่ละแบบแต่ละรุ่นจะมีลักษณะเฉพาะ และการประยุกต์ใช้งานที่ต่างกันออกไป แต่เครื่องจักรกลซีเอ็นซีทั้งหมดมีข้อดีเหมือนกัน ๆ กันคือ ข้อแรกเครื่องจักรกลซีเอ็นซีทุกเครื่องได้รับการปรับปรุงให้มีการทำงานอัตโนมัติช่วยลดความวุ่นวายของผู้ควบคุมเครื่องจักรในการผลิตชิ้นงาน เครื่องจักรซีเอ็นซีหลายเครื่องสามารถทำงานโดยที่ผู้ควบคุมไม่ต้องคอยนั่งเฝ้าในระหว่างวัฏจักรการทำงานของเครื่อง (Machining cycle) และผู้ควบคุมสามารถไปทำงานอย่างอื่นได้ สิ่งนี้ทำให้ผู้ใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีได้ประโยชน์หลายอย่างรวมทั้งลดความเหนื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงาน ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากคนมีน้อยมากมีความคงเส้นคงวาในการผลิตและสามารถทำนายเวลาในการผลิตแต่ละชิ้นได้

ข้อดีข้อที่สองของเทคโนโลยีซีเอ็นซีคือความคงเส้นคงวาและความถูกต้องแม่นยำของชิ้นงาน ซึ่งหมายความว่าเมื่อโปรแกรมที่เขียนทำงานอย่างถูกต้องแล้ว การผลิตชิ้นส่วน 2 ชิ้น 10 ชิ้น หรือ 1000 ชิ้น ให้เหมือนกันทุกประการสามารถทำได้อย่างง่ายดายด้วยความสม่ำเสมอ

ข้อดีข้อที่สามคือความยืดหยุ่นในการทำงาน เนื่องจากเครื่องจักรกลเหล่านี้ทำงานตามโปรแกรมการทำงานที่ต่างกันก็ง่ายเหมือนกับการโหลดโปรแกรมที่ต่างกัน เมื่อโปรแกรมประมวลผลและทำการผลิตชิ้นงานแล้ว เราสามารถเรียกโปรแกรมนั้นกลับมาใช้ใหม่ในครั้งต่อไปเมื่อต้องทำงานชิ้นนั้นอีก

ในตอนเริ่มแรกการควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซีใช้โปรแกรมรหัสจีเป็นชุดคำสั่งควบคุมขับเคลื่อน (Tool) จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง หรือเปิด-ปิดสารหล่อเย็นหรือเปลี่ยนเครื่องมือตัดเฉือน เราไม่สามารถแยกเครื่องจักรซีเอ็นซีและรหัสจีออกจากกันได้ ถ้าเราต้องการให้

เครื่องจักรซีเอ็นซีทำงานเราต้องเรียนรู้รหัสจีเพื่อที่เราจะได้พูดภาษาเดียวกับตัวควบคุมซีเอ็นซีได้  
ภายหลังโปรแกรม CAD/CAM ได้รับการพัฒนาขึ้นมา การนำ CAD/CAM มาใช้งานร่วมกับ CNC ก็  
เริ่มขึ้น ความเข้าใจเรื่องการรวม CNC กับ CAD/CAM จะช่วยให้เข้าใจวิธีการโปรแกรมรหัสจีเพื่อให้  
เครื่องจักรซีเอ็นซีทำงาน หลักการของรหัสจีในช่วง 50 ปีที่ผ่านมาทุกอย่างยังเหมือนเดิม



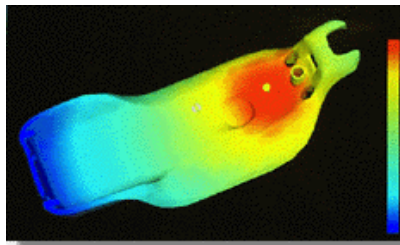
คนส่วนใหญ่ใช้ระบบ CAM สำหรับสร้างรหัสจี แต่ก็ยังคงมีคนอีกจำนวนไม่น้อยยังคงส่งรหัสจีไป  
ยังตัวควบคุม CNC เพื่อให้คนควบคุมเครื่องแก้ไข รหัสจีไม่เพียงแต่มีความยุ่งยากในการใช้งานเท่านั้นมัน  
ยังไม่สามารถรวมกับระบบ CAD/CAM ได้ หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงรหัสจีโดยตัวควบคุมที่  
เครื่องจักรซีเอ็นซีไม่สามารถส่งกลับไปให้ระบบ CAM ได้ ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาขึ้น ยกตัวอย่างเช่น เมื่อ  
ผู้ควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีต้องเปลี่ยนแปลงรหัสจีที่ได้รับจากระบบ CAM เพื่อปรับเงื่อนไขการกัดขึ้นรูป  
ให้ถูกต้อง หลังจากนั้นก็ไปใช้โปรแกรมอื่นแล้วกลับมาใช้โปรแกรมเดิม ผู้ควบคุมเครื่องก็ต้องแก้ไข  
โปรแกรมรหัสจีอีก จะเกิดอะไรขึ้นถ้าผู้ควบคุมเครื่องลืมแก้ไขเงื่อนไขการกัด สิ่งนี้ทำให้เสียเวลาและเงิน  
ทองเป็นจำนวนมาก

## การใช้ CAD/CAM/CAE/CNC ร่วมกันในการผลิต

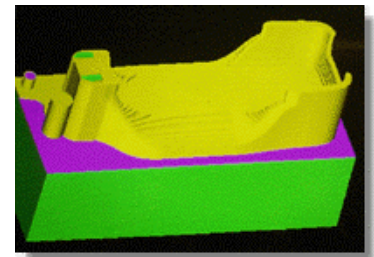
การผลิตโดยทั่วไปจะเริ่มต้นจากการใช้ CAD ในออกแบบชิ้นส่วนหรือแก้ไขข้อมูลเชิงตัวเลขที่ได้จากการสแกนชิ้นงาน หลังจากนั้นจะใช้ CAE ในการวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่ออกแบบว่าสามารถรับภาระหรือมีสมบัติต่าง ๆ ตามที่ต้องการหรือไม่ ถ้ามีปัญหาที่ใช้ CAD แก้ไขจุดบกพร่องแล้วใช้ CAE วิเคราะห์อีกจนกว่าจะได้ชิ้นส่วนที่มีสมบัติตามที่ต้องการ จากนั้นจะส่งข้อมูล CAD ไปยัง CAM software เพื่อจำลองเส้นทางเดินของเครื่องมือกัดขึ้นรูป หรือแก้ไขแบบเพื่อให้เครื่องซีเอ็นซีสามารถกัดขึ้นรูปได้ ในขั้นนี้สำหรับงานบางอย่างเราสามารถจะใช้ CAE วิเคราะห์ได้ด้วย เช่น งานทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เราใช้ CAE ทบทวนชิ้นส่วนที่ออกแบบก่อนที่จะใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีทำการกัดขึ้นรูป เพื่อยืนยันว่าแม่พิมพ์เมื่อนำไปฉีดแล้วพลาสติกจะไหลเข้าไปเต็มแม่พิมพ์อย่างถูกต้องแน่นอน ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะทำให้เราเห็นว่าพื้นที่ส่วนไหนที่พลาสติกไม่สามารถไหลเข้าไปได้เต็ม หรือทำให้เกิดโพรงอากาศ หรือเส้นรอยเชื่อมต่อ การเปลี่ยนแปลงแบบเพื่อปรับปรุงให้สามารถฉีดพลาสติกได้เต็มแบบสามารถทำได้ในจุดนี้ซึ่งแบบยังไม่ได้ทำจริง สิ่งนี้จะช่วยประหยัดเงินทุนจำนวนมากซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนเครื่องมือกัดขึ้นงาน



สร้างแบบชิ้นส่วนด้วย CAD



วิเคราะห์ชิ้นส่วนด้วย CAE



จำลองเส้นทางของเครื่องมือด้วย CAM

หลังจากการใช้ CAE วิเคราะห์และใช้ CAM แก้ไขเส้นทางเดินของเครื่องมือกัดขึ้นรูปแล้วจากนั้นก็ใช้ CAM สร้างรหัสจีเพื่อส่งไปให้เครื่องจักรซีเอ็นซี ทำการกัดขึ้นรูปชิ้นงานหรือกัดแม่พิมพ์ เมื่อ CNC กัดชิ้นงานเสร็จแล้ว เรายังสามารถใช้ CAE ในการตรวจสอบชิ้นงานที่สร้างขึ้นมามีขนาดตรงตามแบบหรือไม่ในกรณีที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง

## จะเลือกใช้ CAD/CAM/CAE/CNC ระบบไหนดี

ไม่จำเป็นเสมอไปที่จะต้องใช่ CAD/CAM/CAE /CNC ที่ดีที่สุดที่มีขายอยู่ในท้องตลาด สิ่งที่สำคัญกว่าคือการเลือกใช้ฟังก์ชันที่เหมาะสมกับความต้องการของโรงงาน/บริษัท

ความต้องการที่สำคัญมากที่สุดของระบบคือการที่ระบบมีฟังก์ชันที่มีความน่าเชื่อถือ ตรงตามความต้องการของโรงงาน/บริษัท และคนที่อยู่ในโรงงาน/บริษัทสามารถใช้งานได้ ระบบควรใช้งานได้กับเทคโนโลยีซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ใหม่ ๆ ถ้าระบบล้าสมัยผู้ใช้ก็คาดหวังว่าผู้จำหน่ายจะทำการเปลี่ยนแปลงให้ในอนาคต

สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือผู้ใช้มีความรู้สึกสบายใจเมื่อทำงานกับระบบนี้ นั่นคือระบบควรง่ายต่อการเรียนรู้ ง่ายต่อความเข้าใจและง่ายต่อการใช้

ถึงแม้ว่าโรงงาน/บริษัทจะมีระบบ CAD/CAM/CAE/CNC ดีขนาดไหนก็ตามสิ่งที่สำคัญที่จะทำให้การใช้งานระบบมีประสิทธิภาพคือบุคลากรที่ปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในระบบดีพอสมควร ซึ่งหมายความว่าจะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจอย่างดีในสิ่งที่ตนเองรับผิดชอบ และควรเข้าใจระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับระบบ CAD/CAM ควรจะมีความรู้ความเข้าใจและความสามารถของเครื่องจักรซีเอ็นซีที่อยู่ในโรงงาน/บริษัทของตนเองด้วย เช่น ขนาดกำลังมอเตอร์ของเครื่องจักร ความเร็วรอบสูงสุด พื้นที่ทำงาน เครื่องจักรมีแกนเคลื่อนที่กี่แกน ฯลฯ สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้การใส่เงื่อนไขในการกัดขึ้นรูปทำได้เหมาะสมและทำให้เครื่องจักรซีเอ็นซีสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทยก็คือการขาดแคลนบุคลากรทางด้านนี้อย่างมาก ปัจจุบันหลายโรงงานต้องการที่จะใช้ CAD/CAM/CAE หรือ CNC แต่ก็ประสบปัญหาด้านบุคลากร หรือที่ใช้งานได้ก็เพียงผิวเผินไม่สามารถใช้งานซอฟต์แวร์และเครื่องจักรที่มีอยู่ได้อย่างเต็มศักยภาพ การมีระบบ CAD/CAM/CAE/CNC ที่สมบูรณ์แต่ไม่มีผู้ใช้งาน ระบบที่สมบูรณ์นี้ก็เหมือนกับขยะราคาแพงที่ตั้งเกะกะอยู่ในโรงงาน

ทำไมบุคลากรทางด้านนี้จึงน้อย ที่บุคลากรทางด้านนี้น้อยก็อาจเป็นเพราะว่าการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ซอฟต์แวร์และเครื่องจักรทำได้ยาก เนื่องจากสิ่งเหล่านี้มีราคาแพง สถานศึกษาไม่สามารถจัดหาเพื่อใช้ในการเรียนการสอนได้ ทำให้นักศึกษาที่จบออกไปส่วนใหญ่ใช้ซอฟต์แวร์และเครื่องจักรเหล่านี้ไม่เป็น ปัญหาเหล่านี้อาจแก้ไขได้ถ้าบริษัทที่ขายซอฟต์แวร์เหล่านี้ไม่มุ่งแต่จะเอากำไรจากทางสถาบันการศึกษามากนัก แต่มองถึงประโยชน์ข้างหน้าที่จะสามารถขายซอฟต์แวร์ให้กับโรงงาน/บริษัทได้เป็นจำนวนมาก โดยการให้สถานศึกษาใช้ซอฟต์แวร์สอนฟรีหรือในราคาถูก เพราะเมื่อซอฟต์แวร์ใดใช้สอนในสถานศึกษาแน่นอนนักศึกษาที่เรียนก็จะคุ้นเคยกับซอฟต์แวร์นั้นและเมื่อจบออกไปทำงานเขาย่อมที่จะใช้ซอฟต์แวร์ที่เขาคุ้นเคย ซึ่งสุดท้ายประโยชน์มากมายก็จะกลับไปสู่เจ้าของซอฟต์แวร์

เมื่อโรงงาน/บริษัทมีระบบ CAD/CAM/CAE/CNC ที่เหมาะสมกับงานที่ผลิตและมีบุคลากรที่รับผิดชอบมีความรู้ความชำนาญในระบบ การที่จะแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นก็ไม่ใช่ว่าเรื่องที่ยากลำบากอีกต่อไป

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเตอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	



 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

