

บทที่ 11

เทคนิคการออกแบบขั้นสูง (Advanced Design Techniques)

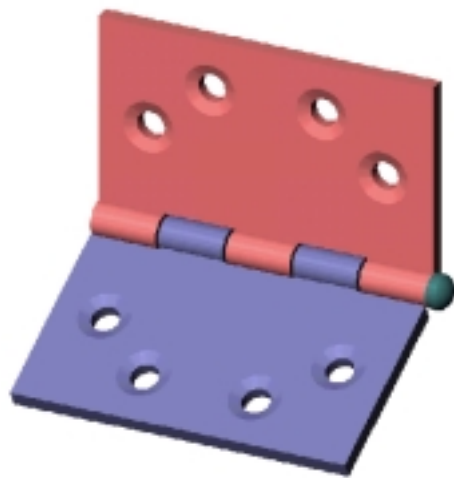
สมมติว่าต้องการที่จะออกแบบบานพับง่ายๆ เป็นงาน assembly ที่สามารถจะแก้ไขได้ง่ายๆ เพื่อทำเป็น assembly อื่นๆ ในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน จุดนี้ต้องใช้วิธีที่มีประสิทธิภาพเพื่อที่จะสร้างบานพับที่เข้าคู่กัน 2 ชิ้น กับตัวเข็ม สำหรับ assembly บานพับที่มีขนาดต่างๆ กัน

การวิเคราะห์และวางแผนจะช่วยให้ได้งานออกแบบที่ปรับเปลี่ยนได้สะดวก มีประสิทธิภาพและมีข้อกำหนดที่ดี จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนขนาดตามที่ต้องการ โดยที่จะยังได้งาน assembly บานพับตามการออกแบบที่ตั้งไว้

ในบทนี้จะเป็นการพูดถึง:

- การแยกรายละเอียดงาน assembly เพื่อให้ได้แนวการออกแบบที่ดีที่สุด
- การใช้ *layout sketch*
- การกดใช้ feature (suppressing feature) เพื่อสร้าง *part configuration* ต่างๆ กัน
- การสร้าง part ใหม่ใน *context* ของ assembly

ในบทนี้จะถือว่าผู้อ่านรู้ถึงการใช้วิธีการแบบพื้นฐานของ assembly แล้ว อย่างเช่นการย้ายหรือหมุนส่วนประกอบต่างๆ หรือการใส่การจับคู่แบบต่างๆ (หัวข้อเหล่านี้อยู่ในบทที่ 3 และบทที่ 10 ของคู่มือเล่มนี้)



วิเคราะห์งาน assembly (Analyzing the Assembly)

ลูกค้าที่ประสบความสำเร็จกับการใช้ SolidWorks บอกว่ากุญแจที่ทำให้ใช้โปรแกรม SolidWorks ได้อย่างมีประสิทธิภาพคือการจัดวางแผน ด้วยการวิเคราะห์ที่รอบคอบจะทำให้ได้โมเดลที่สอดคล้องกันที่ออกแบบดีกว่า, ปรับเปลี่ยนได้ง่ายกว่า นั่นคือก่อนที่จะเริ่ม ให้วิเคราะห์งาน assembly โดยคำนึงถึง:

- ความขึ้นอยู่กับกันของชิ้นส่วนต่างๆ ในงาน assembly ตรงนี้จะช่วยให้เลือกแนวทางการออกแบบที่ดีที่สุดได้:
 - ใช้การออกแบบในลักษณะ *bottom-up* คือสร้าง part แต่ละชิ้นส่วนแยกโดยไม่ขึ้นอยู่กับกันแล้วจึงนำชิ้นงานเหล่านั้นมาประกอบกันใน assembly
 - ใช้การออกแบบที่เป็น *top-down* คืออาจเริ่มต้นจาก part ต่างๆ ที่เป็นแบบสำเร็จก่อน จากนั้นสร้าง part อื่นๆ ลงใน *context* ของ assembly โดยใช้การอ้างถึง feature ต่างๆ จากในบางชิ้นส่วนของ assembly มาเป็นตัวจับขนาดให้ชิ้นงานอื่นๆ
- กำหนด feature ที่จะใช้สร้าง part แต่ละชิ้น โดยเข้าใจถึงความขึ้นอยู่กับกันของ feature ต่างๆ ของแต่ละ part โดยมองหาแบบต่างๆ ที่เป็นชุด (patterns) และใช้ข้อได้เปรียบของรูปร่างที่ซ้ำๆ-ขวาเหมือนกัน (symmetry) เข้าช่วยในทุกครั้งที่มีโอกาส
- ดูแลลำดับในการสร้าง feature แต่ละอันและนี่ถึงขั้นตอนการผลิตที่จะสร้าง part จริงๆ ขึ้นมา

ความขึ้นอยู่กับกันในงาน Assembly (Dependencies in the Assembly)

ส่วนของบานพับ (The hinge pieces)

บานพับทั้ง 2 อันมีลักษณะที่คล้ายกันคือ: ขนาดและความหนาของตัวบานพับ, ตัวกระบอกสำหรับรับกับตัวเข็ม, และตำแหน่งการวางรูเจาะสกรู โดยมีข้อแตกต่างระหว่างบานพับทั้ง 2 ขึ้นอยู่อย่างเดียวกคือการตัดช่องและการวางแถบบนตัวกระบอกที่จะต้องประกบบานพับเข้าด้วยกัน มีหลายๆ วิธีสำหรับใช้กับปัญหานี้:

- ใช้การ *copy* คือสร้างบานพับมา 1 ชิ้นแล้วทำ *copy* ขึ้นมา จากนั้นแก้ไขตัว *copy* ทำเป็นบานพับชิ้นที่ 2 แต่ด้วยวิธีนี้ถ้าต้องการทำ assembly ใหม่อีกอันในขนาดที่ต่างออกไปจะต้องแก้ไขชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้น จะเห็นว่าวิธีนี้ไม่ดีที่สุดเพราะมีโอกาสสร้างความผิดพลาดขึ้นได้เนื่องจากบานพับทั้ง 2 ชิ้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับกัน
- ใช้การ *derive* คือสร้าง base part ขึ้นมาให้ประกอบด้วยส่วนหลักๆ จากนั้น *derive* บานพับทั้ง 2 อันจาก base part นั้น (ใช้ *Insert, Base Part* หรือ *Insert, Mirror Part*) ในการเปลี่ยนขนาดส่วนหลักๆ ให้แก้ไขที่ต้นฉบับแล้ว part ทั้ง 2 ชิ้นที่เกิดจากการ *derive* จะถูกเปลี่ยนแก้ไขใหม่โดยอัตโนมัติ ลักษณะแบบนี้ใช้ได้ดีในหลายๆ กรณีแต่ก็มีข้อเสียด้วยคือในการแก้ไข part ที่มาจากการ *derive* จะไม่สามารถจัดการกับตัวบอกขนาดที่เป็นตัวแปรตามของต้นแบบได้ ทำให้ไม่สามารถอ้างการบอกขนาดเหล่านั้นได้เวลาที่ต้องการสร้าง feature ที่ต่างออกไป

- ใช้ **configure** ซึ่งเป็นวิธีที่จะใช้ในตัวอย่างนี้คือสร้าง *configuration 2* อันที่ต่างกันจาก part เดียวกัน วิธีนี้จะดีที่สุดเพื่อให้แน่ใจได้ว่าชิ้นส่วนต่างๆ จะเข้ากันได้ เพราะจาก part 1 อันถูกนำมาใช้สร้าง part อีก 2 อันโดยที่ตัว part จะรวม feature ต่างๆ ที่จะต้องใช้ไว้ทั้งหมด จากนั้นสร้าง *configuration* ที่ต่างกันโดยใช้การกดใช้ feature (*suppressing feature*) คือเอา feature ออกจาก *configuration* ที่ใช้อยู่

ตัวเข็ม (The pin)

ในการสร้างตัวเข็มจะต้องรู้ขนาดของตัวกระบอกเพื่อที่จะทำเข็มที่มีขนาดพอดีกันมาเสียบ และด้วยการสร้างตัวเข็มใน *context* ของ *assembly* จะทำให้ได้ขนาดของเข็มตามขนาดที่กำหนดบนตัวบานพับเสมอ

สรุป (Conclusion)

ในการทำ *assembly* จะใช้หลักการออกแบบที่ผสมกันคือขั้นที่ 1 ออกแบบตัวบานพับให้มี *configuration* ต่างๆ ที่จำเป็นแล้วใส่บานพับทั้ง 2 นี้ลงในงาน *assembly* (ตามหลัก *bottom-up*) จากนั้นออกแบบตัวเข็มไว้ใน *context* ของ *assembly* (ใช้หลัก *top-down*) โดยอ้างเรขาคณิตของโมเดลตัวบานพับตามที่จำเป็น

วิเคราะห์แต่ละ Part (Analysis of the Individual Parts)

จากที่เข้าใจความเกี่ยวเนื่องกันระหว่างชิ้นงานแล้ว มาดูทีละ *part* กันบ้าง

Feature ที่เป็นพื้นในส่วนของบานพับ (The common features of the hinge pieces)

ชิ้นงานมี *base feature* เป็นสี่เหลี่ยมแบน มีระบอบกลมตามขอบด้านหนึ่ง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางตามความหนาของตัว *base* และบานพับแต่ละอันจะมีรูเจาะสำหรับสกรู 4 รู ตำแหน่งของรูซ้าย-ขวาเท่ากันเทียบกับจุดกึ่งกลางของด้านยาว และเวลาที่มีการเปลี่ยนขนาดของตัวบานให้รักษาสัดส่วนของระยะห่างตามแนวกว้างและยาวไว้

Feature ส่วนที่ต่างกันของตัวบานพับทั้ง 2 อัน (The different features of the hinge pieces)

การตัด (และการวางแถบที่สอดเข้าด้วยกัน) ตามแนวตัวกระบอกเป็น *feature* ที่ทำให้บานพับทั้ง 2 อันต่างกันคืออันหนึ่งมี 3 ช่องตัด อีกอันมี 2 ช่องตัด โดยวางตำแหน่งซ้าย-ขวาเท่ากันเทียบกับจุดกลางของขอบด้านยาวและช่องตัดแต่ละอันจะต้องใหญ่กว่าแถบที่สอดเข้ามาสักเล็กน้อยเพื่อไม่ให้บานพับขบกันเวลาประกอบเข้าด้วยกัน

ตัวเข็ม (The pin)

ส่วนความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเข็มจะขึ้นกับตัวบานพับ และส่วนหัวของตัวเข็มควรจะเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกของตัวกระบอก

ลำดับของ Feature (Feature Order)



ตอนนี้มาดู feature ที่จะใช้และวางลำดับที่จะสร้างขึ้นมา

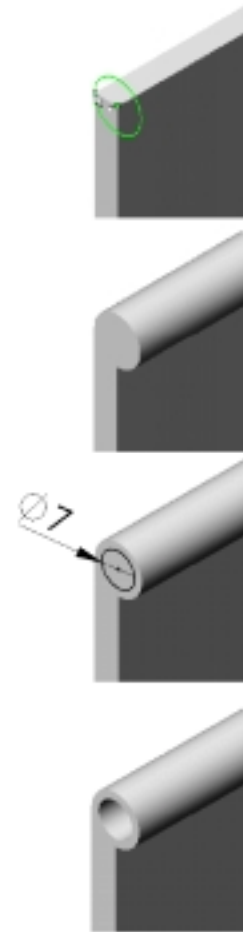
1. *Base feature* – ยึดขึ้นมาเป็น thin feature และเนื่องจาก part มีลักษณะเป็น symmetric จึงใช้ mid-plane extrusion คือหลังจากนั้นจะได้ใช้ mid-plane เป็นระนาบของการ symmetry สำหรับทำ mirror ให้กับ feature อื่นๆ ต่อไป
2. ตัวกระบอกลูก (Barrel) – ใช้การ sweep รูป profile วงกลมตามแนวขอบยาวของตัวโมเดล จากนั้นสร้าง cut ที่มีศูนย์กลางร่วมกับตัว boss
3. รูเจาะสำหรับสลัก (Countersunk holes) – ใช้ Hole Wizard เพื่อสร้างรูเจาะขึ้นมา 1 อันแล้วใช้สมการและการ mirror เพื่อ copy อันอื่นๆ ไปวางในตำแหน่งที่กำหนด
4. ช่องตัด (Cuts for tabs) – สร้าง layout sketch โดยอ้างอิงขนาดจากตัวฐาน แล้วใช้ sketch เพื่อ extrude ทำ cut เป็น 2 feature แยกกัน อันหนึ่งมี 3 ช่องตัดกับอีกอันหนึ่งมี 2 ช่องตัด
5. Configurations – กำหนด configuration 2 อันสำหรับใช้ใน assembly โดยการ กดใช้ cut feature 1 อันใน configuration แต่ละอัน
6. Assembly – ใส่ตัวบานพับ (จาก configuration แต่ละอัน) และจับคู่เข้าด้วยกัน
7. ตัวเข็ม (Pin) – เพิ่ม part ใหม่ลงใน assembly อ้างเรขาคณิตของตัวบานพับมาใช้กับ sketch ของ profile และ path จากนั้นใช้ sweep สร้าง base feature
8. หัวเข็ม (Pin head) – แปลง profile ของตัวกระบอกลูกมาใช้สร้าง sketch แล้วยึด sketch ขึ้นมา จากนั้นสร้างโดมเข้าตรงหน้าเรียบของหัว

คำพูดส่งท้าย (A Final word)

ตรงนี้ดูเหมือนจะเป็นอะไรที่ต้องคิดรายละเอียดกันอย่างมากสำหรับทำ assembly ง่ายๆ แต่อย่างไรก็ตามแบบฝึกหัดนี้ก็ยังมีประโยชน์มากที่จะช่วยให้ค้นพบแนวทางที่ดีในการสร้าง part ก่อน ที่จะเริ่มการออกแบบ และด้วยการวิเคราะห์ที่รอบคอบก่อนที่จะเริ่มจะทำให้เราสามารถสร้างโมเดลที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้สะดวกและเป็น parametric โมเดลเต็มรูปแบบ คือขณะที่เปลี่ยนค่า parameter เพียงบางตัว ส่วนอื่นๆ ก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปโดยอัตโนมัติ


สร้างบานพับขึ้นที่เป็นพื้น (Creating the Basic Hinge Piece)

1. เปิด Part แล้วเปิด sketch บน Plane1 ให้ sketch เส้นตั้งและให้ขนาดความยาวเป็น 60mm.
2. คลิก Extruded Boss/Base  หรือ Insert, Base, Extrude เพื่อ extrude รูป sketch:
 - a) บนแถบ End Condition ให้ค่า Type เป็น Mid Plane และ Depth เป็น 120mm.
 - b) บนแถบ Thin Feature ให้ค่า Type เป็น One-Direction, Wall Thickness เป็น 5mm. และเลือกที่ Reverse
 - c) คลิก OK
3. เปิด sketch บนหน้าตั้งแคบๆ ให้ sketch วงกลมที่ขอบด้านบน โดยมีจุดศูนย์กลางกึ่งกลางอยู่ที่จุดยอดด้านหน้า
4. ใส่ความสัมพันธ์แบบ coincident ระหว่างขอบของวงกลมกับจุดยอดด้านหลังเพื่อกำหนดให้ sketch เป็น fully defined แล้วปิด sketch
5. คลิก Insert, Boss, Sweep ให้คลิกในช่อง Sweep section แล้วคลิกรูป sketch วงกลม (ถ้ายังไม่อยู่ในรายการ) จากนั้นคลิกช่อง Sweep path แล้วคลิกที่ขอบด้านยาวของโมเดลแล้วคลิก OK
6. เจาะรูทะลุตัวกระบอกลูก:
 - a) เปิด sketch บนหน้าแคบๆ
 - b) Sketch และให้ขนาดวงกลมเล็กๆ ตามที่แสดง แล้วให้ความสัมพันธ์แบบ concentric กับขอบนอกของตัวกระบอกลูก
 - c) คลิก Extruded Cut  หรือ Insert, Cut, Extrude เลือก Type เป็น Through All แล้วคลิก OK
7. บันทึกไฟล์ในชื่อ Hinge.sldprt



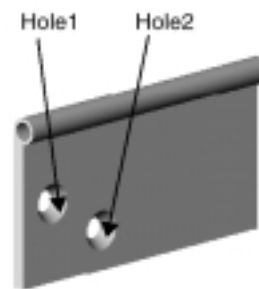
เจาะรูสำหรับสกรู (Adding the Screw Holes)

ในส่วนนี้เป็นการเจาะรูที่ตำแหน่งต่างๆ สำหรับตัวสกรูทั้งหมด ในการวางตำแหน่งรูเจาะแต่ละที่จะกำหนดโดยบอกขนาดจากด้านหนึ่งคงที่ไว้ ส่วนการบอกขนาดจากอีกด้านจะใช้สมการมาเป็นตัวช่วย

1. คลิกที่หน้าด้านกว้างของโมเดลแล้วคลิก Hole Wizard  บน Features ทูลบาร์ หรือคลิก Insert, Features, Hole, Wizard
2. ในกล่องข้อความ Hole Definition ให้ค่า Hole type เป็น Countersunk และ End condition เป็น Through All
3. ในการให้ขนาดให้คลิก-คลิกตัวเลขในคอลัมน์ Value แล้วใส่ค่าใหม่ลงไปคือ Diameter เป็น 8mm, C-Sink Angle เป็น 82° และ C-Sink Diameter เป็น 15mm

4. คลิก Next แล้วลากจุดที่ศูนย์กลางของรูเจาะไปวางในตำแหน่งใกล้เคียงตามที่แสดงในรูป จากนั้นคลิก Finish

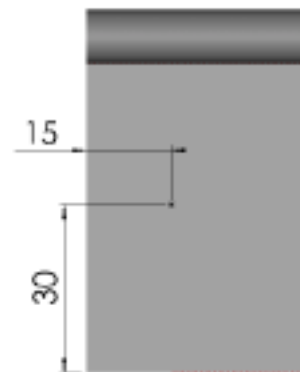
ขยาย feature ของ Hole1 ใน FeatureManager design tree รูเจาะที่สร้างโดย Hole wizard จะมี sketch อยู่ 2 ส่วน อันหนึ่งเป็นจุดบอกตำแหน่งศูนย์กลางของรูเจาะ อีกอันเป็นรูป contour ของรูเจาะ



5. กดคีย์ Ctrl ค้างไว้ขณะลาก feature ส่วน Hole1 จากบน graphics

area หรือใน FeatureManager design tree แล้วปล่อย Hole1 ที่อีกตำแหน่งหนึ่งบนหน้าอันเดิมเพื่อทำ copy ขึ้นมา

6. คลิกขวา sketch ซึ่งเป็น under defined อันที่มีจุดบน Hole1 แล้วเลือก Edit Sketch จากนั้นบอกขนาดของจุดเทียบกับขอบทั้ง 2 ด้านของตัวบานพับตามรูป ถึงตรงนี้ยังไม่ต้องปิด sketch



7. เพิ่มสมการสำหรับควบคุมตำแหน่งทางแนวตั้งของจุดนั้น:

- a) คลิก Equations  หรือ Tools, Equation แล้วคลิก Add

- b) คลิก-คลิกตัวฐานเพื่อแสดงเลขบอกขนาด

คลิกที่เลขบอกขนาดเพื่อสร้างสมการตามนี้คือ

$$"D2@Sketch5" = "D1@Sketch1" / 2$$

"D2@Sketch5" จะมีค่าเป็น 30mm ใน sketch และ D1@Sketch1 จะมีค่าเป็น 60mm คือขนาดของฐาน


หมายเหตุ: ถ้าให้ขนาดระยะ 30mm ก่อนให้ขนาดระยะ 15mm ก็จะได้ค่า 30mm เป็น

$$D1@Sketch5$$

ตรงนี้จะเป็นการตั้งให้ค่าระยะที่วางจุดกับขอบล่างให้เป็นครึ่งหนึ่งของความสูงของบานพับ (60mm)

8. คลิก OK เพื่อปิดกล่องข้อความ New Equation แล้วคลิก OK เพื่อปิดกล่องข้อความ Equations จากนั้นออกจากการ sketch

9. แก้ sketch ที่เป็น under defined ที่มีจุดของ Hole2 โดยให้ขนาดตามรูป
แล้วยังไม่ต้องปิด sketch

10. คลิกขวาที่ Equations โฟลเดอร์  ใน FeatureManager design tree แล้วเลือก Add Equation

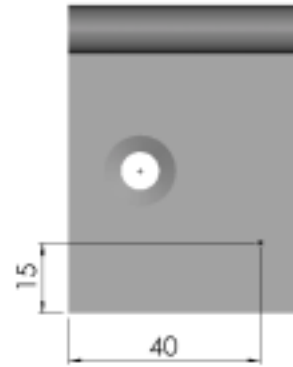
11. คลิก-คลิกส่วนฐานเพื่อแสดงตัวเลขบอกขนาด

12. ใส่สมการข้างล่างลงไป:

$$D1@Sketch6 = D1@Base-Extrude-Thin / 3$$

D1@Sketch6 คือ 40mm เป็นระยะของ sketch

D1@Base-Extrude-Thin คือ 120mm เป็นขนาดของฐาน



หมายเหตุ: ถ้าให้ขนาดระยะ 15mm ก่อนให้ขนาดระยะ 40mm ก็จะได้ตัวบอกขนาด 40mm เป็น D2@Sketch6

ระยะที่วางจุดกับขอบ ด้านข้าง จะห่างเป็นหนึ่งในสามของความยาวตัวบานพับ (120mm)

13. คลิก OK เพื่อปิดกล่องข้อความ New Equations และให้สังเกตค่าของคอลัมน์ Evaluates To ในกล่องข้อความ Equations

14. คลิก OK เพื่อปิดกล่องข้อความ Equations แล้วออกจากการ sketch

15. ทำ mirror ภูเขาทั้งหมด:

a) คลิก Mirror Feature  บน Features ทูลบาร์หรือคลิก Insert, Pattern/Mirror, Mirror Feature

b) คลิก Plane1 ใน FeatureManager design tree จะมี Plane1 ขึ้นมาในช่อง Mirror plane

c) คลิกที่ภูเขาแต่ละอันจากใน FeatureManager design tree หรือบน graphics area ก็ได้ จะมี Hole1 และ Hole2 ขึ้นในช่อง Features to mirror


d) คลิก OK

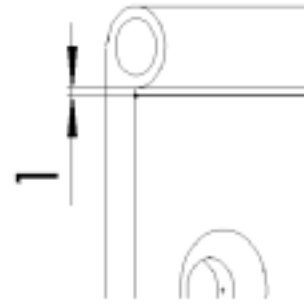



สร้าง Layout Sketch สำหรับการตัด (Creating a Layout Sketch for the Cuts)

Layout sketch ที่สร้างในส่วนนี้จะแบ่งความยาวของบานพับออกเป็น 5 ส่วนเท่าๆ กันโดยจะใช้สมการและการทำ mirror เพื่อให้ทั้ง 5 ส่วนยังคงเท่ากันในเวลาที่มีการเปลี่ยนความยาวทั้งหมดของตัวบานพับและ layout นี้จะถูกใช้สำหรับการ cut ในตอนถัดไป

1. เปิด sketch บนหน้ากว้างของโมเดลแล้วให้ชื่อว่า layout for cuts
2. คลิกที่ขอบล่างของ sweep feature แล้วคลิก Offset Entities


 ให้ค่า Offset เป็น 1mm แล้วคลิก Reverse ถ้าจำเป็นเพื่อให้ได้การ offset ลงมา จากขอบที่เลือก ดูว่าไม่มีการเลือก Select chain จากนั้นคลิก Apply และคลิก Close

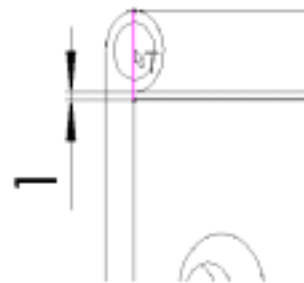


3. กดคีย์ Ctrl ค้างไว้ขณะคลิกที่ขอบ 2 อันที่แสดง แล้วคลิก Convert Entities 

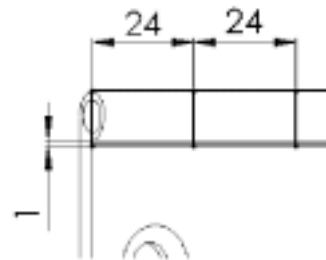
Click these edges



4. คลิก Extend  ใน Sketch Tools ทูลบาร์หรือคลิก Tools, Sketch Tools, Extend แล้วคลิกขอบที่ถูก convert ทั้ง 2 ข้าง เส้นตั้งแต่ละอันจะถูกต่อออกไปให้เจอกับส่วนของ sketch ที่อยู่ใกล้ที่สุด ในที่นี้คือเส้น offset ในแนวนอน
5. Sketch เส้นแนวนอนเพื่อเชื่อมขอบที่ถูก convert พาดทางด้านบน



6. Sketch เส้นตั้ง 2 เส้นตามรูปแล้วให้ขนาดเส้นทั้ง 2 เส้น ในการ sketch ต้องไม่ให้มีการอ้างอิงไปที่เรขาคณิตของรูเจาะ และเนื่องจากค่าบอกขนาดตรงนี้จะถูกตั้งโดยสมการดังนั้นการให้ขนาดจึงไม่มีผลอะไรในตอนนี้



7. ใส่สมการ:

a) คลิกขวาที่ Equations โฟลเดอร์  แล้วเลือก Add equation

b) ใส่สมการที่ให้ค่าการบอกขนาดแต่ละตัวเป็นหนึ่งในห้าของขนาดความยาวทั้งหมด

$$"D2@layout for cuts" = "D1@Base-Extrude-Thin" / 5$$

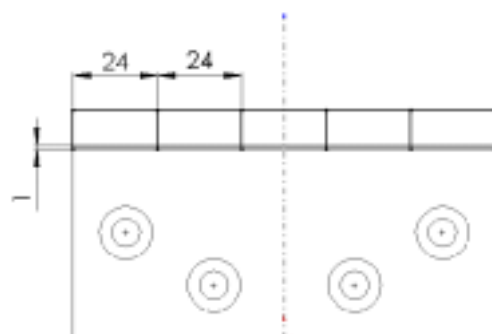
$$"D3@layout for cuts" = "D1@Base-Extrude-Thin" / 5$$

8. Sketch เส้น centerline ในแนวตั้งพาดกึ่งกลางของ part จากนั้นกดคีย์ Ctrl ขณะคลิกที่เส้นตั้ง 2 เส้น

แล้วคลิก Mirror 





จะได้ Sketch ที่เสร็จและเป็น fully defined

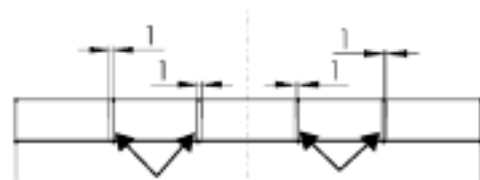
9. ออกจากการ sketch



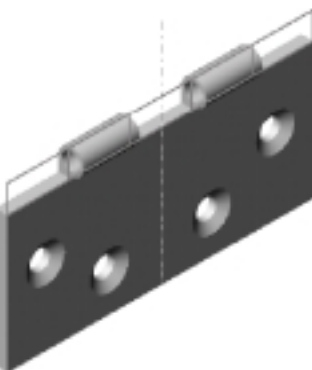
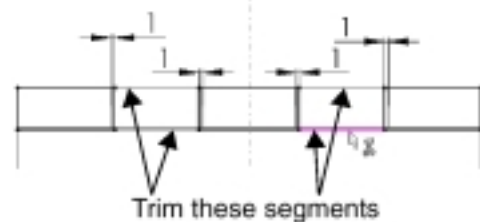
ตัดช่องบานพับ 3 ช่อง (Cutting the Hinge – 3Cuts)

ตอนนี้จะอ้าง sketch ของ layout for cuts มาสร้างช่องตัดชุดแรก เนื่องจากช่องตัดแต่ละอันจะต้องกว้างกว่าแถบที่สอดเข้ามาของบานพับอีกบานเล็กน้อย ตรงนี้จะใช้การ offset จากเส้นต่างๆ ของ layout sketch

1. เปิด sketch บนหน้ากว้างของโมเดล
2. คลิกที่เส้นด้านล่างของ layout sketch แล้วคลิก Convert Entities  ในกล่องข้อความ Resolve Ambiguity ให้คลิก closed contour แล้วคลิก OK ตรงนี้จะเป็นการ copy เส้นรอบนอกมาไว้ใน sketch ที่กำลังเปิดใช้อยู่
3. คลิกที่เส้นตั้งซ้ายสุดใกล้ขอบของ part แล้วคลิก Offset Entities  ให้ค่า Offset เป็น 1mm แล้วคลิก Reverse ถ้าจำเป็นเพื่อให้ offset เส้นเข้ามาทาง กึ่งกลางของ part คู่ว่าไม่ได้เลือก Select chain แล้วคลิก Apply จากนั้นทำกับเส้นตั้งที่อยู่ใกล้ขอบด้านฝั่งตรงข้ามในแบบเดียวกัน
4. คลิกที่เส้นตั้งอันที่ใกล้กับกึ่งกลางของ part แล้ว offset เส้นออกไปทาง ข้างนอก เป็นระยะ 1mm (ทำให้รอยตัดตรงกลางกว้างขึ้น) แล้วทำแบบเดียวกันนี้กับอีกเส้นหนึ่งด้วย
5. คลิก Close เพื่อปิดกล่องข้อความ Offset Entities
6. คลิก Trim  เพื่อตัดเส้นนูนออกตามที่ชี้ เหลือเป็นรูป 4 เหลี่ยมไว้ 3 อัน
7. คลิก Extruded Cut  หรือ Insert, Cut, Extrude โดยคลิก Both Directions แล้วเลือก Type เป็น Through All ทั้งสำหรับ Direction1 และ Direction2
8. คลิก OK
9. เปลี่ยนชื่อ cut feature เป็น 3Cuts
10. บันทึกไฟล์




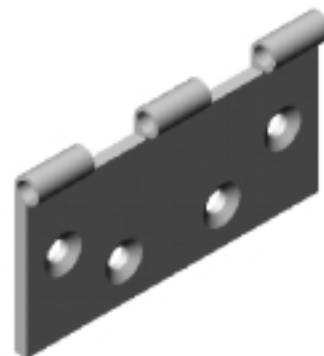
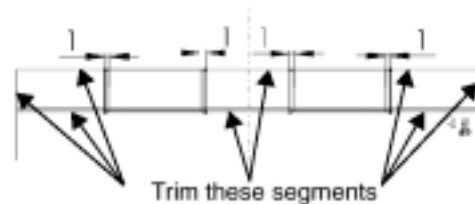
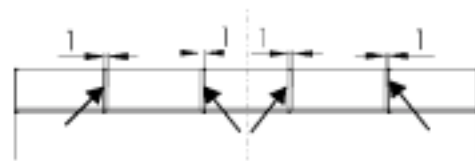
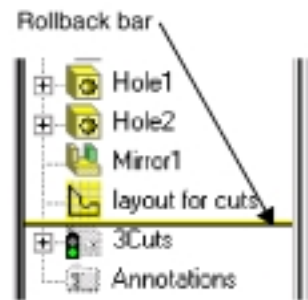
Segments in current sketch



ตัดช่องบานพับ 2 ช่อง (Cutting the Hinge – 2Cuts)

ตอนนี้จะใช้วิธีเดียวกันสร้างช่องตัดไว้สำหรับตัวบานพับอีกข้าง

1. ย้อนการออกแบบกลับไป 3Cuts ด้วยการลากที่ rollback bar กลับไปวางได้ sketch ของ layout for cuts
2. ซ้ำขั้นตอน 1 และ 2 จากในตอนที่แล้ว
3. คลิกเส้นตั้ง 1 เส้นที่อยู่ใกล้ขอบของ part แล้วคลิก Offset Entities ให้ค่า Offset เป็น 1mm โดยให้ offset ไปทาง *ด้านนอก* ของ part ดูด้วยว่าไม่มีการเลือก Select chain แล้วคลิก Apply จากนั้นทำแบบนี้กับเส้นตั้งที่อยู่ใกล้ขอบอีกด้านของ part ด้วย
4. คลิกเส้นตั้งที่อยู่ใกล้ส่วนกลางของ part ให้ offset เป็น 1mm ไปทาง *กึ่งกลาง* ของ part แล้วทำแบบนี้กับอีกเส้นที่เหลืออยู่ด้วย
5. คลิก Close เพื่อออกจากกล่องข้อความ Offset Entities
6. คลิก Trim  เพื่อตัด 3 ส่วนตรงปลายของแต่ละด้าน และอีก 2 ส่วนตรงกลาง โดยเหลือรูปสี่เหลี่ยมไว้ 2 อัน
7. สั่ง Extruded Cut แบบเดียวกับที่อธิบายในส่วนที่ผ่านมา
8. เปลี่ยนชื่อ feature เป็น 2Cuts
9. คลิกขวา sketch ชื่อ layout for cuts แล้วเลือก Hide





สร้าง Part Configuration ต่างๆ (Creating the Part Configurations)



เลื่อนขั้นตอนการออกแบบด้วยการลากเลื่อนตัว rollback bar ลงมาจนสุดด้านล่างของ FeatureManager design tree

จะได้ part ที่ทรงระบอบกทั้งอันถูกตัดออกไปหมดจากการใช้ cut feature ทั้ง 2 อัน ลักษณะนี้จะถือเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นจากค่าปกติ (default configuration) ซึ่งรวม feature ทั้งหมดไว้ ในตอนนี้จะเป็นการทำ part ขึ้นมาอีก 2 อันด้วยการคงใช้ feature ที่เลือก

อันที่ตัดตัวนอก (The OuterCuts configuration)

1. คลิกที่แถบ Configuration  ล่างสุดของหน้าต่างเพื่อเปลี่ยนไปดู Configuration Manager
2. คลิกขวาที่ชื่อ part ส่วนบนของ FeatureManager design tree แล้วเลือก Add Configuration
3. ใส่ชื่อ Configuration Name ลงไปเช่น OuterCuts แล้วใส่ Comments (คำบรรยายชิ้นส่วนอันที่กำลังจะสร้าง) ที่ต้องการแล้วคลิก OK
4. คลิกที่แถบ FeatureManager design tree ล่างสุดของหน้าต่างเพื่อเปลี่ยนกลับไปดูที่ FeatureManager ให้สังเกตชื่อของ configuration ใหม่ๆ ชื่อ part ในส่วนบนคือ: hinge (OuterCuts)
5. คลิกที่ feature ส่วน 2Cuts แล้วคลิก Suppress  บน Features ทูลบาร์ หรือคลิก Edit, Suppress ตัว feature ส่วน 2Cuts ขึ้นสีเทาใน FeatureManager design tree และจะไม่ถูกนำมาใช้ใน configuration ที่ใช้อยู่ตอนนี้

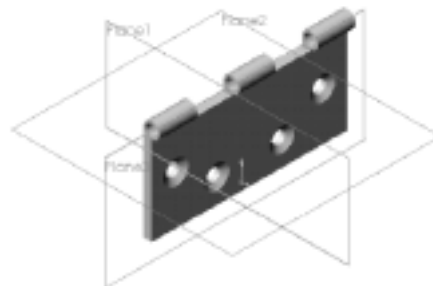
อันที่ตัดตัวใน (The InnerCuts configuration)

1. ซ้ำข้อ 1 และข้อ 2 จากตอนที่แล้ว
2. ใส่ชื่อ Configuration Name ลงในช่องเป็น InnerCuts แล้วคลิก OK
3. กลับไปดูที่ FeatureManager ดูที่ชื่อ configuration: hinge (InnerCuts)
4. คลิกที่ feature ส่วน 3Cuts แล้วคลิก Suppress  (ตอนนี้การตัดทั้ง 2 อันจะถูกปิดออกไป)
5. คลิกที่ feature ส่วน 2Cuts แล้วคลิก Unsuppress  บน Features ทูลบาร์ หรือคลิก Edit, Unsuppress ตัว feature ส่วน 3Cuts จะขึ้นสีเทาใน FeatureManager design tree และตัว feature ส่วน 2Cuts จะถูกนำมาใช้ใน configuration นี้
6. บันทึกไฟล์

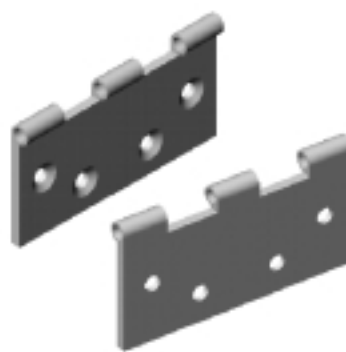
การใส่และจับคู่ Part ต่าง ๆ ใน Assembly (Inserting and Mating the Parts in an Assembly)



ตอนนี้มาสร้าง assembly

1. เปิดไฟล์ assembly ใหม่
2. เรียงหน้าต่างแล้วลากบานพับ (hinge) จากส่วนบนใน FeatureManager design tree ของหน้าต่าง part ลงใน หน้าต่างของ assembly อ้างจุด 0,0 ของ assembly ใน ตอนที่วางชิ้นส่วนเพื่อตั้งระนาบของ assembly กับของ ชิ้นงาน

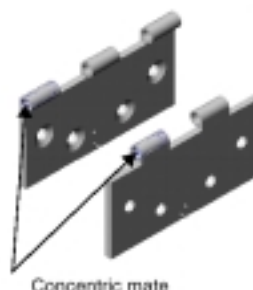
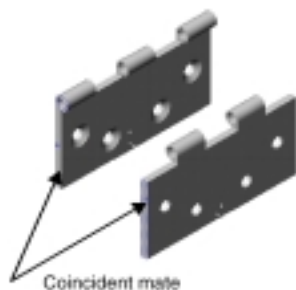


3. ขยายหน้าต่าง assembly ให้เต็มที่
4. คลิกขวาที่ชิ้นงานแล้วเลือก Component Properties ได้ ส่วน Referenced configuration ให้ดู Use named configuration จะมี InnerCuts ถูกเลือกเป็นค่าเริ่มต้น นั่นคือ configuration ของ InnerCuts จะถูกนำมาใช้ สำหรับ part ที่ใส่ลงไปในช่วงตอนนี้ ให้คลิก OK เพื่อปิด กล่องข้อความ
5. กดคีย์ Ctrl ไว้แล้วลากตัว hinge จากบน graphics area หรือใน FeatureManager design tree มาปล่อยลงข้าง ชิ้นแรกเพื่อสร้างชิ้นส่วนอีกอัน



ใช้ Move Component  และ Rotate Component Around Axis  เพื่อหมุนบานพับ – hinge อันที่ 2 ให้หันหน้าเข้าหาอันแรก

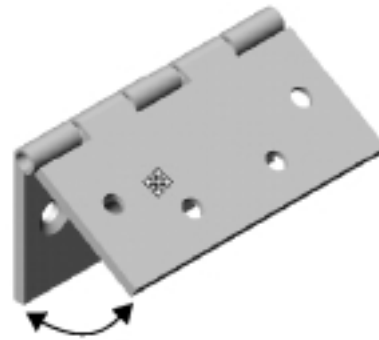
6. ในการเปลี่ยน configuration ให้แก้ใน properties ของ hinge อันที่ 2 โดยคลิกที่ Use named configuration ให้เลือก OuterCuts จากในรายการแล้วคลิก OK
7. สร้างการจับคู่แบบ Coincident ระหว่างหน้าแคบของทั้ง 2 ชิ้นส่วน แล้วให้การจับคู่แบบ Concentric ระหว่างหน้า ด้านในของตัวระบอบอกของทั้ง 2 ชิ้นส่วน



ตอนนี้สามารถเลื่อนบานพับเปิด-ปิดได้โดยใช้


Move Component 

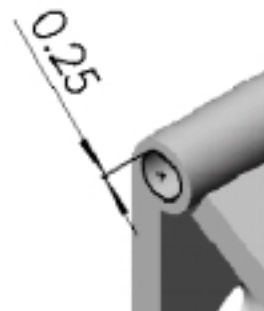
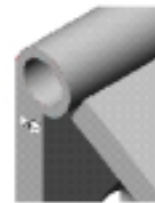
8. บันทึกไฟล์ assembly เป็น Hinge.sldasm



สร้าง Part ใหม่ใน Assembly (Creating a New Part in the Assembly)

ตอนนี้มาใส่เข็ม โดยที่ตัวเข็มจะอ้างอิงขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในของตัวกระบอกลูกและจากความยาวทั้งหมดของตัวบานพับ

1. คลิก Insert, Component, New ใส่ชื่อของชิ้นส่วนใหม่นี้เป็น Pin.sldprt แล้วคลิก Save
2. คลิกที่หน้าแคบทางด้านหน้าของ assembly ตัว part ใหม่จะถูกวางบนหน้านี้ โดยมีที่ตั้งที่กำหนดเป็น fully defined เนื่องจากมีความสัมพันธ์การจับคู่ในแบบ InPlace อยู่
ตัว sketch จะถูกเปิดโดยอัตโนมัติบนหน้าที่เลือก จะเห็นว่า
Edit Part  บน Assembly ทูลบาร์จะถูกเลือกและส่วนของ pin จะขึ้นสีชมพูบน FeatureManager design tree
3. คลิกที่ขอบวงกลมด้านในของตัวกระบอกลูก แล้ว offset เข้าด้านในเป็นระยะ 0.25mm
4. ออกจากการ sketch

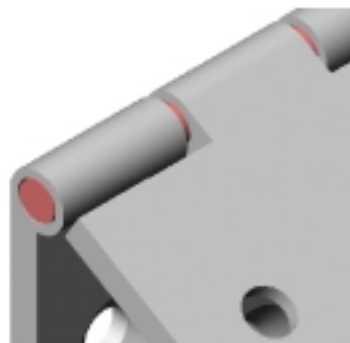
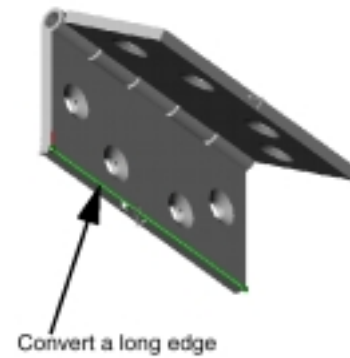


5. ขยายส่วนของ pin ใน FeatureManager design tree ให้คลิก Plane3 เพื่อเปิด sketch ใหม่ จากนั้นคลิกตรงขอบยาวของตัวโมเดล แล้วคลิก Convert Entities 

6. ออกจากการ sketch


7. คลิก Insert, Base, Sweep โดยใช้ sketch ทั้ง 2 ส่วนมาเป็นหน้าตัดกับทางเดิน แล้วคลิก OK เพื่อสร้าง base feature ของตัวเข็ม

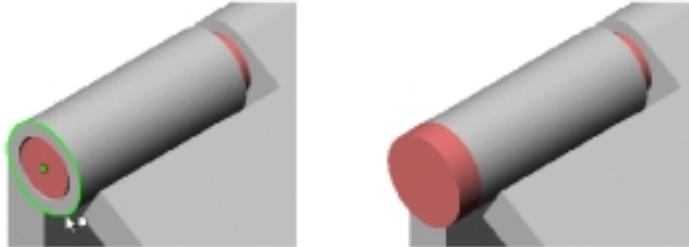
สังเกตว่า part ที่กำลังแก้ไขอยู่จะมีสีชมพูและ Status Bar ตรงมุมขวาล่างบอกว่ากำลังแก้ไข part อยู่




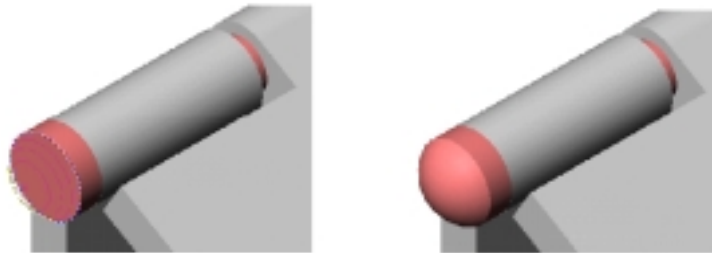
ใส่หัวของตัวเข็ม (Adding a Head to the Pin)


ตอนนี้จะไปทำตัวประกอบของบานพับเพื่อสร้างหัวของตัวเข็ม

1. เปิด sketch บนหน้าเรียบของตัวเข็ม แล้ว sketch วงกลมตรงไหนก็ได้
2. เลือกวงกลมกับขอบวงกลมนอกของตัวประกอบแล้วให้ความสัมพันธ์ Coradial
3. คลิก Extruded Boss/Base  ให้ Type เป็น Blind, Depth เป็น 3mm แล้วคลิก OK



4. ใส่หัวเข็มเป็นตัวโดม โดยคลิกที่ Dome  บน Features ทูลบาร์หรือคลิก Insert, Features, Dome
5. คลิกที่หน้าเรียบของตัวเข็ม ให้ค่า Height เป็น 3mm ดูรูปตัวอย่าง
คลิก OK จะได้ตัวเข็มที่เสร็จเรียบร้อย

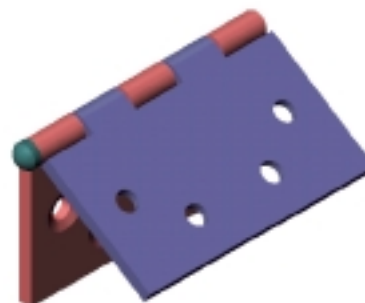


6. คลิกขวาบน graphics area แล้วเลือก Edit Assembly: Hinge หรืออีกวิธีคือให้คลิก Edit Part  บน Assembly ทูลบาร์ เพื่อกลับมาที่การแก้ไข assembly
7. บันทึกไฟล์ assembly

เปลี่ยนสีของชิ้นส่วน (Changing the Color of a Component)



เพื่อให้ดูง่ายขึ้นจะเปลี่ยนสีของชิ้นส่วนที่อยู่ใน assembly

1. คลิกที่ชิ้นส่วนสักอันใน FeatureManager design tree หรือบน graphics area แล้วคลิก Edit Color 
2. เลือกสีจากจานสีแล้วคลิก OK



แก้ไขชิ้นส่วนของบานพับ (Editing the Hinge Components)

ตอนนี้มาเปลี่ยนขนาดของบานพับตัวนี้

1. ใน FeatureManager design tree ขยายชิ้นส่วน hinge อันที่ใช้ InnerCuts configuration คลิก-คลิกที่ Base-Extrude-Thin เพื่อแสดงตัวบอกขนาด
2. คลิก-คลิกที่ตัวเลขบอกขนาดสักอัน จะมีกล่องข้อความ Modify ขึ้นมา
3. เปลี่ยนขนาดโดยดูว่า All Configurations ถูกเลือกไว้
4. คลิก เพื่อปิดกล่องข้อความ Modify ถ้าต้องการเปลี่ยนขนาดส่วนอื่นๆ อีกให้ทำซ้ำขั้นตอน 2 ถึง 4
5. คลิก Rebuild  หรือ Edit, Rebuild ทุกๆ ชิ้นส่วนของ assembly จะถูกแก้ไขโดยอัตโนมัติ (ถ้ามีข้อความบอกข้อผิดพลาดของการ rebuild ตัวเริมให้คลิก Rebuild  อีกครั้ง)

