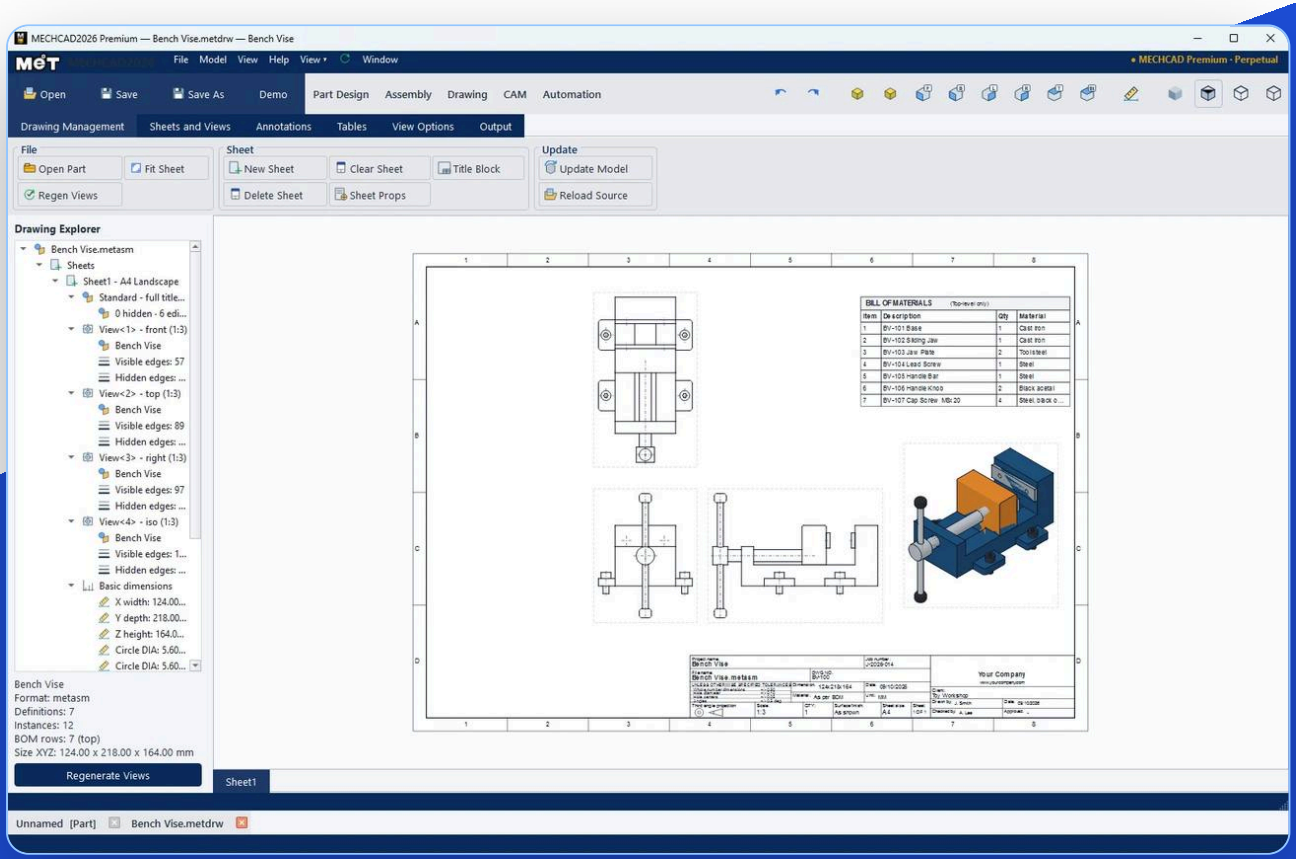
MECHATRONICS DESIGNED CO., LTD.

คู่มือผู้ใช้

MECHCAD2026

ออกแบบชิ้นงาน 3 มิติ ประกอบ งานเขียนแบบ และ CAM



ฉบับภาษาไทย · สำหรับเวอร์ชัน 2026.80

25 ต.ค. 2569 · www.mechdesigned.com

MECHCAD2026 — คู่มือผู้ใช้
ฉบับพิมพ์ 25 ต.ค. 2569 · ตรงกับ MECHCAD2026 2026.80

จัดทำโดย บริษัท แมคคาทรอนิคส์ ดีไซน์ จำกัด (MET)
26/230 หมู่ 18 ซ.มิตซูบิชิ ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
sales@mechdesigned.com · +66 2 520 4575 · LINE @mechdesigned

© 2026 Mechatronics Designed Co., Ltd. สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามทำซ้ำหรือเผยแพร่ส่วนใดส่วนหนึ่งโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

เนื้อหาและภาพในคู่มือนี้ถ่ายจากโปรแกรมจริง เมนูหรือค่าเริ่มต้นอาจเปลี่ยนในเวอร์ชันถัดไป ฉบับออนไลน์ล่าสุดอยู่ที่
www.mechdesigned.com/th/help/mechcad

AutoCAD, DWG, SOLIDWORKS, Alibre และชื่อผลิตภัณฑ์อื่นเป็นเครื่องหมายการค้าของเจ้าของแต่ละราย

สารบัญ

บทที่ 1 · เริ่มต้นใช้งาน 8

ติดตั้ง MECHCAD 2026 (ดาวน์โหลดโดยตรง / Microsoft Store) 9

หน้าต่าง Welcome และทดลองใช้ Premium 30 วัน 11

เปิดใช้งานด้วย License Key (Activate licence key) 13

Edition ของ MECHCAD: Standard, Expert และ Premium 15

Start Center: เอกสารล่าสุด (Start / Recent Documents) 18

สร้างชิ้นงานแรกใน 5 นาที 20

ตัวอย่างงาน (Demo) ที่มากับโปรแกรม 23

แบบทดสอบท้ายบท *28*

บทที่ 2 · หน้าจอและการตั้งค่า 29

หน้าจอหลักของ MECHCAD 30

เมนูหลัก (File, Model, View, Help) 33

Ribbon และ Command Search (F3) 36

Design Explorer (ต้นไม้ชิ้นงาน) 39

การใช้เมาส์และการหมุนมุมมอง 43

มุมมองมาตรฐาน View Cube และ Normal To 45

โหมดการแสดงผลและแผง Display 48

Realistic Render และ Save Render 52

System Options (การตั้งค่าโปรแกรม) 54

คีย์ลัด (Keyboard Shortcuts) 60

Measure (วัดระยะ มุม และขนาด) 63

แบบทดสอบท้ายบท *67*

บทที่ 3 · Sketch 68

ภาพรวม Sketch: เริ่ม จบ และ Ribbon ของ Sketch 70

Sketch บนหน้าผิวของชิ้นงาน 73

Line, Construction Line, Mid Line และ Polyline 75

Rectangle, Center Rect และ 3-Pt Rect 78

Circle, Center Arc และ 3-Pt Arc 80

Slot, Ellipse, 3-Pt Ellipse และ Polygon 83

Spline, Point และ Text ใน Sketch 84

Dynamic input: พิมพ์ขนาดขณะวาด 86

Smart Dimension และ Smart Angle 88

Constraints (ข้อบังคับทางเรขาคณิต) 91

Trim, Extend, Fillet, Chamfer และ Offset ใน Sketch 94

Mirror, Linear Pattern และ Circular Pattern ใน Sketch 97

Snap และ Auto H/V 100

เมนูคลิกขวาใน Sketch 102

Project, Project All และ Project Face 105

3D Sketch (เส้นทาง 3 มิติ) 108

Helix / Spiral (เส้นเกลียว) 109

แบบทดสอบท้ายบท *113*

บทที่ 4 · Part **114**

ภาพรวม Part Design 116
Feature Parameters: กล่องแก้ไข Feature 117
Extrude (Boss) 119
Extrude Cut 121
Revolve และ Revolve Cut 123
Sweep และ Sweep Cut 125
Loft 126
Helix (สปริงและเกลียว) 127
Hole Wizard (รูมาตรฐาน) 128
Fillet และ Chamfer 130
Draft (มุมถอดแบบ) 133
Shell (ทำผนังกลวง) 134
Wrap / Project (Emboss / Deboss บนหน้าผิว) 135
Mirror (สะท้อนชิ้นงาน) 136
Linear Pattern และ Circular Pattern 137
Path Pattern (ทำซ้ำตามเส้นทาง) 140
Reference Plane และ Axis 141
Move Face และ Simplify (Direct Edit) 142
Union, Subtract, Intersect, Scale และ Rotate Datum 144
Text (ตัวอักษรนูน/จมบนหน้าผิว) 145
Picture (รูปภาพบนหน้าผิว) 146
Recognize Features (แปลงชิ้นงานนำเข้าเป็น Feature) 147
Gear Wizard (สร้างเฟือง) 148
Feed Screw Wizard (สกรูลำเลียงขวด) 149
Part Color, Material และ Opacity 151
Rollback, Regen และ Suppress 152
Parameters (ค่าตัวแปรและสมการ) 153
Part Properties (ข้อมูลชิ้นงาน) 156
Surface Modeling (งานพื้นผิว) 157
Sheet Metal (งานแผ่นพับ) 160
แบบทดสอบท้ายบท *165*

บทที่ 5 · Assembly **166**

ภาพรวม Assembly 168
Insert Part และ Sub-Assembly 170
Assembly Explorer และแผง Properties 171
ใส่ Mate ด้วยแผง Assembly Mates 174
ชนิดของ Mate 177
แก้ไข พลิก และลบ Mate 179
Auto Mate 181
ลากและเคลื่อนย้ายชิ้นส่วน (Drag Part) 182
Linear Pattern ของชิ้นส่วน 183
สถานะชิ้นส่วน: Show/Hide, Transparent, Fix, Suppress 185

Derived Part: Union, Subtract, Intersect, Scale และ Mirror Part 185
Explode และ Collapse 186
3D Notes และ Picture ใน Assembly 188
Pack and Go (.metpkg) 190
แบบทดสอบท้ายบท *192*

บทที่ 6 · Drawing 193
สร้าง Drawing (Standard Views Creation) 194
Ribbon และ Drawing Explorer 196
มุมมอง: Base, Projected, Section, Detail และ Break View 198
View Properties และเมนูคลิกขวาของมุมมอง 199
มิติใน Drawing: Auto Dimension, Smart Dimension, Hole Callout และ Ordinate 200
Notes, Leader, Balloon และสัญลักษณ์ (Center Line, Datum, GD&T) 202
BOM, Balloons และตาราง (Hole, Revision, Cut List) 203
Sheet Properties และ Title Block 205
Export PDF, DXF, DWG และ Print 208
แบบทดสอบท้ายบท *209*

บทที่ 7 · Motion & Analysis 210
Motion Study และ Motion Studio 211
Play Motion, Spin, Linear Move และการบันทึกวิดีโอ/GIF 213
Interference และ Clearance Check 213
Auto BOM (Excel / PDF พร้อมภาพและ Balloon) 215
Export HTML (หน้าเว็บ 3D สำหรับรีวิว) 217
Automation Workbench (เซลล์หุ่นยนต์และเครื่องจักร) 218
Robot Library (คลังหุ่นยนต์) 220
Pick & Place Wizard 222
Motion Study Timeline (Automation) 223
แบบทดสอบท้ายบท *225*

บทที่ 8 · CAM 226
ภาพรวม CAM 228
New Job, Template และ Geometry 230
Stock, Frame (WCS) และ Clearances 233
Tool Library และค่ามีด 237
Operation Parameters (ค่าของ Operation) 241
Face และ Pocket (2.5D) 245
Profile และ Ramp Cut 247
Drill และ Hole 250
Slot, Step, Chamfer, Corner Round, Engrave และ Thread Mill 254
งานกัด 3D: Rough, Rest, Z-Level, Raster, Pencil และ Mold Tactic 256
งานกลึง: Face, Rough, Finish, Axial Drill และ Part Off 258
งานกลึง: Groove และ Thread (G75 / G76) 262
Simulation (จำลองการกัดและตรวจการชน) 265
Machine Manager และ Post-Processor 269
Generate G-code และ Shop PDF (Setup Sheet) 272

งาน CAM ตัวอย่าง (Mill Demo / Lathe Demo) 273
แบบทดสอบท้ายบท *276*

บทที่ 9 · Import / Export 277
ชนิดไฟล์ของ MECHCAD และไฟล์ที่เปิดได้ 278
Import CAD (STEP, IGES, STL) และ CAD Import Options 280
เปิดไฟล์ SolidWorks และ Alibre ใน MECHCAD 282
Export STEP และ STL 284
แบบทดสอบท้ายบท *286*

บทที่ 10 · License & Editions 287
จัดการไลเซนส์: ป้าย Edition, Deactivate และ License Certificate 288
อัปเดตโปรแกรม (Check for Updates) 289
แบบทดสอบท้ายบท *291*

บทที่ 11 · แก้ปัญหา 292
แก้ปัญหาไลเซนส์ 293
แก้ปัญหาการแสดงผลและการ์ดจอ 294
Assembly ขนาดใหญ่ทำงานช้า 296
Auto-Recover และรายงานข้อผิดพลาด 298
แก้ปัญหาการนำเข้าไฟล์ CAD 299
แจ้งปัญหา (Report a Bug) 300
แบบทดสอบท้ายบท *304*

ภาคผนวก ก · เฉลยแบบทดสอบ 305

ภาคผนวก ข · ดัชนีหัวข้อ ก-ฮ / A-Z 309

ภาคผนวก ค · ความต้องการของระบบและการติดต่อ 311

เกี่ยวกับผู้พัฒนาและ MET 312

วิธีใช้คู่มือเล่มนี้

คู่มือแบ่งเป็น 11 บทตามลำดับการทำงานจริง แต่ละหัวข้อบอก **ใช้ทำอะไร อยู่ที่ไหน ขั้นตอน** และตารางตัวเลือก ท้ายแต่ละบทมี **แบบทดสอบ** 6 ข้อ เฉลยอยู่ในภาคผนวก ก

- **ตัวหนา** = ชื่อปุ่ม เมนู หรือคำสั่งที่เห็นในโปรแกรม เครื่องหมาย › คั่นลำดับเมนู
- ป้าย Standard Expert Premium บอก Edition ขั้นต่ำที่มีคำสั่งนั้น
- กรอบ **ลองทำตาม** คือแบบฝึกหัดพร้อมภาพผลลัพธ์ ทำตามได้ทันทีในโปรแกรม
- ลิงก์สีน้ำเงินในไฟล์ PDF คลิกไปยังหัวข้อที่อ้างถึงได้

บทที่ 1

เริ่มต้นใช้งาน

1. ติดตั้ง MECHCAD 2026 (ดาวน์โหลดโดยตรง / Microsoft Store)
   วิธีติดตั้ง MECHCAD 2026 บน Windows ด้วยตัวติดตั้งโดยตรง (ทดลองใช้ Premium ฟรี 30 วัน) และสถานะบน Microsoft Store
2. หน้าต่าง Welcome และทดลองใช้ Premium 30 วัน
   เริ่มทดลองใช้ MECHCAD Premium ฟรี 30 วันจากหน้าต่าง Welcome
3. เปิดใช้งานด้วย License Key (Activate licence key)
   ใส่ License Key เพื่อเปิดใช้งาน MECHCAD บนเครื่อง
4. Edition ของ MECHCAD: Standard, Expert และ Premium
   เปรียบเทียบความสามารถของ MECHCAD แต่ละ Edition และสิ่งที่เห็นเมื่อฟีเจอร์ไม่อยู่ใน Edition
5. Start Center: เอกสารล่าสุด (Start / Recent Documents)
   เปิดงานล่าสุดพร้อมภาพตัวอย่าง สร้าง Part ใหม่ หรือเปิดไฟล์จากหน้าต่าง Start
6. สร้างชิ้นงานแรกใน 5 นาที
   ฝึกขั้นตอนพื้นฐาน Sketch › Extrude จนได้ชิ้นงาน 3D ชิ้นแรก
7. ตัวอย่างงาน (Demo) ที่มากับโปรแกรม
   เปิดชิ้นงานตัวอย่าง Camera, PET Bottle, Modern Chair, Robot 6 Axis และงาน CAM ตัวอย่าง

ติดตั้ง MECHCAD 2026 (ดาวน์โหลดโดยตรง / Microsoft Store) Standard

วิธีติดตั้ง MECHCAD 2026 บน Windows ด้วยตัวติดตั้งโดยตรง (ทดลองใช้ Premium ฟรี 30 วัน) และสถานะบน Microsoft Store

ใช้ทำอะไร

MECHCAD 2026 เป็นโปรแกรม 3D CAD/CAM สำหรับ Windows ไม่ว่าจะติดตั้งทางไหนก็เป็นโปรแกรมตัวเดียวกัน ส่วน Edition (Standard / Expert / Premium) ขึ้นกับไลเซนส์ที่เปิดใช้งาน ไม่ได้ขึ้นกับวิธีติดตั้ง

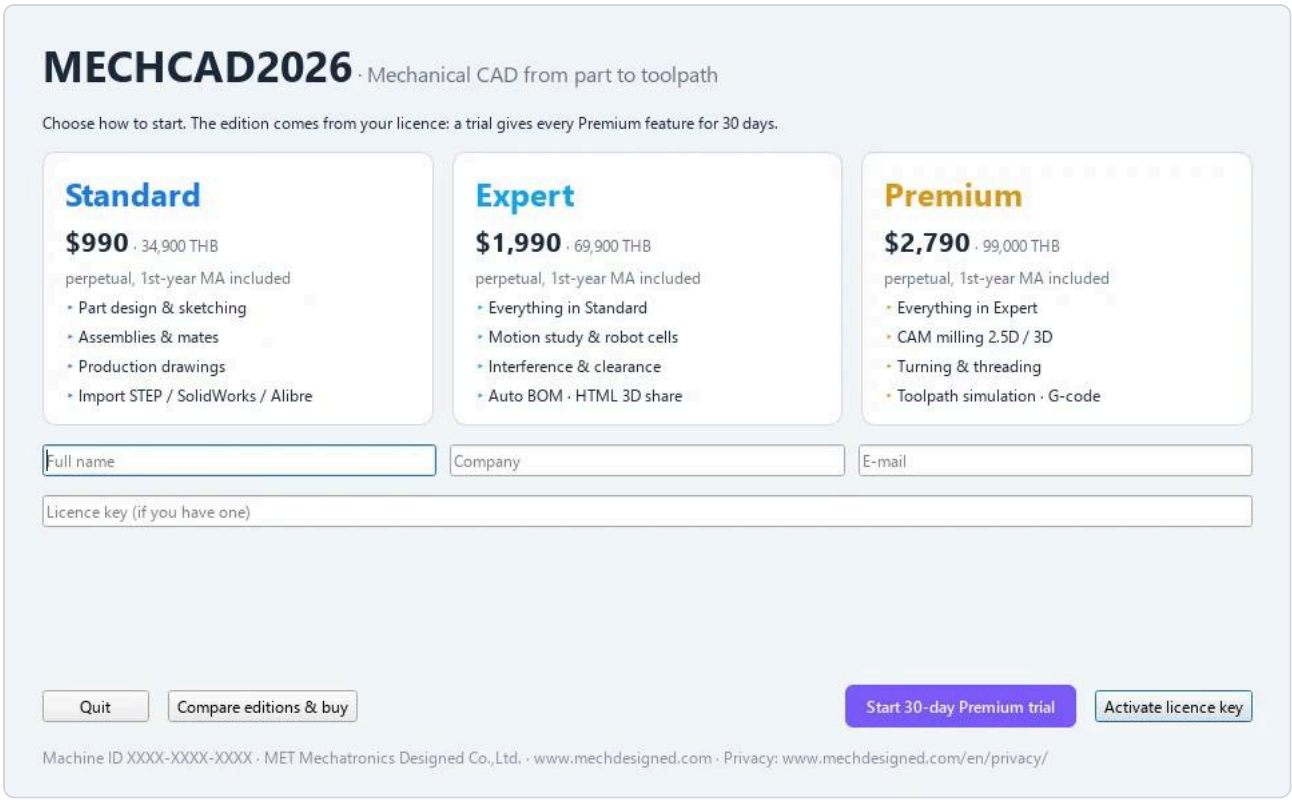
ช่องทาง	เหมาะกับ	การอัปเดต
ดาวน์โหลดโดยตรง (แนะนำ): https://license.mechdesigned.com/download/MECHCAD	ทุกคน: ผู้ใช้ใหม่เริ่มทดลองใช้ Premium ฟรี 30 วันจากหน้าต่าง Welcome ลูกค้า MA ใส่ License Key ได้เลย	ลูกค้า MA ใช้ **Help › Check for Updates...** หรือดาวน์โหลดตัวติดตั้งล่าสุดจากลิงก์เดิม
Microsoft Store	MECHCAD 2026 บน Microsoft Store	อัปเดตผ่าน Microsoft Store

ติดตั้งด้วยตัวติดตั้งโดยตรง

1. ดาวน์โหลดตัวติดตั้งจาก https://license.mechdesigned.com/download/MECHCAD (ลูกค้า MA ใช้ไฟล์ `MECHCAD2026-Setup-V<เวอร์ชัน>.exe` ที่ได้รับจาก MET ก็ได้)
2. ดับเบิลคลิกไฟล์ แล้วตอบ **Yes** เมื่อ Windows ขอสิทธิ์ผู้ดูแลระบบ (ตัวติดตั้งต้องใช้สิทธิ์ admin เพื่อลงทะเบียนชนิดไฟล์และภาพตัวอย่างใน Explorer)
3. เลือกตัวเลือกเพิ่มเติม (ตารางด้านล่าง) แล้วกด **Install**
4. เมื่อเสร็จ ติ๊ก **Launch MECHCAD** แล้วกด **Finish**
5. ครั้งแรกจะเห็นหน้าต่าง **Welcome** กด **Start 30-day Premium trial** หรือใส่ License Key ดู หน้าต่าง Welcome และทดลองใช้ 30 วัน

ตัวเลือกในตัวติดตั้ง	ความหมาย
Create a desktop shortcut	สร้างไอคอนบนเดสก์ท็อป
Prefer high-performance graphics for MECHCAD	ให้ Windows ใช้การ์ดจอแยก (GPU) กับ MECHCAD บนโน้ตบุ๊กที่มี 2 GPU แนะนำให้เปิดไว้

โปรแกรมติดตั้งไว้ที่ `%LOCALAPPDATA%\Programs\MECHCAD2026` และลงทะเบียนชนิดไฟล์ให้ดับเบิลคลิกเปิดได้ทันที: `.metprt` (Part), `.metasm` (Assembly), `.metdrw` (Drawing), `.metcam` (CAM), `.metauto` (Automation) และ `.metpkg` (Pack and Go) รวมถึงภาพ thumbnail ของไฟล์ใน Windows Explorer



หน้าต่าง Welcome ที่เปิดขึ้นครั้งแรกหลังติดตั้ง

Microsoft Store

ติดตั้งจาก MECHCAD 2026 บน Microsoft Store ได้เช่นกัน เป็นโปรแกรมเดียวกันและใช้ License เดียวกัน กด “Start 30-day Premium trial” ในหน้า Welcome ได้เหมือนกัน เวอร์ชันบน Store อัปเดตผ่าน Store และอาจตามหลังตัวติดตั้งโดยตรงเล็กน้อย

ความต้องการของระบบ

รายการ	แนะนำ
ระบบปฏิบัติการ	Windows 10 / 11 แบบ 64 บิต
การ์ดจอ	รองรับ OpenGL 3.2 ขึ้นไป (การ์ดจอแยกช่วยให้ชิ้นงานใหญ่หมุนลื่นขึ้น)
หน่วยความจำ	16 GB ขึ้นไปสำหรับ Assembly ขนาดใหญ่
อินเทอร์เน็ต	ใช้ตอนเปิดใช้งานไลเซนส์และตรวจสอบเป็นระยะ (ทำงานออฟไลน์ได้ภายในช่วงผ่อนผัน 7 วัน)

> **หมายเหตุ:** เปิด-บันทึก DWG ได้ทันทีหลังติดตั้ง ตัวแปลง DWG มาพร้อมโปรแกรมแล้ว ไม่ต้องติดตั้ง ODA File Converter แยก (ถ้ามี ODA ในเครื่อง โปรแกรมใช้เป็นทางสำรองเท่านั้น) PDF และ DXF ก็ใช้ได้ทันทีเช่นกัน

ลองทำตาม: ติดตั้งบนโน้ตบุ๊กที่บ้านตั้งแต่ศูนย์

สถานการณ์: คุณอยากมี MECHCAD บนโน้ตบุ๊กส่วนตัวคืนนี้ เพื่อออกแบบแท่นวางโน้ตบุ๊กแนวตั้งช่วงสุดสัปดาห์

1. เปิด https://license.mechdesigned.com/download/MECHCAD แล้วบันทึกตัวติดตั้ง
2. รันตัวติดตั้ง ตอบ **Yes** เมื่อขอสิทธิ์ admin และติ๊ก **Prefer high-performance graphics for MECHCAD** (โน้ตบุ๊กมี 2 GPU)

3. กด **Install** แล้ว **Launch MECHCAD** › **Finish**
4. ในหน้าต่าง Welcome กรอกชื่อ บริษัท อีเมล แล้วกด **Start 30-day Premium trial**
5. กด **Demo** เปิด **MET Camera** ลองหมุนดูว่าลื่นไหม ถ้าไม่ลื่น ดู แก้ปัญหาการแสดงผล

ลองต่อ: ดับเบิลคลิกไฟล์ `.metprt` ใดก็ได้ใน Explorer จะเปิดใน MECHCAD ทันทีพร้อมภาพตัวอย่าง

ดูเพิ่ม

- หน้าต่าง Welcome และทดลองใช้ 30 วัน
- เปิดใช้งานด้วย License Key
- Edition ของ MECHCAD
- อัปเดตโปรแกรม (Check for Updates)

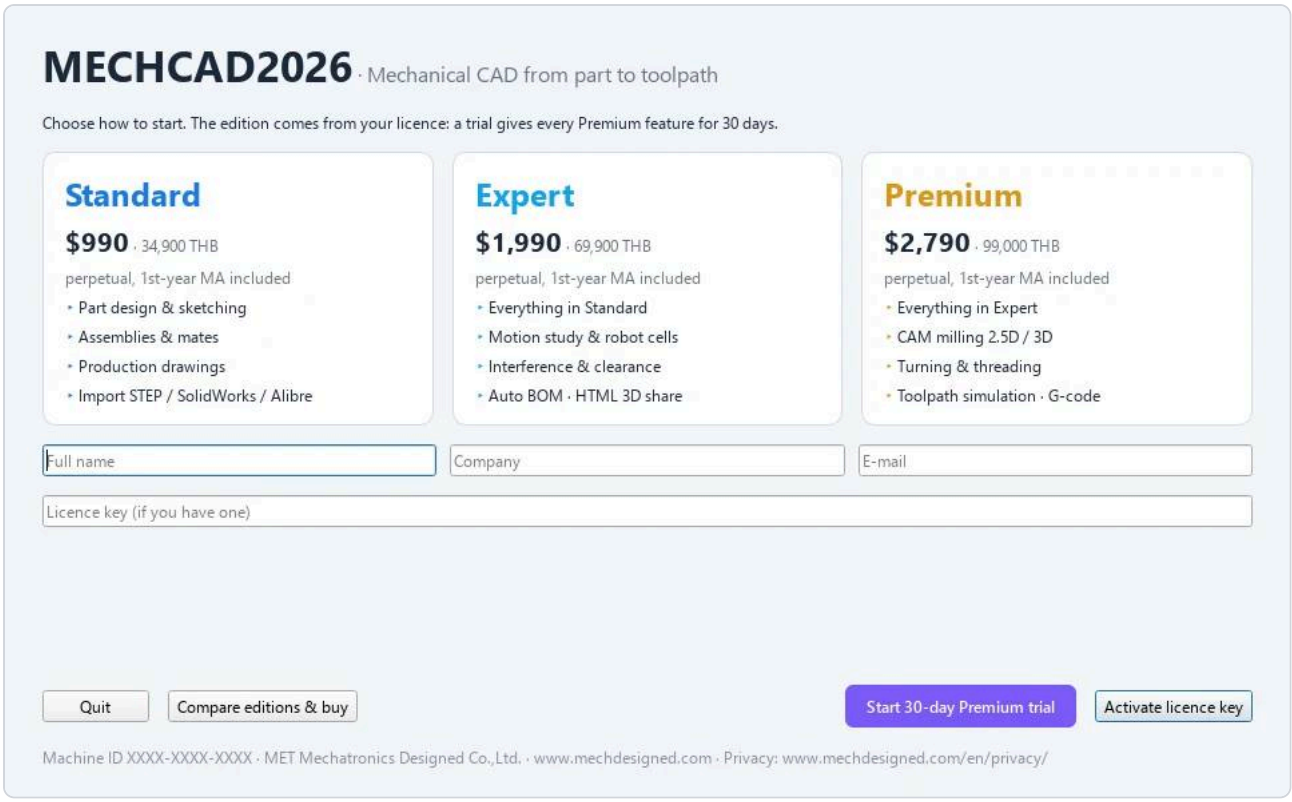
หน้าต่าง Welcome และทดลองใช้ Premium 30 วัน Standard

เริ่มทดลองใช้ MECHCAD Premium ฟรี 30 วันจากหน้าต่าง Welcome

ใช้ทำอะไร

หน้าต่าง **MECHCAD2026 — Welcome** จะเปิดขึ้นเองเมื่อเครื่องยังไม่มีไลเซนส์ (ติดตั้งใหม่ หรือช่วงทดลองหมดอายุ) และเปิดได้ทุกเมื่อจากป้าย Edition มุมขวาบนหรือ **Help › Activate License (online)...** มีทางเข้าใช้งาน 3 ทาง:

- **Start 30-day Premium trial** — ทดลองใช้ทุกฟีเจอร์ของ Premium 30 วัน
- **Activate licence key** — ใส่ License Key ที่ซื้อแล้ว ดู เปิดใช้งานด้วย License Key
- **Compare editions & buy** — เปิดเว็บ mechdesigned.com เพื่อเปรียบเทียบและสั่งซื้อ



หน้าต่าง Welcome: การ์ด Edition ช่องกรอกข้อมูล และปุ่มเริ่มทดลองใช้

เริ่มทดลองใช้ 30 วัน

1. เปิด MECHCAD ครั้งแรก หน้าต่าง Welcome จะแสดงขึ้น
2. กรอก **Full name**, **Company** และ **E-mail**
3. กด **Start 30-day Premium trial** (ปุ่มสีม่วง)
4. รอข้อความ *Requesting your 30-day trial from the MET licence server...* เมื่อสำเร็จ โปรแกรมจะเปิดขึ้นพร้อมป้าย **MECHCAD Trial · N days left** มุมขวาบน

ช่อง / ปุ่ม	ความหมาย
Full name	ชื่อผู้ใช้ (จำเป็นสำหรับทดลองใช้)
Company	ชื่อบริษัท
E-mail	อีเมลที่ใช้ขอทดลองใช้ (จำเป็น)
Licence key (if you have one)	ใส่เฉพาะเมื่อมี License Key แล้ว
Quit	ออกจากโปรแกรม (ตอนเปิดครั้งแรก) / Close เมื่อเปิดจากเมนู
Compare editions & buy	เปิดเว็บไซต์เพื่อดูราคาและสั่งซื้อ
Start 30-day Premium trial	ขอไลเซนส์ทดลอง 30 วันจากเซิร์ฟเวอร์ MET
Activate licence key	เปิดใช้งานด้วย License Key

> **หมายเหตุ:** สิทธิ์ทดลองใช้ได้ **1 ครั้งต่อเครื่องและต่ออีเมล** ถ้าเคยใช้แล้วจะเห็นข้อความ *A free trial was already used on this computer or with this e-mail.* ให้ติดต่อ MET เพื่อซื้อไลเซนส์หรือขอขยายเวลา

> **หมายเหตุ:** ระหว่างทดลองใช้ ป้ายมุมขวาบนจะนับวันที่เหลือ และเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อเหลือไม่เกิน 7 วัน เมื่อหมดอายุ ครั้งถัดไปที่เปิดโปรแกรมจะกลับมาที่หน้าต่าง Welcome เพื่อใส่ License Key

ลองทำตาม: ทดลองใช้สุดสัปดาห์กับงานจริง

สถานการณ์: คุณอยากรู้ว่า MECHCAD เหมาะกับตัวเองไหม และมีไอเดียที่กั้นหนังสือบนโต๊ะอยู่ในใจ

1. เปิด MECHCAD ครั้งแรก หน้าต่าง Welcome จะขึ้นมา
2. กรอก **Full name**, **Company** (ฟรีแลนซ์ใส่ชื่อตัวเองได้) และ **E-mail**
3. กด **Start 30-day Premium trial** แล้วรอข้อความจากเซิร์ฟเวอร์ไลเซนส์
4. ป้ายมุมขวาบนจะแสดง **MECHCAD Trial · N days left** ทุกฟีเจอร์เปิดหมด รวมถึง Simulation และ CAM
5. ลองทำที่กั้นหนังสือ: รูปตัว L **120 × 100** มม. หนา **4** มม. **Extrude** กว้าง **100** มม. แล้วลอง **Drawing** และ **CAM** กับชิ้นเดียวกัน เพื่อดูว่าแต่ละ Edition ให้อะไร

ลองต่อ: คลิกป้าย Edition เมื่อไรก็ได้เพื่อเปิดหน้าต่าง Welcome และเทียบ Edition อีกครั้ง

ดูเพิ่ม

- เปิดใช้งานด้วย License Key
- Edition ของ MECHCAD
- จัดการไลเซนส์

เปิดใช้งานด้วย License Key (Activate licence key) Standard

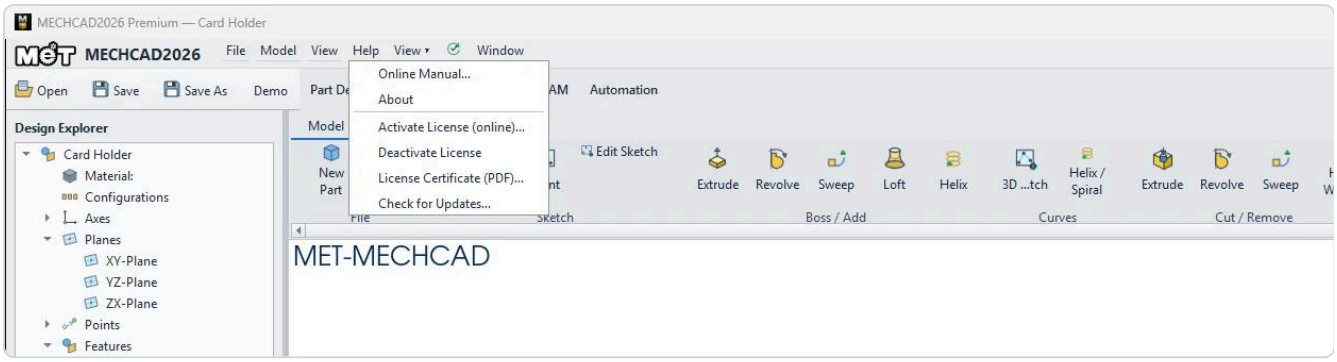
ใส่ License Key เพื่อเปิดใช้งาน MECHCAD บนเครื่อง

ใช้ทำอะไร

เปิดใช้งานเครื่องนี้ด้วย License Key ที่ได้รับจาก MET (เช่น `MECHCAD-XXXXX-XXXXX-XXXXX-XXXXX`) ไลเซนส์เป็นตัวกำหนด Edition ที่ใช้ได้ เปลี่ยน Edition ภายหลังได้โดยไม่ต้องเปลี่ยน Key

อยู่ที่ไหน

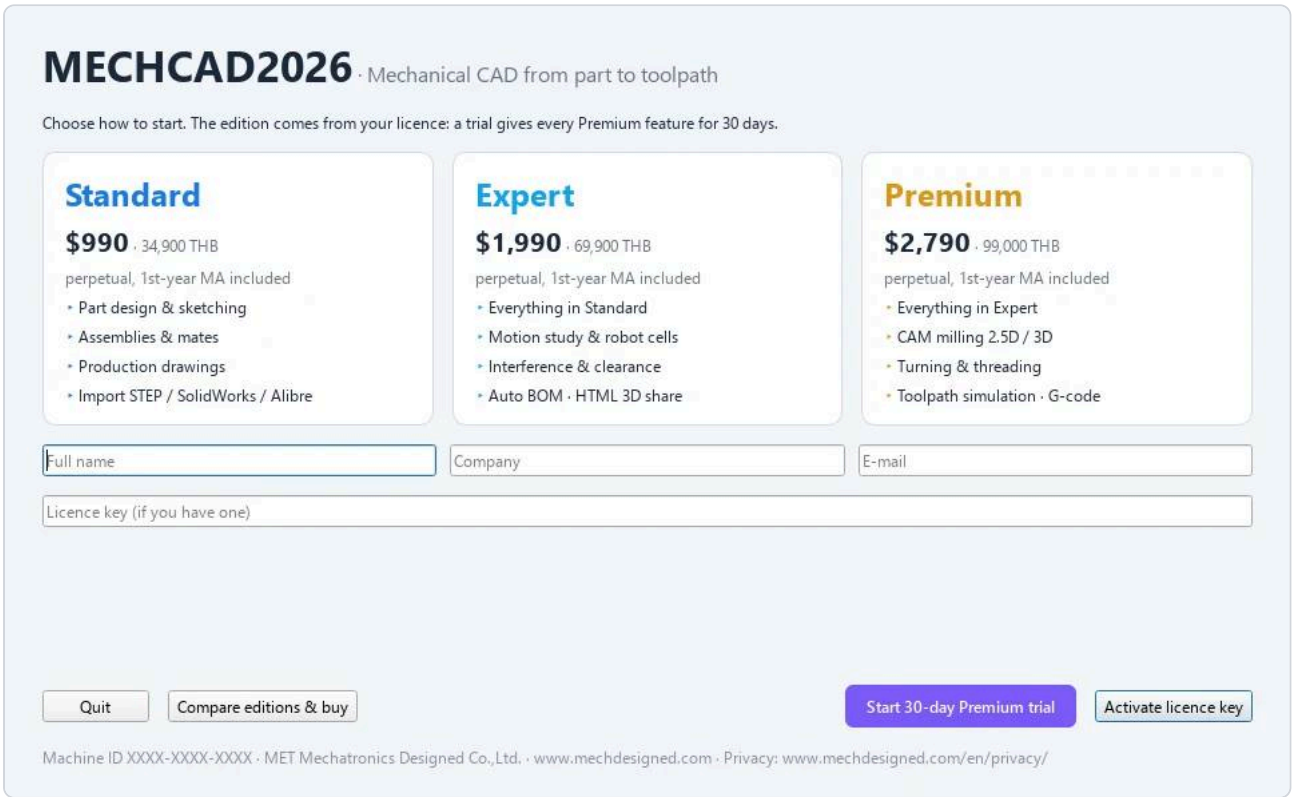
- หน้าต่าง **Welcome** (เปิดเองเมื่อยังไม่มีไลเซนส์)
- **Help › Activate License (online)...**
- คลิกป้าย Edition มุมขวาบนของหน้าต่าง (เช่น ● **MECHCAD Premium · Perpetual**)



เมนู Help: Activate / Deactivate License, License Certificate และ Check for Updates

ขั้นตอน

1. เปิดหน้าต่าง Welcome
2. กรอก **Full name**, **Company** และ **E-mail** ให้ตรงกับอีเมลที่ MET ใช้ออก Key
3. ใส่ Key ในช่อง **Licence key (if you have one)**
4. กด **Activate licence key** (หรือกด Enter ในช่อง Key)
5. เมื่อสำเร็จ หน้าต่างจะปิด และป้ายมุมขวาบนจะแสดง Edition ของคุณ



หน้าต่าง Welcome สำหรับใส่ License Key

ข้อความที่อาจพบ

ข้อความ	สาเหตุ / วิธีแก้
Enter full name, company and the e-mail the key was issued to.	กรอกข้อมูลไม่ครบ
This license key has expired.	Key หมดอายุ ติดต่อ MET

ข้อความ	สาเหตุ / วิธีแก้
All N seats are in use. Release one from another PC first.	ใช้ครบจำนวนเครื่องแล้ว ให้ **Deactivate License** ที่เครื่องเดิมก่อน
Offline grace elapsed — reconnect to the license server.	ไม่ได้ต่ออินเทอร์เน็ตเกิน 7 วัน ให้เชื่อมต่อแล้วเปิดโปรแกรมใหม่

> **หมายเหตุ:** โปรแกรมตรวจสอบไลเซนส์กับเซิร์ฟเวอร์ทุก 5 นาทีแบบเบื้องหลัง ถ้าไม่มีอินเทอร์เน็ตยังใช้งานได้ต่อภายในช่วงผ่อนผัน 7 วัน

ลองทำตาม: เปิดใช้งานโน้ตบุ๊กเครื่องใหม่ใน 2 นาที

สถานการณ์: คุณได้รับ Key `MECHCAD-XXXXX-XXXXX-XXXXX-XXXXX` ทางอีเมล `you@company.com` และอยากเริ่มออกแบบป้ายชื่อตั้งโต๊ะวันนี้

1. เปิด MECHCAD หน้าต่าง Welcome จะขึ้นมาเพราะเครื่องยังไม่มีไลเซนส์
2. กรอก **Full name**, **Company** และ **you@company.com** ซึ่งเป็นอีเมลที่ได้รับ Key ใช้อีเมลอื่นจะไม่ผ่าน
3. วาง Key ในช่อง **Licence key (if you have one)** แล้วกด **Enter**
4. หน้าต่างปิดลง ป้ายมุมขวาบนแสดง Edition ของคุณ เช่น ● **MECHCAD Standard · Perpetual**
5. ลองใช้งานจริง: Sketch สี่เหลี่ยม **150 × 40 Extrude 8** มม. แล้วบันทึกเป็น `nameplate.metprt`

ลองต่อ: เลือก **Help › License Certificate (PDF)...** แล้วเก็บใบรับรองไว้กับเอกสารการซื้อ

ดูเพิ่ม

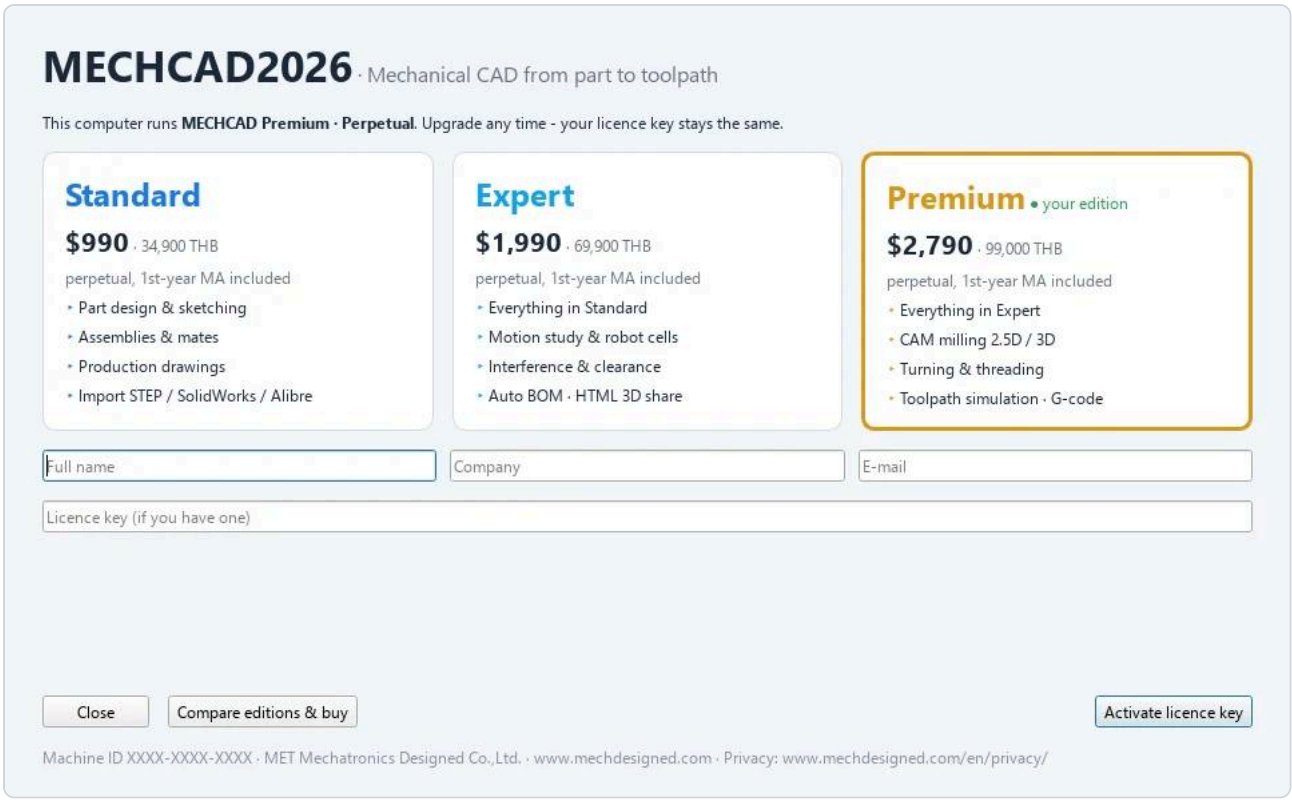
- หน้าต่าง Welcome และทดลองใช้ 30 วัน
- จัดการไลเซนส์ (ย้ายเครื่อง / ใบรับรอง)
- แก้ปัญหาไลเซนส์

Edition ของ MECHCAD: Standard, Expert และ Premium Standard

เปรียบเทียบความสามารถของ MECHCAD แต่ละ Edition และสิ่งที่เห็นเมื่อฟีเจอร์ไม่อยู่ใน Edition

ใช้ทำอะไร

MECHCAD เป็นโปรแกรมเดียว ไลเซนส์เป็นตัวบอกว่าเครื่องนี้ใช้ Edition ไหน ผู้ใช้ไม่ต้องเลือก Edition เอง และอัปเกรดได้โดยใช้ License Key เดิม



การ์ดเปรียบเทียบ Edition ในหน้าต่าง Welcome (● your edition คือ Edition ปัจจุบัน)

เปรียบเทียบ Edition

ความสามารถ	Standard	Expert	Premium
Part Design และ Sketch (Parameters และสมการ)	✓	✓	✓
Import STEP / IGES / SolidWorks / Alibre / Siemens NX	✓	✓	✓
Assembly (Mate, Sub-Assembly, Explode)	✓	✓	✓
Drawing (มุมมอง มิติ BOM Export PDF/DXF/DWG)	✓	✓	✓
Surface modeling	–	✓	✓
Sheet metal (Flat pattern, DXF สำหรับตัดเลเซอร์)	–	✓	✓
Simulation: Motion Study, Motion Studio, Automation workbench, บันทึกวิดีโอ/GIF	–	✓	✓
Assembly analysis: Interference, Clearance, Auto BOM, Export HTML	–	✓	✓
CAM: กัด 2.5D / 3D, กลึง และเกลียว, จำลองการกัด, G-code	–	–	✓
Trial 30 วัน	ทุกฟีเจอร์เหมือน Premium		

ราคา

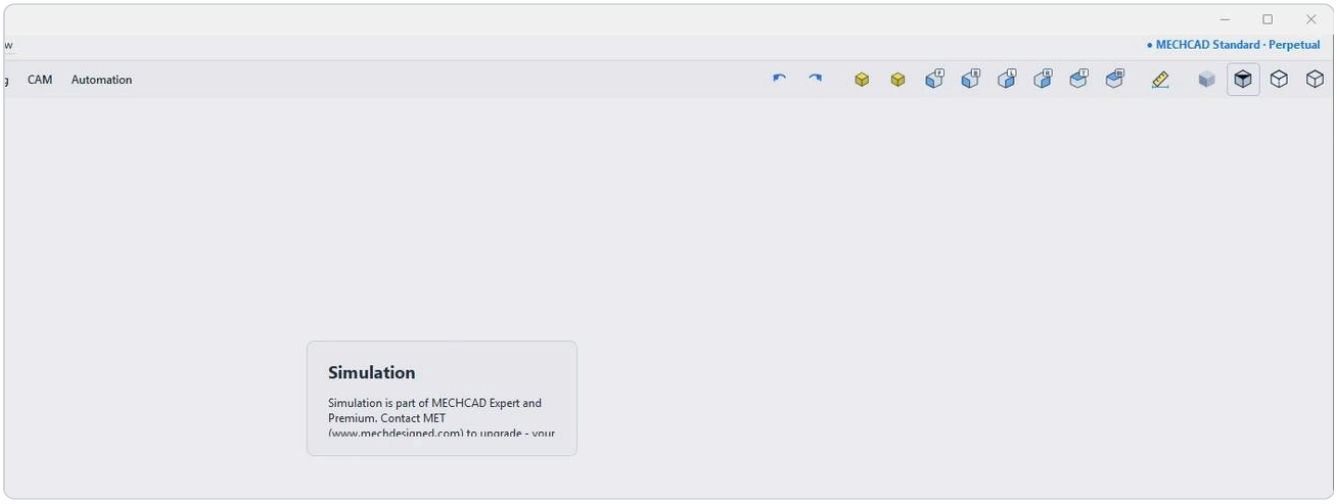
ราคาต่อ 1 Seat (1 เครื่องพร้อมกัน) ราคาบาททุกช่อง **รวม VAT 7% แล้ว**

รายการ	Standard	Expert	Premium
ซื้อขาด (Perpetual) รวม MA ปีแรก	$990 / ฿34,900	$1,990 / ฿69,900	$2,790 / ฿99,000
ต่อ MA รายปี (ปีที่ 2 เป็นต้นไป)	$290 / ฿9,900	$450 / ฿15,900	$690 / ฿23,900
เช่ารายปี (Subscription)	$390 / ฿13,900	$790 / ฿27,900	$1,190 / ฿39,900
Network (Floating) license	+25%	+25%	+25%

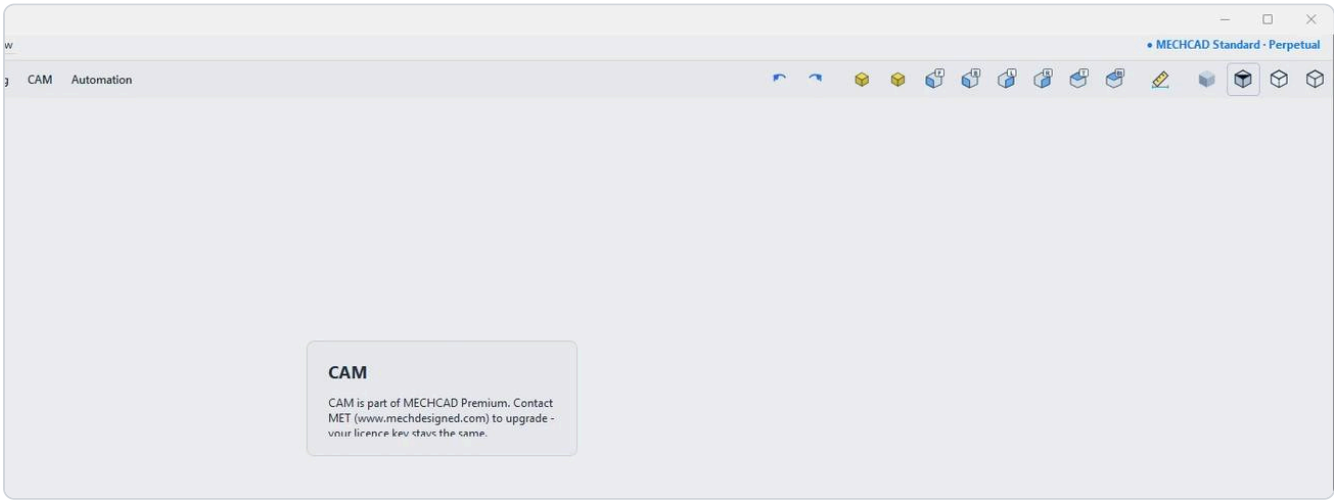
อัปเกรด Edition จ่ายเฉพาะส่วนต่างราคา: Standard → Expert $1,000 (฿35,000 รวม VAT) และ Expert → Premium $800 (฿29,100 รวม VAT) ใช้ License Key เดิม ราคาล่าสุดดูได้ที่ หน้าราคา MECHCAD

เมื่อใช้ฟีเจอร์ที่ไม่อยู่ใน Edition

- แท็บ **Automation** และ **CAM** ยังมองเห็นได้ แต่จะแสดงการ์ดแจ้งว่าฟีเจอร์นั้นอยู่ใน Edition ใด
- ปุ่มที่ล็อก (เช่น Interference, Auto BOM, Motion Studio) จะแสดงข้อความที่แถบสถานะและ tooltip เช่น *Simulation is part of MECHCAD Expert and Premium. Contact MET (www.mechdesigned.com) to upgrade - your licence key stays the same.*



แท็บ Automation บน Standard: การ์ดแจ้งให้อัปเกรด



แท็บ CAM บน Standard

> **หมายเหตุ:** ป้ายมุมขวาบนบอก Edition และอายุไลเซนส์เสมอ เช่น *MECHCAD Premium · Perpetual*, *MECHCAD Trial · 12 days left* หรือ *MECHCAD Expert · until 2027-01-31*

ลองทำตาม: เลือก Edition ให้เหมาะกับงานแท่นวางโน้ตบุ๊ก

สถานการณ์: คุณออกแบบแท่นวางโน้ตบุ๊กอะลูมิเนียม ลองใช้หน้านี้ตัดสินใจทีละข้อว่าต้องใช้ Edition ไหน

1. ออกแบบแท่น ชิ้นส่วน และแบบ Drawing ส่งโรงงาน: **Standard** ($990 / 34,900 THB) ก็พอ
2. อยากทำ Motion Study ให้เห็นบานพับพับเก็บ และตรวจชิ้นส่วนชนกัน: ต้องใช้ **Expert** ($1,990 / 69,900 THB)
3. อยากกัดแผ่นอะลูมิเนียมเองและสร้าง G-code: ต้องใช้ **Premium** ($2,790 / 99,000 THB)
4. ยังไม่แน่ใจ? เริ่มทดลองใช้ 30 วัน ซึ่งเปิดทุกฟีเจอร์ของ Premium ลองครบทั้ง 3 ข้อได้ก่อน
5. บนไลเซนส์ Standard ลองคลิกแท็บ **CAM** จะเห็นการ์ดบอกว่าฟีเจอร์อยู่ใน Edition ไหน และอัปเกรดภายหลังได้โดยใช้ Key เดิม

ลองต่อ: จดไว้ว่างานชิ้นถัดไปต้องใช้ข้อไหนจริง ๆ บ้าง ก่อนติดต่อ MET

ดูเพิ่ม

- หน้าต่าง Welcome และทดลองใช้ 30 วัน
- เปิดใช้งานด้วย License Key
- จัดการไลเซนส์

Start Center: เอกสารล่าสุด (Start / Recent Documents) Standard

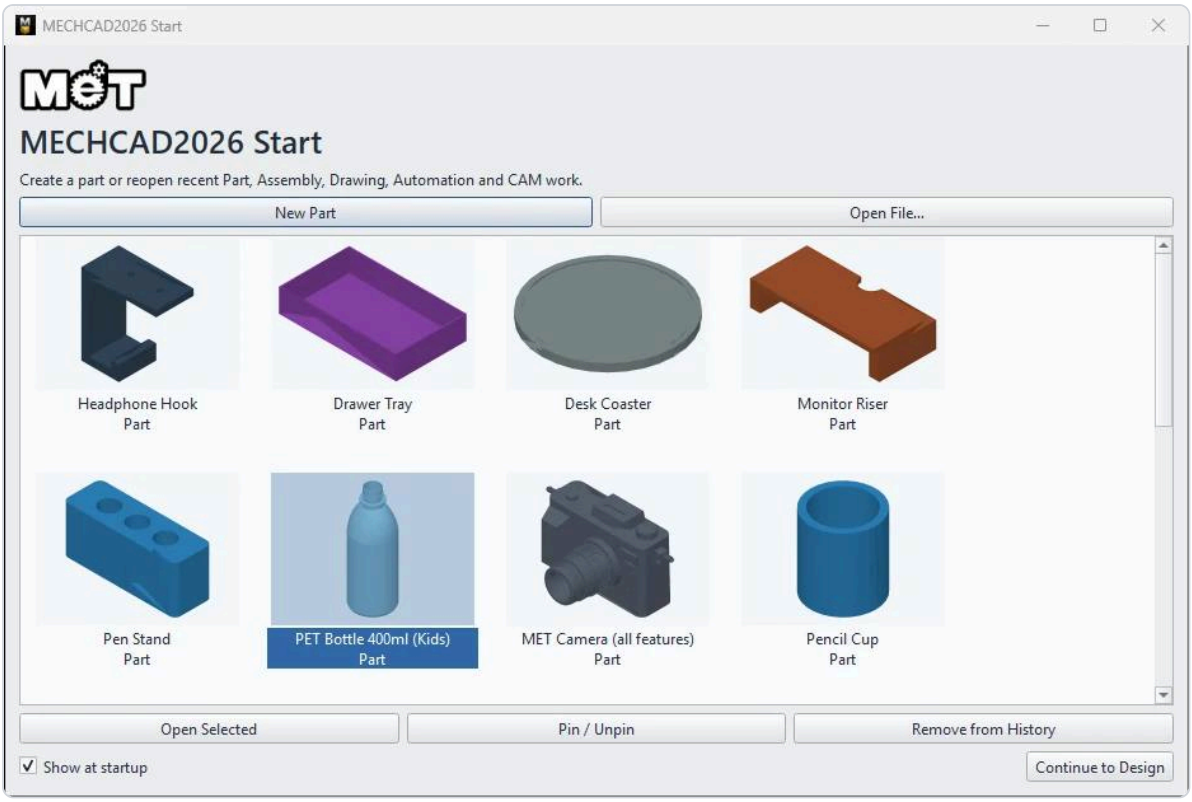
เปิดงานล่าสุดพร้อมภาพตัวอย่าง สร้าง Part ใหม่ หรือเปิดไฟล์จากหน้าต่าง Start

ใช้ทำอะไร

หน้าต่าง **MECHCAD2026 Start** แสดงเอกสารที่เปิดล่าสุด (Part, Assembly, Drawing, Automation และ CAM) พร้อมภาพตัวอย่าง ช่วยกลับไปทำงานต่อได้เร็ว เปิดไฟล์จากรายการจะไม่เขียนทับไฟล์เดิม

อยู่ที่ไหน

- เปิดขึ้นเองตอนเริ่มโปรแกรม (ปิดได้ด้วย **Show at startup**)
- **File › Start / Recent Documents...**



หน้าต่าง MECHCAD2026 Start พร้อมรายการเอกสารล่าสุด

ขั้นตอน

1. ดับเบิลคลิกภาพเอกสารที่ต้องการ หรือเลือกแล้วกด **Open Selected**
2. ถ้าต้องการเริ่มงานใหม่ กด **New Part** หรือ **Open File...** เพื่อเลือกไฟล์อื่น
3. กด **Continue to Design** เพื่อย่อหน้าต่างนี้แล้วกลับไปที่หน้าต่างหลัก

ปุ่ม / ตัวเลือก	ความหมาย
New Part	เริ่ม Part ใหม่
Open File...	เปิดไฟล์ MECHCAD ชนิดใดก็ได้ (`.metprt .metasm .metdrw .metcam .metauto .metpkg`)
Open Selected	เปิดเอกสารที่เลือก
Pin / Unpin	ปักหมุดเอกสาร (มีเครื่องหมาย ★ และอยู่บนสุดเสมอ)
Remove from History	ลบออกจากรายการ (ไฟล์จริงไม่ถูกลบ)
Show at startup	แสดงหน้าต่างนี้ทุกครั้งที่เปิดโปรแกรม
Continue to Design	กลับไปหน้าต่างหลัก

> **หมายเหตุ:** รายการเก็บเอกสารล่าสุด 40 รายการบวกกับที่ปักหมุดไว้ ถ้าไฟล์ถูกย้ายจะแสดง *File is unavailable at its saved location*

ลองทำตาม: ปักหมุดงานแท่นวางปฏิทินตั้งโต๊ะ

สถานการณ์: ทั้งสัปดาห์คุณทำงานแท่นวางปฏิทินตั้งโต๊ะ และอยากให้อยู่บนสุดของรายการทุกเช้า

1. สร้าง Part ง่าย ๆ: Sketch สี่เหลี่ยม **120 × 60 Extrude 10** มม. บันทึกเป็น `desk-calendar-stand.metprt` แล้วปิด
2. เลือก **File › Start / Recent Documents...** จะเห็นแท่นวางปฏิทินในรายการพร้อมภาพตัวอย่าง
3. เลือกแล้วกด **Pin** จะมี ★ และอยู่บนสุดเสมอ
4. เลือกไฟล์ทดสอบเก่าที่ไม่ใช้แล้ว กด **Remove from History** (ตัวไฟล์ไม่ถูกลบ)
5. ตรวจว่าติ๊ก **Show at startup** อยู่ ปิด MECHCAD แล้วเปิดใหม่ งานที่ปักหมุดจะเป็นสิ่งแรกที่เห็น ดับเบิลคลิกเปิดได้เลย

ลองต่อ: ย้ายไฟล์ `.metprt` ไปโฟลเดอร์อื่นแล้วเปิดหน้าต่าง Start อีกครั้ง จะเห็น *File is unavailable at its saved location*

ดูเพิ่ม

- ชนิดไฟล์ของ MECHCAD
- หน้าจอหลักของ MECHCAD

สร้างชิ้นงานแรกใน 5 นาที Standard

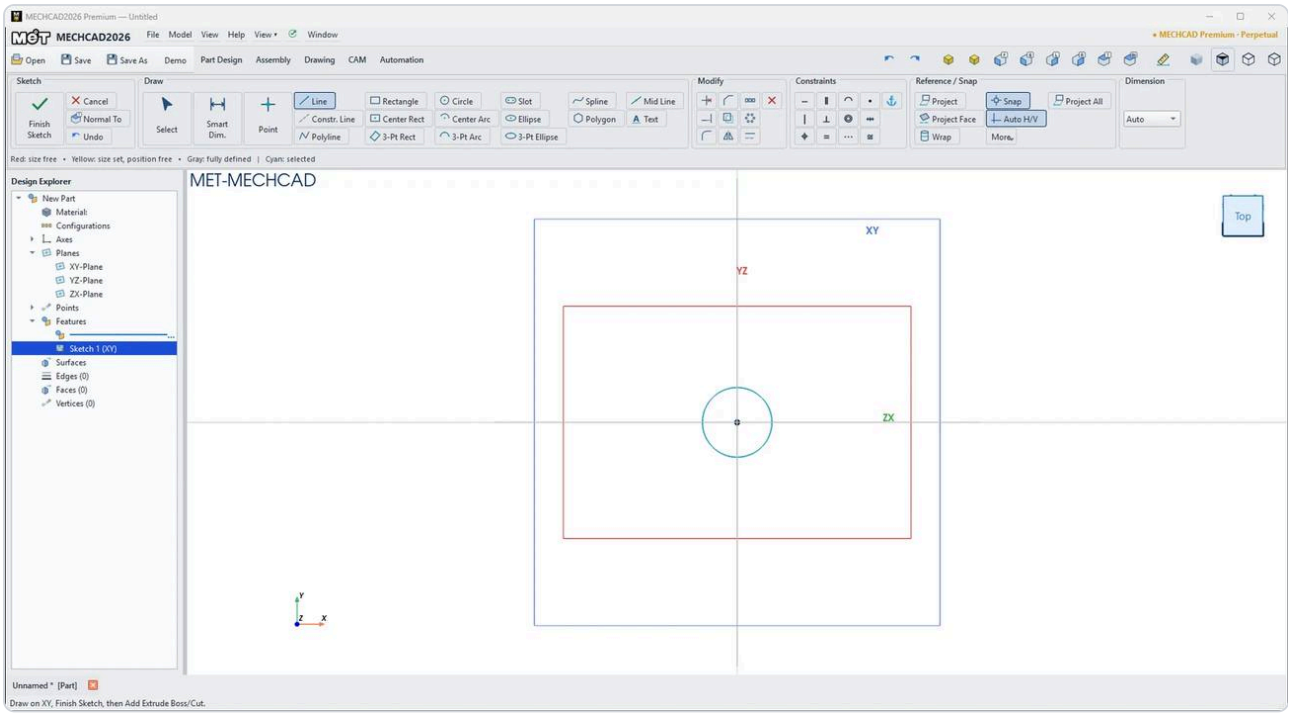
ฝึกขั้นตอนพื้นฐาน Sketch › Extrude จนได้ชิ้นงาน 3D ชิ้นแรก

ใช้ทำอะไร

บทฝึกสั้นๆ สร้างแผ่นสี่เหลี่ยมมีรูกลาง เพื่อให้เห็นลำดับงานหลักของ MECHCAD: เลือกระนาบ › วาด Sketch › Finish Sketch › Extrude

ขั้นตอน

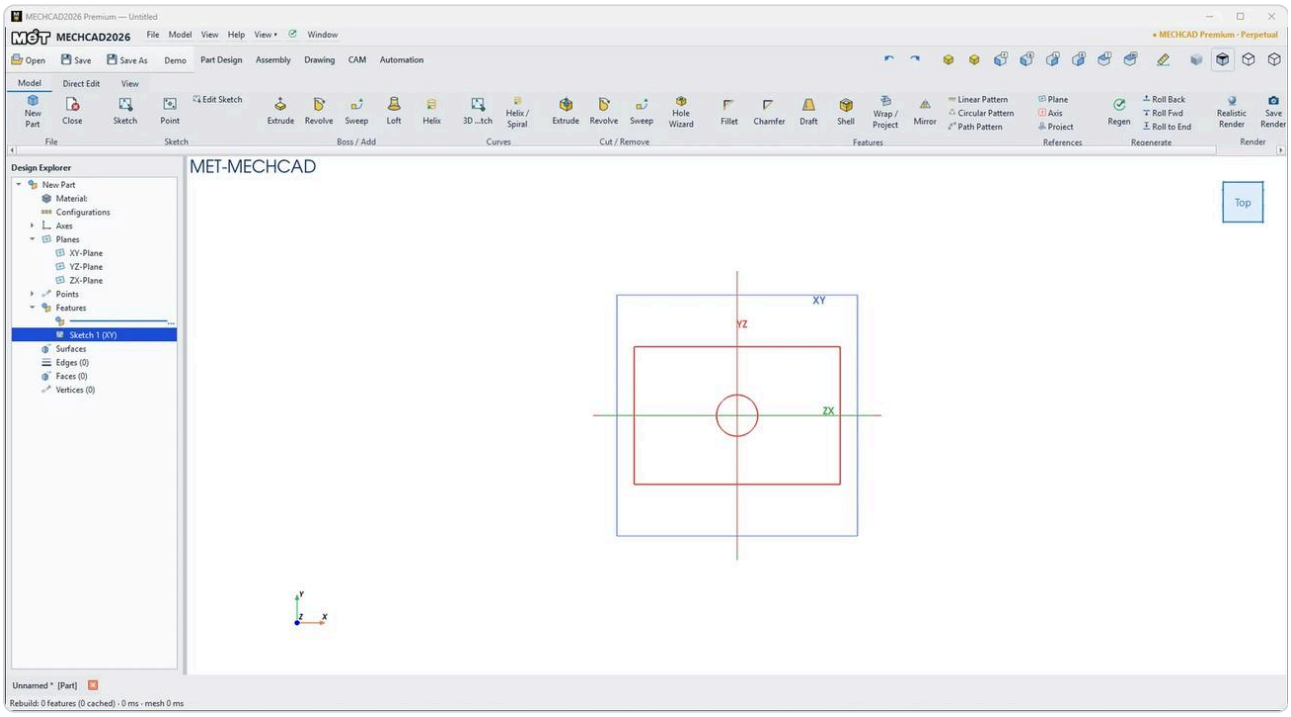
1. ที่แท็บ **Part Design** กด **Model › Sketch › Sketch** (หรือดับเบิลคลิก **XY-Plane** ใน Design Explorer) เลือกระนาบ **XY** กด Enter ได้ทันทีถ้าต้องการ XY
2. กด **Rectangle** คลิกมุมแรก แล้วคลิกมุมตรงข้าม
3. กด **Circle** คลิกจุดศูนย์กลางในสี่เหลี่ยม แล้วคลิกอีกครั้งเพื่อกำหนดรัศมี



วาดสี่เหลี่ยมและวงกลมบนระนาบ XY

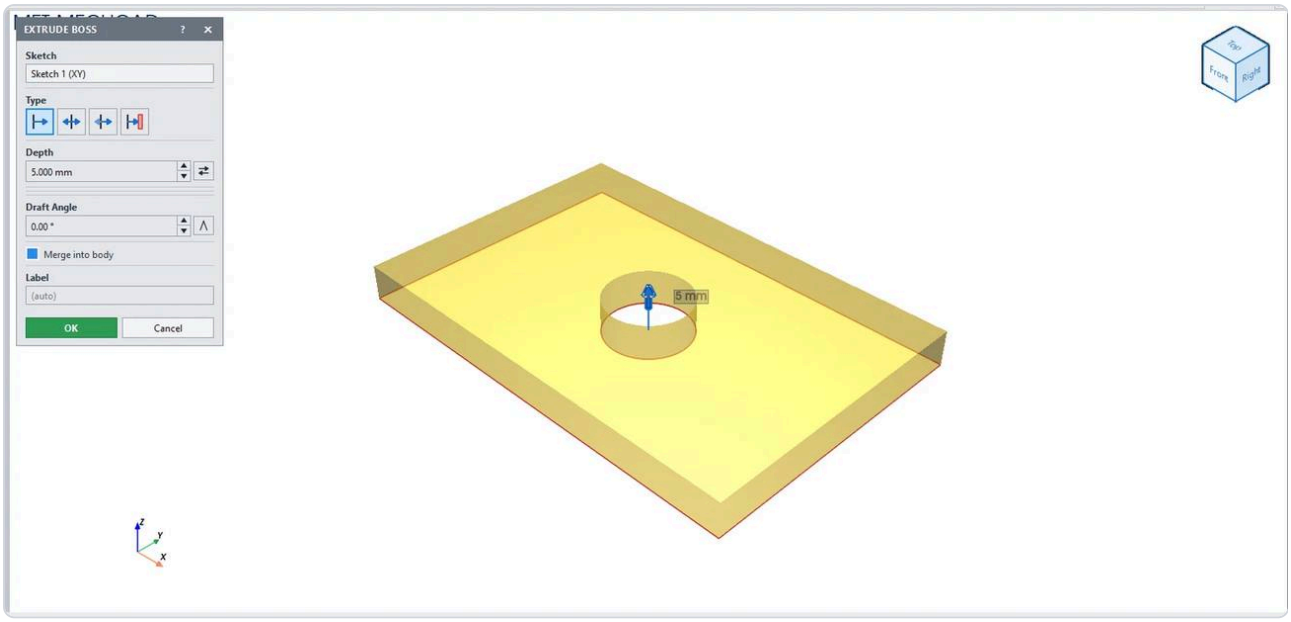
4. (ไม่บังคับ) ใช้ **Smart Dim.** กำหนดขนาดจริง เช่น กว้าง 60 สูง 40 และ Ø12 ดู Smart Dimension

5. กด **Finish Sketch** (เครื่องหมายถูกสีเขียว) Sketch จะปรากฏใน Design Explorer



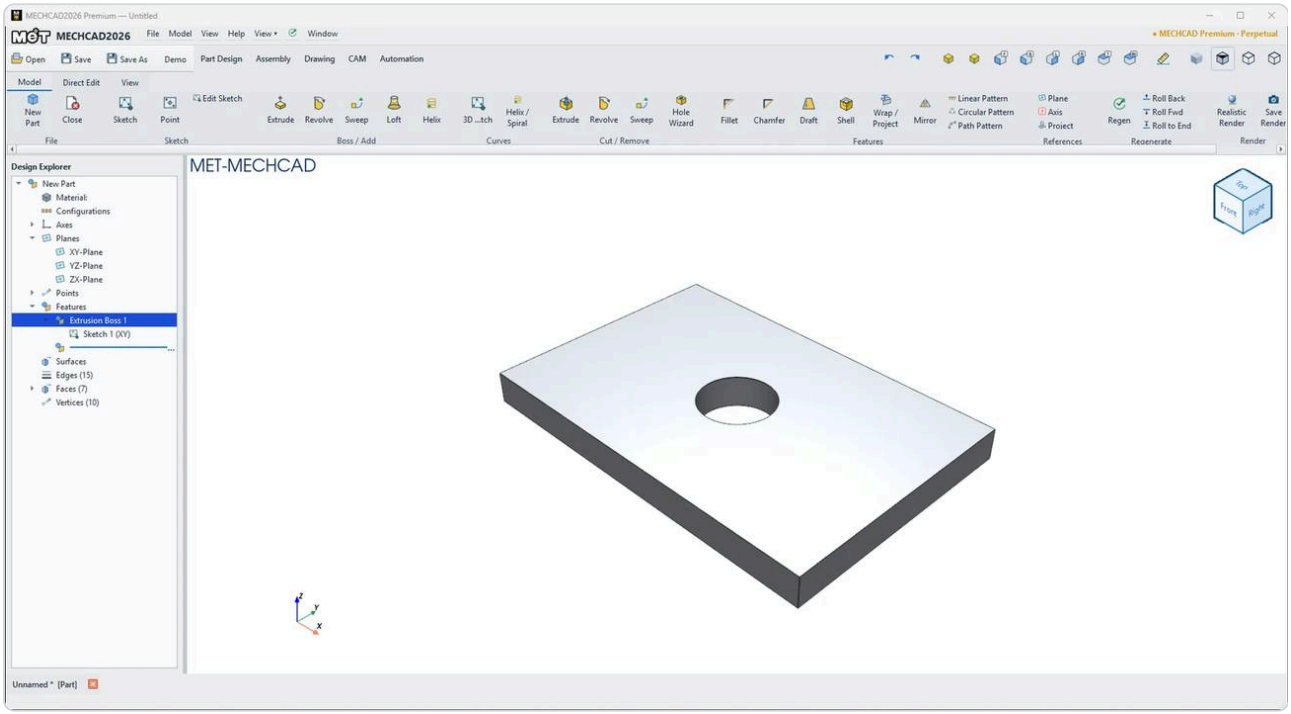
หลัง Finish Sketch ได้ Sketch 1 (XY)

6. เลือก Sketch แล้วกด **Model › Boss / Add › Extrude** กล่อง **EXTRUDE BOSS** จะเปิดพร้อมภาพตัวอย่างสีเหลือง ใส่ **Depth** (เช่น 5 mm) หรือลากลูกศรในมุมมอง



กล่อง EXTRUDE BOSS พร้อมภาพตัวอย่าง

7. กด **OK** จะได้ **Extrusion Boss 1** ใน Design Explorer วงกลมด้านในกลายเป็นรูโดยอัตโนมัติ



ชิ้นงานแรกในมุมมอง Isometric

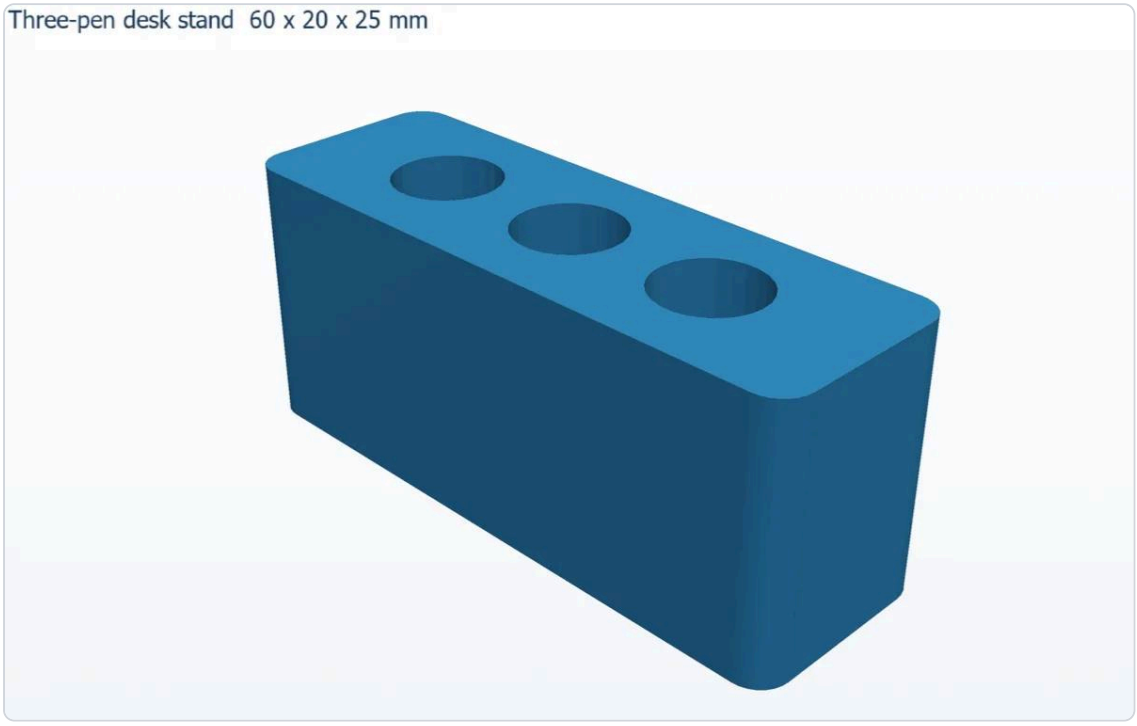
8. กด **Save** (Ctrl+S) บันทึกเป็น `.metprt`

> **หมายเหตุ:** ทุกขั้นตอนย้อนกลับได้ด้วย **Undo** (Ctrl+Z) และแก้ไขภายหลังได้โดยดับเบิลคลิก Feature ใน Design Explorer

ลองทำตาม: ที่เสียบปากกา 3 ด้าม

ต่อยอดจากแผ่นเจาะรูด้านบนให้เป็นของใช้จริง: บล็อกเล็ก ๆ ที่เสียบปากกาตั้งไว้ข้างคีย์บอร์ดได้ 3 ด้าม

1. ที่แท็บ **Part Design** เริ่ม Sketch บนระนาบ **XY**
2. กด **R** (Rectangle) คลิกที่จุด Origin พิมพ์ **60** กด **Tab** พิมพ์ **20** แล้วกด **Enter** จากนั้นกด **Esc** 2 ครั้ง
3. กด **C** (Circle) คลิกในสี่เหลี่ยม พิมพ์ **10** (เส้นผ่านศูนย์กลาง) แล้วกด **Enter** ทำวงกลมเรียงกัน 3 วง
4. กด **D** (Smart Dimension) กำหนดศูนย์กลางรูให้ห่างจากขอบซ้าย **15**, **30** และ **45** มม. และห่างจากขอบล่าง **10** มม. ทุกวง
5. กด **Finish Sketch** แล้วเลือก **Model › Boss / Add › Extrude** ใส่ **Depth 25** มม. กด **OK** วงกลมทั้ง 3 จะกลายเป็นรูทะลุ
6. กด **Model › Features › Fillet** ใส่ **Radius 3** คลิกขอบแนวตั้งที่มุมทั้ง 4 แล้วกด **Done**
7. กด **Ctrl+S** บันทึกเป็น `pen-stand.metprt`



ที่เสียบปากกา 3 ด้ามที่เสร็จแล้ว ขนาด 60 x 20 x 25 มม.

ลองต่อ: ปากกาเมจิกด้ามใหญ่กว่านี้? ดับเบิลคลิก Sketch ใน Design Explorer แก้เส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 3 รูเป็น **12** มม. แล้วดูชิ้นงานอัปเดตตาม

ดูเพิ่ม

- ภาพรวม Sketch
- Extrude Boss
- Design Explorer

ตัวอย่างงาน (Demo) ที่มากับโปรแกรม Standard

เปิดชิ้นงานตัวอย่าง Camera, PET Bottle, Modern Chair, Robot 6 Axis และงาน CAM ตัวอย่าง

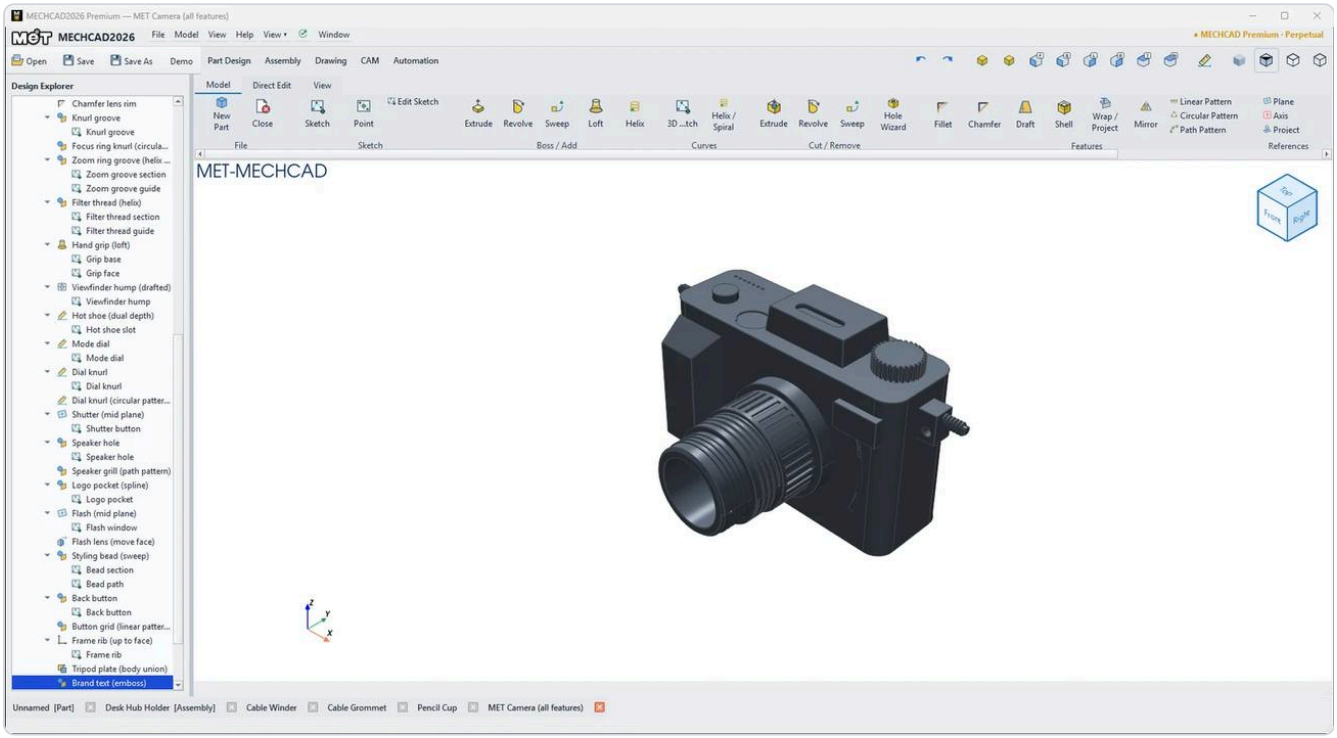
ใช้ทำอะไร

ปุ่ม **Demo** บนแถบเครื่องมือด้านบนเปิดงานตัวอย่างของแท็บที่กำลังใช้อยู่ เหมาะสำหรับศึกษาวิธีใช้ทุกคำสั่งจากงานจริง

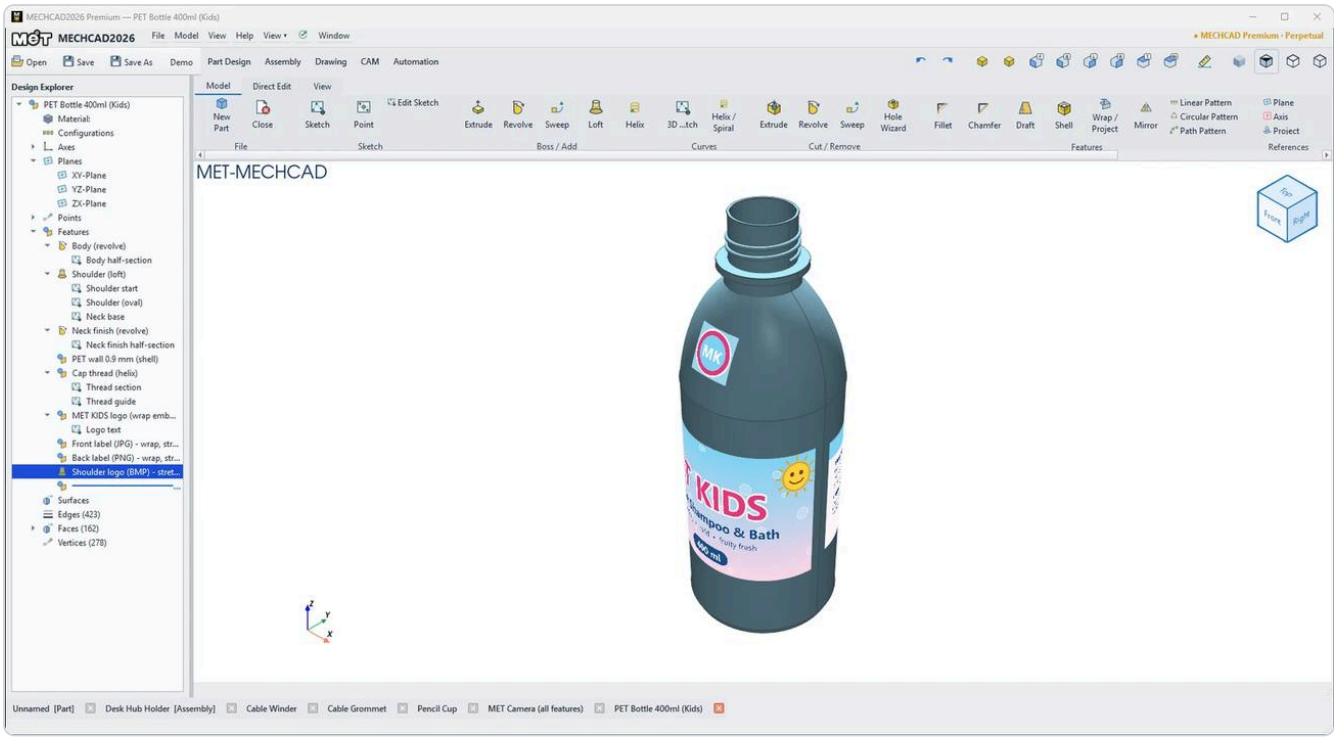
อยู่ที่ไหน

แถบด้านบน › **Demo** (ข้าง Open / Save / Save As) รายการที่แสดงขึ้นกับแท็บที่เปิดอยู่

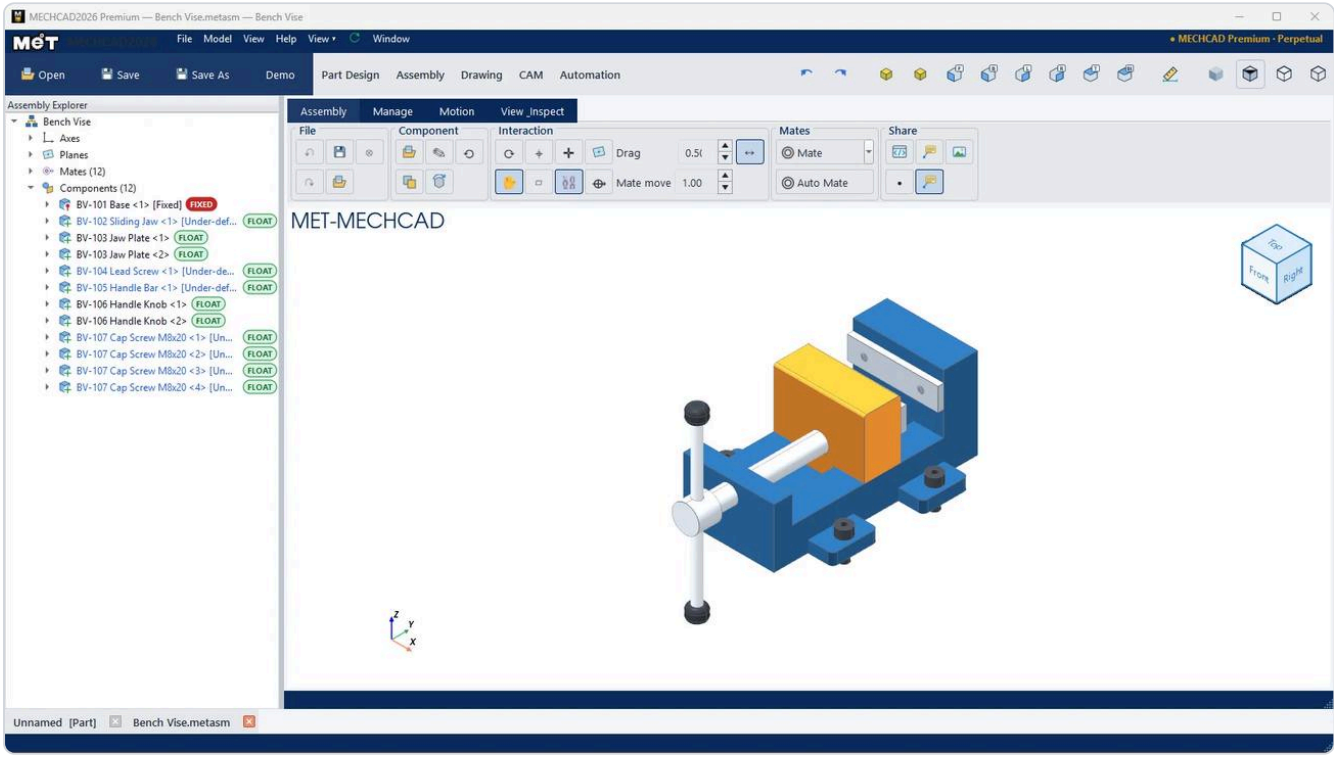
ตัวอย่าง	แท็บ	สิ่งที่ได้เรียนรู้	Edition
MET Camera (all features)	Part Design	ใช้ Feature ครบทุกชนิดในชิ้นงานเดียว	Standard
PET Bottle (revolve, loft, thread, wrap labels)	Part Design	Revolve, Loft, เกลียว, Wrap emboss, รูปฉลาก	Standard
Modern Chair (parts, assembly, drawing, BOM, render)	Part Design / Assembly / Drawing	Assembly, Drawing พร้อม BOM, Render	Standard
Robot 6 Axis	Assembly	Assembly ที่มี Mate ข้อต่อ	Expert
Mill demos / Lathe demos (อย่างละ 5 งาน)	CAM	ทุก Operation ของงานกัดและกลึง	Premium



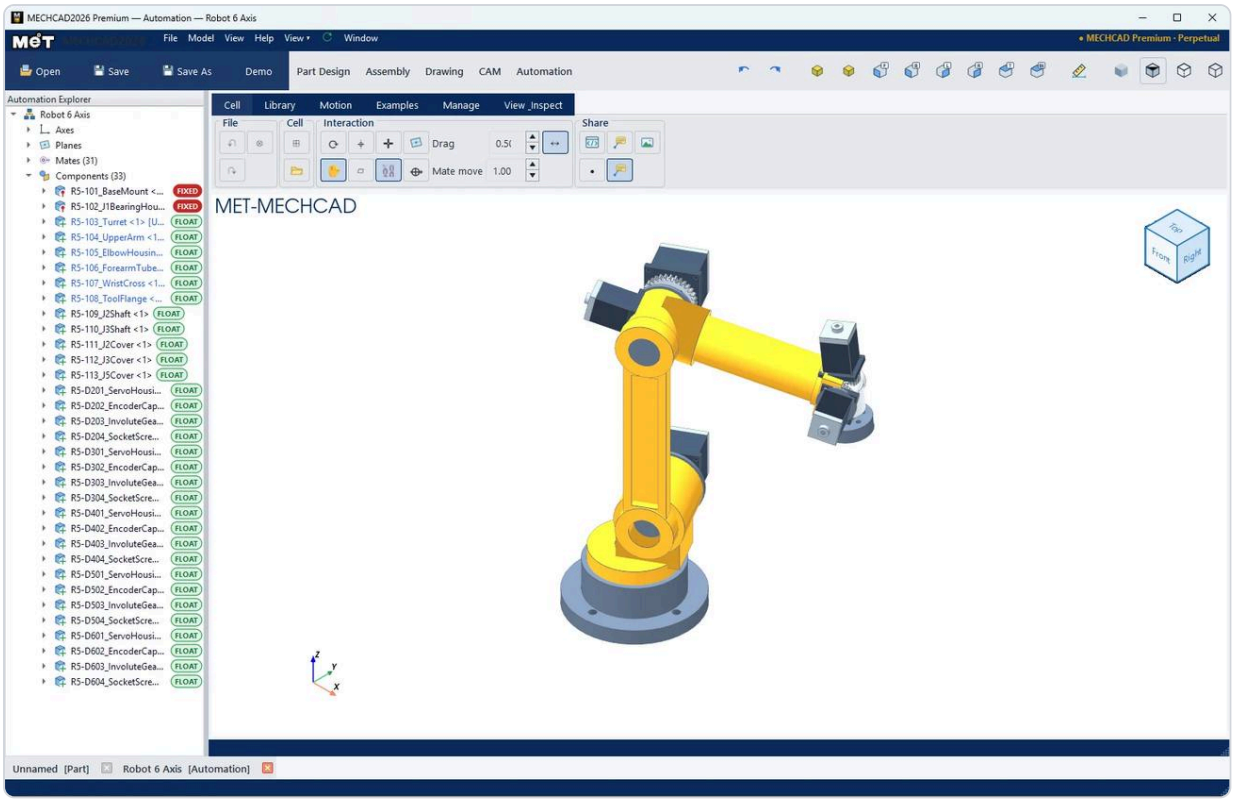
MET Camera: ตัวอย่างที่ใช้ Feature ครบทุกชนิด



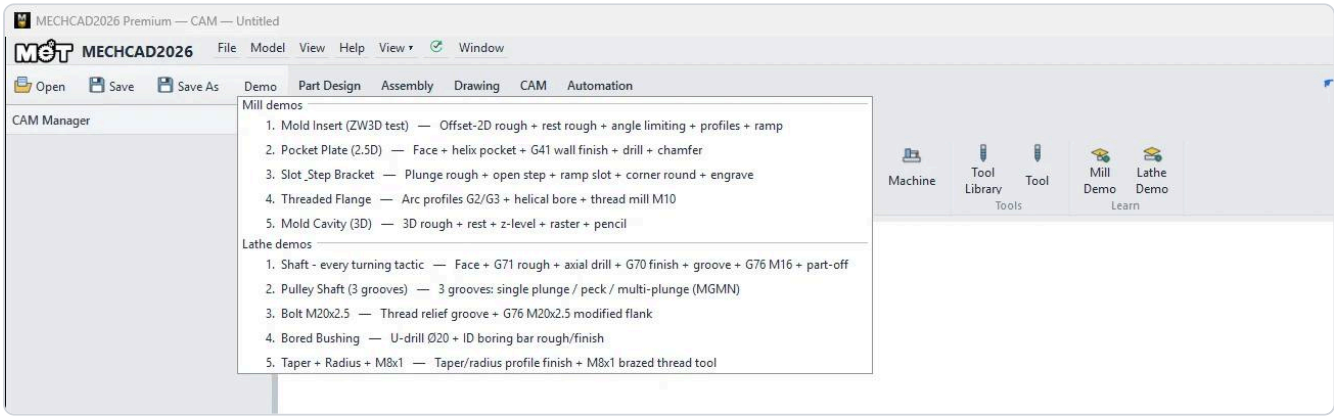
PET Bottle: Revolve, Loft, เกลียว และรูปฉลาก



Modern Chair ในแท็บ Assembly



demo หุ่นยนต์ Robot 6 Axis



เมนูงาน CAM ตัวอย่าง (Mill demos / Lathe demos)

ขั้นตอน

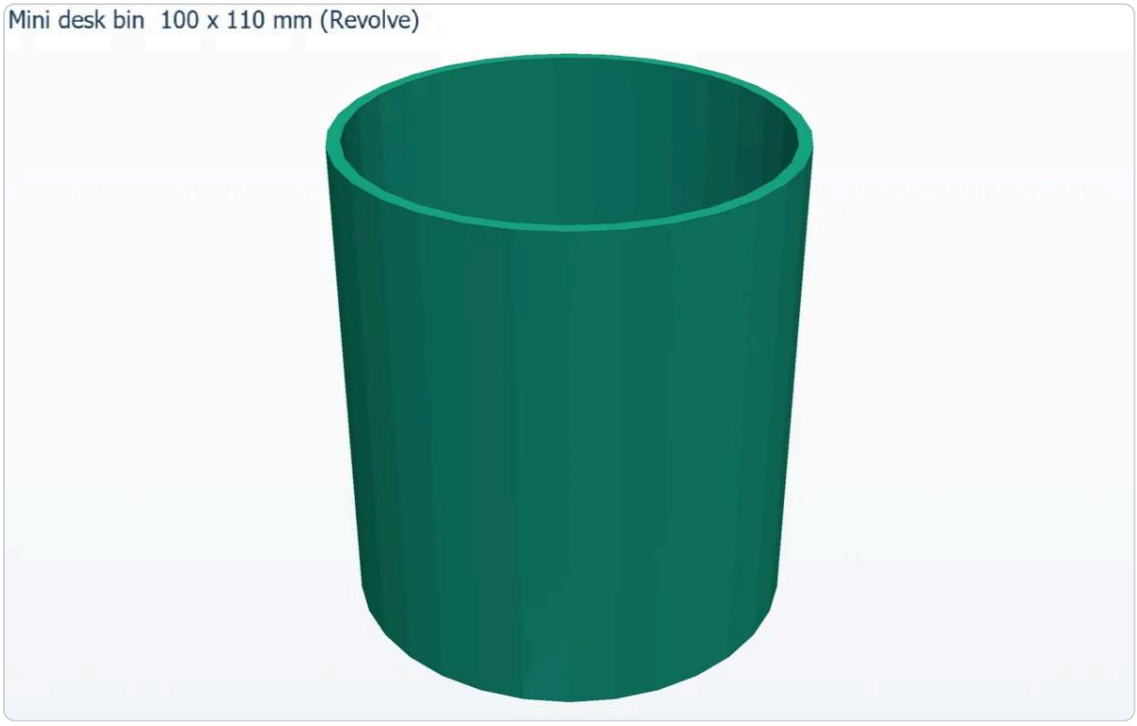
1. เลือกแท็บ (Part Design, Assembly, Drawing, CAM หรือ Automation)
2. กด **Demo** แล้วเลือกตัวอย่างจากรายการ
3. ไฟล์ตัวอย่างจะถูกคัดลอกไปที่ `Documents\MECHCAD Demos` แล้วเปิดขึ้นในแท็บใหม่ แก้ไขได้โดยไม่กระทบไฟล์ต้นฉบับ

> **หมายเหตุ:** งาน CAM ตัวอย่างเป็นแบบอ่านอย่างเดียว ถ้าต้องการเก็บให้ใช้ **Save CAM As** บันทึกไปที่โฟลเดอร์อื่น

ลองทำตาม: ถังขยะจิ๋วบนโต๊ะ ด้วยเทคนิคจากขวด PET

ตัวอย่างขวด PET สร้างจากหลักการเดียว คือวาดโครงร่างแค่ครึ่งเดียวแล้วหมุนรอบแกน ลองยืมเทคนิคนี้มาทำถังขยะจิ๋วขนาด 100 มม. ไว้ทิ้งเศษกระดาษบนโต๊ะ

1. ที่แท็บ **Part Design** กด **Demo** แล้วเปิด **PET Bottle** ใน Design Explorer คลิกขวาที่ Feature Revolve ของขวด เลือก **Edit Child Sketch** จะเห็นว่ามีโครงร่างแค่ครึ่งเดียววางชิดแกน ดูเสร็จแล้วกด **Finish Sketch** โดยไม่ต้องแก้อะไร
2. กด **Ctrl+N** สร้าง Part ใหม่ แล้วเริ่ม Sketch บนระนาบ **ZX** (แกน X ชี้ไปทางขวา แกน Z ชี้ขึ้น)
3. กด **L** (Line) คลิกที่ Origin แล้วพิมพ์ทีละเส้นเป็น ความยาว **Tab** มุม **Enter**: **50 / 0°**, **110 / 90°**, **3 / 180°**, **106 / 270°**, **47 / 180°** แล้วคลิกกลับที่ Origin เพื่อปิดรูป (เส้นสุดท้ายยาว 4 มม. คือพื้นถัง)
4. กด **Finish Sketch** แล้วเลือก **Model › Boss / Add › Revolve** เลือก **Axis Z** และ **Angle 360** กด **OK**
5. บันทึกเป็น `desk-bin.metprt`



ถังขยะจิ๋วที่สร้างด้วย Revolve กว้าง 100 มม. สูง 110 มม.

ลองต่อ: แก้ Revolve เป็น **Angle 180** เพื่อผ่าถังครึ่งหนึ่ง แล้วดูผนังหนา 3 มม. กับพื้นหนา 4 มม.

ดูเพิ่ม

- สร้างชิ้นงานแรกใน 5 นาที
- ภาพรวม CAM

แบบทดสอบท้ายบทที่ 1: เริ่มต้นใช้งาน

เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว เฉลยอยู่ใน ภาคผนวก ก

1. **ติดตั้ง MECHCAD บนโน้ตบุ๊กที่มีการ์ดจอ 2 ตัว ควรเปิดตัวเลือกใดในตัวติดตั้ง**

   ก. Create a desktop shortcut
   ข. Prefer high-performance graphics for MECHCAD
   ค. Launch MECHCAD
   ง. ลงทะเบียนภาพย่อใน Explorer อย่างเดียว

2. **ทดลองใช้ Premium ฟรี 30 วันได้กี่ครั้ง**

   ก. เดือนละครั้งบนเครื่องเดิม
   ข. ไม่จำกัด ขอแค่ใส่ชื่อใหม่
   ค. ครั้งเดียวต่อเครื่องและต่ออีเมล
   ง. เครื่องละ 2 ครั้ง

3. **เปิดใช้ไลเซนส์แล้ว แต่เครื่องไม่มีอินเทอร์เน็ต จะทำงานต่อได้นานเท่าไร**

   ก. แค่ 5 นาที
   ข. 1 วัน
   ค. 30 วัน
   ง. ภายในช่วงผ่อนผันออฟไลน์ 7 วัน

4. **ในหน้าต่าง Start (Recent Documents) ปุ่ม Remove from History ทำอะไร**

   ก. เอารายการออกจากลิสต์ ไฟล์จริงไม่ถูกลบ
   ข. ลบไฟล์ออกจากดิสก์
   ค. ย้ายไฟล์ไปถังขยะ
   ง. ปักหมุดเอกสารไว้บนสุดของลิสต์

5. **วาด Sketch สี่เหลี่ยมที่มีวงกลมอยู่ข้างใน แล้วสั่ง Extrude วงกลมจะเป็นอย่างไร**

   ก. กลายเป็นทรงกระบอกแยกอีกชิ้น
   ข. กลายเป็นรูให้อัตโนมัติ
   ค. ถูกข้ามไป ต้องตัดเองด้วย Extrude Cut
   ง. Extrude ไม่ทำงานจนกว่าจะลบวงกลม

6. **Edition ใดที่มี CAM (ทางเดินมีด จำลองการกัด G-code)**

   ก. Standard ขึ้นไป
   ข. Expert และ Premium
   ค. Premium เท่านั้น (และช่วงทดลองใช้)
   ง. ไม่มี CAM เป็นโปรแกรมแยก

บทที่ 2

หน้าจอและการตั้งค่า

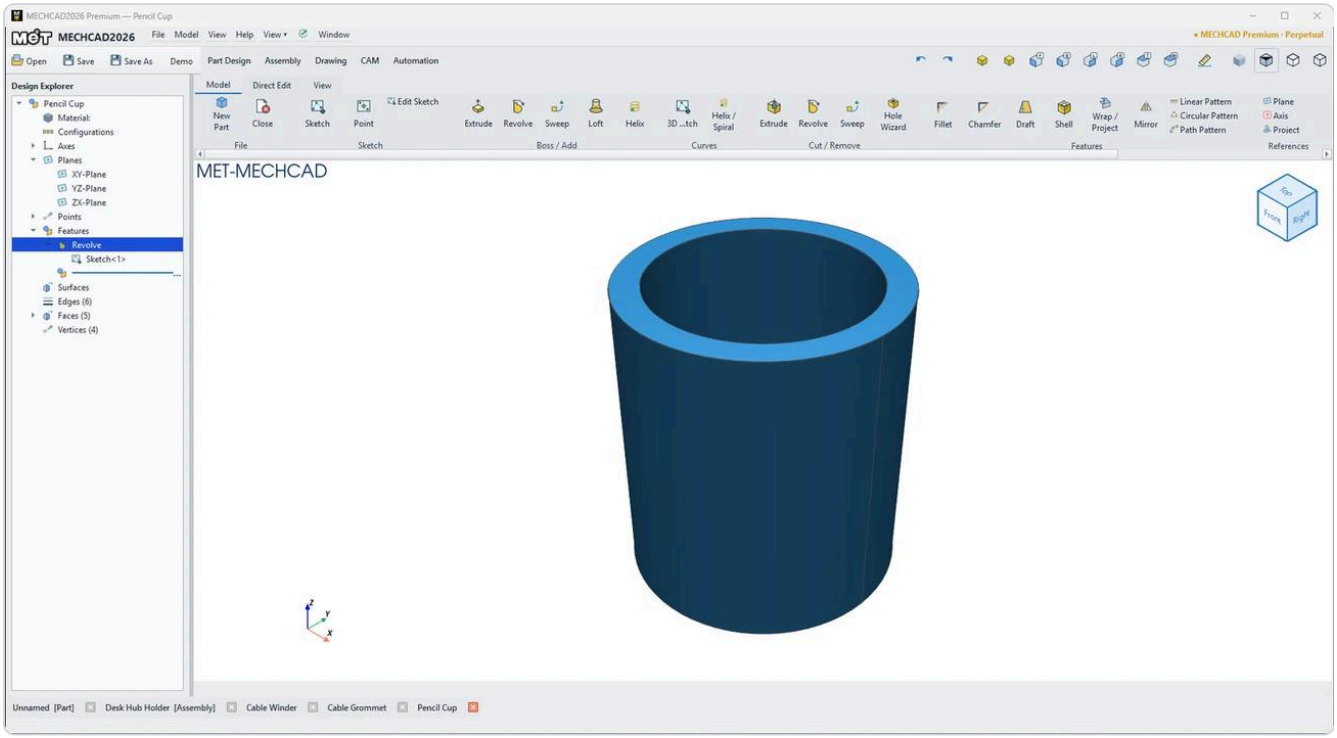
1. หน้าจอหลักของ MECHCAD
   ส่วนประกอบของหน้าต่างหลัก: แท็บ Workbench, Ribbon, Design Explorer, มุมมอง 3D และแถบเอกสาร
2. เมนูหลัก (File, Model, View, Help)
   รายการคำสั่งในแถบเมนูด้านบนของ MECHCAD
3. Ribbon และ Command Search (F3)
   การใช้ Ribbon แบ่งแท็บและกลุ่ม และค้นหาคำสั่งด้วย F3
4. Design Explorer (ต้นไม้ชิ้นงาน)
   โครงสร้างต้นไม้ของ Part เมนูคลิกขวา และการแก้ไข Feature จาก Design Explorer
5. การใช้เมาส์และการหมุนมุมมอง
   ปุ่มเมาส์สำหรับหมุน เลื่อน ซูม และการตั้งค่าให้เหมือน Alibre หรือ SolidWorks
6. มุมมองมาตรฐาน View Cube และ Normal To
   หันมุมมองด้วยปุ่มมุมมองมาตรฐาน View Cube และคำสั่ง Normal To
7. โหมดการแสดงผลและแผง Display
   สลับ Shaded, Shaded + Edges, Hidden edges, Wireframe และปรับแสง เงา พื้นหลัง
8. Realistic Render และ Save Render
   เปิดโหมดภาพสมจริงแบบสตูดิโอ และบันทึกภาพความละเอียดสูงเป็น PNG
9. System Options (การตั้งค่าโปรแกรม)
   ทุกหน้าของ System Options: General, Mouse Interaction, Keyboard Shortcuts, Sketching, Design Viewing และ Color Scheme
10. คีย์ลัด (Keyboard Shortcuts)
    รวมคีย์ลัดที่ใช้บ่อยใน MECHCAD ทุก Workbench
11. Measure (วัดระยะ มุม และขนาด)
    วัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง ระยะระหว่างวัตถุ และมุม ทั้งใน Part และ Assembly

หน้าจอหลักของ MECHCAD Standard

ส่วนประกอบของหน้าต่างหลัก: แท็บ Workbench, Ribbon, Design Explorer, มุมมอง 3D และแถบเอกสาร

ใช้ทำอะไร

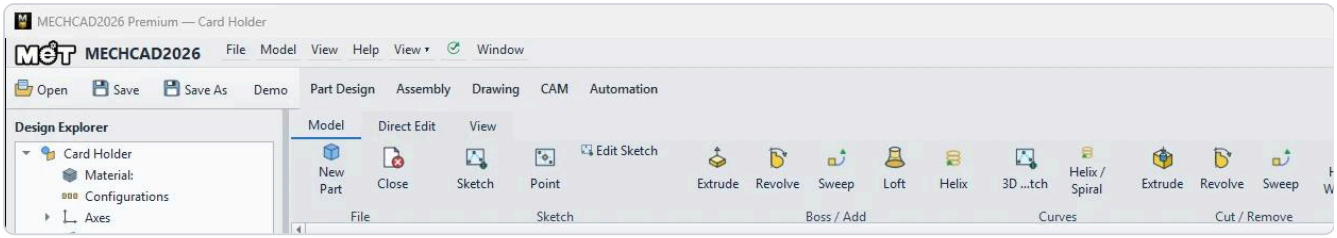
หน้านี้อธิบายส่วนต่างๆ ของหน้าต่างหลัก ทุก Workbench (Part Design, Assembly, Drawing, CAM, Automation) ใช้โครงเดียวกัน



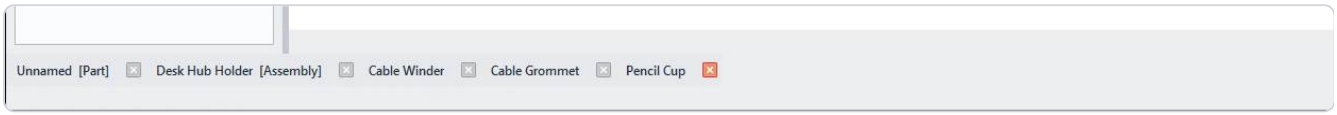
หน้าต่างหลักของ MECHCAD ขณะเปิดชิ้นงาน Pencil Cup

ส่วน	ตำแหน่ง	หน้าที่
โลโก้และแถบเมนู	บนสุด	เมนู **File, Model, View, Help, View ▾, Rebuild, Window** ดู เมนูหลัก
ป้าย Edition	มุมขวาบน	แสดง Edition และอายุไลเซนส์ คลิกเพื่อเปิดหน้าต่าง Welcome
Open / Save / Save As / Demo	แถวที่สอง ซ้าย	คำสั่งไฟล์ของเอกสารที่กำลังแสดง
แท็บ Workbench	แถวที่สอง	**Part Design, Assembly, Drawing, CAM, Automation**
ปุ่มมุมมองร่วม	แถวที่สอง ขวา	Undo/Redo, Zoom to fit, มุมมองมาตรฐาน, Measure, โหมดการแสดงผล ดู มุมมองมาตรฐานและ View Cube
ช่องค้นหา / Manual / Report Bug	แถวที่สอง ขวาสุด	ช่อง **Search tools... (F3)**, ปุ่ม 📖 **Manual** เปิดคู่มือออนไลน์ และ 🐞 **Report Bug** ดู แจ้งปัญหา
Ribbon	ใต้แท็บ	คำสั่งของ Workbench แบ่งเป็นแท็บย่อยและกลุ่ม ดู Ribbon และ Command Search
Design Explorer	ซ้าย	ต้นไม้ของชิ้นงาน: ระนาบ, Feature, Sketch, หน้าผิว ดู Design Explorer
มุมมอง 3D	กลาง	พื้นที่ทำงาน มี View Cube มุมขวาบนและแกน XYZ มุมซ้ายล่าง
แถบเอกสาร	ล่างสุด	รายการเอกสารที่เปิดทั้งหมด คลิกเพื่อสลับ กด ✕ เพื่อปิด

ส่วน	ตำแหน่ง	หน้าที่
แถบสถานะ	ล่างสุด	ข้อความแนะนำขั้นตอนถัดไปของคำสั่งที่ใช้อยู่



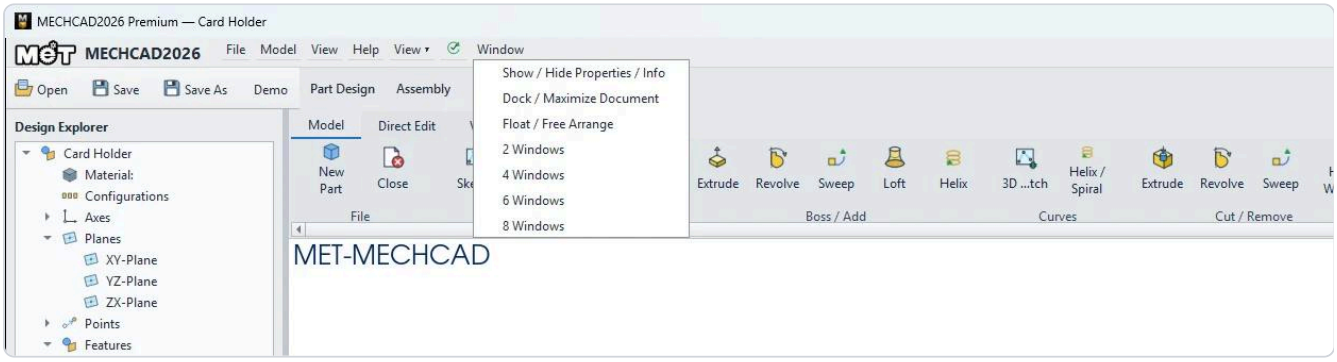
แท็บ Workbench



แถบเอกสารด้านล่าง: เอกสารที่เปิดอยู่ทั้งหมด

การทำงานกับหลายเอกสาร

- เปิดไฟล์ใหม่ (Open / ดับเบิลคลิกใน Explorer) จะเปิดเป็นแท็บใหม่ ถ้าไฟล์เปิดอยู่แล้วจะสลับไปแท็บนั้น
- คลิกขวาที่แท็บเอกสารเพื่อ **Dock / Maximize Document**, **Float / Free Arrange**, **2 / 4 / 6 / 8 Windows** หรือ **Close Document**
- เมนู **Window** มีคำสั่งเดียวกันและ **Show / Hide Properties / Info**



เมนู Window

> **หมายเหตุ:** ปิดเอกสารที่ยังไม่ได้บันทึก โปรแกรมจะถาม *Save changes to ...?* ให้เลือก Save, Discard หรือ Cancel

จอเล็กหรือตัวอักษรใหญ่

หน้าต่างหลักใช้ได้บนจอกว้าง 1024 px และเมื่อตั้งขนาดตัวอักษรของ Windows ไว้ 125–175 %

- **Ribbon ยาวเกินหน้าต่าง:** จะมีลูกศร ‹ / › ที่ขอบซ้าย-ขวาของ Ribbon ให้เลื่อนดู กดค้างเพื่อเลื่อนต่อเนื่อง หรือหมุนล้อเมาส์บน Ribbon เพื่อเลื่อนซ้าย-ขวา ปุ่ม » ท้ายสุดแสดงรายการคำสั่งที่ยังมองไม่เห็นทั้งหมด แยกตามกลุ่ม ดู Ribbon และ Command Search
- **แถบ Workbench แคบ:** ช่อง **Search tools... (F3)** จะสั้นลง และปุ่ม Manual / Report Bug เหลือแค่ไอคอน 📖 / 🐞 หน้าต่างจึงไม่กว้างเกินจอ

หน้าต่างลอย

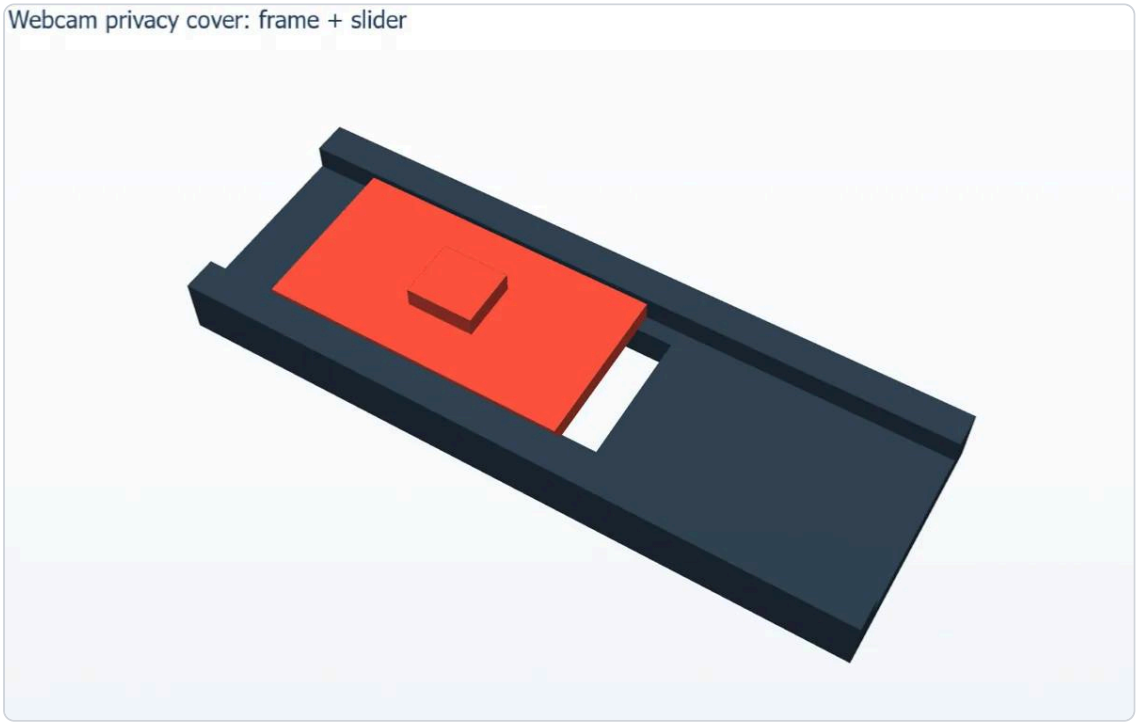
หน้าต่างและกล่องที่ลอยอยู่ (เช่น กล่องพารามิเตอร์ของ Feature หรือหน้าต่างเลือกสี *More colors*) ทำงานแบบเดียวกันทุกตัว

- **ลากย้ายได้:** ลากที่หัวกล่อง (หรือแถบชื่อหน้าต่าง)
- **ไม่หลุดจอ:** โปรแกรมดึงกล่องกลับเข้าจอเมื่อเปิด ย้าย ปรับขนาด หรือเปลี่ยนจอ/ค่าสเกล กล่องที่ลอยบนมุมมอง 3D จะอยู่ในกรอบมุมมองเสมอ แถบชื่อจึงคลิกลากได้ทุกครั้ง
- **พอดีจอ:** ถ้าเนื้อหาสูงกว่าจอ ส่วนเนื้อหาจะเลื่อนขึ้น-ลงได้ ส่วนปุ่ม OK / Cancel ยังเห็นอยู่ด้านล่าง
- **จำตำแหน่ง:** ตำแหน่งที่ลากไปจะถูกจำไว้แยกตามชนิดของหน้าต่าง และใช้อีกครั้งเมื่อเปิดครั้งถัดไป

ลองทำตาม: ฝาปิดกล้องเว็บแคม เปิด 2 เอกสารคู่กัน

กรอบบาง ๆ พร้อมแผ่นเลื่อนปิดกล้องโน้ตบุ๊ก ชิ้นงานมี 2 Part จึงได้ฝึกใช้แถบเอกสารและการจัดหน้าต่าง

1. Part ที่ 1 กรอบ: Sketch บน **XY** สี่เหลี่ยม **40 × 14** แล้ว **Extrude 2** มม. บนผิวบนวาดช่องหน้าต่าง **8 × 8** ห่างจากขอบซ้าย **16** มม. และขอบหน้า **3** มม. ตัดแบบ **Through All** แล้ว Sketch บนผิวบนอีกครั้งเป็นแถบ **40 × 2** สองเส้นตามขอบยาว **Extrude 1.5** มม. เป็นรางเลื่อน บันทึกเป็น `cover-frame.metprt`
2. Part ที่ 2 แผ่นเลื่อน: กด **Ctrl+N** Sketch สี่เหลี่ยม **18 × 9.6** แล้ว **Extrude 1.2** มม. บนผิวบนเพิ่มปุ่มจับ **4 × 3.6** **Extrude 1.2** มม. บันทึกเป็น `cover-slider.metprt`
3. ดู **แถบเอกสาร** ด้านล่าง: มีทั้ง 2 Part คลิกชื่อเพื่อสลับ
4. คลิกขวาที่แท็บเอกสาร › **2 Windows** จะเห็นทั้งสองชิ้นวางคู่กัน
5. เลือก **Window › Show / Hide Properties / Info** เพื่อเพิ่มพื้นที่ และอ่าน **แถบสถานะ** ระหว่างวาด ซึ่งจะบอกว่าต้องคลิกอะไรต่อ



ฝาปิดเว็บแคม: กรอบพร้อมรางและแผ่นเลื่อนสีแดง

ลองต่อ: เปิดแท็บ **Assembly** ใส่ทั้งสองชิ้น แล้วเลื่อนแผ่นปิดให้อยู่ระหว่างราง

ดูเพิ่ม

- เมนูหลัก
- การใช้เมาส์และการหมุนมุมมอง
- System Options

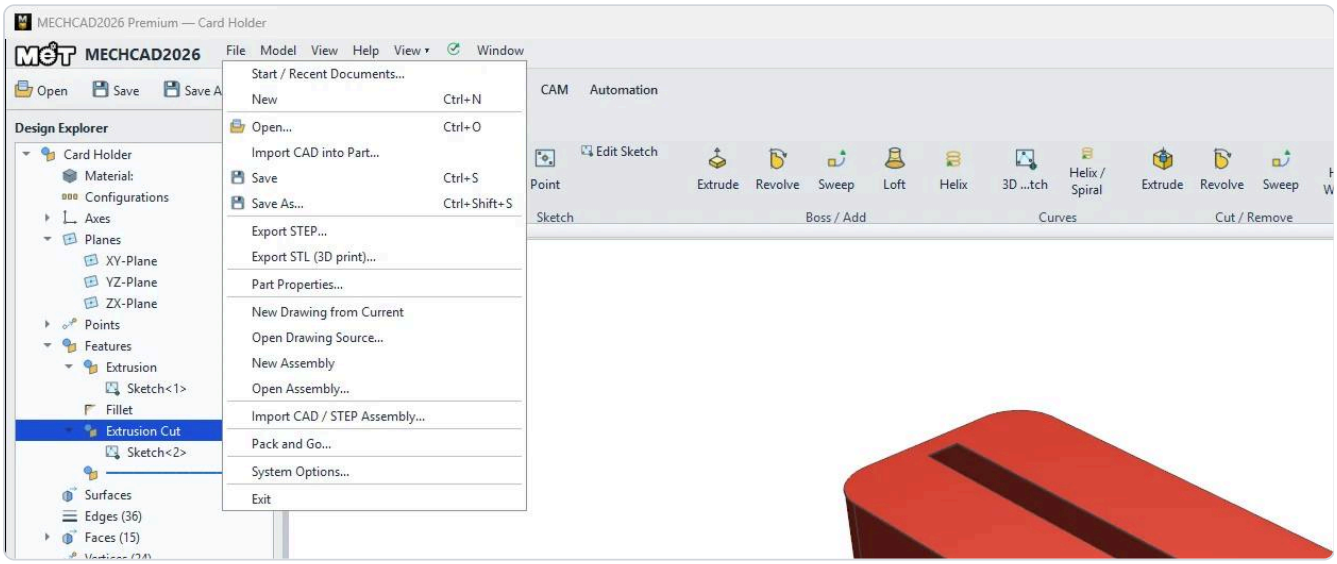
เมนูหลัก (File, Model, View, Help) Standard

รายการคำสั่งในแถบเมนูด้านบนของ MECHCAD

ใช้ทำอะไร

แถบเมนูรวบรวมคำสั่งไฟล์ การนำเข้า/ส่งออก การตั้งค่า และไลเซนส์ คำสั่งในเมนูเป็นคำสั่งเดียวกับปุ่มบน Ribbon

File

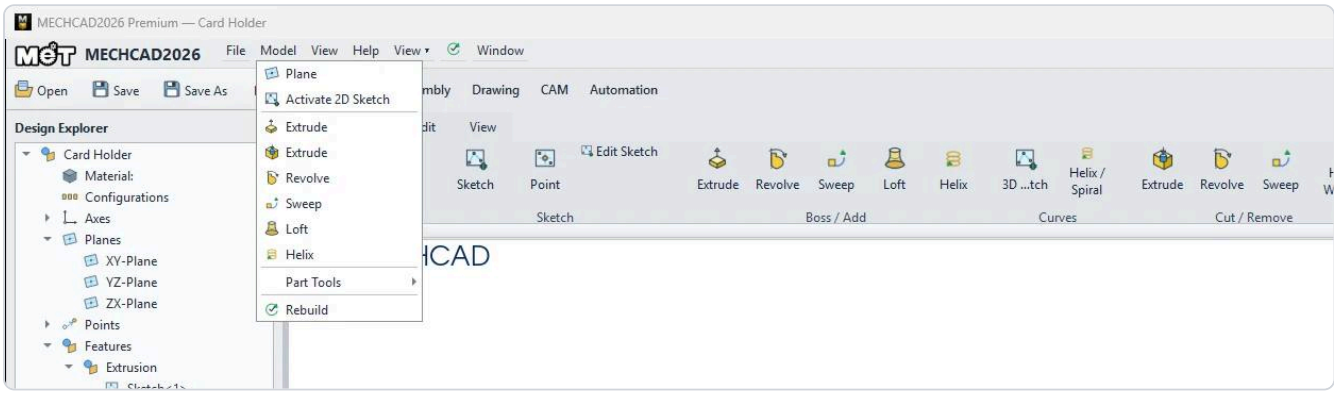


เมนู File

คำสั่ง	Shortcut	ความหมาย
Start / Recent Documents...		เปิด Start Center
New	Ctrl+N	เอกสารใหม่ของแท็บที่ใช้อยู่
Open...	Ctrl+O	เปิดไฟล์ MECHCAD หรือไฟล์ CAD อื่น
Import CAD into Part...		นำเข้า STEP/IGES/X_T/SolidWorks/Alibre เป็น Part ดู Import CAD
Save / Save As...	Ctrl+S / Ctrl+Shift+S	บันทึกเอกสารที่กำลังแสดง
Export STEP... / Export STL (3D print)...		ส่งออก Part ดู Export STEP / STL
Part Properties...		ข้อมูล Part สำหรับ Title block และ BOM

คำสั่ง	Shortcut	ความหมาย
New Drawing from Current / Open Drawing Source...		สร้าง Drawing จาก Part/Assembly
New Assembly / Open Assembly...		เปิดแท็บ Assembly
Import CAD / STEP Assembly...		นำเข้า Assembly
Pack and Go...		รวม Assembly และชิ้นส่วนเป็นไฟล์เดียว ดู Pack and Go
System Options...		การตั้งค่าโปรแกรม ดู System Options
Exit		ออกจากโปรแกรม

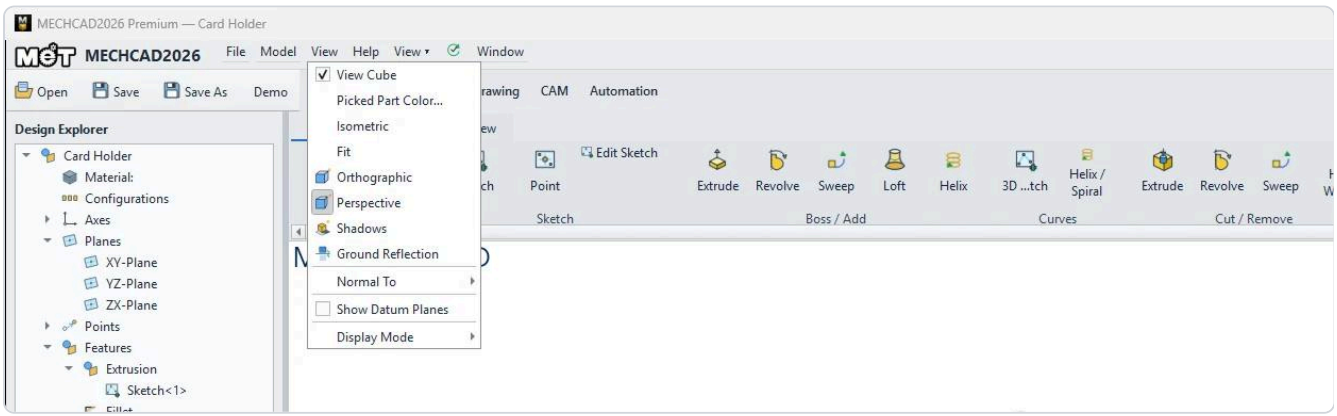
Model



เมนู Model

คำสั่งสร้างชิ้นงานหลัก: Plane, Activate 2D Sketch, Extrude (Boss/Cut), Revolve, Sweep, Loft, Helix, เมนูย่อย **Part Tools** (Fillet, Chamfer, Shell, Hole Wizard, Mirror, Pattern, Part Color, Union/Subtract/Intersect/Scale) และ Rebuild

View

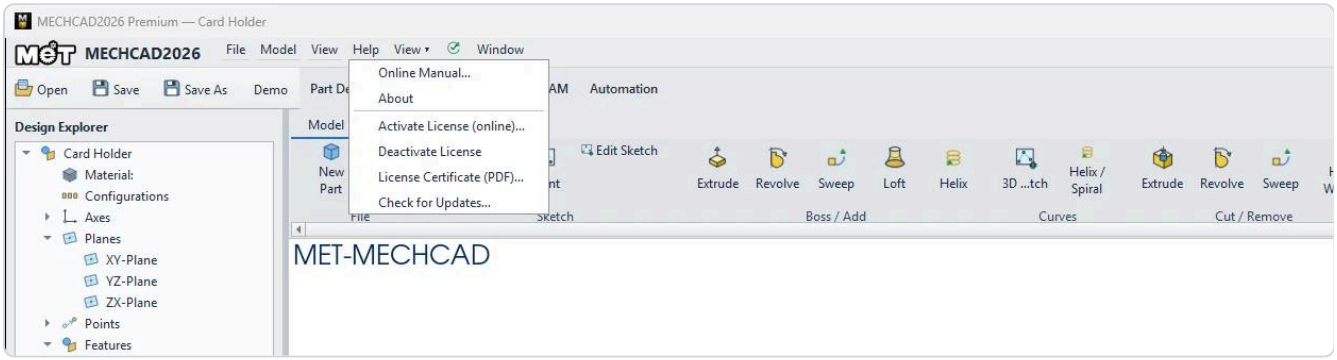


เมนู View

คำสั่ง	ความหมาย
View Cube	แสดง/ซ่อน View Cube

คำสั่ง	ความหมาย
Picked Part Color…	สีที่ใช้ไฮไลต์ชิ้นที่เลือก (ค่าเริ่มต้นสีน้ำเงิน)
Isometric / Fit	มุมมองไอโซเมตริก / ซูมพอดี
Orthographic / Perspective	ชนิดการฉาย
Shadows / Ground Reflection	เงาและเงาสะท้อนพื้น
Normal To › XY / YZ / ZX	หันมองตั้งฉากกับระนาบ
Show Datum Planes	แสดงระนาบอ้างอิง (Ctrl+Shift+P)
Display Mode	Shaded / Shaded + Edges / Hidden Edges

Help



เมนู Help

คำสั่ง	ความหมาย
Online Manual…	เปิดคู่มือออนไลน์
About	ข้อมูลเวอร์ชัน
Activate License (online)…	หน้าต่าง Welcome / ใส่ License Key
Deactivate License	คืนสิทธิ์เครื่องนี้ให้เซิร์ฟเวอร์ (ก่อนย้ายเครื่อง)
License Certificate (PDF)…	สร้างใบรับรองไลเซนส์เป็น PDF
Check for Updates…	ตรวจสอบเวอร์ชันใหม่ (ลูกค้า MA)

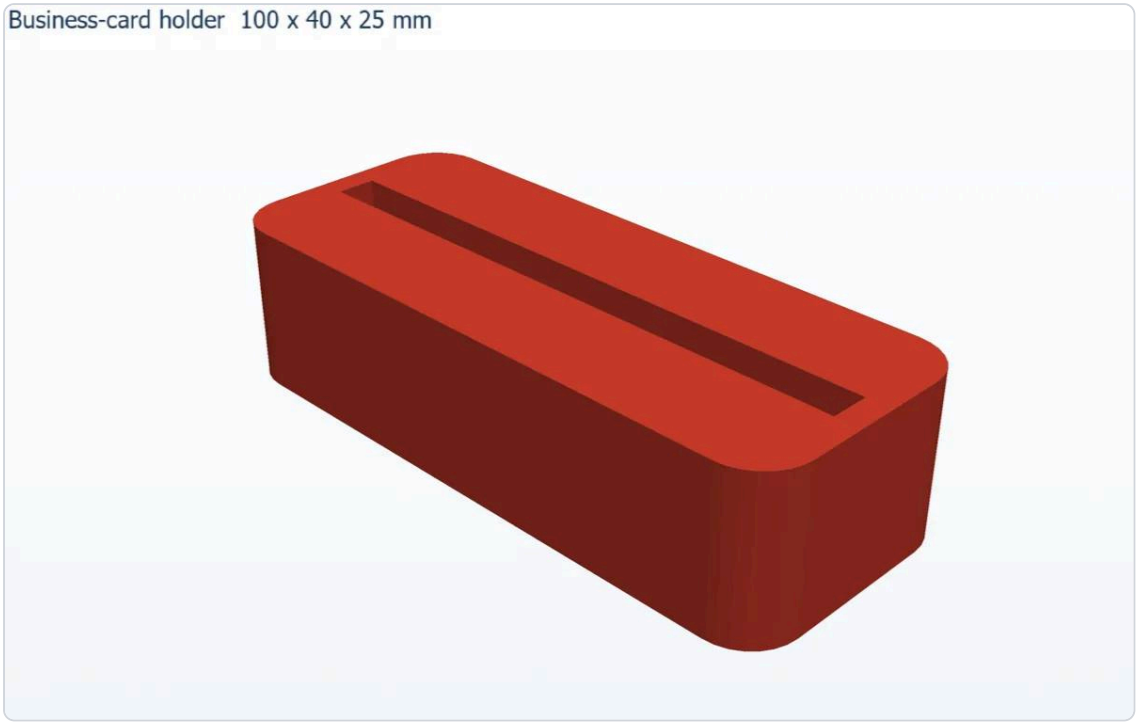
ลองทำตาม: ที่เสียบนามบัตร ด้วยแถบเมนูอย่างเดียว

ทำแท่นตั้งนามบัตรบนโต๊ะ โดยใช้เมนูด้านบนในทุกขั้นหลัก ตั้งแต่ New จนได้ไฟล์ STL

1. เลือก **File › New** ที่แท็บ Part Design
2. เลือก **Model › Activate 2D Sketch** เลือก **XY** แล้ววาดสี่เหลี่ยม **100 × 40** จาก Origin กด **Finish Sketch**
3. เลือก **Model › Extrude** (Boss) ใส่ **Depth 25**
4. เลือก **Model › Part Tools › Fillet** ใส่ **Radius 8** คลิกขอบแนวตั้งที่มุมทั้ง 4 แล้วกด **Done**
5. คลิกขวาที่ผิวบน › **New Sketch on this face** วาดสี่เหลี่ยม **92 × 6** ห่างจากขอบซ้าย **4** มม. และขอบหน้า **17** มม. กด **Finish Sketch** แล้วเลือก **Model › Extrude** (Cut) **Depth 18** นามบัตรมาตรฐาน 90 × 55 มม. จะตั้งในร่องโดยโผล่

ขอบบนออกมา

6. เลือก **File › Part Properties...** ใส่คำอธิบาย *Business card holder*
7. เลือก **File › Export STL (3D print)...** บันทึกเป็น `card-holder.stl`



ที่เสียบนามบัตร 100 x 40 x 25 มม. ร่องกว้าง 6 มม.

ลองต่อ: ใช้ **View › Normal To › XY** มองตรงจากด้านบน แล้วตรวจว่าร่องอยู่กึ่งกลางพอดี

ดูเพิ่ม

- Ribbon และ Command Search
- คีย์ลัด

Ribbon และ Command Search (F3) Standard

การใช้ Ribbon แบ่งแท็บและกลุ่ม และค้นหาคำสั่งด้วย F3

ใช้ทำอะไร

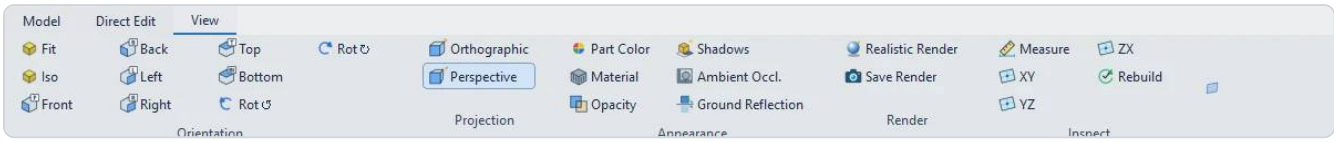
Ribbon แสดงคำสั่งของ Workbench ที่เปิดอยู่ แบ่งเป็นแท็บย่อยและกลุ่ม Part Design มี 3 แท็บ: **Model**, **Direct Edit** และ **View** ถ้าหน้าต่างแคบ ปุ่มจะย่อเหลือเฉพาะไอคอน (ชี้ค้างเพื่อดูชื่อ)



แท็บ Model: File, Sketch, Boss / Add, Curves, Cut / Remove, Features, References, Regenerate, Render



แท็บ Direct Edit: Edit, Solid, Create



แท็บ View: Orientation, Projection, Appearance, Render, Inspect

แท็บ › กลุ่ม	คำสั่ง
Model › File	New Part, Close
Model › Sketch	Sketch, Point, Edit Sketch
Model › Boss / Add	Extrude, Revolve, Sweep, Loft, Helix
Model › Curves	3D Sketch, Helix / Spiral
Model › Cut / Remove	Extrude, Revolve, Sweep, Hole Wizard
Model › Features	Fillet, Chamfer, Draft, Shell, Wrap / Project, Mirror, Linear / Circular / Path Pattern
Model › References	Plane, Axis, Project, Parameters (ดู Parameters)
Model › Regenerate	Regen, Roll Back, Roll Fwd, Roll to End
Model › Render	Realistic Render, Save Render
Direct Edit › Edit	Undo, Redo, Suppress, Delete
Direct Edit › Solid	Move Face, Simplify, Scale, Union / Add, Subtract, Intersect
Direct Edit › Create	Text, Picture, Recognize Features, Gear, Feed Screw
View › Orientation	Fit, Iso, Front, Back, Left, Right, Top, Bottom, Rot ↺, Rot ↻
View › Projection	Orthographic, Perspective
View › Appearance	Part Color, Material, Opacity, Shadows, Ambient Occl., Ground Reflection
View › Inspect	Measure, XY, YZ, ZX, Rebuild

เมื่อ Ribbon ยาวเกินหน้าต่าง

บนจอเล็ก (เช่น กว้าง 1024 px) หรือเมื่อตั้งตัวอักษร Windows ไว้ 125–175 % กลุ่มด้านขวาของ Ribbon อาจล้นหน้าต่าง ใช้วิธีเหล่านี้เข้าถึงคำสั่งที่เหลือ ใช้ได้กับ Ribbon ของ Part Design, Sketch, Assembly, Drawing และ Automation

ปุ่ม / การใช้งาน	ผล
‹ ขอบซ้าย / › ขอบขวา	เลื่อน Ribbon ไปซ้าย-ขวา กดค้างเพื่อเลื่อนต่อเนื่อง ปุ่มเป็นสีเทาเมื่อสุดทางแล้ว
หมุนล้อเมาส์บน Ribbon	เลื่อน Ribbon ไปซ้าย-ขวา

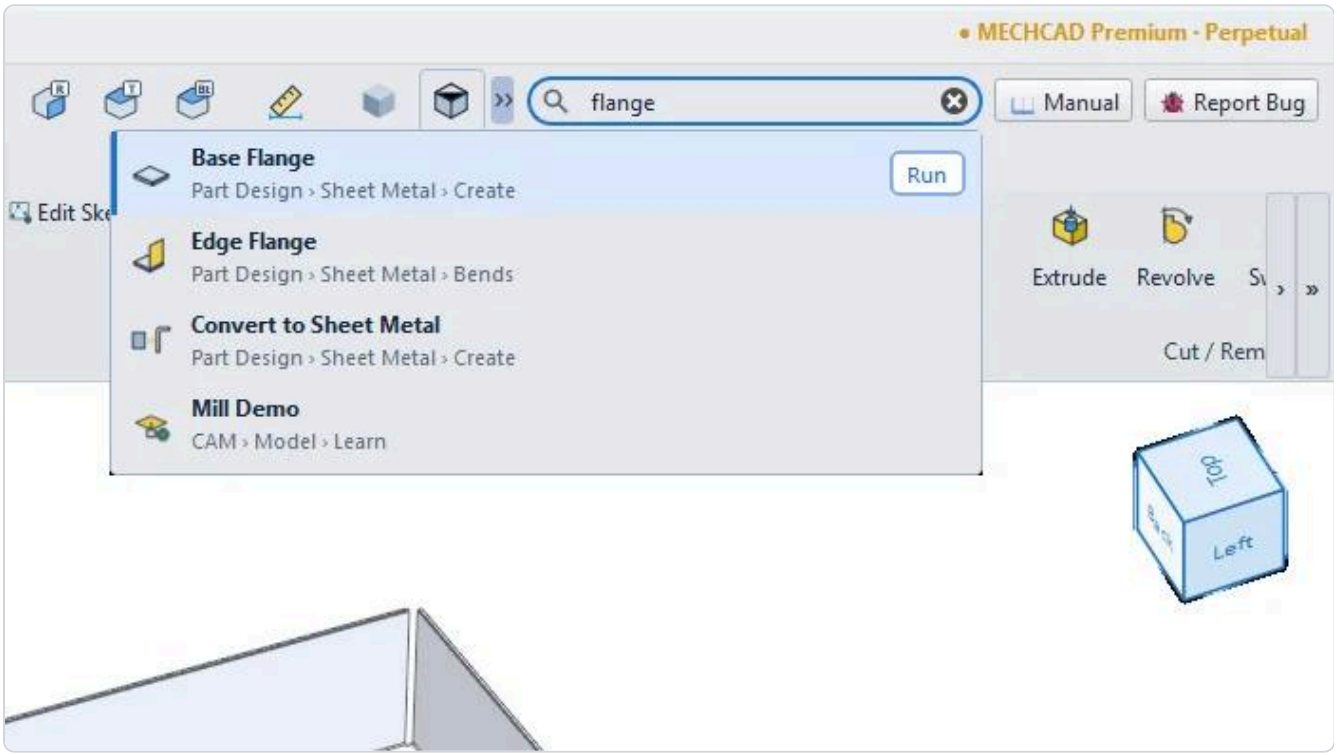
ปุ่ม / การใช้งาน	ผล
» ขวาสุด	เมนูรายการคำสั่งที่ยังมองไม่เห็นเต็มปุ่ม แยกหัวข้อตามชื่อกลุ่ม คลิกเพื่อสั่งงานได้ทันที (ถ้าเห็นครบแล้วจะขึ้น *Every command is on screen*)

ลูกศรและปุ่ม » จะแสดงเฉพาะเมื่อ Ribbon ยาวกว่าหน้าต่าง และไม่บังปุ่มคำสั่ง เมื่อหน้าต่างแคบ ช่อง **Search tools... (F3)** บนแถบ Workbench จะสั้นลงด้วย และปุ่ม Manual / Report Bug เหลือแค่ไอคอน

Command Search (F3)

ค้นหาคำสั่งด้วยชื่อแทนการหาปุ่ม

1. กด **F3** หรือคลิกช่อง **Search tools... (F3)** ด้านขวาของแถบ Workbench
2. พิมพ์ชื่อคำสั่ง เช่น *extrude*, *bevel*, *scale* (รองรับคำพ้อง เช่น bevel = Chamfer, move = Move Face, resize = Scale) ใช้ลูกศรขึ้น-ลงเลือกผลลัพธ์
3. กด **Enter** เพื่อพาไปยังปุ่มนั้น (สลับ Workbench/แท็บ เลื่อน Ribbon และกระพริบกรอบสีน้ำเงินรอบปุ่ม) หรือกด **Ctrl+Enter** เพื่อสั่งงานทันที



ช่อง Search tools (F3) พิมพ์ flange แล้วแสดงคำสั่งที่ตรงกันพร้อมตำแหน่งบน Ribbon

> **หมายเหตุ:** คำสั่งที่ยังใช้ไม่ได้ในสถานะปัจจุบัน (เช่น Fillet ก่อนมีชิ้นงาน) จะแสดงเป็นสีเทา

ลองทำตาม: ฝาครอบรูร้อยสายบนโต๊ะ เรียกทุกคำสั่งด้วย F3

ฝาครอบสำหรับรูโต๊ะ Ø60 มม. มีร่องด้านข้างให้สายไฟออก ลองเรียกทุกคำสั่งด้วย **F3** แทนการไล่หาปุ่ม

1. เริ่ม Sketch บนระนาบ **ZX** (X ไปทางขวา Z ชี้ขึ้น) กด **L** คลิกจุดหนึ่งบนแกน X แล้ววาด **4 / 0°**, **20 / 90°**, **5 / 0°**, **3 / 90°**, **9 / 180°** แล้วคลิกจุดเริ่มต้นเพื่อปิดรูป
2. กด **D** กำหนดระยะจาก Origin ถึงจุดเริ่มต้นเป็น **26** มม. (รัศมีด้านใน) กด **Finish Sketch**

3. กด **F3** พิมพ์ *revolve* เลือก **Revolve Boss** แล้วกด **Ctrl+Enter** เลือก **Axis Z**, **Angle 360** กด **OK**
4. กด **F3** พิมพ์ *bevel* แล้ว **Ctrl+Enter** จะได้คำสั่ง Chamfer ใส่ **Distance 0.8** คลิกขอบนอกด้านบนของปีก แล้วกด **Done**
5. คลิกขวาที่ผิวบนของปีก › **New Sketch on this face** วาดสี่เหลี่ยม **16 × 14** คร่อมผนังวงแหวนด้านหนึ่ง
6. กด **Finish Sketch** กด **F3** พิมพ์ *extrude cut* แล้ว **Ctrl+Enter** เลือก **Through All** ได้ร่องร้อยสาย



ฝาครอบรูร้อยสายสำหรับรูโต๊ะ 60 มม. พร้อมร่องสาย

ลองต่อ: กด **F3** ตอนที่ยังไม่มีชิ้นงาน แล้วพิมพ์ *fillet* จะเห็นคำสั่งเป็นสีเทาเพราะยังไม่มี Body

ดูเพิ่ม

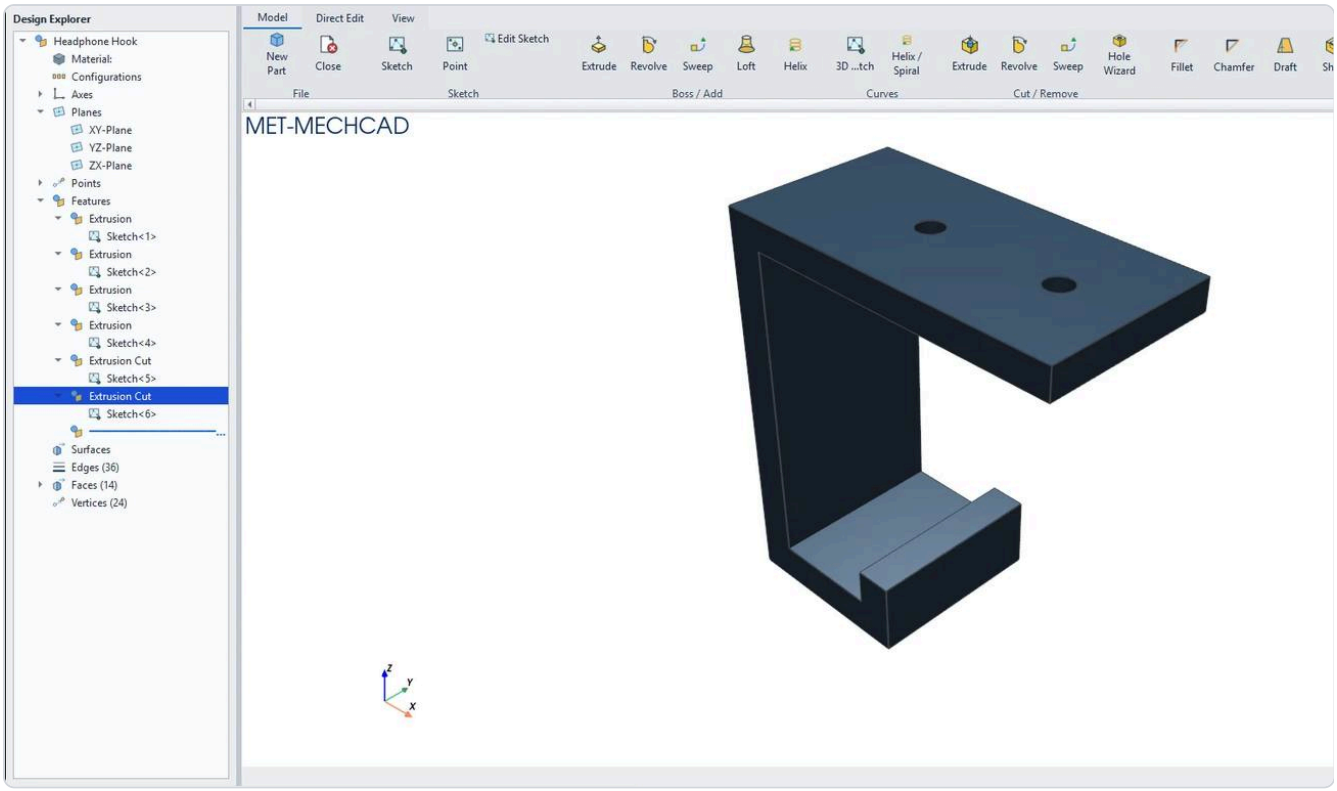
- คีย์ลัด
- หน้าจอหลักของ MECHCAD

Design Explorer (ต้นไม้ชิ้นงาน) Standard

โครงสร้างต้นไม้ของ Part เมนูคลิกขวา และการแก้ไข Feature จาก Design Explorer

ใช้ทำอะไร

Design Explorer ด้านซ้ายแสดงทุกอย่างในชิ้นงานตามลำดับการสร้าง ใช้เลือก แก้ไข ซ่อน/แสดง และย้อนประวัติ (Rollback)



Design Explorer ของชิ้นงาน Headphone Hook

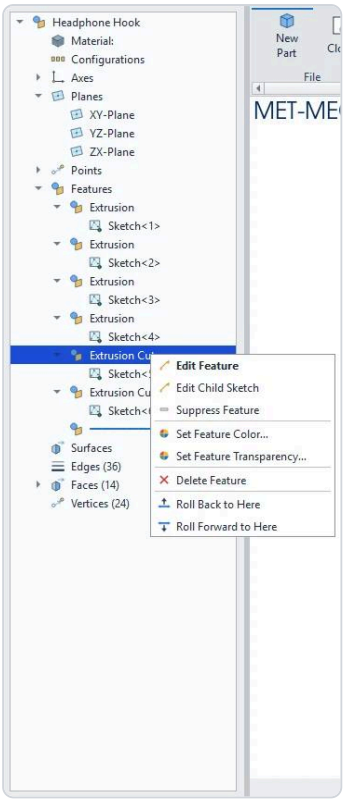
โหนดในต้นไม้

โหนด	ความหมาย
ชื่อ Part	รากของต้นไม้
Material:	วัสดุ ดับเบิลคลิกเพื่อเลือกวัสดุ
Configurations	ค่ากำหนดชิ้นงาน
Axes	แกน X/Y/Z และแกนอ้างอิง Axis
Planes	XY-, YZ-, ZX-Plane และระนาบอ้างอิง Plane
Points	Origin และ Center of Mass
Features	Feature ตามลำดับ พร้อม Sketch ลูกของแต่ละ Feature และ **แถบ Rollback** สีน้ำเงิน
Surfaces / Edges (n) / Faces (n) / Vertices (n)	รายการผิว ขอบ หน้า และจุด (● หมายถึงหน้าที่กำหนดสีเอง)

ดับเบิลคลิก

- ระนาบ › สร้าง Sketch ใหม่บนระนาบนั้น
- Feature › เปิดกล่องแก้ไข Feature (Feature Parameters)
- Sketch › แก้ไข Sketch
- Material › เมนูเลือกวัสดุ

เมนูคลิกขวา



คลิกขวาที่ Feature

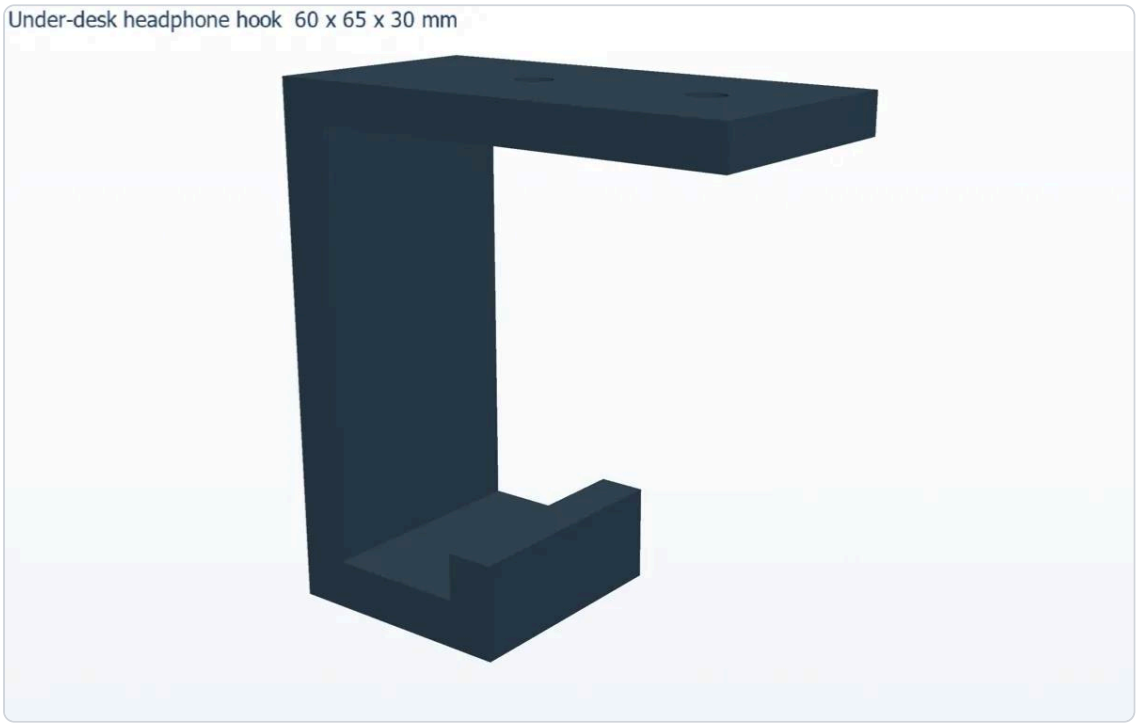
เมนู	ใช้กับ	ความหมาย
Edit Feature	Feature	แก้ค่าของ Feature (คำสั่งหลัก)
Edit Child Sketch	Feature	แก้ Sketch ที่ใช้สร้าง Feature
Suppress / Unsuppress Feature	Feature	ปิด/เปิดการคำนวณชั่วคราว (ชื่อจะขึ้นต้นด้วย " (Suppressed)")
Set Feature Color... / Set Feature Transparency...	Feature	กำหนดสี / ความโปร่งใสเฉพาะ Feature
Delete Feature	Feature	ลบ Feature (Sketch ยังคงอยู่)
Roll Back to Here / Roll Forward to Here	Feature	ย้ายแถบ Rollback ดู Rollback และ Regenerate
Edit Sketch / Suppress Sketch / Delete Sketch	Sketch	จัดการ Sketch (ลบ Sketch จะลบ Feature ที่ใช้ Sketch นั้นด้วย)
New Sketch on this face	Face	สร้าง Sketch บนหน้าผิว
Edit Plane... / New Sketch on ... / Insert Offset Plane...	Plane	จัดการระนาบอ้างอิง
Show / Hide	Planes, Axes, Points	แสดง/ซ่อนวัตถุอ้างอิง

> **หมายเหตุ:** เปลี่ยนชื่อ Feature ได้จากช่อง **Label** ในกล่อง Extrude, Revolve และ Loft

ลองทำตาม: ที่แขวนหูฟังใต้โต๊ะ

ขันสกรูติดใต้ขอบโต๊ะ แล้วหูฟังจะอยู่ใกล้มือเสมอ ชิ้นนี้สร้างจาก 3 Feature จึงได้ Tree เล็ก ๆ ไว้ฝึก Suppress แก้ไข และ Rollback

1. เริ่ม Sketch บนระนาบ **ZX** กด **L** คลิกที่ Origin แล้วพิมพ์ทีละเส้น (ความยาว **Tab** มุม **Enter**): **30 / 0°**, **12 / 90°**, **6 / 180°**, **6 / 270°**, **18 / 180°**, **54 / 90°**, **54 / 0°**, **5 / 90°**, **60 / 180°** แล้วคลิกที่ Origin เพื่อปิดรูปตัว J
2. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** แบบ **Type Mid Plane** ใส่ **Depth 30** ช่อง **Label** พิมพ์ `Hook body` แล้วกด **OK**
3. คลิกขวาที่ผิวบนของแผ่นด้านบนยาว 60 มม. เลือก **New Sketch on this face** วาดวงกลม **Ø4.5** สองวงบนเส้นกึ่งกลาง ห่างจากผิวหลัง **25** และ **48** มม. กด **Finish Sketch** แล้ว **Cut / Remove › Extrude** แบบ **Through All** ตั้งชื่อ `Screw holes`
4. กด **Fillet** ใส่ **Radius 2** คลิกขอบบนทั้ง 2 เส้นของขอบกันหล่นด้านหน้า แล้วกด **Done**
5. ทีนี้ลองใช้ Tree: คลิกขวาที่ **Fillet 1** › **Suppress Feature** (ชื่อจะขึ้นต้นด้วย "(Suppressed)") แล้วกด **Unsuppress Feature** คืน
6. คลิกขวาที่ **Hook body** › **Edit Child Sketch** ดับเบิลคลิกมิติ **54** ของแขนแนวตั้ง แก้เป็น **74** ให้รับคาดหูฟังที่หนาขึ้น กด **Finish Sketch** รูสกรูและ Fillet จะตามไปเอง
7. คลิกขวาที่ **Screw holes** › **Roll Back to Here** เพื่อดูชิ้นงานก่อนเจาะรู แล้วกด **Roll Forward to Here** กลับ



ที่แขวนหูฟังใต้โต๊ะพร้อมรูสกรู 2 รู

ลองต่อ: ดับเบิลคลิกโหนด **Material:** เลือก **POM Black** แล้วดูน้ำหนักใหม่ใน Part Properties

ดูเพิ่ม

- Feature Parameters (กล่องแก้ไข Feature)
- Rollback และ Regenerate

การใช้เมาส์และการหมุนมุมมอง Standard

ปุ่มเมาส์สำหรับหมุน เลื่อน ซูม และการตั้งค่าให้เหมือน Alibre หรือ SolidWorks

ใช้ทำอะไร

อธิบายการควบคุมมุมมอง 3D ด้วยเมาส์และคีย์บอร์ด ค่าเริ่มต้นของ MECHCAD: **ปุ่มขวาหมุน, ปุ่มซ้ายเลือก/เลื่อน, ล้อซูม**

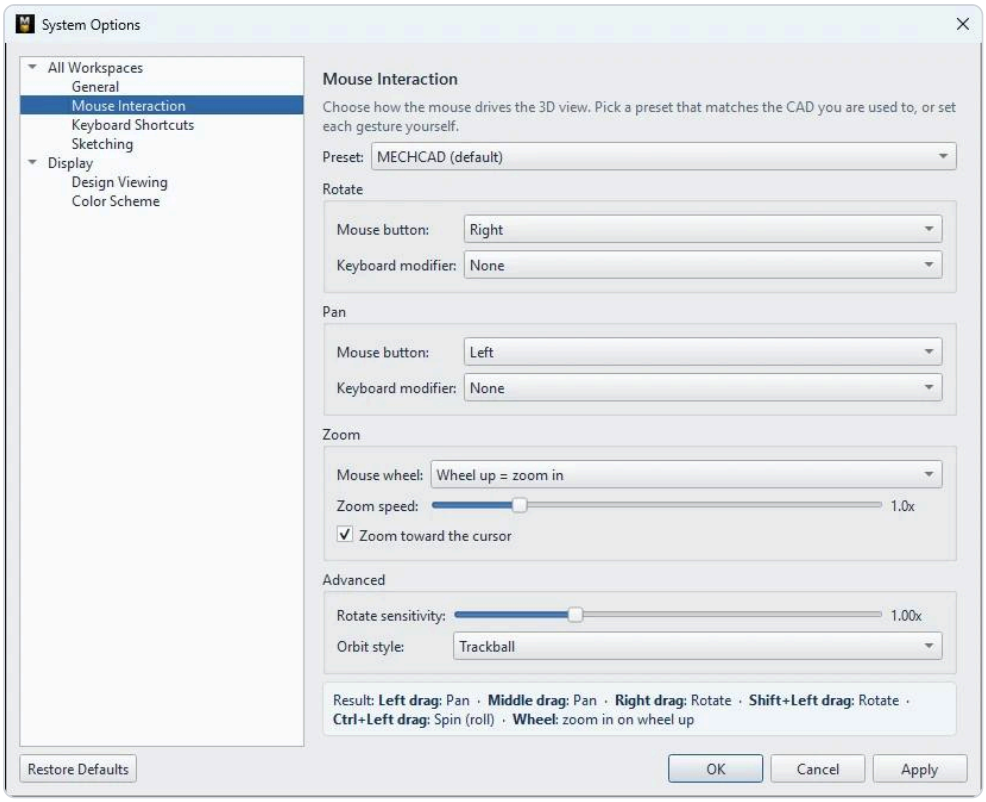
ค่าเริ่มต้น (Preset: MECHCAD)

การกระทำ	ผล
คลิกซ้าย	เลือกวัตถุ (หน้า ขอบ Feature ชิ้นส่วน)
ลากปุ่มซ้ายบนพื้นที่ว่าง	เลื่อนภาพ (Pan) / ใน Assembly ลากกรอบเลือก
ลากปุ่มขวา	หมุนภาพรอบจุดใต้เคอร์เซอร์ (Rotate)
คลิกขวาเร็วๆ	เมนูคลิกขวา
ลากปุ่มกลาง	เลื่อนภาพ
Shift + ลากปุ่มซ้าย	หมุนภาพ
Ctrl + ลากปุ่มซ้าย	หมุนรอบแกนสายตา (Roll)
หมุนล้อ	ซูมเข้า/ออก โดยซูมเข้าหาตำแหน่งเคอร์เซอร์

> **หมายเหตุ:** ขณะเลือกขอบหรือหน้า (เช่น Fillet, Shell) ปุ่มซ้ายใช้เลือกอย่างเดียว ยังคงลากปุ่มขวาเพื่อหมุนได้ ระหว่างวาด Sketch การเลื่อนภาพถูกปิดไว้ แต่หมุนและซูมได้

เปลี่ยนการตั้งค่าเมาส์

1. **File › System Options... › All Workspaces › Mouse Interaction**
2. เลือก **Preset**: *MECHCAD (default)*, *Alibre Design*, *SolidWorks* หรือ *Custom*
3. ปรับรายละเอียดตามตาราง แล้วกด **OK** หรือ **Apply** (มีผลกับทุกมุมมองทันที)



System Options › Mouse Interaction

ตัวเลือก	ความหมาย
Preset	MECHCAD: หมุน=ขวา เลื่อน=ซ้าย / Alibre Design: หมุน=ขวา เลื่อน=กลาง / SolidWorks: หมุน=กลาง เลื่อน=Ctrl+กลาง
Rotate › Mouse button / Keyboard modifier	ปุ่มและปุ่มกดร่วม (None / Shift / Ctrl) สำหรับหมุน
Pan › Mouse button / Keyboard modifier	ปุ่มและปุ่มกดร่วมสำหรับเลื่อน
Mouse wheel	Wheel up = zoom in หรือ Wheel up = zoom out
Zoom speed	0.1–5.0x
Zoom toward the cursor	ซูมเข้าหาเคอร์เซอร์
Rotate sensitivity	0.25–3.0x
Orbit style	Trackball / Terrain / Joystick

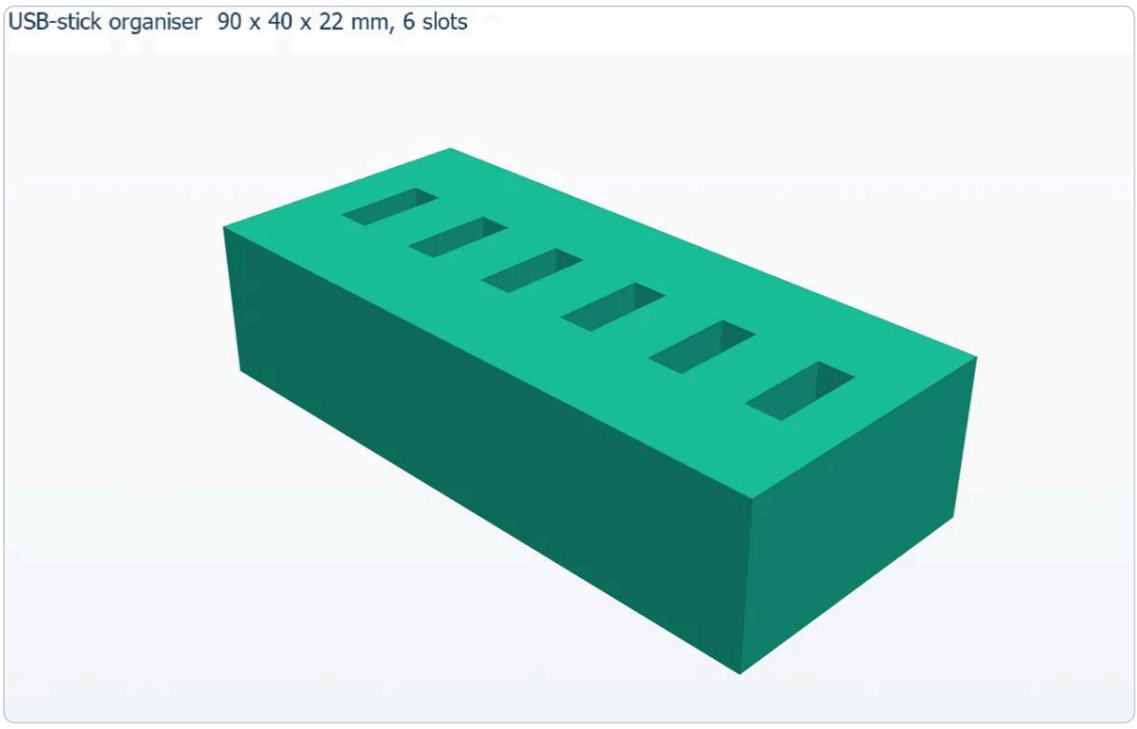
บรรทัด **Result:** ด้านล่างสรุปการทำงานของแต่ละปุ่มตามที่ตั้งไว้

ลองทำตาม: ส่องร่องของที่เก็บแฟลชไดรฟ์

บล็อกมี 6 ร่องไว้เสียบแฟลชไดรฟ์ตั้งเรียงกัน ร่องเล็กและลึก ต้องหมุน ซูม และเลื่อนมุมมองจึงจะเห็นชัด เป็นแบบฝึกมือกับเมาส์ที่ดีมาก

1. Sketch บน **XY** สี่เหลี่ยม **90 × 40** แล้ว **Extrude 22** มม.

2. คลิกขวาที่ผิวบน › **New Sketch on this face** วาดสี่เหลี่ยม **5 × 13** ห่างจากขอบซ้าย **8** มม. และขอบหน้า **13.5** มม. กด **Finish Sketch** แล้ว **Cut / Remove › Extrude 12** มม.
3. กด **Model › Features › Linear Pattern** ใส่ **Count 6**, **Spacing 14**, **Direction X** แล้วกด **OK**
4. ทีนี้ลองควบคุมมุมมอง:
   - ชี้ที่ร่องแรกแล้ว **หมุนล้อเมาส์**: ซูมเข้าหาตำแหน่งเคอร์เซอร์
   - **ลากปุ่มขวา**: หมุนรอบจุดใต้เคอร์เซอร์ มองลงไปในร่องได้
   - **ลากปุ่มกลาง** (หรือลากปุ่มซ้ายบนพื้นที่ว่าง): เลื่อนไปดูร่องสุดท้าย
   - **Ctrl + ลากปุ่มซ้าย**: หมุนมุมมองรอบแนวสายตา
   - **คลิกขวาสั้น ๆ**: เปิดเมนูคลิกขวาแทนการหมุน
5. เปิด **File › System Options… › Mouse Interaction** เลือก Preset **SolidWorks** กด **Apply** ลองหมุนด้วยปุ่มกลาง แล้วเปลี่ยนกลับเป็น **MECHCAD (default)**



ที่เก็บแฟลชไดรฟ์ 90 x 40 x 22 มม. มี 6 ร่อง

ลองต่อ: ถ้าโปรแกรม CAD อื่นที่ใช้อยู่หมุนล้อขึ้นเพื่อซูมออก ให้ตั้ง **Mouse wheel** เป็น *Wheel up = zoom out* แล้วอ่านบรรทัด **Result:**

ดูเพิ่ม

- มุมมองมาตรฐานและ View Cube
- System Options

มุมมองมาตรฐาน View Cube และ Normal To Standard

หันมุมมองด้วยปุ่มมุมมองมาตรฐาน View Cube และคำสั่ง Normal To

ใช้ทำอะไร

หันมุมมองไปยังทิศมาตรฐานอย่างรวดเร็ว ปุ่มชุดนี้อยู่บนแถบด้านบนและใช้ได้กับทุก Workbench

ปุ่มมุมมองร่วม (แถบด้านบน ขวา)



Undo/Redo, Zoom to fit, Isometric, Front, Back, Left, Right, Top, Bottom, Measure และโหมดการแสดงผล 4 แบบ

ปุ่ม	ความหมาย
Undo (Ctrl+Z) / Redo (Ctrl+Y)	ย้อน/ทำซ้ำ
Zoom to fit	ซูมให้เห็นทั้งชิ้นงาน
Isometric view	มุมมอง 3 มิติ (ตามชนิดการฉายที่ตั้งไว้)
Front, Back, Left, Right, Top, Bottom	มุมมองแบนตั้งฉาก (Orthographic)
Measure	เครื่องมือวัด ดู Measure
View Display (4 ปุ่ม)	Shaded, Shaded + Edges, Hidden edges, Wireframe ดู โหมดการแสดงผล

View Cube



View Cube มุมขวาบน

- คลิกหน้าของ Cube › มุมมองแบนของหน้านั้น (Top, Front, Right ...)
- ลาก Cube › หมุนมุมมอง

- คลิกขวา › Top, Bottom, Front, Back, Left, Right, Isometric และ **Hide View Cube**
- แสดงกลับได้จาก **View › View Cube**

Normal To

- **View › Normal To › XY / YZ / ZX** หรือ **View ▾ › XY / YZ / ZX** หันมองตั้งฉากกับระนาบหลักแบบ Orthographic
- ใน Assembly คลิกขวาที่ชิ้นส่วน › **View Normal to Face** หันมองตั้งฉากกับหน้าที่คลิก
- **Rot ↺ / Rot ↻** (View › Orientation) หมุนภาพ 90° ในระนาบจอ

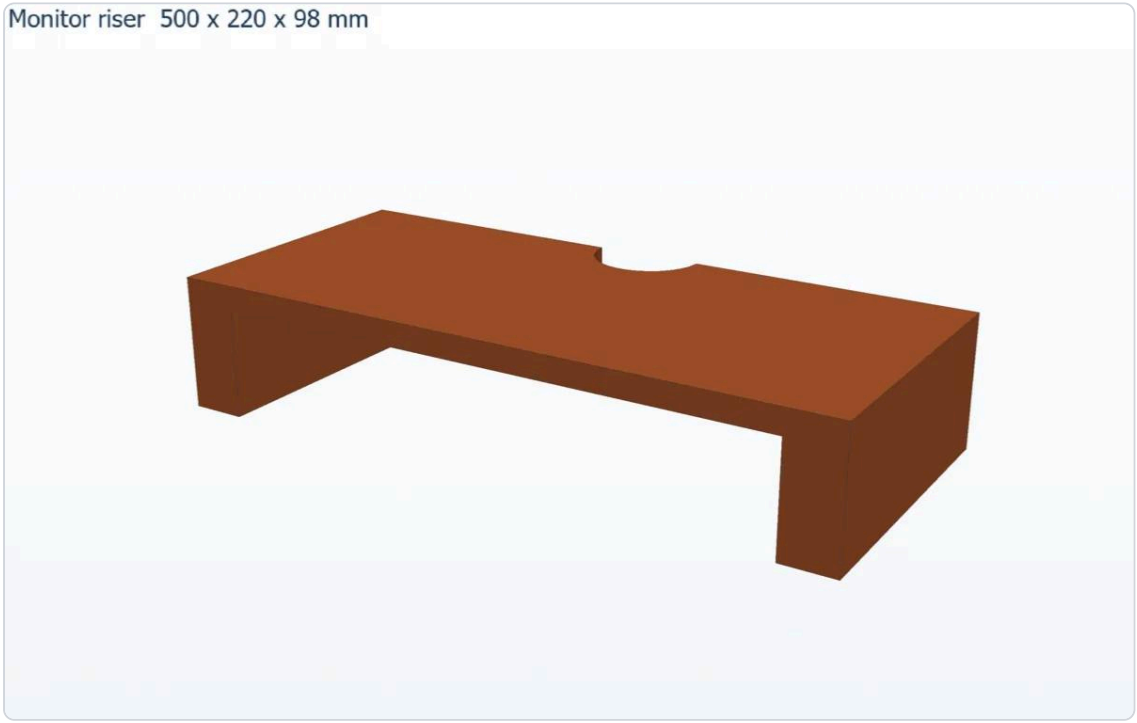
Orthographic / Perspective

View › Projection › Orthographic (ไม่มีการย่อขนาดตามระยะ) หรือ **Perspective** (มีมิติลึก) ค่าที่เลือกใช้กับทุกมุมมอง 3D ค่าเริ่มต้นตั้งได้ใน **System Options › Design Viewing**

ลองทำตาม: แท่นวางจอ ตรวจครบทุกด้าน

แท่นยาว 500 มม. ยกจอขึ้น 98 มม. และเหลือที่ใต้แท่นให้เก็บคีย์บอร์ด ใช้มุมมองมาตรฐานตรวจทุกขนาด

1. Sketch บน **XY** สี่เหลี่ยม **500 × 220** แล้ว **Extrude 18** มม.
2. คลิกขวาที่ View Cube › **Bottom** คลิกขวาที่ผิวล่าง › **New Sketch on this face** วาดสี่เหลี่ยม **40 × 220** สองรูปที่ปลายทั้งสองข้าง กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude 80** มม. (ขางอกลงจากผิวล่าง)
3. กด **Top** Sketch บนผิวบนเป็นวงกลม **Ø80** ศูนย์กลางอยู่กลางขอบหลัง แล้วตัดแบบ **Through All** ได้ช่องร้อยสาย
4. กด **Front** จะเห็นขาทั้งสองและความสูงรวม 98 มม. กด **Right** เห็นความลึก 220 มม.
5. กด **Isometric** แล้วลอง **View › Normal To › XY** และ **Rot ↻** เพื่อหมุนภาพด้านบน 90° บนหน้าจอ
6. เลือก **View › Projection › Perspective** แล้วกลับเป็น **Orthographic** ในมุม **Front** แบบ Orthographic ขาทั้งสองจะสูงเท่ากันเสมอ



แท่นวางจอ 500 x 220 x 98 มม. มีช่องร้อยสาย

ลองต่อ: คลิกหน้า View Cube แทนปุ่ม แล้วซ่อน Cube ด้วยคลิกขวา › **Hide View Cube** และเปิดคืนจาก **View › View Cube**

ดูเพิ่ม

- การใช้เมาส์และการหมุนมุมมอง
- โหมดการแสดงผล

โหมดการแสดงผลและแผง Display Standard

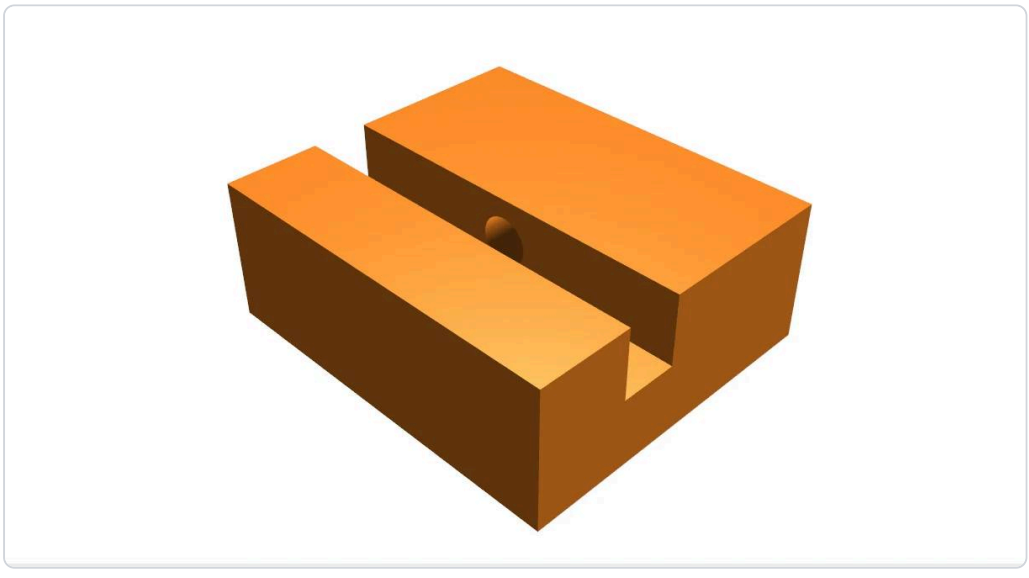
สลับ Shaded, Shaded + Edges, Hidden edges, Wireframe และปรับแสง เงา พื้นหลัง

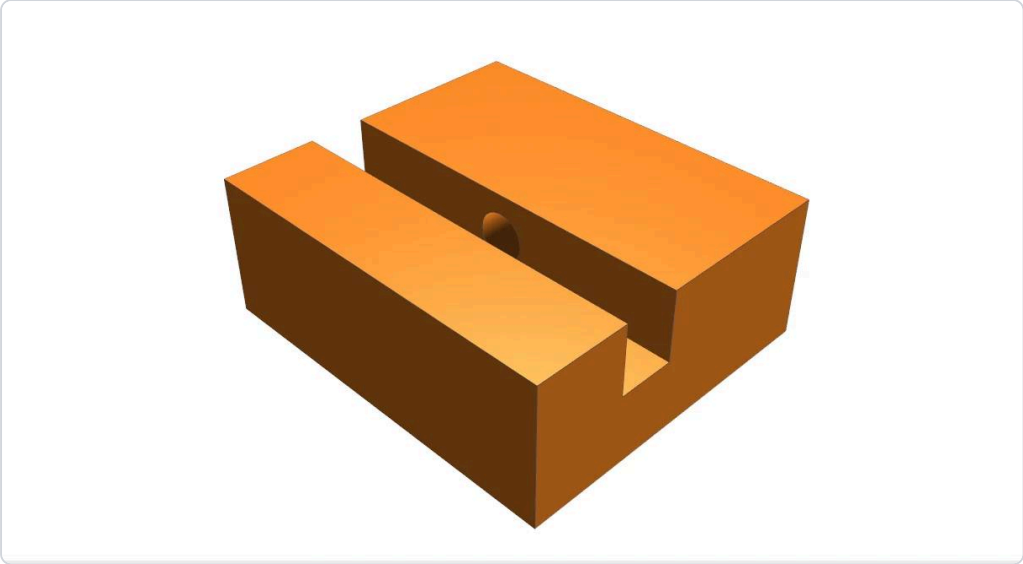
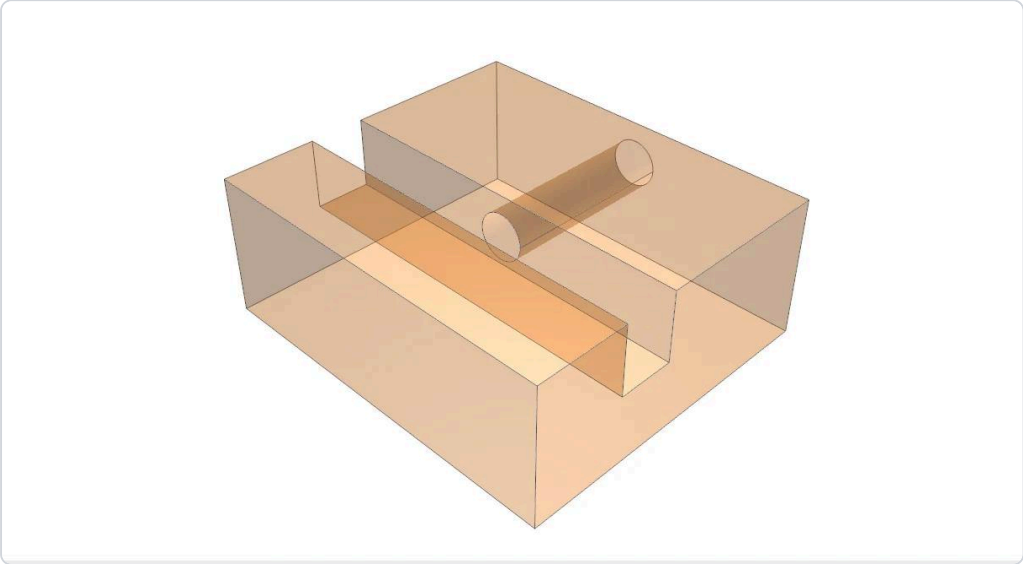
ใช้ทำอะไร

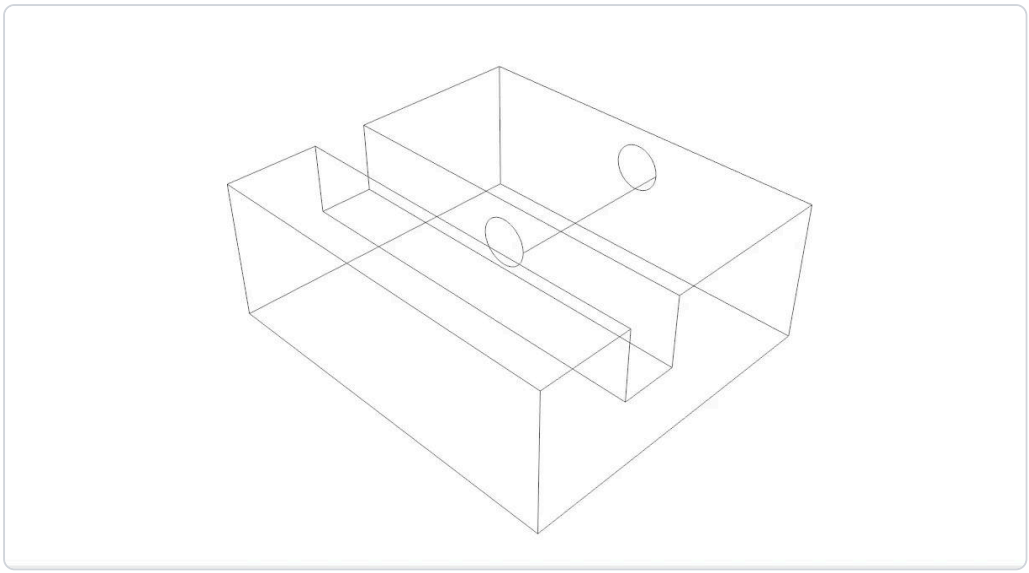
เลือกวิธีแสดงชิ้นงานและปรับแสง/พื้นหลังของมุมมอง 3D

อยู่ที่ไหน

- 4 ปุ่มขวาสุดของแถบด้านบน (ใช้ได้ทุก Workbench)
- **View › Display Mode**
- แผง **Display** ใน Assembly: **View & Inspect › View › Display** หรือหัวข้อ **Display (mode, light, shadow)** ในแผง Properties / Info

โหมด	ภาพตัวอย่าง
Shaded	 Shaded

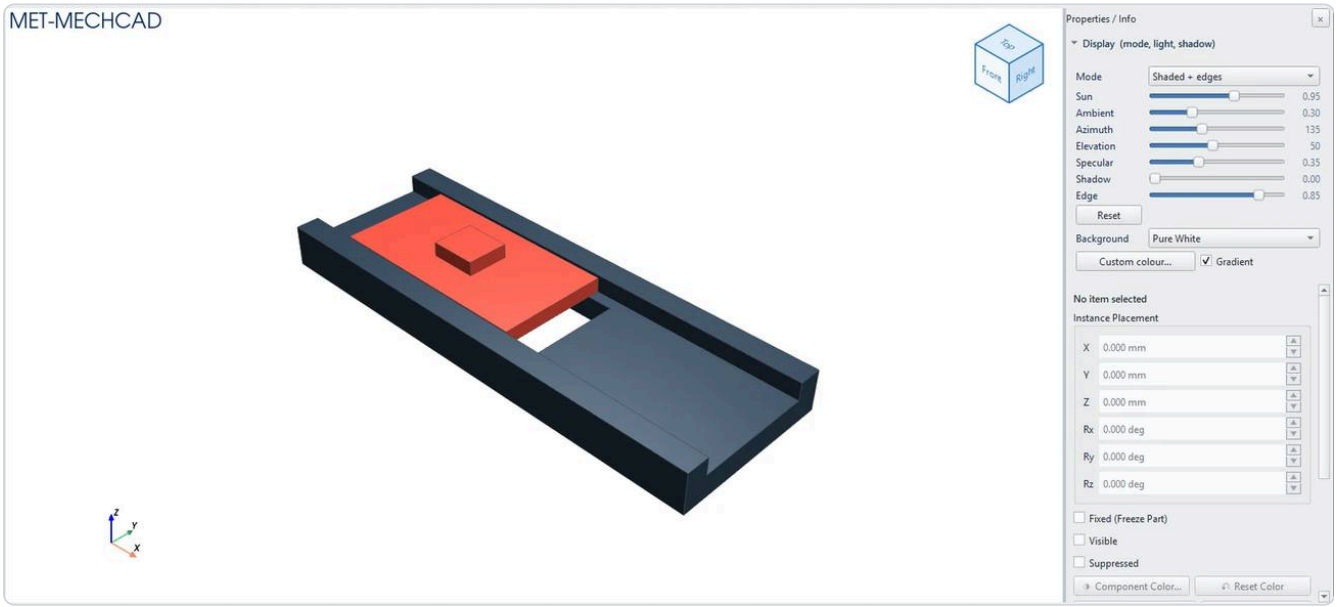
โหมด	ภาพตัวอย่าง
Shaded + Edges (ค่าเริ่มต้น)	 Shaded + Edges
Hidden edges (see-through)	 Hidden edges

โหมด	ภาพตัวอย่าง
Wireframe	

Wireframe

> **หมายเหตุ:** ใน Part Design ปุ่ม Wireframe จะแสดงแบบเดียวกับ Hidden edges (see-through) ส่วน Wireframe แบบเส้นล้วนใช้ได้ใน Assembly (ภาพตัวอย่างด้านบนถ่ายจากแท็บ Assembly)

แผง **Display**



แผง Display ใน Properties / Info ด้านขวา

ตัวเลือก	ช่วง	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Mode	–	Shaded + edges	โหมดการแสดงผล
Sun	0–1.5	0.95	ความสว่างแสงหลัก
Ambient	0–1	0.30	แสงรอบทิศ

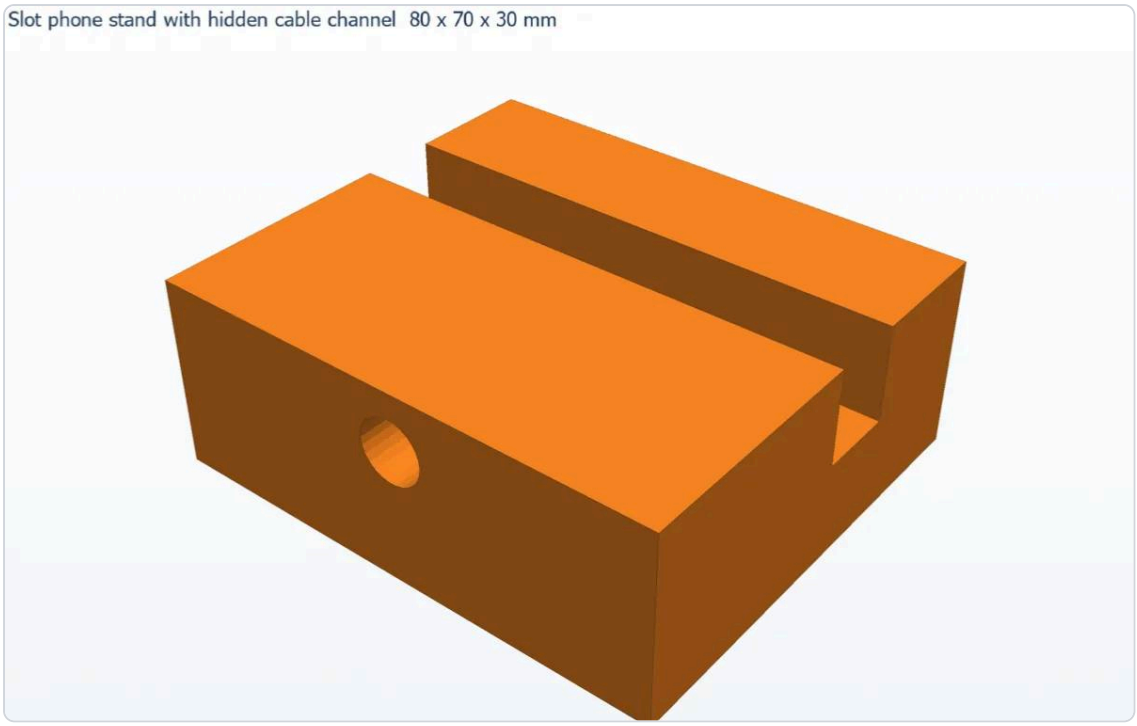
ตัวเลือก	ช่วง	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Azimuth	0–360	135	ทิศทางแสงแนวนอน
Elevation	15–90	50	มุมเงยของแสง
Specular	0–1	0.35	ความเงา
Shadow	0–0.8	0	ความเข้มเงาที่พื้น
Edge	0.1–1	0.85	ความเข้มเส้นขอบ
Reset			คืนค่าแสง เงา ขอบ (คงโหมดไว้)
Background		Pure White	Pure White, Light, Dark, Blueprint, Studio และแบบเดิม
Custom colour… / Gradient			สีพื้นหลังเองและไล่สี

> **หมายเหตุ:** Assembly ที่มีชิ้นส่วนมาก (เกินประมาณ 1,500 ชิ้น) จะปิดเงาอัตโนมัติเพื่อความเร็ว: *Shadow is off for large assemblies*

ลองทำตาม: แท่นวางมือถือแบบร่อง พร้อมช่องสายชาร์จที่ซ่อนอยู่

บล็อกตันที่มีร่องสำหรับตั้งมือถือ และมีอุโมงค์ด้านหลังให้สายชาร์จลอดมาถึงตัวเครื่อง อุโมงค์นี้ซ่อนอยู่ในเนื้องาน จึงเหมาะมากสำหรับลองโหมดแสดงผลทั้ง 4 แบบ

1. Sketch บน **XY**: กด **R** คลิกที่ Origin พิมพ์ **80 Tab 70 Enter** กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude 30** มม.
2. คลิกขวาที่ผิวบน › **New Sketch on this face** วาดสี่เหลี่ยม **80 × 12** พาดเต็มความกว้าง ห่างจากขอบหน้า **20** มม. (ใช้ **D** กำหนด 20) กด **Finish Sketch** แล้ว **Cut / Remove › Extrude Depth 15**
3. คลิกขวาที่ผิวด้านหลัง (80 × 30) › **New Sketch on this face** วาดวงกลม **Ø10** ห่างจากด้านข้าง **40** มม. และต่ำกว่าขอบบน **9** มม. กด **Finish Sketch** แล้วตัดลึก **38** มม. ให้ทะลุมาพอดีที่ร่อง
4. กดปุ่มโหมดแสดงผล 4 ปุ่มทางขวาของแถบด้านบนทีละปุ่ม:
   - **Shaded**: เห็นแค่รูที่ด้านหลัง
   - **Hidden edges**: มองทะลุเห็นอุโมงค์วิ่งไปถึงร่อง
   - **Wireframe**: เห็นทุกขอบ รวมถึงช่องกลม
   - **Shaded + Edges**: กลับมุมมองทำงานปกติ



แท่นวางมือถือ 80 x 70 x 30 มม. มีรูสายชาร์จด้านหลัง

ลองต่อ: มือถือใส่เคสหนา? แก้ Sketch ของร่องเป็น **14** มม. แล้วตรวจผลในโหมด **Hidden edges**

ดูเพิ่ม

- Realistic Render
- System Options › Color Scheme

Realistic Render และ Save Render Standard

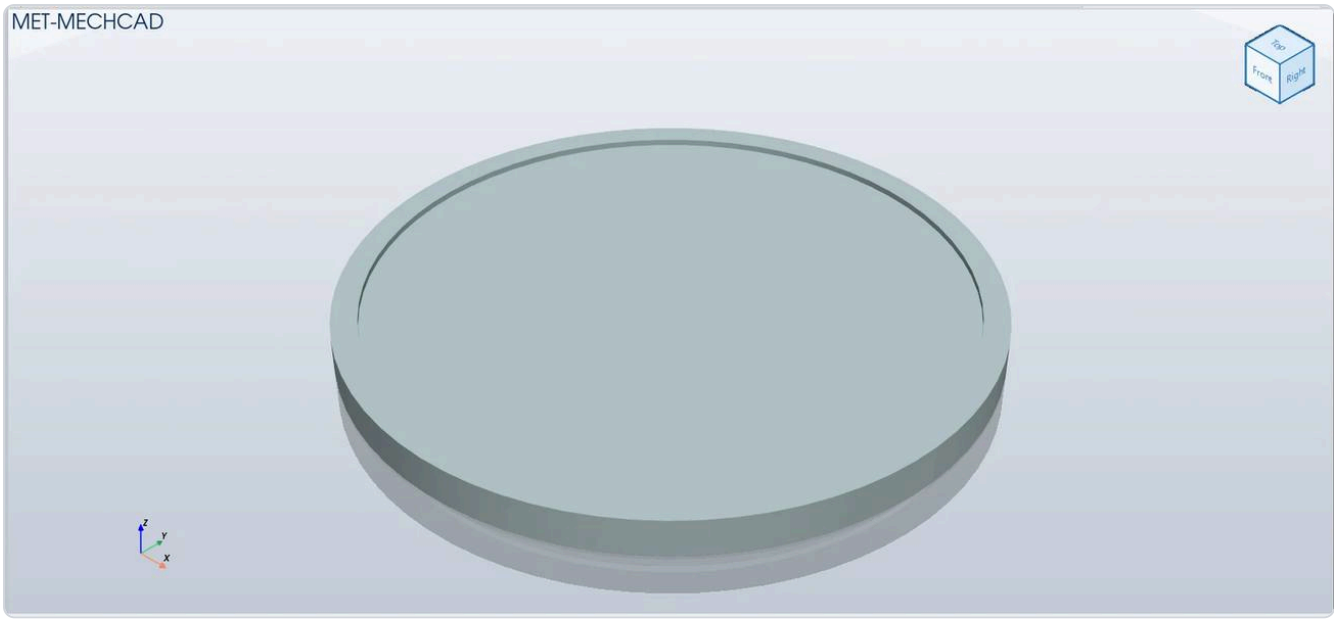
เปิดโหมดภาพสมจริงแบบสตูดิโอ และบันทึกภาพความละเอียดสูงเป็น PNG

ใช้ทำอะไร

Realistic Render เปลี่ยนมุมมองเป็นแสงสตูดิโอ พื้นหลังนุ่ม เงาและเงาสะท้อนที่พื้น ส่วน **Save Render** บันทึกภาพมุมมองปัจจุบันเป็น PNG ความละเอียด 2 เท่าของหน้าจอ

อยู่ที่ไหน

- Part Design: **Model › Render** หรือ **View › Render › Realistic Render** / **Save Render**
- Assembly: **View & Inspect › View › Realistic Render** / **Save Render**



โหมด Realistic Render

ขั้นตอน

1. จัดมุมมองตามต้องการ
2. กด **Realistic Render** (กดอีกครั้งเพื่อกลับสู่มุมมองทำงาน)
3. กด **Save Render** แล้วเลือกชื่อไฟล์ `.png`

ตัวเลือกที่เกี่ยวข้อง	ความหมาย
Shadows	เปิด/ปิดเงา
Ambient Occl.	เงาตามซอกมุม (contact shading)
Ground Reflection	เงาสะท้อนบนพื้น
Material	วัสดุ (สี ความมันวาว ความโปร่งใส) ดู Part Color / Material / Opacity

ลองทำตาม: ถ่ายภาพสตูดิโอของที่รองแก้วอะลูมิเนียม

ที่รองแก้ว 100 มม. มีหลุมตื้นสำหรับใส่แผ่นไม้ก๊อก ทำให้เป็นภาพสินค้าพร้อมโพสต์ออนไลน์

1. Sketch บน **XY** วงกลม **Ø100** ที่ Origin แล้ว **Extrude 6** มม.
2. คลิกขวาที่ผิวบน › **New Sketch on this face** วาดวงกลม **Ø92** ศูนย์กลางเดียวกัน กด **Finish Sketch** แล้ว **Cut / Remove › Extrude 1** มม. เป็นหลุมใส่แผ่นก๊อก
3. เลือก **View › Appearance › Material › AL6061**
4. กดปุ่ม **Isometric** แล้วลากปุ่มขวาหมุนเล็กน้อยจนหลุมรับแสงสวย
5. กด **Realistic Render** มุมมองจะเปลี่ยนเป็นแสงสตูดิโอ มีเงาและเงาสะท้อนบนพื้น
6. กด **Save Render** บันทึกเป็น `coaster.png` ภาพจะละเอียดเป็น 2 เท่าของหน้าจอ
7. กด **Realistic Render** อีกครั้งเพื่อกลับมุมมองทำงาน



ที่รองแก้ว Ø100 x 6 มม. มีหลุม 1 มม. สำหรับแผ่นก๊อก

ลองต่อ: Render อีกภาพด้วย **Black Anodized** แล้ววางเทียบกันสองภาพ

ดูเพิ่ม

- โหมดการแสดงผล
- Part Color, Material และ Opacity

System Options (การตั้งค่าโปรแกรม) Standard

ทุกหน้าของ System Options: General, Mouse Interaction, Keyboard Shortcuts, Sketching, Design Viewing และ Color Scheme

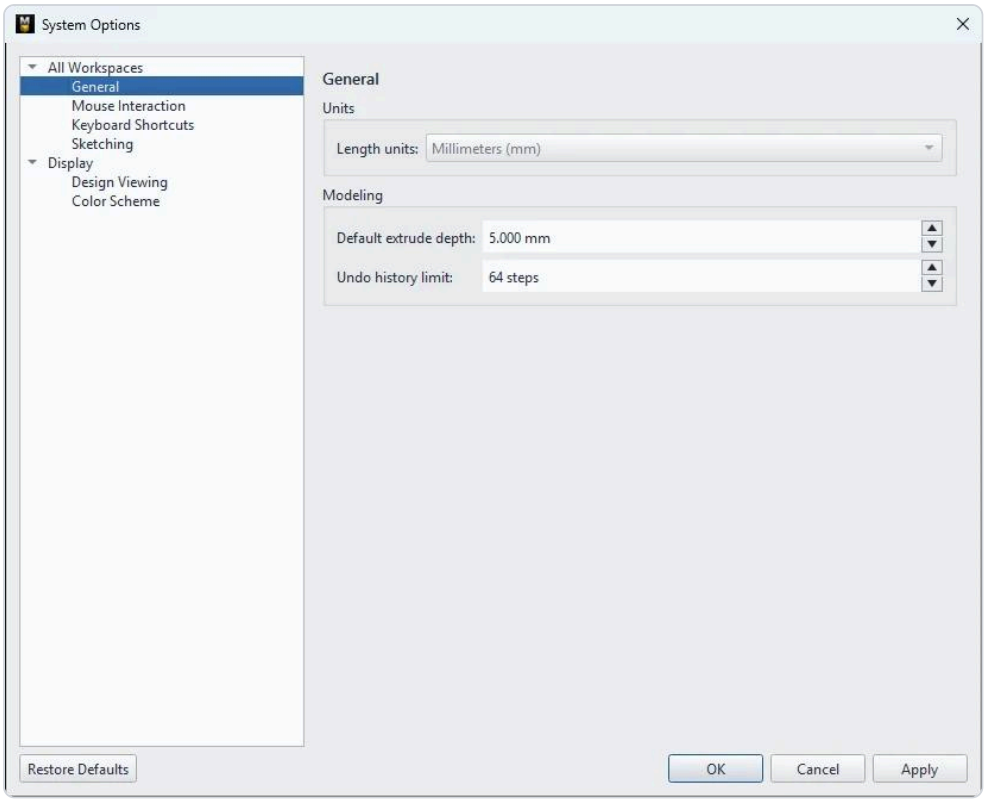
ใช้ทำอะไร

ตั้งค่าการทำงานของ MECHCAD ค่าจะบันทึกไว้และใช้กับทุกมุมมองที่เปิดอยู่ทันที

อยู่ที่ไหน

File › System Options... ปุ่มด้านล่าง: **OK**, **Cancel**, **Apply** และ **Restore Defaults** (คืนค่าเริ่มต้นทั้งหมด มีผลเมื่อกด OK หรือ Apply)

All Workspaces › General

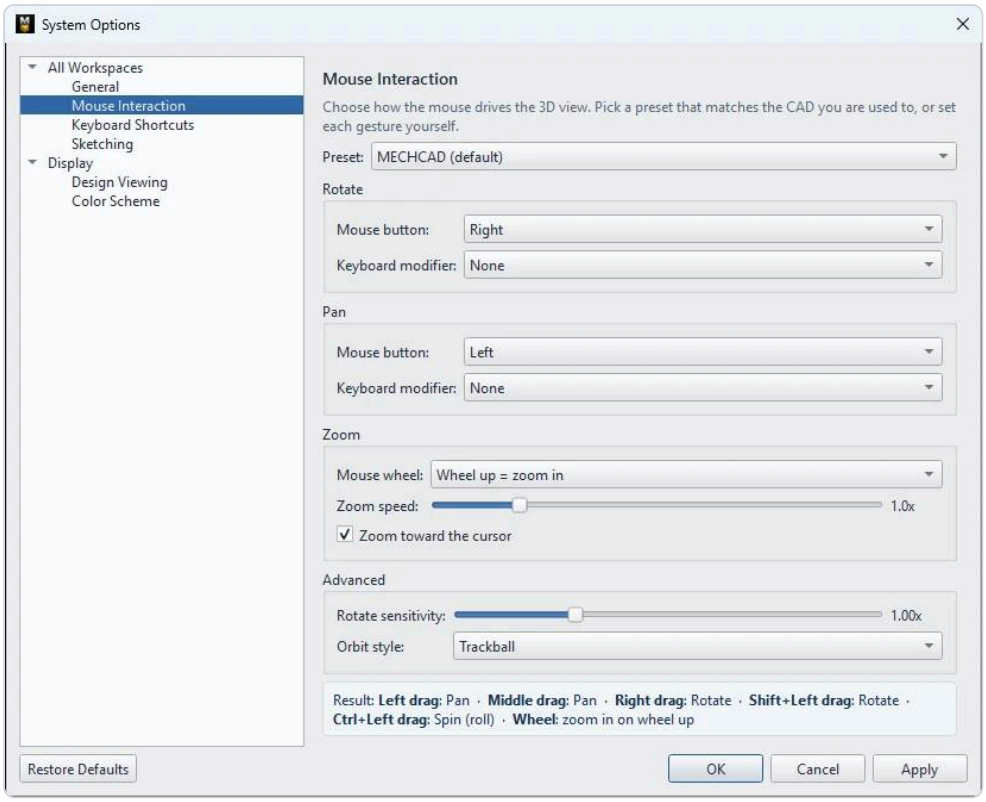


General

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Length units	Millimeters (mm)	หน่วยความยาว MECHCAD ใช้มิลลิเมตรเสมอ (เปลี่ยนไม่ได้)
Default extrude depth	5.0 mm	ความลึกเริ่มต้นของ Extrude
Undo history limit	64 steps	จำนวนขั้นที่ Undo ได้ (5–500)

All Workspaces › Mouse Interaction

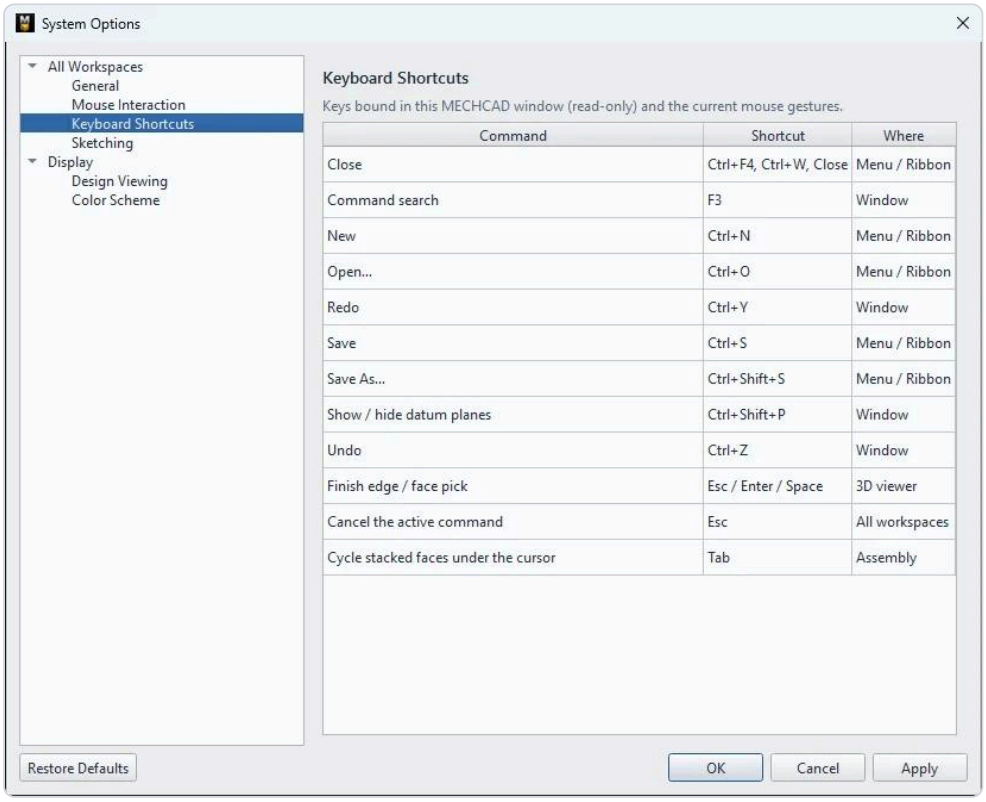
ดูรายละเอียดที่ การใช้เมาส์และการหมุนมุมมอง



Mouse Interaction

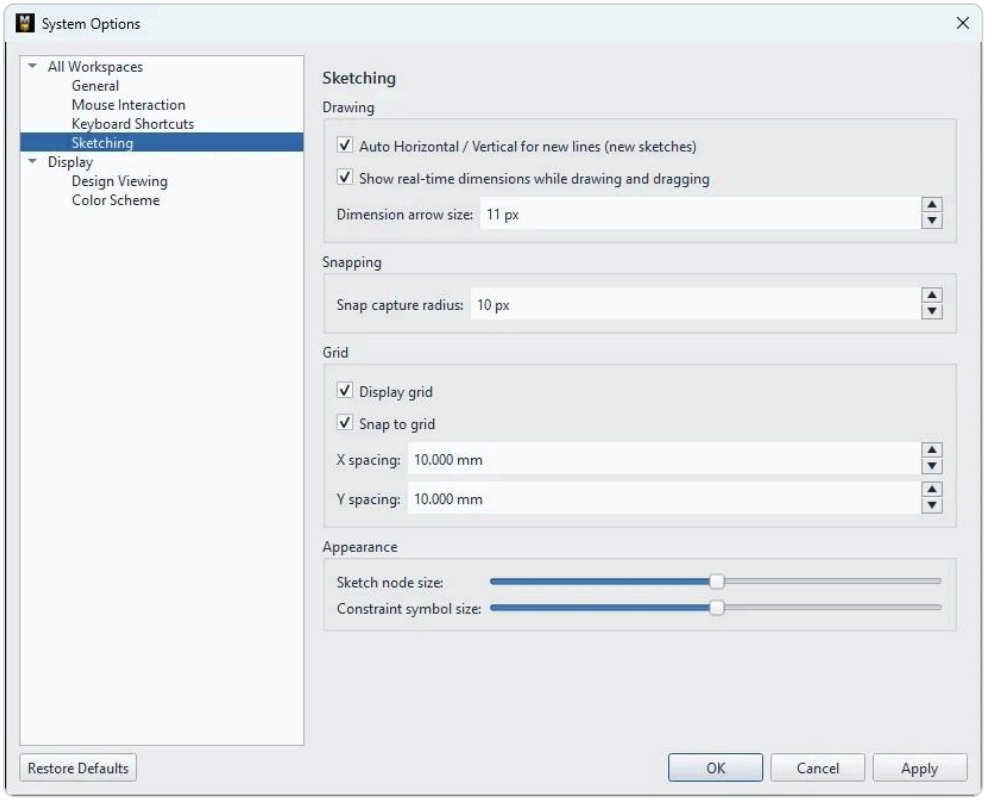
All Workspaces › Keyboard Shortcuts

ตารางคีย์ลัดแบบอ่านอย่างเดียว ดู คีย์ลัด



Keyboard Shortcuts

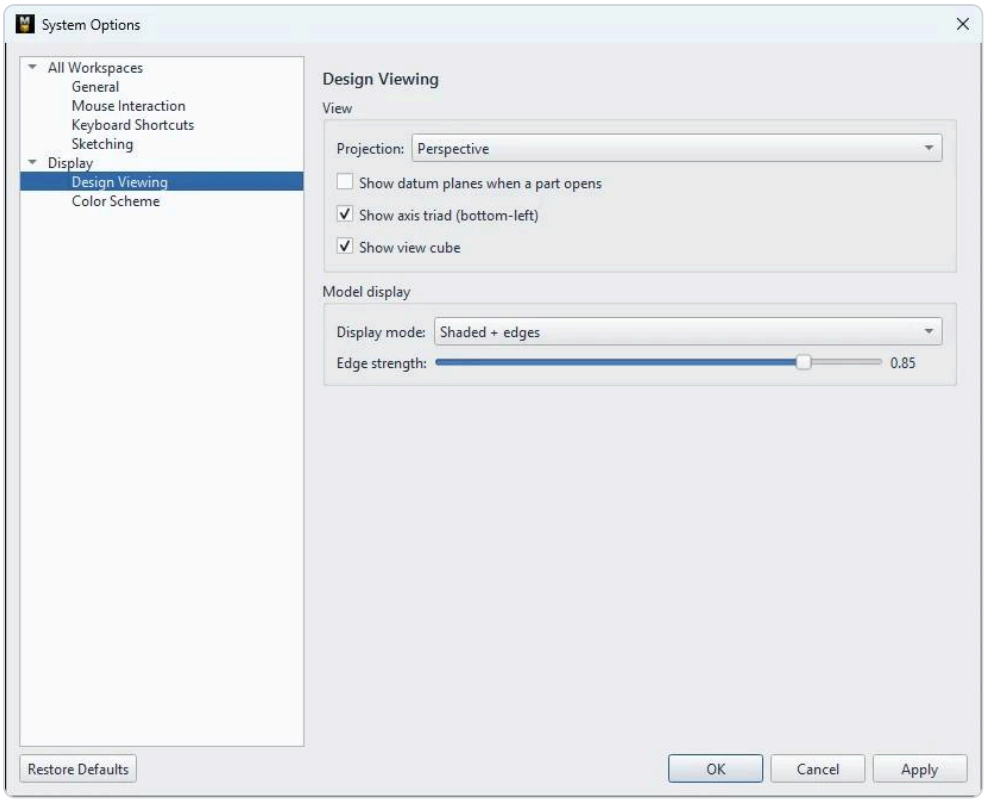
All Workspaces › Sketching



Sketching

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Auto Horizontal / Vertical for new lines (new sketches)	เปิด	เส้นที่เกือบแนวนอน/ตั้งจะถูกจัดตรงและใส่ Constraint ให้
Show real-time dimensions while drawing and dragging	เปิด	แสดงขนาดขณะวาด/ลาก
Dimension arrow size	11 px	ขนาดหัวลูกศรของมิติ (4–40)
Snap capture radius	10 px	ระยะที่เคอร์เซอร์ดูดเข้าจุด Snap (2–40)
Display grid / Snap to grid	เปิด	แสดง Grid และดูดเข้า Grid (ใช้ในตัวแก้ไข 2D; Sketch บนหน้า 3D ซ่อน Grid เสมอ)
X spacing / Y spacing	10 mm	ระยะ Grid
Sketch node size / Constraint symbol size	2	ขนาดจุดและสัญลักษณ์ Constraint (1–3)

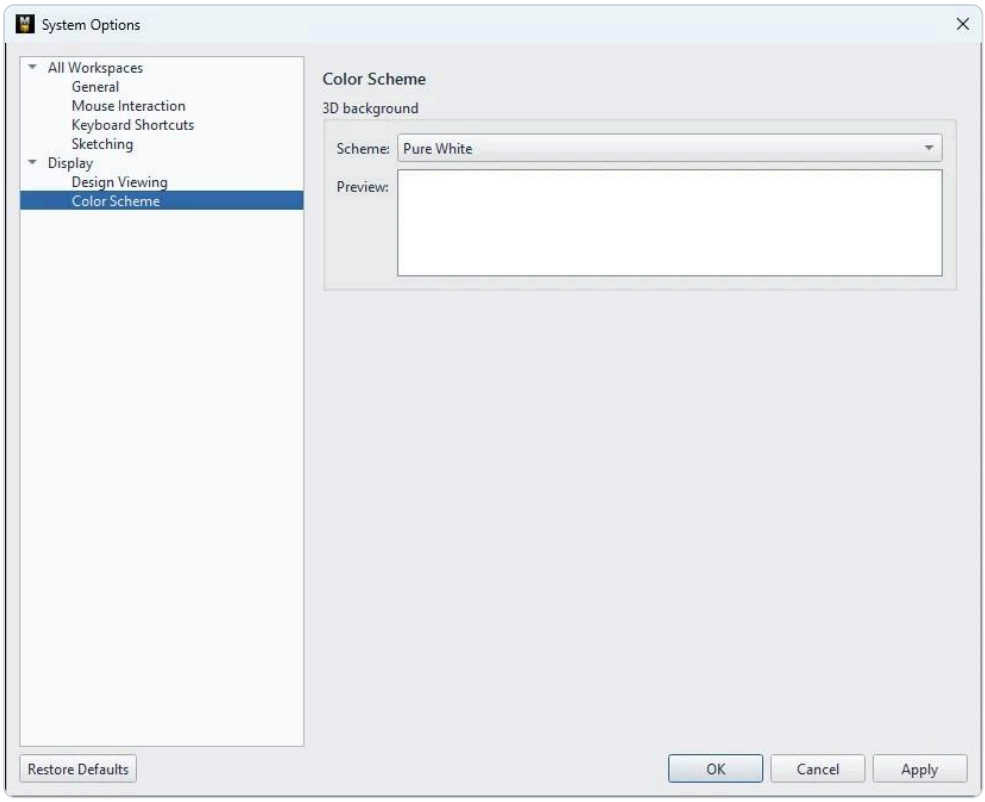
Display › Design Viewing



Design Viewing

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Projection	Perspective	ชนิดการฉายเริ่มต้น (Perspective / Orthographic)
Show datum planes when a part opens	ปิด	แสดงระนาบอ้างอิงเมื่อเปิด Part
Show axis triad (bottom-left)	เปิด	แกน XYZ มุมซ้ายล่าง
Show view cube	เปิด	View Cube มุมขวาบน
Display mode	Shaded + edges	โหมดการแสดงผลเริ่มต้น
Edge strength	0.85	ความเข้มของเส้นขอบ (0.1–1.0)

Display › Color Scheme



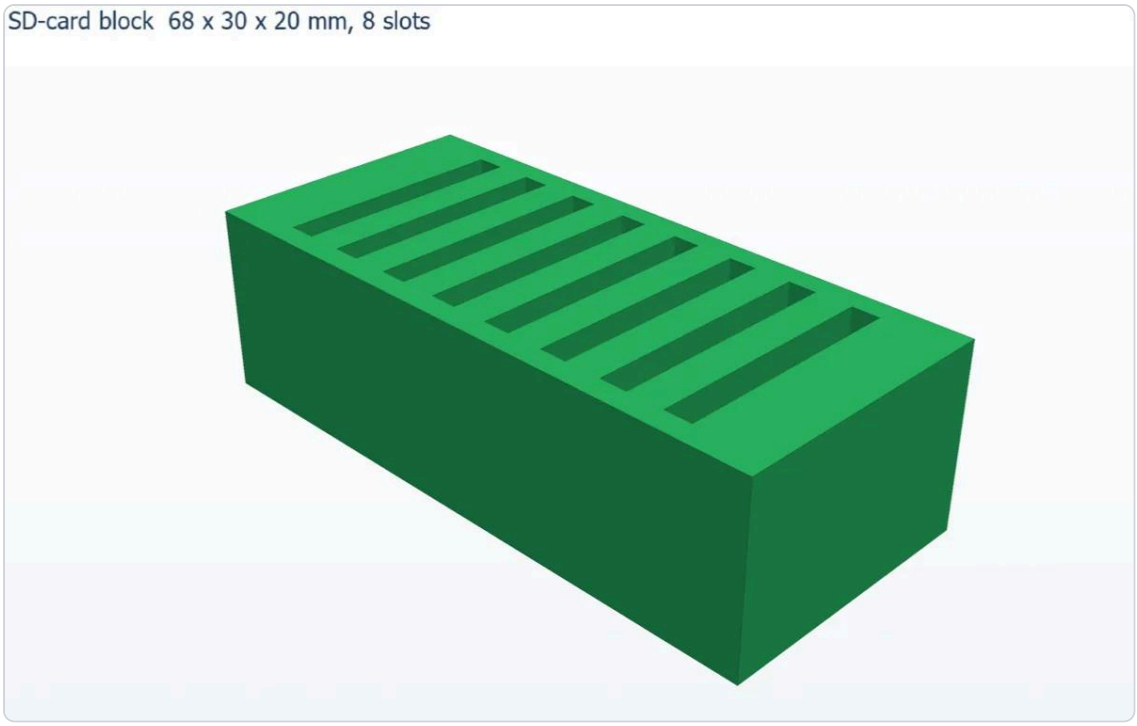
Color Scheme

เลือกพื้นหลังมุมมอง 3D: Pure White (ค่าเริ่มต้น), Default, Very Light Background, Light Background, Dark Background, Very Dark Background, Alibre Classic, MET Blue พร้อมภาพ Preview

ลองทำตาม: ที่เก็บ SD Card กับค่าตั้งของคุณเอง

ตั้งค่า MECHCAD ให้เข้ากับวิธีทำงานของคุณ แล้วสร้างบล็อกเก็บ SD Card 8 ช่องเพื่อดูผลของค่าที่ตั้ง

1. เปิด **File › System Options...**
2. หน้า **General** ตั้ง **Default extrude depth** เป็น **20 mm** และ **Undo history limit** เป็น **200**
3. หน้า **Color Scheme** เลือก **MET Blue** กด **Apply** มุมมอง 3D เปลี่ยนทันที แล้วกด **OK**
4. Sketch บน **XY** สี่เหลี่ยม **68 × 30** กด **Finish Sketch** แล้วกด **Extrude**: ช่อง **Depth** เป็น **20** ให้แล้ว กด **OK**
5. คลิกขวาที่ผิวบน › **New Sketch on this face** วาดสี่เหลี่ยม **3 × 25** ห่างจากขอบซ้าย **8** มม. และขอบหน้า **2.5** มม. กด **Finish Sketch**
6. กด **Cut / Remove › Extrude** กล่องจะเสนอ 20 แต่ค่านี้จะตัดทะลุก้น จึงพิมพ์ **15**
7. **Linear Pattern**: **Count 8**, **Spacing 7**, **Direction X** แล้วกด **OK**



บล็อกเก็บ SD Card 68 x 30 x 20 มม. มี 8 ช่อง

ลองต่อ: กด **Restore Defaults** แล้ว **OK** จากนั้นเปิด Extrude ใหม่ ความลึกจะกลับเป็น 5 มม.

ดูเพิ่ม

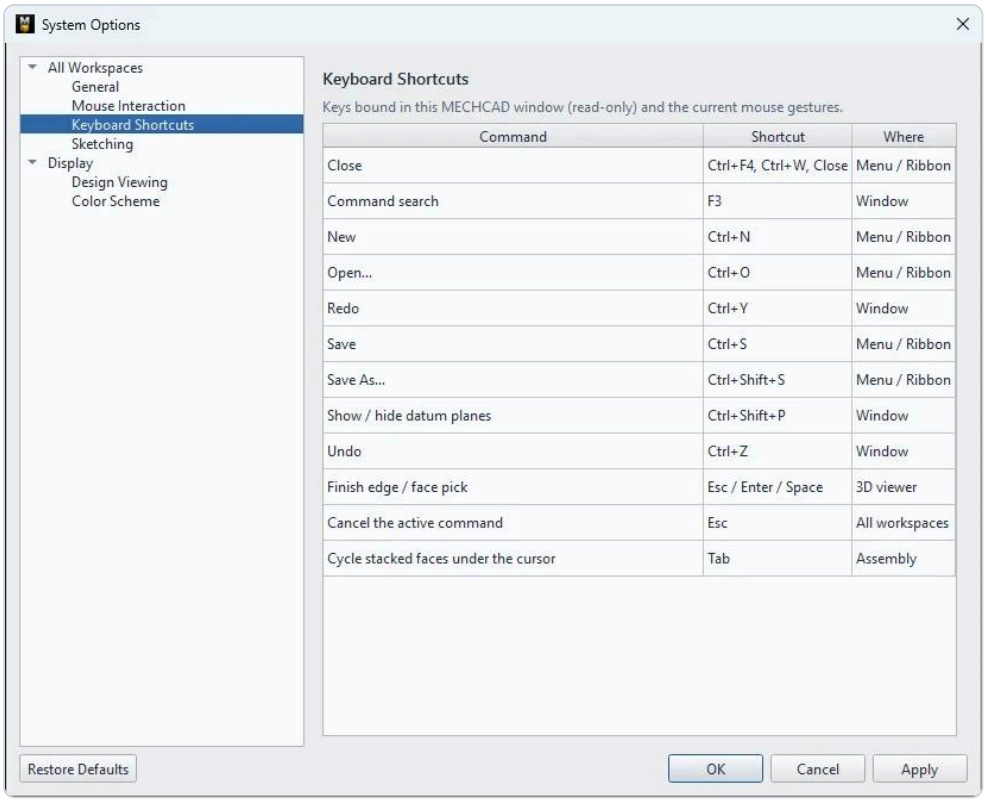
- การใช้เมาส์และการหมุนมุมมอง
- คีย์ลัด
- โหมดการแสดงผล

คีย์ลัด (Keyboard Shortcuts) Standard

รวมคีย์ลัดที่ใช้บ่อยใน MECHCAD ทุก Workbench

ใช้ทำอะไร

รวมคีย์ลัดของ MECHCAD คีย์ลัดเป็นค่าตายตัว ดูรายการได้ที่ **File › System Options... › Keyboard Shortcuts**



System Options › Keyboard Shortcuts

ทั่วไป

คีย์	คำสั่ง
Ctrl+N	New
Ctrl+O	Open...
Ctrl+S	Save
Ctrl+Shift+S	Save As...
Ctrl+Z	Undo
Ctrl+Y / Ctrl+Shift+Z	Redo
F3	Command search
Ctrl+Shift+P	Show / hide datum planes
Esc	ยกเลิกคำสั่งที่ใช้อยู่
Esc / Enter / Space	จบการเลือกขอบ/หน้า (Fillet, Chamfer, Shell ...)
Delete / Backspace	ลบสิ่งที่เลือก

Sketch

คีย์	คำสั่ง
L	Line

คีย์	คำสั่ง
C	Circle
R	Rectangle
D	Smart Dimension
Tab / Shift+Tab	สลับช่องกรอกค่า (Dynamic input)
Enter	สร้างรูปตามค่าที่พิมพ์ / ไปขั้นถัดไปของ Mirror, Pattern
Esc (1 ครั้ง)	จบเส้นที่วาดอยู่
Esc (2 ครั้ง)	กลับเป็น Select
กด Alt ค้าง	ปิด Snap ชั่วคราว
R / D (ขณะทำมิติวงกลม)	สลับรัศมี / เส้นผ่านศูนย์กลาง

Assembly

คีย์	คำสั่ง
Tab	สลับหน้าที่ซ้อนกันใต้เคอร์เซอร์ขณะเลือก Mate
Esc	ยกเลิกการลาก / จบคำสั่ง Mate
Shift + ลากชิ้นส่วน	หมุนชิ้นส่วน
Ctrl + ลากชิ้นส่วน	คัดลอกแล้วลาก

Drawing

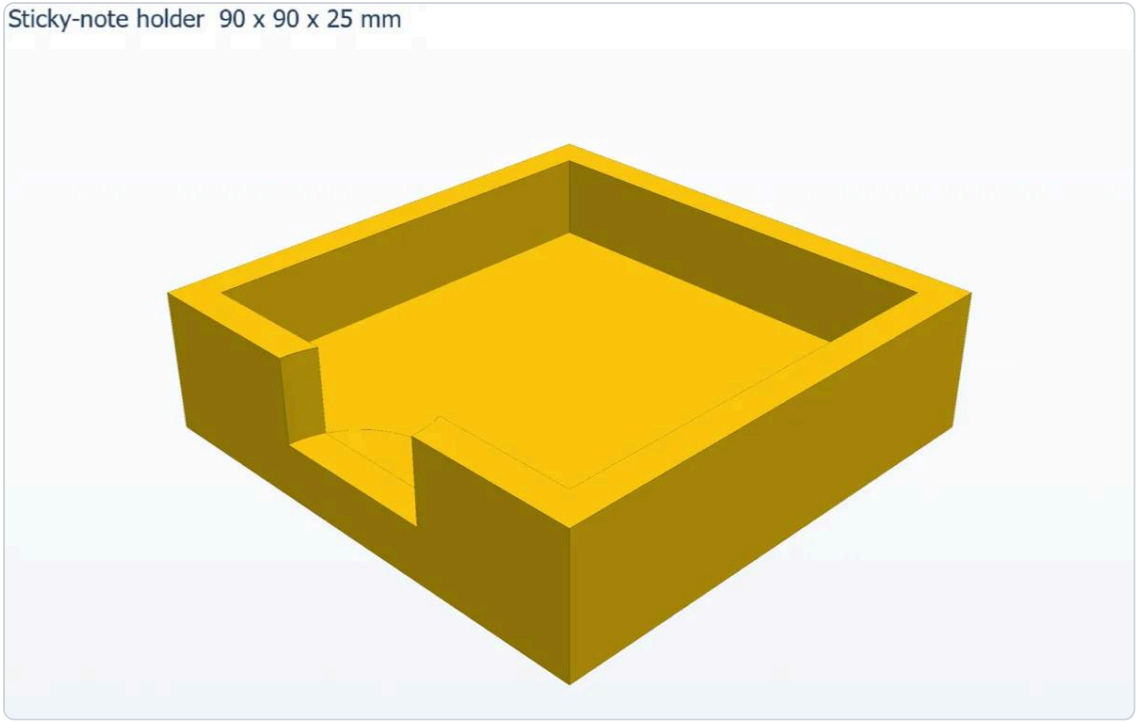
คีย์	คำสั่ง
Esc	ยกเลิกการเลือกมิติ / ออกจากเครื่องมือ
Delete	ลบสิ่งที่เลือก
Ctrl+Z / Ctrl+Y	Undo / Redo (สูงสุด 60 ขั้น)
ดับเบิลคลิกข้อความ	แก้ไขข้อความ (Edit Text)

ลองทำตาม: ถาดใส่กระดาษโน้ต (แทบไม่ต้องจับเมาส์)

ถาดสำหรับกระดาษโน้ตกาวขนาดมาตรฐาน 76 มม. สร้างด้วยคีย์บอร์ดเป็นหลัก เมื่อนิ้วจำปุ่มพวกนี้ได้ ทุก Sketch จะเร็วขึ้นทันที

1. กด **Ctrl+N** แล้วเริ่ม Sketch บนระนาบ **XY**
2. กด **R** คลิกที่ Origin พิมพ์ **90 Tab 90 Enter** แล้วกด **Esc** 2 ครั้งกลับไปที่ Select
3. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude 25** มม.
4. คลิกขวาที่ผิวบน › **New Sketch on this face** กด **R** คลิกใกล้มุมซ้ายล่าง พิมพ์ **78 Tab 78 Enter** แล้ว **Esc** 2 ครั้ง
5. กด **D** กำหนดให้หลุมห่างจากขอบซ้าย **6** มม. และขอบหน้า **6** มม. กด **Finish Sketch** แล้ว **Cut / Remove › Extrude Depth 15**
6. Sketch บนผิวบนอีกครั้ง กด **C** คลิกที่จุดกึ่งกลางขอบหน้า พิมพ์ **30** แล้ว **Enter** ตัดลึก **15** มม. ได้ร่องไว้สอดนิ้วหยิบกระดาษ

7. พลาดตรงไหน **Ctrl+Z** ย้อน **Ctrl+Y** ทำซ้ำ เสร็จแล้วกด **Ctrl+S**



ถาดกระดาษโน้ต 90 x 90 x 25 มม. พร้อมร่องสอดนิ้ว

ลองต่อ: กด **F3** พิมพ์ *bevel* แล้ว **Enter** เพื่อเรียก Chamfer แล้วลบมุมขอบบนด้านนอก 1 มม.

ดูเพิ่ม

- Ribbon และ Command Search
- การใช้เมาส์และการหมุนมุมมอง

Measure (วัดระยะ มุม และขนาด) Standard

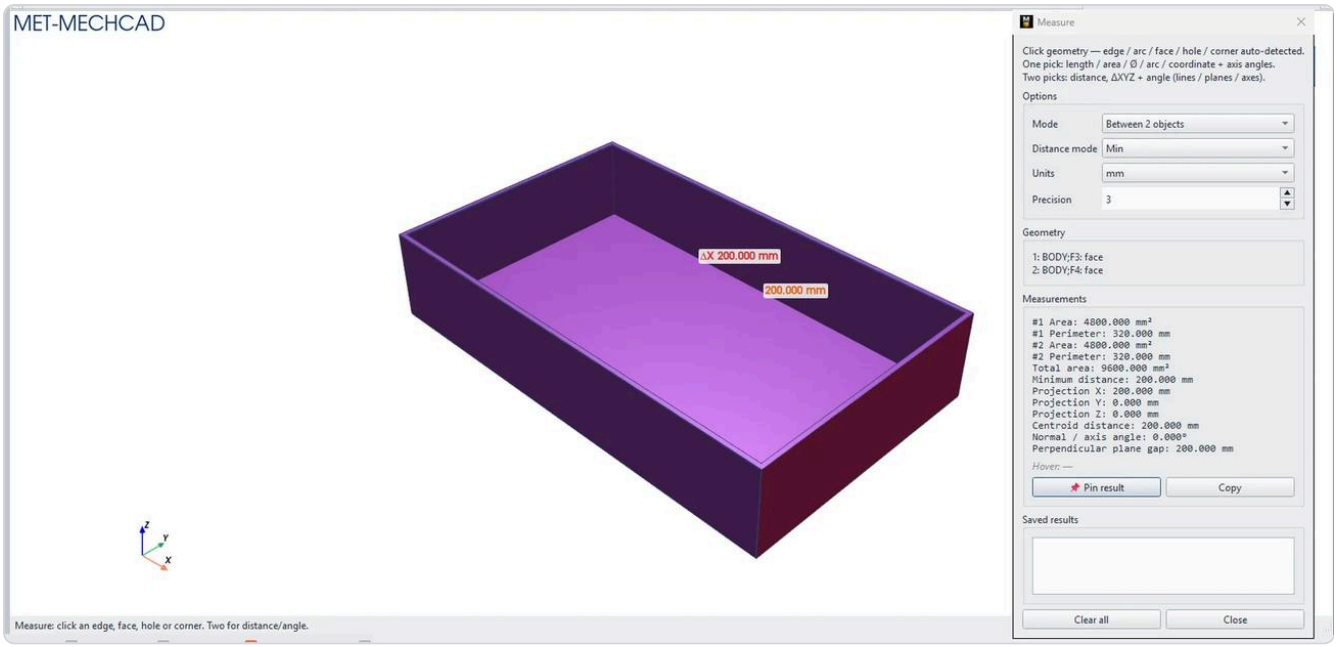
วัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง ระยะระหว่างวัตถุ และมุม ทั้งใน Part และ Assembly

ใช้ทำอะไร

เครื่องมือวัดตรวจจับชนิดวัตถุอัตโนมัติ (ขอบ หน้า รู มุม จุด) คลิก 1 ครั้งได้ขนาดของวัตถุ คลิก 2 ครั้งได้ระยะ ΔX/ΔY/ΔZ และมุม

อยู่ที่ไหน

- ปุ่ม **Measure** บนแถบด้านบน (ทุก Workbench)
- Part Design: **View › Inspect › Measure** หรือคลิกขวาในมุมมอง › **Measure**
- Assembly: **View & Inspect › Inspect › Measure**

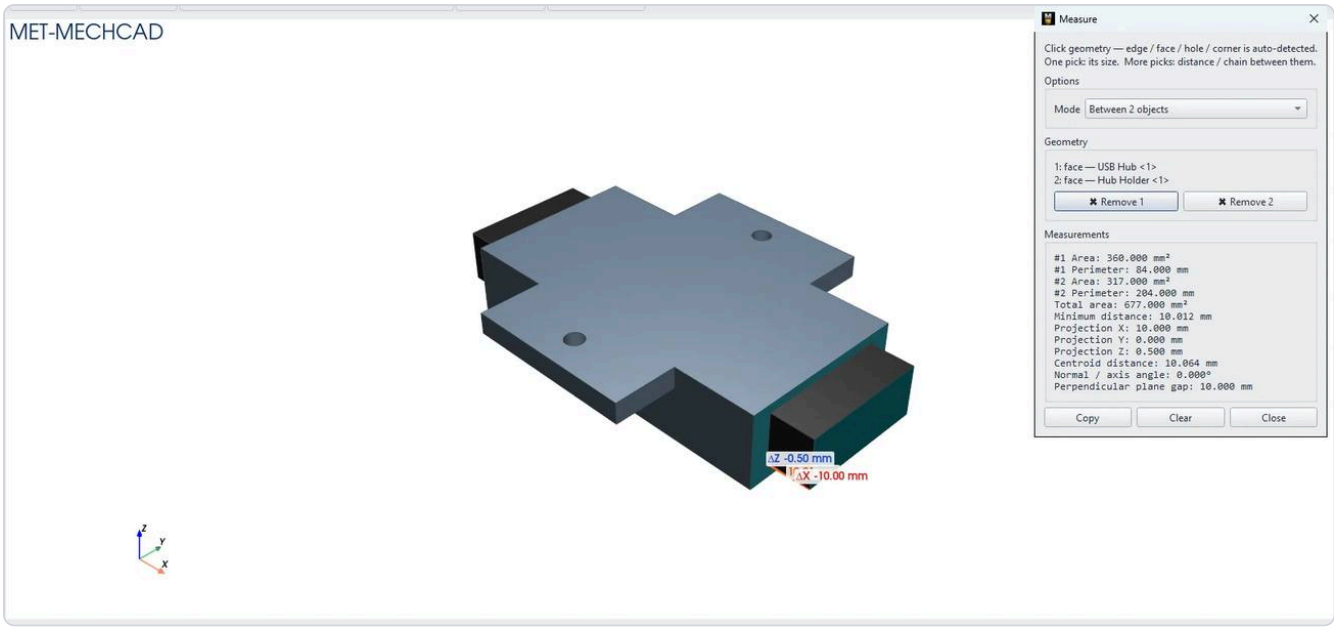


แผง Measure ใน Part Design

ขั้นตอน

1. กด **Measure** แผง Measure จะเปิดที่มุมขวาบน
2. คลิกวัตถุแรก: แผงแสดงความยาว พื้นที่ Ø ส่วนโค้ง หรือพิกัด
3. คลิกวัตถุที่สอง: แสดงระยะ ΔX/ΔY/ΔZ และมุม
4. กด 📌 **Pin result** เพื่อเก็บผลไว้ หรือ **Copy** เพื่อคัดลอก
5. กด **Close** เมื่อเสร็จ

ตัวเลือก	ความหมาย
Mode	**Between 2 objects** (วัดระหว่าง 2 วัตถุ) / **Chain** (วัดต่อเนื่อง) / **From First** (วัดจากวัตถุแรกทุกครั้ง)
Distance mode	Min / Max / Center-to-center / Perpendicular
Units	mm / cm / m / in
Precision	จำนวนทศนิยม 0–6 (ค่าเริ่มต้น 3)
Saved results	ผลที่ปักหมุดไว้
Clear all	ล้างผลทั้งหมด



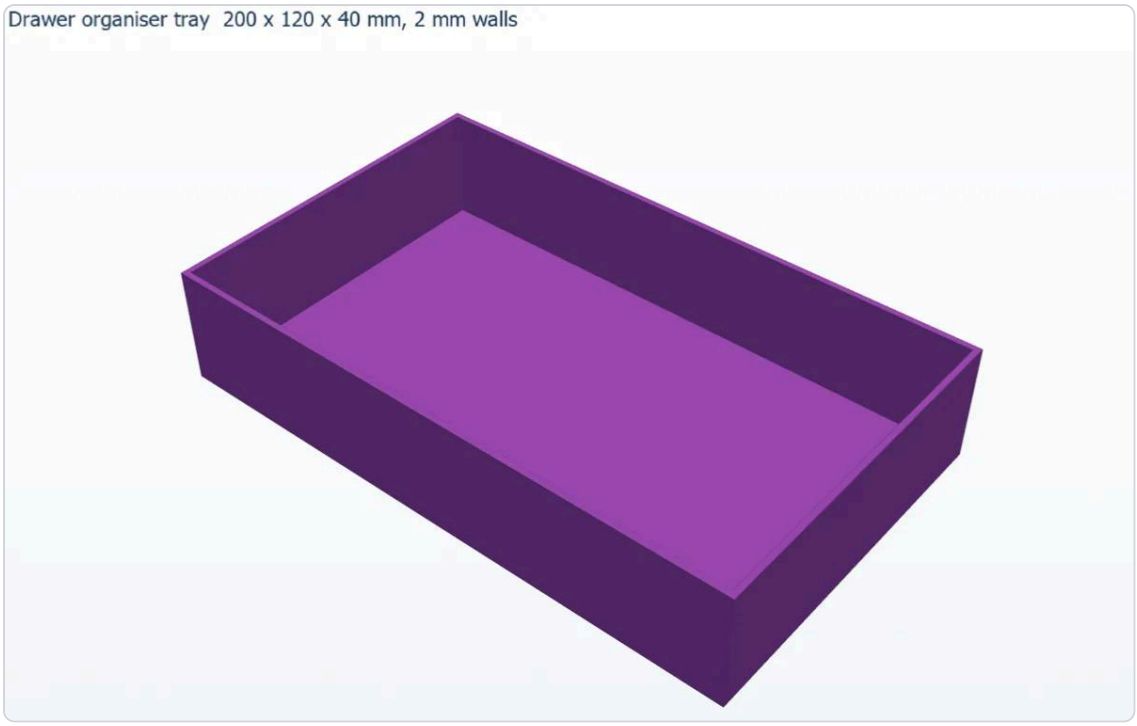
แผง Measure ใน Assembly

> **หมายเหตุ: Size Box** (คลิกขวาในมุมมอง) แสดงขนาดรวม X × Y × Z ของชิ้นงาน หรือของชิ้นส่วนที่เลือกใน Assembly

ลองทำตาม: ตรวจถาดจัดระเบียบลิ้นชักก่อนสั่งพิมพ์

ก่อนเสียเวลาพิมพ์ 3D หลายชั่วโมง วัดก่อน: ถาดใส่ลิ้นชักได้ไหม และผนังหนาพอหรือยัง

1. Sketch บน **XY** สี่เหลี่ยม **200 × 120** แล้ว **Extrude 40** มม.
2. กด **Model › Features › Shell** คลิกผิวบน ใส่ **Wall thickness 2** แล้วกด **OK**
3. กด **Measure** คลิกผิวด้านในของผนังซ้าย แล้วคลิกผิวด้านในของผนังขวา แผงจะแสดง **196.000** มม. กด 📌 **Pin result**
4. คลิกผิวนอกและผิวในของผนังเดียวกัน: **2.000** มม.
5. เปลี่ยน **Mode** เป็น **From First** คลิกพื้นด้านใน แล้วคลิกขอบปากถาด: ความลึกใช้งานได้ **38.000** มม.
6. เปลี่ยน **Units** เป็น **in**: 196 มม. จะแสดงประมาณ **7.717 in** แล้วเปลี่ยนกลับเป็น **mm** กด **Close**
7. คลิกขวาในมุมมอง › **Size Box**: **200 × 120 × 40** มม. คือขนาดที่ต้องใช้เทียบกับลิ้นชัก



ถาดจัดระเบียบลิ้นชัก 200 x 120 x 40 มม. ผนังหนา 2 มม.

ลองต่อ: ใช้ไม้บรรทัดวัดด้านในลิ้นชักจริง แล้วแก้ Sketch ของ Extrude จน **Size Box** เหลือระยะเผื่อ 2 มม. ทุกด้าน

ดูเพิ่ม

- Interference และ Clearance

แบบทดสอบท้ายบทที่ 2: หน้าจอและการตั้งค่า

เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว เฉลยอยู่ใน ภาคผนวก ก

1. **กดปุ่มใดเพื่อเปิด Command Search ค้นหาคำสั่งจากชื่อ**

   ก. F3 **ข.** F1

   ค. Ctrl+F **ง.** F5

2. **เมื่อใช้ค่าเมาส์เริ่มต้นแบบ MECHCAD จะหมุนมุมมอง 3D อย่างไร**

   ก. ลากปุ่มซ้ายบนพื้นที่ว่าง **ข.** ลากด้วยปุ่มขวา

   ค. ลากด้วยปุ่มกลาง **ง.** หมุนลูกกลิ้งเมาส์

3. **ค่าเริ่มต้นของ Undo history limit ใน System Options › General คือเท่าไร**

   ก. 20 ขั้น **ข.** 32 ขั้น

   ค. 64 ขั้น **ง.** 500 ขั้น

4. **คีย์ลัดใดใช้แสดง/ซ่อนระนาบอ้างอิง (datum planes)**

   ก. Ctrl+P **ข.** Ctrl+D

   ค. F4 **ง.** Ctrl+Shift+P

5. **ในเครื่องมือ Measure เมื่อคลิกวัตถุที่สอง จะได้ผลอะไร**

   ก. ระยะ ΔX/ΔY/ΔZ และมุม **ข.** มวลของวัตถุทั้งสอง

   ค. พื้นที่รวมของทั้งสองหน้า **ง.** ขนาดรวม X × Y × Z ของชิ้นงาน

6. **โหมดการแสดงผลใดเป็นค่าเริ่มต้น**

   ก. Shaded **ข.** Shaded + Edges

   ค. Hidden edges **ง.** Wireframe

บทที่ 3

Sketch

1. ภาพรวม Sketch: เริ่ม จบ และ Ribbon ของ Sketch
   เริ่ม Sketch บนระนาบหรือหน้าผิว ส่วนประกอบของ Ribbon Sketch และการ Finish Sketch
2. Sketch บนหน้าผิวของชิ้นงาน
   สร้างหรือแก้ไข Sketch บนหน้าผิวเรียบของชิ้นงาน 3D
3. Line, Construction Line, Mid Line และ Polyline
   วาดเส้นตรงต่อเนื่อง เส้นก่อสร้าง เส้นจากจุดกึ่งกลาง และ Polyline
4. Rectangle, Center Rect และ 3-Pt Rect
   วาดสี่เหลี่ยมจาก 2 มุม จากจุดกึ่งกลาง หรือ 3 มุม (สี่เหลี่ยมเอียง)
5. Circle, Center Arc และ 3-Pt Arc
   วาดวงกลมและส่วนโค้งใน Sketch
6. Slot, Ellipse, 3-Pt Ellipse และ Polygon
   วาดร่องยาว (Slot) วงรี และรูปหลายเหลี่ยม
7. Spline, Point และ Text ใน Sketch
   วาดเส้นโค้งอิสระ จุดตำแหน่งรู และข้อความเป็นรูปร่าง Sketch
8. Dynamic input: พิมพ์ขนาดขณะวาด
   พิมพ์ความยาว มุม กว้าง สูง หรือเส้นผ่านศูนย์กลางขณะวาด แล้วได้รูปและมิติตามค่าทันที
9. Smart Dimension และ Smart Angle
   ใส่มิติให้เส้น วงกลม ส่วนโค้ง ระยะระหว่างวัตถุ และมุม
10. Constraints (ข้อบังคับทางเรขาคณิต)
    ใส่ Horizontal, Vertical, Coincident, Parallel, Perpendicular, Tangent, Concentric, Equal, Midpoint, Point On, Symmetric และ Fix
11. Trim, Extend, Fillet, Chamfer และ Offset ใน Sketch
    ตัด ต่อ ลบมุม และ Offset เส้นใน Sketch
12. Mirror, Linear Pattern และ Circular Pattern ใน Sketch
    สะท้อนและทำซ้ำรูปร่างใน Sketch แบบแนวเส้นตรงและรอบจุดศูนย์กลาง
13. Snap และ Auto H/V

การดูดเข้าจุดปลาย จุดกึ่งกลาง จุดศูนย์กลาง จุดตัด และเส้นนำแนว

14. เมนูคลิกขวาใน Sketch

คำสั่งที่เรียกได้จากการคลิกขวาในพื้นที่ว่าง บนเส้น บนจุด และบนมิติ

15. Project, Project All และ Project Face

ฉายขอบของชิ้นงานหรือ Sketch อื่นลงใน Sketch เป็นเส้นอ้างอิงหรือเส้นจริง

16. 3D Sketch (เส้นทาง 3 มิติ)

สร้างเส้นทาง 3 มิติแบบ Polyline หรือ Spline สำหรับ Sweep ท่อ สายไฟ และโครง

17. Helix / Spiral (เส้นเกลียว)

สร้างเส้นเกลียวแบบระยะพิตช์คงที่หรือแปรผัน ใช้เป็นเส้นทางของ Sweep สำหรับสปริงและเกลียว

ภาพรวม Sketch: เริ่ม จบ และ Ribbon ของ Sketch Standard

เริ่ม Sketch บนระนาบหรือหน้าผิว ส่วนประกอบของ Ribbon Sketch และการ Finish Sketch

ใช้ทำอะไร

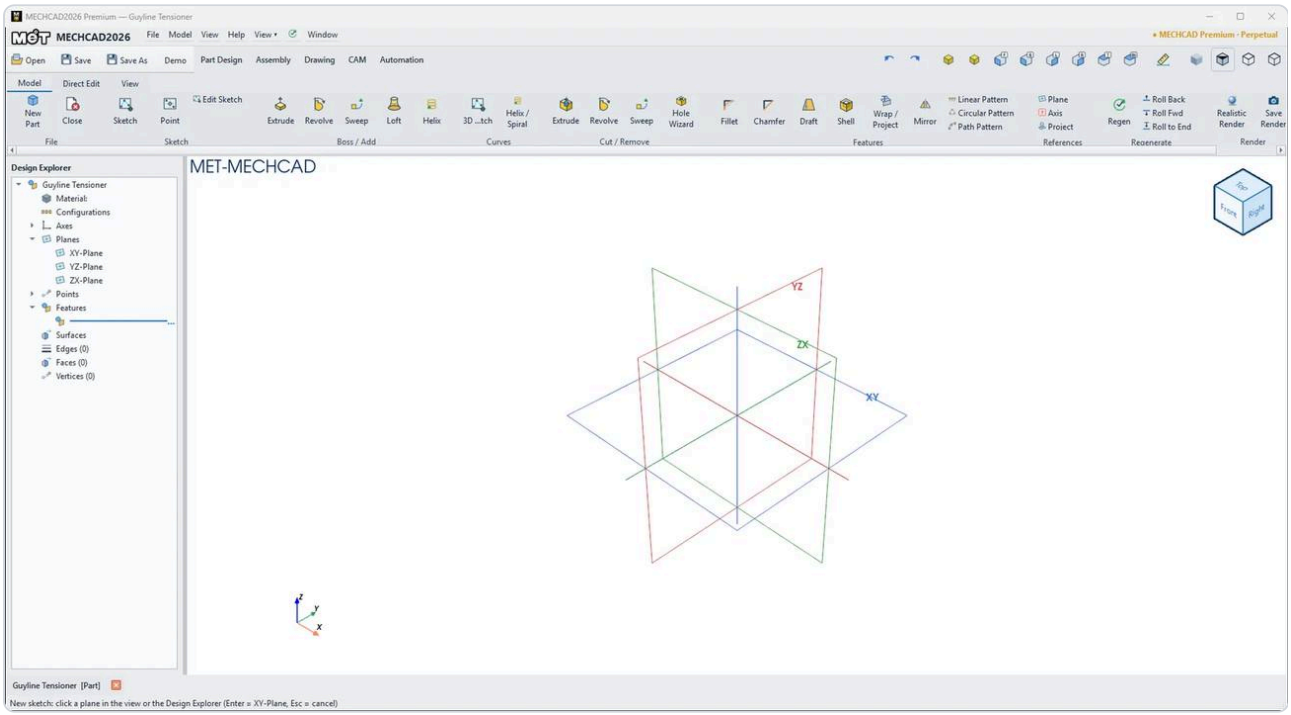
Sketch คือรูปร่าง 2 มิติบนระนาบหรือหน้าผิว ใช้เป็นโปรไฟล์ของ Extrude, Revolve, Sweep, Loft ฯลฯ ใน MECHCAD จะวาด Sketch **ในมุมมอง 3D โดยตรง** (sketch-in-place) ชิ้นงานยังคงอยู่ และหมุนดูได้ระหว่างวาด

อยู่ที่ไหน

- **Model › Sketch › Sketch** (คำสั่ง *Activate 2D Sketch*)
- **Model › Sketch › Edit Sketch** — แก้ Sketch ที่เลือก
- **Model › Sketch › Point** — เริ่ม Sketch พร้อมเครื่องมือ Point สำหรับตำแหน่งรูของ Hole Wizard
- ดับเบิลคลิกระนาบใน Design Explorer หรือในมุมมอง / คลิกขวาหน้าผิว › **Insert Sketch on Surface**

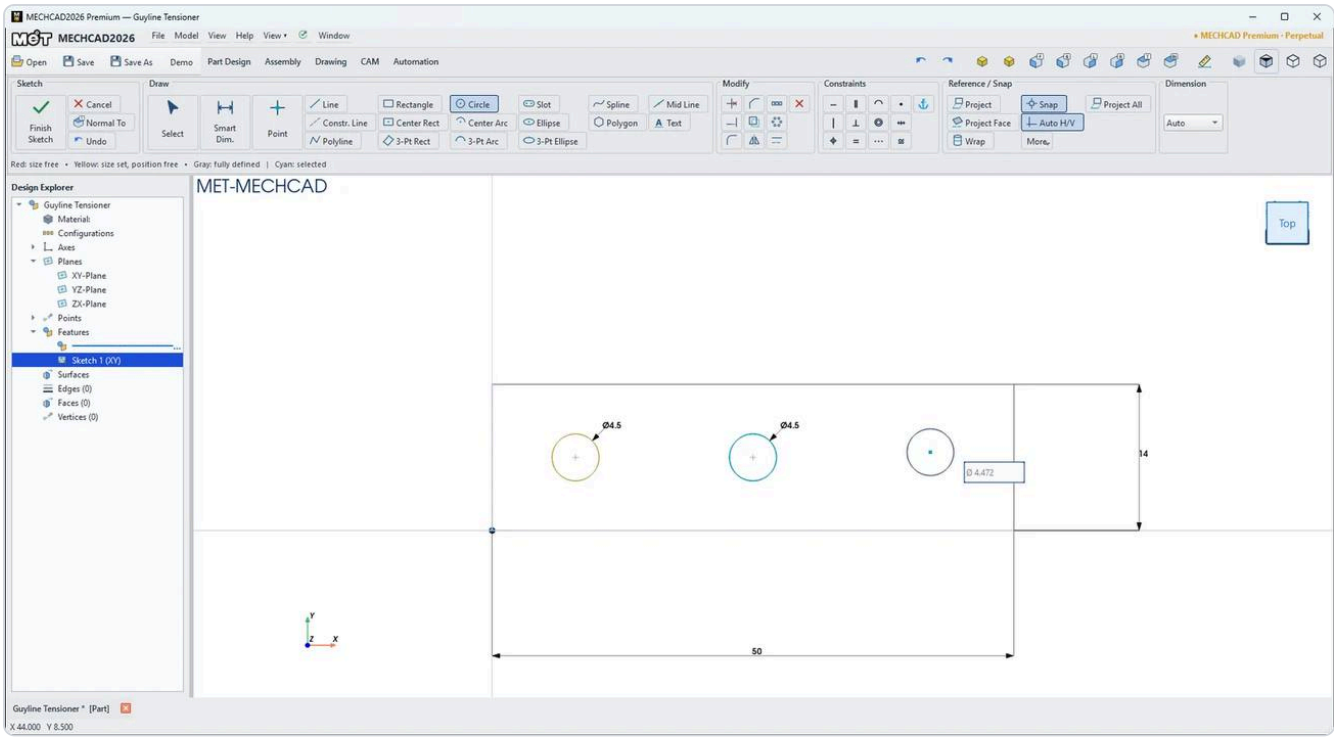
เริ่ม Sketch

1. กด **Sketch** ถ้ายังไม่ได้เลือกระนาบ ระนาบหลักจะปรากฏและแถบสถานะแสดง *New sketch: click a plane in the view or the Design Explorer (Enter = XY-Plane, Esc = cancel)*



รอเลือกระนาบสำหรับ Sketch ใหม่

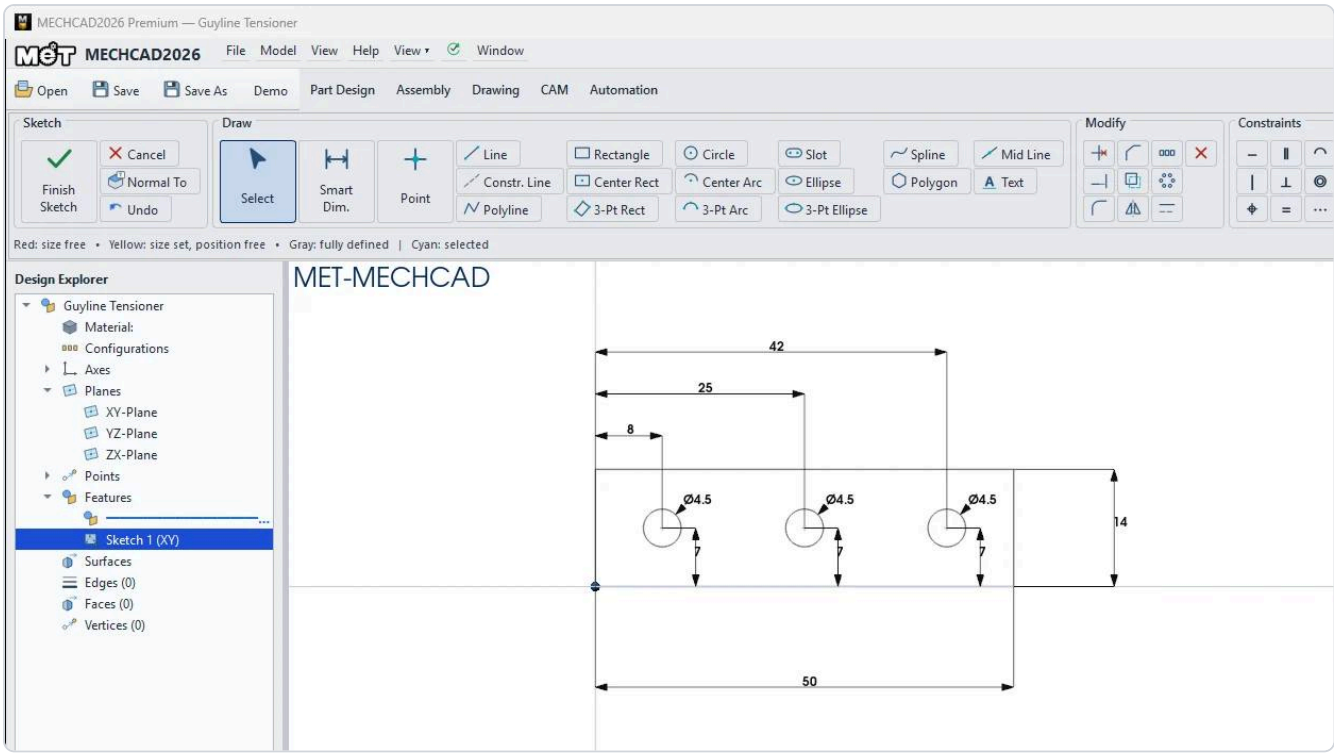
2. คลิกระนาบในมุมมองหรือใน Design Explorer (กด Enter = XY-Plane) มุมมองจะหันตั้งฉากกับระนาบ
3. Ribbon จะเปลี่ยนเป็น Ribbon ของ Sketch



Ribbon ของ Sketch และรูปทรงต่างๆ ที่วาดได้

Ribbon ของ Sketch

กลุ่ม	คำสั่ง
Sketch	**Finish Sketch**, Cancel, Normal To, Undo
Draw	Select, Smart Dim., Point, Line, Constr. Line, Polyline, Rectangle, Center Rect, 3-Pt Rect, Circle, Center Arc, 3-Pt Arc, Slot, Ellipse, 3-Pt Ellipse, Spline, Polygon, Mid Line, Text
Modify	Trim, Extend, Fillet, Chamfer, Offset, Mirror, Linear Pattern, Circular Pattern, Toggle Construction, Delete Selection
Constraints	Horizontal, Vertical, Coincident, Parallel, Perpendicular, Tangent, Concentric, Equal, Midpoint, Point On, Symmetric, Fix
Reference / Snap	Project, Project All, Project Face, Wrap, Snap, Auto H/V, More
Dimension	ตัวเลือกชนิดมิติ: Auto / Size / Between / Between X / Between Y



กลุ่ม Sketch: Finish Sketch, Cancel, Normal To, Undo

สีบอกสถานะ (ใต้ Ribbon)

สี	ความหมาย
แดง	ขนาดยังไม่ถูกกำหนด (size free)
เหลือง	กำหนดขนาดแล้ว แต่ตำแหน่งยังขยับได้
เทา	Fully defined กำหนดครบ
ฟ้า (Cyan)	ถูกเลือก

จบ Sketch

- **Finish Sketch** — บันทึก Sketch แล้วกลับสู่ Ribbon ของ Part
- **Cancel** — ยกเลิกการแก้ไขครั้งนี้
- **Esc** กด 1 ครั้งจบเส้นที่วาดอยู่ กด 2 ครั้งกลับเป็น Select

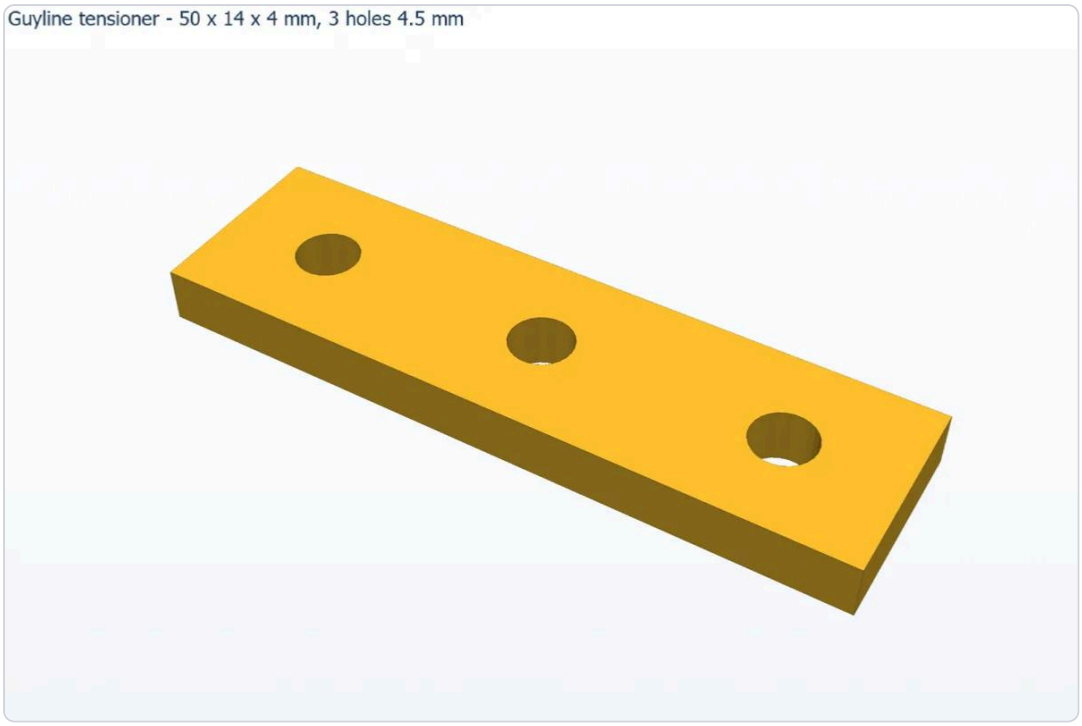
> **หมายเหตุ:** ขณะวาด คลิก = วาด, ลาก = หมุนมุมมอง, คลิกขวา = เมนูเครื่องมือและ Constraint, พิมพ์ตัวเลขแล้ว Enter = สร้างตามขนาด ชิ้นงานจะไม่ถูกขยับขณะวาด

ลองทำตาม: ตัวปรับความตึงเชือกเต็นท์

ตัวปรับความตึงแบบสามรูช่วยให้เชือกเต็นท์ตึงโดยไม่ต้องผูกปม เหมาะเป็น Sketch แรก เพราะได้ลองครบทุกขั้น ตั้งแต่เริ่ม วาด ดูสี ปิด Sketch ไปจนถึง Extrude

1. กด **Model › Sketch › Sketch** แล้วกด **Enter** เพื่อใช้ XY-Plane Ribbon จะเปลี่ยนเป็น Ribbon ของ Sketch
2. กด **R** (Rectangle) คลิกที่ Origin พิมพ์ **50** กด Tab พิมพ์ **14** แล้วกด Enter จากนั้นกด Esc
3. กด **C** (Circle) วาดวงกลม Ø **4.5** สามวงในสี่เหลี่ยม

4. ใช้ **Smart Dimension** วางศูนย์กลางห่างขอบล่าง **7** มม. และห่างขอบซ้าย **8**, **25** และ **42** มม. แล้วสังเกตสีสถานะที่เปลี่ยนจากแดงเป็นเทา (Fully defined)
5. กด **Finish Sketch** แล้วกด **Model › Boss / Add › Extrude** หนา **4** มม.



ตัวปรับความตึงเชือกเต็นท์ งานแรกตั้งแต่ Sketch ถึงชิ้นงาน

ลองต่อ: ก่อนปิด Sketch ลองลบมุมทั้ง 4 ด้วย **Fillet** R5 จะได้ไม่เกี่ยวผ้าเต็นท์

ดูเพิ่ม

- Sketch บนหน้าผิวของชิ้นงาน
- Dynamic input (พิมพ์ค่าขณะวาด)
- Smart Dimension

Sketch บนหน้าผิวของชิ้นงาน Standard

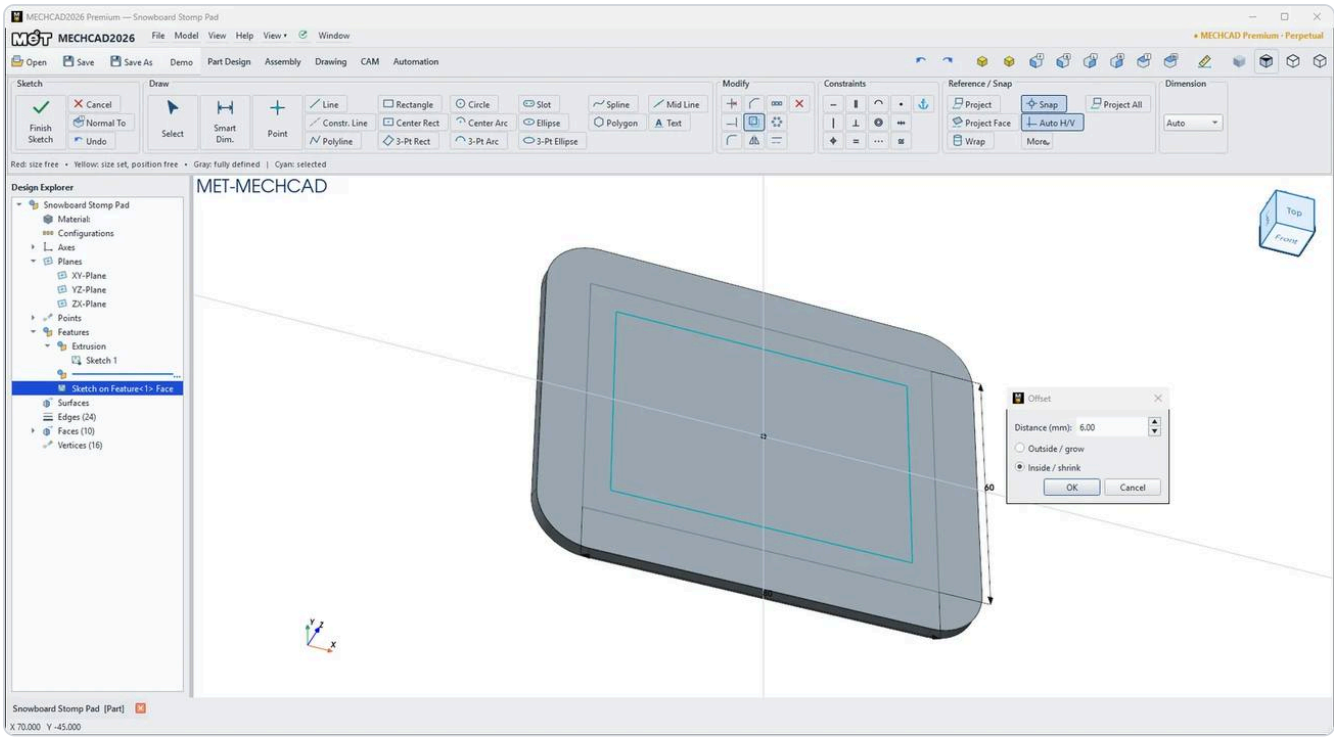
สร้างหรือแก้ไข Sketch บนหน้าผิวเรียบของชิ้นงาน 3D

ใช้ทำอะไร

วาด Sketch ลงบนหน้าผิวเรียบของชิ้นงานที่มีอยู่ เช่น ทำร่อง รู หรือปุ่มบนผิวด้านบน หน้าผิวกลายเป็นระนาบ Sketch โดยตรง

อยู่ที่ไหน

- คลิกขวาหน้าผิวในมุมมอง › **Insert Sketch on Surface**
- Design Explorer › **Faces** › คลิกขวาหน้าผิว › **New Sketch on this face**
- เลือกหน้าผิวแล้วกด **Sketch**



แก้ไข Sketch บนผิวด้านบนของชิ้นงาน

ขั้นตอน

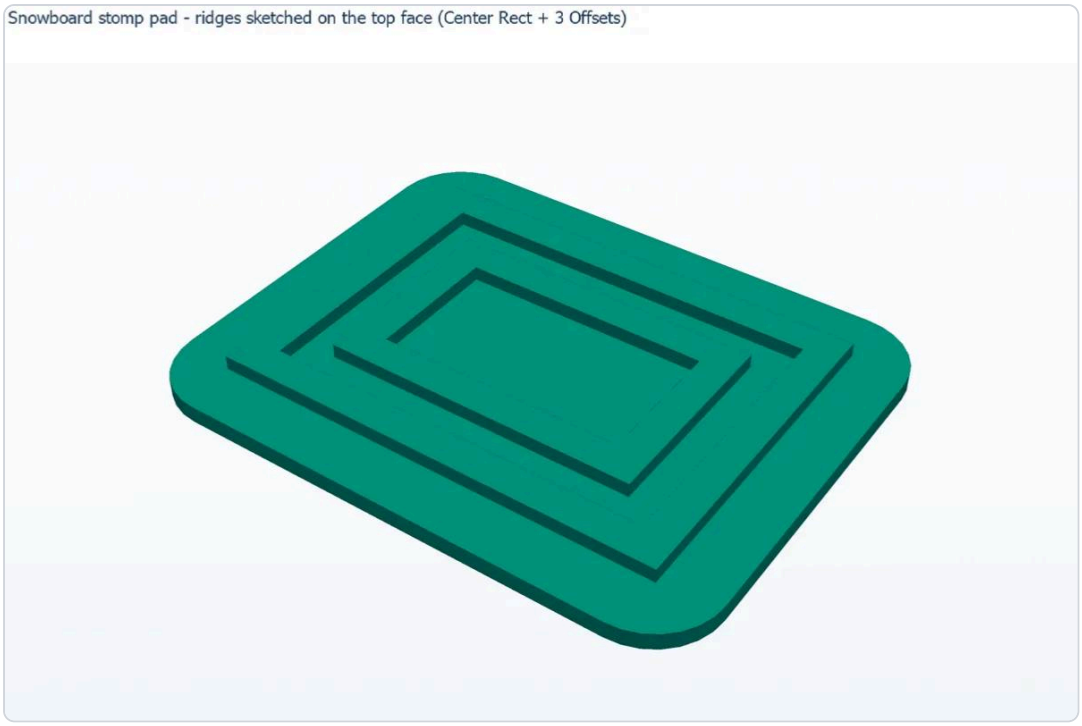
1. คลิกขวาที่หน้าผิวเรียบ › **Insert Sketch on Surface**
2. มุมมองจะหันตั้งฉากมองตรงเข้าหาหน้าผิวทุกครั้ง ขอบของหน้าผิวใช้เป็นจุด Snap ได้ทันที
3. วาดรูปร่างและใส่มิติ ใช้ **Project Face** ถ้าต้องการขอบหน้าผิวเป็นเส้นอ้างอิงแบบเส้นประ
4. กด **Finish Sketch** แล้วสร้าง Feature เช่น Extrude Cut

> **หมายเหตุ:** คลิกขวาในพื้นที่ Sketch มีคำสั่ง ⊥ **Plane View (look at the sketch)** เพื่อหันมองตั้งฉากกับ Sketch

ลองทำตาม: แผ่นกันลื่นสโนว์บอร์ด (Stomp pad)

แผ่นกันลื่นช่วยให้เท้าข้างที่ไม่ได้ล็อกกับบอร์ดไม่ลื่น เราจะวาดสันกันลื่นลงบนหน้าบนของแผ่นโดยตรง จุดกึ่งกลางหน้าจะเป็น Origin ของ Sketch ทุกอย่างจึงอยู่กึ่งกลางให้เอง

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) กด **R** คลิกที่ Origin พิมพ์ **100** กด Tab พิมพ์ **80** แล้วกด Enter ลบมุมทั้ง 4 ด้วย **Fillet** ใน Sketch ขนาด **12** มม. จากนั้นกด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** หนา **3** มม.
2. คลิกขวาที่หน้าบน › **Insert Sketch on Surface**
3. เลือก **Center Rect** คลิกที่จุดกึ่งกลางหน้า (snap) พิมพ์ **80** กด Tab พิมพ์ **60** แล้วกด Enter
4. กด **Offset** คลิกสี่เหลี่ยม ใส่ Distance **6** เลือก **Inside / shrink** แล้วกด OK ทำ Offset กับสี่เหลี่ยมวงในที่ได้ใหม่อีกครั้ง แล้วทำอีกหนึ่งครั้ง จะได้สี่เหลี่ยมซ้อนกัน 4 วง
5. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** สูง **2.5** มม. วงที่ซ้อนกันจะกลายเป็นกรอบนูนสองชั้น มีร่องคั่นตรงกลาง



แผ่นกันลื่นสโนว์บอร์ด สันนูนวาดบนหน้าบนของชิ้นงาน

ลองต่อ: ทำ Offset เพิ่มอีกครั้งเป็นวงที่ 5 แล้วจะเห็นเกาะเล็กๆ โผล่ขึ้นมาตรงกลาง

ดูเพิ่ม

- Project to Sketch
- ภาพรวม Sketch
- Smart Dimension
- Constraints

Line, Construction Line, Mid Line และ Polyline Standard

วาดเส้นตรงต่อเนื่อง เส้นก่อสร้าง เส้นจากจุดกึ่งกลาง และ Polyline

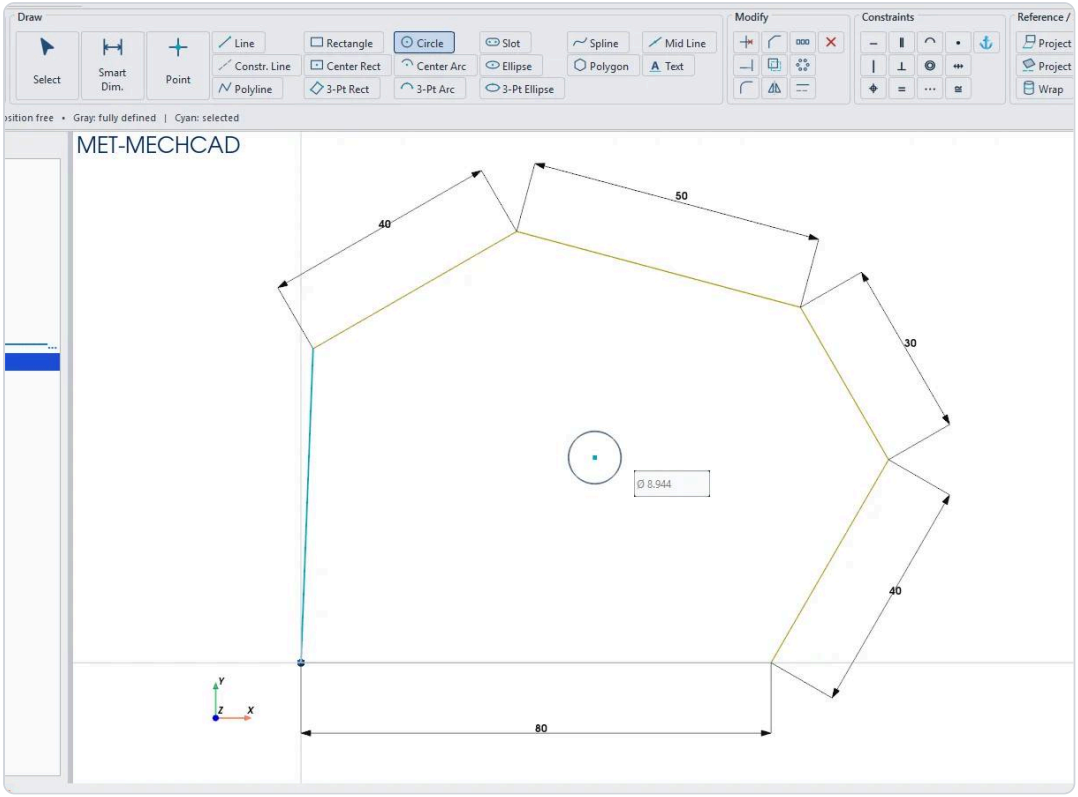
ใช้ทำอะไร

วาดเส้นตรงใน Sketch

เครื่องมือ	Shortcut	วิธีใช้
Line	L	คลิกจุดเริ่ม แล้วคลิกจุดถัดไปต่อเนื่อง จบเมื่อปิดรูป (*Profile closed*), ดับเบิลคลิก, คลิกจุดสุดท้ายซ้ำ หรือ Esc
Constr. Line		เหมือน Line แต่เป็นเส้นก่อสร้าง (เส้นประ) ไม่นำไปสร้าง Feature
Mid Line		คลิกจุดกึ่งกลาง แล้วคลิกปลายเส้น (*Line by Middle*)
Polyline		คลิกจุดยอดต่อเนื่อง ดับเบิลคลิกหรือ Esc เพื่อจบ

อยู่ที่ไหน

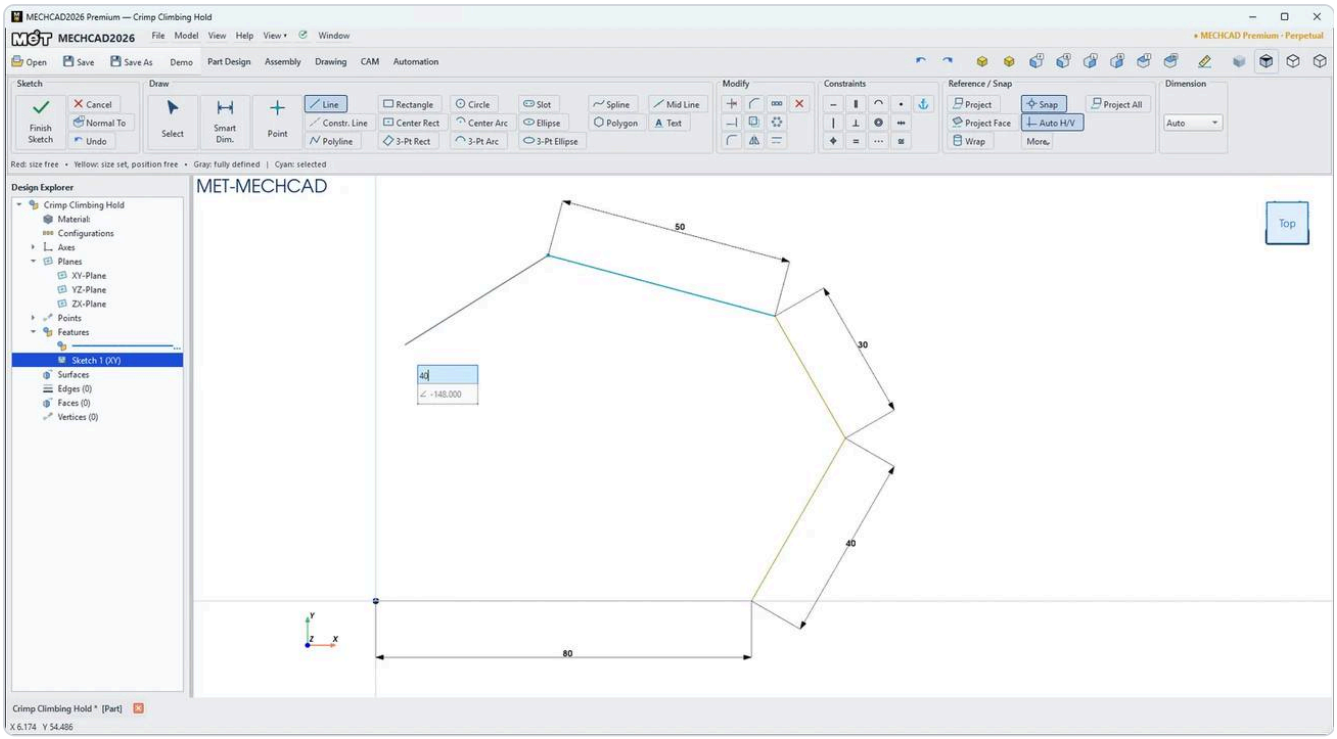
Ribbon Sketch › **Draw** หรือคลิกขวาในพื้นที่ว่าง



กลุ่ม Draw ของ Sketch

ขั้นตอน

1. กด **Line** (หรือกด L)
2. คลิกจุดเริ่ม ระหว่างลากจะเห็นช่อง **L** (ความยาว) และ ∠ (มุม) พิมพ์ค่าได้ทันที ดู Dynamic input
3. คลิกจุดถัดไป เส้นใหม่จะต่อจากปลายเส้นเดิม
4. กด Esc เพื่อจบสาย กด Esc อีกครั้งเพื่อกลับเป็น Select



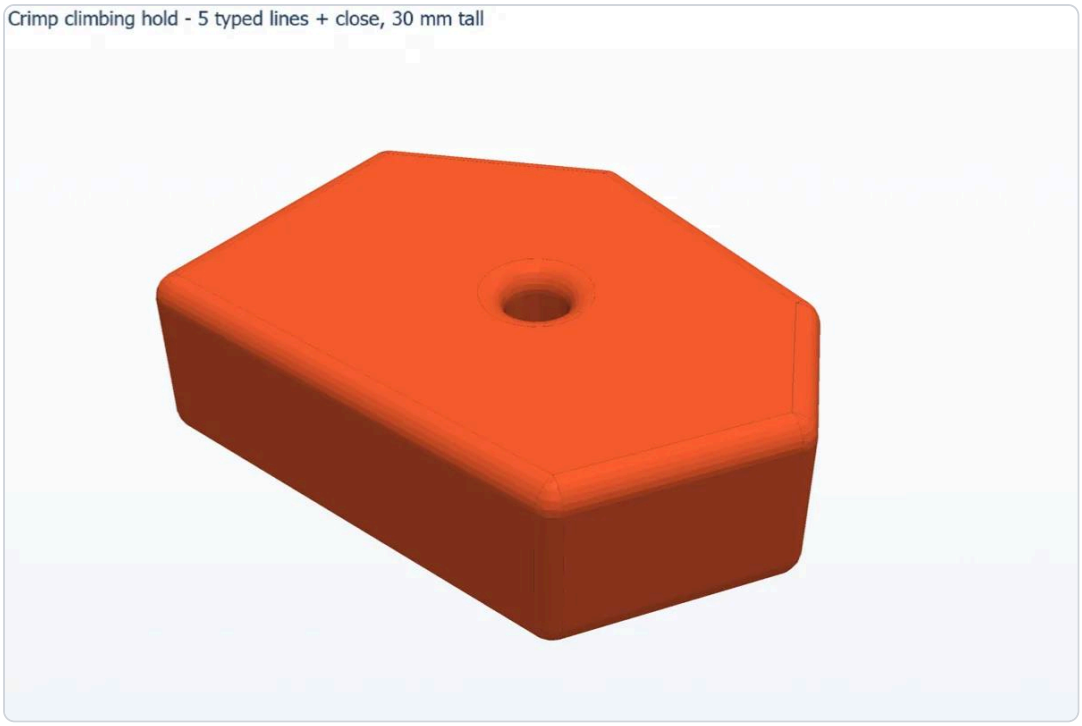
กำลังวาด Line ต่อเนื่อง พร้อมช่อง L และ ∠

> **หมายเหตุ:** เมื่อเปิด **Auto H/V** เส้นที่เกือบแนวนอนหรือแนวตั้งจะถูกจัดตรงและใส่ Constraint Horizontal/Vertical ให้อัตโนมัติ และปลายเส้นจะเรียงตามแนวจุดอื่นพร้อมเส้นนำสายตาแบบประ

ลองทำตาม: หลักปีนผาแบบ Crimp

หลักปีนผาแบบ Crimp เป็นก้อนเหลี่ยมที่มีขอบคมไว้ให้นิ้วเกาะ ใช้ Line วาดเส้นรอบรูปได้ในสายเดียว แค่พิมพ์ความยาวกับมุมของแต่ละด้าน

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) กด **L** แล้วคลิกที่ Origin
2. ด้านละครั้ง ให้พิมพ์ความยาว กด Tab พิมพ์มุม แล้วกด Enter
   - **80**, Tab, **0**, Enter
   - **40**, Tab, **60**, Enter
   - **30**, Tab, **120**, Enter
   - **50**, Tab, **165**, Enter
   - **40**, Tab, **210**, Enter
3. คลิกที่จุดเริ่ม (Endpoint snap) เพื่อปิดรูป แถบสถานะจะขึ้น *Profile closed*
4. กด **C** คลิกที่ประมาณ (50, 35) พิมพ์ **10** แล้วกด Enter ได้รูสำหรับน็อต M10 ที่ใช้ยึดหลัก
5. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** สูง **30** มม. จากนั้นลบมุมทุกขอบด้วย Fillet **4** มม. ให้จับแล้วไม่บาดมือ



หลักปีนผาที่วาดด้วย Line สายเดียว พิมพ์ความยาวและมุม

ลองต่อ: แก้ด้านที่มุม 165° เป็น 150° แล้วดูว่าขอบ Crimp คมขึ้นอย่างไร

ดูเพิ่ม

- ภาพรวม Sketch
- Smart Dimension
- Constraints

Rectangle, Center Rect และ 3-Pt Rect Standard

วาดสี่เหลี่ยมจาก 2 มุม จากจุดกึ่งกลาง หรือ 3 มุม (สี่เหลี่ยมเอียง)

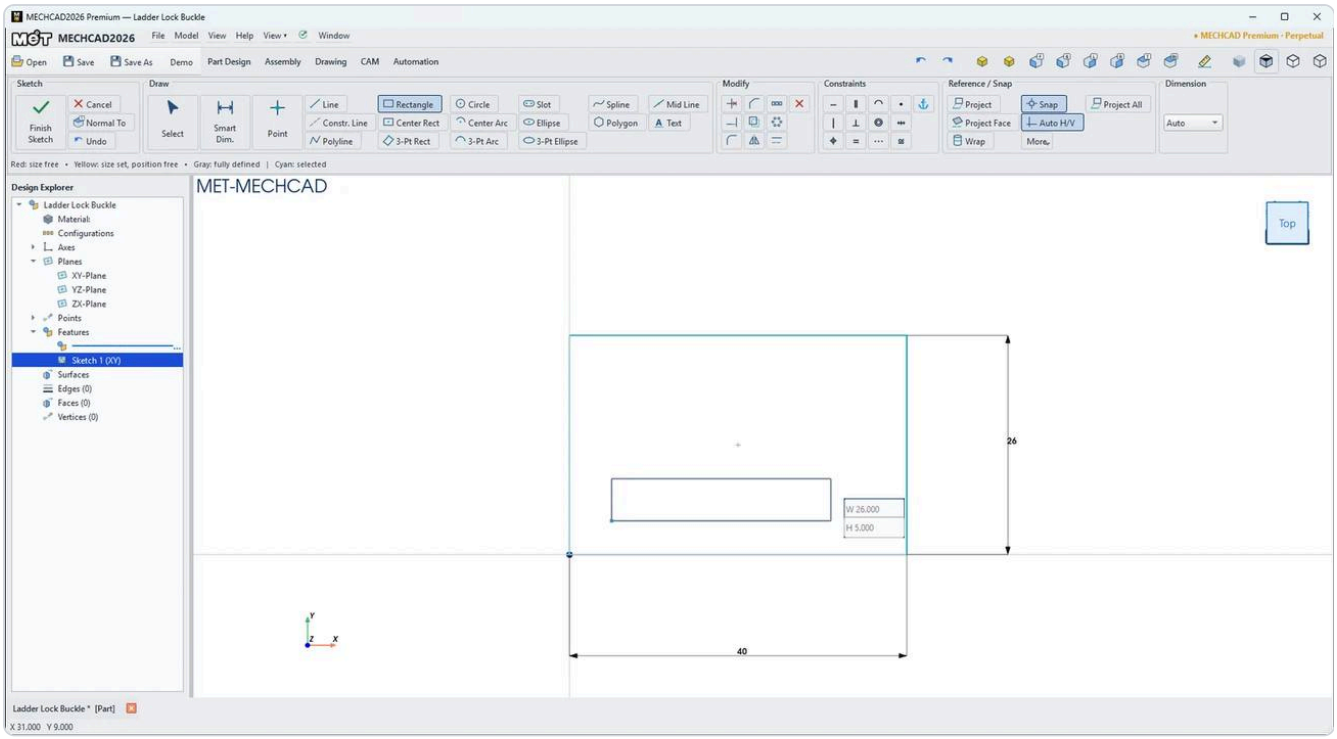
ใช้ทำอะไร

วาดสี่เหลี่ยมผืนผ้า 3 แบบ

เครื่องมือ	Shortcut	วิธีใช้
Rectangle	R	คลิกมุมแรก แล้วคลิกมุมตรงข้าม
Center Rect		คลิกจุดกึ่งกลาง แล้วคลิกมุม
3-Pt Rect		คลิกมุมที่ 1 มุมที่ 2 (กำหนดด้านแรกและมุมเอียง) แล้วมุมที่ 3

อยู่ที่ไหน

Ribbon Sketch › **Draw** หรือคลิกขวา › **Rectangle** (Rectangle by Corners / by Center / by 3 Corners)



กำลังวาด Rectangle

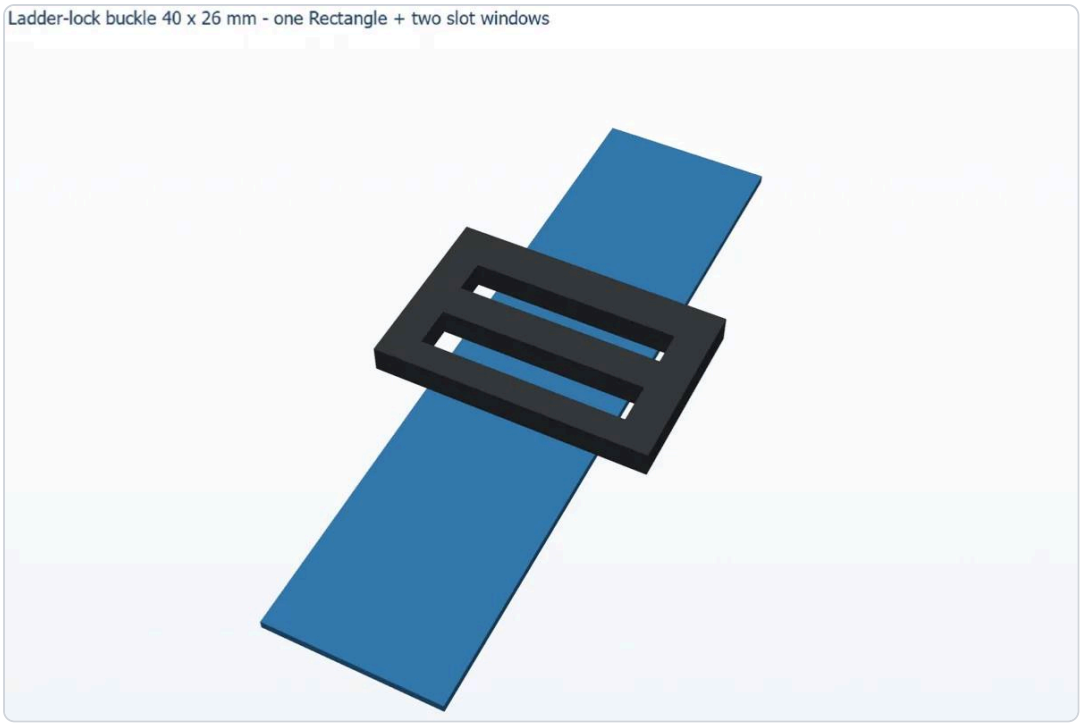
ขั้นตอน

1. กด **Rectangle** (หรือ R)
2. คลิกมุมแรก ช่อง **W** (กว้าง) และ **H** (สูง) จะปรากฏตามเคอร์เซอร์
3. คลิกมุมตรงข้าม หรือพิมพ์ W, กด Tab, พิมพ์ H แล้ว Enter เพื่อได้ขนาดตรงพร้อมมิติ

ลองทำตาม: หัวเข็มขัดปรับสายเป้ (Ladder lock)

หัวเข็มขัดปรับสายที่อยู่บนสายเป้ทุกใบ แท้จริงคือสี่เหลี่ยมสามรูป ได้แก่กรอบนอกกับช่องร้อยสายสองช่อง เหมาะสำหรับฝึกใช้ Rectangle และ Center Rect

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) กด **R** คลิกที่ Origin พิมพ์ **40** กด Tab พิมพ์ **26** แล้วกด Enter ได้กรอบนอก
2. ขณะที่ **Rectangle** ยังทำงานอยู่ คลิกด้านในใกล้ (5, 4) พิมพ์ **30** กด Tab พิมพ์ **6** แล้วกด Enter ได้ช่องล่าง จากนั้นกำหนดมิติมุมของช่องให้ห่างขอบซ้าย **5** มม. และห่างขอบล่าง **4** มม.
3. เลือก **Center Rect** คลิกใกล้ (20, 17.5) พิมพ์ **30** กด Tab พิมพ์ **5** แล้วกด Enter ได้ช่องบน จากนั้นกำหนดมิติจุดกึ่งกลางให้ห่างขอบซ้าย **20** มม. และห่างขอบล่าง **17.5** มม.
4. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** หนา **4** มม. ส่วนสายสีน้ำเงินในภาพใส่ไว้ให้เห็นขนาดเท่านั้น (สายกว้าง 25 มม.)



หัวเข็มขัดปรับสายเป้ กรอบ Rectangle กับช่องร้อยสายสองช่อง

ลองต่อ: ใช้ **3-Pt Rect** ใน Sketch ใหม่ ทำแถบดึงเอียง 15° ที่ขอบล่าง แล้ว Extrude หนา 2 มม.

ดูเพิ่ม

- Dynamic input
- ภาพรวม Sketch
- Smart Dimension
- Constraints

Circle, Center Arc และ 3-Pt Arc Standard

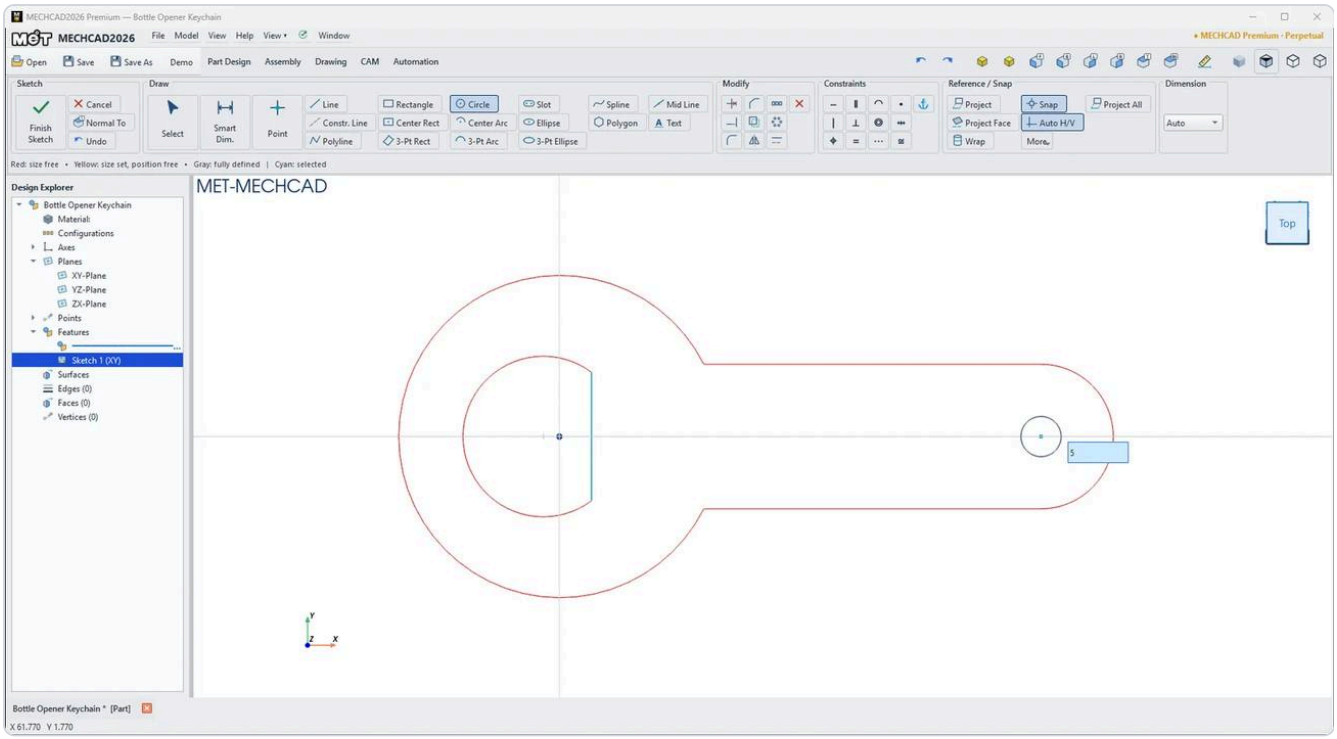
วาดวงกลมและส่วนโค้งใน Sketch

ใช้ทำอะไร

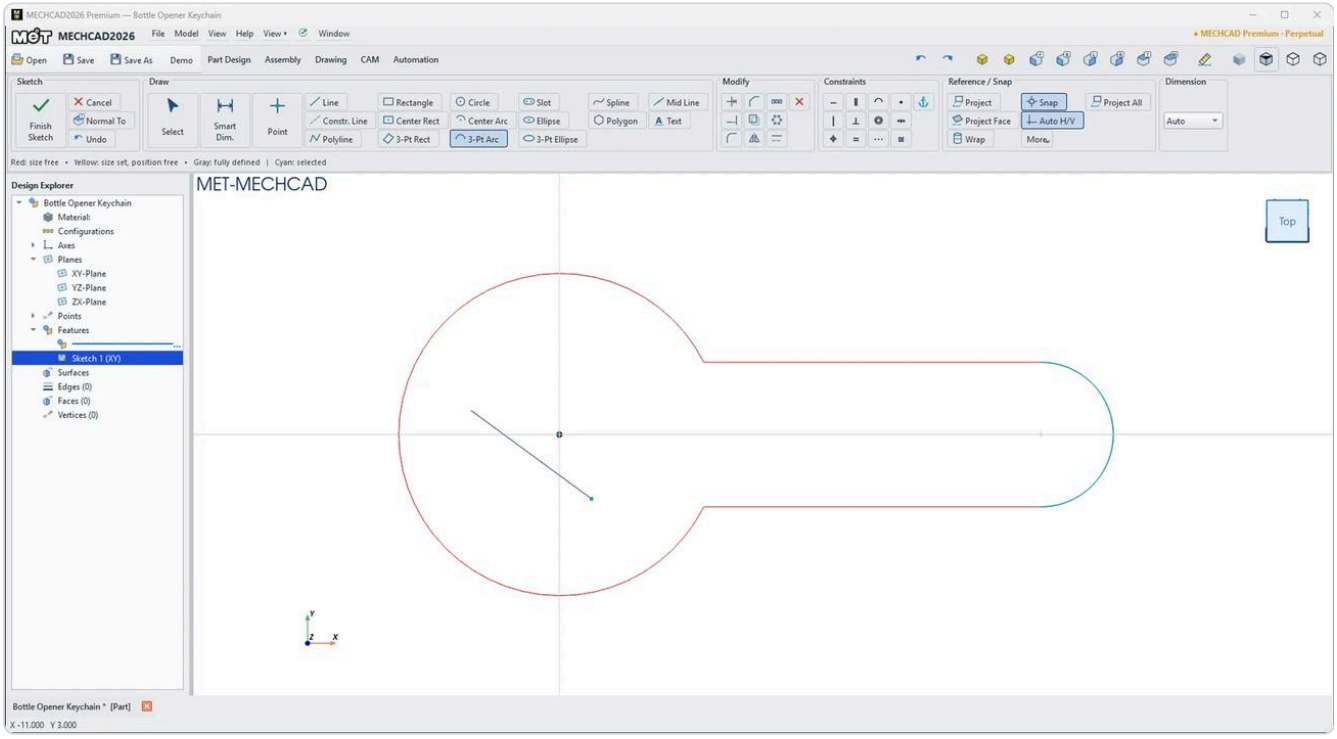
เครื่องมือ	Shortcut	วิธีใช้
Circle	C	คลิกจุดศูนย์กลาง แล้วคลิกจุดบนเส้นรอบวง (พิมพ์ Ø ได้)
Center Arc		คลิกจุดศูนย์กลาง จุดเริ่ม และจุดสิ้นสุด (*Arc by Center-Start-End*)
3-Pt Arc		คลิกจุดเริ่ม จุดสิ้นสุด และจุดบนส่วนโค้ง (*Arc by 3 Points*)

อยู่ที่ไหน

Ribbon Sketch › **Draw** หรือคลิกขวา › **Circle** / **Arc**



กำลังวาด Circle



กำลังวาด 3-Pt Arc

ขั้นตอน (Circle)

1. กด **Circle** (หรือ C)
2. คลิกจุดศูนย์กลาง
3. ลากออกแล้วคลิก หรือพิมพ์ค่า **Ø** แล้วกด Enter

> **หมายเหตุ:** ใช้ Smart Dimension กับวงกลมแล้วกด **R** หรือ **D** เพื่อสลับระหว่างรัศมีและเส้นผ่านศูนย์กลาง

ลองทำตาม: พวงกุญแจที่เปิดขวด

พวงกุญแจที่เปิดขวดอันนี้สร้างจากส่วนโค้ง เส้นตรงสองเส้น และวงกลมหนึ่งวงเท่านั้น ถ้าตัดจากสเตนเลสหนา 3 มม. จะเปิดฝาขวดได้จริง

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) เลือก **3-Pt Arc** คลิกจุดเริ่มที่ประมาณ (18, 9) จุดจบที่ประมาณ (18, −9) แล้วคลิกจุดบนส่วนโค้งที่ประมาณ (−20, 0) ทางซ้ายของ Origin จะได้หัวกลมที่โค้งเกินครึ่งวง (Center Arc วาดได้เฉพาะส่วนโค้งด้านสั้นที่ไม่เกินครึ่งวง)
2. ใช้ **Line** ลากจากปลายบนของส่วนโค้งหัวไปประมาณ (60, 9) แล้วกด Esc ลากอีกเส้นจากปลายล่างไปประมาณ (60, −9) Auto H/V จะจัดทั้งสองเส้นให้เป็นแนวนอน
3. เลือก **Center Arc** อีกครั้ง คลิกศูนย์กลางที่ประมาณ (60, 0) แล้วคลิกปลายเส้นล่าง ตามด้วยปลายเส้นบน จะได้หางมน
4. เลือก **3-Pt Arc** คลิก (4, 8) แล้ว (4, −8) และจุดบนส่วนโค้งที่ประมาณ (−12, 0) แล้วปิดด้วย **Line** จาก (4, −8) ไป (4, 8) ขอบตรงนี้คือปากที่ใช้งัดฝาขวด
5. กด **C** (Circle) คลิกที่ศูนย์กลางส่วนโค้งหาง (Center snap) พิมพ์ **5** แล้วกด Enter ได้รูร้อยห่วงกุญแจ
6. ใช้ **Smart Dimension** กำหนดส่วนโค้งหัว **R20**, ส่วนโค้งหาง **R9**, ระยะระหว่างศูนย์กลางสองส่วนโค้ง **60** และส่วนโค้ง 3 จุด **R10** ถ้าเส้นกับส่วนโค้งหางยังไม่สัมผัสกัน ให้ใส่ **Tangent** เพิ่ม
7. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** หนา **3** มม.



พวงกุญแจที่เปิดขวด จาก 3-Pt Arc, Center Arc และ Circle

ลองต่อ: แก้ส่วนโค้งหัวเป็น R22 แล้วดูเส้นกับหางขยับตาม เพราะมิติและ Constraint เป็นตัวกำหนดรูปทรง

ดูเพิ่ม

- ภาพรวม Sketch
- Smart Dimension
- Constraints

Slot, Ellipse, 3-Pt Ellipse และ Polygon Standard

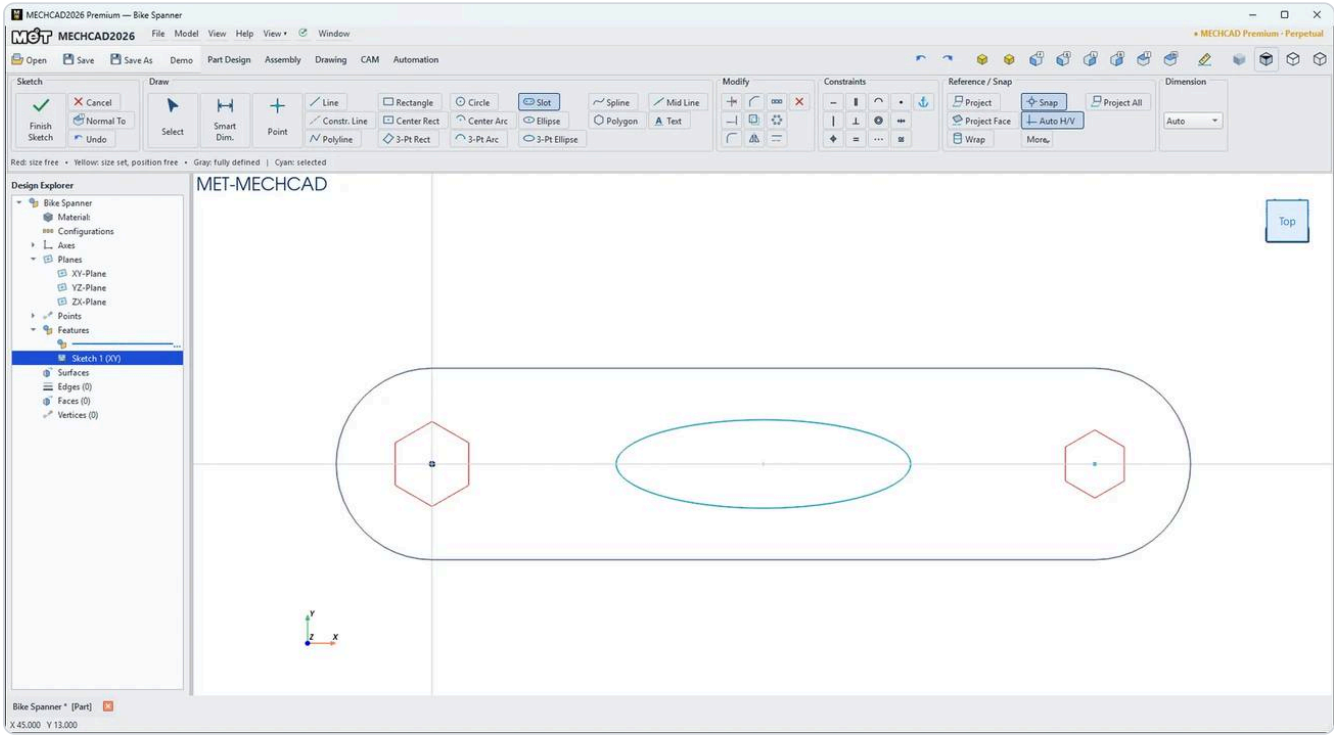
วาดร่องยาว (Slot) วงรี และรูปหลายเหลี่ยม

ใช้ทำอะไร

เครื่องมือ	วิธีใช้
Slot (*Straight Slot*)	คลิกจุดศูนย์กลางปลายด้านหนึ่ง ปลายอีกด้าน แล้วคลิกครั้งที่ 3 เพื่อกำหนดความกว้าง (แกนจะล็อกแนวนอน/ตั้งเมื่อเปิด Auto H/V)
Ellipse (*Ellipse by Center*)	คลิกจุดศูนย์กลาง จุดปลายแกน แล้วจุดกำหนดขนาดอีกแกน
3-Pt Ellipse	คลิก 3 จุดกำหนดวงรี
Polygon	คลิกจุดศูนย์กลาง แล้วคลิกจุดรัศมี ได้หกเหลี่ยมแบบแนบใน (inscribed)

อยู่ที่ไหน

Ribbon Sketch › **Draw** หรือคลิกขวา › **Ellipse**



กำลังวาด Slot (ภาพมีวงรีและหกเหลี่ยมที่วาดแล้ว)

> **หมายเหตุ:** Polygon ใน Part Design เป็นหกเหลี่ยมเสมอ ถ้าต้องการจำนวนเหลี่ยมอื่น ให้วาดด้วย Line และใส่ Constraint Equal

ลองทำตาม: ประแจพกพาสำหรับปั่นทริป

ประแจพกติดกระเป๋าตอนปั่นทริปต้องมีขอบมน รูหกเหลี่ยมสองขนาด และช่องจับที่ช่วยให้เบา ซึ่งก็คือ Slot, Polygon และ Ellipse พอดี

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) เลือก **Slot** คลิกที่ Origin คลิก (90, 0) เลื่อนเมาส์เพื่อกำหนดความกว้างแล้วคลิก จากนั้นใช้ **Smart Dimension** กำหนดระยะระหว่างศูนย์กลางปลาย **90** และส่วนโค้งปลาย **R13** (กว้าง 26 มม.)
2. เลือก **Polygon** คลิกศูนย์กลางที่ศูนย์กลางส่วนโค้งปลายซ้าย (Center snap) แล้วคลิกจุดรัศมี จากนั้นกำหนดมิติด้านหนึ่งเป็น **5.77** มม. ด้านของหกเหลี่ยมยาวเท่ารัศมีถึงมุม จึงได้รูประแจขนาด **10 มม.** วัดข้ามด้านแบน
3. ทำแบบเดียวกันที่ปลายขวา โดยใช้ด้านยาว **4.62** มม. จะได้รูขนาด **8 มม.**
4. เลือก **Ellipse** คลิกศูนย์กลางที่ (45, 0) คลิกปลายแกนห่างไปทางขวา 20 มม. ที่ (65, 0) แล้วคลิกจุดที่สูงกว่าศูนย์กลาง 6 มม. ได้ช่องจับ
5. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** หนา **5** มม.



ประแจพกพา ขอบเป็น Slot มีรูหกเหลี่ยมสองขนาดและช่อง Ellipse

ลองต่อ: เปลี่ยนรู 8 มม. เป็น 13 มม. (ด้านยาว **7.51** มม.) แล้วขยายปลาย Slot เป็น **R16** ให้เนื้อรอบรูใหญ่ยังหนาพอ

ดูเพิ่ม

- ภาพรวม Sketch
- Smart Dimension
- Constraints

Spline, Point และ Text ใน Sketch Standard

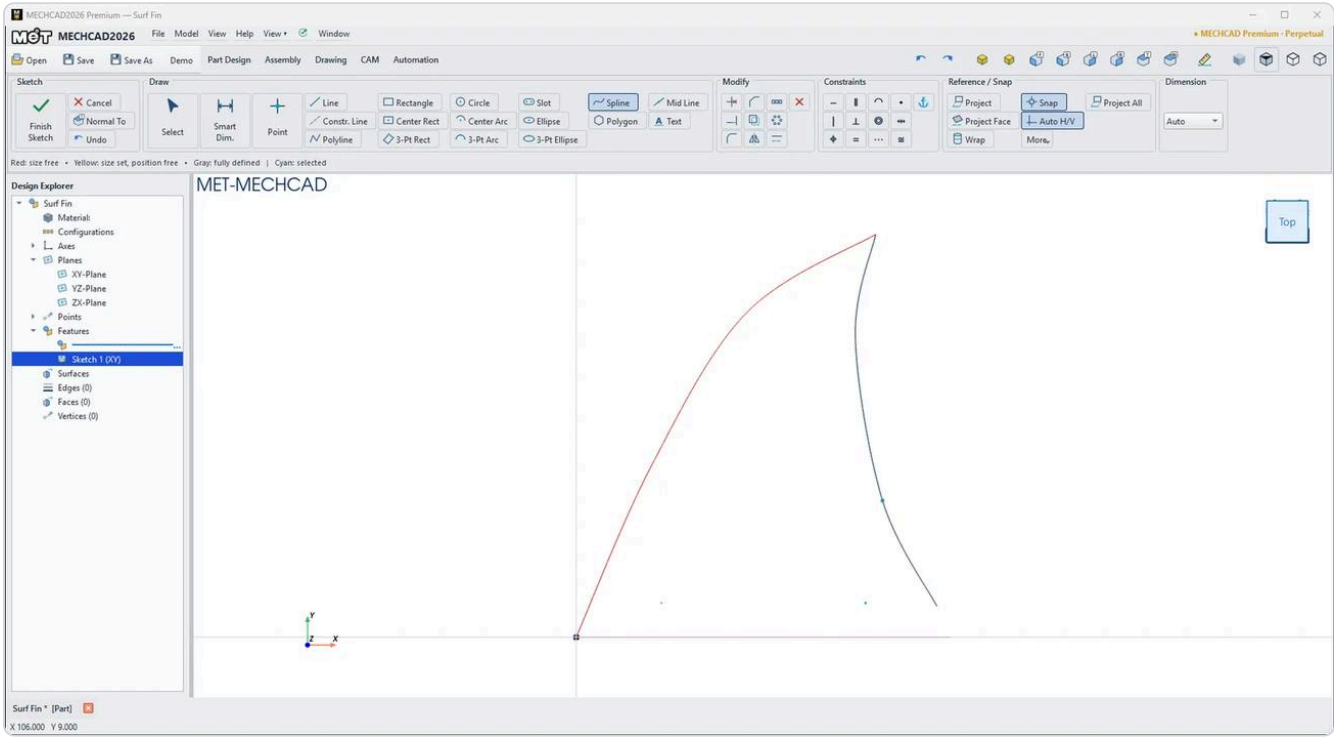
วาดเส้นโค้งอิสระ จุดตำแหน่งรู และข้อความเป็นรูปร่าง Sketch

ใช้ทำอะไร

เครื่องมือ	วิธีใช้
Spline	คลิกจุดควบคุมต่อเนื่อง ดับเบิลคลิกหรือ Esc เพื่อจบ
Point	คลิก 1 ครั้งต่อ 1 จุด ใช้กำหนดตำแหน่งรูให้ Hole Wizard (*Position drills at every Point*)
Text	สร้างข้อความเป็นเส้นรอบตัวอักษร ใช้ Extrude / Cut / Wrap ได้ แผงตั้งค่ามี Text (ค่าเริ่มต้น "MET"), Font (DejaVu Sans / Serif / Sans Mono), Height (10), Centre X, Centre Y, Angle

อยู่ที่ไหน

Ribbon Sketch › **Draw** › Spline / Point / Text หรือ Ribbon Part › **Model › Sketch › Point**



กำลังวาด Spline เส้นที่สองของครีบ (Point 2 จุดคือตำแหน่งรูสกรู)

ขั้นตอน (Spline)

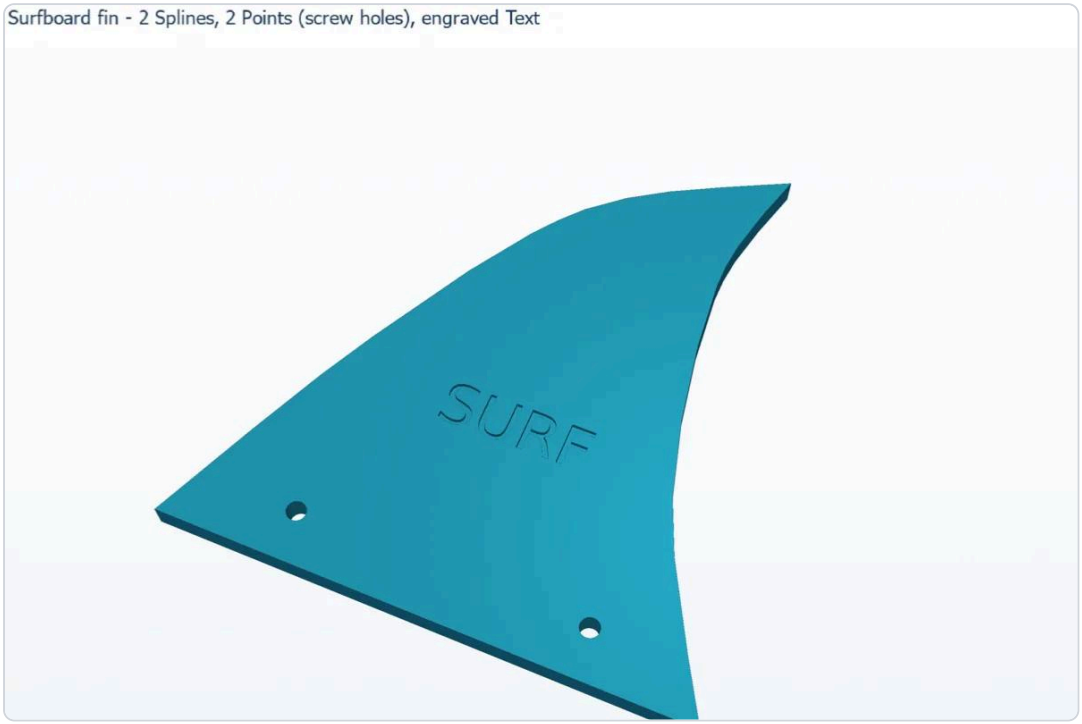
1. กด **Spline**
2. คลิกจุดควบคุมทีละจุด เส้นจะโค้งผ่านทุกจุด
3. ดับเบิลคลิกที่จุดสุดท้ายหรือกด Esc เพื่อจบ
4. ปรับรูปได้โดยลากจุดในโหมด Select

ลองทำตาม: ครีบกระดานโต้คลื่น

ครีบกระดานโต้คลื่นต้องมีเส้นโค้งลื่นที่กวาดไปด้านหลัง ซึ่งเส้นตรงกับส่วนโค้งธรรมดาทำไม่ได้ เราจะใช้ Spline สองเส้นทำขอบ ใช้ Point สองจุดเป็นตำแหน่งรูสกรู แล้วสลักข้อความของเราไว้ที่ข้างครีบ

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) วาด **Line** จาก (110, 0) ถึง Origin เป็นฐานครีบ
2. เลือก **Spline** คลิก (0, 0) [Endpoint], (22, 50), (50, 95), (88, 118) แล้วกด Esc ได้ขอบหน้า

3. เลือก **Spline** อีกครั้ง คลิก (88, 118) [Endpoint], (82, 88), (90, 40), (110, 0) [Endpoint] แล้วกด Esc ได้ขอบหลัง
4. เลือก **Point** คลิก (25, 10) และ (85, 10) จากนั้นกด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** หนา **6** มม.
5. กด **Hole Wizard** แล้วในช่อง **Position** เลือก *- all 2 points (Drill)* เพื่อเจาะรู 4 มม. สองรู
6. คลิกขวาที่หน้าบน › **Insert Sketch on Surface** › **Text** ตั้ง Text **SURF**, Font DejaVu Sans, Height **12**, Centre X **0**, Centre Y **0** (บนหน้าชิ้นงาน Origin ของ Sketch คือจุดกึ่งกลางหน้า) และ Angle **0** จากนั้นกด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude Cut** ลึก **1** มม.



ครีบกระดานโต้คลื่น ขอบเป็น Spline มีรูสกรูที่ Point และข้อความสลัก

ลองต่อ: ในโหมด Select ลากจุด Spline (82, 88) ไปที่ (75, 90) จะได้ครีบที่เอนไปด้านหลังมากขึ้น และ Extrude จะอัปเดตตาม

ดูเพิ่ม

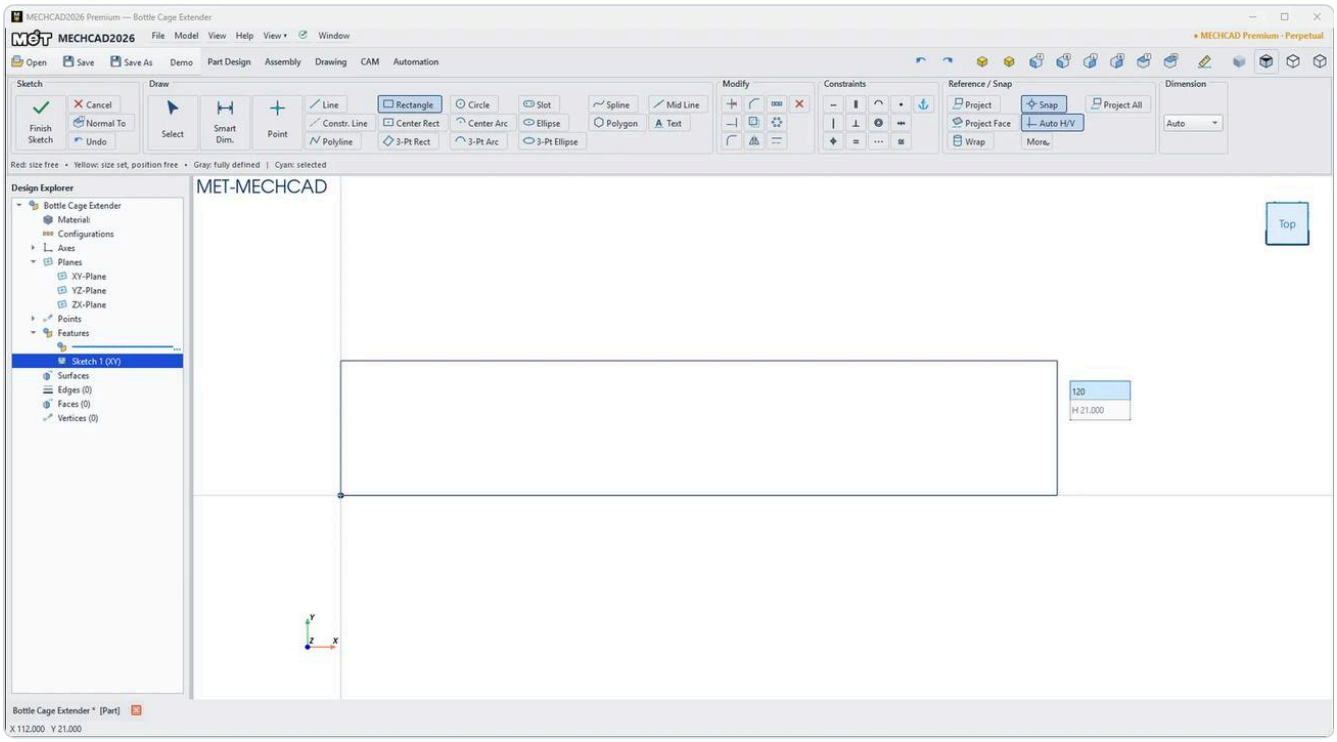
- Hole Wizard
- Text (Emboss / Deboss บนหน้าผิว)
- ภาพรวม Sketch
- Smart Dimension
- Constraints

Dynamic input: พิมพ์ขนาดขณะวาด Standard

พิมพ์ความยาว มุม กว้าง สูง หรือเส้นผ่านศูนย์กลางขณะวาด แล้วได้รูปและมิติตามค่าทันที

ใช้ทำอะไร

หลังคลิกจุดแรกของ Line, Rectangle, Center Rect หรือ Circle จะมีช่องกรอกค่าตามเคอร์เซอร์ พิมพ์ค่าแล้วกด Enter จะได้รูปที่ขนาดตรงพร้อม **มิติขับเคลื่อน (driving dimensions)** โดยไม่ต้องใส่ Smart Dimension ภายหลัง



ช่องกรอก W/H ขณะวาด Rectangle: ค่าที่พิมพ์แล้วเป็นสีฟ้า (ล็อก)

เครื่องมือ	ช่องกรอก
Line, Constr. Line	**L** ความยาว, ∠ มุม
Rectangle, Center Rect	**W** กว้าง, **H** สูง
Circle	**Ø** เส้นผ่านศูนย์กลาง
ลากจุดปลายเส้น	L / ∠
ลากจุดเดี่ยว	X / Y

ขั้นตอน

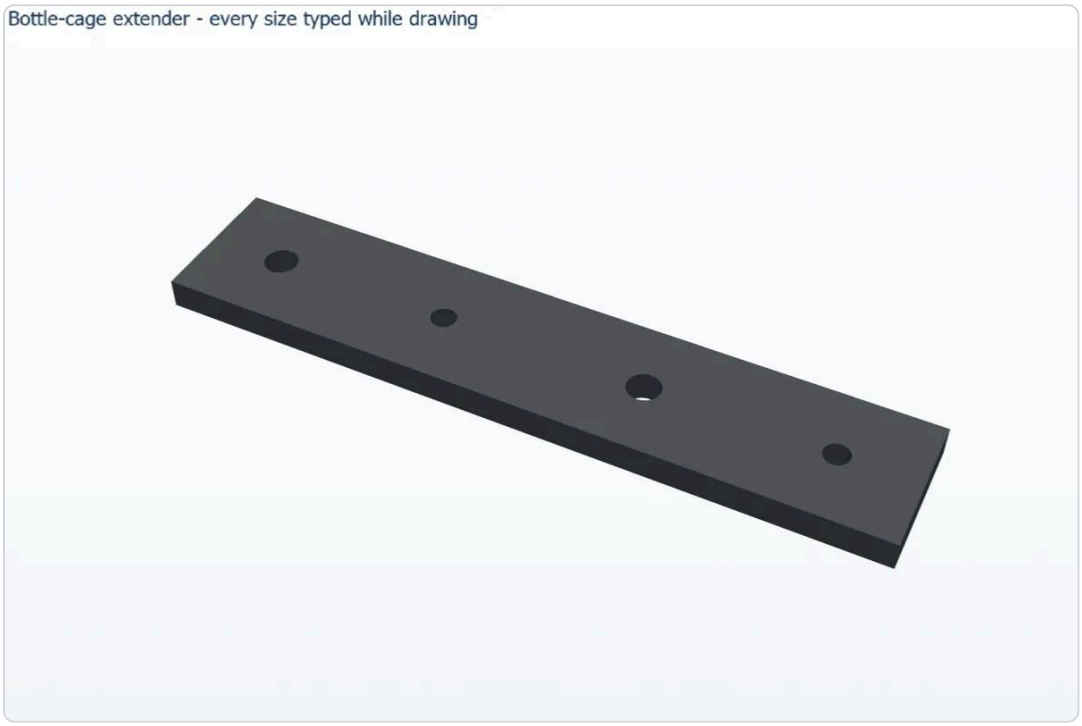
1. เลือกเครื่องมือ (เช่น Rectangle) แล้วคลิกจุดแรก
2. พิมพ์ตัวเลข ค่าจะเข้าช่องแรกและช่องนั้นจะ **ล็อก** (สีฟ้า)
3. กด **Tab** / **Shift+Tab** เพื่อไปช่องถัดไป แล้วพิมพ์ค่า
4. กด **Enter** เพื่อสร้าง เครื่องมือยังพร้อมใช้งานต่อ
5. กด **Esc** เพื่อยกเลิก

> **หมายเหตุ:** ค่าที่พิมพ์มีลำดับเหนือ Snap รูปที่ได้จะตรงตามตัวเลขเสมอ

ลองทำตาม: แผ่นยกขากระติกน้ำจักรยาน

อยากยกกระติกน้ำบนเฟรมให้สูงขึ้น 30 มม. ใช่ไหม แผ่นนี้ยึดกับรูสกรูขากระติกมาตรฐานที่ห่างกัน 64 มม. แล้วยกขากระติกขึ้นไป ทุกขนาดพิมพ์ใส่ระหว่างวาด จึงไม่ต้องมาใส่มิติทีหลังเลย

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) กด **R** (Rectangle) แล้วคลิกที่ Origin เลื่อนเมาส์ไปทางขวาบน พิมพ์ **120** กด Tab พิมพ์ **24** แล้วกด Enter จากนั้นกด Esc
2. กด **C** (Circle) คลิกในแผ่น พิมพ์ **5.5** แล้วกด Enter ทำซ้ำอีกวงขนาด 5.5 มม. จากนั้นทำอีกสองวงขนาด **4.2** มม. (ขนาดรูสำหรับต๊าปเกลียว M5)
3. กด Esc กลับเป็น Select แล้วลากจุดศูนย์กลางวงกลม 5.5 มม. วงแรก เมื่อช่อง **X / Y** ขึ้นมา ให้พิมพ์ **13** กด Tab พิมพ์ **12** แล้วกด Enter ย้ายจุดศูนย์กลางวงอื่นแบบเดียวกัน วง 5.5 มม. วงที่สองไปที่ **77 / 12** ส่วนวง 4.2 มม. ไปที่ **43 / 12** และ **107 / 12**
4. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** หนา **5** มม.



แผ่นยกขากระติก ทุกขนาดพิมพ์ใส่ระหว่างวาด

ลองต่อ: ทำแผ่นยก 50 มม. โดยย้ายรูขากระติกไปที่ X **63** และ **127** แล้วแก้สี่เหลี่ยมให้ยาว **140**

ดูเพิ่ม

- ภาพรวม Sketch
- Smart Dimension
- Constraints

Smart Dimension และ Smart Angle Standard

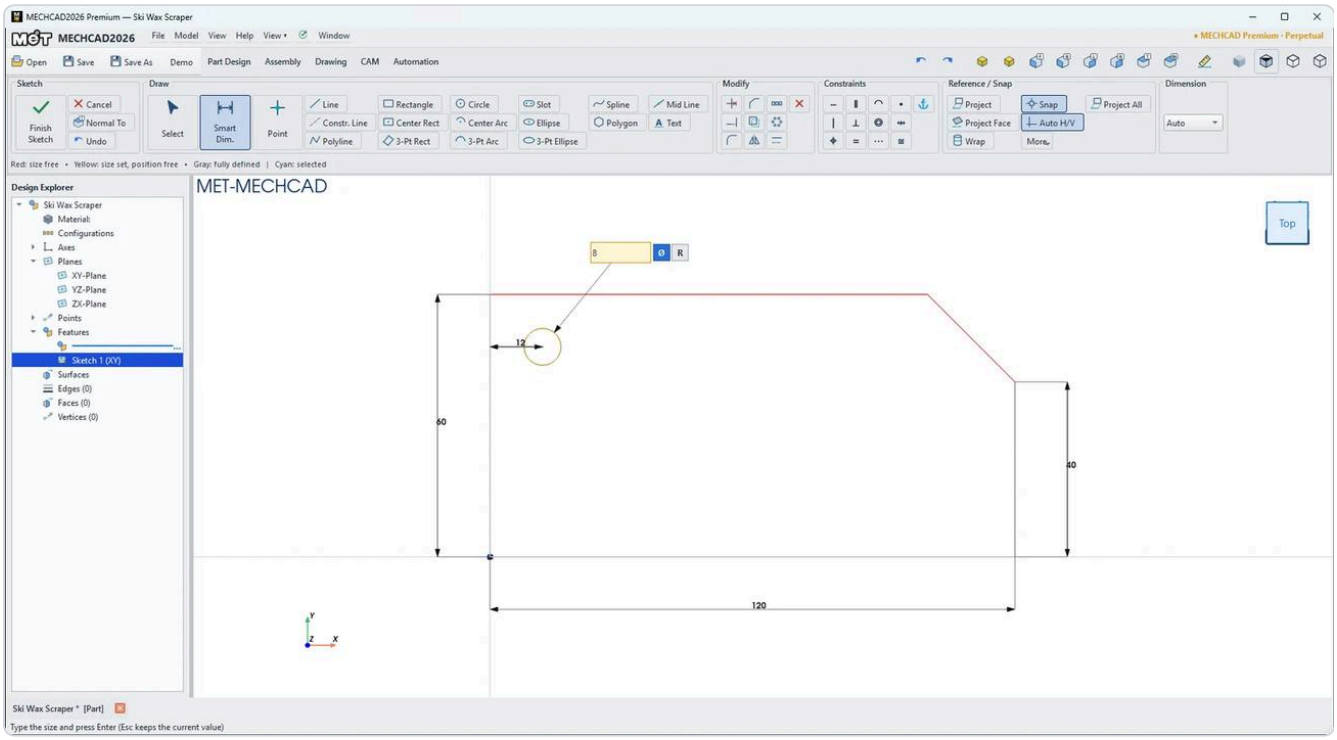
ใส่มิติให้เส้น วงกลม ส่วนโค้ง ระยะระหว่างวัตถุ และมุม

ใช้ทำอะไร

Smart Dimension เลือกชนิดมิติให้อัตโนมัติจากวัตถุที่คลิก (ความยาว แนวนอน แนวตั้ง Ø R ระยะ) และ **Smart Angle** วัดมุมระหว่างเส้น 2 เส้น มิติที่ใส่เป็น **มิติขับเคลื่อน** แก้ค่าแล้ว Sketch เปลี่ยนตาม

อยู่ที่ไหน

- Ribbon Sketch › **Draw › Smart Dim.** (Shortcut **D**)
- คลิกขวาในพื้นที่ว่าง › **Smart Dimension** / **Smart Angle**
- **Reference / Snap › More › Dimensions**: Dim Aligned, Horizontal, Vertical, Radius, Diameter, Angle, Point-Line, Ellipse Major, Ellipse Minor
- กล่อง **Dimension** ด้านขวาของ Ribbon: Auto / Size / Between / Between X / Between Y



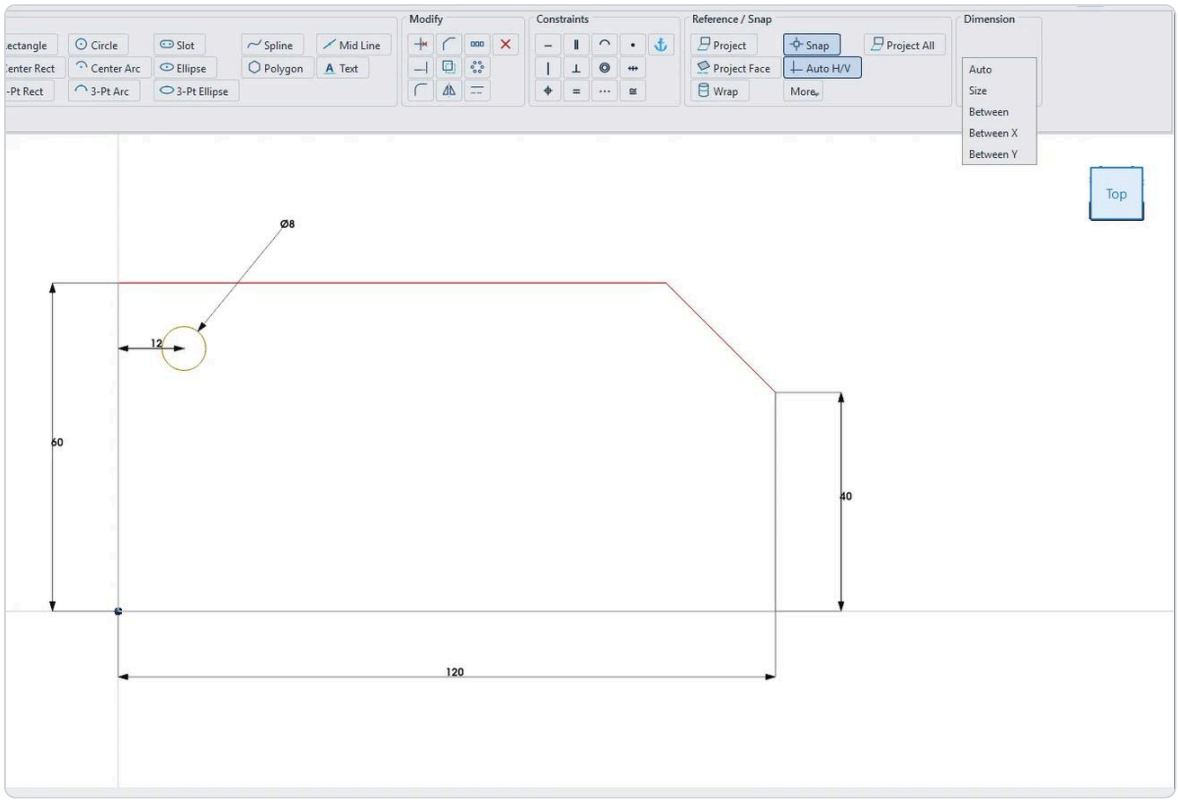
Smart Dimension บนวงกลม: กล่องกรอกค่าพร้อมปุ่ม Ø และ R

ขั้นตอน

1. กด **Smart Dim.** (หรือ D)
2. คลิกวัตถุ: เส้น (ความยาว), วงกลม (Ø), ส่วนโค้ง (R) หรือจุด สามารถคลิกวัตถุที่ 2 เพื่อวัดระยะระหว่างกัน (วงกลม/วงรีวัดจากจุดศูนย์กลาง)
3. เลื่อนเมาส์เพื่อเลือกทิศมิติ (เส้นเดียว: ขนานเส้น แนวนอน หรือแนวตั้ง ตามตำแหน่งเคอร์เซอร์) แล้วคลิกที่ว่างเพื่อวาง
4. กล่องกรอกค่าจะเปิด พิมพ์ค่าแล้วกด Enter (Esc = ใช้ค่าปัจจุบัน) พิมพ์ R หรือ Ø/D นำหน้าตัวเลขเพื่อสลับรัศมี/เส้นผ่านศูนย์กลาง

การกระทำ	ผล
ดับเบิลคลิกมิติ (โหมด Select)	แก้ค่ามิติ
คลิกขวามิติ › Edit Dimension	แก้ค่ามิติ

การกระทำ	ผล
คลิกขวามิติ › Show as Diameter / Show as Radius	สลับรูปแบบ
คลิกขวามิติมุม › Flip Angle (acute/obtuse)	สลับมุมแหลม/มุมป้าน
Delete	ลบมิติ



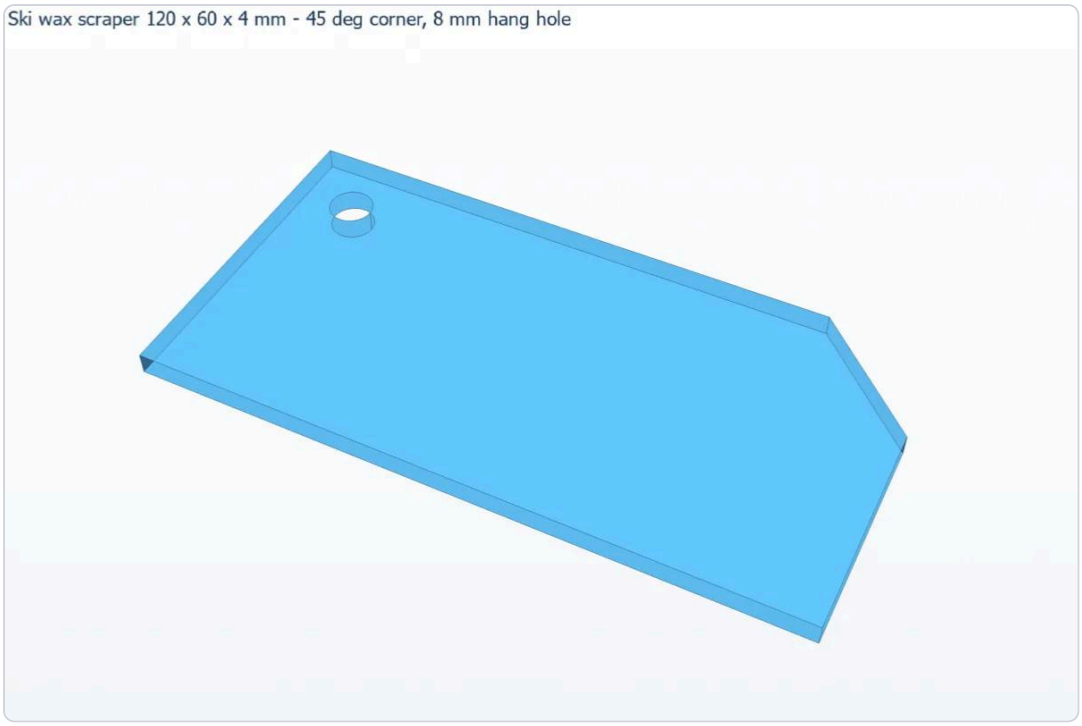
กลุ่ม Dimension: เลือกชนิดมิติ

> **หมายเหตุ:** ถ้าขนาดนั้นถูกกำหนดไว้แล้ว มิติใหม่จะเป็น **Reference (driven)** แสดงค่าอย่างเดียว ถ้าค่าที่ใส่ทำให้ Sketch ขัดกัน จะเห็นข้อความ *Cannot make it X: the sketch would conflict*

ลองทำตาม: ที่ขูดแว็กซ์สกี

ที่ขูดแว็กซ์เป็นแค่แผ่นเรียบๆ แต่มุม 45° คือส่วนที่ใช้ขูดแว็กซ์ออกจากร่องขอบสกี วาดรูปคร่าวๆ ก่อน แล้วให้ Smart Dimension ทำให้ขนาดเป๊ะ

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) ใช้ **Line** วาดรูปห้าเหลี่ยมให้ใกล้ (0, 0) → (120, 0) → (120, 40) → (100, 60) → (0, 60) แล้วกลับมาที่จุดเริ่ม
2. กด **D** (Smart Dim.) คลิกขอบล่างแล้วพิมพ์ **120** คลิกขอบซ้ายแล้วพิมพ์ **60** คลิกขอบขวาแล้วพิมพ์ **40**
3. คลิกขวา › **Smart Angle** คลิกขอบเฉียงกับขอบขวา แล้วพิมพ์ **135** ถ้ามุมที่แสดงเป็นมุมแหลม ให้คลิกขวาที่มิติ › **Flip Angle (acute/obtuse)** ก่อน
4. วาด **Circle** คลิกด้วย Smart Dim. แล้วพิมพ์ **8** (Ø) จากนั้นคลิกวงกลมกับขอบซ้ายแล้วพิมพ์ **12** และคลิกวงกลมกับขอบบนแล้วพิมพ์ **12**
5. ตรวจว่า Sketch เป็นสีเทา (Fully defined) แล้วกด **Finish Sketch** และ **Extrude** หนา **4** มม.



ที่ขูดแว็กซ์สกี กำหนดขนาดทั้งหมดด้วย Smart Dimension

ลองต่อ: ดับเบิลคลิกมิติ 40 แล้วแก้เป็น 30 มุม 135° ยังอยู่เหมือนเดิม แต่ขอบเฉียงจะยาวขึ้น

ดูเพิ่ม

- Constraints
- Dynamic input

Constraints (ข้อบังคับทางเรขาคณิต) Standard

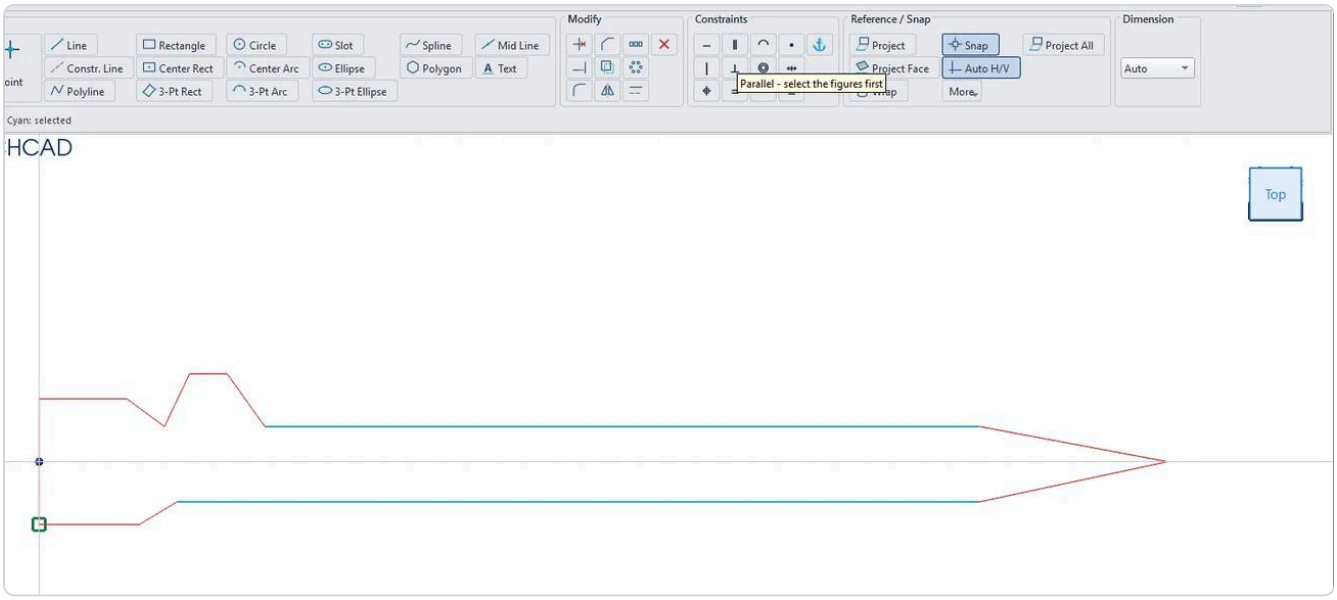
ใส่ Horizontal, Vertical, Coincident, Parallel, Perpendicular, Tangent, Concentric, Equal, Midpoint, Point On, Symmetric และ Fix

ใช้ทำอะไร

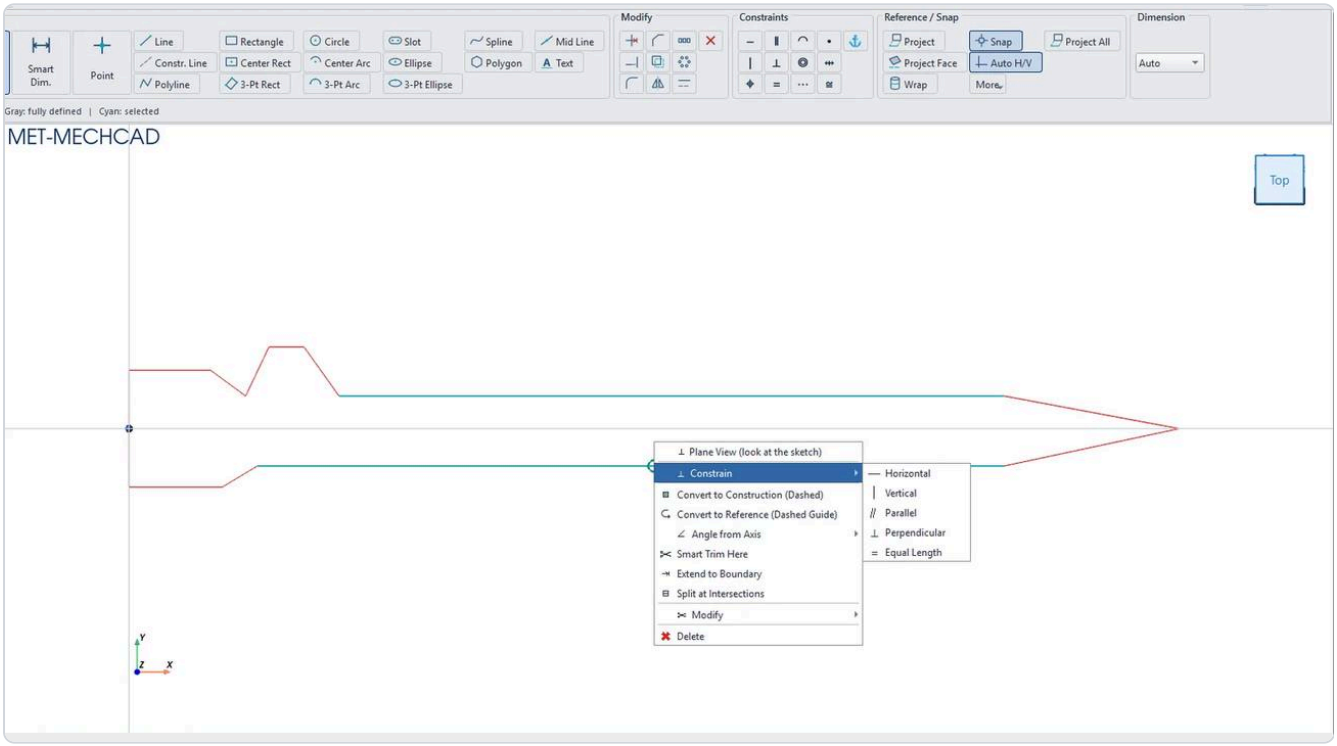
Constraint กำหนดความสัมพันธ์ทางเรขาคณิต เช่น ขนาน ตั้งฉาก สัมผัส เพื่อให้ Sketch รักษารูปร่างเมื่อแก้มิติ

อยู่ที่ไหน

- Ribbon Sketch › กลุ่ม **Constraints** (ไอคอน ชี้ค้างเพื่อดูชื่อ: *<ชื่อ> - select the figures first*)
- คลิกขวาที่เส้น › **Constrain** (แสดงเฉพาะ Constraint ที่ใช้กับวัตถุที่เลือกได้)



กลุ่ม Constraints



คลิกขวาที่เส้น › Constrain

ขั้นตอน

1. ในโหมด **Select** คลิกเลือกวัตถุ (Ctrl+คลิกเพื่อเลือกหลายชิ้น หรือลากกรอบ)
2. กดปุ่ม Constraint ที่ต้องการ
3. ถ้าเลือกวัตถุไม่ถูกชนิด จะเห็น *Invalid selection for …*

Constraint	**เลือกอะไร**	**ผล**
Horizontal / Vertical	เส้น 1 เส้นขึ้นไป หรือ 2 จุด	จัดเป็นแนวนอน / แนวตั้ง
Coincident	2 จุด หรือ 2 เส้น	จุดทับกัน (2 เส้น: ต่อปลายที่ใกล้กัน)

Constraint	เลือกอะไร	ผล
Parallel	2 เส้น	ขนานกัน
Perpendicular	2 เส้น	ตั้งฉากกัน
Equal	2 เส้น	ยาวเท่ากัน
Tangent	เส้น + วงกลม หรือ 2 วงกลม	สัมผัสกัน
Concentric	2 วงกลม	ศูนย์กลางร่วม
Equal Radius	2 วงกลม	รัศมีเท่ากัน
Midpoint	จุด + เส้น	จุดอยู่กึ่งกลางเส้น
Point On	จุด + เส้นหรือวงกลม	จุดอยู่บนวัตถุ
Symmetric	2 จุด + เส้น	สมมาตรรอบเส้น
Fix / Unfix (⚓)	จุด	ตรึงตำแหน่ง / ปลดตรึง

Constraint อัตโนมัติ

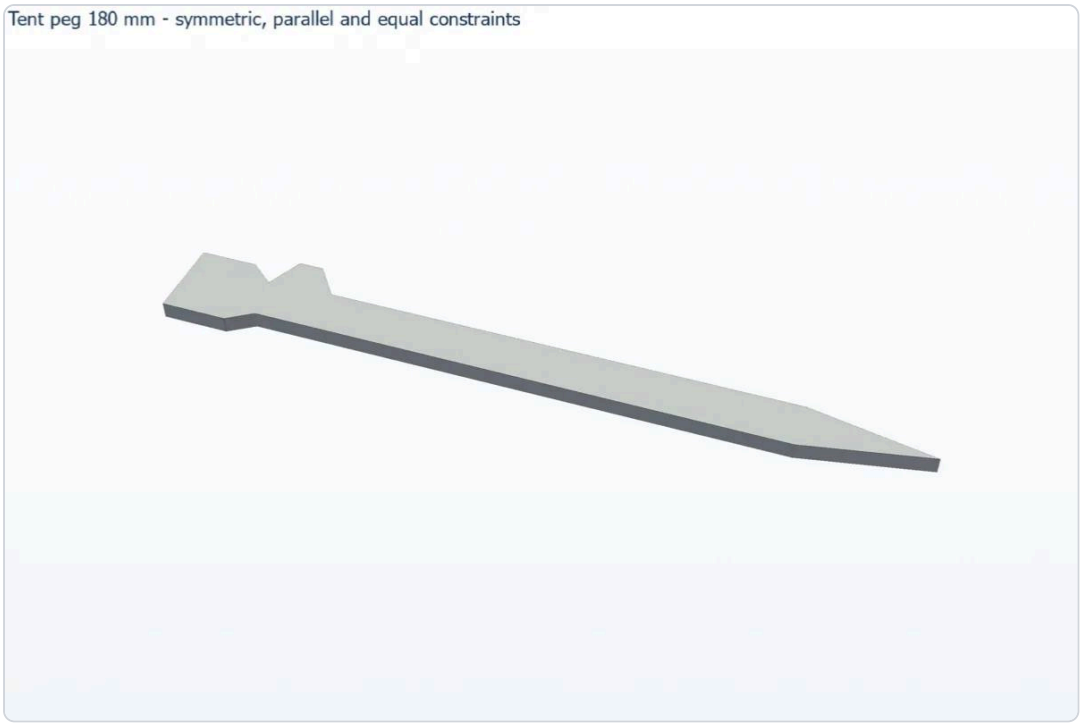
- **Auto H/V** (กลุ่ม Reference / Snap): เส้นที่เกือบแนวนอน/ตั้งได้ H/V ให้อัตโนมัติ (ค่าเริ่มต้นตั้งที่ System Options › Sketching)
- จุดปลายที่วางตรง Snap ได้ Coincident ให้อัตโนมัติ

> **หมายเหตุ:** ดูสีของเส้นเพื่อรู้ว่า Sketch ถูกกำหนดครบหรือยัง: แดง = ขนาดยังไม่กำหนด, เหลือง = กำหนดขนาดแล้วแต่ยังเลื่อนได้, เทา = Fully defined

ลองทำตาม: สมอบกเต็นท์

สมอบกเต็นท์ต้องสมมาตรเป๊ะ ไม่อย่างนั้นเวลาตอกลงดินแซ็งจะบิด วาดคร่าวๆ ก่อน แล้วให้ Constraint จัดรูปให้ตรงเอง

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) วาด **Constr. Line** จาก Origin ไปประมาณ (190, 0) ใช้เป็นเส้นกึ่งกลาง
2. ใช้ **Line** คลิกตามรูปร่างให้ใกล้จุดเหล่านี้ แล้วจบที่จุดแรก (0, −10) → (16, −10) → (22, −6) → (150, −6) → (180, 0) → (150, 6) → (36, 6) → (30, 14) → (24, 14) → (20, 5) → (14, 10) → (0, 10) ไม่ต้องตรงเป๊ะ
3. เลือกขอบยาวด้านล่างของก้านแล้วกด **Horizontal** จากนั้นเลือกขอบยาวทั้งสองเส้นแล้วกด **Parallel**
4. Ctrl+คลิกมุมก้านสองจุดที่ประมาณ (150, 6) และ (150, −6) กับเส้นกึ่งกลาง แล้วกด **Symmetric**
5. เลือกจุดปลายแหลมกับเส้นกึ่งกลางแล้วกด **Point On** จากนั้นเลือกขอบปลายแหลมสองเส้นแล้วกด **Equal**
6. ใส่ **Smart Dimension** ดังนี้ ความยาวจากขอบซ้ายถึงปลายแหลม **180**, ระยะระหว่างขอบก้านสองด้าน **12** และความยาวปลายแหลม **30** (แนวนอน)
7. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** หนา **4** มม.



สมอบกเต็นท์ที่สมมาตรด้วย Constraint

ลองต่อ: แก้ความกว้างก้านจาก 12 เป็น 10 สมอจะยังอยู่กึ่งกลางเส้นและปลายยังแหลมเหมือนเดิม เพราะ Symmetric กับ Point On ยึดรูปไว้

ดูเพิ่ม

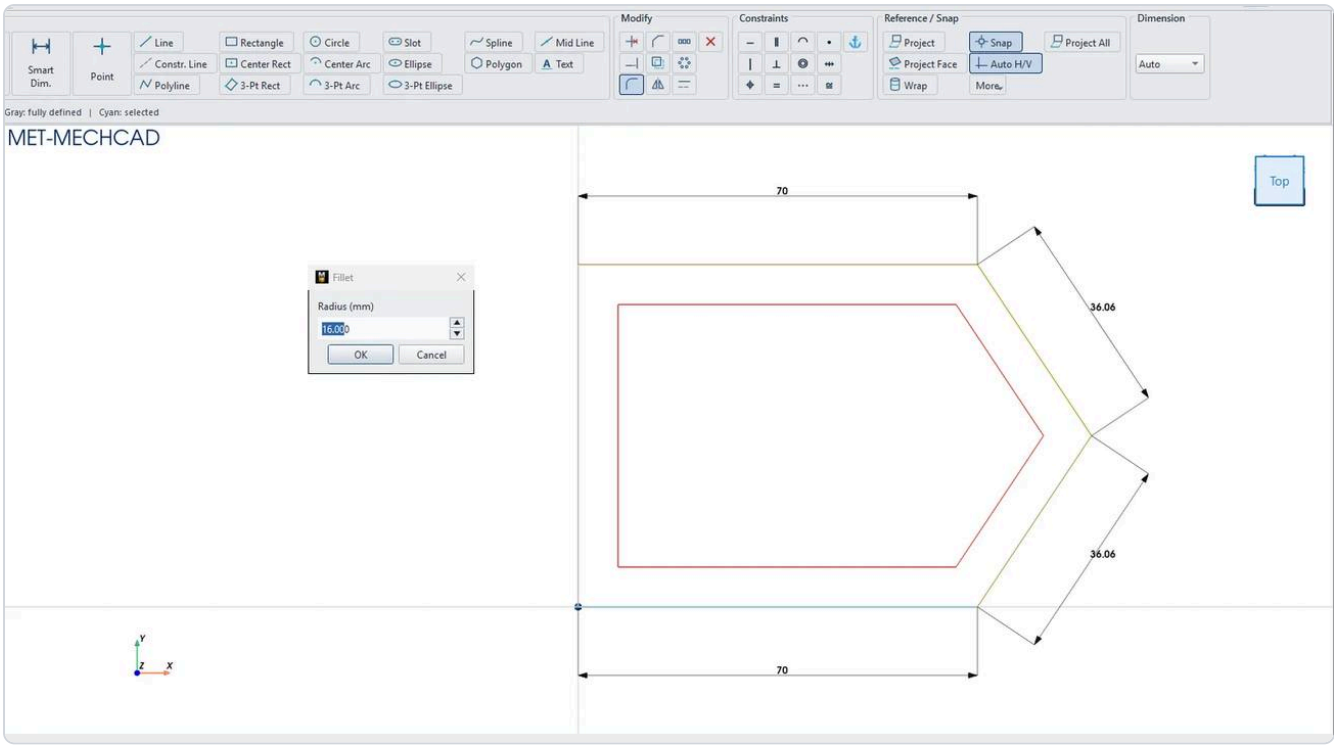
- Smart Dimension
- ภาพรวม Sketch

Trim, Extend, Fillet, Chamfer และ Offset ใน Sketch Standard

ตัด ต่อ ลบมุม และ Offset เส้นใน Sketch

ใช้ทำอะไร

เครื่องมือแก้ไขรูปร่างในกลุ่ม **Modify** ของ Ribbon Sketch (ไอคอน ชี้ค้างเพื่อดูชื่อ)

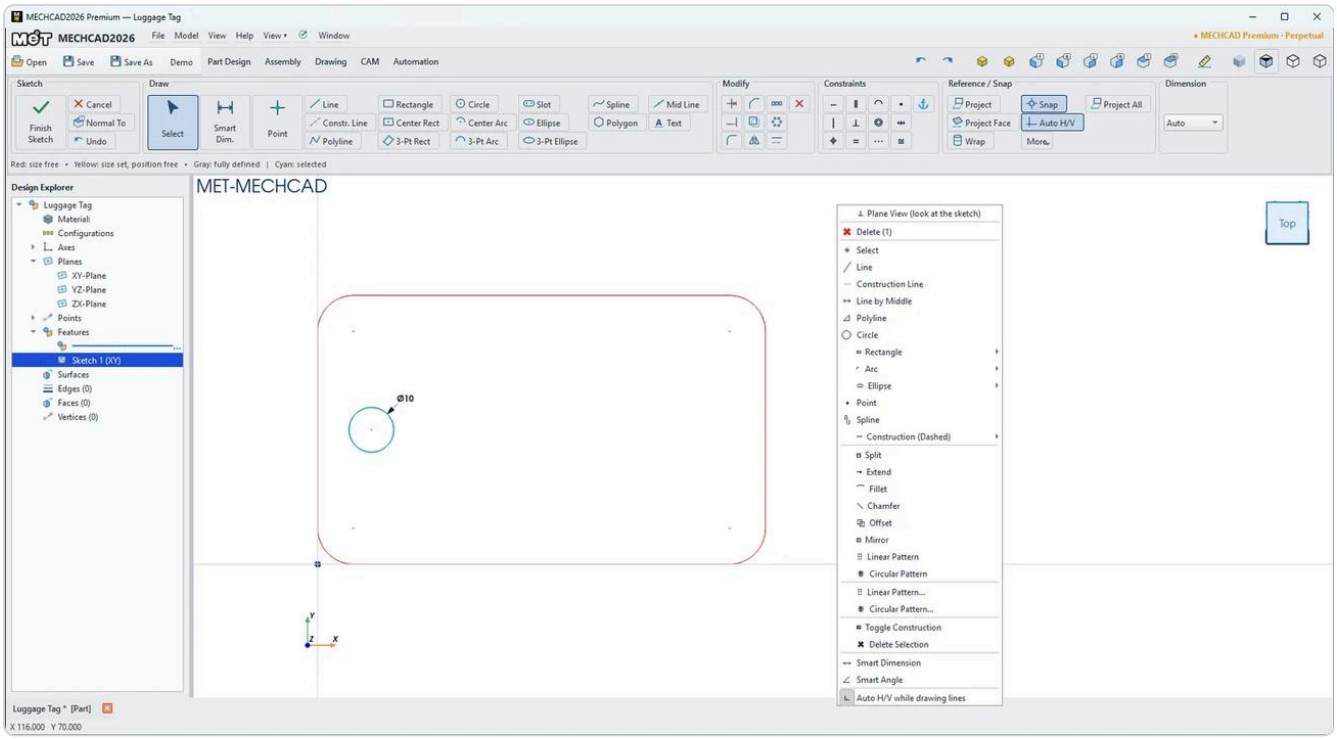


กลุ่ม Modify

เครื่องมือ	วิธีใช้	ตัวเลือก
Trim / Split	คลิกช่วงเส้นที่ถูกจุดตัดกั้นไว้ ช่วงนั้นจะถูกลบ (เส้น วงกลม ส่วนโค้ง)	–
Extend	คลิกใกล้ปลายเส้น เส้นจะยืดไปถึงขอบเขตถัดไป	–
Fillet	คลิกเส้น 2 เส้น แล้วกรอก **Radius (mm)**	ค่าเริ่มต้น 5
Chamfer	คลิกเส้น 2 เส้น แล้วเลือกแบบ	**Distance / Distance** หรือ **Distance / Angle**; Distance 1, Distance 2, Angle (deg) ค่าเริ่มต้น 5 / 5 / 45°
Offset	คลิกเส้น วงกลม หรือส่วนโค้ง แล้วกรอก **Distance (mm)**	**Outside / grow** หรือ **Inside / shrink** ค่าเริ่มต้น 5
Toggle Construction	สลับวัตถุที่เลือกเป็นเส้นก่อสร้าง/เส้นปกติ	–
Delete Selection	ลบวัตถุที่เลือก	–

คำสั่งเพิ่มเติมจากคลิกขวาที่เส้น

- **Smart Trim Here** — ตัดช่วงที่คลิก
- **Extend to Boundary** — ยืดถึงขอบเขต
- **Split at Intersections** — แบ่งเส้นที่จุดตัด
- **Convert to Construction (Dashed)** / **Convert to Normal Geometry**
- **Angle from Axis** › From X-Axis / From Y-Axis — ใส่มิติมุมเทียบแกน



เมนูคลิกขวาในพื้นที่ว่างของ Sketch

> **หมายเหตุ:** ไม่มีคำสั่ง Move / Rotate / Scale ใน Sketch ให้ลากวัตถุในโหมด Select หรือใช้มิติกำหนดตำแหน่ง

ลองทำตาม: คาราบิเนอร์พวงกุญแจ

คาราบิเนอร์พวงกุญแจคือห่วงหนาที่มีมุมโค้งมนใหญ่ๆ วาดแค่เส้นรอบนอก Offset จะสร้างวงในให้ แล้ว Fillet ลบมุมทั้ง 10 มุม

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) กด **L** คลิกที่ Origin แล้วพิมพ์แต่ละด้านเป็น ความยาว Tab มุม Enter ได้แก่ **70/0**, **36.06/56.31**, **36.06/123.69**, **70/180** จากนั้นคลิกที่จุดเริ่มเพื่อปิดรูป
2. กด **Offset** คลิกขอบใดก็ได้ของรูป ใส่ Distance **7** เลือก **Inside / shrink** แล้วกด OK เส้นปิดทั้งชุดจะถูกคัดลอกเข้าไปด้านใน 7 มม.
3. กด **Fillet** แล้วคลิกเส้นสองเส้นที่มุมด้านนอกแต่ละมุม ใช้ Radius **16** (5 มุม) จากนั้นทำมุมด้านในด้วย Radius **9**
4. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** หนา **5** มม.



คาราบิเนอร์พวงกุญแจ Offset เข้าใน 7 มม. แล้ว Fillet R16 / R9

ลองต่อ: ทำช่องประตู โดยวาดเส้นสั้นสองเส้นห่างกัน 8 มม. ตัดขวางด้านเฉียงบน แล้วใช้ **Trim** ตัดส่วนของห่วงที่อยู่ระหว่างเส้นออก รูปจะกลายเป็นเส้นปิดวงเดียวรูปตัว C

ดูเพิ่ม

- Mirror และ Pattern ใน Sketch
- ภาพรวม Sketch
- Smart Dimension
- Constraints

Mirror, Linear Pattern และ Circular Pattern ใน Sketch Standard

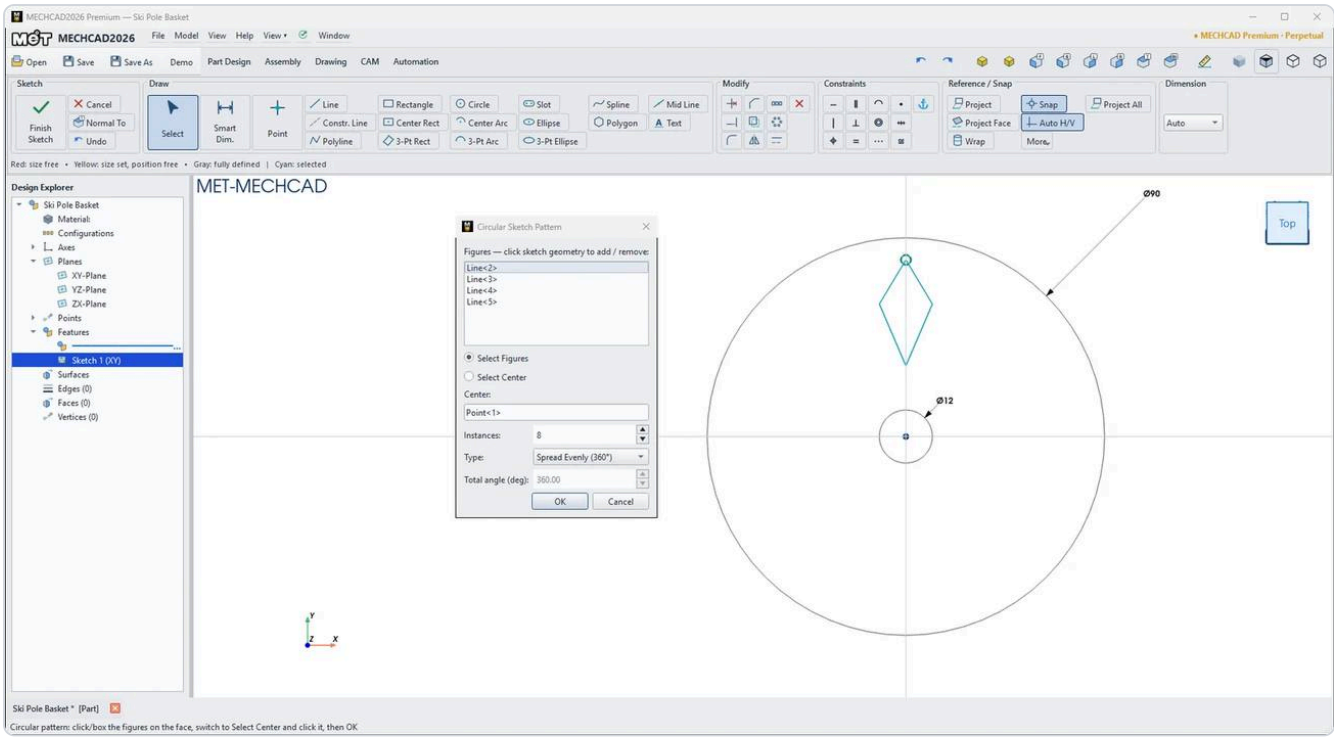
สะท้อนและทำซ้ำรูปร่างใน Sketch แบบแนวเส้นตรงและรอบจุดศูนย์กลาง

ใช้ทำอะไร

สร้างรูปร่างซ้ำใน Sketch โดยไม่ต้องวาดใหม่

อยู่ที่ไหน

Ribbon Sketch › **Modify** › Mirror / Linear Pattern / Circular Pattern หรือคลิกขวา › **Linear Pattern...** / **Circular Pattern...**



หน้าต่าง Circular Sketch Pattern

Mirror

1. กด **Mirror** แล้วคลิกวัตถุที่ต้องการสะท้อน
2. กด **Enter**
3. คลิกเส้นที่ใช้เป็นแกนสะท้อน
4. ยืนยัน *Mirror N object(s) across this line?*

Linear / Circular Pattern

1. กด **Linear Pattern** หรือ **Circular Pattern** หน้าต่าง Pattern จะเปิดค้างไว้
2. ในโหมด **Select Figures** คลิกหรือลากกรอบวัตถุ (คลิกซ้ำเพื่อเอาออก)
3. เลือก **Select Direction Line** (Linear) หรือ **Select Center** (Circular) แล้วคลิกเส้นทิศทาง/จุดศูนย์กลาง
4. ใส่ค่าแล้วกด **OK**

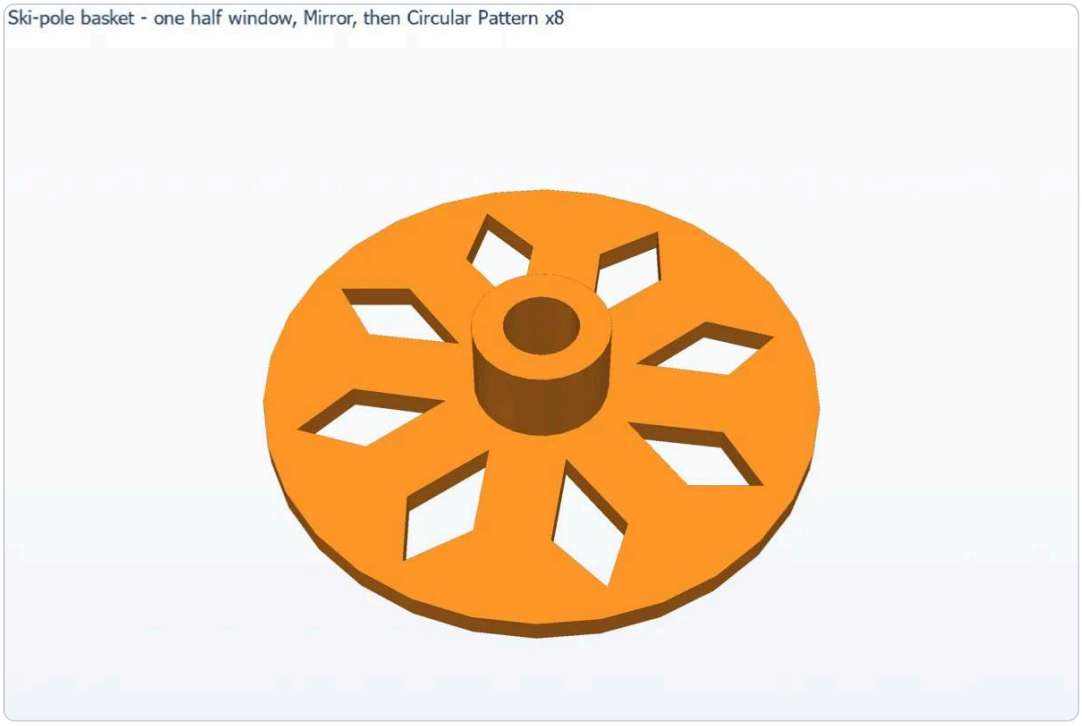
ตัวเลือก	ความหมาย
Figures	รายการวัตถุที่จะทำซ้ำ
Instances	จำนวนชุด (ค่าเริ่มต้น 6)
Spacing (mm)	ระยะห่าง (Linear, ค่าเริ่มต้น 20)
Type	Spread Evenly (360°) / Fixed total angle (Circular)
Total angle (deg)	มุมรวมเมื่อเลือก Fixed total angle

> **หมายเหตุ:** คลิกขวาที่ชิ้นในชุด Pattern › **Explode Pattern** (แยกเป็นวัตถุอิสระ) หรือ **Delete Whole Pattern**

ลองทำตาม: ตะกร้าไม้ค้ำสกี

ตะกร้าปลายไม้ค้ำสกีช่วยไม่ให้ไม้จมลงไปในหิมะ เราวาดช่องหน้าต่างแค่ครึ่งเดียว Mirror จะทำให้ครบหนึ่งช่อง แล้ว Circular Pattern จะกระจายให้ครบ 8 ช่อง

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) วาดวงกลมสองวงที่ Origin ขนาด Ø **90** และ Ø **12**
2. วาด **Constr. Line** จาก Origin ขึ้นตรงไปประมาณ (0, 45) ใช้เป็นแกน Mirror
3. ใช้ **Line** วาด (0, 16) → (6, 30) → (0, 40) แล้วกด Esc ให้จุดเริ่มและจุดจบอยู่บนเส้นก่อสร้าง
4. กด **Mirror** คลิกเส้นทั้งสอง กด Enter คลิกเส้นก่อสร้าง แล้วยืนยัน *Mirror 2 object(s)…* จะได้หน้าต่างรูปว่าว
5. กด **Circular Pattern** ในโหมด **Select Figures** คลิกเส้นทั้ง 4 ของหน้าต่าง เลือก **Select Center** แล้วคลิกที่ Origin ตั้ง Instances **8**, Type **Spread Evenly (360°)** แล้วกด **OK**
6. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** หนา **4** มม. ทำดุมโดยวาดวงกลม Ø **22** และ Ø **12** บน XY-Plane แล้ว **Extrude** สูง **18** มม.



ตะกร้าไม้ค้ำสกี วาดครึ่งช่อง ใช้ Mirror แล้ว Circular Pattern 8 ช่อง

ลองต่อ: คลิกขวาที่หน้าต่างช่องหนึ่ง › **Explode Pattern** แล้วลบเว้นช่อง จะได้ตะกร้า 4 ช่องที่เบากว่าเดิม

ดูเพิ่ม

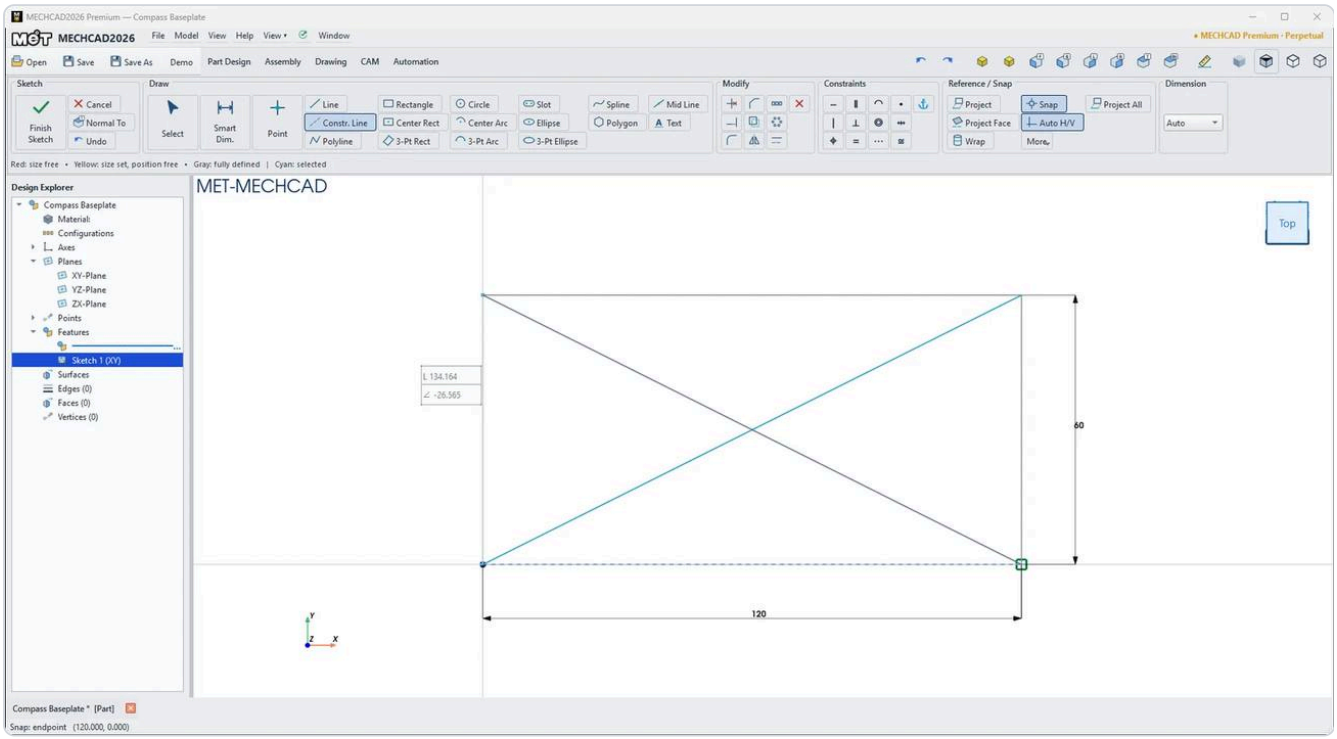
- Linear / Circular Pattern ของ Feature
- ภาพรวม Sketch
- Smart Dimension
- Constraints

Snap และ Auto H/V Standard

การดูดเข้าจุดปลาย จุดกึ่งกลาง จุดศูนย์กลาง จุดตัด และเส้นนำแนว

ใช้ทำอะไร

Snap ช่วยให้คลิกได้ตรงจุดสำคัญของรูปร่างเดิมโดยอัตโนมัติ เมื่อเคอร์เซอร์เข้าใกล้จะเห็นสัญลักษณ์และแถบสถานะแสดง *Snap: {ชนิด} (x, y)*

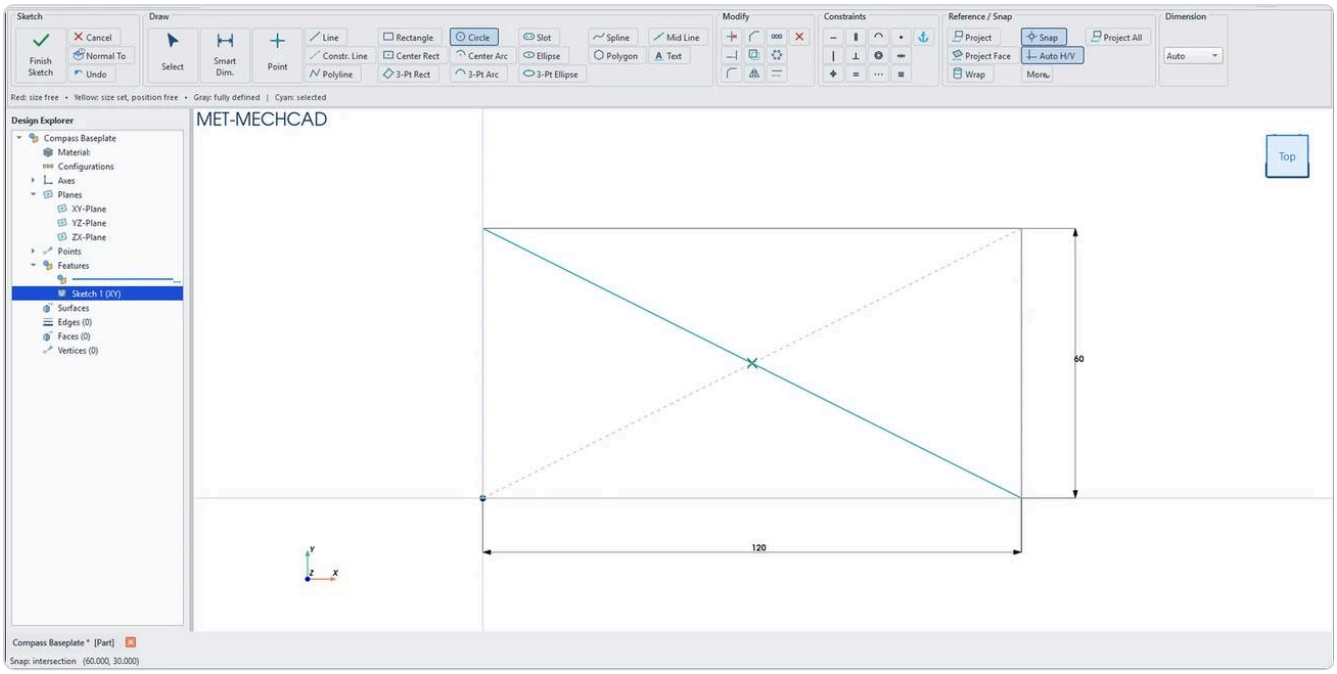


Snap ที่มุมของสี่เหลี่ยมขณะวาด Constr. Line

ชนิด Snap	สัญลักษณ์
Origin (จุดกำเนิด)	วงกลมทึบ
Endpoint (ปลายเส้น)	สี่เหลี่ยม
Intersection (จุดตัด)	X
Midpoint (จุดกึ่งกลาง)	สามเหลี่ยม
Center / Quadrant (ศูนย์กลาง / จุดควอดแรนต์)	วงกลม
Tangent, Nearest	–
มุม จุดกึ่งกลาง และศูนย์กลางของหน้าผิวที่วาดอยู่	ใช้ได้เมื่อวาดบนหน้าผิว

อยู่ที่ไหน

Ribbon Sketch › **Reference / Snap**



กลุ่ม Reference / Snap: Project, Project All, Project Face, Wrap, Snap, Auto H/V, More

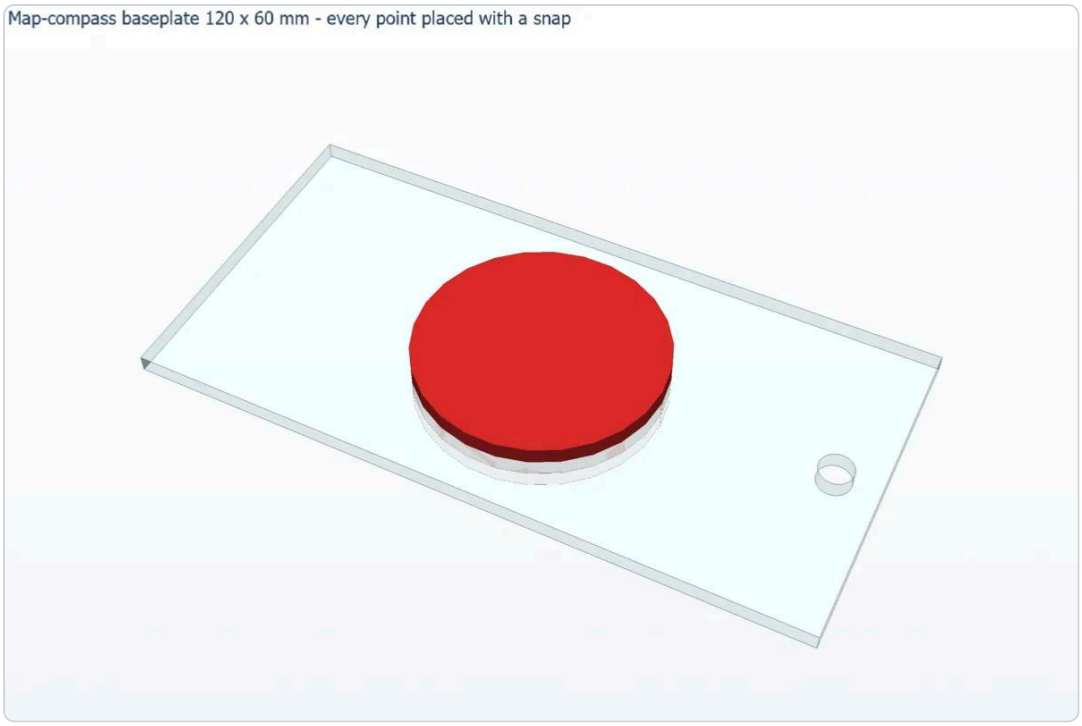
ปุ่ม	ความหมาย
Snap	เปิด/ปิด Snap ทั้งหมด
Auto H/V	เส้นใหม่ที่เกือบแนวนอน/ตั้งจะถูกจัดตรงและได้ Constraint (*Auto H/V on new lines: ON/OFF*)
กด Alt ค้าง	ปิด Snap ชั่วคราวขณะวาด

> **หมายเหตุ:** ระยะดูด (Snap capture radius) ตั้งได้ที่ **System Options › Sketching** (ค่าเริ่มต้น 10 px) Sketch บนหน้า 3D ไม่แสดง Grid และไม่ดูดเข้า Grid

ลองทำตาม: แผ่นฐานเข็มทิศอ่านแผนที่

เข็มทิศเดินป่าแบบอ่านแผนที่คือแผ่นใส ที่มีตลับเข็มทิศวางอยู่ตรงกลางพอดี ครั้งนี้เราไม่ต้องพิมพ์พิกัดจุดกึ่งกลางเลย เพราะ Snap หาให้ทั้งหมด

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) กด **R** แล้ว snap ที่ **Origin** (วงกลมทึบ) พิมพ์ **120** กด Tab พิมพ์ **60** แล้วกด Enter
2. วาด **Constr. Line** จากมุมซ้ายล่างไปมุมขวาบน (Endpoint snap สี่เหลี่ยม) แล้ววาดอีกเส้นจากมุมซ้ายบนไปมุมขวาล่าง
3. กด **C** เลื่อนเมาส์ไปที่จุดตัดจนเห็น **Intersection** snap (X) แล้วคลิก พิมพ์ **44** แล้วกด Enter ได้รูใส่ตลับเข็มทิศ
4. วาด **Constr. Line** จาก **Midpoint** (สามเหลี่ยม) ของขอบซ้ายไป Midpoint ของขอบขวา วางวงกลม Ø **6** บนเส้นนี้ แล้วกำหนดมิติให้ห่างขอบขวา **8** มม. ได้รูร้อยสายคล้องคอ
5. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude** หนา **3** มม. ส่วนตลับสีแดงในภาพใส่ไว้ประกอบภาพเท่านั้น



แผ่นฐานเข็มทิศ ทุกจุดวางด้วย Snap

ลองต่อ: กด **Alt** ค้างไว้ระหว่างวางวงกลม แล้วดูว่า Snap ปิดชั่วคราวอย่างไร

ดูเพิ่ม

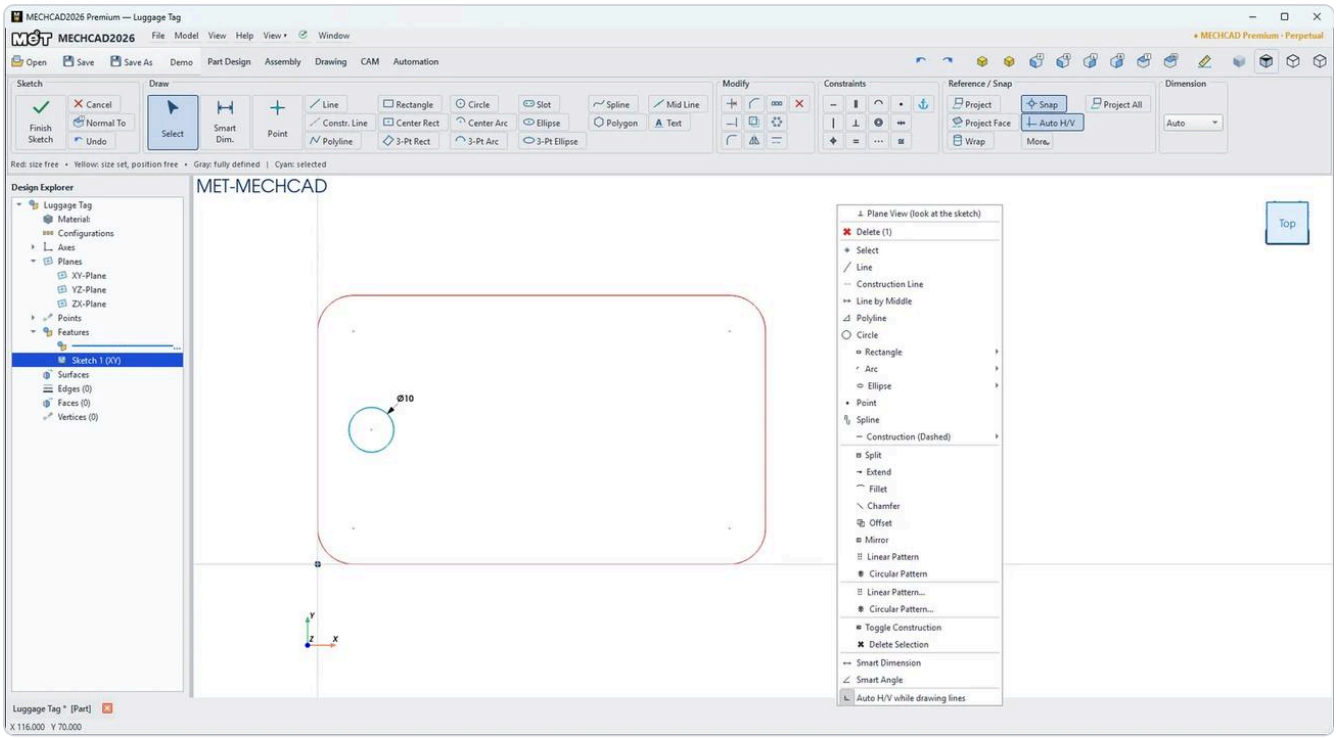
- Project to Sketch
- ภาพรวม Sketch
- Smart Dimension
- Constraints

เมนูคลิกขวาใน Sketch Standard

คำสั่งที่เรียกได้จากการคลิกขวาในพื้นที่ว่าง บนเส้น บนจุด และบนมิติ

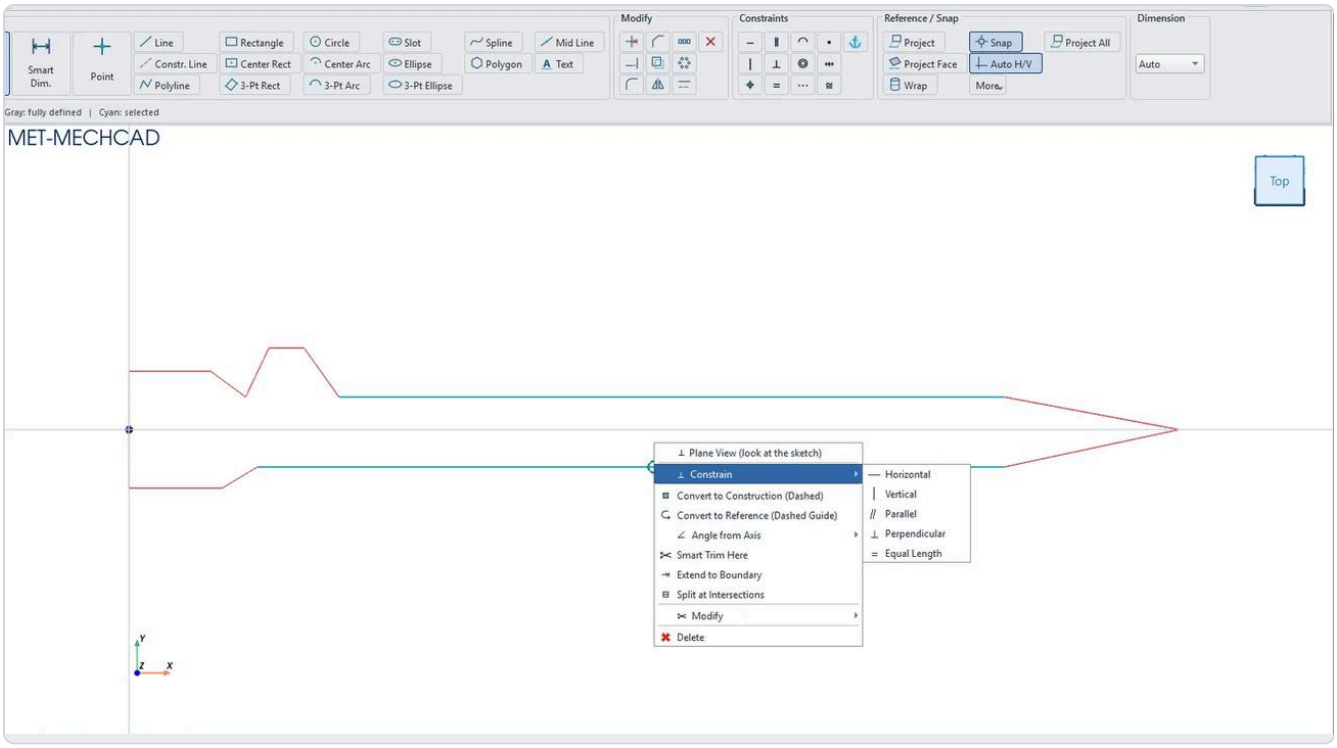
ใช้ทำอะไร

คลิกขวาขณะวาด Sketch เพื่อเรียกเครื่องมือได้เร็วโดยไม่ต้องไปที่ Ribbon ทุกเมนูขึ้นต้นด้วย ⊥ **Plane View (look at the sketch)**



เมนูคลิกขวาในพื้นที่ว่าง

คลิกขวาที่	คำสั่ง
พื้นที่ว่าง	Delete (N), Select, Line, Construction Line, Line by Middle, Polyline, Circle, Rectangle ›, Arc ›, Ellipse ›, Point, Spline, Construction (Dashed) ›, Split, Extend, Fillet, Chamfer, Offset, Mirror, Linear/Circular Pattern, Toggle Construction, Delete Selection, Smart Dimension, Smart Angle, Auto H/V while drawing lines
เส้น	Constrain ›, Convert to Construction (Dashed), Convert to Reference (Dashed Guide), Angle from Axis ›, Smart Trim Here, Extend to Boundary, Split at Intersections, Modify ›, Delete
จุด	Modify ›, Fix Point / Unfix Point, Coincident (เมื่อเลือก 2 จุด)
มิติ	Edit Dimension, Flip Angle (acute/obtuse), Show as Diameter (Ø width) / Show as Radius (R), Delete
ชิ้นใน Pattern	Explode Pattern, Delete Whole Pattern



คลิกขวาที่เส้น › Constrain

ลองทำตาม: ป้ายห้อยกระเป๋าเดินทาง

ลองทำป้ายห้อยกระเป๋าเดินทางโดยไม่แตะ Ribbon เลยสักครั้ง ทุกคำสั่งเรียกจากเมนูคลิกขวา ซึ่งเป็นวิธีวาด Sketch ที่เร็วที่สุด

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane)
2. คลิกขวาที่พื้นที่ว่าง › **Rectangle** › แบบมุมถึงมุม คลิกที่ Origin พิมพ์ **100** กด Tab พิมพ์ **60** แล้วกด Enter
3. คลิกขวา › **Fillet** คลิกเส้นสองเส้นที่มาบรรจบกันที่มุม แล้วใส่ Radius **8** ทำให้ครบทั้ง 4 มุม
4. คลิกขวา › **Circle** คลิกใกล้ (12, 30) พิมพ์ **10** แล้วกด Enter ได้รูร้อยสาย
5. คลิกขวา › **Smart Dimension** กำหนดศูนย์กลางวงกลมห่างขอบซ้าย **12** มม. และห่างขอบล่าง **30** มม.
6. คลิกขวา › ⊥ **Plane View** เพื่อหันมุมมองตั้งฉากกับ Sketch แล้วตรวจดู จากนั้นกด **Finish Sketch** และ **Extrude** หนา **3** มม.



ป้ายห้อยกระเป๋าที่วาดด้วยเมนูคลิกขวาล้วน

ลองต่อ: สร้าง Sketch ใหม่บนหน้าด้านหน้า คลิกขวา › **Rectangle** ทำช่องใส่ชื่อขนาด 60 x 30 มม. แล้ว **Extrude Cut** ลึก 1 มม.

ดูเพิ่ม

- ภาพรวม Sketch
- Smart Dimension
- Constraints

Project, Project All และ Project Face Standard

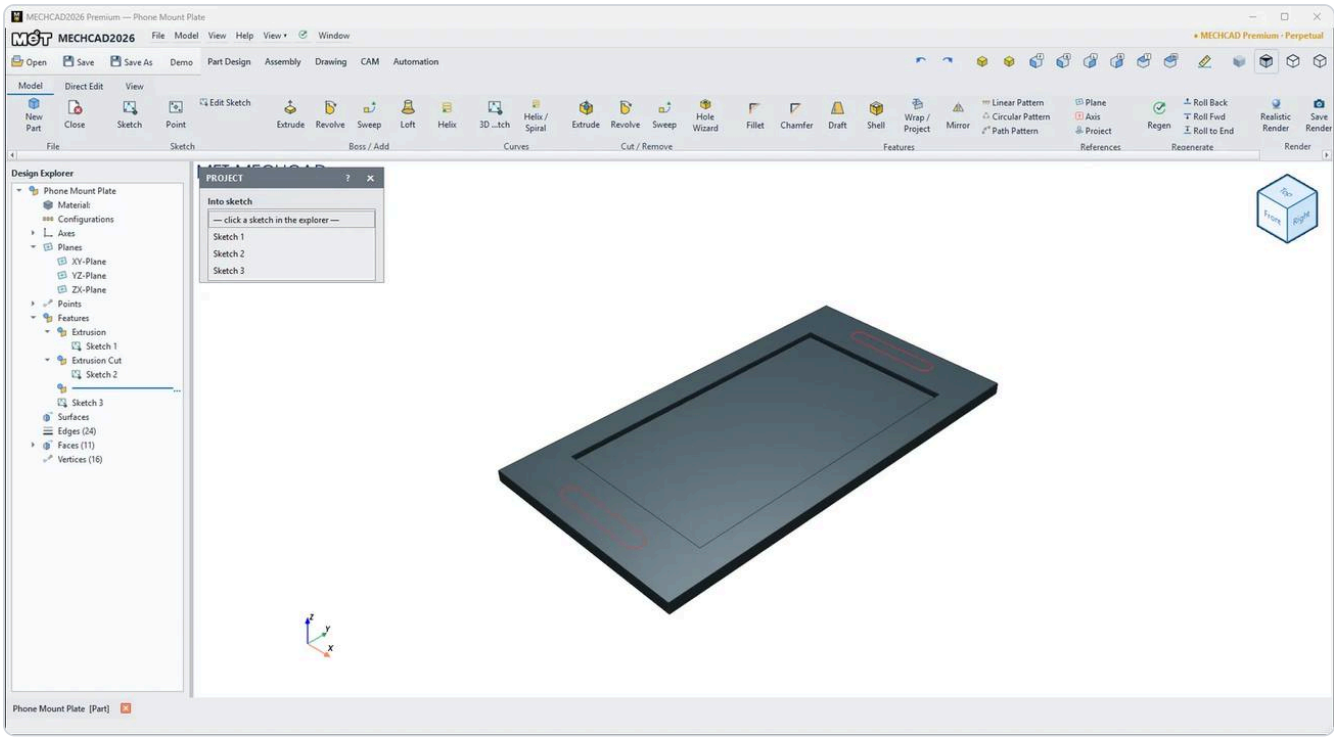
ฉายขอบของชิ้นงานหรือ Sketch อื่นลงใน Sketch เป็นเส้นอ้างอิงหรือเส้นจริง

ใช้ทำอะไร

นำขอบของชิ้นงานหรือ Sketch อื่นมาใช้ใน Sketch ปัจจุบัน เพื่อเป็นจุด Snap ใส่มิติ หรือเป็นรูปร่างจริงสำหรับ Feature

อยู่ที่ไหน

- ระหว่างวาด Sketch: **Reference / Snap › Project / Project All / Project Face**
- Ribbon Part: **Model › References › Project** (ถ้ายังไม่ได้เปิด Sketch จะถามก่อนว่าจะฉายลง Sketch ไหน)



กล่อง PROJECT ขั้นที่ 1: เลือก Sketch ปลายทาง

คำสั่ง	ความหมาย
Project	เลือกสิ่งที่จะฉาย: Body outline (silhouette), Body edges (all), Support face edges และ Sketch อื่นๆ
Project All	ฉายทุกขอบ เส้นรอบนอก และ Sketch อื่นทั้งหมดเป็นเส้นอ้างอิงแบบประในคลิกเดียว
Project Face	คัดลอกขอบของหน้าผิวที่วาดอยู่เป็นเส้นอ้างอิง
Wrap	จบ Sketch แล้วเปิดคำสั่ง Wrap / Project

กล่อง Project to Sketch

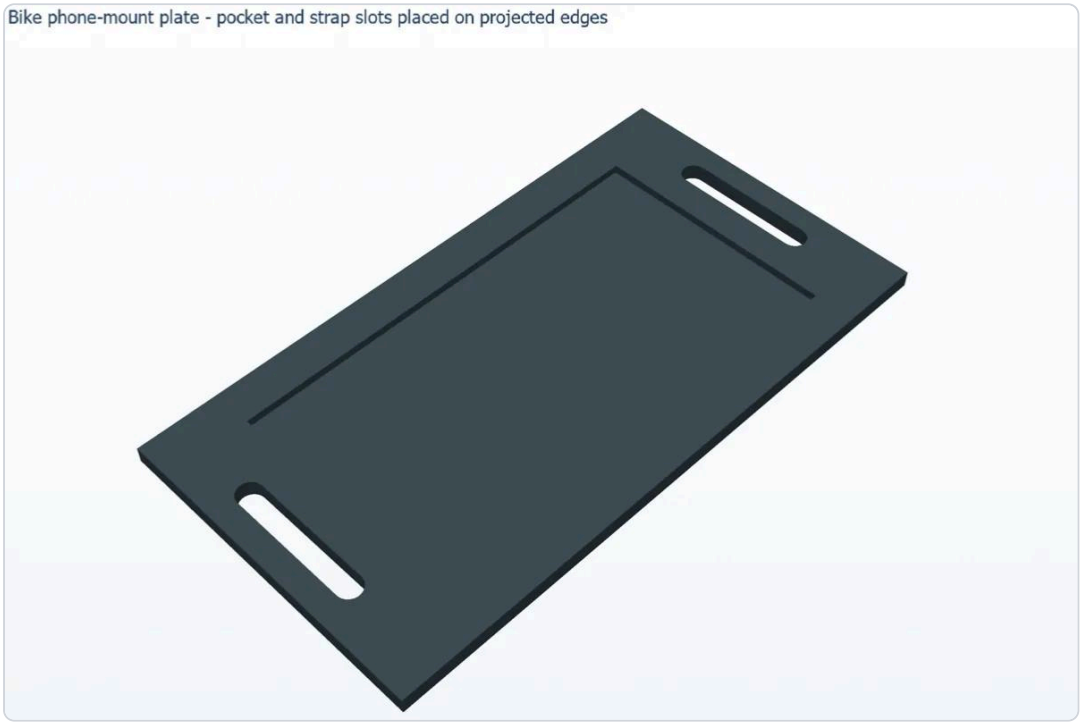
ตัวเลือก	ความหมาย
Geometry / Sketches	ติ๊กรายการที่จะฉาย
Select All	เลือกทั้งหมด
Pick faces in the view	คลิกเลือกหน้าผิวในมุมมอง
Maintain Association	เส้นที่ฉายอัปเดตตามชิ้นงาน (ค่าเริ่มต้น เปิด)
Project As	**References (dashed)** เส้นอ้างอิง / **Figures** เส้นจริง

หมายเหตุ: เส้นที่ Project มาสั่ง Trim หรือลบได้ทันที ถ้าคลิกขวาที่เส้นอ้างอิง › **Convert to Normal (Detach Reference)** จะตัดความเชื่อมโยงกับชิ้นงาน และได้เส้นก่อสร้างแบบเส้นประที่แก้ไขได้ หากต้องการใช้เป็นขอบของ Profile ให้คลิกขวาอีกครั้ง › **Convert to Normal Geometry** ส่วนเส้นที่ Project แบบ **Figures** จะใช้เป็น Profile ได้เฉพาะตอนที่ Sketch ยังไม่มีรูปที่เราวาดเอง ถ้าวาดรูปของเราเองแล้ว ตอน Finish Sketch โปรแกรมจะใช้แค่รูปที่เราวาด และเส้นที่ Project มาจะเป็นเพียงเส้นนำทาง

ลองทำตาม: แผ่นยึดมือถือติดแฮนด์จักรยาน

แผ่นยึดมือถือบนแฮนด์จักรยานต้องมีหลุมใส่แผ่นยางกันลื่น และร่องสองช่องไว้ร้อยสายรัด ใช้ Project Face ดึงขอบแผ่นมาเป็นเส้นประนำทาง แล้วทุกอย่างจะวางตรงกับขอบแผ่นพอดี โดยไม่ต้องวัดระยะจาก Origin เลย

1. กด **Sketch** แล้วกด Enter (XY-Plane) เลือก **Center Rect** คลิกที่ Origin พิมพ์ **80** กด Tab พิมพ์ **150** แล้วกด Enter จากนั้นกด **Finish Sketch** และ **Extrude** แผ่นหนา **4** มม.
2. คลิกขวาที่หน้าบน › **Insert Sketch on Surface** แล้วกด **Reference / Snap › Project Face** ขอบทั้ง 4 ด้านจะขึ้นเป็นเส้นอ้างอิงแบบเส้นประ
3. เลือก **Center Rect** คลิกที่จุดกึ่งกลางหน้า พิมพ์ **60** กด Tab พิมพ์ **110** แล้วกด Enter จากนั้นกด **Finish Sketch** และ **Extrude Cut** ลึก **2** มม. เส้นประเป็นแค่เส้นนำทาง โปรแกรมจะตัดเฉพาะสี่เหลี่ยมที่เราวาด จึงได้หลุมพอดี
4. คลิกขวาที่หน้าบนอีกครั้ง › **Insert Sketch on Surface › Project Face** แล้ววาด **Slot** แนวนอนใกล้ขอบด้านสั้นแต่ละด้าน ใช้ **Smart Dimension** กำหนดระยะระหว่างศูนย์กลางปลายร่อง **30** มม., ส่วนโค้งปลาย **R3** (ร่องกว้าง 6 มม.), ระยะจากเส้นกึ่งกลางร่องถึงขอบสั้นที่เป็นเส้นประ **9** มม. และจากศูนย์กลางปลายซ้ายถึงขอบยาวที่เป็นเส้นประ **25** มม.
5. กด **Finish Sketch** แล้ว **Extrude Cut** แบบ **Through All**



แผ่นยึดมือถือ มีหลุมและร่องสายรัดที่วางจากเส้น Project

ลองต่อ: เปลี่ยนขนาดแผ่นเป็น 90 x 160 มม. หลุมและร่องจะเลื่อนตามขอบใหม่ เพราะเรากำหนดมิติไว้กับเส้นที่ Project มา (เปิด Maintain Association ไว้)

ดูเพิ่ม

- Sketch บนหน้าผิว
- Snap และ Auto H/V

3D Sketch (เส้นทาง 3 มิติ) Standard

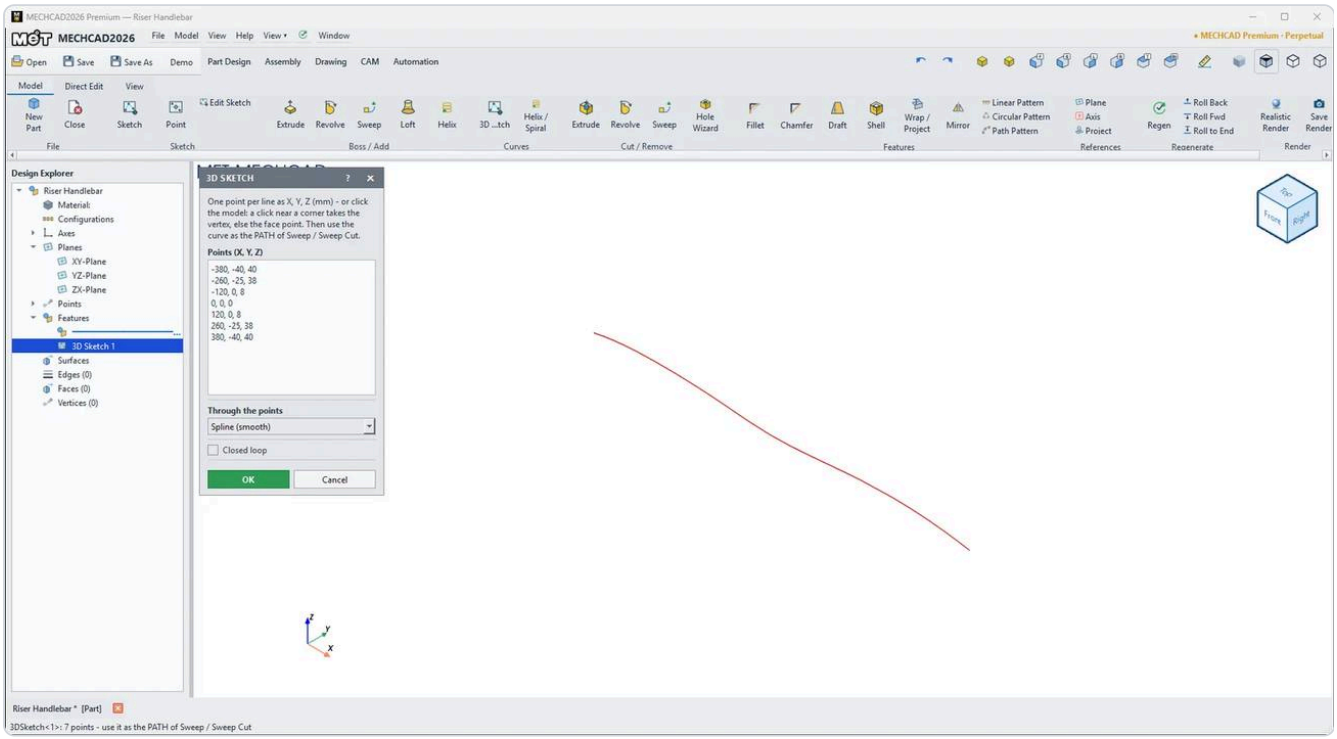
สร้างเส้นทาง 3 มิติแบบ Polyline หรือ Spline สำหรับ Sweep ท่อ สายไฟ และโครง

ใช้ทำอะไร

3D Sketch สร้างเส้นผ่านจุด 3 มิติ ใช้เป็น **Path** ของ Sweep / Sweep Cut เช่น ท่อ สายเคเบิล หรือโครงเหล็ก

อยู่ที่ไหน

Model › Curves › 3D Sketch



กล่อง 3D SKETCH

ขั้นตอน

1. กด **3D Sketch**
2. พิมพ์จุดในช่อง **Points (X, Y, Z)** บรรทัดละ 1 จุด เช่น `0, 0, 0` (คั่นด้วย `,` `;` Tab หรือเว้นวรรค, `#` เริ่มหมายเหตุ) หรือคลิกจุดยอด/หน้าผิวบนชิ้นงานเพื่อเพิ่มจุด
3. เลือก **Through the points** และ **Closed loop** ตามต้องการ
4. กด **OK** จะได้ `3DSketch<n>` ใน Design Explorer

ตัวเลือก	ความหมาย
Points (X, Y, Z)	รายการจุด (ต้องมีอย่างน้อย 2 จุดที่ต่างกัน)
Through the points	**Polyline (straight segments)** / **Spline (smooth)**
Closed loop	ต่อจุดสุดท้ายกลับไปจุดแรก

ลองทำตาม: แฮนด์จักรยานเสือภูเขาแบบยก (Riser bar)

แฮนด์ Riser ของจักรยานเสือภูเขาโค้งพร้อมกันสามทิศ คือยกขึ้น กวาดไปด้านหลัง และแบนราบตรงกลาง ใช้ 3D Sketch แบบ Spline เส้นเดียวก็ได้แนวสำหรับรูปทรงนี้แล้ว

1. กด **Model › Curves › 3D Sketch** แล้วพิมพ์จุดเหล่านี้ในช่อง **Points (X, Y, Z)** บรรทัดละจุด

```
-380, -40, 40
-260, -25, 38
-120, 0, 8
0, 0, 0
120, 0, 8
260, -25, 38
380, -40, 40
```

2. ตั้ง **Through the points** เป็น **Spline (smooth)** ไม่ต้องติ๊ก **Closed loop** แล้วกด **OK** จะได้ `3DSketch<1>`
3. กด **Sketch** เลือก **YZ-Plane** วาด **Circle** ที่ Origin ขนาด Ø **22.2** แล้วกด **Finish Sketch**
4. กด **Model › Boss / Add › Sweep** เลือกวงกลมเป็น **Profile** และ `3DSketch<1>` เป็น **Path** แล้วกด **OK** โปรแกรมจะย้ายวงกลมไปวางที่จุดเริ่มของเส้นทางให้เอง
5. ทำช่วงรัดคอแฮนด์ โดยวาดวงกลมอีกวงบน **YZ-Plane** ขนาด Ø **31.8** แล้ว **Extrude** แบบ **Mid Plane** ยาว **100** มม.



แฮนด์ Riser กว้าง 760 มม. จาก 3D Sketch Spline + Sweep

ลองต่อ: เปลี่ยน **Through the points** เป็น **Polyline (straight segments)** แล้วเทียบผลกัน จากนั้นลองแก้ค่า Z = 40 ทั้งสองจุดเป็น 20 จะได้แฮนด์ที่ยกน้อยลง

ดูเพิ่ม

- Sweep และ Sweep Cut
- Helix / Spiral

Helix / Spiral (เส้นเกลียว) Standard

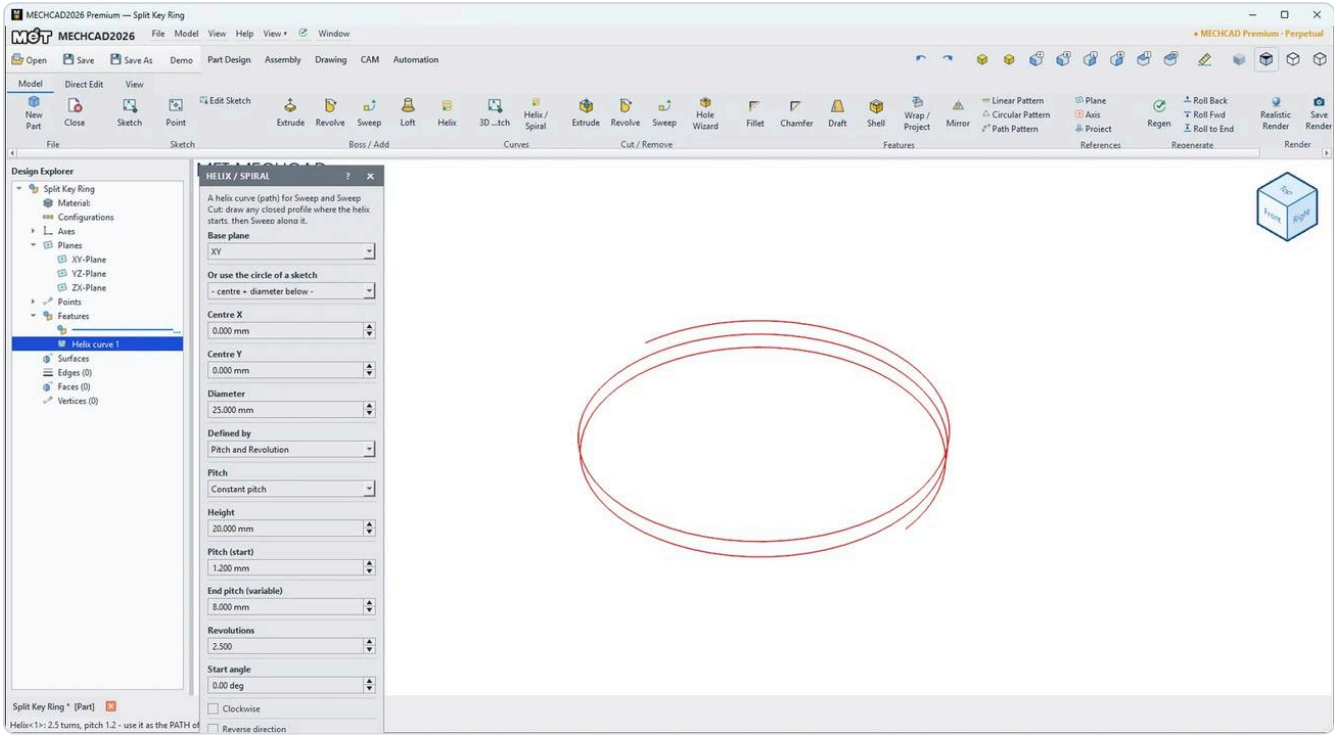
สร้างเส้นเกลียวแบบระยะพิตช์คงที่หรือแปรผัน ใช้เป็นเส้นทางของ Sweep สำหรับสปริงและเกลียว

ใช้ทำอะไร

สร้างเส้นโค้งเกลียว (แบบเดียวกับ SolidWorks) ระยะพิตช์คงที่หรือแปรผัน หมุนตาม/ทวนเข็ม ใช้เป็นเส้นทางของ Sweep และ Sweep Cut สำหรับโปรไฟล์ปิดใดก็ได้ เช่น สปริง เกลียว

อยู่ที่ไหน

Model › Curves › Helix / Spiral



กล่อง HELIX / SPIRAL

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Base plane	XY	ระนาบฐาน (XY / YZ / ZX / ระนาบอ้างอิง)
Or use the circle of a sketch	–	ใช้วงกลมใน Sketch เป็นจุดศูนย์กลางและขนาด
Centre X / Centre Y	0	จุดศูนย์กลาง
Diameter	25 mm	เส้นผ่านศูนย์กลาง
Defined by	Pitch and Revolution	Pitch and Revolution / Height and Revolution / Height and Pitch
Pitch	Constant pitch	Constant pitch / Variable pitch
Height	20 mm	ความสูง
Pitch (start)	4 mm	ระยะพิตช์
End pitch (variable)	8 mm	ระยะพิตช์ปลาย (เมื่อแปรผัน)
Revolutions	5	จำนวนรอบ
Start angle	0°	มุมเริ่ม (±360°)
Clockwise	ปิด	หมุนตามเข็มนาฬิกา

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Reverse direction	ปิด	กลับทิศ

ขั้นตอน

1. กด **Helix / Spiral** ใส่ค่าตามตาราง
2. กด **OK** จะได้เส้น `Helix<n>`
3. วาดโปรไฟล์ปิดที่จุดเริ่มของเกลียว แล้วใช้ Sweep โดยเลือกเส้นนี้เป็น Path

ลองทำตาม: ห่วงพวงกุญแจ

ห่วงพวงกุญแจที่ใช้กันทุกวันคือลวดเส้นเล็กพันเป็นเกลียว 2.5 รอบเท่านั้น ลองทำดูใช้เวลาแค่ 2 นาที แล้วจะรู้วิธีสร้างสปริงและเกลียวทุกแบบไปด้วย

1. กด **Model › Curves › Helix / Spiral** แล้วกรอก Base plane **XY**, Centre X **0**, Centre Y **0**, Diameter **25** มม., Defined by **Pitch and Revolution**, Pitch **Constant pitch**, Pitch (start) **1.2** มม., Revolutions **2.5**, Start angle **0** แล้วกด **OK** จะได้ `Helix<1>`
2. กด **Sketch** เลือก **ZX-Plane** กด **C** (Circle) คลิกที่จุด Origin พิมพ์ **1.1** แล้วกด Enter จากนั้นกด **Finish Sketch** (ลวด 1.1 มม. ต้องบางกว่า Pitch 1.2 มม. ไม่อย่างนั้นแต่ละรอบจะชนกันจนติดเป็นก้อนเดียว)
3. กด **Model › Boss / Add › Sweep** เลือก Sketch วงกลมเป็น **Profile (section)** และ `Helix<1>` เป็น **Path (spine)** แล้วกด **OK** วงกลมไม่ได้อยู่ที่จุดเริ่มของเกลียว Sweep จึงย้ายไปวางที่จุดเริ่มให้เอง



ห่วงพวงกุญแจจาก Helix + Sweep

ลองต่อ: เปลี่ยน Pitch เป็น **Variable pitch** (จาก 1.2 เป็น 3 มม.) และ Revolutions เป็น **6** จะได้สปริงเรียว

ดูเพิ่ม

- Helix (Feature สปริง/เกลียว)

- Sweep และ Sweep Cut

แบบทดสอบท้ายบทที่ 3: Sketch

เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว เฉลยอยู่ใน ภาคผนวก ก

1. **ระหว่างวาด Sketch เส้นแสดงเป็นสีเทา หมายความว่าอะไร**

   ก. ยังไม่ได้กำหนดขนาด
   ข. กำหนดขนาดแล้วแต่ยังเลื่อนได้
   ค. Sketch ถูกกำหนดครบ (Fully defined)
   ง. กำลังถูกเลือก

2. **การกด Esc สองครั้งระหว่างวาดใน Sketch ทำอะไร**

   ก. จบและบันทึก Sketch
   ข. ยกเลิก Sketch ทั้งหมด
   ค. ลบเส้นล่าสุด
   ง. กลับไปโหมด Select

3. **จะปิด Snap ชั่วคราวระหว่างวาดได้อย่างไร**

   ก. กด Alt ค้างไว้
   ข. กด Shift ค้างไว้
   ค. กด Ctrl ค้างไว้
   ง. กด F3

4. **ในช่องใส่ค่าของ Smart Dimension บนวงกลม จะสลับระหว่างรัศมีกับเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างไร**

   ก. Ctrl+คลิกวงกลมอีกครั้ง
   ข. พิมพ์ R หรือ Ø/D นำหน้าตัวเลข
   ค. ทำไม่ได้ วงกลมใช้เส้นผ่านศูนย์กลางเสมอ
   ง. คลิกขวา › Flip Angle

5. **ใส่มิติให้ขนาดที่ถูกกำหนดไว้แล้ว จะได้ผลอย่างไร**

   ก. ได้มิติแบบ Reference (driven) ที่แสดงค่าอย่างเดียว
   ข. มิติเดิมถูกแทนที่
   ค. Sketch ถูกลบพร้อมแจ้งข้อผิดพลาด
   ง. ทั้งสองมิติเป็นมิติขับ (driving)

6. **จะเริ่ม Sketch บนหน้าเรียบของชิ้นงานที่มีอยู่ได้อย่างไร**

   ก. File › New Sketch
   ข. คลิกขวาที่หน้า › Insert Sketch on Surface
   ค. กด Shift ค้างแล้วดับเบิลคลิกที่หน้า
   ง. Model › References › Plane แล้ว Extrude

บทที่ 4

Part

1. ภาพรวม Part Design

   ลำดับงานสร้างชิ้นงาน 3D แบบพาราเมตริกและคำสั่งในแท็บ Part Design

2. Feature Parameters: กล่องแก้ไข Feature

   แก้ค่า Feature ที่สร้างแล้วด้วยกล่องลอยแบบ Alibre และลักษณะร่วมของกล่องคำสั่งทุกตัว

3. Extrude (Boss)

   เพิ่มเนื้อวัสดุโดยดัน Sketch ปิดตั้งฉากกับระนาบ แบบ To Depth, Mid Plane, Two Directions หรือ Up To Face

4. Extrude Cut

   ตัดเนื้อวัสดุด้วย Sketch ปิด แบบ To Depth, Mid Plane, Two Directions, Up To Face หรือ Through All

5. Revolve และ Revolve Cut

   สร้างหรือตัดเนื้อโดยหมุนโปรไฟล์รอบแกน

6. Sweep และ Sweep Cut

   กวาดโปรไฟล์ปิดไปตามเส้นทาง เพื่อเพิ่มหรือตัดเนื้อ

7. Loft

   สร้างเนื้อเชื่อมผ่านโปรไฟล์ตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปบนระนาบต่างระดับ

8. Helix (สปริงและเกลียว)

   กวาดหน้าตัดไปตามเกลียวที่สร้างอัตโนมัติ สำหรับสปริงและเกลียว

9. Hole Wizard (รูมาตรฐาน)

   เจาะรูมาตรฐาน M3–M12 แบบ Simple, Counterbore, Countersink, Tapped หรือ Tapered โดยคลิกที่หน้าผิวหรือที่จุด Point

10. Fillet และ Chamfer

    ลบมุมขอบชิ้นงานแบบโค้ง (Fillet) หรือตัดเฉียง (Chamfer) โดยคลิกขอบ

11. Draft (มุมถอดแบบ)

    ทำผนังด้านข้างให้เอียงเพื่อถอดแม่พิมพ์ได้

12. Shell (ทำผนังกลวง)

    ทำชิ้นงานให้กลวงตามความหนาผนัง โดยเปิดหน้าที่เลือก

13. Wrap / Project (Emboss / Deboss บนหน้าผิว)

    พัน Sketch รอบทรงกระบอกหรือฉายลงหน้าผิว แล้วทำนูนหรือจม

14. Mirror (สะท้อนชิ้นงาน)

    สะท้อน Body รอบระนาบหรือหน้าผิวเรียบแล้วรวมเป็นชิ้นเดียว

15. Linear Pattern และ Circular Pattern

    ทำซ้ำ Feature ตามแนวเส้นตรง (1–2 ทิศ) หรือรอบแกน

16. Path Pattern (ทำซ้ำตามเส้นทาง)

    ทำซ้ำ Feature ไปตามขอบหรือเส้นโค้งที่เลือก

17. Reference Plane และ Axis

    สร้างระนาบอ้างอิงแบบ Offset และแกนอ้างอิงจากรู ขอบ หรือ 2 จุด

18. Move Face และ Simplify (Direct Edit)

    ดัน/ดึงหน้าผิวเรียบโดยตรง และซ่อมรวมหน้าผิวของชิ้นงานที่นำเข้า

19. Union, Subtract, Intersect, Scale และ Rotate Datum

    รวม ลบ หรือหาส่วนร่วมกับชิ้นงานอื่น ย่อขยาย และหมุนชิ้นงานรอบจุดกำเนิด

20. Text (ตัวอักษรนูน/จมบนหน้าผิว)

    เขียนข้อความนูนหรือจมลงบนหน้าผิวเรียบ

21. Picture (รูปภาพบนหน้าผิว)

    แปะรูป PNG/JPG บนหน้าผิวเรียบหรือทรงกระบอก ปรับขนาด หมุน และสะท้อน

22. Recognize Features (แปลงชิ้นงานนำเข้าเป็น Feature)

    นำเข้า CAD แล้วสร้างประวัติ Feature ที่แก้ไขได้ (Extrude ฐาน + รู) โดยอัตโนมัติ

23. Gear Wizard (สร้างเฟือง)

    สร้างเฟือง Spur, Rack, Internal, Helical, Worm และ Bevel แบบพาราเมตริก

24. Feed Screw Wizard (สกรูลำเลียงขวด)

    สร้างสกรูลำเลียง/จังหวะขวดตามรูปทรงขวด ระยะพิตช์ และทิศเกลียว

25. Part Color, Material และ Opacity

    กำหนดสี วัสดุ (พร้อมความหนาแน่น) และความโปร่งใสของชิ้นงาน

26. Rollback, Regen และ Suppress

    ย้อนประวัติด้วยแถบ Rollback คำนวณชิ้นงานใหม่ และปิด Feature ชั่วคราว

27. Parameters (ค่าตัวแปรและสมการ)

    ตั้งชื่อค่าที่ใช้บ่อย เช่น width = 50 แล้วเขียนสมการอ้างถึงกัน เมื่อแก้ค่า ชิ้นงานจะ Rebuild ตามอัตโนมัติ

28. Part Properties (ข้อมูลชิ้นงาน)

    กรอกรหัสชิ้นงาน คำอธิบาย วัสดุ ผิว Revision ผู้ผลิต และราคา สำหรับ Title block และ BOM มวลคำนวณจากวัสดุให้อัตโนมัติ

29. Surface Modeling (งานพื้นผิว)

    สร้างและแก้ไขพื้นผิว (Surface) จาก Sketch, ขอบ หรือหน้าผิว แล้วเย็บ เพิ่มความหนา หรือใช้ตัดชิ้นงานให้เป็น Solid

30. Sheet Metal (งานแผ่นพับ)

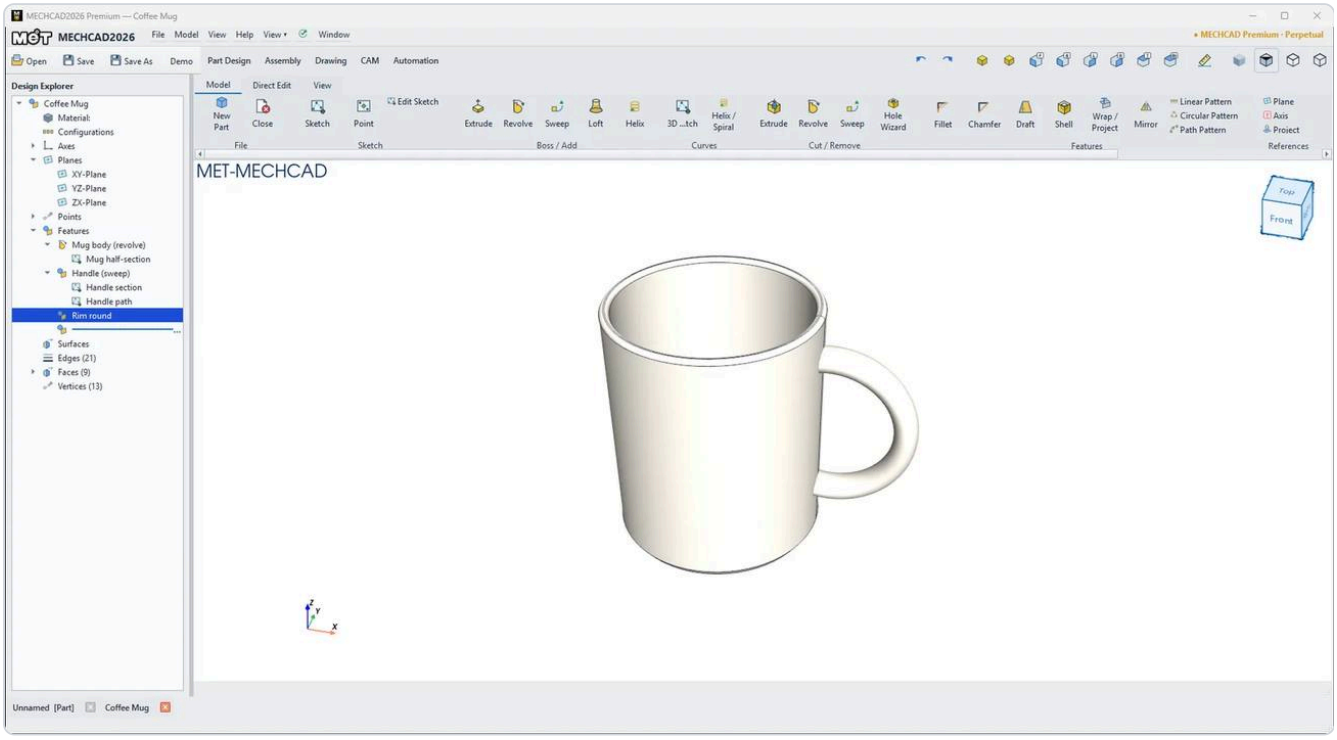
    ขึ้นรูปชิ้นงานแผ่นพับด้วย Base Flange, Edge Flange, Hem, Jog และ Sketched Bend แล้วคลี่เป็น Flat Pattern และส่งออก DXF สำหรับเลเซอร์

ภาพรวม Part Design Standard

ลำดับงานสร้างชิ้นงาน 3D แบบพาราเมตริกและคำสั่งในแท็บ Part Design

ใช้ทำอะไร

Part Design สร้างชิ้นงาน 3D แบบพาราเมตริก: ทุก Feature ถูกบันทึกเป็นประวัติใน Design Explorer แก้ไขค่าเมื่อใดก็ได้ แล้วชิ้นงานคำนวณใหม่ตาม



Part Design ขณะเปิดชิ้นงาน Coffee Mug

ลำดับงานทั่วไป

1. สร้าง Sketch บนระนาบหรือหน้าผิว
2. สร้าง Feature เพิ่มเนื้อ: Extrude, Revolve, Sweep, Loft, Helix
3. ตัดเนื้อ: Extrude Cut, Revolve Cut, Sweep Cut, Hole Wizard
4. ตกแต่ง: Fillet / Chamfer, Draft, Shell, Wrap / Project
5. ทำซ้ำ: Mirror, Linear / Circular Pattern, Path Pattern
6. กำหนด วัสดุและสี และ Part Properties สำหรับ Drawing และ BOM
7. บันทึกเป็น `.metprt`

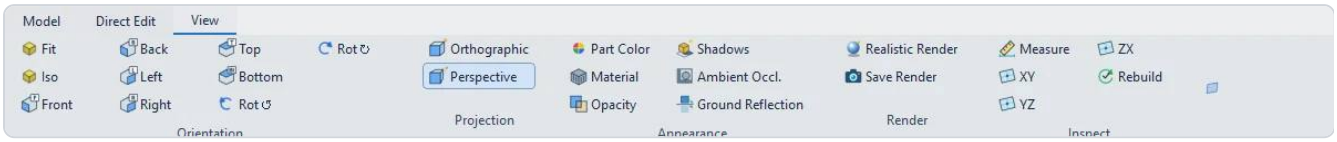
Ribbon ของ Part Design



แท็บ Model



แท็บ Direct Edit



แท็บ View

รายละเอียดทุกกลุ่มดูที่ Ribbon และ Command Search

คลิกขวาในมุมมอง

- พื้นที่ว่าง: Measure, Size Box, Sketch, Edit Sketch, Boss (Extrude/Revolve/Sweep/Loft/Helix), Cut (Extrude/Revolve/Hole Wizard), Fillet, Chamfer, Shell, Mirror, Linear/Circular Pattern, Plane, Rebuild
- หน้าผิว: Measure, Insert Sketch on Surface, สี Feature, Edit Feature, Edit Child Sketch, Suppress/Delete Feature, Insert Offset Plane from This Face..., Fillet/Chamfer Edges of This Face, Edit Face Color, Edit Solid Color

ดูเพิ่ม

- Design Explorer
- Feature Parameters

Feature Parameters: กล่องแก้ไข Feature Standard

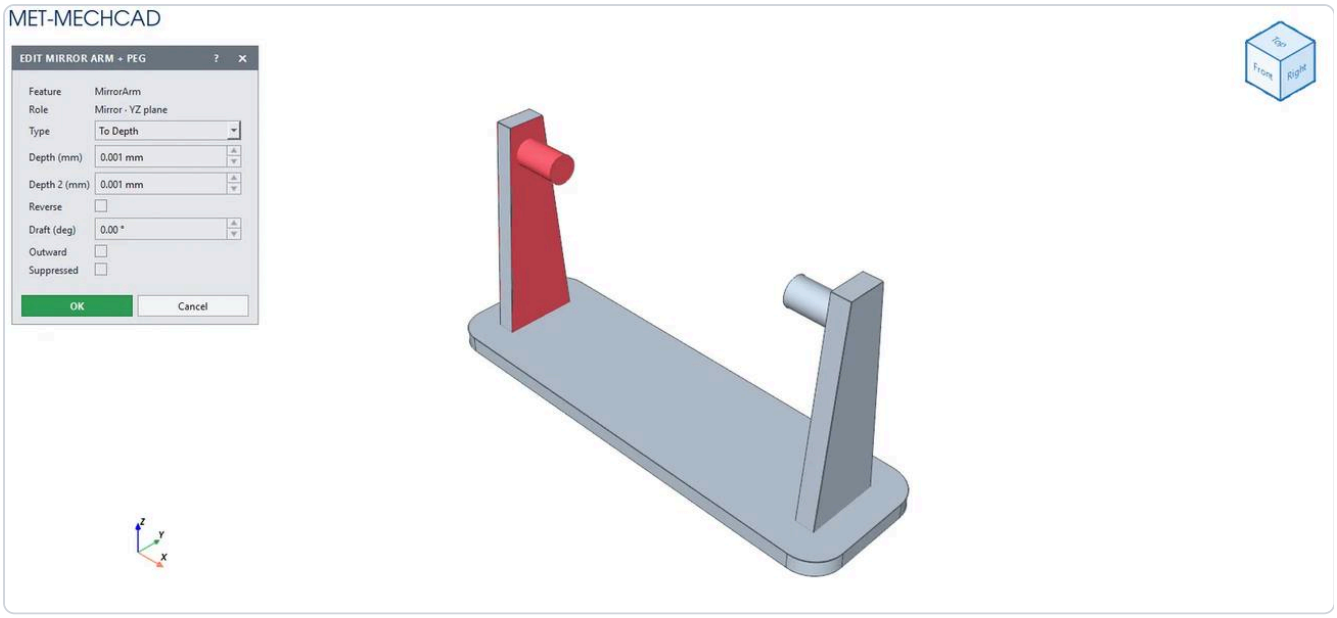
แก้ค่า Feature ที่สร้างแล้วด้วยกล่องลอยแบบ Alibre และลักษณะร่วมของกล่องคำสั่งทุกตัว

ใช้ทำอะไร

ทุก Feature แก้ไขได้ภายหลังผ่านกล่องลอยที่มีค่าเดิมกรอกไว้ให้ กด OK แล้วชิ้นงานคำนวณใหม่ในตำแหน่งเดิมของประวัติ

อยู่ที่ไหน

- ดับเบิลคลิก Feature ใน Design Explorer
- คลิกขวา Feature (ใน Design Explorer หรือที่หน้าผิว) › **Edit Feature**



กล่องแก้ไข Feature (ตัวอย่าง: Mirror แขน + แกนของที่แขวนกระดาษเช็ดมือ)

ลักษณะร่วมของกล่องคำสั่ง

ส่วน	ความหมาย
หัวกล่อง (สีเข้ม)	ชื่อคำสั่งตัวพิมพ์ใหญ่ ปุ่ม **?** และ ✕ ลากเพื่อย้าย
ช่องเลือก (Sketch, Face, Edge)	คลิกในมุมมองหรือ Design Explorer เพื่อเติม
ข้อความสีส้ม ▸	สิ่งที่ยังต้องเลือกก่อนกด OK
กล่องสีแดง	ข้อผิดพลาด กล่องยังเปิดอยู่ให้แก้
OK / Done (สีเขียว)	ยืนยัน
Cancel	ยกเลิกและคืนค่าเดิม

ช่องในกล่อง Edit (Feature ทั่วไป)

ช่อง	ความหมาย
Feature / Role	ชื่อและบทบาทของ Feature
Type	ชนิดระยะ (To Depth, Through All ...)
Depth (mm) / Depth 2 (mm) / Reverse	ความลึกและทิศ
Draft (deg) / Outward	มุมเอียง
Pattern features, Count, Spacing, Axis, Full 360°, Angle, Axis centre	ค่าของ Pattern
Turns, Pitch (mm), End pitch (0=const), Right-hand (CCW)	ค่าของ Helix
Suppressed	ปิดการคำนวณ

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

ดูเพิ่ม

- Design Explorer
- Rollback และ Regenerate

Extrude (Boss) Standard

เพิ่มเนื้อวัสดุโดยดัน Sketch ปิดตั้งฉากกับระนาบ แบบ To Depth, Mid Plane, Two Directions หรือ Up To Face

ใช้ทำอะไร

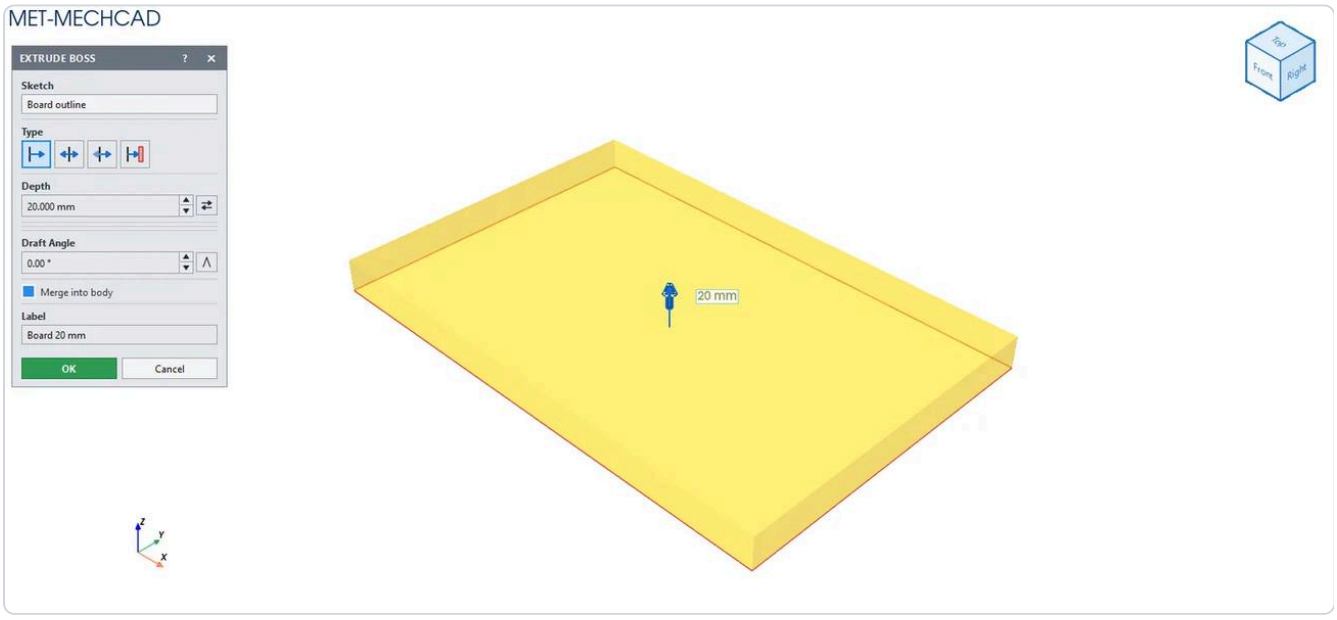
Extrude เพิ่มเนื้อวัสดุโดยดัน Sketch ปิดออกไปในแนวตั้งฉากกับระนาบ Sketch

อยู่ที่ไหน

- **Model › Boss / Add › Extrude**
- **Model › Extrude** (เมนู) หรือคลิกขวาในมุมมอง › Boss › Extrude

ขั้นตอน

1. เลือก Sketch ปิดที่ยังไม่ถูกใช้ (หรือกด Extrude ก่อนแล้วคลิก Sketch ใน Design Explorer ในขั้นที่ 1 แล้วกด **Next**)
2. กล่อง **EXTRUDE BOSS** เปิดพร้อมภาพตัวอย่างโปร่งแสงสีเหลืองและลูกศรลากความลึก
3. เลือก **Type** และใส่ **Depth** หรือลากลูกศรในมุมมอง
4. กด **OK** ได้ Feature ชื่อ *Extrusion Boss N*

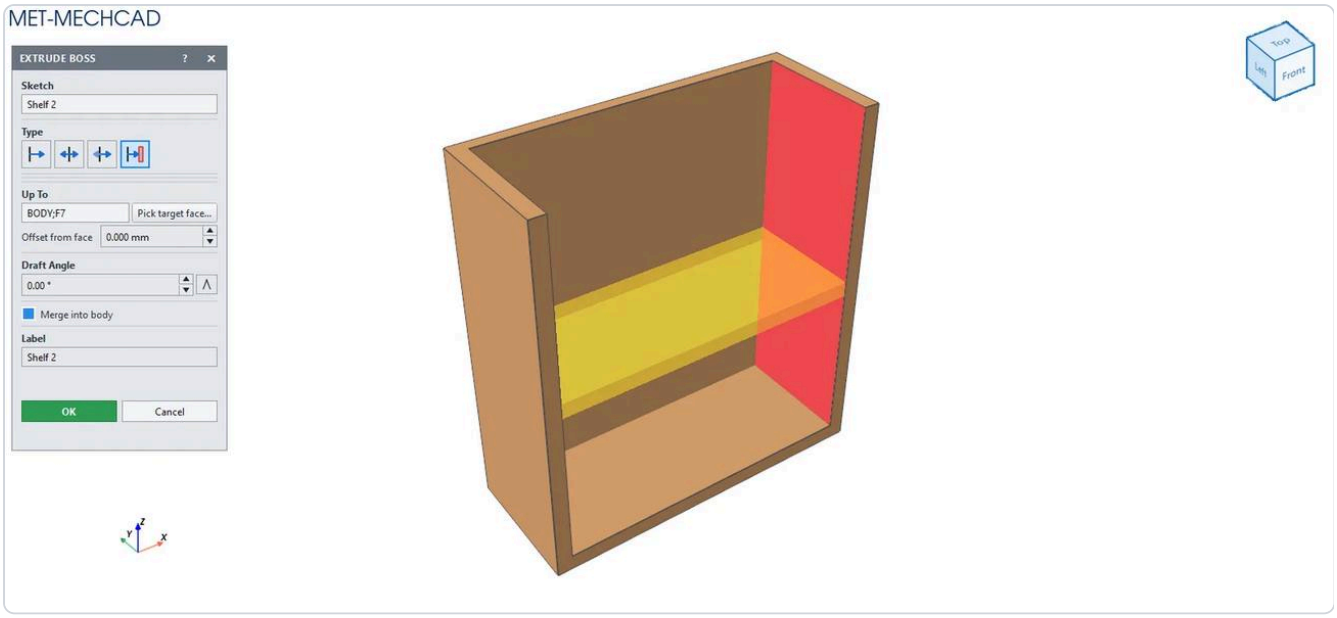


EXTRUDE BOSS แบบ To Depth

ตัวเลือก	ความหมาย
Sketch	Sketch ที่ใช้ (อ่านอย่างเดียว)
Type › To Depth	ดันไปทางเดียวตามระยะ
Type › Mid Plane	ดันสมมาตรสองข้างของระนาบ
Type › Two Directions	ดันสองทาง กำหนด Depth และ Depth 2 แยกกัน
Type › Up To Face / Plane	ดันไปถึงหน้าผิวที่เลือก กด **Pick target face...** แล้วคลิกหน้า; **Offset from face** เว้นระยะจากหน้า
Depth / Depth 2	ระยะ (mm) ค่าเริ่มต้นจาก System Options (5 mm) ปุ่ม ⇄ กลับทิศ (หรือลากลูกศรผ่าน Sketch)
Draft Angle	มุมเอียงผนัง ±59° ปุ่ม Λ สลับเอียงออก/เข้า
Merge into body	รวมเข้ากับ Body เดิม (ค่าเริ่มต้น เปิด)
Label	ชื่อ Feature (เว้นว่าง = ตั้งชื่ออัตโนมัติ)



Two Directions (dual depth)



Up To Face: เลือกหน้าเป้าหมายและ Offset

> **หมายเหตุ:** แบบ Up To Face ปุ่ม OK จะใช้ไม่ได้จนกว่าจะเลือกหน้าเป้าหมาย ถ้าคำนวณไม่ได้ ระบบจะย้อนกลับและเปิดกล่องค้างไว้ให้แก้

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

ดูเพิ่ม

- Extrude Cut
- ภาพรวม Sketch

Extrude Cut Standard

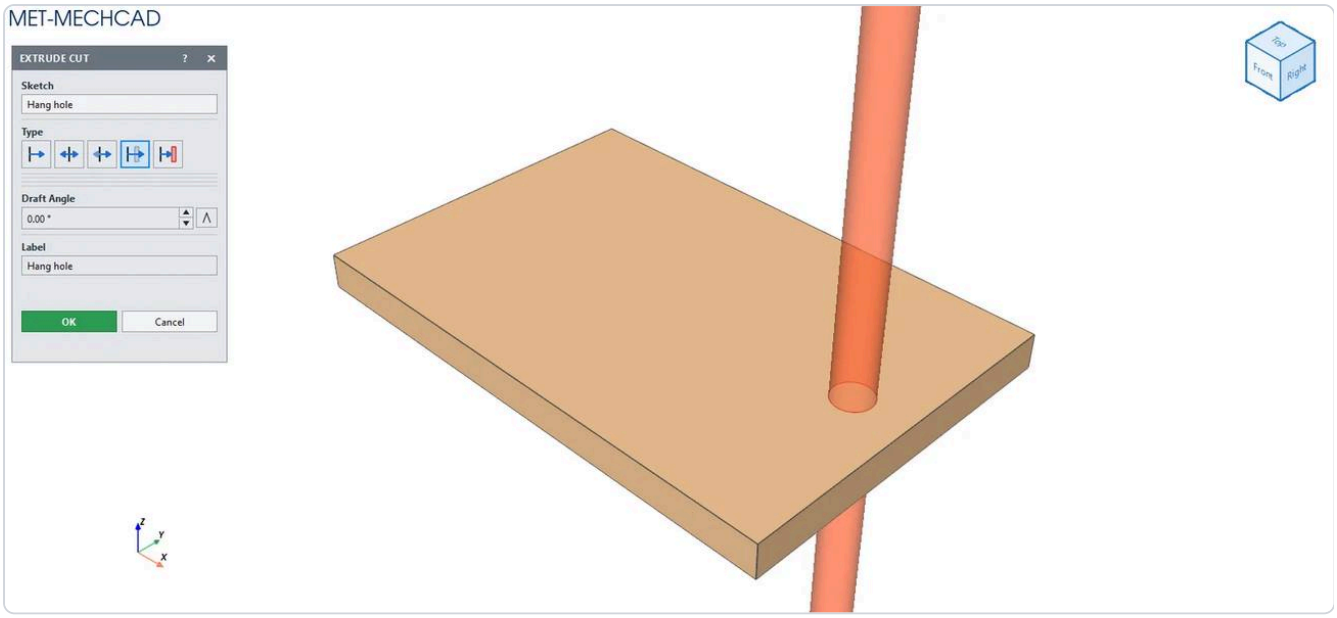
ตัดเนื้อวัสดุด้วย Sketch ปิด แบบ To Depth, Mid Plane, Two Directions, Up To Face หรือ Through All

ใช้ทำอะไร

Extrude Cut ตัดเนื้อออกจากชิ้นงานตามรูปร่าง Sketch ปิด ต้องมี Body ก่อน (*Create a body first*)

อยู่ที่ไหน

Model › Cut / Remove › Extrude หรือคลิกขวาในมุมมอง › Cut › Extrude



EXTRUDE CUT แบบ Through All

ขั้นตอน

1. วาด Sketch บนหน้าผิวหรือระนาบ แล้วกด **Finish Sketch**
2. กด **Cut / Remove › Extrude**
3. เลือก Type ใส่ความลึก ภาพตัวอย่างแสดงเป็นสีแดง (Sketch บนหน้าผิวจะตัดเข้าเนื้อโดยอัตโนมัติ)
4. กด **OK** ได้ Feature *Extrusion Cut N*

ตัวเลือก	ความหมาย
Type › To Depth / Mid Plane / Two Directions / Up To Face	เหมือน Extrude
Type › **Through All**	ตัดทะลุทั้งชิ้น (มีเฉพาะ Cut)
Depth / Depth 2 / ⇄	ระยะและทิศ
Draft Angle	มุมเอียงผนังรู
Label	ชื่อ Feature



Two Directions (ภาพตัวอย่างเป็น Extrude Boss; Extrude Cut ใช้ตัวเลือกเดียวกัน)

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

ดูเพิ่ม

- Hole Wizard
- Extrude

Revolve และ Revolve Cut Standard

สร้างหรือตัดเนื้อโดยหมุนโปรไฟล์รอบแกน

ใช้ทำอะไร

Revolve หมุน Sketch รอบแกนเพื่อเพิ่มเนื้อ (เพลา ล้อ ขวด) **Revolve Cut** หมุนเพื่อตัดเนื้อ (ร่อง)

อยู่ที่ไหน

- **Model › Boss / Add › Revolve**
- **Model › Cut / Remove › Revolve**



กล่อง REVOLVE พร้อมพรีวิว (ตัวแก้วมัค มุม 270°)

ขั้นตอน

1. วาด Sketch ครึ่งรูปตัดด้านเดียวของแกน
2. กด **Revolve** แล้วเลือก Sketch
3. เลือก **Axis** และใส่ **Angle**
4. กด **OK**

ตัวเลือก	ความหมาย
Sketch	โปรไฟล์ที่ใช้
Axis	แกนหลัก 2 แกนที่อยู่ในระนาบ Sketch (เช่น XY › X, Y), แกนอ้างอิง Axis หรือ *Reference line:* (เส้นแรกของ Sketch อื่น)
Angle	0.1–360° (ค่าเริ่มต้น 360)
Label	ชื่อ Feature

> **หมายเหตุ:** ถ้าคำนวณไม่ได้จะเห็น *Revolve failed: …* ตรวจว่าโปรไฟล์ไม่ข้ามแกน

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

ดูเพิ่ม

- Reference Plane และ Axis

Sweep และ Sweep Cut Standard

กวาดโปรไฟล์ปิดไปตามเส้นทาง เพื่อเพิ่มหรือตัดเนื้อ

ใช้ทำอะไร

Sweep กวาดโปรไฟล์ปิดไปตามเส้นทาง (Path) เช่น ท่อ ราว ขอบคิ้ว **Sweep Cut** กวาดเพื่อตัดร่อง

อยู่ที่ไหน

- **Model › Boss / Add › Sweep**
- **Model › Cut / Remove › Sweep**



กล่อง SWEEP (หูแก้วมัค: หน้าตัด + เส้นทาง)

ขั้นตอน

1. สร้าง Sketch โปรไฟล์ (ปิด) และ Sketch เส้นทาง (หรือ 3D Sketch / Helix / Spiral)
2. กด **Sweep** เลือก **Profile (section)** และ **Path (spine)**
3. กด **OK**

ตัวเลือก	ความหมาย
Profile (section)	Sketch หน้าตัด (ปิด)
Path (spine)	Sketch / 3D Sketch / Helix ที่เป็นเส้นทาง

> **หมายเหตุ:** Profile และ Path ต้องเป็นคนละ Sketch (*Profile and path must be different sketches*) Sweep Cut ต้องมี Body ก่อน

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

ดูเพิ่ม

- 3D Sketch
- Helix / Spiral

Loft Standard

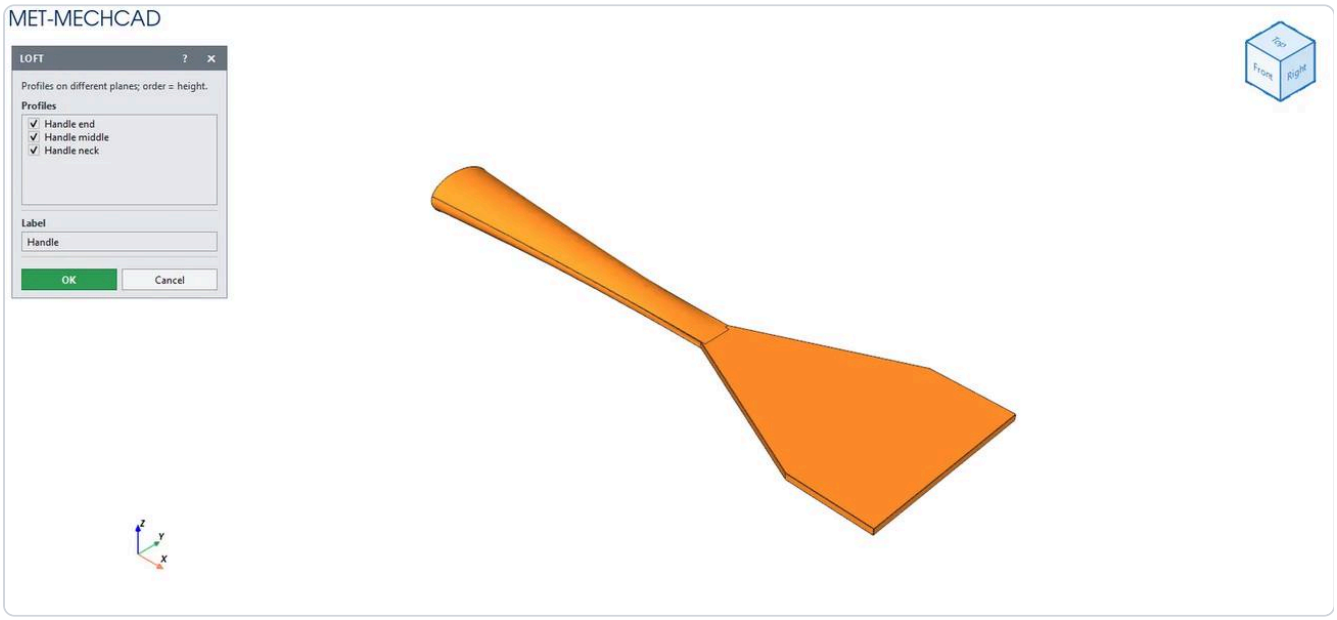
สร้างเนื้อเชื่อมผ่านโปรไฟล์ตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปบนระนาบต่างระดับ

ใช้ทำอะไร

Loft สร้างรูปทรงที่เปลี่ยนหน้าตัดอย่างนุ่มนวลผ่านโปรไฟล์หลายชิ้น เช่น ด้ามจับ คอขวด

อยู่ที่ไหน

Model › Boss / Add › Loft



กล่อง LOFT (ด้ามตะหลิวจาก 3 โปรไฟล์)

ขั้นตอน

1. สร้าง ระนาบอ้างอิง ที่ระดับต่างกัน แล้ววาดโปรไฟล์บนแต่ละระนาบ
2. กด **Loft** ติ๊ก Sketch อย่างน้อย 2 ชิ้นในรายการ **Profiles**
3. ตั้งชื่อในช่อง **Label** แล้วกด **OK**

ตัวเลือก	ความหมาย
Profiles	รายการ Sketch (อย่างน้อย 2) เรียงลำดับตามความสูงของระนาบอัตโนมัติ

ตัวเลือก	ความหมาย
Label	ชื่อ Feature

> **หมายเหตุ:** Loft มีเฉพาะแบบเพิ่มเนื้อ (ไม่มี Loft Cut)

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

ดูเพิ่ม

- Reference Plane และ Axis

Helix (สปริงและเกลียว) Standard

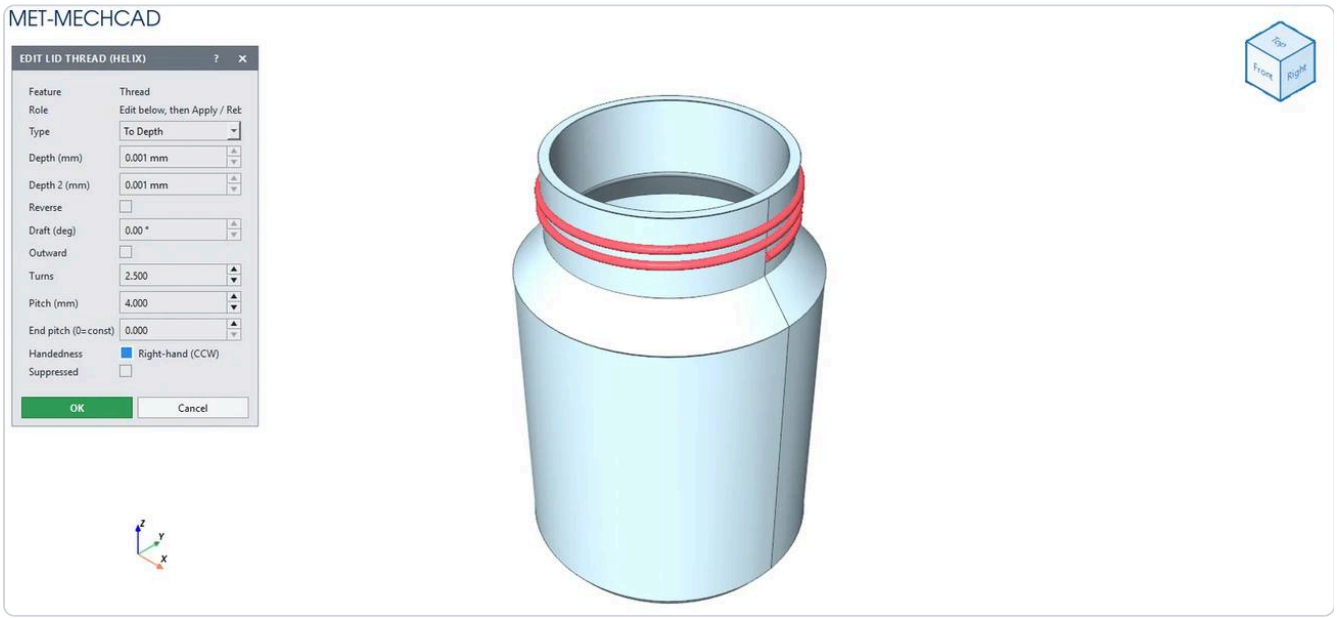
กวาดหน้าตัดไปตามเกลียวที่สร้างอัตโนมัติ สำหรับสปริงและเกลียว

ใช้ทำอะไร

Helix สร้างสปริงหรือเกลียวในคำสั่งเดียว: กวาด Sketch หน้าตัดตามเกลียวที่ได้จากวงกลมนำ

อยู่ที่ไหน

Model › Boss / Add › Helix



แก้ไข Helix (เกลียวฝาบนปากขวดแยม)

ขั้นตอน

1. วาด Sketch วงกลมนำ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสปริง) และ Sketch หน้าตัดลวดแยกกัน
2. กด **Helix** เลือก Wire section และ Guide circle

3. ใส่ Turns, Pitch แล้วกด **OK**

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Wire section (sketch)	–	หน้าตัดลวด
Guide circle (spring Ø) (sketch)	–	วงกลมกำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง
Turns	5	จำนวนรอบ
Pitch	10 mm	ระยะต่อรอบ
End pitch (0 = constant)	0	ระยะต่อรอบที่ปลาย (แปรผัน)
Right-hand (CCW)	เปิด	เกลียวขวา

> **หมายเหตุ:** Wire section และ Guide circle ต้องเป็นคนละ Sketch ถ้าต้องการเกลียวสำหรับโปรไฟล์ซับซ้อน ใช้ Helix / Spiral + Sweep

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

Hole Wizard (รูมาตรฐาน) Standard

เจาะรูมาตรฐาน M3–M12 แบบ Simple, Counterbore, Countersink, Tapped หรือ Tapered โดยคลิกที่หน้าผิวหรือที่จุด Point

ใช้ทำอะไร

สร้างรูมาตรฐานพร้อมขนาดตามตาราง วางได้ 2 วิธี: คลิกที่หน้าผิว (หนึ่งคลิกต่อหนึ่งรู) หรือเจาะทุกจุด Point ใน Sketch

อยู่ที่ไหน

Model › Cut / Remove › Hole Wizard (ต้องมี Body)



กล่อง HOLE WIZARD

ขั้นตอน

1. (ถ้าต้องการวางตามจุด) วาด Sketch ด้วยเครื่องมือ **Point** ที่ตำแหน่งรู
2. กด **Hole Wizard** เลือก **Standard** และ **Type**
3. ที่ **Position** เลือก *Click on a face (one hole per click)* แล้วคลิกหน้าผิวตรงตำแหน่งรู (ดูดเข้าจุดศูนย์กลางขอบกลม/กลางหน้า) หรือเลือก *- all N points (Drill)*
4. กด **Done** (หรือ **Drill**) กด Esc เพื่อจบ

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Standard	M6	Custom, M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12 (เติม Ø ให้อัตโนมัติ)
Type	Simple	Simple / Counterbore / Countersink / Tapped / Tapered Bore
Hole Ø (mm)	6.6	ขนาดรู (รูผ่าน) หรือดอกสว่านเจาะเกลียว (Tapped)
Through all	เปิด	เจาะทะลุ
Blind depth (mm)	10	ความลึกเมื่อไม่ทะลุ
C'bore Ø / C'bore depth (mm)	11 / 6	ขนาดและความลึกรูเคาน์เตอร์บอร์
C'sink head Ø (mm)	12.5	ขนาดหัวเคาน์เตอร์ซิงก์ (90°)
Thread depth (mm)	0	ความลึกเกลียว (0 = ตลอดรู)
Cosmetic thread note on the feature	เปิด	ระบุเกลียวในชื่อ Feature
Show thread (cosmetic helix)	เปิด	แสดงเกลียวแบบเส้น
Taper angle (deg)	3	มุมเรียว (Tapered Bore)
Position	Click on a face	วิธีวางรู

มาตรฐาน	รูผ่าน (mm)	ดอกเจาะเกลียว (mm)
M3	3.4	2.5
M4	4.5	3.3
M5	5.5	4.2
M6	6.6	5.0
M8	9.0	6.8
M10	11	8.5
M12	13.5	10.2

> **หมายเหตุ:** แก้ไขรูภายหลังด้วย Edit Feature จะเปิดกล่อง *Edit <ชื่อรู>* แบบเดียวกัน การลบรูจะลบรูและ Sketch ทั้งชุด ใน Drawing ใช้ **Hole Callout** เพื่อแสดงขนาดรูอัตโนมัติ

ดูเพิ่ม

- Spline, Point และ Text
- มิติใน Drawing

Fillet และ Chamfer Standard

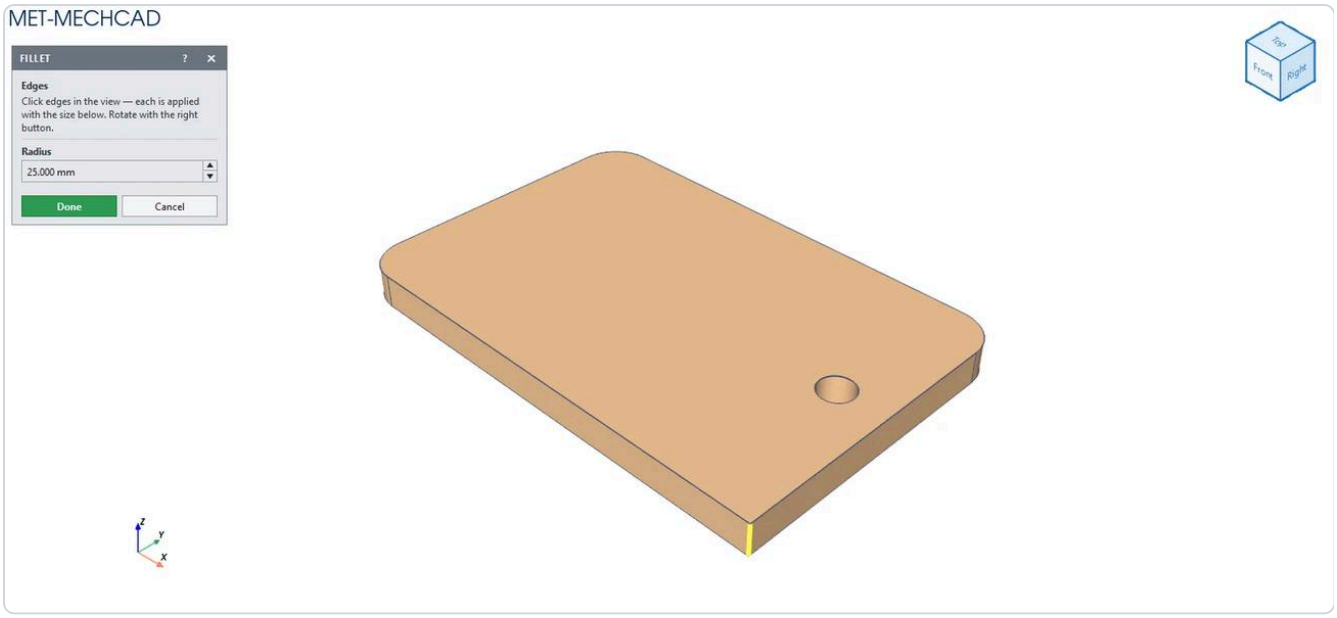
ลบมุมขอบชิ้นงานแบบโค้ง (Fillet) หรือตัดเฉียง (Chamfer) โดยคลิกขอบ

ใช้ทำอะไร

Fillet ลบมุมขอบเป็นส่วนโค้งตามรัศมี **Chamfer** ตัดมุมเฉียงตามระยะ

อยู่ที่ไหน

- **Model › Features › Fillet / Chamfer** (ต้องมี Body)
- คลิกขวาที่หน้าผิว › **Fillet Edges of This Face** / **Chamfer Edges of This Face** (ทำทุกขอบของหน้านั้น)



กล่อง FILLET

ขั้นตอน

1. กด **Fillet** (หรือ **Chamfer**) กล่องลอยจะเปิดขึ้นข้างมุมมอง
2. ใส่ **Radius** (หรือ **Distance**)
3. คลิกขอบในมุมมองเพื่อสร้าง **Edge set** (ชุดขอบ) ขอบที่เลือกเป็นสีส้ม และช่อง Edge set บอกจำนวน *N edge(s) selected*
4. ดูภาพตัวอย่าง (Preview) ซึ่งคำนวณใหม่ทุกครั้งที่เพิ่ม/เอาขอบออก หรือเปลี่ยนขนาด
5. กด **OK** เพื่อสร้าง Feature **1 ตัว** (Fillet N / Chamfer N) สำหรับขอบทั้งชุด หรือกด **Cancel** / Esc เพื่อยกเลิก ชิ้นงานกลับเป็นเหมือนเดิม

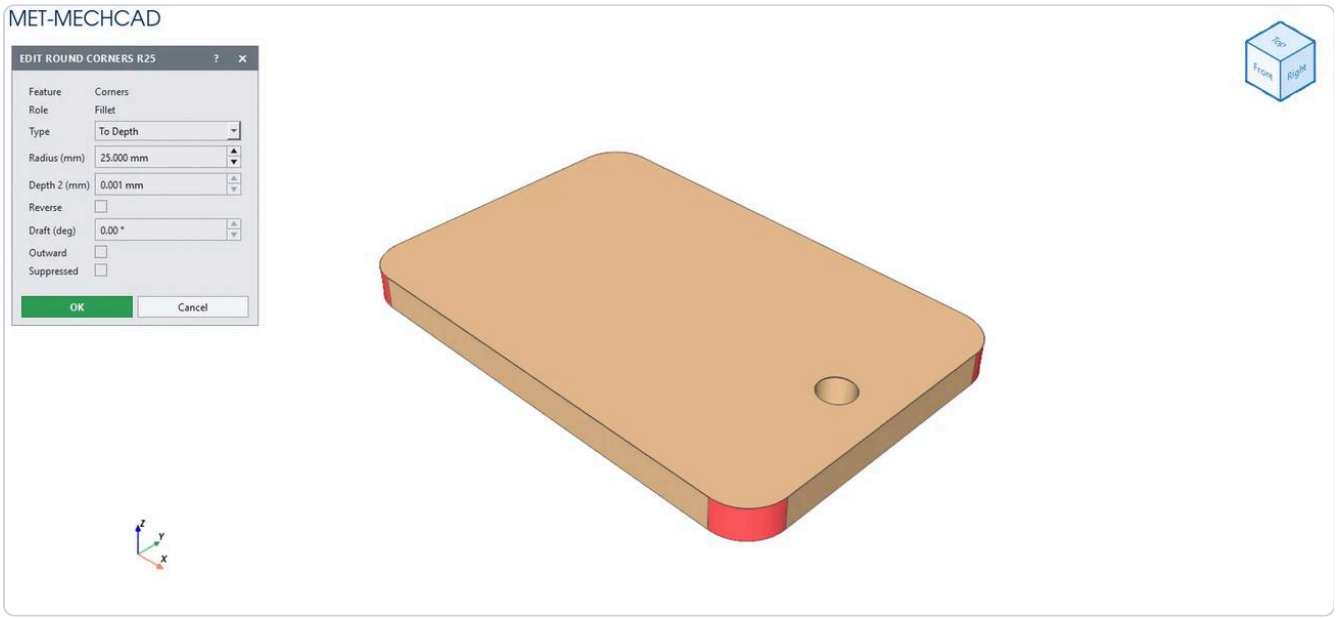
การเลือกขอบเป็นชุด (Edge set)

การคลิก	ผล
คลิกขอบ	เพิ่มขอบนั้นเข้าชุด คลิกซ้ำที่ขอบเดิมเพื่อเอาออก
คลิกหน้า (Face)	เพิ่มทุกขอบของหน้านั้นในครั้งเดียว (ลบมุมรอบขอบหน้าได้ในคลิกเดียว) คลิกหน้าเดิมอีกครั้งเพื่อเอาขอบชุดนั้นออก
Tab	เลื่อนเลือกขอบที่ซ้อนกันใต้เคอร์เซอร์
ลากปุ่มขวา	หมุนดูขอบด้านหลังระหว่างเลือก

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Edge set	–	จำนวนขอบที่เลือกอยู่
Radius (Fillet)	3 mm	รัศมีโค้ง
Distance (Chamfer)	3 mm	ระยะตัดเฉียง



กล่อง CHAMFER



แก้ไข Fillet ที่สร้างแล้ว

> **หมายเหตุ:** ถ้าขนาดใหญ่เกินกว่าที่ขอบในชุดรับได้ ภาพตัวอย่างจะแสดงชิ้นงานเดิมพร้อมข้อความเตือนในกล่อง และเมื่อกด OK จะขึ้น *could not be built on this edge set* ให้ลดขนาดลงหรือเอาขอบที่มีปัญหาออก

> **หมายเหตุ:** ทุกขอบในชุดใช้ขนาดเดียวกัน ถ้าต้องการหลายขนาดให้สร้างแยกเป็นหลาย Feature แก้ขนาดภายหลังได้ที่ คลิกขวาที่ Feature › **Edit Feature** (ช่อง **Radius (mm)**) ส่วนชุดขอบเลือกใหม่ไม่ได้ ถ้าต้องเปลี่ยนขอบให้ลบ Feature แล้วสร้างใหม่

ดูเพิ่ม

- Feature Parameters

Draft (มุมถอดแบบ) Standard

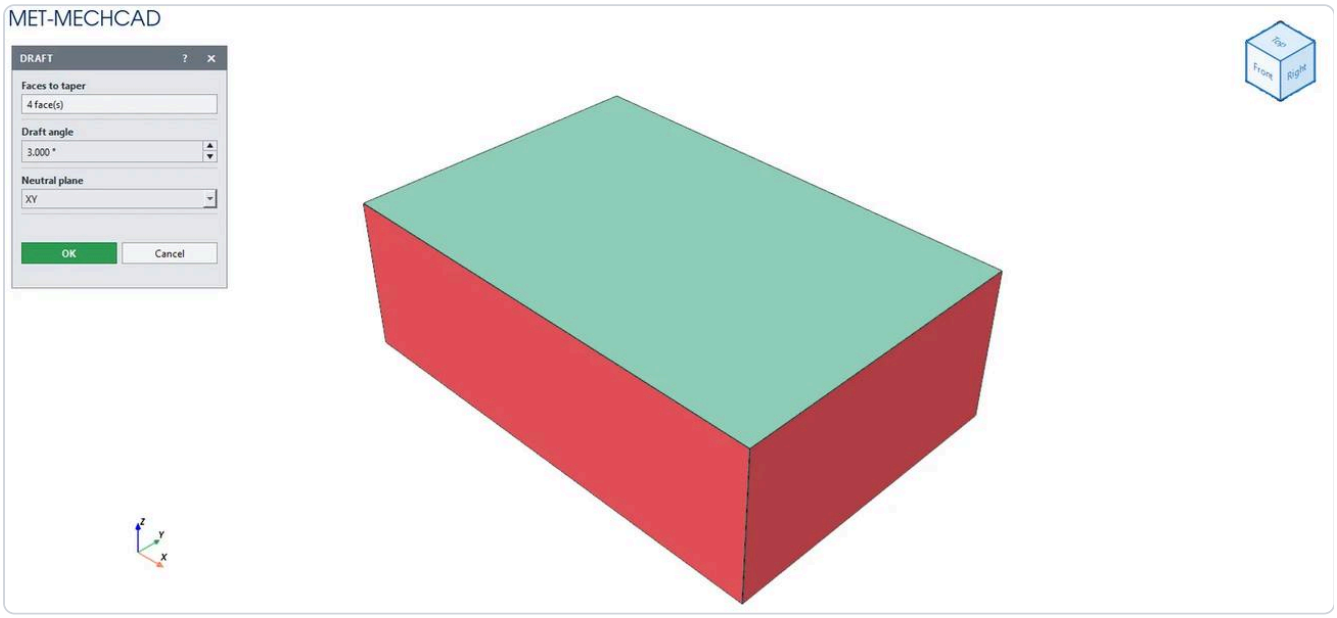
ทำผนังด้านข้างให้เอียงเพื่อถอดแม่พิมพ์ได้

ใช้ทำอะไร

Draft เอียงผนังด้านข้างรอบระนาบอ้างอิง (neutral plane) สำหรับงานหล่อ/ฉีด

อยู่ที่ไหน

Model › Features › Draft



กล่อง DRAFT

ขั้นตอน

1. กด **Draft**
2. คลิกผนังด้านข้างที่ต้องการเอียง (คลิกซ้ำเพื่อเอาออก)
3. ใส่ **Draft angle** และเลือก **Neutral plane**
4. กด **OK**

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Faces to taper	–	หน้าผนังที่จะเอียง
Draft angle	3°	0.001–88.999°
Neutral plane	XY	XY / YZ / ZX

> **หมายเหตุ:** ถ้าเห็น *Draft failed (try a smaller angle or a side wall)* ให้ลดมุมหรือเลือกเฉพาะผนังด้านข้าง กล่องจะเปิดค้างไว้ให้แก้

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

Shell (ทำผนังกลวง) Standard

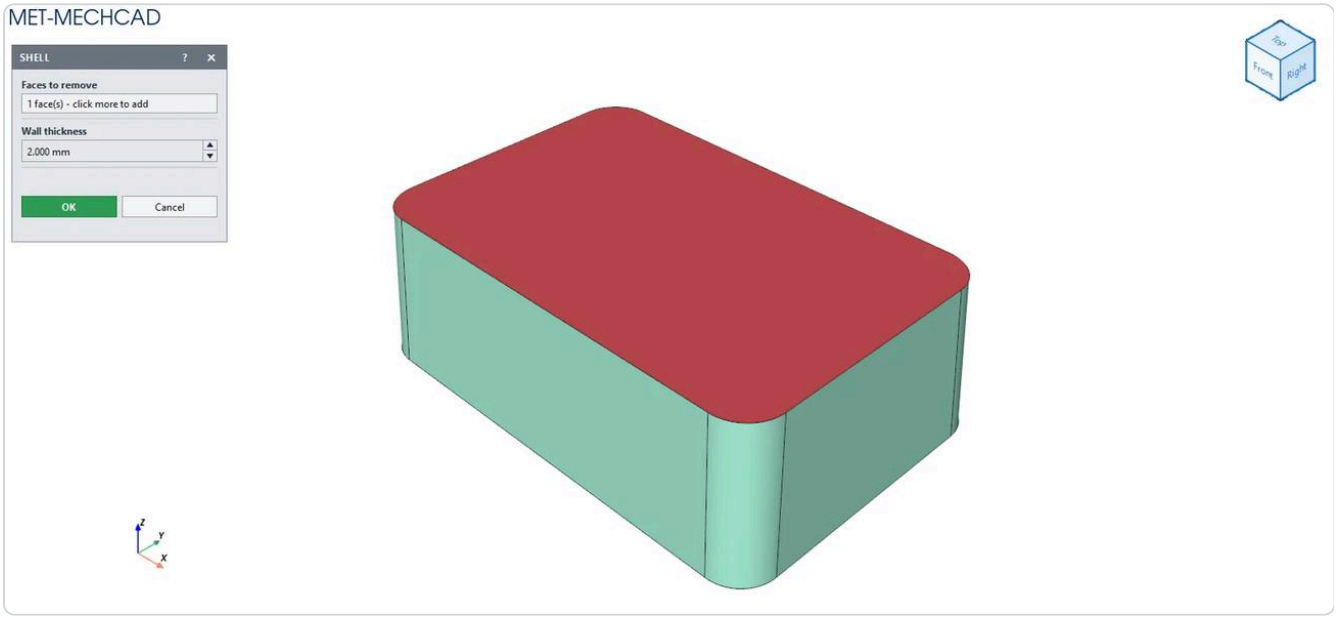
ทำชิ้นงานให้กลวงตามความหนาผนัง โดยเปิดหน้าที่เลือก

ใช้ทำอะไร

Shell ขุดเนื้อภายในออกเหลือผนังตามความหนา และเปิดหน้าที่เลือก เช่น กล่อง ฝาครอบ

อยู่ที่ไหน

Model › Features › Shell



กล่อง SHELL

ขั้นตอน

1. กด **Shell**
2. คลิกหน้าที่ต้องการเปิด (อย่างน้อย 1 หน้า)
3. ใส่ **Wall thickness**
4. กด **OK** (หรือ Esc/Enter)

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Faces to remove	–	หน้าที่จะเปิดออก
Wall thickness	2 mm	ความหนาผนัง

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

Wrap / Project (Emboss / Deboss บนหน้าผิว) Standard

พัน Sketch รอบทรงกระบอกหรือฉายลงหน้าผิว แล้วทำนูนหรือจม

ใช้ทำอะไร

วาง Sketch ปิดลงบนหน้าผิว แล้วทำ **นูน (Emboss)** หรือ **จม (Deboss)** โหมด **Wrap** ม้วนรอบทรงกระบอกโดยรักษาความยาว ส่วน **Project** ฉายตรงลงหน้า เช่น โลโก้บนขวด

อยู่ที่ไหน

- **Model › Features › Wrap / Project**
- ระหว่างวาด Sketch: **Reference / Snap › Wrap** (จบ Sketch แล้วเปิดคำสั่งนี้ทันที)



กล่อง WRAP / PROJECT

ขั้นตอน

1. วาด Sketch ปิด (เช่น ข้อความหรือโลโก้)
2. กด **Wrap / Project** เลือก **Sketch**
3. คลิก **Target face** (คลิกหน้าทรงกระบอกจะเปลี่ยนเป็นโหมด Wrap ให้อัตโนมัติ)
4. เลือก **Mode**, **Type** และ **Depth** แล้วกด **OK**

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Sketch	–	Sketch ปิดที่จะวาง

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Target face	–	หน้าผิวเป้าหมาย
Mode	Wrap	**Wrap (cylinder, keep length)** / **Project (along sketch normal)**
Type	Emboss	**Emboss (raise)** นูน / **Deboss (recess)** จม
Depth	1 mm	ความสูง/ลึก (0.01–1000)



โลโก้ LEMON แบบ Wrap emboss บนขวด

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

ดูเพิ่ม

- Text (Emboss / Deboss)
- Picture (รูปภาพบนหน้าผิว)

Mirror (สะท้อนชิ้นงาน) Standard

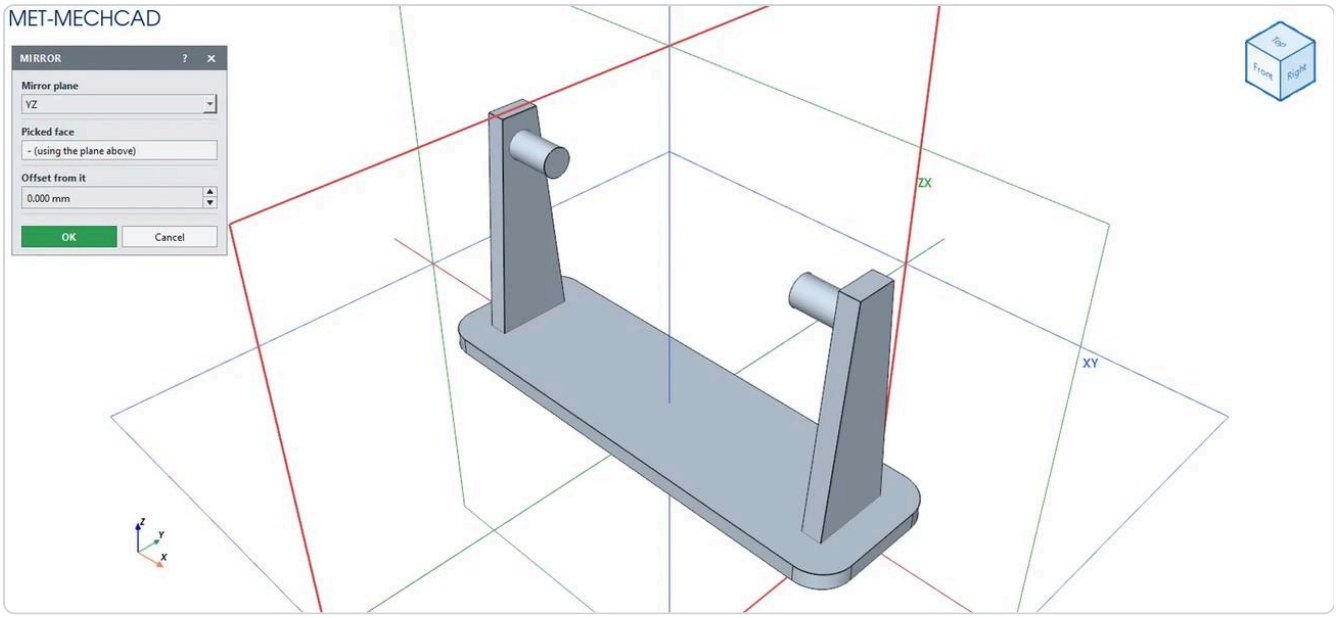
สะท้อน Body รอบระนาบหรือหน้าผิวเรียบแล้วรวมเป็นชิ้นเดียว

ใช้ทำอะไร

Mirror สะท้อน Body รอบระนาบ แล้วหลอมรวมสำเนาเข้ากับชิ้นงาน ใช้กับชิ้นงานที่สมมาตร

อยู่ที่ไหน

Model › Features › Mirror หรือคลิกขวาในมุมมอง › Mirror



กล่อง MIRROR

ขั้นตอน

1. กด **Mirror**
2. เลือก **Mirror plane** หรือคลิกหน้าผิวเรียบในมุมมอง
3. ใส่ **Offset from it** ถ้าต้องการเลื่อนระนาบสะท้อน
4. กด **OK**

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Mirror plane	YZ	YZ / ZX / XY / ระนาบอ้างอิง / หน้าที่คลิก
Picked face	–	หน้าผิวเรียบที่ใช้เป็นระนาบ
Offset from it	0	ระยะเลื่อนจากระนาบ

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

ดูเพิ่ม

- Mirror Part ใน Assembly

Linear Pattern และ Circular Pattern Standard

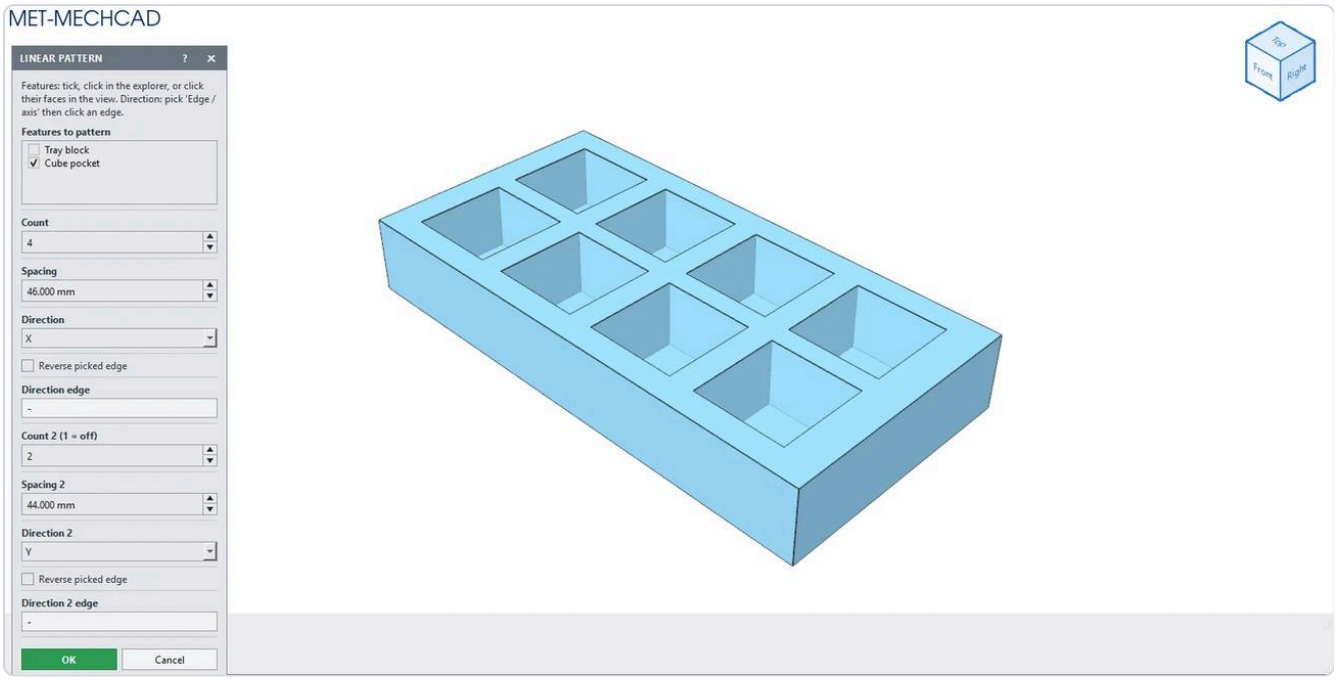
ทำซ้ำ Feature ตามแนวเส้นตรง (1–2 ทิศ) หรือรอบแกน

ใช้ทำอะไร

ทำซ้ำ Feature ที่เลือก (Extrude, Revolve, Loft, Sweep, Helix) **Linear Pattern** เรียงตามแนว 1 หรือ 2 ทิศทาง **Circular Pattern** เรียงรอบแกน

อยู่ที่ไหน

Model › Features › Linear Pattern / Circular Pattern



กล่อง LINEAR PATTERN (หลุมถาดน้ำแข็ง 4 × 2)

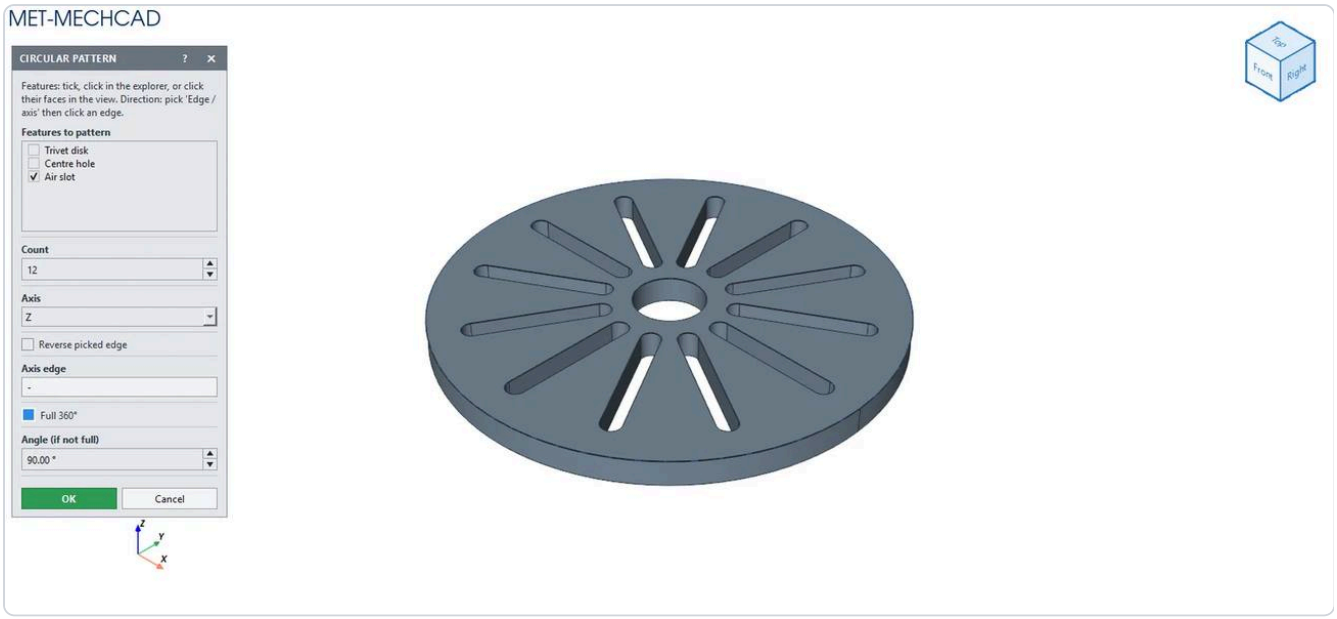
ขั้นตอน

1. กด **Linear Pattern** (หรือ **Circular Pattern**)
2. ติ๊ก Feature ในรายการ **Features to pattern** หรือคลิก Feature ใน Design Explorer/คลิกหน้าของมันในมุมมอง (Feature ล่าสุดถูกติ๊กไว้ให้)
3. กำหนดทิศ: เลือก X/Y/Z หรือเลือก *Edge / axis* แล้วคลิกขอบ (ขอบตรง = ทิศของขอบ, ขอบกลม = แกนของมัน, คลิกจุดยอด 2 จุด = ทิศระหว่างจุด)
4. ใส่จำนวนและระยะ แล้วกด **OK**

Linear Pattern

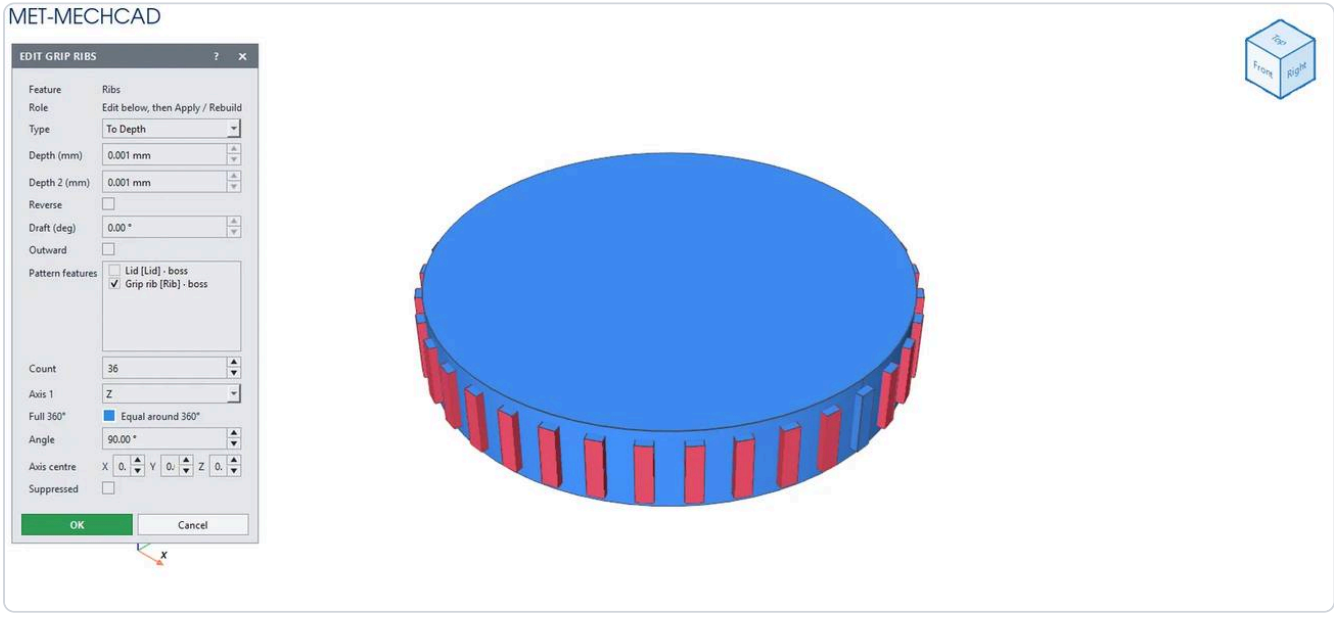
ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Features to pattern	Feature ล่าสุด	Feature ที่ทำซ้ำ
Count	4	จำนวน (2–9999)
Spacing	30 mm	ระยะห่าง
Direction	X	X, Y, Z, -X, -Y, -Z, แกนอ้างอิง หรือขอบที่คลิก
Reverse picked edge	ปิด	กลับทิศขอบ
Count 2 (1 = off) / Spacing 2 / Direction 2	1 / 30 / Y	ทิศทางที่ 2

Circular Pattern



กล่อง CIRCULAR PATTERN

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Count	6	จำนวน
Axis	Z	แกนหมุน หรือขอบ/แกนที่คลิก
Full 360°	เปิด	กระจายเท่ากันรอบวง
Angle (if not full)	90°	มุมรวมเมื่อไม่ใช่ 360°



แก้ไข Circular Pattern (ร่องกันลื่นรอบฝาขวดโหล)

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

ดูเพิ่ม

- Path Pattern
- Mirror และ Pattern ใน Sketch

Path Pattern (ทำซ้ำตามเส้นทาง) Standard

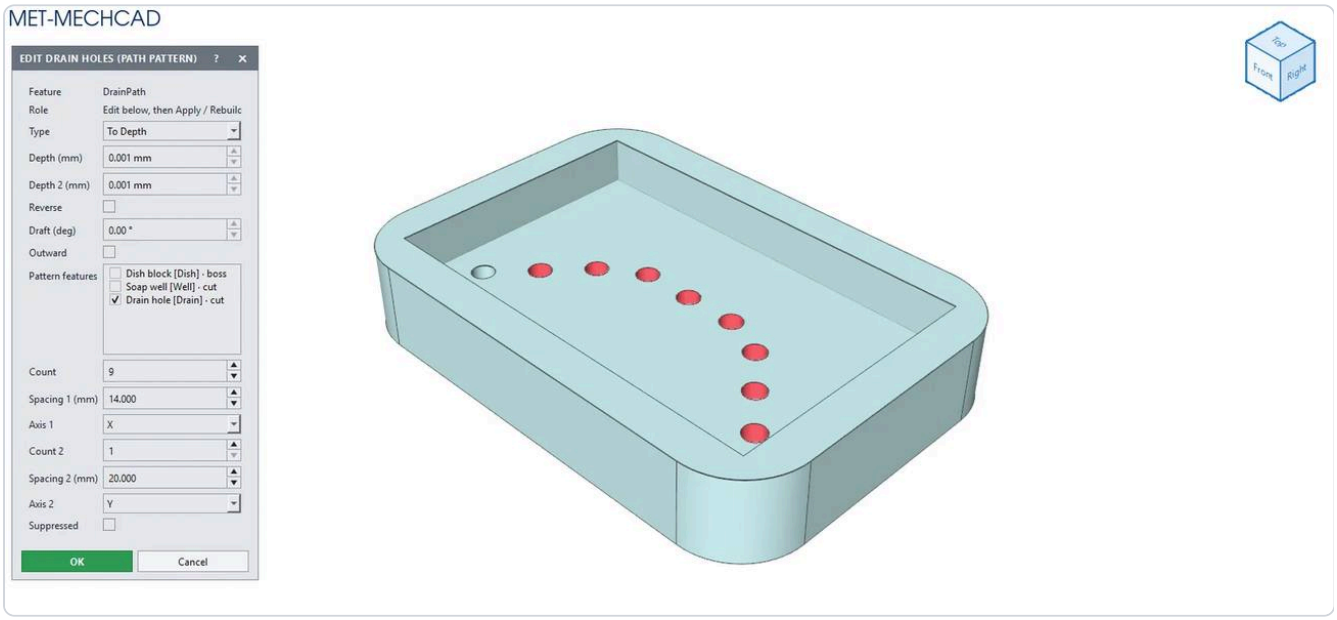
ทำซ้ำ Feature ไปตามขอบหรือเส้นโค้งที่เลือก

ใช้ทำอะไร

Path Pattern ทำซ้ำ Feature ไปตามขอบหรือเส้นโค้ง ระยะห่าง = ความยาวเส้นทาง ÷ (จำนวน − 1)

อยู่ที่ไหน

Model › Features › Path Pattern



แก้ไข Path Pattern (รูระบายน้ำตามเส้นทางในที่วางสบู่)

ขั้นตอน

1. กด **Path Pattern**
2. ติ๊ก Feature ใน **Features to pattern**
3. คลิกขอบที่ใช้เป็นเส้นทาง (**Path edge**)
4. ใส่ **Count** แล้วกด **OK**

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Features to pattern	–	Feature ที่ทำซ้ำ
Path edge	–	ขอบ/เส้นโค้งที่เป็นเส้นทาง
Count	4	จำนวน

> **หมายเหตุ:** เมื่อแก้ไข Path Pattern ภายหลังจะถามระยะห่าง (spacing) โดยตรง

> **หมายเหตุ:** กล่องคำสั่งเป็นแบบลอย (ไม่ล็อกหน้าจอ) ลากที่หัวกล่องเพื่อย้าย ภาพตัวอย่างอัปเดตทันทีเมื่อแก้ค่า **OK** บันทึกเป็น 1 ขั้นของ Undo ส่วน **Cancel**, ✕ หรือ Esc ยกเลิก ถ้าเงื่อนไขยังไม่ครบ ปุ่ม OK จะเป็นสีเทาและมีข้อความสีส้มบอกสิ่งที่ต้องเลือก

Reference Plane และ Axis Standard

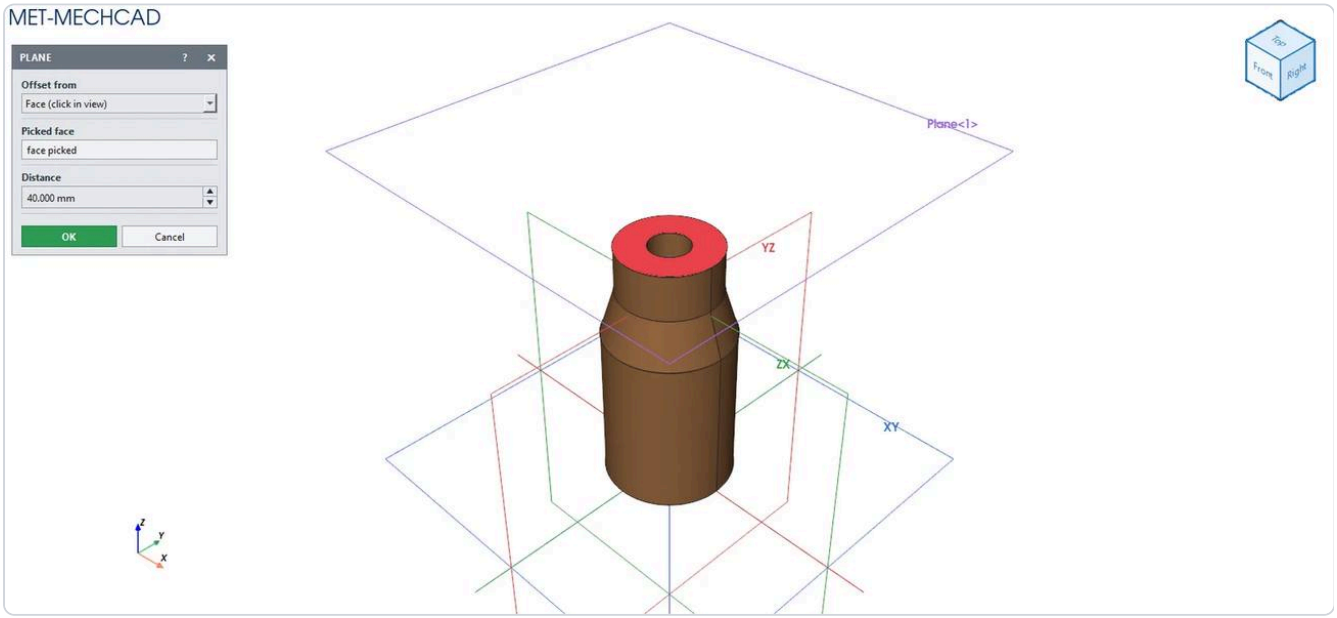
สร้างระนาบอ้างอิงแบบ Offset และแกนอ้างอิงจากรู ขอบ หรือ 2 จุด

ใช้ทำอะไร

Plane สร้างระนาบอ้างอิงขนานกับระนาบหลักหรือหน้าผิว ใช้วาด Sketch ที่ระดับต่างๆ (เช่น สำหรับ Loft) **Axis** สร้างแกนอ้างอิงสำหรับ Revolve, Circular Pattern และ Mate

อยู่ที่ไหน

- **Model › References › Plane / Axis**
- คลิกขวาหน้าผิว › **Insert Offset Plane from This Face...**
- คลิกขวา **Planes** ใน Design Explorer › **Insert Plane...**



กล่อง PLANE

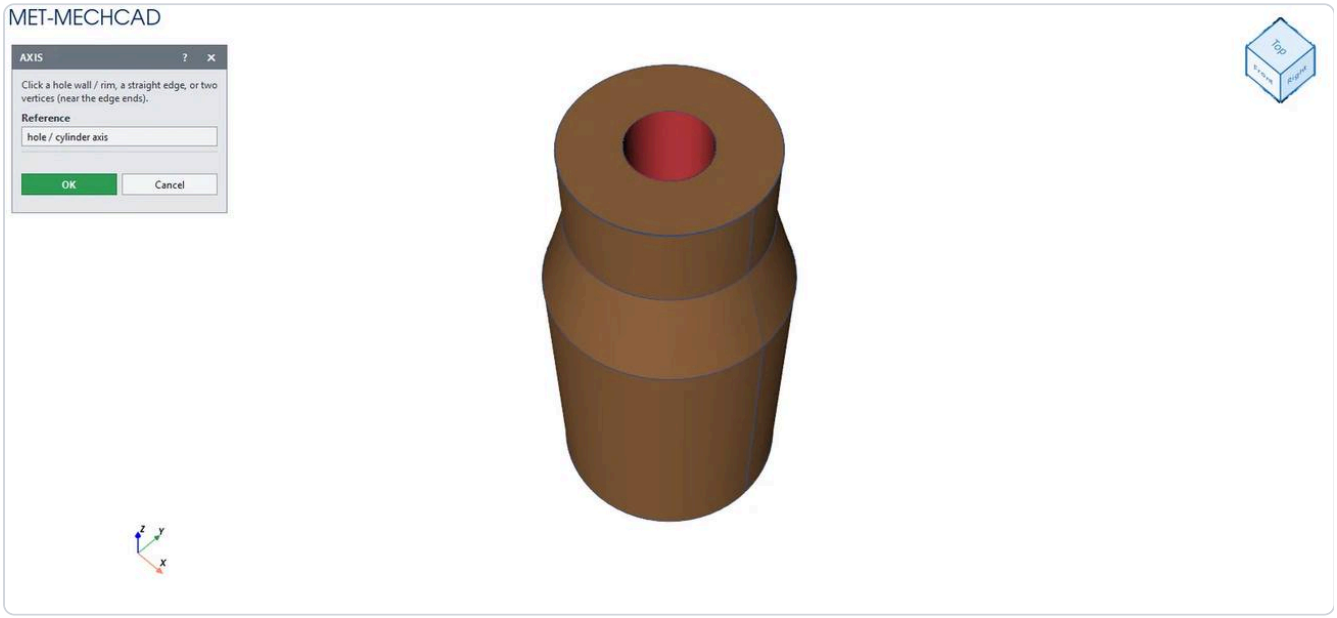
Plane

1. กด **Plane**
2. เลือก **Offset from** (XY / YZ / ZX / ระนาบอ้างอิง) หรือคลิกหน้าผิวเรียบ
3. ใส่ **Distance** แล้วกด **OK** ได้ `Plane<n>` ดับเบิลคลิกเพื่อเริ่ม Sketch บนระนาบนั้น

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Offset from	XY	ระนาบฐาน
Picked face	–	หน้าผิวเรียบ (ใช้แทนระนาบฐาน)
Distance	20 mm	ระยะห่าง

แก้ระยะภายหลัง: คลิกขวาระนาบ › **Edit Plane...** (ช่อง Offset) Feature ที่ใช้ระนาบนี้จะคำนวณใหม่

Axis



กล่อง AXIS

1. กด **Axis** (ต้องมี Body)
2. คลิกผนังหรือขอบรู/ทรงกระบอก (แกนของรู) ขอบตรง หรือจุดยอด 2 จุด
3. กด **OK** ได้ `Axis<n>`

ดูเพิ่ม

- Loft
- Revolve

Move Face และ Simplify (Direct Edit) Standard

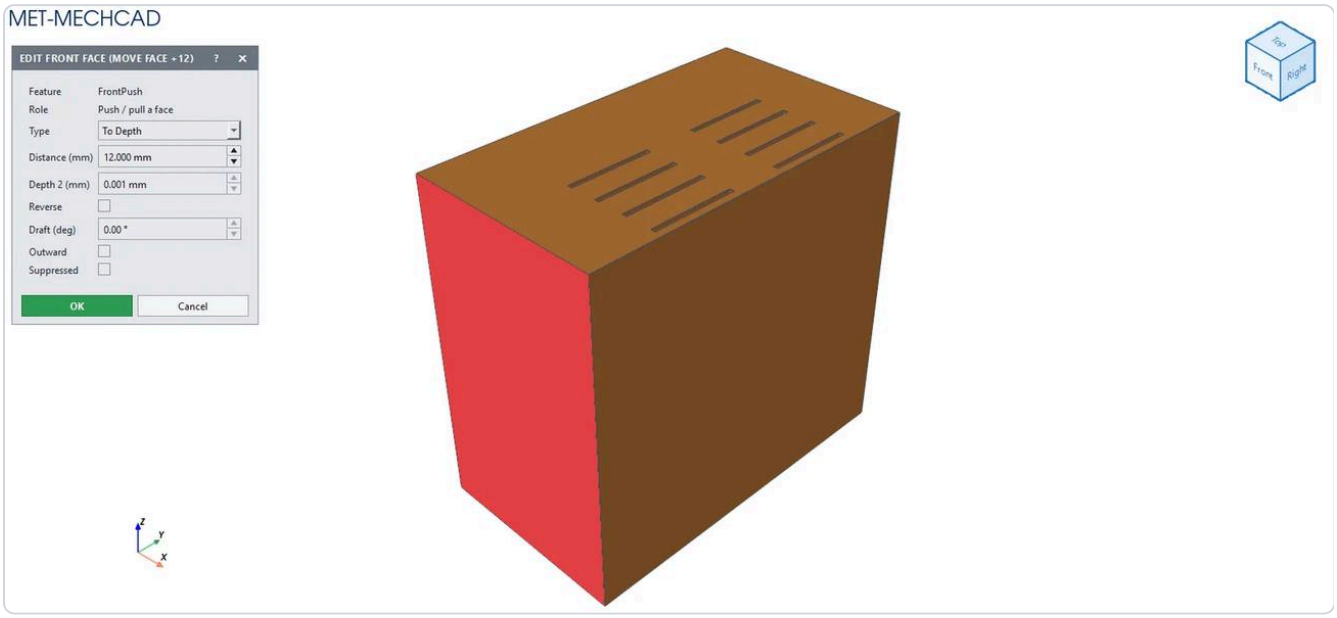
ดัน/ดึงหน้าผิวเรียบโดยตรง และซ่อมรวมหน้าผิวของชิ้นงานที่นำเข้า

ใช้ทำอะไร

- **Move Face** ดันหรือดึงหน้าผิวเรียบตามระยะ (+ เพิ่มเนื้อ, − ลดเนื้อ) เหมาะกับชิ้นงานที่นำเข้าซึ่งไม่มีประวัติ Feature
- **Simplify** ซ่อมข้อผิดพลาดจากการนำเข้าและรวมหน้าผิวที่อยู่ระนาบเดียวกัน

อยู่ที่ไหน

Direct Edit › Solid › Move Face / Simplify



แก้ไข Move Face (ดันหน้าด้านหน้าของบล็อกเสียบมีด +12 มม.)

Move Face

1. กด **Move Face**
2. คลิกหน้าผิวเรียบ 1 หน้า
3. กรอก **Distance (mm)** (ค่าเริ่มต้น 5, ใส่ค่าลบเพื่อดันเข้า) แล้ว OK (Esc = ยกเลิก)

Simplify

1. กด **Simplify**
2. ยืนยัน *Simplify / Heal: Heal merged A → B faces. Replace the feature history…?*

> **หมายเหตุ:** Simplify **แทนที่ประวัติ Feature ทั้งหมด** ด้วยชิ้นงานเดียวชื่อ *Simplified Solid* ใช้ Undo ได้ถ้าต้องการย้อนกลับ

ดูเพิ่ม

- Import CAD
- Recognize Features

Union, Subtract, Intersect, Scale และ Rotate Datum Standard

รวม ลบ หรือหาส่วนร่วมกับชิ้นงานอื่น ย่อขยาย และหมุนชิ้นงานรอบจุดกำเนิด

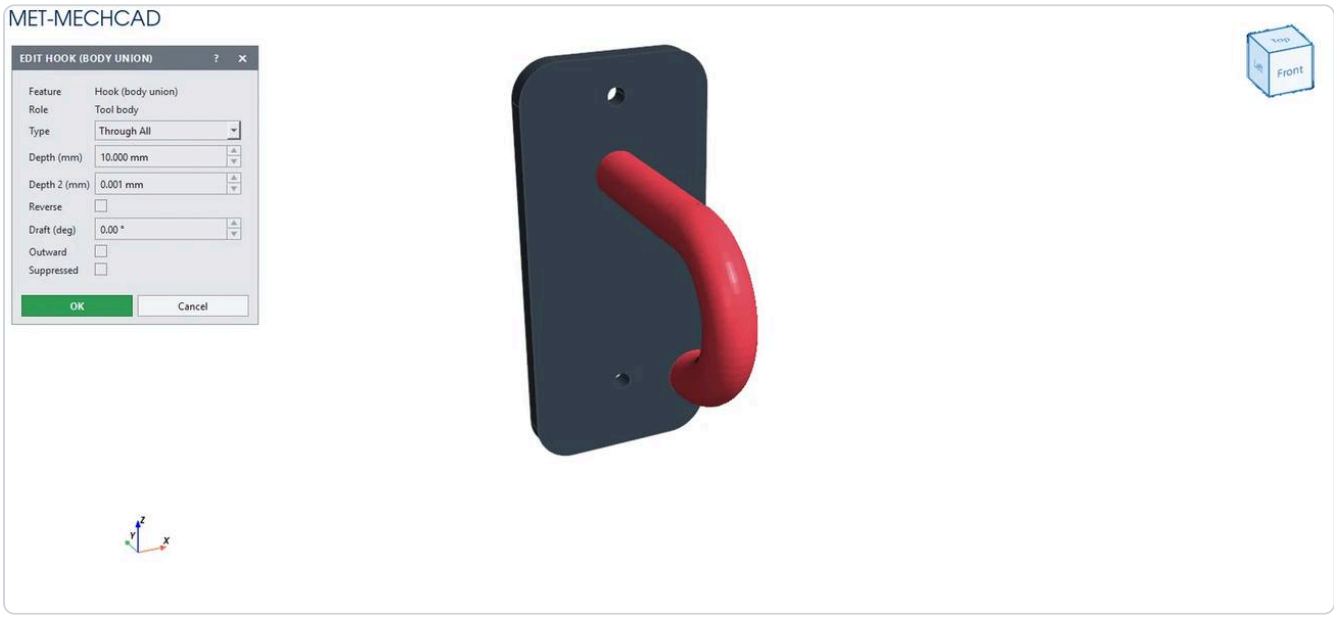
ใช้ทำอะไร

คำสั่งกับ Body ทั้งก้อน (ต้องมี Body)

คำสั่ง	ความหมาย
Union / Add	รวมกับ Part อื่น (`.metprt`)
Subtract	ลบรูปทรงของ Part อื่นออก
Intersect	เก็บเฉพาะส่วนที่ซ้อนกัน
Scale	ย่อขยายรอบจุดกำเนิด (*Uniform scale about origin*, 0.001–1000)
Rotate Datum	หมุน Body รอบจุดกำเนิด (เลือกแกน X/Y/Z แล้วมุม ค่าเริ่มต้น 90°) โดยยังเก็บประวัติ Feature

อยู่ที่ไหน

Direct Edit › Solid › Union / Add, Subtract, Intersect, Scale และ **Model › Part Tools** (เมนู)



แก้ไข Feature แบบ Body union (ตะขอแขวนเสื้อ)

ขั้นตอน (Union / Subtract / Intersect)

1. กดคำสั่ง
2. เลือกไฟล์ Part เครื่องมือ (*Select tool part (shared XYZ coordinates)*)
3. ชิ้นงานคำนวณใหม่ทันที

> **หมายเหตุ:** Part ทั้งสองใช้พิกัด XYZ ร่วมกัน (ไม่มีขั้นจัดตำแหน่ง) ให้วาง Part เครื่องมือในพิกัดที่ถูกต้องก่อน

ดูเพิ่ม

- Derived Part ใน Assembly

Text (ตัวอักษรนูน/จมบนหน้าผิว) Standard

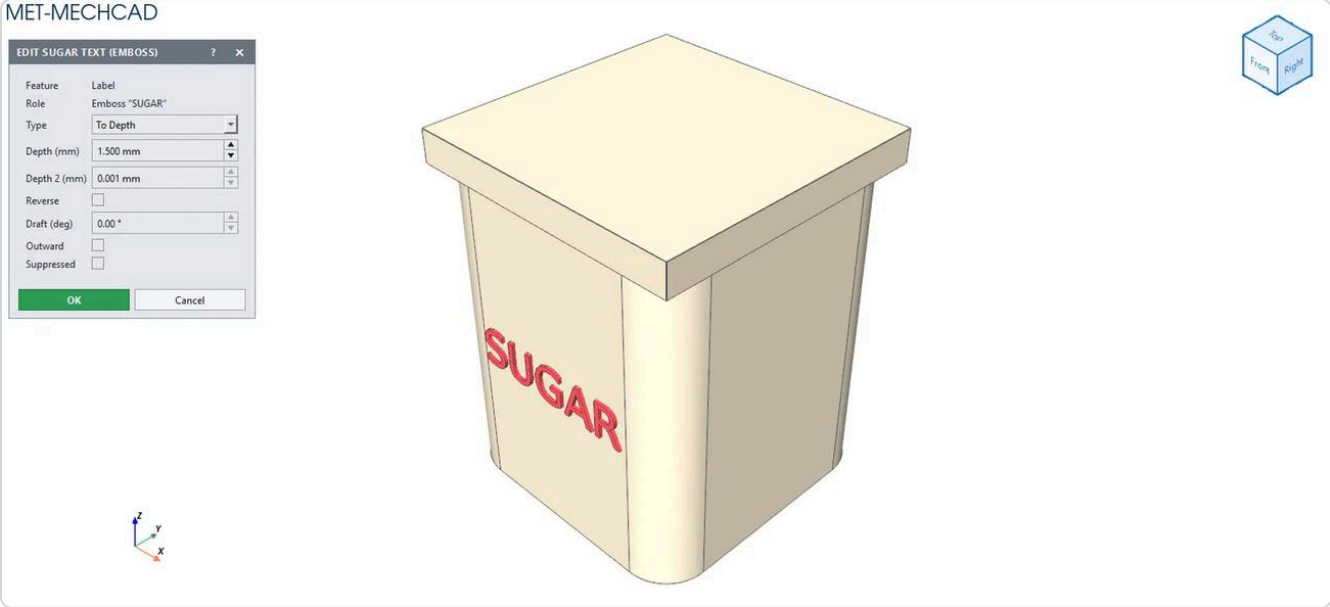
เขียนข้อความนูนหรือจมลงบนหน้าผิวเรียบ

ใช้ทำอะไร

Text สร้างข้อความแบบนูน (Emboss) หรือแกะจม (Deboss) บนหน้าผิวเรียบ เช่น ชื่อรุ่น โลโก้ตัวอักษร

อยู่ที่ไหน

Direct Edit › Create › Text



แก้ไขข้อความ Emboss "SUGAR" บนโหลน้ำตาล

ขั้นตอน

1. กด **Text**
2. คลิกหน้าผิวเรียบตรงตำแหน่งที่ต้องการ
3. กรอกค่าในหน้าต่าง **Text** แล้วกด OK

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Text	MET	ข้อความ
Height (mm)	8	ความสูงตัวอักษร
Depth (mm)	1	ความสูงนูน/ความลึก
Style	Emboss (raised)	Emboss (raised) / Deboss (engraved)

> **หมายเหตุ:** ถ้าต้องการข้อความบนผิวโค้ง ให้ใช้เครื่องมือ **Text** ใน Sketch แล้วใช้ Wrap / Project

ดูเพิ่ม

- Spline, Point และ Text ใน Sketch

Picture (รูปภาพบนหน้าผิว) Standard

แปะรูป PNG/JPG บนหน้าผิวเรียบหรือทรงกระบอก ปรับขนาด หมุน และสะท้อน

ใช้ทำอะไร

Picture (*Insert Picture on Face*) แปะรูปภาพบนหน้าผิวเรียบหรือทรงกระบอก เช่น ฉลากสินค้า ป้ายเครื่อง ใช้แสดงผลและ Render ไม่เปลี่ยนรูปทรง

อยู่ที่ไหน

- Part Design: **Direct Edit › Create › Picture**
- Assembly: **Share › Picture** (ดู 3D Notes และ Picture)



กล่อง EDIT PICTURE บนฉลากขวดน้ำยาล้างจาน

ขั้นตอน

1. กด **Picture** แล้วกด **Browse picture...** (png, jpg, jpeg, bmp, gif, webp)
2. คลิกหน้าผิวที่จะแปะ
3. ปรับขนาด การหมุน ตำแหน่ง ดูภาพตัวอย่างสด แล้วกด **OK**

ตัวเลือก	ความหมาย
Browse picture... / Replace picture...	เลือกไฟล์รูป
Face	หน้าผิวที่แปะ
Width / Height (0 = keep picture ratio)	ขนาด (Height 0 = รักษาสัดส่วน)
Fit	Auto (flat / wrap cylinder) / Stretch fit onto curved face
Rotation	หมุน ±360°
Move X / Move Y	เลื่อนตำแหน่ง
Offset from face	ระยะลอยจากผิว (ค่าเริ่มต้น 0.2)
Mirror horizontal / Mirror vertical	กลับด้าน
Opacity	0.05–1

ดูเพิ่ม

- Realistic Render

Recognize Features (แปลงชิ้นงานนำเข้าเป็น Feature) Standard

นำเข้า CAD แล้วสร้างประวัติ Feature ที่แก้ไขได้ (Extrude ฐาน + รู) โดยอัตโนมัติ

ใช้ทำอะไร

Recognize Features อ่านชิ้นงาน Solid จากไฟล์ CAD (เช่น STEP) แล้วสร้างใหม่เป็นต้นไม้ Feature ที่แก้ไขได้ เช่น Extrude ฐาน ขั้นบันได รู Fillet และ Chamfer

อยู่ที่ไหน

Direct Edit › Create › Recognize Features



แท็บ Direct Edit: กลุ่ม Create

ขั้นตอน

1. กด **Recognize Features**
2. เลือกไฟล์ในหน้าต่าง *Recognize Features from CAD*
3. ผลจะเปิดเป็นแท็บ Part ใหม่ พร้อมข้อความสรุปผลการแปลง

> **หมายเหตุ:** ถ้าตรวจสอบแล้วรูปทรงที่สร้างใหม่ไม่ตรงกับต้นฉบับ โปรแกรมจะใช้ Solid เดิม (ไม่มีประวัติ) แทนเพื่อความถูกต้อง ชิ้นงานรูปทรงซับซ้อนอาจได้ Feature ไม่ครบ

ดูเพิ่ม

- Import CAD
- Move Face และ Simplify

Gear Wizard (สร้างเฟือง) Standard

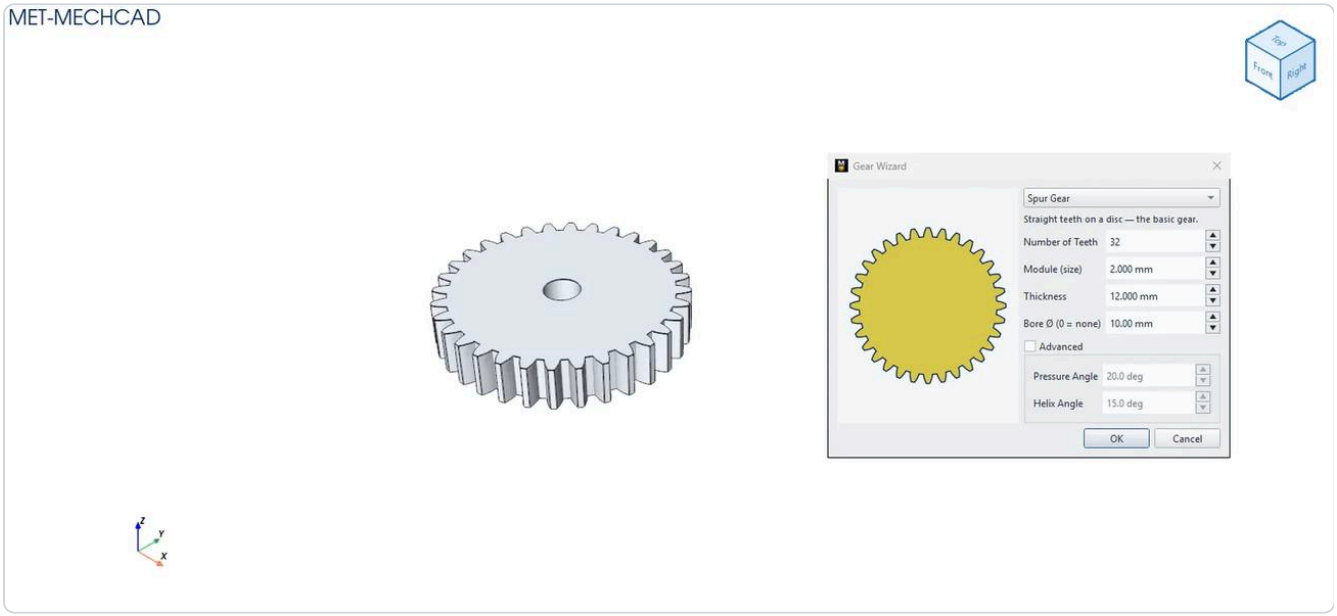
สร้างเฟือง Spur, Rack, Internal, Helical, Worm และ Bevel แบบพาราเมตริก

ใช้ทำอะไร

Gear Wizard สร้าง Part เฟืองจากค่ามาตรฐาน (จำนวนฟัน Module ความหนา) พร้อมภาพตัวอย่าง 2D

อยู่ที่ไหน

Direct Edit › Create › Gear



หน้าต่าง Gear Wizard

ขั้นตอน

1. กด **Gear**
2. เลือกชนิดเฟือง และใส่ค่า
3. กด **OK** ผลลัพธ์จะ **แทนที่ Body ของ Part นี้** (แนะนำให้สร้างใน Part ใหม่)
4. แก้ภายหลัง: คลิกขวาที่ Part ใน Design Explorer › **Edit Gear (Wizard)...**

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
ชนิด	Spur Gear	Spur / Rack / Internal / Helical / Worm / Bevel
Number of Teeth	20	3–400 (Rack: *Teeth along length*)
Module (size)	1.5 mm	ขนาดฟัน

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Thickness	6 mm	ความหนา
Bore Ø (0 = none)	0	รูเพลา (Spur, Helical, Bevel, Worm)
Advanced › Pressure Angle	20°	5–35°
Advanced › Helix Angle	15°	0–45° (Helical)

> **หมายเหตุ:** ใน Assembly ใช้ **Gear Mate** ให้เฟืองหมุนสัมพันธ์กัน อัตราทดคำนวณจากรัศมีพิตช์ (Module × จำนวนฟัน ÷ 2)

ดูเพิ่ม

- ชนิดของ Mate
- Feed Screw Wizard

Feed Screw Wizard (สกรูลำเลียงขวด) Standard

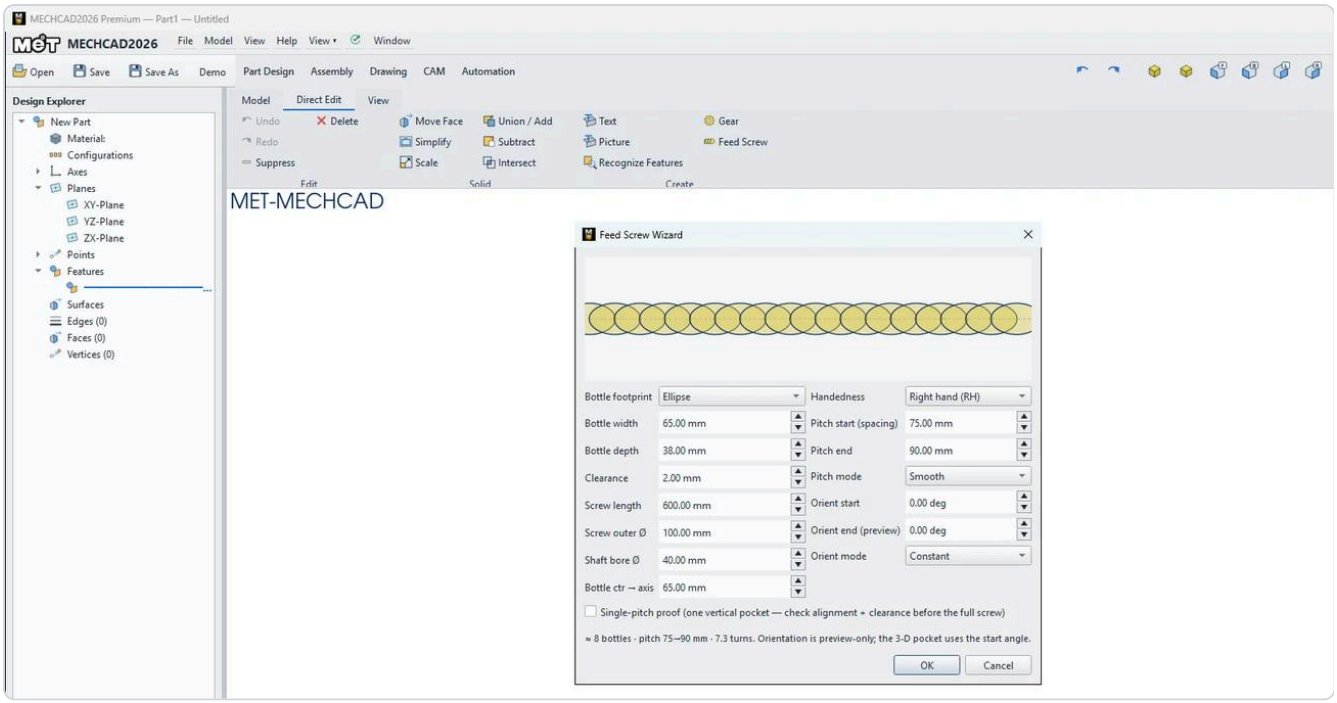
สร้างสกรูลำเลียง/จังหวะขวดตามรูปทรงขวด ระยะพิตช์ และทิศเกลียว

ใช้ทำอะไร

Feed Screw Wizard สร้างสกรูลำเลียงขวด (timing screw) สำหรับสายการผลิต จากขนาดฐานขวด ระยะพิตช์ต้น/ปลาย และทิศเกลียว

อยู่ที่ไหน

Direct Edit › Create › Feed Screw



หน้าต่าง Feed Screw Wizard

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Bottle footprint	–	Circle / Ellipse / Asymmetric Oval / Rounded Rectangle
Bottle width / Bottle depth	65 / 38	ขนาดฐานขวด (depth ใช้ไม่ได้กับ Circle)
Clearance	2	ระยะเผื่อ
Screw length	600	ความยาวสกรู
Screw outer Ø	100	เส้นผ่านศูนย์กลางนอก
Shaft bore Ø	40	รูเพลา
Bottle ctr → axis	65	ระยะศูนย์กลางขวดถึงแกนสกรู
Handedness	–	Right hand (RH) / Left hand (LH)
Pitch start (spacing) / Pitch end	75 / 90	ระยะพิตช์ต้น/ปลาย
Pitch mode	Smooth	Constant / Linear / Smooth
Orient start / Orient end / Orient mode	–	การหมุนขวด (ใช้ในภาพตัวอย่าง)
Single-pitch proof	ปิด	สร้างช่องเดียวสำหรับทดสอบ

บรรทัดข้อมูลด้านล่างแสดงจำนวนขวดและจำนวนรอบ แก้ภายหลังด้วยคลิกขวา › **Edit Feed Screw (Wizard)...**

ดูเพิ่ม

- Gear Wizard

Part Color, Material และ Opacity Standard

กำหนดสี วัสดุ (พร้อมความหนาแน่น) และความโปร่งใสของชิ้นงาน

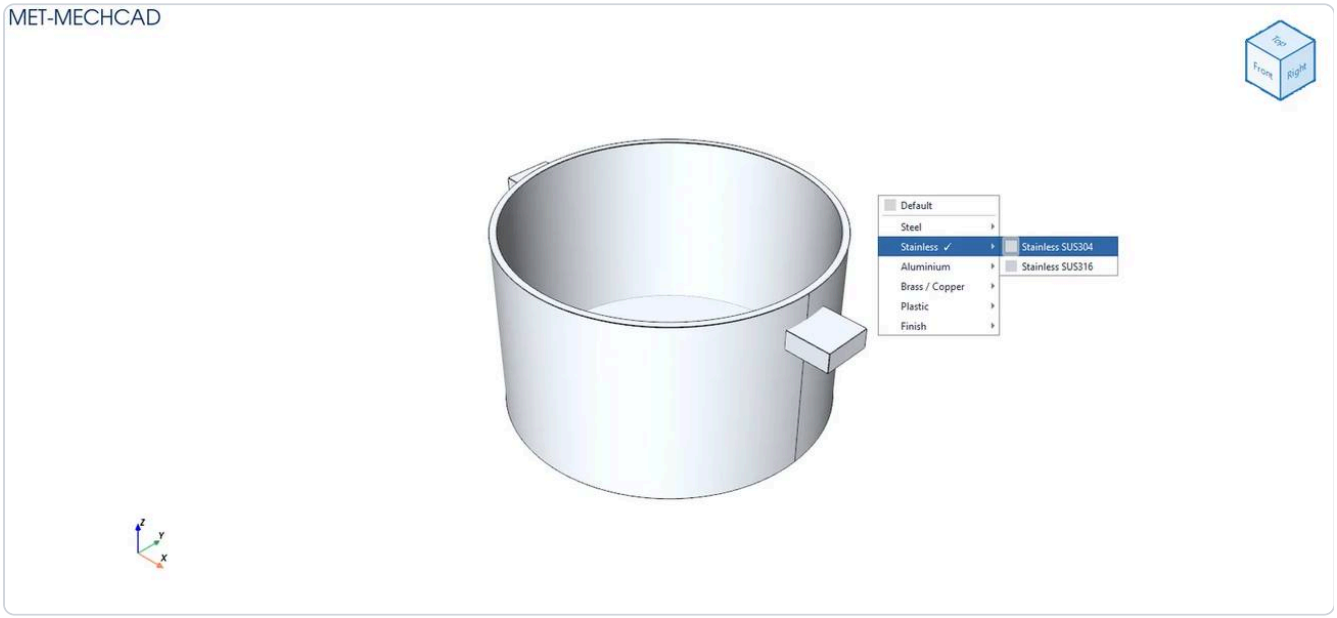
ใช้ทำอะไร

กำหนดลักษณะการแสดงผลของ Part และวัสดุที่ใช้คำนวณมวล

อยู่ที่ไหน

- **View › Appearance › Part Color / Material / Opacity**
- ดับเบิลคลิกโหนด **Material:** ใน Design Explorer
- คลิกขวาหน้าผิว › **Edit Face Color** / **Edit Solid Color**; คลิกขวา Feature › **Set Feature Color...** / **Set Feature Transparency...**

Material

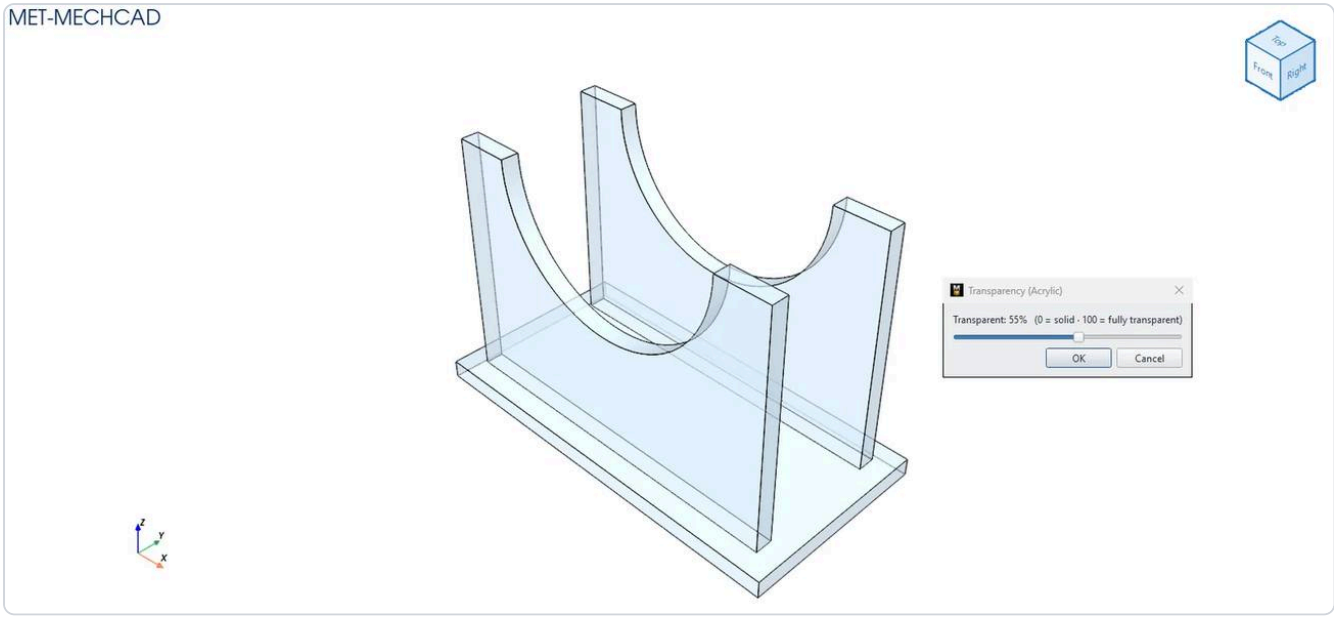


เมนู Material

กลุ่ม	วัสดุ
Steel	Steel SS400, Carbon Steel S45C
Stainless	SUS304, SUS316
Aluminium	AL6061, AL5083, Black Anodized
Brass / Copper	Brass C3604, Copper C1100
Plastic	POM White/Black, MC Nylon Blue, ABS Black, PVC Grey, Matte Plastic, Clear Acrylic (PMMA)
Finish	Painted

การเลือกวัสดุกำหนดสี ความโปร่งใส และความหนาแน่น (สำหรับมวล) และเขียนเกรดวัสดุลงช่อง Material ของ Part Properties (ถ้ายังไม่ได้พิมพ์เอง) เลือก **Default** เพื่อล้าง

Opacity



หน้าต่าง Transparency (Acrylic)

เลื่อนแถบ *Transparent: N% (0 = solid · 100 = fully transparent)* ผลแสดงสด กด OK เพื่อยืนยัน

Part Color

เปิดหน้าต่างเลือกสี *Edit Solid Color* สีที่เลือกใช้กับทั้งชิ้นงาน

ดูเพิ่ม

- Realistic Render
- Part Properties

Rollback, Regen และ Suppress Standard

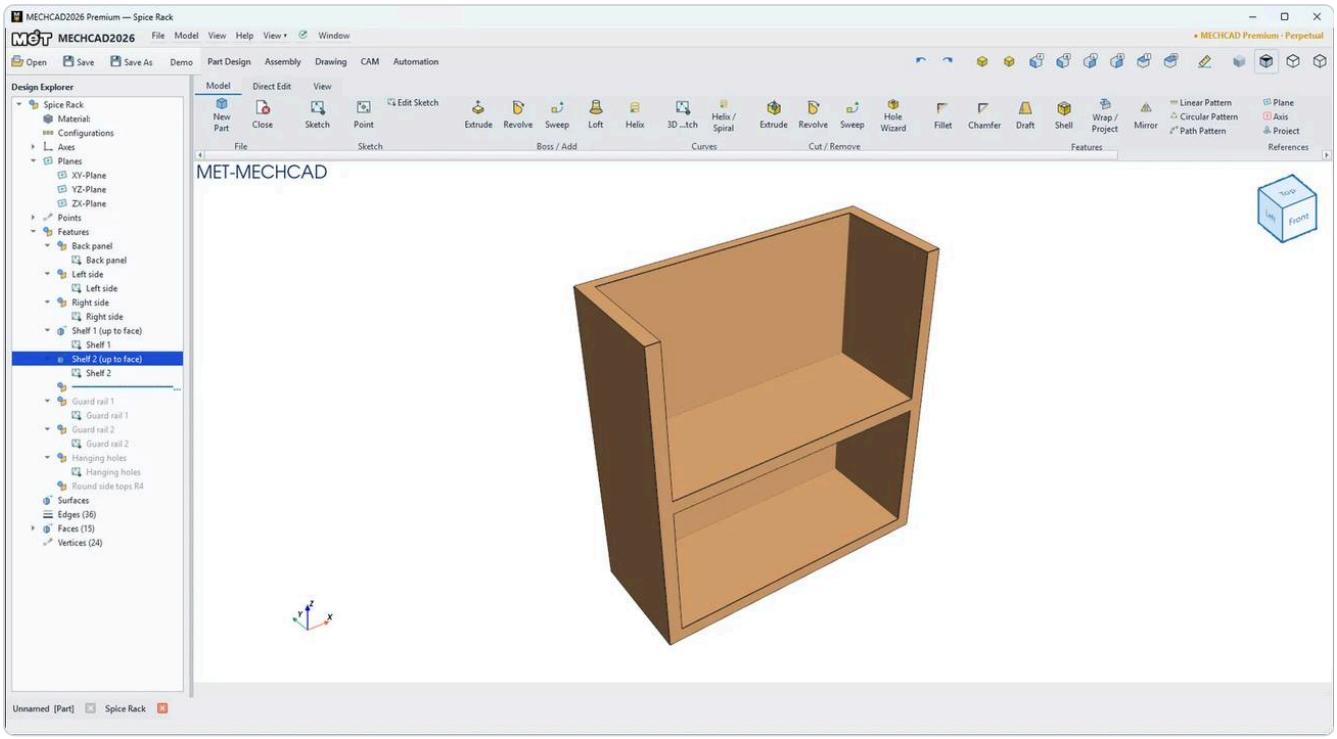
ย้อนประวัติด้วยแถบ Rollback คำนวณชิ้นงานใหม่ และปิด Feature ชั่วคราว

ใช้ทำอะไร

- **แถบ Rollback** (เส้นสีน้ำเงินใน Design Explorer) ย้อนชิ้นงานไปยังจุดใดก็ได้ในประวัติ Feature ที่อยู่ใต้แถบจะเป็นสีเทาและไม่ถูกคำนวณ ใช้แทรก Feature ใหม่ก่อน Feature เดิม
- **Regen** คำนวณทุก Feature ใหม่ (ไม่ใช้ cache) และแจ้งเวลาที่ใช้
- **Suppress** ปิด Feature/Sketch ชั่วคราว

อยู่ที่ไหน

- **Model › Regenerate › Regen, Roll Back, Roll Fwd, Roll to End**
- ลากแถบ Rollback ใน Design Explorer (ดับเบิลคลิกแถบ = Roll to End)
- คลิกขวา Feature › **Roll Back to Here / Roll Forward to Here**
- **Direct Edit › Edit › Suppress / Delete**



ย้อน Rollback ไป 4 Feature: Feature ใต้แถบเป็นสีเทา

คำสั่ง	ความหมาย
Roll Back	เลื่อนแถบขึ้น 1 Feature
Roll Fwd	เลื่อนแถบลง 1 Feature
Roll to End	แถบไปท้ายสุด ทุก Feature ทำงาน
Regen	คำนวณใหม่ทั้งหมด
Rebuild	ใช้ค่าที่แก้แล้วคำนวณใหม่ (เมนูบน **Rebuild**)
Suppress	ปิด/เปิด Feature (ชื่อขึ้นต้น "(Suppressed)")
Delete	ลบ Feature (Sketch ยังอยู่) หรือลบ Sketch (ลบ Feature ที่ใช้ด้วย)

> **หมายเหตุ:** แถบสถานะแสดง *Rolled back: N feature(s) below the bar are not calculated* ขณะย้อน อย่าลืม **Roll to End** ก่อนบันทึกหรือส่งเข้า Assembly

ดูเพิ่ม

- Design Explorer

Parameters (ค่าตัวแปรและสมการ) Standard

ตั้งชื่อค่าที่ใช้บ่อย เช่น width = 50 แล้วเขียนสมการอ้างถึงกัน เมื่อแก้ค่า ชิ้นงานจะ Rebuild ตามอัตโนมัติ

ใช้ทำอะไร

เก็บค่าสำคัญของชิ้นงานเป็นชื่อ เช่น `width = 50`, `wall = 3` แล้วเขียนค่าอื่นเป็นสมการ เช่น `len = 2*width + wall` เมื่อแก้ค่าใดค่าหนึ่ง ค่าที่อ้างถึงจะคำนวณใหม่ทันที และ Feature ที่ผูกกับพารามิเตอร์จะเปลี่ยนขนาดตามหลัง Rebuild

อยู่ที่ไหน

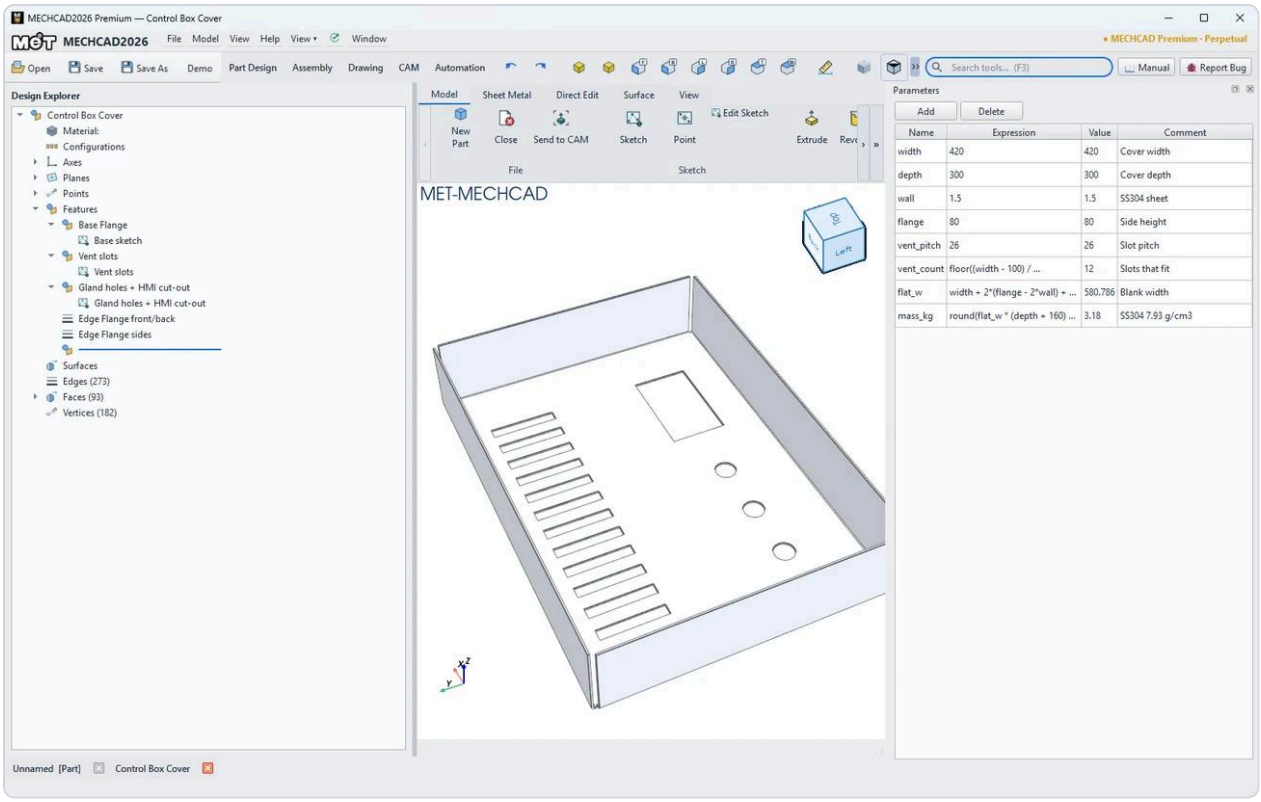
Model › References › Parameters ใน Part Design (ต้องเปิดหรือสร้าง Part ก่อน ถ้ายังไม่มีจะขึ้นข้อความ *Open or create a part first.*)

แผง **Parameters** จะเปิดเป็นแผงด้านขวาของหน้าต่าง ทำงานคู่กับชิ้นงานได้โดยไม่ต้องปิด กดซ้ำเพื่อเรียกแผงขึ้นมาอีกครั้งหลังสลับไปชิ้นงานอื่น

ขั้นตอน

1. กด **Parameters** ที่กลุ่ม References
2. กด **Add** จะได้แถวใหม่ชื่อ `param1` ค่า `0`
3. ดับเบิลคลิกช่อง **Name** เพื่อเปลี่ยนชื่อ เช่น `width`
4. ดับเบิลคลิกช่อง **Expression** แล้วพิมพ์ตัวเลข (`50`) หรือสมการ (`2*width + wall`) กด Enter
5. ดูผลที่ช่อง **Value** ถ้าสมการถูกต้อง ชิ้นงานจะ Rebuild ทันที
6. เลือกแถวแล้วกด **Delete** เพื่อลบพารามิเตอร์

คอลัมน์	แก้ได้	ความหมาย
Name	ได้	ชื่อพารามิเตอร์ ใช้ตัวอักษรอังกฤษ ตัวเลข และ `_` ห้ามขึ้นต้นด้วยตัวเลข
Expression	ได้	ตัวเลขหรือสมการที่อ้างชื่อพารามิเตอร์อื่น
Value	ไม่ได้	ผลลัพธ์ที่คำนวณได้ แสดง *error* เมื่อคำนวณไม่ได้
Comment	ได้	หมายเหตุ เช่น *ความหนาผนัง* (แก้ช่องนี้ไม่ทำให้ Rebuild)



แผง Parameters ชิดขวาข้างฝาตู้คอนโทรล: ค่า สมการ และหมายเหตุ

เขียนสมการ

ใช้ได้	ตัวอย่าง
เครื่องหมาย `+ - * /` และวงเล็บ	`(width - 2*wall) / 2`
ยกกำลัง `**`, หารปัดลง `//`, เศษจากการหาร `%`	`side**2`, `len // 25`
ค่าคงที่ `pi`, `e`, `tau`	`pi * dia`
ฟังก์ชัน `sqrt`, `abs`, `min`, `max`, `floor`, `ceil`, `round`	`max(wall, 2)`, `round(len / 3, 1)`
ตรีโกณ `sin`, `cos`, `tan`, `asin`, `acos`, `atan`, `atan2`	`h * tan(rad(30))`
แปลงมุม `rad(องศา)` และ `deg(เรเดียน)`	`deg(atan2(h, w))`

- ฟังก์ชันตรีโกณใช้หน่วย **เรเดียน** ให้ครอบด้วย `rad()` เมื่อใส่มุมเป็นองศา เช่น `sin(rad(30))` = 0.5
- ชื่อไม่แยกตัวพิมพ์เล็ก/ใหญ่ `Width` กับ `width` คือชื่อเดียวกัน และตั้งชื่อซ้ำกับฟังก์ชันหรือค่าคงที่ (`pi`, `sin`, `max` ...) ไม่ได้
- เปลี่ยนชื่อพารามิเตอร์แล้ว สมการอื่นที่อ้างชื่อเดิมจะถูกแก้เป็นชื่อใหม่ให้อัตโนมัติ
- สมการที่ผิด อ้างชื่อที่ไม่มี หรืออ้างวนกัน (เช่น `a = b + 1` และ `b = a`) แถวนั้นจะเป็นสีแดงพร้อมข้อความใต้ตาราง ชิ้นงานจะยังไม่ Rebuild จนกว่าจะแก้ให้ถูก

พารามิเตอร์กับ Feature

- พารามิเตอร์และการผูกกับ Feature ถูกบันทึกไปกับไฟล์ Part
- เมื่อเปิดไฟล์ Alibre **.AD_PRT** เป็น Feature ที่แก้ไขได้ พารามิเตอร์ของ Alibre จะเข้ามาในตารางนี้ (Comment เป็น *Alibre*, ความยาวแปลงเป็น มม.) และผูกกับค่าที่มันขับอยู่ เช่น ความลึกและมุมเอียง (Draft) ของ Extrude, มุม Revolve,

ขนาด Fillet / Chamfer, ความหนา Shell และจำนวน Pattern แก้ค่าในตารางแล้วชิ้นงานจะเปลี่ยนตาม

- ช่องที่ผูกกับพารามิเตอร์จะรับค่าจากตารางทุกครั้งที่ Rebuild ให้แก้ขนาดที่แผง Parameters แทนการแก้ตัวเลขในกล่อง Feature

> **หมายเหตุ:** ในเวอร์ชันนี้ยังไม่มีคำสั่งผูกช่องของ Feature หรือมิติใน Sketch กับพารามิเตอร์เองจากหน้าจอ การผูกจะเกิดขึ้นจากการเปิดไฟล์ Alibre ข้างต้น พารามิเตอร์ที่สร้างเองใช้เก็บค่าและคำนวณสมการได้เต็มที่

ดูเพิ่ม

- เปิดไฟล์ SolidWorks และ Alibre
- Rollback, Regen และ Suppress
- Part Properties (ข้อมูลชิ้นงาน)

Part Properties (ข้อมูลชิ้นงาน) Standard

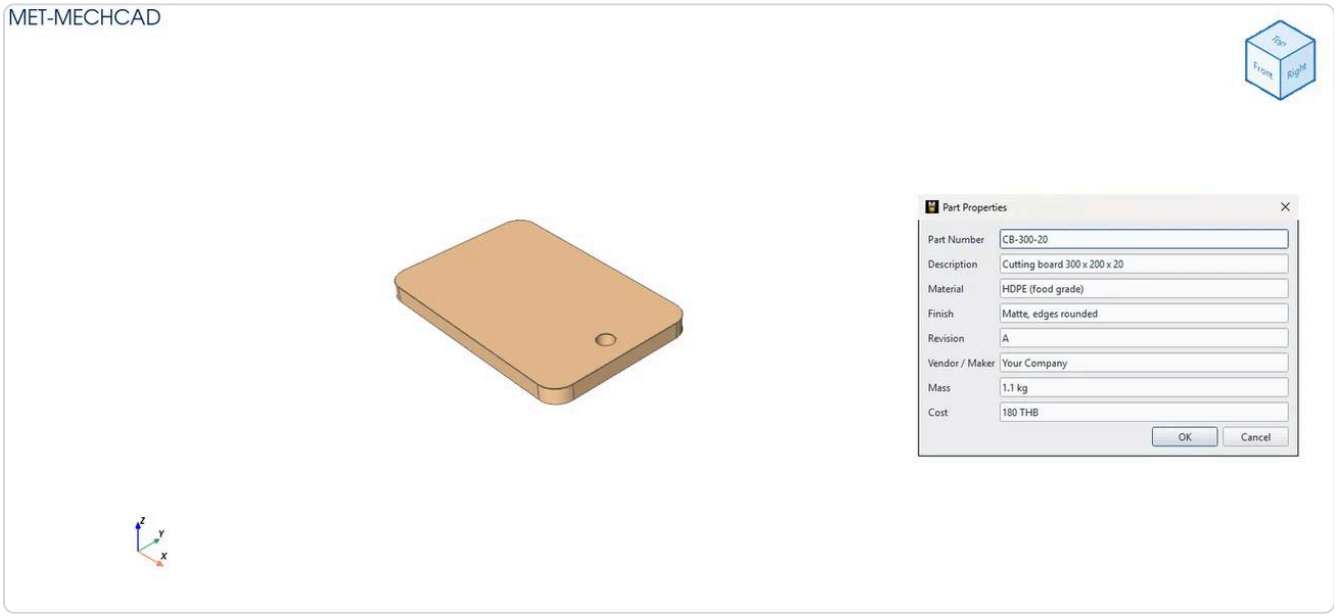
กรอกรหัสชิ้นงาน คำอธิบาย วัสดุ ผิว Revision ผู้ผลิต และราคา สำหรับ Title block และ BOM มวลคำนวณจากวัสดุให้อัตโนมัติ

ใช้ทำอะไร

ข้อมูลที่กรอกจะไปแสดงใน Title block ของ Drawing และตาราง BOM

อยู่ที่ไหน

File › Part Properties...



หน้าต่าง Part Properties

ช่อง	ความหมาย
Part Number	รหัสชิ้นงาน (แสดงใน BOM)
Description	คำอธิบาย

ช่อง	ความหมาย
Material	เลือกวัสดุจากรายการ (กลุ่ม — ชื่อวัสดุ เช่น *Steel — Carbon Steel S45C*, *Stainless — Stainless SUS304*) แต่ละวัสดุมีค่าความหนาแน่นในตัว เลือกแล้วสีผิวและมวลเปลี่ยนตาม **Default (no material)** = ไม่กำหนดวัสดุ
Finish	ผิว/การชุบ
Revision	ครั้งที่แก้ไข
Vendor / Maker	ผู้ผลิต/ยี่ห้อ
Mass	มวล (kg) **คำนวณให้อัตโนมัติ แก้เองไม่ได้** = ปริมาตร × ความหนาแน่นของวัสดุ เปลี่ยน Material ในหน้าต่างนี้แล้วค่าเปลี่ยนทันที ถ้ายังไม่เลือกวัสดุจะขึ้น — *(set a material with density)*
Cost	ราคา

> **หมายเหตุ:** ช่องที่ว่างจะไม่ถูกบันทึก

คุณสมบัติมวล (Mass properties)

ทุกครั้งที่ชิ้นงาน Rebuild หรือเปลี่ยนวัสดุ แผง Properties ของชิ้นงาน (หัวข้อ **Body result**) จะแสดงค่าที่คำนวณจาก Solid จริง:

ค่า	ความหมาย
Volume	ปริมาตร (mm³)
Mass	มวล (kg) = ปริมาตร × ความหนาแน่นของวัสดุ พร้อมชื่อวัสดุในวงเล็บ ถ้ายังไม่เลือกวัสดุจะขึ้น — *(pick a material)*
CoG	จุดศูนย์ถ่วง X, Y, Z (mm) คิดแบบความหนาแน่นสม่ำเสมอทั้งชิ้น
Bounding box	ขนาดกล่องครอบชิ้นงาน กว้าง × ยาว × สูง (mm) ตามแกน X, Y, Z
Faces / Triangles	จำนวนหน้าและสามเหลี่ยมที่ใช้แสดงผล

ความหนาแน่นตัวอย่าง (g/cm³): Steel SS400 / S45C 7.85, SUS304 7.93, SUS316 7.98, AL6061 2.70, AL5083 2.66

> **หมายเหตุ:** ค่ามวลที่คำนวณได้จะถูกบันทึกลงช่อง Mass ของชิ้นงานให้อัตโนมัติ ไม่ต้องพิมพ์เอง

ดูเพิ่ม

- Title Block และ Sheet
- Auto BOM

Surface Modeling (งานพื้นผิว) Expert

สร้างและแก้ไขพื้นผิว (Surface) จาก Sketch, ขอบ หรือหน้าผิว แล้วเย็บ เพิ่มความหนา หรือใช้ตัดชิ้นงานให้เป็น Solid

ใช้ทำอะไร

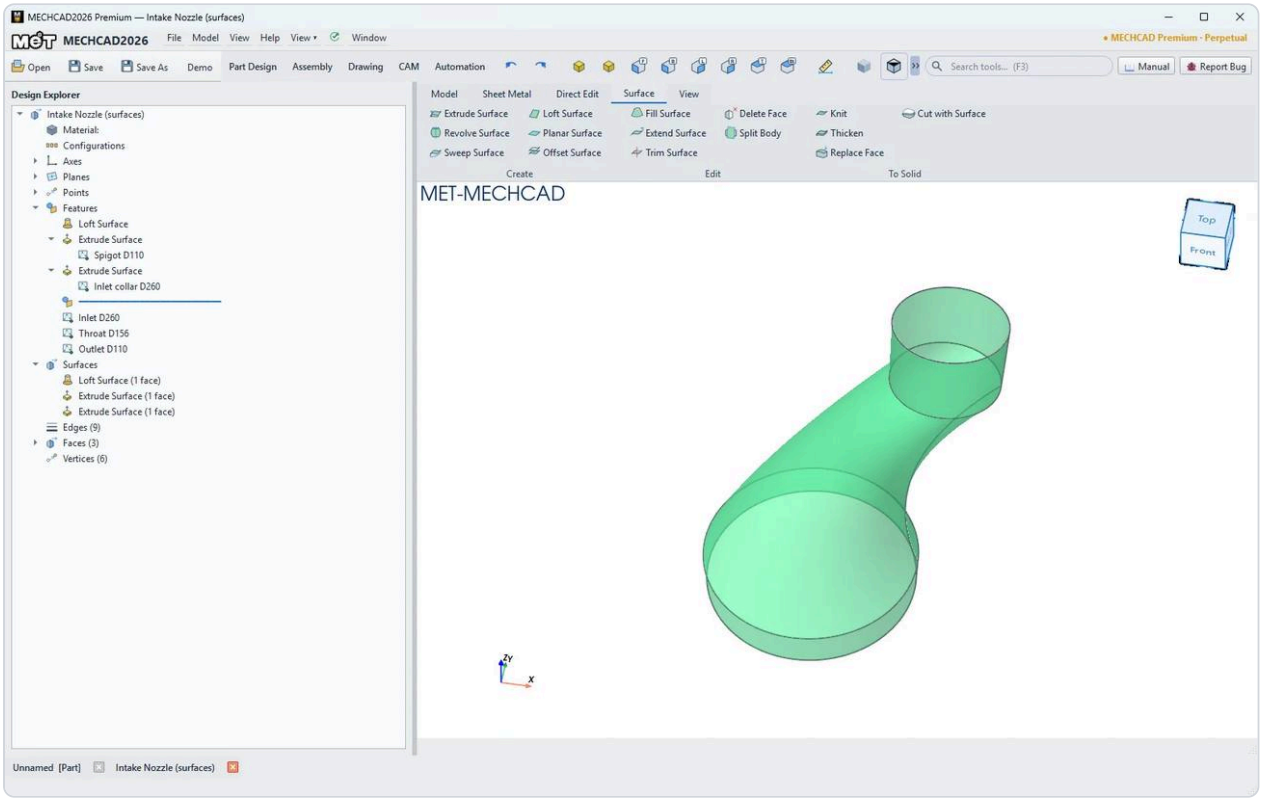
ใช้ขึ้นรูปชิ้นงานที่มีผิวโค้งซับซ้อนซึ่งทำด้วย Feature แบบ Solid ได้ยาก เช่น ฝาครอบ มือจับ หรือรูปทรงที่ต้องต่อผิวให้เนียน พื้นผิวเป็นแผ่นบางไม่มีความหนา สร้างขึ้นก่อนแล้วค่อยแปลงเป็น Solid ด้วยกลุ่ม **To Solid** พื้นผิวทั้งหมดจะแสดงใต้โหนด **Surfaces** ใน Design Explorer

ทุกคำสั่งเปิดกล่อง Feature แบบลอย มีพรีวิวสด กด **OK** ได้หนึ่ง Feature (Undo ครั้งเดียว) และแก้ภายหลังได้ด้วยคลิกขวา › **Edit Feature** ซึ่งจะเปิดกล่องเดิมพร้อมค่าที่ตั้งไว้

อยู่ที่ไหน

แท็บ **Surface** ของ Ribbon ในหน้าต่าง Part มี 3 กลุ่ม

กลุ่ม	ปุ่ม
Create	Extrude Surface, Revolve Surface, Sweep Surface, Loft Surface, Planar Surface, Offset Surface
Edit	Fill Surface, Extend Surface, Trim Surface, Delete Face, Split Body
To Solid	Knit, Thicken, Replace Face, Cut with Surface



แท็บ Surface กับท่อไอดีโค้ง: Loft Surface ผ่าน 3 หน้าตัดและ Extrude Surface 2 ปลอก แสดงใต้ Surfaces ใน Design Explorer

ขั้นตอน

1. เตรียม Sketch (หรือ Body ที่มีขอบ/หน้าผิวให้เลือก) ตามที่คำสั่งต้องใช้
2. กดคำสั่งในแท็บ **Surface** กล่อง Feature จะเปิดขึ้น
3. เลือกสิ่งที่ต้องใช้: เลือก Sketch จากรายการในกล่อง (หรือคลิก Sketch ใน Design Explorer), คลิกหน้าผิวหรือขอบในมุมมอง (คลิกซ้ำเพื่อเอาออก), คลิกพื้นผิวในมุมมองเพื่อใส่ช่อง Surface
4. ปรับค่าในกล่อง ดูพรีวิว แล้วกด **OK**

Create: สร้างพื้นผิวใหม่

คำสั่ง	ต้องใช้	ตัวเลือก (ค่าเริ่มต้น)
Extrude Surface	Sketch โปรไฟล์ เปิดหรือปิดก็ได้	Depth (10 mm), Other side (0 = ไม่มี), Mid plane (ปิด), Reverse direction (ปิด)
Revolve Surface	Sketch โปรไฟล์ เปิดหรือปิดก็ได้	Axis (X axis / Y axis / Z axis, เริ่มที่ X), Angle (360°)
Sweep Surface	Sketch โปรไฟล์ และ Sketch เส้นทาง (Path) คนละอันกัน	Keep profile orientation (ปิด)
Loft Surface	Sketch หน้าตัดอย่างน้อย 2 อัน ติ๊กเรียงตามลำดับ	Ruled = ผิวตรงระหว่างหน้าตัด (ปิด)
Planar Surface	Sketch แบบปิด หรือคลิกขอบที่เป็นวงปิดบนระนาบเดียวกัน	-
Offset Surface	คลิกหน้าผิวของ Solid หรือของพื้นผิว	Distance (5 mm, ค่าลบ = เข้าด้านใน)

Edit: แก้ไขพื้นผิว

คำสั่ง	ต้องใช้	ตัวเลือก (ค่าเริ่มต้น)
Fill Surface	คลิกขอบที่เป็นขอบเขตวงปิด และ/หรือ ติ๊ก Sketch ขอบเขต	Continuity to the faces: C0 (position) / G1 (tangent) / G2 (curvature) (เริ่มที่ C0)
Extend Surface	คลิกหน้าผิว 1 หน้าของพื้นผิว และขอบที่ต้องการยืด (ไม่เลือก = ยืดทุกด้าน)	Distance (5 mm), Extension: Natural (ตามความโค้งเดิม) / Linear (ยืดตรง) (เริ่มที่ Natural)
Trim Surface	พื้นผิวที่จะตัด และเครื่องมือตัด	Trim with: Another surface / Datum plane / Sketch (projected) (เริ่มที่ Another surface), Flip side (ปิด), Keep the trimming surface (เปิด)
Delete Face	คลิกหน้าผิวของ Solid หรือของพื้นผิว	Mode: Delete (Body กลายเป็นพื้นผิว) / Delete & Patch (ปิดรูให้ Solid) / Untrim (คืนหน้าผิวเต็มตามธรรมชาติ) (เริ่มที่ Delete)
Split Body	พื้นผิวสำหรับแบ่ง หรือเลือกระนาบ	Keep the splitting surface (เปิด)

To Solid: แปลงเป็นชิ้นงาน

คำสั่ง	ต้องใช้	ตัวเลือก (ค่าเริ่มต้น)
Knit	ติ๊ก (หรือคลิก) พื้นผิวที่จะเย็บเข้าด้วยกันตามขอบที่ชนกัน	Gap tolerance (0.01 mm), Try to form a solid (เปิด), Merge a formed solid into the body (เปิด)
Thicken	คลิกพื้นผิวที่จะเพิ่มความหนา	Thickness (2 mm), Both sides = หนาข้างละครึ่ง (ปิด), Reverse side (ปิด), Merge into the body (เปิด), Keep the surface (ปิด)
Replace Face	คลิกหน้าผิวของ Solid ที่จะแทน แล้วคลิกพื้นผิวที่จะนำมาแทน	Keep the surface (ปิด)
Cut with Surface	คลิกพื้นผิวที่ใช้ตัด	Flip side = เก็บอีกด้าน (ปิด), Keep the surface (เปิด)

> **หมายเหตุ:** งานพื้นผิวมีใน MECHCAD **Expert** และ **Premium** ใน Standard ปุ่มยังมองเห็นแต่กดไม่ได้ และมีข้อความแนะนำให้อัปเกรด เมื่อ Knit แล้วได้ผิวปิดสนิท ผลลัพธ์จะกลายเป็น Solid ส่วน Replace Face พื้นผิวที่นำมาแทนต้องคลุมหน้าผิวเดิมทั้งหน้า

ดูเพิ่ม

- Sweep
- Loft
- Feature Parameters
- Edition ของ MECHCAD

Sheet Metal (งานแผ่นพับ) Expert

ขึ้นรูปชิ้นงานแผ่นพับด้วย Base Flange, Edge Flange, Hem, Jog และ Sketched Bend แล้วคลี่เป็น Flat Pattern และส่งออก DXF สำหรับเลเซอร์

ใช้ทำอะไร

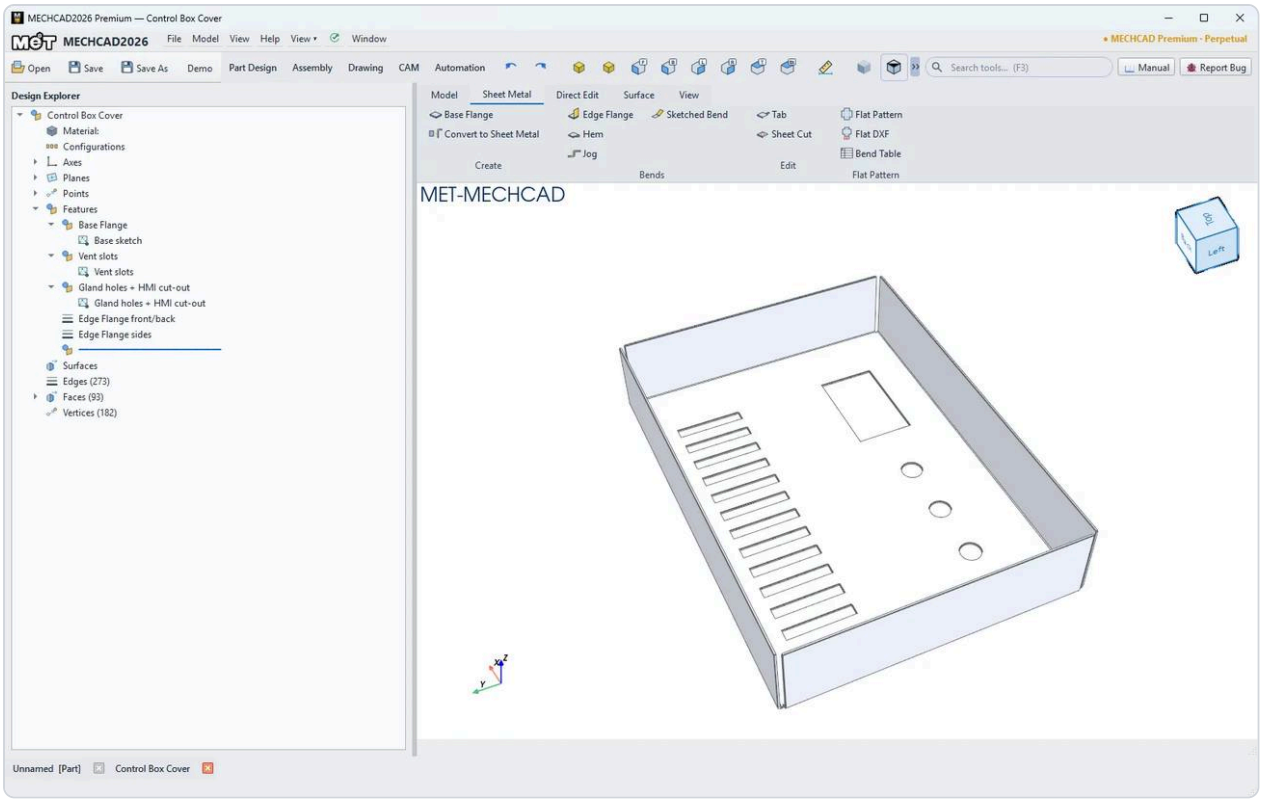
ออกแบบชิ้นงานแผ่นโลหะพับ (ตู้ ฝาครอบ ขายึด) โดยกำหนดวัสดุ ความหนา รัศมีพับ และ K-factor ครั้งเดียวที่ Base Flange แล้วเพิ่มปีกพับ ขอบพับ และรอยพับต่อได้ เมื่อเสร็จแล้วคลี่ดู **Flat Pattern** ดู **Bend Table** และส่งออก **Flat DXF** ไปตัดเลเซอร์ได้ทันที

ทุกคำสั่งเปิดกล่อง Feature แบบลอย มีพรีวิวสด และแก้ภายหลังได้ด้วยคลิกขวา › **Edit Feature**

อยู่ที่ไหน

แท็บ **Sheet Metal** ของ Ribbon ในหน้าต่าง Part

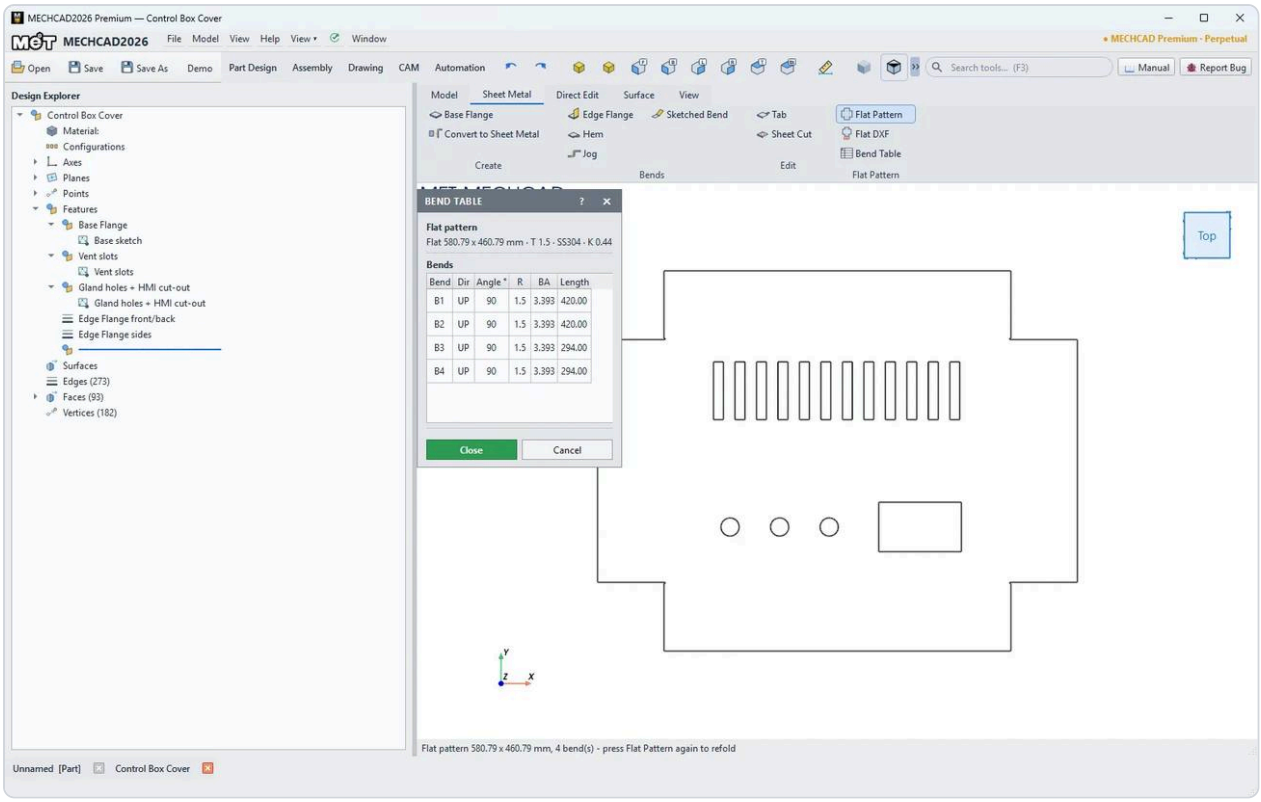
กลุ่ม	ปุ่ม
Create	Base Flange, Convert to Sheet Metal
Bends	Edge Flange, Hem, Jog, Sketched Bend
Edit	Tab, Sheet Cut
Flat Pattern	Flat Pattern, Flat DXF, Bend Table



แท็บ Sheet Metal: ฝาตู้คอนโทรล SS304 มีช่องระบายอากาศ รูเคเบิลแกลนด์ และช่อง HMI สร้างจาก Base Flange และ Edge Flange

ขั้นตอน

1. วาด Sketch: Sketch ปิด = แผ่นเรียบ, Sketch เปิด (เส้นตรง/ส่วนโค้ง) = แผ่นที่พับตามโปรไฟล์
2. กด **Base Flange** เลือก Sketch แล้วเลือก **Material** และ **Gauge table thickness** ค่า Thickness, รัศมีพับ และ K-factor จะเติมให้ตามตาราง (แก้เองได้) กด **OK**
3. เพิ่มปีกพับ: กด **Edge Flange** หรือ **Hem** แล้วคลิกขอบตรงของแผ่นในมุมมอง (คลิกซ้ำเพื่อเอาออก) ขอบที่เลือกทั้งหมดรวมเป็น Feature เดียว
4. ถ้าต้องการพับตามเส้น ให้วาด Sketch ที่มีเส้นตรง 1 เส้นบนหน้าแผ่น แล้วใช้ **Jog** หรือ **Sketched Bend**
5. เพิ่มเนื้อด้วย **Tab** หรือเจาะด้วย **Sheet Cut** (ใช้ Sketch ปิดบนหน้าแผ่น)
6. กด **Flat Pattern** เพื่อคลี่ดู (กดอีกครั้งเพื่อพับกลับ) กด **Bend Table** เพื่อดูตารางพับ และ **Flat DXF** เพื่อบันทึกไฟล์ DXF



Flat Pattern ของฝาตู้ (580.79 × 460.79 มม. 4 เบนด์) พร้อม Bend Table

Base Flange

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Sketch	-	Sketch ปิด = แผ่นเรียบ, Sketch เปิด = แผ่นพับตามโปรไฟล์
Material	Mild steel SPCC / SS400 cold rolled	SS304, SPCC/SS400, Aluminium 5052-H32 หรือ Custom
Gauge table thickness	1.5 mm	0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mm (เลือกแล้วเติม T, R, K ให้)
Thickness T	1.5 mm	ความหนาแผ่น
Inside bend radius R	1.5 mm	รัศมีพับด้านใน
K-factor	0.44	ตำแหน่งแกนกลางสำหรับคำนวณการคลี่
Bend allowance	K-factor	K-factor / Bend allowance table / Bend deduction table
Table rows	90° / 0 mm	แถวตาราง มุม/ค่า (ใช้เมื่อเลือกโหมดตาราง)
Bend relief	Rectangular	Rectangular / Round (obround) / Tear (rip, no cut) / None
Relief width / Relief depth past bend	0 (= T)	ขนาดรอยบากที่โคนพับ
Corner relief	Rectangular	Rectangular / Round / Tear (none cut) / None

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Corner relief size	0 (= T)	ขนาดรอยบากที่มุม
Width (bent profile depth)	50 mm	ความกว้างแผ่นเมื่อใช้ Sketch เปิด
Flip material side	ปิด	สลับด้านเนื้อวัสดุ
Bent profile: mid-plane	ปิด	ความกว้างกึ่งกลาง Sketch (Sketch เปิด)

Edge Flange

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Edges	-	คลิกขอบตรงของแผ่น (หน้าบนหรือล่าง)
Length	20 mm	ความยาวปีก
Length measured to	Outer virtual sharp	Outer virtual sharp / Inner virtual sharp / Tangent (straight leg)
Bend angle	90°	มุมพับ (0.1–179°)
Flange position	Bend outside the edge	Bend outside the edge / Material inside (flush outer face) / Material outside (flush inner face)
Bend down (flip direction)	ปิด	พับลง
Inside radius	0 (= R ของแผ่น)	รัศมีพับเฉพาะปีกนี้
Offset from edge start / end	0 mm	ร่นปีกจากปลายขอบ
Bend relief	Sheet default	ใช้ค่าของแผ่น หรือเลือกเอง

Hem

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Hem type	Closed (flattened)	Closed (flattened) / Open (with gap) / Teardrop
Length	8 mm	ความยาวขอบพับ (Teardrop: 0 = ถึงแผ่น)
Gap (open hem)	0 mm	ช่องว่างของ Open hem
Teardrop radius	0 (= T)	รัศมีหยดน้ำ
Teardrop angle	230°	มุมหยดน้ำ (181–329°)
Position	Outside the edge	Outside the edge / Inside (folded back in)
Fold down (flip direction)	ปิด	พับลง

Jog และ Sketched Bend

ทั้งสองคำสั่งใช้ Sketch ที่มีเส้นตรง 1 เส้นวาดบนหน้าแผ่น

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Offset (Jog)	10 mm	ระยะยกของรอยพับขั้นบันได
Offset measured (Jog)	Face to face (same side)	Face to face (same side) / Inside (gap between) / Overall (outside faces)
Jog angle / Bend angle	90°	มุมพับ
Inside radius	0 (= R ของแผ่น)	รัศมีพับ
Fix projected length (Jog)	เปิด	คงความยาวที่ฉายไว้
Bend down / Jog down	ปิด	พับลง
Bend the other side / Move the other side	ปิด	สลับด้านที่ถูกพับ

คำสั่งอื่น

คำสั่ง	ใช้ทำอะไร
Convert to Sheet Metal	แปลง Solid ที่หนาเท่ากันและมีมุมพับโค้ง (เช่นไฟล์ STEP ที่นำเข้า) เป็นแผ่นพับ อ่านความหนาและรัศมีจาก Solid ผนังเรียบที่ใหญ่ที่สุดเป็นฐาน ตั้งได้แค่ Material และ K-factor (0.44)
Tab	เพิ่มเนื้อจาก Sketch ปิดที่วาดบนหน้าแผ่น (ต้องแตะกับแผ่น)
Sheet Cut	เจาะทะลุแผ่นตาม Sketch ปิด ติ๊ก *Cut the flat pattern* เพื่อตัดข้ามรอยพับบนแผ่นคลี่แล้วพับกลับ
Flat Pattern	สลับดูแผ่นคลี่/แผ่นพับ แถบสถานะแสดงขนาดแผ่นคลี่และจำนวนรอยพับ
Flat DXF	บันทึก DXF หน่วย mm แยก Layer: OUTER, INNER, BEND_UP, BEND_DOWN (เส้นประ) และ BEND_NOTES
Bend Table	แสดงขนาดแผ่นคลี่, T, วัสดุ, K และตารางพับ: Bend, Dir, Angle, R, BA, Length

> **หมายเหตุ:** Sheet Metal มีใน MECHCAD **Expert** และ **Premium** ใน Standard แท็บยังมองเห็น แต่เมื่อกดจะมีข้อความแนะนำให้อัปเกรด ต้องสร้าง Base Flange (หรือ Convert to Sheet Metal) ก่อน คำสั่งอื่นจึงจะใช้ได้ ถ้าชิ้นงานเป็นแผ่นพับแล้ว การกด Base Flange ซ้ำจะเปิดคำสั่ง Tab แทน

ดูเพิ่ม

- Feature Parameters
- Export STEP/STL
- Edition ของ MECHCAD

แบบทดสอบท้ายบทที่ 4: Part

เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว เฉลยอยู่ใน ภาคผนวก ก

1. **Type ใดของ Extrude ที่ดันออกสมมาตรทั้งสองด้านของระนาบ Sketch**

   ก. To Depth
   ข. Two Directions
   ค. Mid Plane
   ง. Up To Face / Plane

2. **Type ใดที่มีเฉพาะใน Extrude Cut ไม่มีใน Extrude Boss**

   ก. To Depth
   ข. Mid Plane
   ค. Up To Face
   ง. Through All

3. **ในคำสั่ง Fillet คลิกขอบแต่ละเส้นจะได้ Fillet ทันที จะจบคำสั่งอย่างไร**

   ก. คลิก Done หรือกด Esc, Enter หรือ Space
   ข. ดับเบิลคลิกขอบสุดท้าย
   ค. คลิก Regen
   ง. ปิด Design Explorer

4. **จะเจาะรูหลายตำแหน่งในครั้งเดียวด้วย Hole Wizard อย่างไร**

   ก. Ctrl+คลิกทุกหน้าก่อนเริ่มคำสั่ง
   ข. วาดตำแหน่งด้วยเครื่องมือ Point ใน Sketch แล้วเลือก Position แบบ “all N points (Drill)” ของ Sketch นั้น
   ค. ทำรูเดียวแล้วคัดลอกด้วย Ctrl+C / Ctrl+V
   ง. ใช้ Extrude Cut แบบ Through All

5. **ย้อน Rollback bar กลับไปเพื่อแทรก Feature แล้ว ก่อนบันทึกหรือส่งเข้า Assembly ต้องทำอะไร**

   ก. Regen
   ข. Suppress Feature ที่อยู่ใต้แถบ
   ค. Roll Back อีกหนึ่งครั้ง
   ง. Roll to End

6. **จะแก้ค่าของ Feature ที่สร้างไปแล้วภายหลังได้อย่างไร**

   ก. ลบแล้วสร้างใหม่
   ข. กด Undo จนเป็นขั้นสุดท้าย
   ค. ดับเบิลคลิกใน Design Explorer หรือคลิกขวา › Edit Feature
   ง. เปิด System Options › General

บทที่ 5

Assembly

1. ภาพรวม Assembly

   ประกอบชิ้นส่วนหลายชิ้นด้วย Mate ใน Workbench Assembly และส่วนประกอบของ Ribbon

2. Insert Part และ Sub-Assembly

   นำ Part, Assembly หรือไฟล์ CAD เข้ามาใน Assembly และกฎของ Sub-Assembly

3. Assembly Explorer และแผง Properties

   ต้นไม้ของ Assembly สถานะชิ้นส่วน เมนูคลิกขวา และแผงตำแหน่ง/สีของชิ้นส่วน

4. ใส่ Mate ด้วยแผง Assembly Mates

   เลือกพื้นผิวบนชิ้นส่วน 2 ชิ้นแล้วเลือกชนิด Mate ที่แนะนำ พร้อมภาพตัวอย่างก่อนยืนยัน

5. ชนิดของ Mate

   ความหมายของ Mate ทั้ง 23 ชนิดและพื้นผิวที่ใช้ได้

6. แก้ไข พลิก และลบ Mate

   แก้ค่า Mate จาก Assembly Explorer หรือแผง Properties และจัดการ Mate ที่ขัดกัน

7. Auto Mate

   สร้าง Mate ให้อัตโนมัติที่ทุกจุดสัมผัสของชิ้นส่วนที่เลือกหรือที่มองเห็น

8. ลากและเคลื่อนย้ายชิ้นส่วน (Drag Part)

   ลากชิ้นส่วนให้เคลื่อนตาม Mate หมุน สำเนา และตั้งค่าความไวในการลาก

9. Linear Pattern ของชิ้นส่วน

   ทำซ้ำชิ้นส่วนหรือ Sub-Assembly เป็นแถว คอลัมน์ และชั้น

10. สถานะชิ้นส่วน: Show/Hide, Transparent, Fix, Suppress

    ซ่อน แสดง ทำโปร่งใส ตรึง และปิดชิ้นส่วนใน Assembly

11. Derived Part: Union, Subtract, Intersect, Scale และ Mirror Part

    สร้าง Part ใหม่จากชิ้นส่วนใน Assembly โดยไม่เปลี่ยนชิ้นต้นฉบับ

12. Explode และ Collapse

    แยกชิ้นส่วนออกเป็นภาพระเบิดแบบเคลื่อนไหว ปรับระยะ 0–100% ด้วยแถบเลื่อน แสดงเส้นศูนย์กลาง และประกอบกลับ

13. 3D Notes และ Picture ใน Assembly

    ใส่ป้ายข้อความ 3 มิติชี้ไปที่ชิ้นส่วน และแปะรูปภาพบนหน้าผิว

14. Pack and Go (.metpkg)

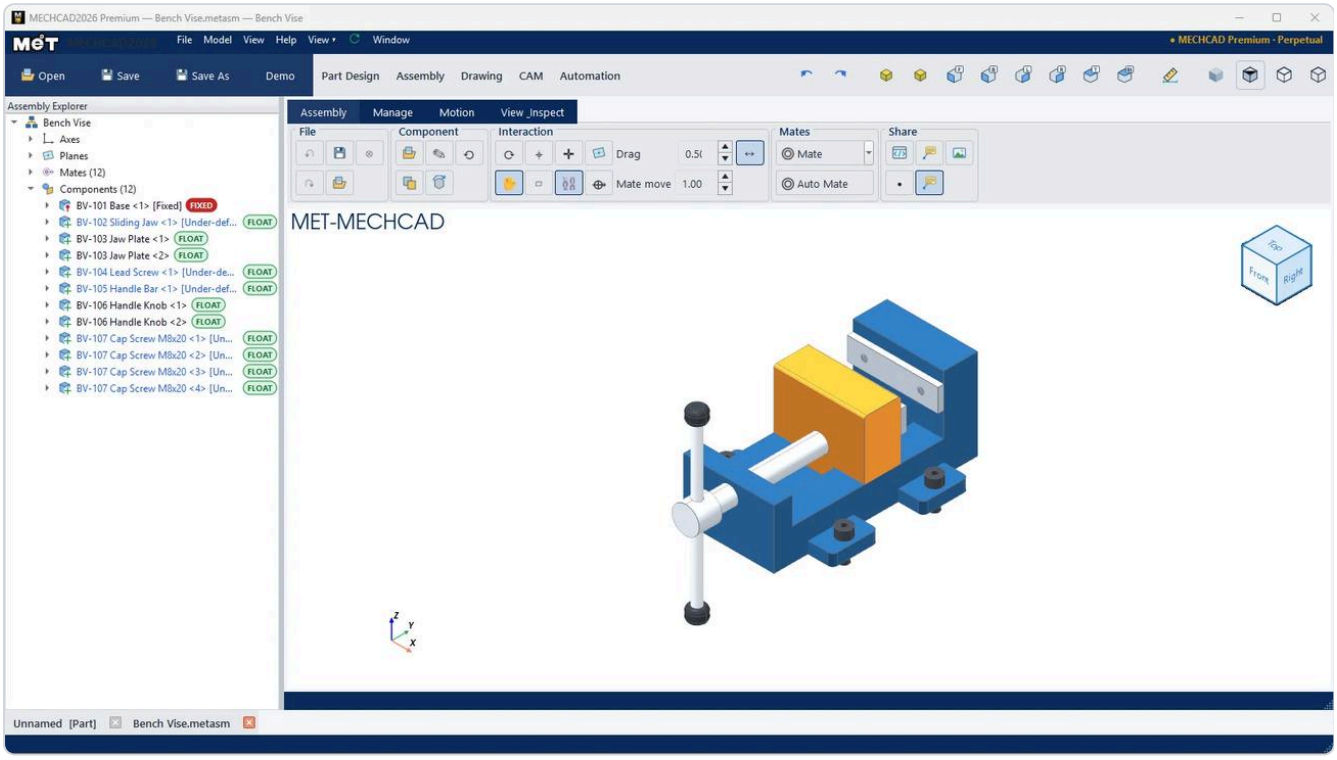
รวม Assembly และชิ้นส่วนทั้งหมดเป็นแพ็กเกจเดียวเพื่อส่งต่อหรือสำเนา

ภาพรวม Assembly Standard

ประกอบชิ้นส่วนหลายชิ้นด้วย Mate ใน Workbench Assembly และส่วนประกอบของ Ribbon

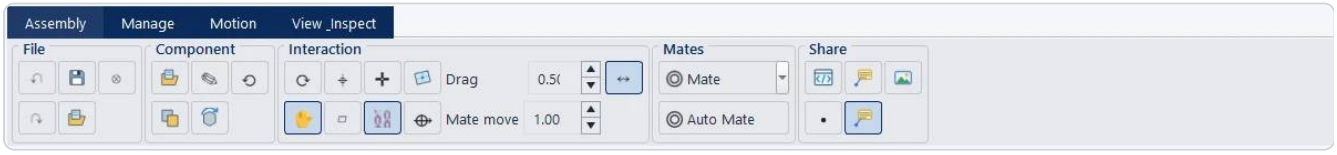
ใช้ทำอะไร

แท็บ **Assembly** ใช้ประกอบ Part และ Sub-Assembly เข้าด้วยกันด้วย **Mate** ลากชิ้นส่วนให้เคลื่อนตามข้อต่อ ระเบิดภาพ (Explode) และส่งต่อไปทำ Drawing / BOM บันทึกเป็น `.metasm`

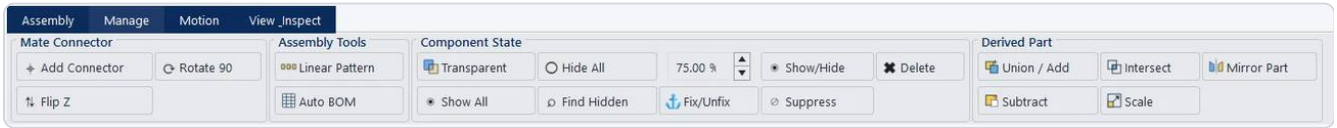


Assembly ของปากกาจับชิ้นงาน (Bench Vise)

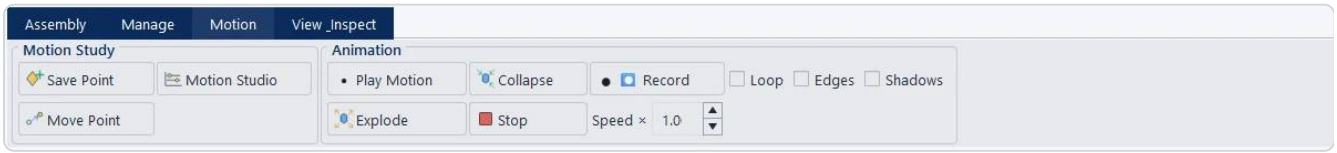
Ribbon ของ Assembly



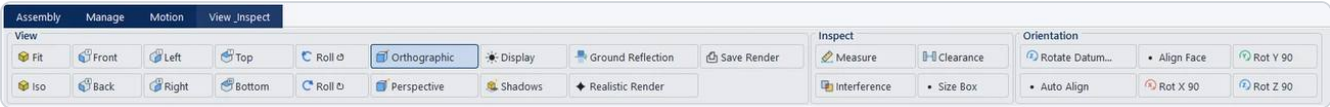
แท็บ Assembly: File, Component, Interaction, Mates, Share



แท็บ Manage: Mate Connector, Assembly Tools, Component State, Derived Part



แท็บ Motion: Motion Study, Animation



แท็บ View & Inspect: View, Inspect, Orientation

แท็บ › กลุ่ม	คำสั่ง
Assembly › File	Undo, Redo, Save, Load, Close
Assembly › Component	Insert Part, Duplicate, Open Part, Reload Part, Update Sub-Asm
Assembly › Interaction	Regen, Drag Part, Axis Connector, Plane, Axis, Show Mates, Show Datums, Mate Axis, Drag (ความไว), Mate move (ความเร็ว), Min Motion
Assembly › Mates	**Mate** (ปุ่มแยกพร้อมรายการชนิด Mate), **Auto Mate**
Assembly › Share	Export HTML, Export STL, 3D Notes, Show Notes, Picture
Manage › Mate Connector	Add Connector, Flip Z, Rotate 90
Manage › Assembly Tools	Linear Pattern, Auto BOM
Manage › Component State	Transparent, Show All, Hide All, Find Hidden, % ความโปร่งใส, Fix/Unfix, Show/Hide, Suppress, Delete
Manage › Derived Part	Union / Add, Subtract, Intersect, Scale, Mirror Part
Motion › Motion Study	Save Point, Move Point, Motion Studio
Motion › Animation	Play Motion, Explode, Collapse, ■ Stop, ● Record, Speed ×, Loop, Edges, Shadows
View & Inspect › View	Fit, Iso, มุมมองมาตรฐาน, Roll ↺/↻, Orthographic/Perspective, Display, Shadows, Ground Reflection, Realistic Render, Save Render
View & Inspect › Inspect	Measure, Interference, Clearance, Size Box
View & Inspect › Orientation	Rotate Datum..., Auto Align, Align Face, Rot X 90, Rot Y 90, Rot Z 90

ลำดับงานทั่วไป

1. **Insert Part** ชิ้นแรก (ถูก Fix ไว้เป็นฐาน)
2. Insert ชิ้นถัดไป แล้วใส่ Mate หรือใช้ Auto Mate
3. ลากชิ้นส่วนเพื่อตรวจการเคลื่อนที่ ดู ลากและเคลื่อนย้ายชิ้นส่วน
4. บันทึก `.metasm` แล้วสร้าง Drawing / Auto BOM

ดูเพิ่ม

- Insert Part และ Sub-Assembly
- Assembly Explorer

Insert Part และ Sub-Assembly Standard

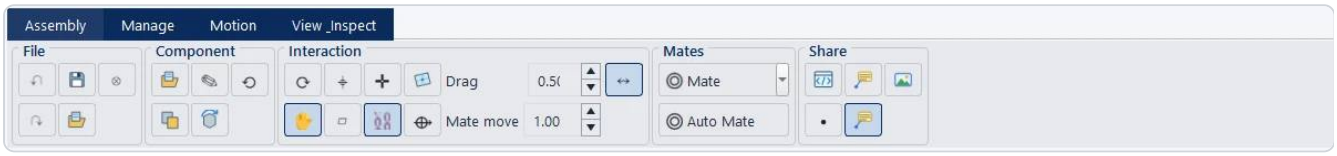
นำ Part, Assembly หรือไฟล์ CAD เข้ามาใน Assembly และกฎของ Sub-Assembly

ใช้ทำอะไร

นำชิ้นส่วนเข้ามาใน Assembly รองรับไฟล์ MECHCAD (`.metprt` , `.metasm`) และไฟล์ CAD ที่นำเข้าได้ (STEP, IGES, SolidWorks, Alibre ฯลฯ)

อยู่ที่ไหน

- **Assembly › Component › Insert Part**
- คลิกขวาในมุมมองหรือ Assembly Explorer › **Insert Part...**
- ลากไฟล์จาก Windows Explorer มาวางในมุมมอง



กลุ่ม Component ในแท็บ Assembly

ขั้นตอน

1. กด **Insert Part** แล้วเลือกไฟล์ในหน้าต่าง *Insert Part / Assembly*
2. ชิ้นส่วนจะปรากฏในมุมมองและใน Assembly Explorer
3. ไฟล์ STEP ที่มีหลาย Solid จะถามวิธีนำเข้า:

ตัวเลือก	ความหมาย
Single Part	หลอมทุก Solid เป็นชิ้นเดียวแข็งเกร็ง ใส่ Mate ง่ายที่สุด เบาที่สุด
Sub-Assembly	เก็บแต่ละ Solid เป็น Sub-Assembly แบบเชื่อมแข็ง เปิดแก้ไขภายในได้ภายหลัง

คำสั่งที่เกี่ยวข้อง

คำสั่ง	ความหมาย
Duplicate Part	สำเนาชิ้นส่วน (ถ้าชิ้นอยู่ใน Sub-Assembly จะสำเนาทั้ง Sub-Assembly นั้น) Ctrl+ลากในมุมมองก็สำเนาได้
Duplicate Sub-Assembly	คลิกขวาที่แถว Sub-Assembly ใน Assembly Explorer สำเนาเฉพาะ Sub-Assembly นั้น วางไว้ข้างตัวเดิม
Open Part	เปิดไฟล์ต้นฉบับของชิ้นส่วนในแท็บใหม่ แก้แล้ว Assembly อัปเดตตาม
Reload Part	โหลดไฟล์ชิ้นส่วนใหม่จากดิสก์
Update Sub-Asm	อ่าน Sub-Assembly ที่ลิงก์อยู่ใหม่ รายงาน *+N / -M part(s)* และ Mate ที่ถูกตัดทิ้ง

กฎของ Sub-Assembly

- Sub-Assembly ที่ Insert เข้ามาเป็น **ก้อนแข็งเกร็ง 1 ก้อน** เสมอ (ชิ้นภายในถูกเชื่อมด้วย Mate แบบ Fastened ที่ซ่อนไว้ *[AutoFix]*)

- ลาก สำเนา ลบ Pattern Fix ซ่อน โปร่งใส และสี ทำกับทั้งก้อน
- ถ้าต้องการให้ชิ้นภายในขยับเป็นข้อต่อ: คลิกขวา › **Rigid Body › Ungroup Rigid Body** แล้วใช้ Auto Mate
- รวมหลายชิ้นเป็นก้อนเดียว: เลือก 2 ชิ้นขึ้นไป › **Rigid Body › Group Selection as Rigid Body**

สำเนา Sub-Assembly ใน Assembly ที่นำเข้ามาทั้งเครื่อง

เมื่อเปิดไฟล์เครื่องจักรทั้งเครื่อง (เช่น STEP หรือไฟล์ CAD อื่นที่มีหลายร้อยชิ้น) ทั้งไฟล์คือ Assembly หลัก การสำเนาจะไม่สำเนาทั้งเครื่อง:

- **Duplicate Part** หรือ Ctrl+ลาก ที่ชิ้นส่วนหนึ่ง สำเนา Sub-Assembly ชั้นบนสุดที่ชิ้นนั้นอยู่ (เช่น ขาปรับระดับ 1 ชุด) ถ้าชิ้นนั้นอยู่ใต้ Assembly หลักโดยตรงจะสำเนาเฉพาะชิ้นนั้น
- **Duplicate Sub-Assembly** ที่แถว Sub-Assembly สำเนาเฉพาะ Sub-Assembly นั้น ตั้งชื่อตาม Sub-Assembly เดิม
- ถ้าคลิก **Duplicate Sub-Assembly** ที่แถวของ Assembly หลัก โปรแกรมจะถามก่อน *This is the main assembly itself (N components). Duplicate the WHOLE assembly into itself?* ค่าเริ่มต้นคือ **No**

Assembly ใส่ตัวเองไม่ได้

Assembly ไม่สามารถ Insert ตัวเองเข้าไปได้ โปรแกรมตรวจก่อนเริ่มแปลงไฟล์ และแสดงหน้าต่างเตือน *Insert*:

กรณี	ข้อความ
เลือกไฟล์ของ Assembly ที่เปิดอยู่	*[ชื่อไฟล์] is this assembly itself - an assembly can never contain itself.*
เลือกไฟล์ต้นทางของ Assembly หลัก (ไฟล์ที่นำเข้ามาเป็นทั้งเครื่อง)	*[ชื่อไฟล์] is the root of this assembly (it already holds all N components) - inserting it again would put the main assembly inside itself. To add a sub-assembly, insert its own file, or right-click the sub-assembly in the Explorer > Duplicate Sub-Assembly.*

ถ้าต้องการเพิ่ม Sub-Assembly อีกชุด ให้ Insert ไฟล์ของ Sub-Assembly นั้นเอง หรือใช้ **Duplicate Sub-Assembly**

ดูเพิ่ม

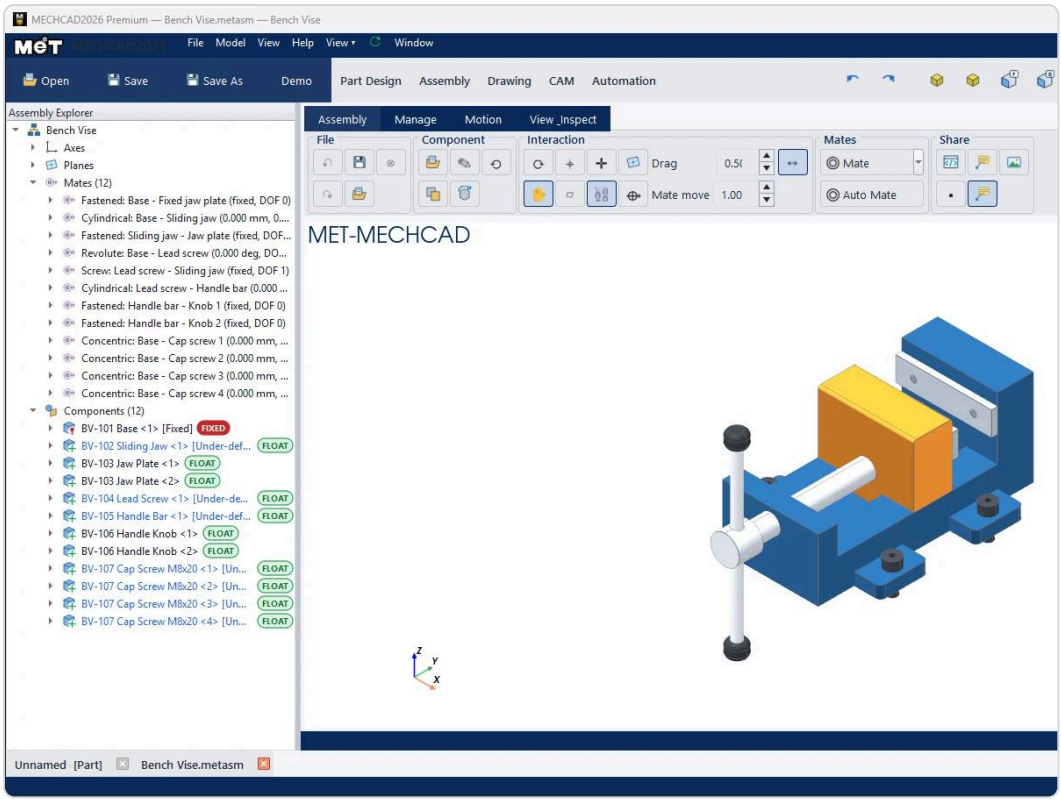
- Assembly Explorer
- Import CAD

Assembly Explorer และแผง Properties Standard

ต้นไม้ของ Assembly สถานะชิ้นส่วน เมนูคลิกขวา และแผงตำแหน่ง/สีของชิ้นส่วน

ใช้ทำอะไร

Assembly Explorer (ซ้าย) แสดงแกน ระนาบ กลุ่ม **Mates (n)** และ **Components (n)** แผง **Properties / Info** (ขวา) แสดงตำแหน่งและสถานะของชิ้นส่วนที่เลือก

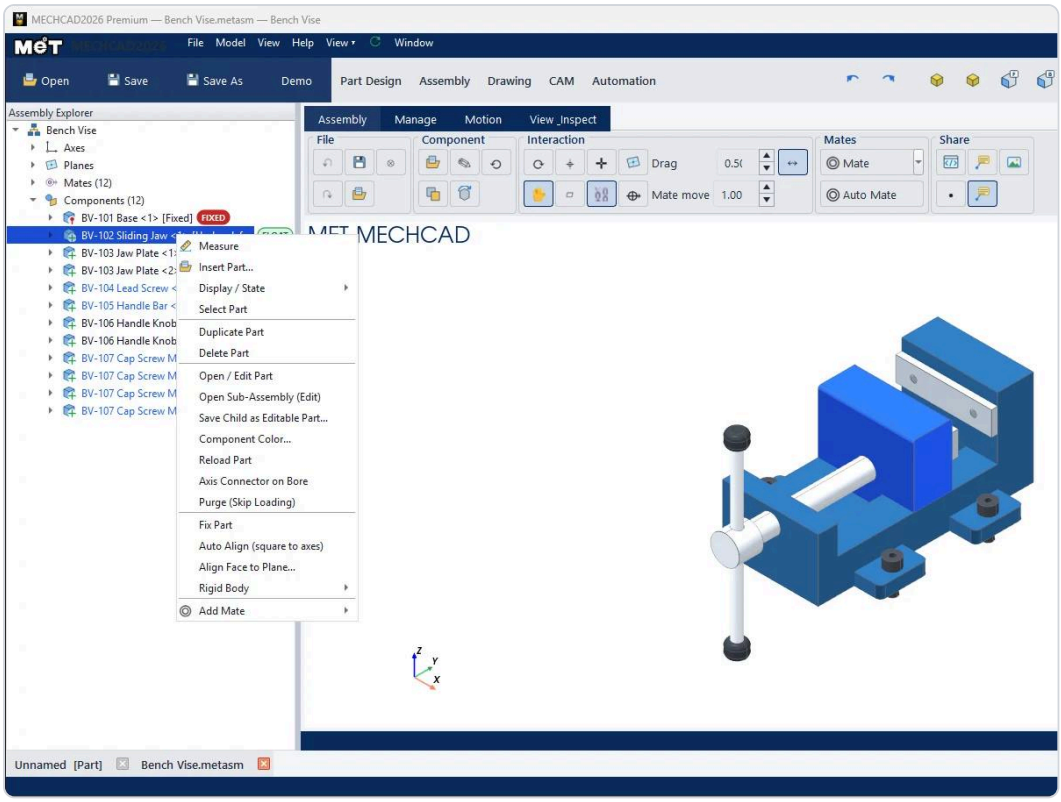


Assembly Explorer

ป้ายสถานะ

ป้าย / สี	ความหมาย
FIXED (แดง)	ชิ้นส่วนถูกตรึง
FLOAT (เขียว)	ชิ้นส่วนเคลื่อนที่ได้
PART-FIXED	Sub-Assembly ที่เป็นก้อนแข็ง
Mate สีดำ	กำหนดครบ
Mate สีน้ำเงิน *[Under-defined · N DOF]*	ยังเหลืออิสระ N ระดับ
Mate สีแดง *[OVER-DEFINED]*	Mate ขัดกัน ชี้เมาส์เพื่อดู *Conflicting mates*

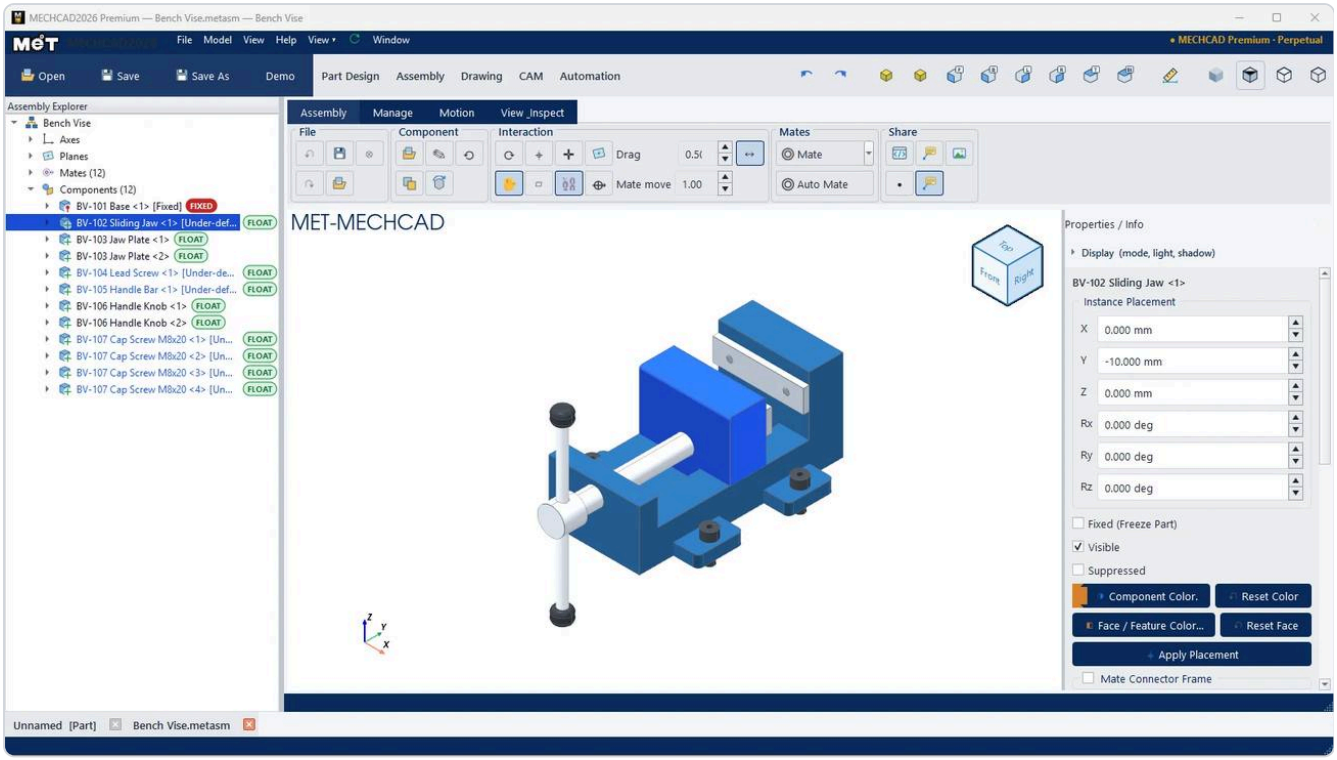
เมนูคลิกขวาที่ชิ้นส่วน



คลิกขวาที่ชิ้นส่วนใน Assembly Explorer

เมนู	ความหมาย
Measure / Insert Part...	วัด / เพิ่มชิ้นส่วน
Display / State › Hide, Show, Transparent, Opaque, Fix, Float	สถานะการแสดงและการตรึง
Select Part / Duplicate Part / Delete Part	เลือก สำเนา ลบ
Duplicate Sub-Assembly	(คลิกขวาที่แถว Sub-Assembly) สำเนาเฉพาะ Sub-Assembly นั้น ดู Insert Part และ Sub-Assembly
Open / Edit Part, Open Sub-Assembly (Edit)	เปิดแก้ในแท็บใหม่
Save Child as Editable Part...	บันทึกชิ้นส่วนที่ฝังอยู่เป็นไฟล์ Part ที่แก้ได้
Component Color... / Reset Component Color	สีชิ้นส่วน
Reload Part	โหลดใหม่จากไฟล์
Axis Connector on Bore	สร้างจุดต่อแกนที่รู
Purge (Skip Loading) / Reload (Unpurge)	ไม่โหลดชิ้นส่วนนี้ชั่วคราว (ช่วยให้ Assembly ใหญ่เปิดเร็ว)
Fix Part / Unfix Part	ตรึง / ปลด
Auto Align (square to axes) / Align Face to Plane...	จัดชิ้นที่นำเข้ามาเอียงให้ตรงแกน
Rigid Body ›	Group / Ungroup
Add Mate ›	ชนิด Mate ทั้งหมด

แผง Properties / Info



แผง Properties เมื่อเลือกชิ้นส่วน

ส่วน	ความหมาย
Instance Placement: X, Y, Z (mm) / Rx, Ry, Rz (deg)	ตำแหน่งและการหมุน กด **Apply Placement**
Fixed (Freeze Part) / Visible / Suppressed	สถานะ
Component Color... / Reset Color / Face / Feature Color... / Reset Face	สี
Mate Connector Frame	ตำแหน่งจุดต่อ Mate
Mate	ค่าของ Mate ที่เลือก ดู แก้ไขและลบ Mate

ดูเพิ่ม

- สถานะชิ้นส่วน
- แก้ไขและลบ Mate

ใส่ Mate ด้วยแผง Assembly Mates Standard

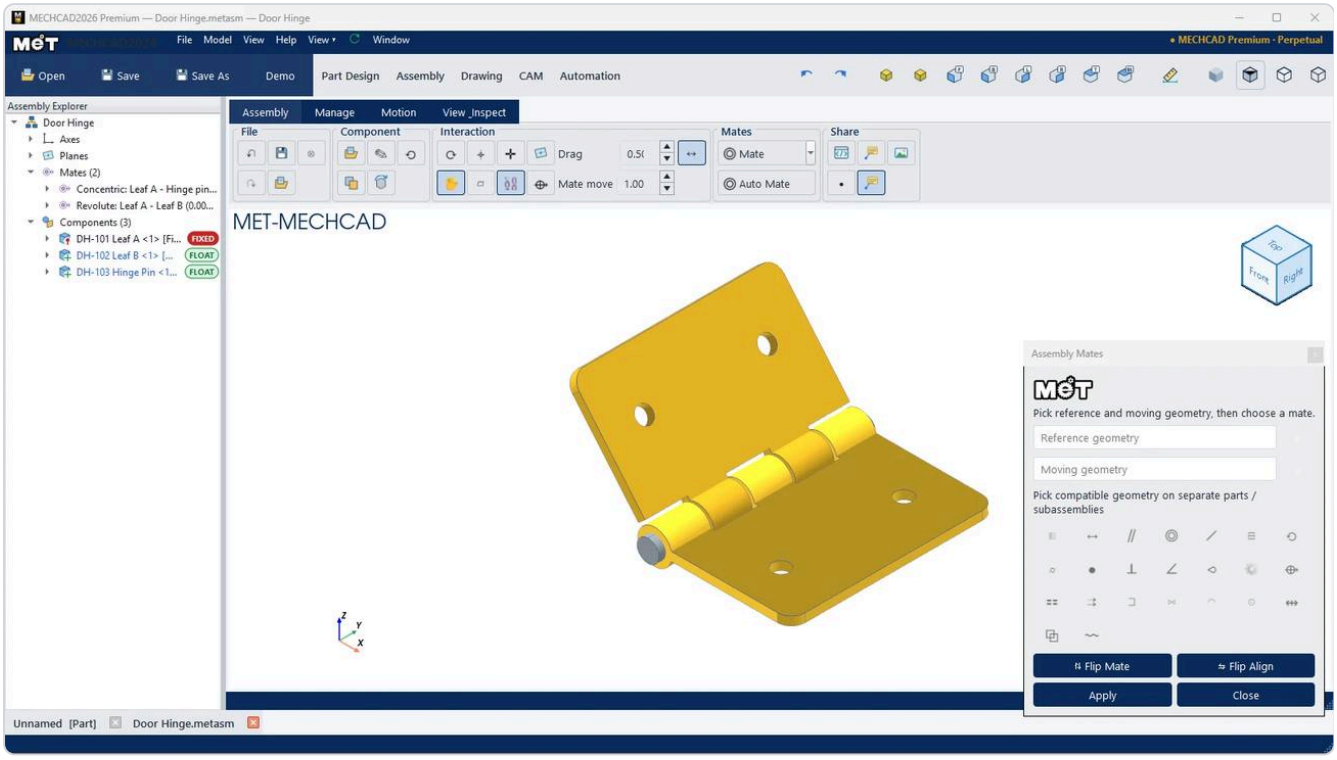
เลือกพื้นผิวบนชิ้นส่วน 2 ชิ้นแล้วเลือกชนิด Mate ที่แนะนำ พร้อมภาพตัวอย่างก่อนยืนยัน

ใช้ทำอะไร

Mate กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วน เช่น ศูนย์ร่วม ผิวชนกัน ระยะห่าง แผง **Assembly Mates** แนะนำชนิด Mate ที่เข้ากับพื้นผิวที่เลือกให้อัตโนมัติ

อยู่ที่ไหน

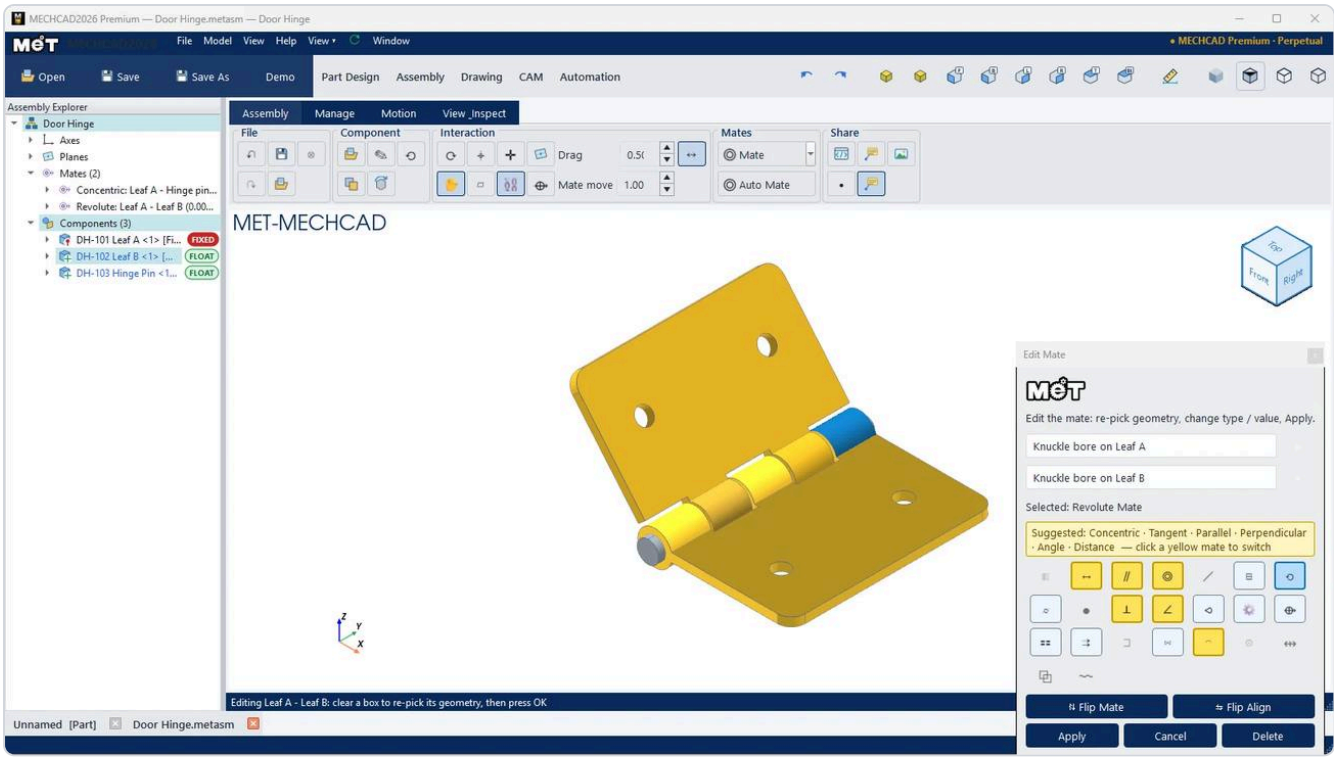
- **Assembly › Mates › Mate** (คลิกปุ่มหลัก = Smart Mate) หรือเลือกชนิดจากลูกศรของปุ่ม
- คลิกขวา › **Add Mate › / Constrain ›**



แผง Assembly Mates ก่อนเลือกพื้นผิว

ขั้นตอน

1. กด **Mate** เคอร์เซอร์เป็นกรอบเลือก
2. คลิกพื้นผิว/ขอบ/รูบนชิ้นส่วนที่ 1 (Reference) แล้วบนชิ้นส่วนที่ 2 (**ชิ้นที่ 2 จะเป็นชิ้นที่เคลื่อน** ถ้าชิ้นที่ 2 ขยับไม่ได้ โปรแกรมจะสลับให้)
3. ถ้ามีหลายหน้าซ้อนกันใต้เคอร์เซอร์ กด **Tab** เพื่อเลื่อนไปหน้าถัดไป (*Face n/N on — click to pick it, Tab for the next one.*)
4. ชิ้นส่วนจะเลื่อนเข้าตำแหน่งตัวอย่างด้วยชนิด Mate ที่ดีที่สุด ปุ่มที่ใช้ได้เรืองแสงสีเหลือง (*Suggested: …*) คลิกปุ่มสีเหลืองอื่นเพื่อเปลี่ยนชนิด
5. ใช้ ⇅ **Flip Mate** หรือ ⇆ **Flip Align** ถ้าทิศไม่ถูก ใส่ค่า Offset/Angle ถ้ามี
6. กด **Apply** (*Mate applied — pick the next pair*) หรือ Esc เพื่อทิ้งตัวอย่าง



แผงแก้ไข Mate พร้อมชนิดที่แนะนำ (สีเหลือง)

ส่วนของแผง	ความหมาย
Reference geometry / Moving geometry / Third geometry	สิ่งที่เลือก (× = ล้าง) Third ใช้กับ Mate 3 จุดเลือก
ช่องค่า	Offset (mm), Angle (deg), Distance (mm), Gear ratio, Pitch (mm/rev), Travel (mm/rev), Ratio, Radius (mm), Center offset (mm), Joint angle (deg) ตามชนิด
External gears / Internal gears	เฉพาะ Gear Mate
ปุ่มชนิด Mate 23 แบบ	ปุ่มที่ใช้กับพื้นผิวที่เลือกไม่ได้จะเป็นสีเทา
⇅ Flip Mate	ให้ชนกันอีกด้านของหน้า
⇆ Flip Align	สลับ Aligned / Anti-aligned
Apply / Close	ยืนยัน / ปิด (โหมดแก้ไข: Apply / Cancel / Delete)

> **หมายเหตุ:** ถ้า Mate ขัดกับ Mate เดิมจะเห็น ⚠ *Over-defined — this mate conflicts (likely a mis-picked face)* และการ์ดลอยที่มีปุ่ม ↶ **Undo mate**, ↻ **Re-pick**, ✓ **Keep**

Assembly ใหญ่ที่นำเข้ามา

- Mate ใหม่คำนวณเฉพาะชิ้นที่เกี่ยวข้อง (ชิ้นที่เคลื่อนและชิ้นที่ต่อ Mate กับมัน) ชิ้นที่ Fix อยู่เป็นขอบเขต ไม่ดึงทั้ง Assembly มาคำนวณ ใช้กับเครื่องจักรที่นำเข้ามาหลายพันชิ้นได้โดยหน้าจอไม่ค้าง
- ถ้าการคำนวณใช้เวลานานเกินประมาณ 0.3 วินาที จะมีหน้าต่าง *Solving mates: N moving bodies, step n/N …* พร้อมปุ่ม **Cancel** กด Cancel แล้ว Mate ใหม่ถูกยกเลิก ชิ้นส่วนกลับที่เดิม

Mate ที่ใส่ไม่ได้

กรณี	ข้อความที่แถบสถานะ	วิธีแก้
เลือกหน้า 2 หน้าที่อยู่ใน Sub-Assembly แข็งเกร็งเดียวกัน	*Both faces are on the SAME rigid sub-assembly — it already moves as one body. Right-click → Rigid Body → Ungroup first, or open the sub-assembly in its own window to mate inside it.*	คลิกขวา › **Rigid Body › Ungroup Rigid Body** ก่อน หรือเปิด Sub-Assembly ในหน้าต่างของมันเอง (**Open Sub-Assembly (Edit)**) แล้วใส่ Mate ข้างใน
ชิ้นที่ 2 (ชิ้นที่เคลื่อน) อยู่ใน Sub-Assembly ที่มีชิ้นถูก Fix	*The moving part belongs to a sub-assembly with a FIXED member — Unfix it first, or pick this face as the REFERENCE (first pick) and the free part second.*	Unfix ก่อน หรือเลือกหน้านี้เป็นชิ้นแรก (Reference) แล้วเลือกชิ้นที่ขยับได้เป็นชิ้นที่ 2

ดูเพิ่ม

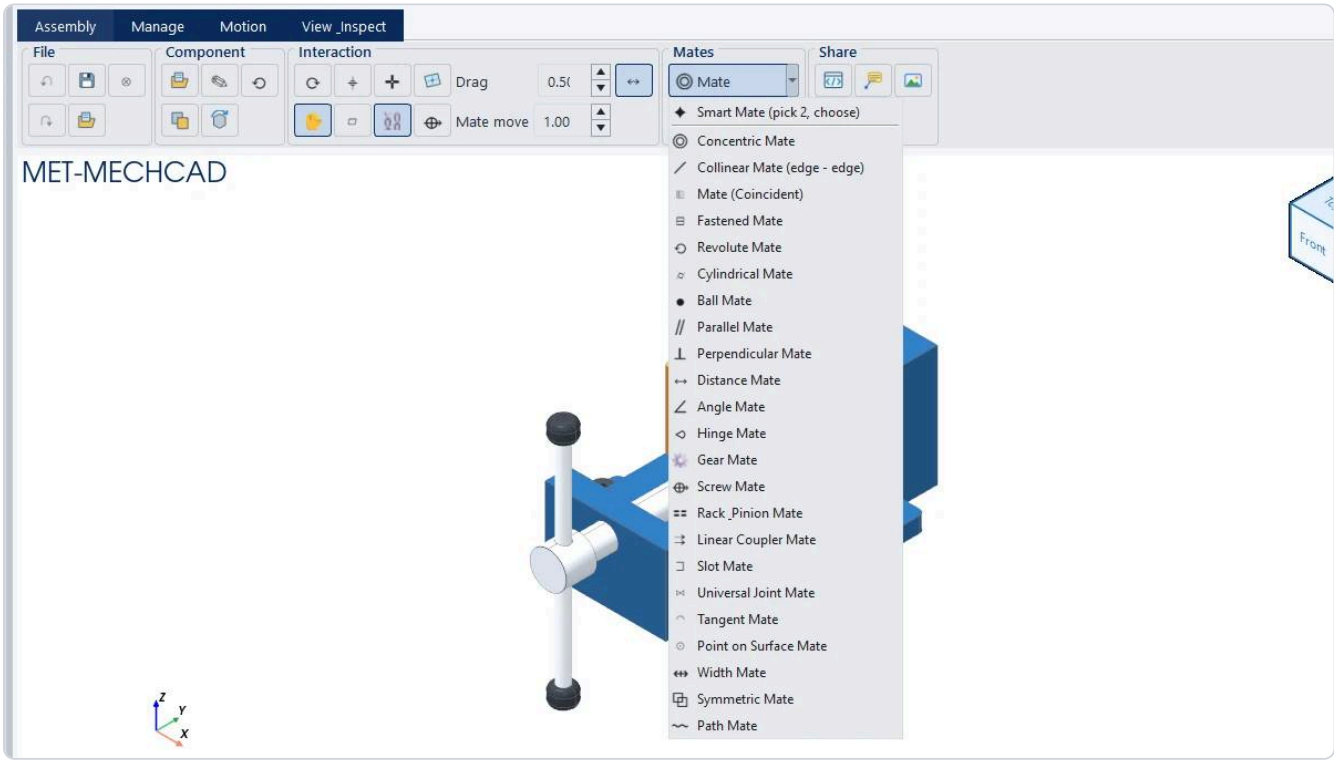
- ชนิดของ Mate
- แก้ไขและลบ Mate
- Auto Mate

ชนิดของ Mate Standard

ความหมายของ Mate ทั้ง 23 ชนิดและพื้นผิวที่ใช้ได้

ใช้ทำอะไร

รายการ Mate ทั้งหมดในปุ่ม **Mate** ของ MECHCAD พร้อมสิ่งที่ล็อกและพื้นผิวที่ต้องเลือก



รายการชนิด Mate จากลูกศรของปุ่ม Mate

Mate	ล็อกอะไร	เลือกอะไร	อิสระที่เหลือ
Smart Mate	เลือกชนิดให้เองจากพื้นผิว	2 อย่าง	–
Concentric	แกนตรงและอยู่ศูนย์กลางเดียวกัน เลื่อน/หมุนได้ ("Lock rotation" ล็อกการหมุน)	รู/เพลา/ขอบกลม	2 (1 เมื่อล็อก)
Collinear (edge - edge)	ขอบ 2 เส้น (หรือขอบกับแกน) อยู่บนเส้นเดียวกัน	ขอบตรง / แกน	–
Mate (Coincident)	หน้าชนกัน/เสมอกันตาม Offset	หน้าเรียบ	3
Fastened	ล็อกทุกทิศ	อะไรก็ได้	0
Revolute / Hinge	แกนตรง ตำแหน่งแนวแกนคงที่ หมุนได้	แกน	1
Cylindrical	แกนตรงและศูนย์กลางเดียวกัน เลื่อนและหมุนได้	แกน	2
Ball	จุดศูนย์กลางทับกัน	อะไรก็ได้	3
Parallel	ขนานกัน (ไม่กำหนดระยะ)	หน้า/แกน/ขอบ	4
Perpendicular	ตั้งฉากกัน	หน้า/แกน/ขอบ	5
Distance	ขนานและห่างตามค่า (ค่าเริ่มต้นจากระยะปัจจุบัน)	หน้า/แกน/วงกลม	3
Angle	มุมระหว่างหน้า = ค่า	หน้า/แกน/ขอบ	5
Gear	หมุนสัมพันธ์ตามอัตราทด (External / Internal)	แกน	1
Screw	หมุน 1 รอบ = เลื่อนตาม Pitch	แกน	1
Rack & Pinion	เฟืองหมุน 1 รอบ = แร็คเลื่อนตาม Travel	แกน	1
Linear Coupler	เลื่อนสัมพันธ์ตาม Ratio (ลบ = ทิศตรงข้าม)	แกน	1
Slot	วางบนร่องและจุดศูนย์กลางอยู่บนแนวร่อง	หน้า/วงกลม	2
Universal Joint	ข้อต่อสากลตาม Joint angle	แกน	2
Tangent	สัมผัสกัน (แกนตั้งฉากกับหน้า ห่างตามรัศมี)	แกน + หน้า	4
Point on Surface	จุดอยู่บนหน้า	อะไรก็ได้ + หน้า	5
Width	ชิ้น Tab อยู่กึ่งกลางระหว่างหน้าอ้างอิง 2 หน้า (เลือก 3 อย่าง)	หน้า 2 หน้า + Tab	3
Symmetric	สมมาตรรอบระนาบ (เลือก 3 อย่าง: ระนาบ, ชิ้นเคลื่อน, ชิ้นตรงข้าม)	หน้า	1
Path	จุดเลื่อนไปตามเส้นขอบของหน้า Path	หน้า + ชิ้นตาม	4

ชนิดที่ใช้ได้ตามคู่พื้นผิว

คู่ที่เลือก	Mate ที่ใช้ได้
แกน + แกน	Concentric, Tangent, Parallel, Perpendicular, Angle, Distance, Fastened (+ Revolute, Cylindrical, Hinge, Gear, Screw, Rack & Pinion, Linear Coupler, Universal)
หน้า + หน้า	Coincident, Parallel, Perpendicular, Distance, Angle, Fastened (+ Width, Symmetric, Slot, Path)

คู่ที่เลือก	Mate ที่ใช้ได้
แกน + หน้า	Tangent, Perpendicular, Parallel, Point on Surface, Fastened
วงกลม + วงกลม	Concentric, Coincident, Distance, Fastened
ขอบ + ขอบ / แกน + ขอบ	Collinear, Parallel, Perpendicular, Angle, Fastened

> **หมายเหตุ:** อัตราทด Gear Mate ของเฟืองที่สร้างด้วย Gear Wizard คำนวณจากรัศมีพิตช์จริง ค่าใน Properties: **Ratio** (Gear / Linear coupler) และ **Pitch / lead** (Screw / Rack & pinion)

ดูเพิ่ม

- ใส่ Mate
- แก้ไขและลบ Mate

แก้ไข พลิก และลบ Mate Standard

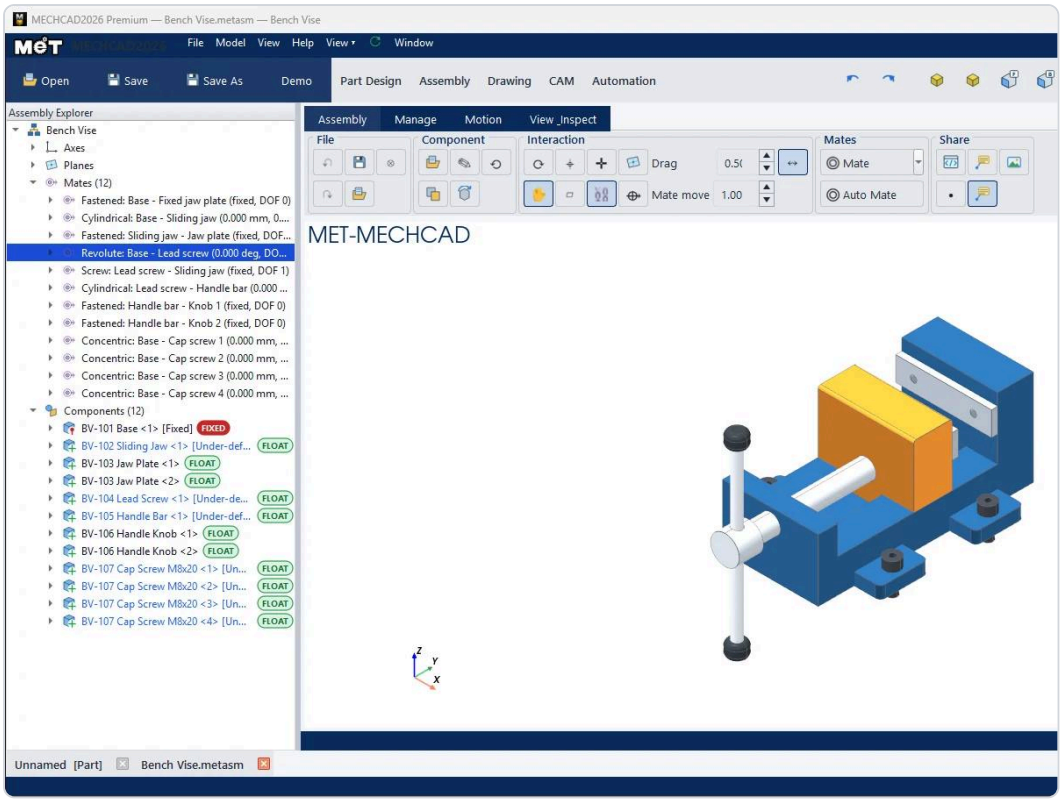
แก้ค่า Mate จาก Assembly Explorer หรือแผง Properties และจัดการ Mate ที่ขัดกัน

ใช้ทำอะไร

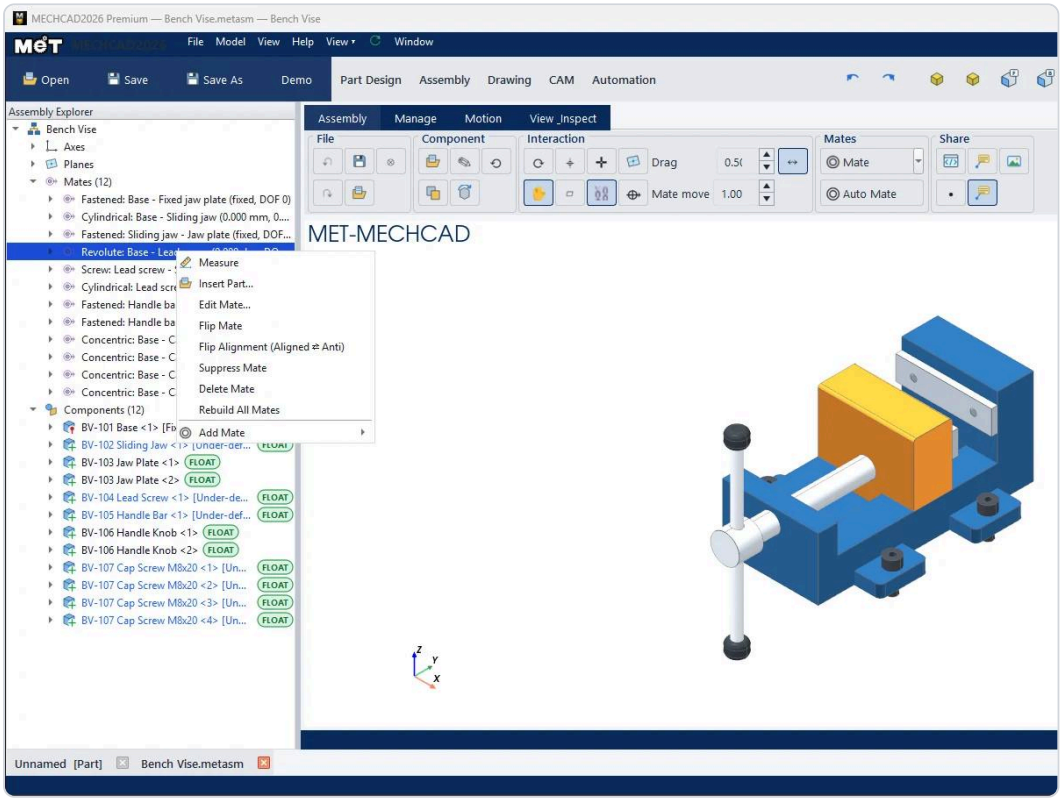
แก้ชนิด ค่า หรือพื้นผิวของ Mate ที่สร้างแล้ว พลิกทิศ ปิดชั่วคราว หรือลบ

อยู่ที่ไหน

- Assembly Explorer › กลุ่ม **Mates (n)** › ดับเบิลคลิก Mate หรือคลิกขวา › **Edit Mate...**
- แผง **Properties / Info** › **Mate** ด้านขวาเมื่อเลือก Mate



รายการ Mate ใน Assembly Explorer



คลิกขวาที่ Mate

เมนูคลิกขวา	ความหมาย
Edit Mate...	เปิดแผง Mate แบบแก้ไข (เลือกพื้นผิวใหม่ เปลี่ยนชนิด/ค่า แล้ว Apply)
Flip Mate	ให้ชนอีกด้านของหน้า

เมนูคลิกขวา	ความหมาย
Flip Alignment (Aligned ⇄ Anti)	สลับทิศแกน (Concentric, Coincident, Parallel, Distance, Fastened, Revolute, Cylindrical)
Suppress Mate / Unsuppress Mate	ปิด/เปิดชั่วคราว
Delete Mate	ลบ
Rebuild All Mates	คำนวณ Mate ทั้งหมดใหม่
Show / Hide Mate Details	แสดงพื้นผิว Reference / Moving ใต้แต่ละ Mate

แผง **Properties › Mate**

ช่อง	ความหมาย
Axial offset / Minimum / Maximum (mm)	ระยะและขอบเขตการเลื่อน
Angle / Minimum angle / Maximum angle (deg)	มุมและขอบเขตการหมุน
Ratio	Gear: r(reference)/r(mating) / Linear coupler: อัตรา b:a
Pitch / lead	Screw: ระยะต่อรอบ / Rack & pinion: ระยะแร็คต่อรอบเฟือง
Lock rotation (key concentric frames)	ล็อกการหมุนของ Concentric
Suppress mate	ปิดชั่วคราว
Apply	ใช้ค่าทั้งหมดแล้วคำนวณ Assembly ใหม่
⇄ Flip	สลับ Aligned / Anti-Aligned

> **หมายเหตุ:** การแก้ไขและลบ Mate จะไม่คำนวณ Assembly ใหม่ทั้งหมดเอง กด **Regen** (กลุ่ม Interaction) เมื่อต้องการแก้ทุก Mate ใหม่

ดูเพิ่ม

- ใส่ Mate
- ชนิดของ Mate

Auto Mate Standard

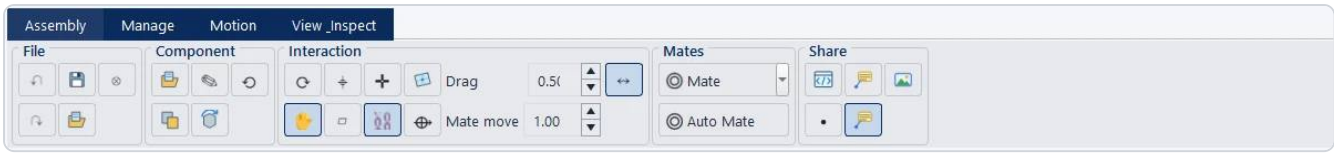
สร้าง Mate ให้อัตโนมัติที่ทุกจุดสัมผัสของชิ้นส่วนที่เลือกหรือที่มองเห็น

ใช้ทำอะไร

Auto Mate หาจุดที่ชิ้นส่วนสัมผัสกัน (หน้าชน รูกับเพลา) แล้วสร้าง Mate ให้ทั้งหมด เหมาะกับ Assembly ที่นำเข้าจาก STEP ซึ่งชิ้นส่วนอยู่ในตำแหน่งที่ถูกแล้วแต่ไม่มี Mate

อยู่ที่ไหน

Assembly › Mates › Auto Mate



ปุ่ม Auto Mate ในกลุ่ม Mates

ขั้นตอน

1. เลือกชิ้นส่วนที่ต้องการ (ถ้าไม่เลือก จะใช้ทุกชิ้นที่มองเห็น)
2. กด **Auto Mate**
3. ตรวจรายการที่แสดงแล้วยืนยัน กด **Cancel** เพื่อย้อนทั้งหมด

> **หมายเหตุ:** Sub-Assembly ที่ Insert เข้ามาเป็นก้อนแข็งเกร็ง ต้อง **Rigid Body › Ungroup Rigid Body** ก่อน Auto Mate จึงจะสร้างข้อต่อภายในได้

ดูเพิ่ม

- ใส่ Mate
- Insert Part และ Sub-Assembly

ลากและเคลื่อนย้ายชิ้นส่วน (Drag Part) Standard

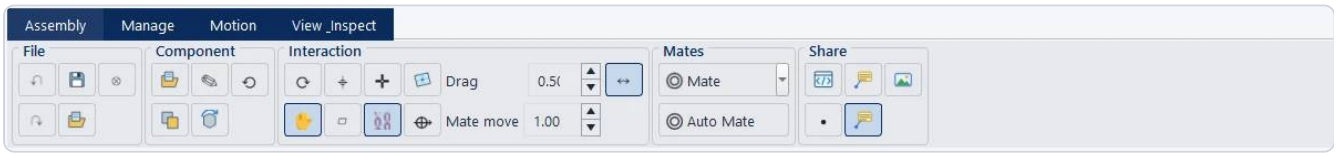
ลากชิ้นส่วนให้เคลื่อนตาม Mate หมุน สำเนา และตั้งค่าความไวในการลาก

ใช้ทำอะไร

ตรวจการเคลื่อนที่ของกลไกโดยลากชิ้นส่วนในมุมมอง ชิ้นส่วนจะเคลื่อนตาม Mate ชิ้นที่ Fixed ไม่ขยับ

อยู่ที่ไหน

Assembly › Interaction › Drag Part (เปิดเป็นค่าเริ่มต้น), **Drag**, **Mate move**, **Min Motion**



กลุ่ม Interaction

การกระทำ (Drag Part เปิด)	ผล
ลากชิ้นส่วนด้วยปุ่มซ้าย	เลื่อนตาม Mate
Shift + ลาก	หมุนชิ้นส่วน (หรือทั้ง Sub-Assembly) รอบแกน Mate หรือจุดศูนย์กลาง
Ctrl + ลาก	สำเนาชิ้นส่วนแล้วลากสำเนา
ลากบนพื้นที่ว่าง	ลากกรอบเลือก
Esc	ยกเลิกการลาก

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Drag Part	เปิด	ปิดเพื่อป้องกันการขยับโดยไม่ตั้งใจ (ลากซ้าย = เลื่อนภาพ)
Drag	0.50	ความไวในการลาก (0.05–20) ค่าน้อย = ละเอียด
Mate move	1.00 ×	ความเร็วที่ชิ้นส่วนเลื่อนเข้าตำแหน่ง Mate (0.01×–5×)
Min Motion	เปิด	ให้ชิ้นอื่นขยับน้อยที่สุด ปิด = Max Motion ให้กลไกตามเคอร์เซอร์อิสระกว่า

> **หมายเหตุ:** ชิ้นที่ล็อกด้วย Fastened หรืออยู่ใน Sub-Assembly ที่ Fixed จะหมุนไม่ได้ และจะมีข้อความแจ้ง ตำแหน่งที่แน่นอนกรอกได้ที่แผง Properties › **Instance Placement**

ดูเพิ่ม

- Assembly Explorer และแผง Properties

Linear Pattern ของชิ้นส่วน Standard

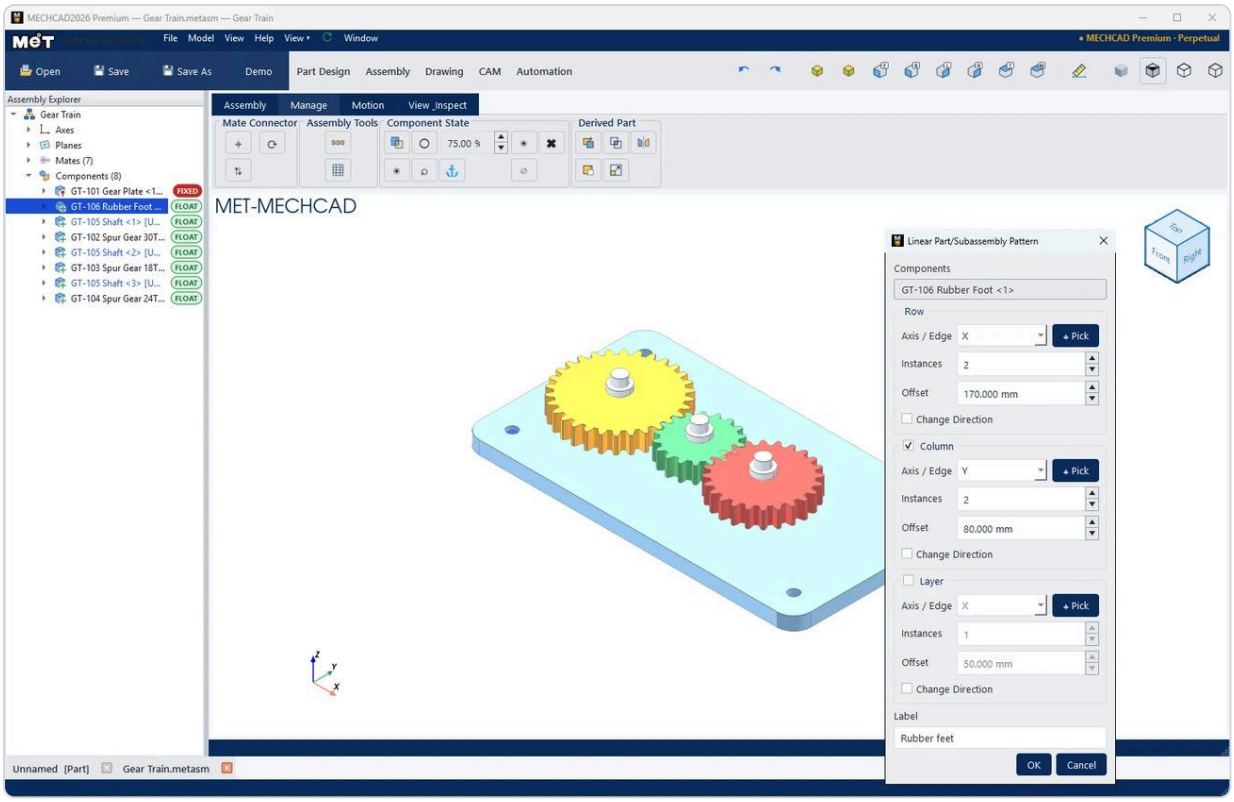
ทำซ้ำชิ้นส่วนหรือ Sub-Assembly เป็นแถว คอลัมน์ และชั้น

ใช้ทำอะไร

สร้างสำเนาของชิ้นส่วนหรือ Sub-Assembly เป็นแถว (Row) คอลัมน์ (Column) และชั้น (Layer) เช่น ขวดบนพาเลท สกรูหลายตัว

อยู่ที่ไหน

Manage › Assembly Tools › Linear Pattern



หน้าต่าง Linear Part/Subassembly Pattern

ขั้นตอน

1. เลือกชิ้นส่วน แล้วกด **Linear Pattern**
2. ที่ **Row** เลือก **Axis / Edge** (X / Y / Z หรือ *Picked face...* แล้วกด ⌖ Pick) ใส่ **Instances** และ **Offset**
3. ติ๊ก **Column** และ/หรือ **Layer** ถ้าต้องการทิศเพิ่ม
4. ตั้ง **Label** แล้วกด **OK**

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Components	ชิ้นที่เลือก	ต้นแบบ
Axis / Edge	X	ทิศของแต่ละชุด
Instances	–	จำนวน (1–500)
Offset	50 mm	ระยะห่าง
Change Direction	ปิด	กลับทิศ
Label	Linear Pattern (1)	ชื่อ

ดูเพิ่ม

- Insert Part และ Sub-Assembly

สถานะชิ้นส่วน: Show/Hide, Transparent, Fix, Suppress Standard

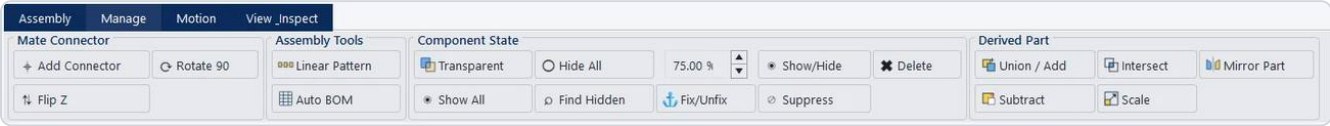
ซ่อน แสดง ทำโปร่งใส ตรึง และปิดชิ้นส่วนใน Assembly

ใช้ทำอะไร

จัดการการแสดงผลและสถานะของชิ้นส่วนเพื่อทำงานกับ Assembly ใหญ่ได้สะดวก

อยู่ที่ไหน

Manage › Component State หรือคลิกขวาที่ชิ้นส่วน › **Display / State ›**



แท็บ Manage

คำสั่ง	ความหมาย
Transparent	ทำชิ้นที่เลือกโปร่งใส (กดซ้ำเพื่อคืน) ความโปร่งใสตามช่อง %
% (0–100)	0% = ทึบ, 100% = ใสทั้งหมด (ค่าเริ่มต้น 75)
Show All	แสดงทุกชิ้นที่ซ่อน (ชิ้นที่ Suppress ยังคงปิด)
Hide All	ซ่อนทั้งหมด แล้วค่อย Show ชิ้นที่ต้องการ
Find Hidden	เลือกและเผยทุกชิ้นที่ซ่อนใน Explorer
Fix/Unfix	ตรึง / ปลด (ทำกับทั้ง Sub-Assembly ได้)
Show/Hide	แสดง / ซ่อน
Suppress	ปิดชิ้นส่วนหรือ Mate ที่เลือก (ไม่คำนวณ)
Delete	ลบ

> **หมายเหตุ:** ใน Assembly ที่ใหญ่มาก ใช้ **Purge (Skip Loading)** (คลิกขวาที่ชิ้นส่วน) เพื่อไม่ต้องโหลดชิ้นที่ไม่จำเป็น

ดูเพิ่ม

- Assembly Explorer
- Assembly ขนาดใหญ่ทำงานช้า

Derived Part: Union, Subtract, Intersect, Scale และ Mirror Part Standard

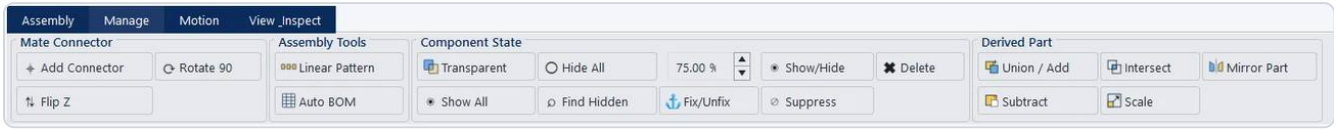
สร้าง Part ใหม่จากชิ้นส่วนใน Assembly โดยไม่เปลี่ยนชิ้นต้นฉบับ

ใช้ทำอะไร

สร้างไฟล์ Part ใหม่จากชิ้นส่วนที่เลือกแล้วนำเข้า Assembly ชิ้นต้นฉบับไม่ถูกแก้ไข เช่น ทำแผ่นเจาะรูตามตำแหน่งชิ้นอื่น (Subtract) หรือชิ้นซ้าย-ขวา (Mirror Part)

อยู่ที่ไหน

Manage › Derived Part



กลุ่ม Derived Part ในแท็บ Manage

คำสั่ง	เลือก	ผล
Union / Add	2 ชิ้น	รวมเป็นชิ้นเดียว
Subtract	2 ชิ้น	ชิ้นปัจจุบัน (เป้าหมาย) ลบด้วยอีกชิ้น
Intersect	2 ชิ้น	ส่วนที่ซ้อนกัน
Scale	1 ชิ้น	ย่อ/ขยาย
Mirror Part	1 ชิ้น	ชิ้นสะท้อน (ชิ้นกลับด้าน)

ขั้นตอน

1. เลือกชิ้นส่วนตามจำนวนในตาราง (ชิ้นที่เลือกอยู่ปัจจุบันเป็นเป้าหมาย)
2. กดคำสั่ง
3. Part ใหม่จะถูกบันทึกและแทรกเข้า Assembly

ดูเพิ่ม

- Union, Subtract, Intersect ใน Part Design

Explode และ Collapse Standard

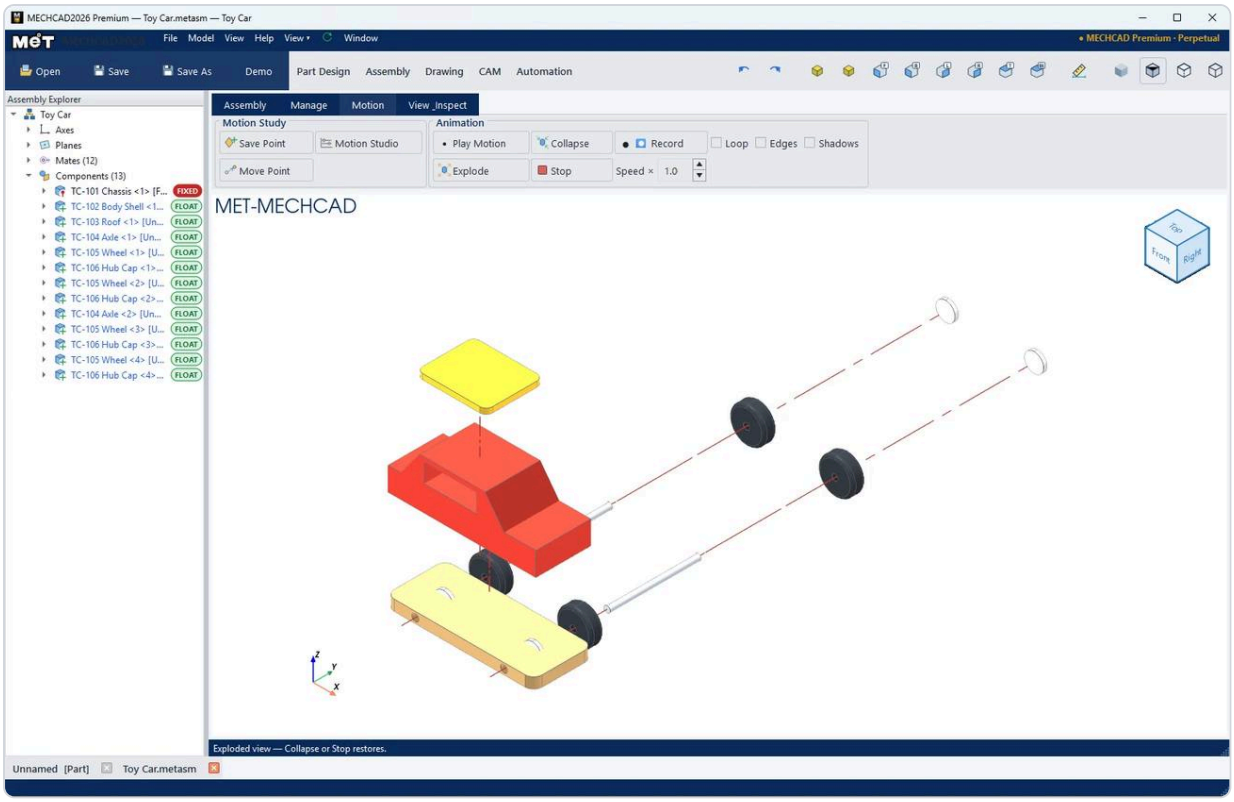
แยกชิ้นส่วนออกเป็นภาพระเบิดแบบเคลื่อนไหว ปรับระยะ 0–100% ด้วยแถบเลื่อน แสดงเส้นศูนย์กลาง และประกอบกลับ

ใช้ทำอะไร

Explode แยกชิ้นส่วนออกตามแนว Mate เป็นภาพเคลื่อนไหว ใช้นำเสนอหรือตรวจลำดับประกอบ **Collapse** ประกอบกลับตำแหน่งจริงและ Mate ไม่ถูกเปลี่ยน

อยู่ที่ไหน

Motion › Animation › Explode / Collapse



รถของเล่น (Toy Car) แบบ Explode

ขั้นตอน

1. กด **Explode** (ต้องมีอย่างน้อย 2 ชิ้น) ชิ้นส่วนจะแยกออกจนสุด (100%) และกล่องลอย **Explode** จะเปิดขึ้นข้าง Explorer
2. ลากแถบเลื่อน **Explode distance** หรือพิมพ์ค่า % เพื่อกำหนดระยะแยกเอง ชิ้นส่วนขยับตามทันทีขณะลาก
3. ติ๊ก/เอาติ๊ก **Center lines** เพื่อแสดง/ซ่อนเส้นศูนย์กลาง
4. กด **Collapse** เพื่อประกอบกลับ หรือ ■ **Stop** กด **Close** เพื่อปิดกล่อง
5. ปรับ **Speed ×** ถ้าต้องการให้ภาพเคลื่อนไหวช้า/เร็ว ติ๊ก **Loop** เพื่อเล่นวนไปมา

กล่อง Explode

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Explode distance (แถบเลื่อน + %)	–	0% = ประกอบอยู่ 100% = แยกสุด ลากแล้วชิ้นส่วนขยับทันที
Explode	–	เล่นภาพเคลื่อนไหวไปที่ 100%
Collapse	–	เล่นภาพเคลื่อนไหวกลับไปตำแหน่งประกอบ
Center lines	เปิด	เส้นจากตำแหน่งประกอบของแต่ละชิ้นไปยังตำแหน่งปัจจุบัน (เส้นทางการแยก)
Close	–	ปิดกล่อง

ปุ่ม Explode / Collapse ในกล่องและบน Ribbon ใช้ค่าเดียวกับแถบเลื่อน (แถบเลื่อนวิ่งตามภาพเคลื่อนไหว) ระยะแยกและสถานะ Center lines ถูกบันทึกไว้ในไฟล์ เปิดไฟล์ใหม่แล้วกลับมาเหมือนเดิม

ตัวเลือกบน Ribbon

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Speed ×	1.0	ความเร็ว (0.1–8)
Loop	ปิด	เล่น Explode ⇆ Collapse ต่อเนื่อง
Edges	–	แสดงเส้นขอบระหว่างเล่น
Shadows	–	แสดงเงาระหว่างเล่น

ทิศการแยก: ตามแกนของ Mate กลุ่ม Concentric ก่อน ถ้าไม่มีใช้ทิศตั้งฉากของหน้า Coincident ถ้าไม่มีใช้แกนหลักที่ใกล้ที่สุด

> **หมายเหตุ:** การลากแถบเลื่อนไม่คำนวณ Mate ใหม่ ไม่เปลี่ยนตำแหน่งจริงของชิ้นส่วน ใช้กับ Assembly ใหญ่หลายพันชิ้นได้ลื่น

> **หมายเหตุ:** ภาพ Explode สำหรับเอกสารพร้อมหมายเลข Balloon ทำได้ใน Auto BOM (Edit Balloons)

ดูเพิ่ม

- Animation และการบันทึกวิดีโอ

3D Notes และ Picture ใน Assembly Standard

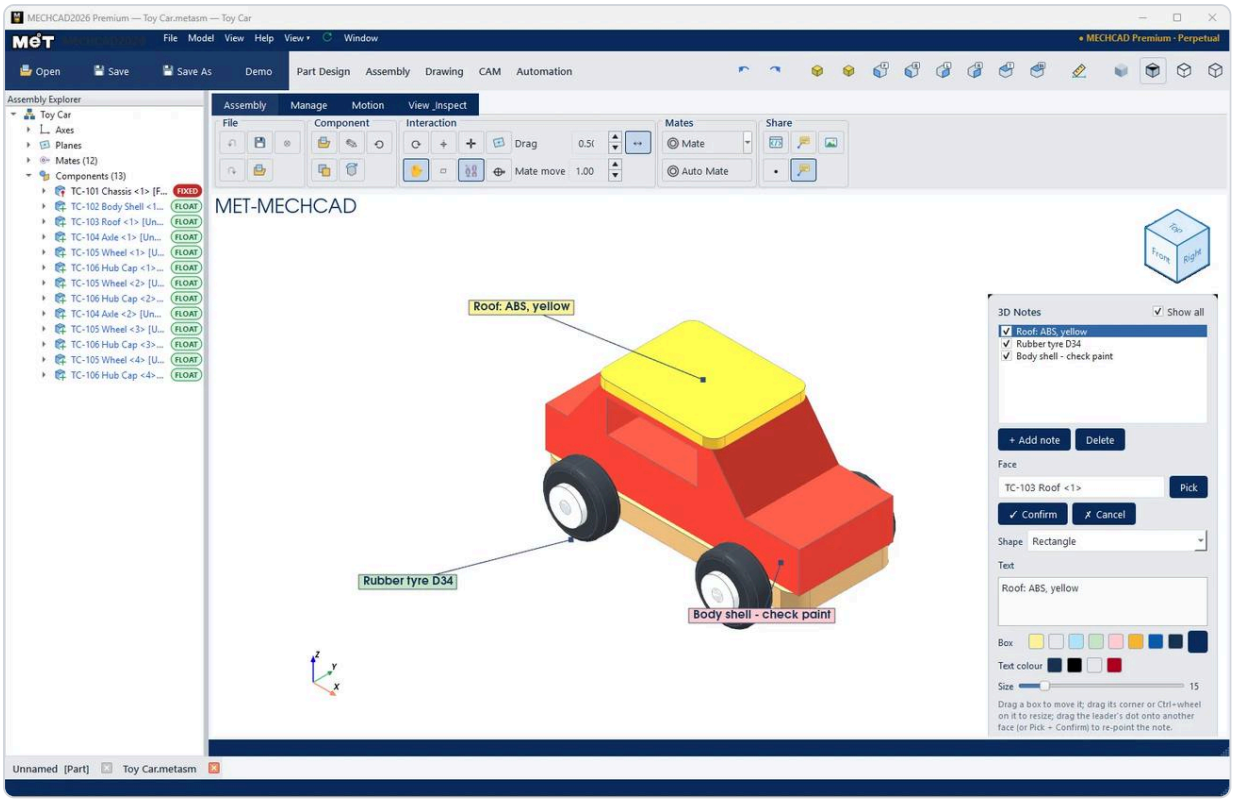
ใส่ป้ายข้อความ 3 มิติชี้ไปที่ชิ้นส่วน และแปะรูปภาพบนหน้าผิว

ใช้ทำอะไร

- **3D Notes** ป้ายข้อความในมุมมอง 3D ที่ชี้ไปยังหน้าผิว เช่น ระบุเซนเซอร์ มอเตอร์ จุดตรวจ แสดงใน Export HTML ได้
- **Picture** แปะรูปภาพบนหน้าผิวของชิ้นส่วน

อยู่ที่ไหน

Assembly › Share › 3D Notes / Show Notes / Picture



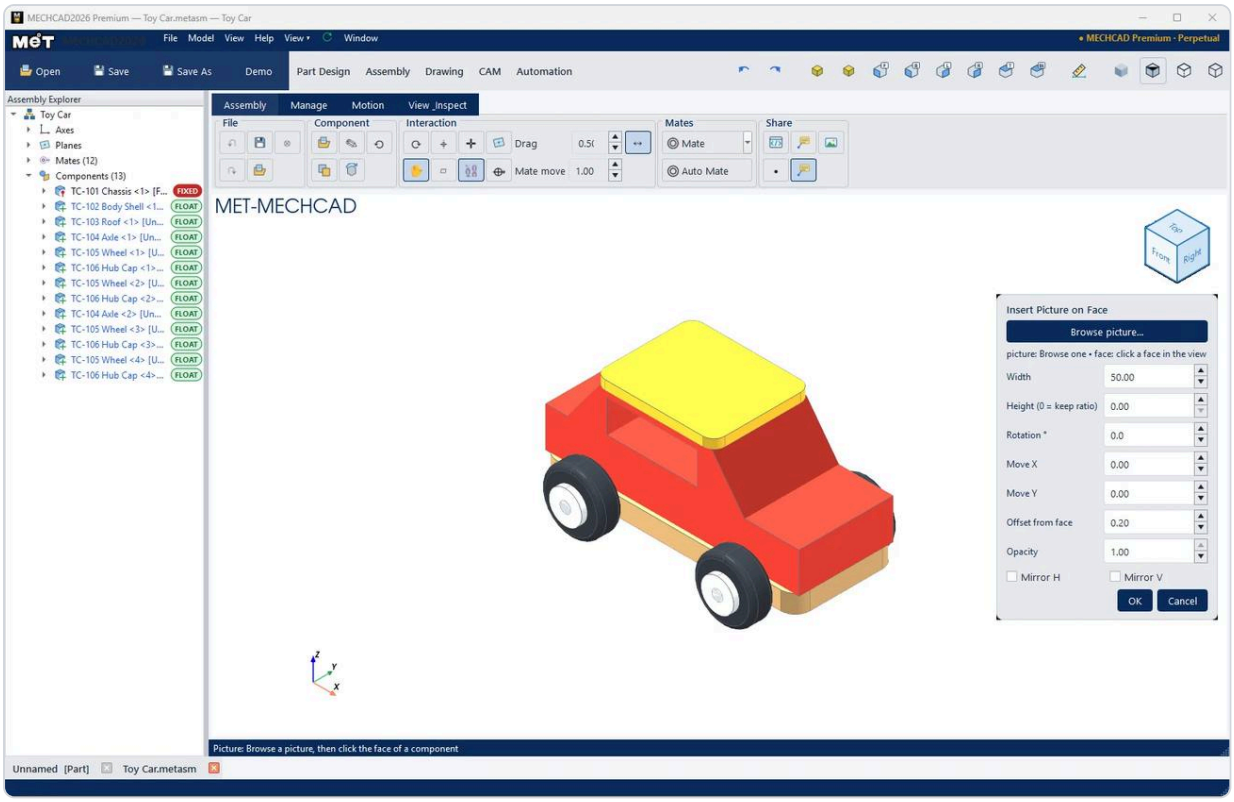
แผง 3D Notes

3D Notes

1. กด **3D Notes** แล้วกด **+ Add note**
2. กด **Pick** แล้วคลิกหน้าผิวที่โน้ตจะชี้ กด **✓ Confirm**
3. พิมพ์ **Text** เลือก **Shape**, **Box** colour, **Text colour**, **Size**
4. ลากกล่องโน้ตเพื่อย้าย ลากมุมหรือ Ctrl+ล้อเมาส์เพื่อย่อ/ขยาย
5. **Show Notes** แสดง/ซ่อนโน้ตทั้งหมด (โน้ตยังอยู่)

ตัวเลือก	ความหมาย
Show all	แสดงโน้ตทั้งหมดในรายการ
Shape	Rectangle / Rounded rectangle / Circle
Box / Text colour	สีกล่อง / สีตัวอักษร
Size	ขนาดตัวอักษร

Picture



แผง Insert Picture on Face

กด **Browse picture...** แล้วคลิกหน้าผิว ปรับ Width, Height (0 = keep ratio), Rotation °, Move X/Y, Offset from face, Opacity, Mirror H/V แล้วกด **OK**

ดูเพิ่ม

- Export HTML
- Picture ใน Part Design

Pack and Go (.metpkg) Standard

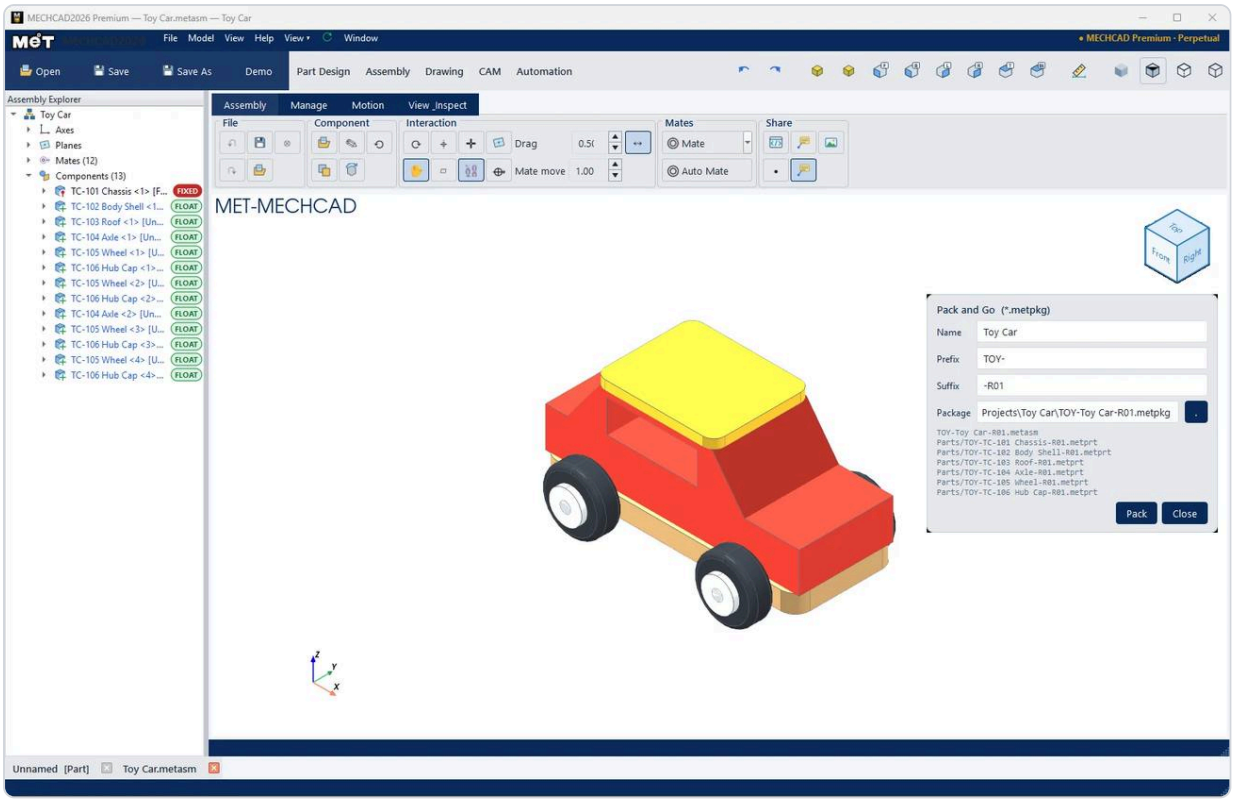
รวม Assembly และชิ้นส่วนทั้งหมดเป็นแพ็กเกจเดียวเพื่อส่งต่อหรือสำเนา

ใช้ทำอะไร

Pack and Go รวมไฟล์ Assembly และทุกชิ้นส่วนที่อ้างถึงเป็นไฟล์ `.metpkg` ไฟล์เดียว ใช้ส่งงานให้ผู้อื่น หรือสำเนา Assembly พร้อมเปลี่ยนชื่อชิ้นส่วนด้วย Prefix/Suffix

อยู่ที่ไหน

File › Pack and Go... (ขณะเปิด Assembly)



การ์ด Pack and Go

ขั้นตอน

1. เปิด Assembly แล้วเลือก **File › Pack and Go...**
2. ตั้ง **Name** และ **Prefix** / **Suffix** ถ้าต้องการ (ดูรายชื่อไฟล์ผลลัพธ์ได้ทันทีด้านล่าง)
3. เลือกที่เก็บ **Package** (ปุ่ม ...)
4. กด **Pack**

ตัวเลือก	ความหมาย
Name	ชื่อ Assembly ในแพ็กเกจ
Prefix	ข้อความนำหน้าชื่อไฟล์ทุกไฟล์
Suffix	ข้อความต่อท้าย เช่น -R01
Package	ตำแหน่งไฟล์ `.metpkg`

ภายในแพ็กเกจ: `manifest.json`, ไฟล์ `.metasm` และ `Parts/*.metprt` (ชิ้นส่วนที่นำเข้าจาก STEP จะถูกแปลงเป็น `.metprt` ให้)

> **หมายเหตุ:** ดับเบิลคลิกไฟล์ `.metpkg` เพื่อเปิด โปรแกรมจะแตกไฟล์ลงโฟลเดอร์ข้างแพ็กเกจแล้วเปิด Assembly ถ้ามีไฟล์ชื่อซ้ำจะถาม *Replace the existing package?*

ดูเพิ่ม

- ชนิดไฟล์ของ MECHCAD

แบบทดสอบท้ายบทที่ 5: Assembly

เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว เฉลยอยู่ใน ภาคผนวก ก

1. **เมื่อใส่ Mate ชิ้นใดเป็นชิ้นที่เคลื่อนที่**

   ก. ชิ้นแรกที่เลือก (Reference) **ข.** ชิ้นที่สองที่เลือก
   ค. ทั้งสองชิ้นขยับเข้าหากันครึ่งทาง **ง.** ชิ้นที่ใหญ่กว่าเสมอ

2. **ระหว่างเลือก Mate มีหลายหน้าซ้อนกันใต้เคอร์เซอร์ จะเลือกหน้าที่อยู่ด้านหลังได้อย่างไร**

   ก. กด Tab เพื่อไปหน้าถัดไป **ข.** กด Alt ค้างแล้วคลิก
   ค. ซ่อนชิ้นด้านหน้าก่อน **ง.** หมุนลูกกลิ้งเมาส์

3. **ชิ้นแรกที่ Insert เข้า Assembly ใหม่จะเป็นอย่างไร**

   ก. ลอยอิสระจนกว่าจะใส่ Mate **ข.** ถูกแปลงเป็น Sub-assembly
   ค. ถูกวางที่เคอร์เซอร์แล้วซ่อนไว้ **ง.** ถูก Fix อยู่กับที่เป็นชิ้นฐาน

4. **Sub-assembly ที่ Insert เข้ามาจะเคลื่อนเป็นก้อนแข็งก้อนเดียว ถ้าอยากให้ชิ้นข้างในขยับเป็นข้อต่อต้องทำอย่างไร**

   ก. ดับเบิลคลิกที่มัน **ข.** ปิด Drag Part
   ค. คลิกขวา › Rigid Body › Ungroup Rigid Body แล้วใส่ Mate (เช่น Auto Mate) **ง.** ใช้ Explode

5. **คำสั่งใดรวมไฟล์ Assembly และชิ้นส่วนทั้งหมดที่อ้างอิงเป็นไฟล์เดียวเพื่อส่งให้ผู้อื่น**

   ก. Share › Export HTML **ข.** File › Pack and Go… (ได้ไฟล์ .metpkg)
   ค. File › Export STEP… **ง.** Manage › Auto BOM

6. **หลังแก้ไขหรือลบ Mate จะสั่งให้โปรแกรมคำนวณ Mate ทั้งหมดใหม่ได้อย่างไร**

   ก. บันทึกแล้วเปิดไฟล์ใหม่ **ข.** คลิก Show Mates
   ค. กด Esc **ง.** คลิก Regen ในกลุ่ม Interaction

บทที่ 6

Drawing

1. สร้าง Drawing (Standard Views Creation)

   สร้างแบบงาน 2D จาก Part หรือ Assembly พร้อมมุมมองมาตรฐาน มิติ และ BOM อัตโนมัติ

2. Ribbon และ Drawing Explorer

   คำสั่งทั้งหมดในแท็บ Drawing และการใช้เมาส์บนแผ่นงาน

3. มุมมอง: Base, Projected, Section, Detail และ Break View

   เพิ่มมุมมองฉาย มุมมองตัด มุมมองขยาย และมุมมองตัดช่วงบนแผ่นงาน

4. View Properties และเมนูคลิกขวาของมุมมอง

   ตั้งสเกล รูปแบบการแสดงผล เส้นสัมผัส และทิศของมุมมอง

5. มิติใน Drawing: Auto Dimension, Smart Dimension, Hole Callout และ Ordinate

   ใส่มิติอัตโนมัติ มิติด้วยการคลิก ข้อความรู และมิติแบบ Ordinate

6. Notes, Leader, Balloon และสัญลักษณ์ (Center Line, Datum, GD&T)

   ใส่ข้อความ ลูกโป่งหมายเลข เส้นศูนย์กลาง Datum และ Feature Control Frame

7. BOM, Balloons และตาราง (Hole, Revision, Cut List)

   ใส่ตาราง BOM, Balloon อัตโนมัติ, ตารางรู, ตาราง Revision และ Cut List บนแบบงาน

8. Sheet Properties และ Title Block

   เลือกขนาดกระดาษและกรอกข้อมูลในกรอบชื่อแบบ (Title block)

9. Export PDF, DXF, DWG และ Print

   ส่งออกแบบงานเป็น PDF, DXF หรือ DWG พิมพ์ และบันทึก .metdrw

สร้าง Drawing (Standard Views Creation) Standard

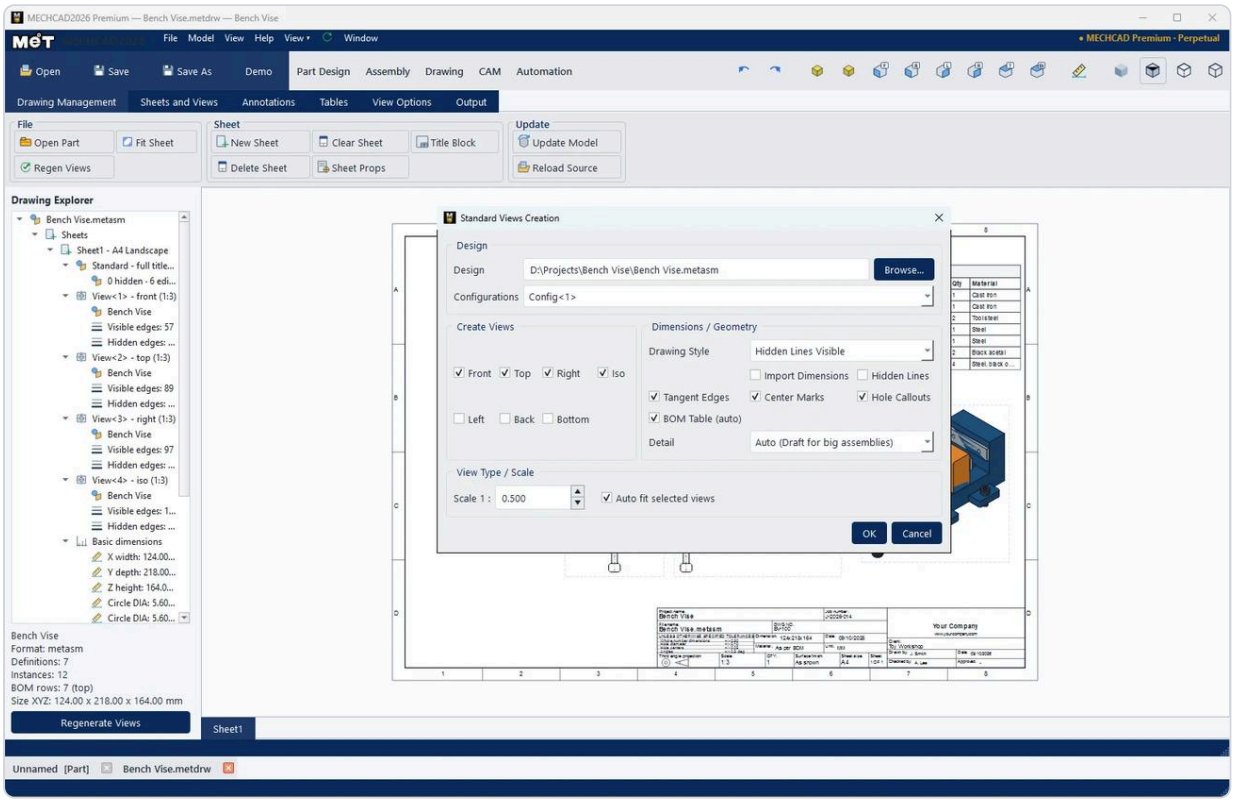
สร้างแบบงาน 2D จาก Part หรือ Assembly พร้อมมุมมองมาตรฐาน มิติ และ BOM อัตโนมัติ

ใช้ทำอะไร

แท็บ **Drawing** สร้างแบบงาน 2D จากไฟล์ Part (`.metprt`) หรือ Assembly (`.metasm`) จัดมุมมองแบบ Third angle ปรับสเกลอัตโนมัติ เว้นที่ให้ Title block และ BOM บันทึกเป็น `.metdrw`

อยู่ที่ไหน

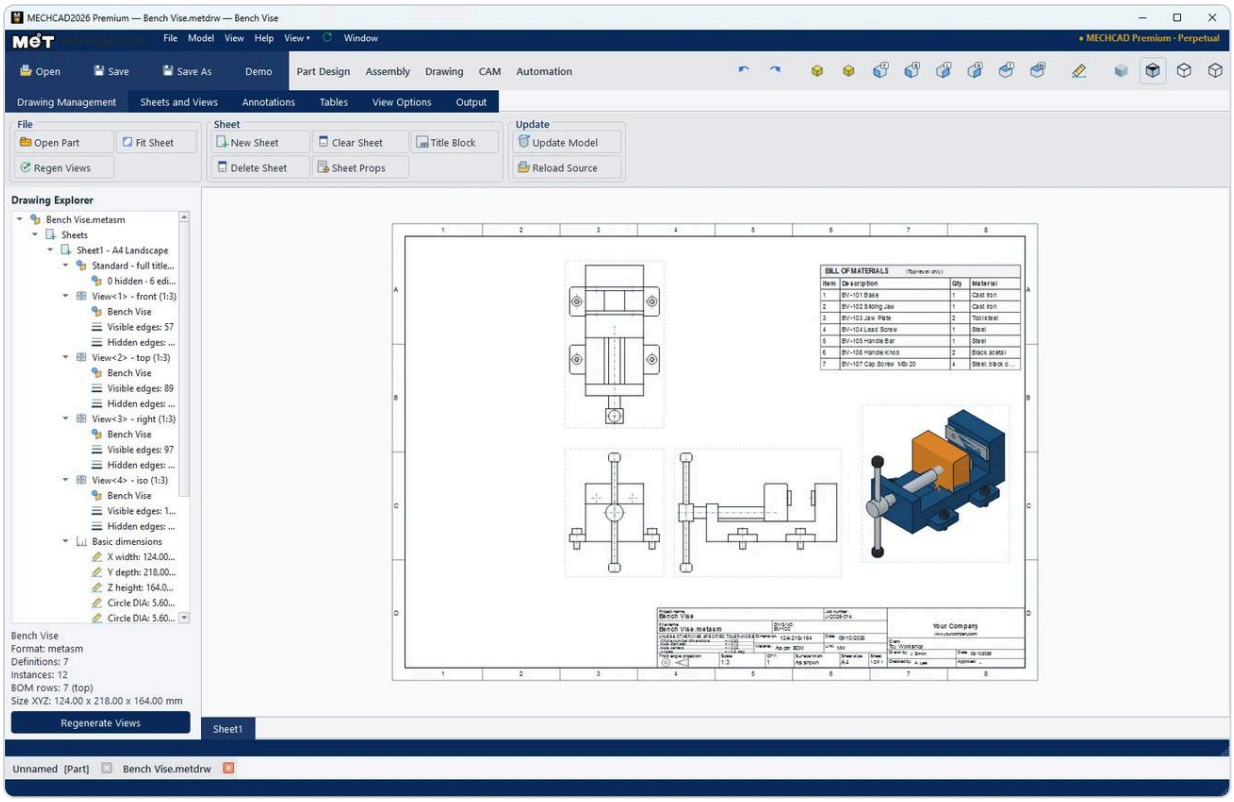
- **Drawing Management › File › Open Part**
- **File › New Drawing from Current** (ใช้ Part/Assembly ที่บันทึกแล้วและกำลังเปิดอยู่)
- **File › Open Drawing Source...**



หน้าต่าง Standard Views Creation

ขั้นตอน

1. บันทึก Part หรือ Assembly ก่อน
2. ไปที่แท็บ **Drawing** กด **Open Part** (หรือใช้ **File › New Drawing from Current**)
3. ในหน้าต่าง **Standard Views Creation** เลือกไฟล์ที่ **Design** (Browse...) ติ๊กมุมมองที่ต้องการ และตั้งค่าในตาราง
4. กด **OK** แบบงานจะถูกสร้างพร้อม Title block



Drawing ของปากกาจับชิ้นงาน (Bench Vise): 3 มุมมอง + Isometric และตาราง BOM

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Design	–	ไฟล์ `.metprt` / `.metasm` (เลือก `.metdrw` = เปิดแบบเดิม)
Configurations	Config<1>	ค่ากำหนดของชิ้นงาน
Create Views	Front, Top, Right, Iso	มุมมองที่สร้าง (Left, Back, Bottom เลือกเพิ่มได้)
Drawing Style	–	Fast Draft (all edges, instant) / Hidden Lines Visible / Hidden Lines Removed / Shaded with Visible Edges (Assembly ใช้ Hidden Lines Removed)
Detail	Auto	Auto (Draft for big assemblies) / Draft - least detail, fastest / Full - every part
Import Dimensions	–	ใส่มิติอัตโนมัติ
Hidden Lines / Tangent Edges	–	เส้นซ่อน / เส้นสัมผัส
Center Marks / Hole Callouts	–	เครื่องหมายศูนย์กลาง / ข้อความรู
BOM Table (auto)	–	ตาราง BOM สำหรับ Assembly
Scale 1 : / Auto fit selected views	–	สเกล หรือปรับให้พอดีแผ่นอัตโนมัติ

> **หมายเหตุ:** Assembly ที่มี 600 ชิ้นขึ้นไปจะใช้โหมด Draft และปิดเส้นสัมผัสอัตโนมัติเพื่อความเร็ว ไฟล์ `.metdrw` อ้างอิงไฟล์ต้นฉบับ ต้องเก็บไว้ที่เดิมหรือในโฟลเดอร์เดียวกับ `.metdrw` (หรือใช้ **Output › Pack Refs**)

ดูเพิ่ม

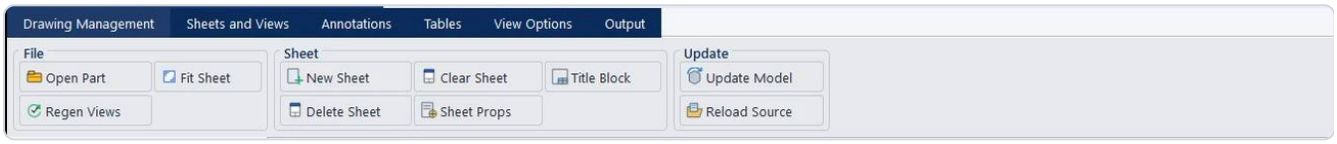
- Ribbon ของ Drawing
- มุมมอง Projected, Section, Detail, Break

Ribbon และ Drawing Explorer Standard

คำสั่งทั้งหมดในแท็บ Drawing และการใช้เมาส์บนแผ่นงาน

ใช้ทำอะไร

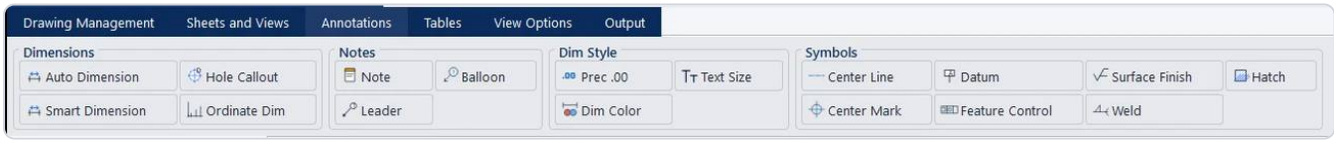
สรุปคำสั่งใน Ribbon ของ Drawing 6 แท็บ และ **Drawing Explorer** ด้านซ้ายที่แสดงแผ่นงาน มุมมอง มิติ และตาราง



Drawing Management



Sheets and Views



Annotations



Tables



View Options



Output

แท็บ › กลุ่ม	คำสั่ง
Drawing Management › File	Open Part, Regen Views, Fit Sheet
Drawing Management › Sheet	New Sheet, Delete Sheet, Clear Sheet, Sheet Props, Title Block
Drawing Management › Update	Update Model (ดึงการแก้ไขจากชิ้นงาน), Reload Source
Sheets and Views › Views	Base View, Projected View, Detail View, Section View, Break View
Sheets and Views › Secondary Views	Auxiliary View, Aligned Section, Removed Section, Broken-Out Section, Partial View, Image
Sheets and Views › View Style	View Props, Scale 1:N, Reposition Dims
Annotations › Dimensions	Auto Dimension, Smart Dimension, Hole Callout, Ordinate Dim
Annotations › Notes	Note, Leader, Balloon
Annotations › Dim Style	Prec .00, Dim Color, Text Size (มีผลกับมิติใหม่)
Annotations › Symbols	Center Line, Center Mark, Datum, Feature Control, Surface Finish, Weld, Hatch
Tables › BOM	Bill of Materials, Auto Balloons, Label Tags, Parts List
Tables › Tables	Hole Table, General Table, Revision Table, Cut List
View Options › Navigate	Pan, Zoom Fit, Actual Size
View Options › Display	Show Grid, Line Weights, Dark Sheet
Output › Export	Export PDF, Export DXF, Export DWG, Print Preview, Print
Output › Native	Save .metdrw, Pack Refs

เมาส์และคีย์บนแผ่นงาน

การกระทำ	ผล
ล้อเมาส์	ซูม
ลากมุมมอง	ย้ายมุมมอง (Projected view เลื่อนได้เฉพาะแนวที่ตรงกับมุมมองแม่)
ดับเบิลคลิกข้อความ	Edit Text: Text, Font, Size (pt), Bold/Italic, Align
Delete	ลบสิ่งที่เลือก
Esc	ยกเลิกการเลือกมิติ / ออกจากเครื่องมือ
Ctrl+Z / Ctrl+Y	Undo / Redo (60 ขั้น)

ดูเพิ่ม

- สร้าง Drawing
- Export PDF, DXF, DWG และ Print

มุมมอง: Base, Projected, Section, Detail และ Break View Standard

เพิ่มมุมมองฉาย มุมมองตัด มุมมองขยาย และมุมมองตัดช่วงบนแผ่นงาน

ใช้ทำอะไร

สร้างมุมมองเพิ่มเติมจากมุมมองที่มีอยู่

อยู่ที่ไหน

Sheets and Views › Views



กลุ่ม Views, Secondary Views และ View Style

มุมมอง	วิธีใช้	ผล
Base View	กดปุ่ม	สร้างมุมมองมาตรฐานใหม่
Projected View	กดปุ่ม แล้วคลิกด้านซ้าย ขวา บน หรือล่างของมุมมองตั้งฉาก	มุมมองฉายแบบ Third angle สเกลเดียวกันและเชื่อมโยงกับมุมมองแม่
Section View	คลิก 2 จุดของเส้นตัดภายในมุมมอง (เส้นจะถูกจัดแนวนอน/ตั้ง)	*SECTION A-A* ตัดจาก Solid จริง แรเงา 45° วางเรียงกับมุมมองแม่ และวาดเส้นตัดพร้อมลูกศรบนมุมมองแม่
Detail View	คลิกจุดศูนย์กลาง แล้วคลิกจุดบนวงกลม	*DETAIL B* ขยาย (สเกลมาตรฐานใกล้ 2 เท่า) พร้อมวงกลมและตัวอักษรบนมุมมองแม่
Break View	คลิก 2 จุดภายในมุมมอง	ตัดช่วงกลางของชิ้นยาวออก มิติยังแสดงความยาวจริง

ขั้นตอน (Section View)

1. กด **Section View** แถบสถานะแสดง *Section View: click two points of the cutting line on a view*
2. คลิกจุดแรกและจุดที่สองของเส้นตัดบนมุมมอง
3. วางมุมมองตัดที่สร้างขึ้น

ย้ายและลบมุมมอง

- ลากมุมมองเพื่อย้าย (มุมมองลูกเลื่อนตามมุมมองแม่)
- เลือกแล้วกด Delete หรือคลิกขวา › **Delete View** (มิติของมุมมองถูกลบด้วย และจัดผังใหม่)

> **หมายเหตุ:** กลุ่ม **Secondary Views** มีมุมมองเพิ่มเติม: Auxiliary View (คลิก 2 จุดบนขอบที่เอียง), Aligned Section, Removed Section, Broken-Out Section, Partial View และ Image (แทรกรูปบนแผ่นงาน)

ดูเพิ่ม

- View Properties

View Properties และเมนูคลิกขวาของมุมมอง Standard

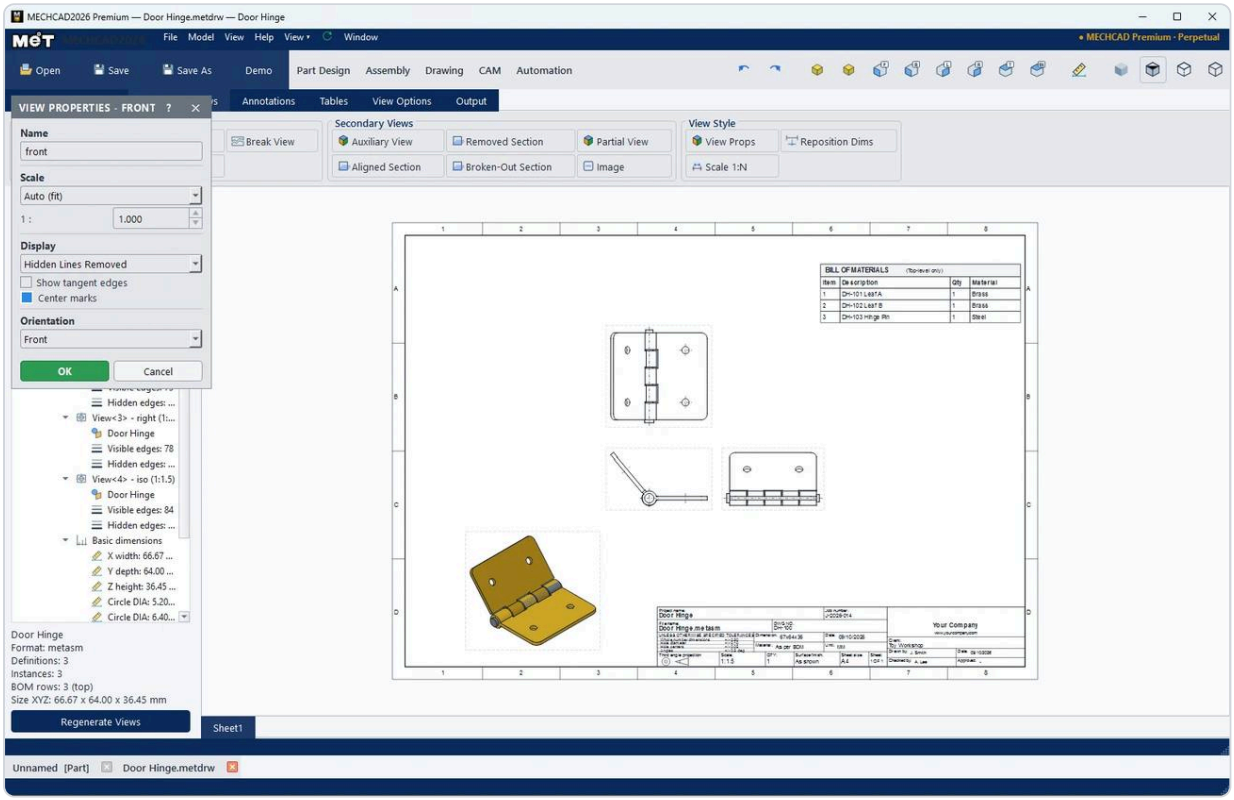
ตั้งสเกล รูปแบบการแสดงผล เส้นสัมผัส และทิศของมุมมอง

ใช้ทำอะไร

ปรับคุณสมบัติของมุมมองแต่ละมุม

อยู่ที่ไหน

- **Sheets and Views › View Style › View Props** (มุมมองที่เลือก หรือ Front ถ้าไม่ได้เลือก)
- คลิกขวาที่มุมมอง › **View Properties...**
- **Scale 1:N** ตั้งสเกลให้มุมมองที่เลือก (ทุกมุมมองถ้าไม่ได้เลือก)



กล่อง VIEW PROPERTIES

ตัวเลือก	ความหมาย
Name	ชื่อมุมมอง
Scale	Auto (fit), 2:1, 1:1, 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, Custom 1 : N
Display	Hidden Lines Removed / Hidden Lines Visible / Shaded / Shaded with Edges / Draft (all edges, no HLR)
Show tangent edges	แสดงเส้นสัมผัส
Center marks	เครื่องหมายศูนย์กลาง
Orientation	ทิศของมุมมอง (Front, Back, Top, Bottom, Left, Right, Isometric)

เมนูคลิกขวาที่มุมมอง

เมนู	ความหมาย
View Properties... / Scale › / View Display ›	คุณสมบัติ สเกล การแสดงผล
Show Tangent Edges / Show Center Marks	สลับการแสดง
Other Standard Views ›	เพิ่มมุมมองมาตรฐานอื่น
Hide '' in this View / Hide Parts in this View...	ซ่อนชิ้นส่วนเฉพาะมุมมองนี้ (Assembly)
Rename... / Hide View / Regenerate View	เปลี่ยนชื่อ ซ่อน คำนวณใหม่
Auto Balloons / Auto Label Tags / Remove Balloons / Tags	Balloon ในมุมมองนี้
Lock View Position / Delete View / Regenerate All Views	ล็อกตำแหน่ง ลบ คำนวณทั้งหมด

> **หมายเหตุ:** มุมมองที่ซ่อนไว้แสดงกลับได้โดยคลิกขวาที่พื้นที่ว่างของแผ่นงาน › **Show Hidden View**

ดูเพิ่ม

- มุมมอง Projected, Section, Detail, Break

มิติใน Drawing: Auto Dimension, Smart Dimension, Hole Callout และ Ordinate Standard

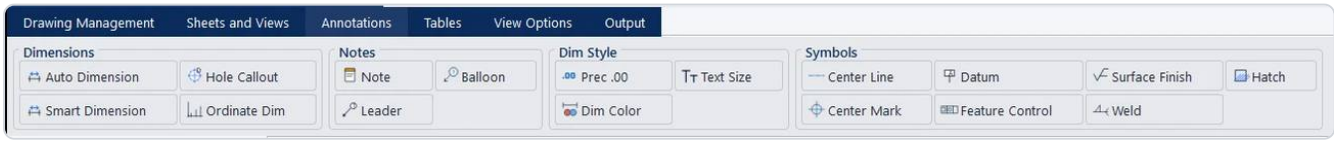
ใส่มิติอัตโนมัติ มิติด้วยการคลิก ข้อความรู และมิติแบบ Ordinate

ใช้ทำอะไร

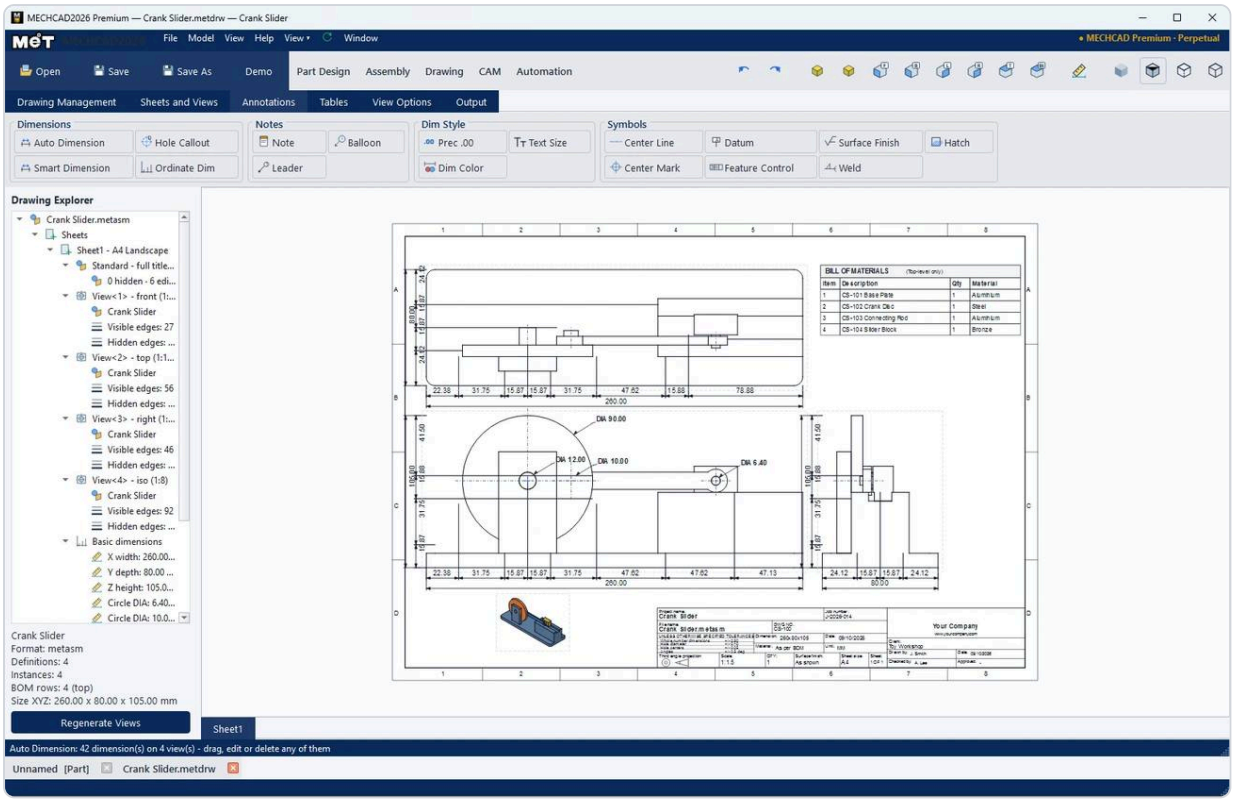
ใส่มิติบนแบบงาน 2D

อยู่ที่ไหน

Annotations › Dimensions และ **Dim Style**



แท็บ Annotations



Auto Dimension บนแบบกลไก Crank Slider

คำสั่ง	วิธีใช้
Auto Dimension	ใส่มิติต่อเนื่องและมิติรวมทั้งสองทิศ พร้อม Ø ทุกมุมมองตั้งฉาก (ข้าม Section/Detail/Break) กดอีกครั้งเพื่อแทนที่ชุดเดิม
Smart Dimension	คลิกวงกลม = Ø, ส่วนโค้ง = R, 2 จุด = ระยะ (แนวนอน/ตั้ง/เอียง), จุด + ขอบ = ระยะตั้งฉาก, ขอบ = ความยาว, 2 ขอบขนาน = ระยะ, 2 ขอบไม่ขนาน = มุม แล้วคลิกวาง
Hole Callout	ข้อความรูอัตโนมัติ เช่น *4X Ø6.60 THRU*, ความลึก ↧, เคาน์เตอร์บอร์ ⌴, เคาน์เตอร์ซิงก์ ⌵ (มุมมองที่เลือก หรือมุมมองที่เห็นรูมากที่สุด)
Ordinate Dim	คลิกจุดฐาน แล้วจุดของ Feature แสดง *X … / Y …*
Reposition Dims (View Style)	จัดมิติเป็นแถวนอกมุมมองไม่ให้ทับกัน

Dim Style	ความหมาย
Prec .00	จำนวนทศนิยม 0–4
Dim Color	สีของมิติใหม่
Text Size	ขนาดตัวอักษร 6–16 pt

เมนูคลิกขวาที่มิติ

Edit Text…, **Text Position** (Left / Center / Right), **Delete Dimension**

> **หมายเหตุ:** รูที่เล็กกว่า 6 หน่วยบนแผ่นจะถูกข้ามใน Hole Callout ให้ใช้ Detail View เพื่อขยายก่อน

ดูเพิ่ม

- Notes, Balloons และสัญลักษณ์

Notes, Leader, Balloon และสัญลักษณ์ (Center Line, Datum, GD&T)

Standard

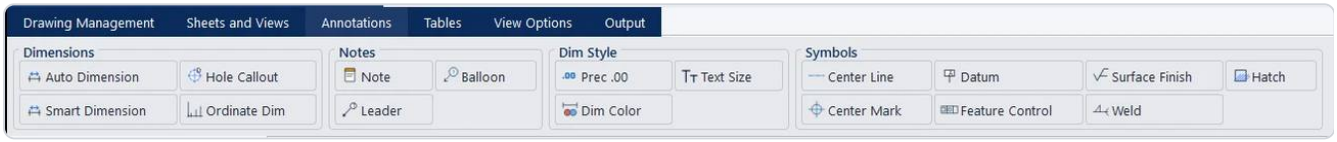
ใส่ข้อความ ลูกโป่งหมายเลข เส้นศูนย์กลาง Datum และ Feature Control Frame

ใช้ทำอะไร

ใส่ข้อความและสัญลักษณ์บนแบบงาน

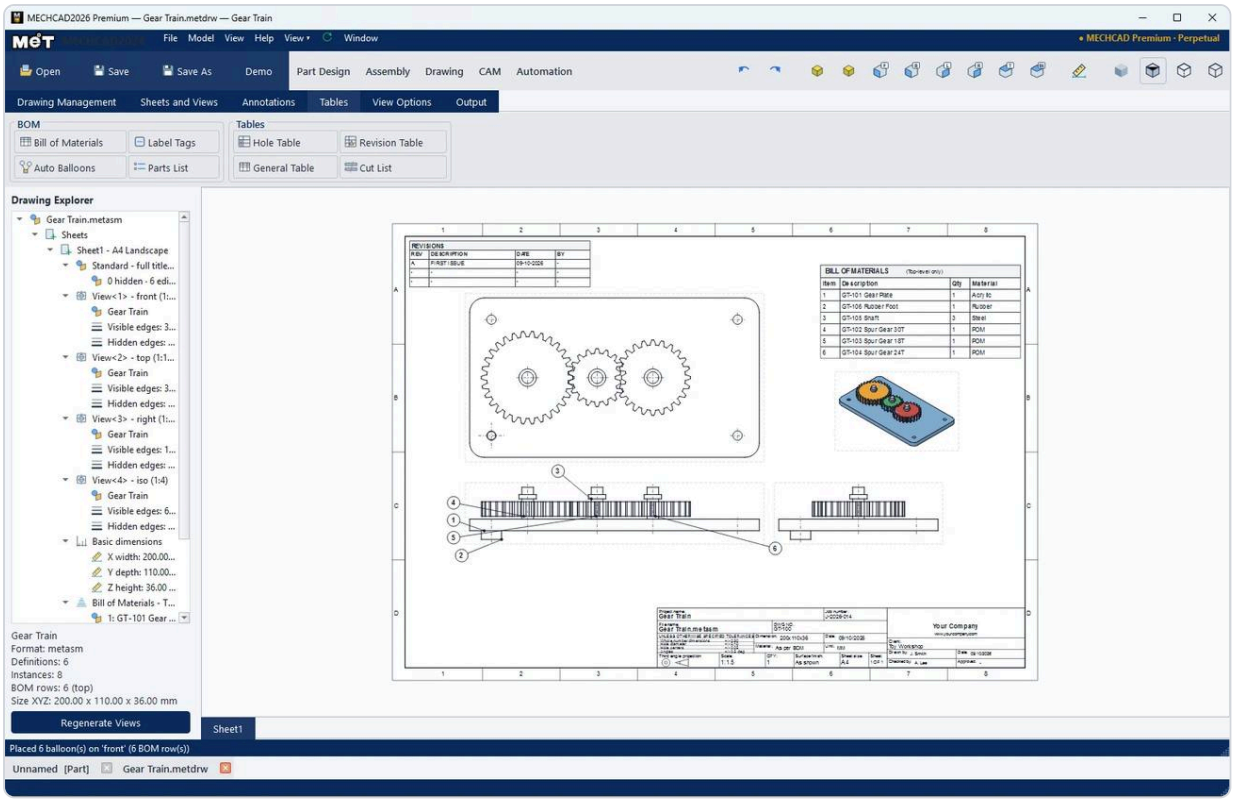
อยู่ที่ไหน

Annotations › Notes / Symbols หรือคลิกขวา › **Annotation** ›



แท็บ Annotations

คำสั่ง	วิธีใช้
Note	พิมพ์ *Note text:* แล้วคลิกตำแหน่ง
Leader	พิมพ์ *Leader text:* คลิกจุดยึด แล้วคลิกตำแหน่งข้อความ
Balloon	คลิกจุดบนชิ้นส่วน แล้วคลิกตำแหน่ง Balloon (เลขเพิ่มอัตโนมัติ)
Center Line	คลิกขอบขนาน 2 เส้น (เพลา/ท่อ) ได้เส้นศูนย์กลางที่ Smart Dimension ดูดได้
Center Mark	เครื่องหมายศูนย์กลางอัตโนมัติ (กดซ้ำเพื่อลบ)
Datum	คลิกตำแหน่ง วางกรอบอักษร A, B, …
Feature Control	คลิกตำแหน่ง แล้วกรอก Characteristic (Position, Flatness, Straightness, Circularity, Cylindricity, Perpendicularity, Parallelism, Angularity, Concentricity, Symmetry, Profile, Circular Runout, Total Runout), Tolerance, ⌀ diametral zone, Primary/Secondary/Tertiary datum
Surface Finish	วางสัญลักษณ์ผิว (สัญลักษณ์อย่างเดียว ไม่มีค่า)
Weld	วางสัญลักษณ์งานเชื่อม (สัญลักษณ์อย่างเดียว)
Hatch	คลิก 2 มุม ได้ลายแรเงา 45°



ตาราง Revision และ BOM บนแบบงาน

> **หมายเหตุ:** ดับเบิลคลิกข้อความใดๆ เพื่อแก้ไข (Text, Font, Size, Bold/Italic)

ดูเพิ่ม

- BOM และตาราง
- มิติใน Drawing

BOM, Balloons และตาราง (Hole, Revision, Cut List) Standard

ใส่ตาราง BOM, Balloon อัตโนมัติ, ตารางรู, ตาราง Revision และ Cut List บนแบบงาน

ใช้ทำอะไร

สร้างตารางบนแบบงาน ตาราง BOM ใช้ข้อมูลจาก Assembly และ Part Properties

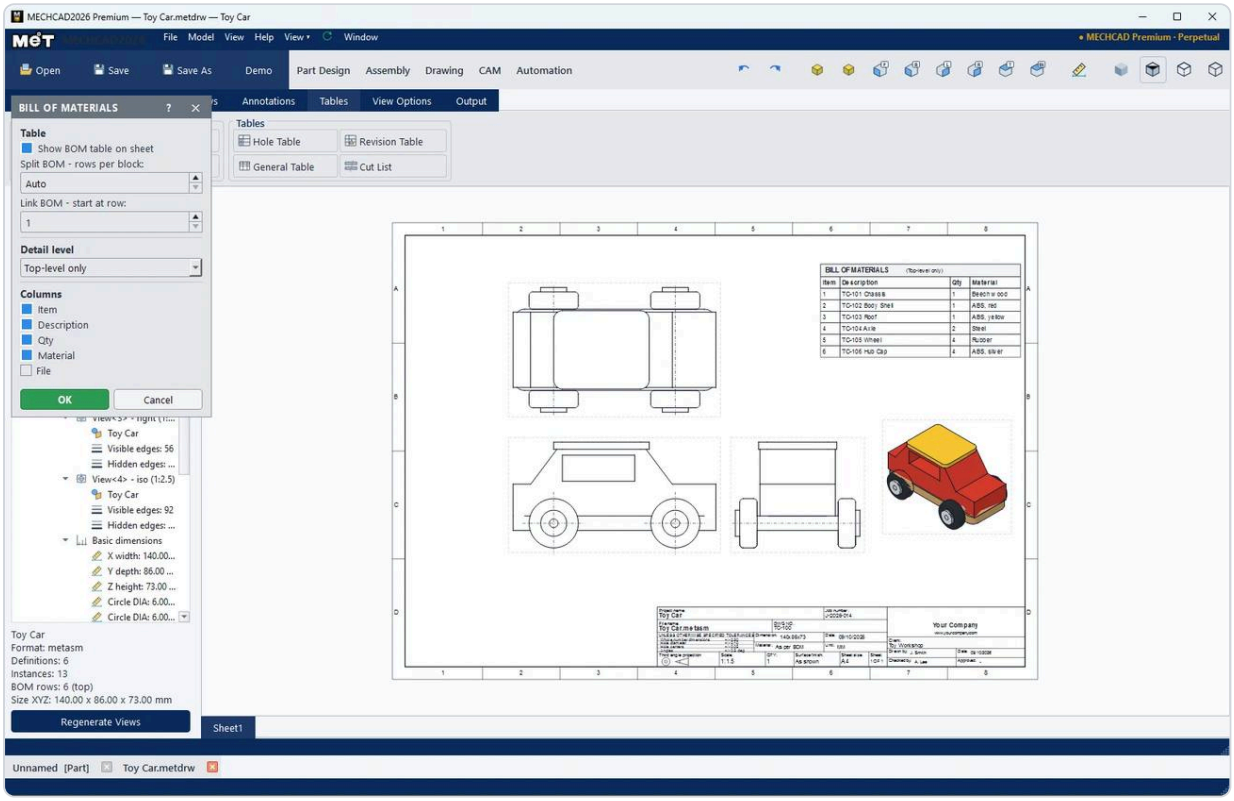
อยู่ที่ไหน

Tables › BOM / Tables



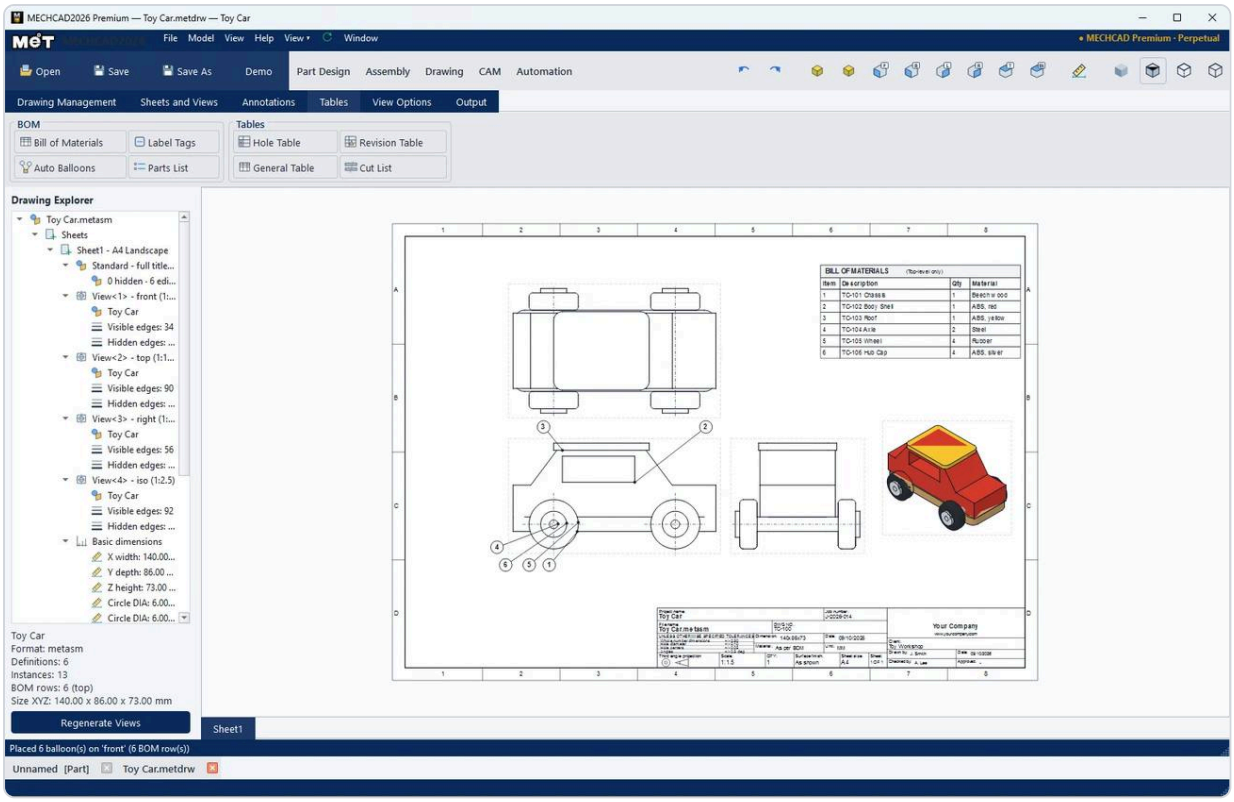
แท็บ Tables

คำสั่ง	ความหมาย
Bill of Materials	ตั้งค่า BOM: แสดง/ซ่อน, ระดับรายละเอียด, คอลัมน์
Auto Balloons	Balloon ทุกรายการ BOM บนมุมมอง Front (คลิกขวามุมมองอื่นเพื่อใส่ที่มุมมองนั้น)
Label Tags	ป้ายชื่อชิ้นส่วนพร้อมเส้นชี้
Parts List	วาง/อัปเดตตาราง BOM บนแผ่น (*BILL OF MATERIALS* มุมขวาบน)
Hole Table	ตรวจหารูแล้ววางตาราง Tag / Ø / Qty / Depth / Pos X,Y
General Table	ตารางว่างแก้ไขได้
Revision Table	ตาราง REV / DESCRIPTION / DATE / BY (แถวแรก A / FIRST ISSUE / วันนี้)
Cut List	ตาราง ITEM / PROFILE / PART / LENGTH / QTY



กล่อง BILL OF MATERIALS

ตัวเลือก BOM	ความหมาย
Show BOM table on sheet	แสดงตารางบนแผ่น
Detail level	Top-level only / Parts only (flattened) / Indented (all levels)
Columns	Item, Description, Qty, Material, File



ตาราง BOM และ Balloon บนแบบรถของเล่น (Toy Car)

> **หมายเหตุ:** ดับเบิลคลิกช่องในตารางเพื่อแก้ไข คลิกขวาตาราง BOM › **BOM Properties...**, **Detail Level ›**, **Hide BOM Table**

ดูเพิ่ม

- Auto BOM (Excel / PDF)

Sheet Properties และ Title Block Standard

เลือกขนาดกระดาษและกรอกข้อมูลในกรอบชื่อแบบ (Title block)

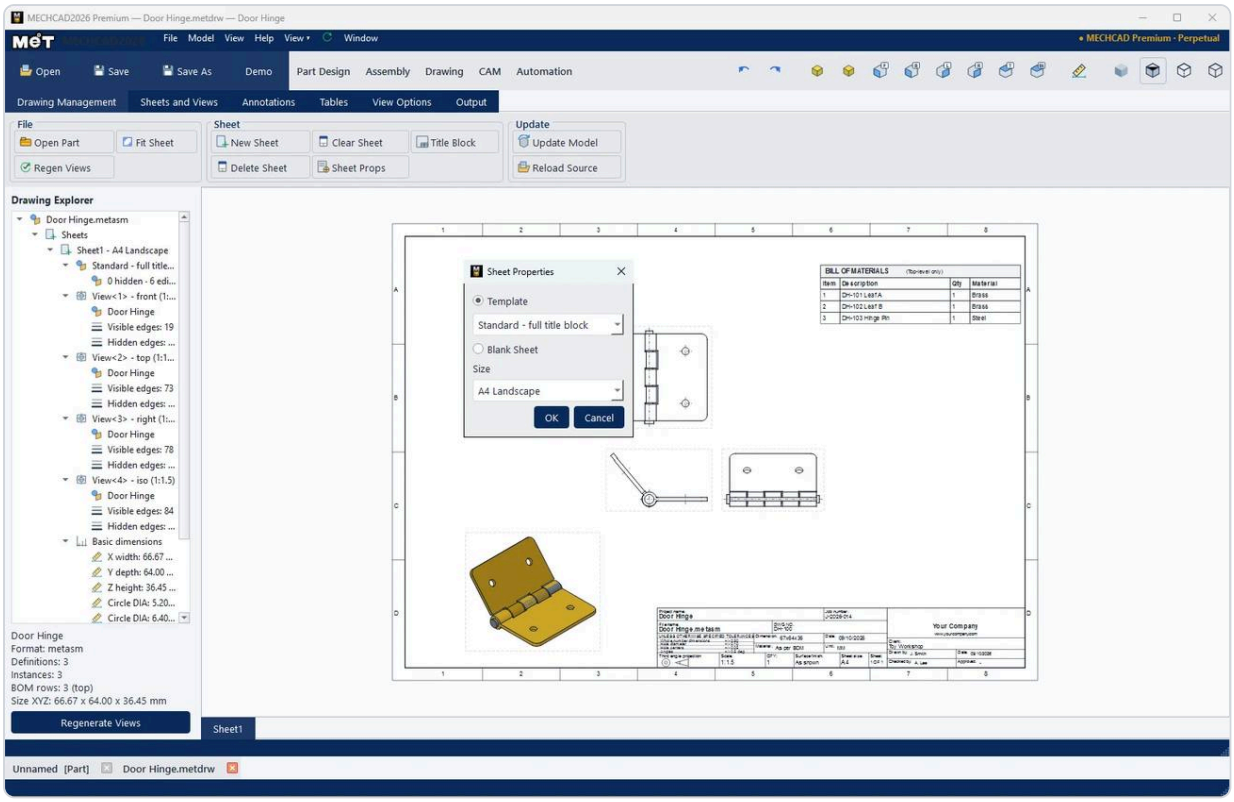
ใช้ทำอะไร

กำหนดแม่แบบ (Template) และขนาดแผ่นงาน และกรอกข้อมูลใน Title block ซึ่งแสดงชื่อและโลโก้บริษัทของคุณ

อยู่ที่ไหน

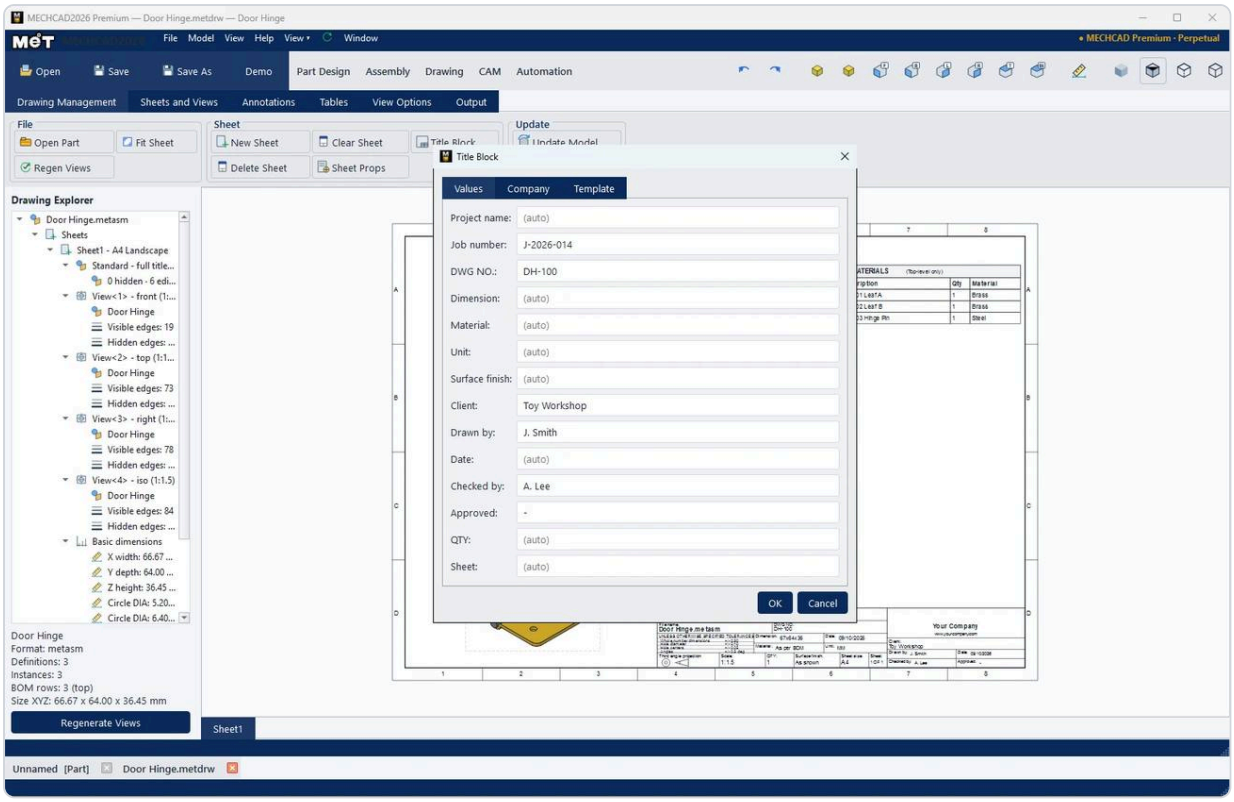
Drawing Management › Sheet › Sheet Props / Title Block / New Sheet

หน้าต่าง Sheet Properties ให้เลือก **Template** (เช่น Standard - full title block) หรือ **Blank Sheet** และ **Size** (ISO A0–A4 และ ANSI A–E ทั้งแนวนอนและแนวตั้ง) ตัวอย่าง:



Sheet Properties

Sheet size	ขนาด
A4 Landscape	297 × 210 mm
A3 Landscape	420 × 297 mm
A4 Portrait	210 × 297 mm



หน้าต่าง Title Block

ช่อง	ความหมาย
Project name	ชื่อโครงการ (อัตโนมัติ = ชื่อชิ้นงาน)
Job number	เลขงาน
DWG NO.	เลขแบบ
Dimension	ขนาดรวม (อัตโนมัติ = X×Y×Z)
Material	วัสดุ (อัตโนมัติจาก Part, Assembly = As per BOM)
Unit / Surface finish	หน่วย / ผิว
Client / Drawn by / Date / Checked by / Approved	ผู้เกี่ยวข้อง (Drawn by, Checked by, Approved, Client จำไว้ใช้กับแผ่นถัดไป)
QTY / Sheet	จำนวน / แผ่นที่

ช่องว่างแสดง *(auto)* = ใช้ค่าอัตโนมัติ แก้ไขได้อีกทางโดยดับเบิลคลิกข้อความใน Title block

> **หมายเหตุ:** กล่องค่าความคลาดเคลื่อนเริ่มต้นใน Title block: มิติจำนวนเต็ม ±0.50, รู ±0.10, ระยะศูนย์กลางรู ±0.05, มุม ±0.5° **New Sheet** เพิ่มแผ่นใหม่ในแบบเดียวกัน (เลือก Template และขนาด) ส่วน **Clear Sheet** ลบมุมมองและ annotation ทั้งหมดบนแผ่นที่แสดงอยู่ ชื่อบริษัทและโลโก้ตั้งได้ที่แท็บ **Company** ของหน้าต่าง Title Block

ดูเพิ่ม

- Part Properties
- Export PDF, DXF, DWG

Export PDF, DXF, DWG และ Print Standard

ส่งออกแบบงานเป็น PDF, DXF หรือ DWG พิมพ์ และบันทึก .metdrw

ใช้ทำอะไร

ส่งออกหรือพิมพ์แผ่นงานปัจจุบัน

อยู่ที่ไหน

Output › Export / Native



แท็บ Output

คำสั่ง	ผลลัพธ์
Export PDF	PDF ขนาด A4/A3 ตามแผ่น แนวตามแผ่น ไม่มีขอบ
Export DXF	DXF รุ่น R2010 หน่วย mm (เส้น polyline ข้อความ)
Export DWG	DWG (AutoCAD 2018) ผ่านตัวแปลง DWG ที่มากับโปรแกรม (ไม่ต้องติดตั้งเพิ่ม) ถ้ามี ODA File Converter ติดตั้งอยู่จะใช้เป็นตัวสำรอง
Print Preview	ดูตัวอย่างก่อนพิมพ์ (แนวนอน พอดีหน้า)
Print	พิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์
Save .metdrw	บันทึกแบบงาน MECHCAD
Pack Refs	คัดลอกแบบงานและไฟล์ชิ้นงานที่อ้างอิงไว้ในโฟลเดอร์เดียว

ขั้นตอน

1. ไปที่แท็บ **Output**
2. กดคำสั่ง Export แล้วเลือกชื่อไฟล์

> **หมายเหตุ:** ถ้าแปลงไม่สำเร็จจะเห็น *DWG conversion failed* และไฟล์ปลายทางจะไม่ถูกเปลี่ยน ให้ลองใหม่ หรือใช้ Export DXF แทน

ดูเพิ่ม

- ชนิดไฟล์

แบบทดสอบท้ายบทที่ 6: Drawing

เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว เฉลยอยู่ใน ภาคผนวก ก

1. **MECHCAD ใช้การฉายภาพแบบใดในการจัดวางวิวมาตรฐานของ Drawing ใหม่**

   ก. First-angle
   ข. Third-angle
   ค. Isometric อย่างเดียว
   ง. ขึ้นกับขนาดชิ้นงาน

2. **ไฟล์ .metdrw อ้างอิงไฟล์ Part/Assembly ต้นฉบับ คำสั่งใดคัดลอก Drawing พร้อมไฟล์ที่อ้างอิงไปไว้ในโฟลเดอร์เดียว**

   ก. Save .metdrw
   ข. Export PDF
   ค. Output › Pack Refs
   ง. New Sheet

3. **จะสร้าง Section View อย่างไร**

   ก. คลิกด้านซ้ายของวิวออร์โธกราฟิก
   ข. คลิกจุดศูนย์กลางแล้วคลิกจุดบนวงกลม
   ค. เลือกวิวแล้วกด Delete
   ง. คลิกสองจุดของเส้นตัดในวิว แล้ววางวิวตัด

4. **คำสั่งใดใส่มิติต่อเนื่องและมิติรวมทั้งสองทิศ พร้อม Ø ให้ทุกวิวออร์โธกราฟิก**

   ก. Auto Dimension
   ข. Smart Dimension
   ค. Ordinate Dim
   ง. Hole Callout

5. **BOM Detail level แบบใดแสดงชิ้นส่วนทุกระดับตามโครงสร้าง Assembly**

   ก. Top-level only
   ข. Parts only (flattened)
   ค. Indented (all levels)
   ง. Cut List

6. **ช่องในกรอบชื่อ (Title Block) แสดง “(auto)” หมายความว่าอะไร**

   ก. ช่องถูกล็อกไว้
   ข. ใช้ค่าอัตโนมัติ (เช่น ชื่อชิ้นงาน วัสดุ ขนาดรวม)
   ค. ไม่มีค่าและพิมพ์ไม่ได้
   ง. คัดลอกค่ามาจาก Drawing ก่อนหน้า

บทที่ 7

Motion & Analysis

1. Motion Study และ Motion Studio

   บันทึกตำแหน่ง (Point) ของกลไก สร้างลำดับการเคลื่อนที่ เล่น และส่งออกวิดีโอ

2. Play Motion, Spin, Linear Move และการบันทึกวิดีโอ/GIF

   เล่นการเคลื่อนที่ของข้อต่อ หมุนชิ้นส่วนรอบแกน และบันทึกมุมมองเป็นวิดีโอหรือ GIF

3. Interference และ Clearance Check

   ตรวจชิ้นส่วนที่ชนกันและระยะห่างที่ใกล้เกินกำหนดใน Assembly

4. Auto BOM (Excel / PDF พร้อมภาพและ Balloon)

   สร้างรายการชิ้นส่วนพร้อมรูป ขนาด จำนวน และส่งออก Excel/PDF พร้อมภาพ Explode ติด Balloon

5. Export HTML (หน้าเว็บ 3D สำหรับรีวิว)

   ส่งออก Assembly เป็นไฟล์ HTML ไฟล์เดียว เปิดดู 3D หมุน วัด Explode ได้ในเว็บเบราว์เซอร์

6. Automation Workbench (เซลล์หุ่นยนต์และเครื่องจักร)

   จัดวางหุ่นยนต์ Cobot Delta สายพาน และชิ้นงาน แล้วจำลองการหยิบวาง

7. Robot Library (คลังหุ่นยนต์)

   ค้นและแทรกโมเดลหุ่นยนต์ Cobot Delta และ Palletizer เข้าเซลล์

8. Pick & Place Wizard

   ตั้งค่าการหยิบ-วางของหุ่นยนต์ จุดหยิบ จุดวาง ความเร็ว และรูปแบบการวางเป็นแถว/ชั้น

9. Motion Study Timeline (Automation)

   เส้นเวลาแบบคีย์เฟรมสำหรับมอเตอร์ การเคลื่อนที่เชิงเส้น และการแสดง/ซ่อนชิ้นงานในเซลล์

Motion Study และ Motion Studio Expert

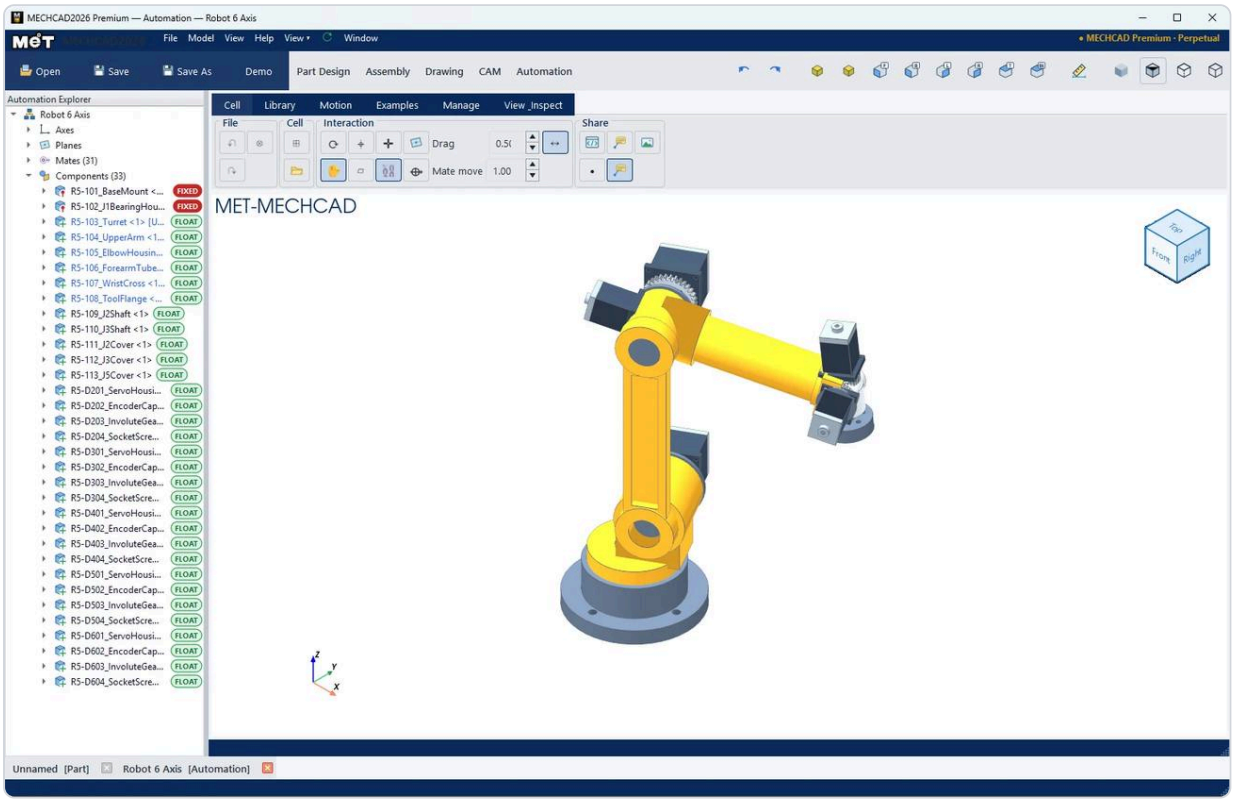
บันทึกตำแหน่ง (Point) ของกลไก สร้างลำดับการเคลื่อนที่ เล่น และส่งออกวิดีโอ

ใช้ทำอะไร

Motion Study บันทึกท่าทางของ Assembly (เช่น ตำแหน่งแขนกล P1, P2, P3) แล้วสร้างลำดับ Move / Pick / Place เพื่อเล่นเป็นภาพเคลื่อนไหวและส่งออกวิดีโอ MP4

อยู่ที่ไหน

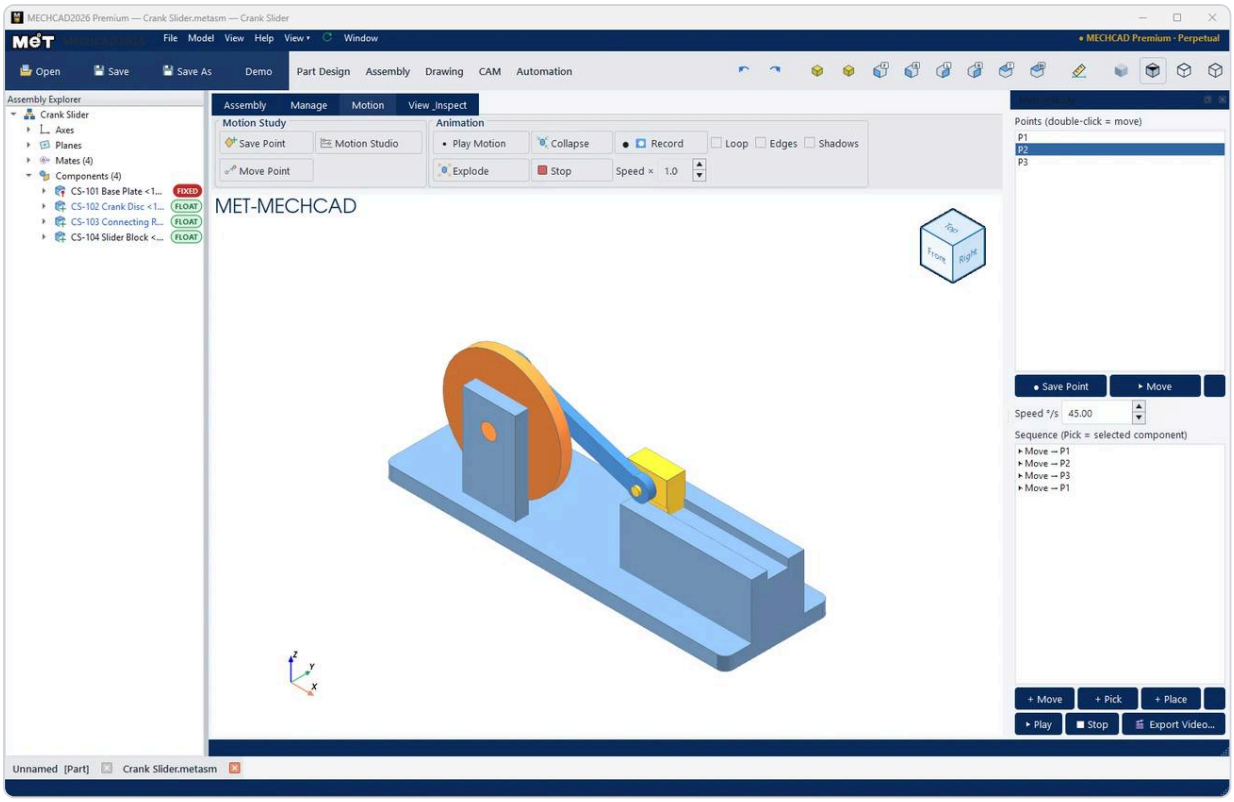
Motion › Motion Study › Save Point / Move Point / Motion Studio



demo หุ่นยนต์ Robot 6 Axis

ขั้นตอน

1. ลากชิ้นส่วนให้กลไกอยู่ในท่าที่ต้องการ แล้วกด **Save Point** (หรือ ● Save Point ในแผง)
2. ทำซ้ำเพื่อบันทึกจุดอื่นๆ (P1, P2, ...) ดับเบิลคลิกจุดในรายการเพื่อย้ายไปท่านั้น
3. เพิ่มลำดับใน **Sequence**: **+ Move** (ไปยังจุด), **+ Pick** (หยิบชิ้นที่เลือก), **+ Place** (วาง)
4. กด ▶ **Play** เพื่อเล่น ■ **Stop** เพื่อหยุด
5. กด 🎬 **Export Video...** เพื่อบันทึก MP4



แผง Motion Study

ส่วน	ความหมาย
Points (double-click = move)	รายการท่าที่บันทึก ✕ = ลบ
Speed °/s	ความเร็วข้อต่อ (5–360, ค่าเริ่มต้น 45)
Sequence (Pick = selected component)	ลำดับการเคลื่อนที่
▶ Play / ■ Stop	เล่น / หยุด
🎬 Export Video…	ส่งออกวิดีโอ MP4

> **หมายเหตุ: Move Point** บนแถบ Ribbon จะถาม *Move robot to:* ถ้ายังไม่มีจุดจะแจ้ง *No saved points yet — Save Point first*

> **หมายเหตุ:** คำสั่งนี้อยู่ใน MECHCAD **Expert** และ **Premium** บน Standard จะเห็นข้อความแนะนำให้อัปเกรดที่แถบสถานะ ดู Edition ของ MECHCAD

ดูเพิ่ม

- Animation และการบันทึกวิดีโอ
- Automation Workbench

Play Motion, Spin, Linear Move และการบันทึกวิดีโอ/GIF Standard

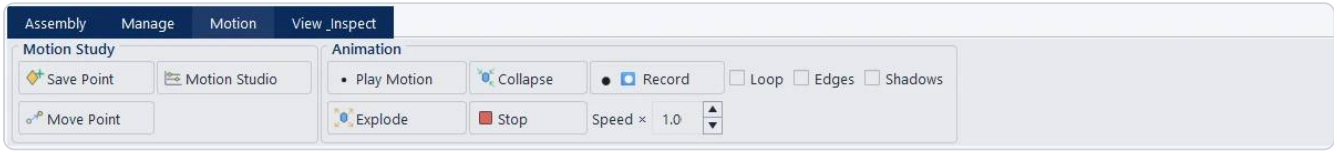
เล่นการเคลื่อนที่ของข้อต่อ หมุนชิ้นส่วนรอบแกน และบันทึกมุมมองเป็นวิดีโอหรือ GIF

ใช้ทำอะไร

แสดงการทำงานของกลไกแบบเคลื่อนไหว

อยู่ที่ไหน

- **Motion › Animation** › Play Motion, Explode, Collapse, ■ Stop, ● Record
- คลิกขวาที่ชิ้นส่วนในมุมมอง › **Spin ›** / **Linear Move ›**



แท็บ Motion

คำสั่ง	ความหมาย	Edition
Play Motion	เล่น Motion Study ถ้ามี ถ้าไม่มี จะหมุนข้อต่อ Revolute/Hinge หรือเลื่อนชิ้นที่มี Distance mate ระหว่าง Minimum–Maximum	Standard
Spin › Play / Stop	หมุนชิ้นส่วนรอบรู/ทรงกระบอก หรือแกน Mate (เฟืองคู่หมุนตามอัตราทด)	Standard
Spin › Reverse / Speed	กลับทิศ / ความเร็ว Slow 30°/s, Medium 90°/s, Fast 180°/s, Very fast 360°/s	Standard
Spin › Record GIF…	บันทึกการหมุนเป็น GIF	Expert
Linear Move › Play / Reverse / Speed	เลื่อนไปมาระหว่าง Minimum–Maximum ของ Distance mate (20–250 mm/s)	Standard
● Record	นับถอยหลัง 3-2-1 แล้วบันทึกมุมมอง (หมุน/ซูมได้ระหว่างบันทึก) กด ■ Stop เพื่อบันทึก MP4	Expert
Explode / Collapse	ดู Explode	Standard

> **หมายเหตุ:** Spin ใช้ไม่ได้ถ้าชิ้นส่วนไม่มีแกน (*no spin axis - needs a bore/cylindrical face or a concentric/revolute/cylindrical mate*) หรือถูก Fix (*part is Fixed - Unfix it first*) วิดีโอและหน้า HTML ที่ส่งออกจะมีโลโก้และลิขสิทธิ์ MET กำกับ

ดูเพิ่ม

- Motion Study
- Explode และ Collapse

Interference และ Clearance Check Expert

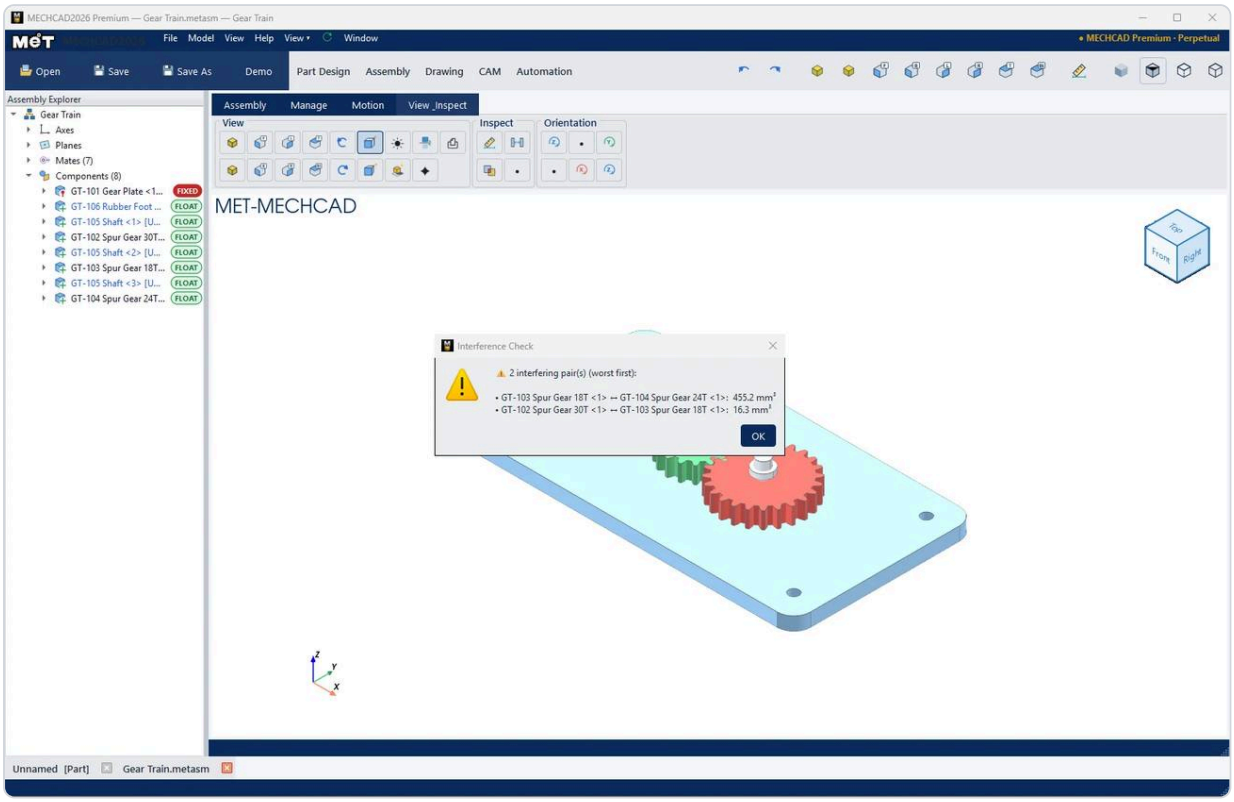
ตรวจชิ้นส่วนที่ชนกันและระยะห่างที่ใกล้เกินกำหนดใน Assembly

ใช้ทำอะไร

- **Interference** หาคู่ชิ้นส่วนที่ทับซ้อนกัน พร้อมปริมาตรที่ชน
- **Clearance** หาคู่ชิ้นส่วนที่ห่างกันน้อยกว่าค่าที่กำหนด

อยู่ที่ไหน

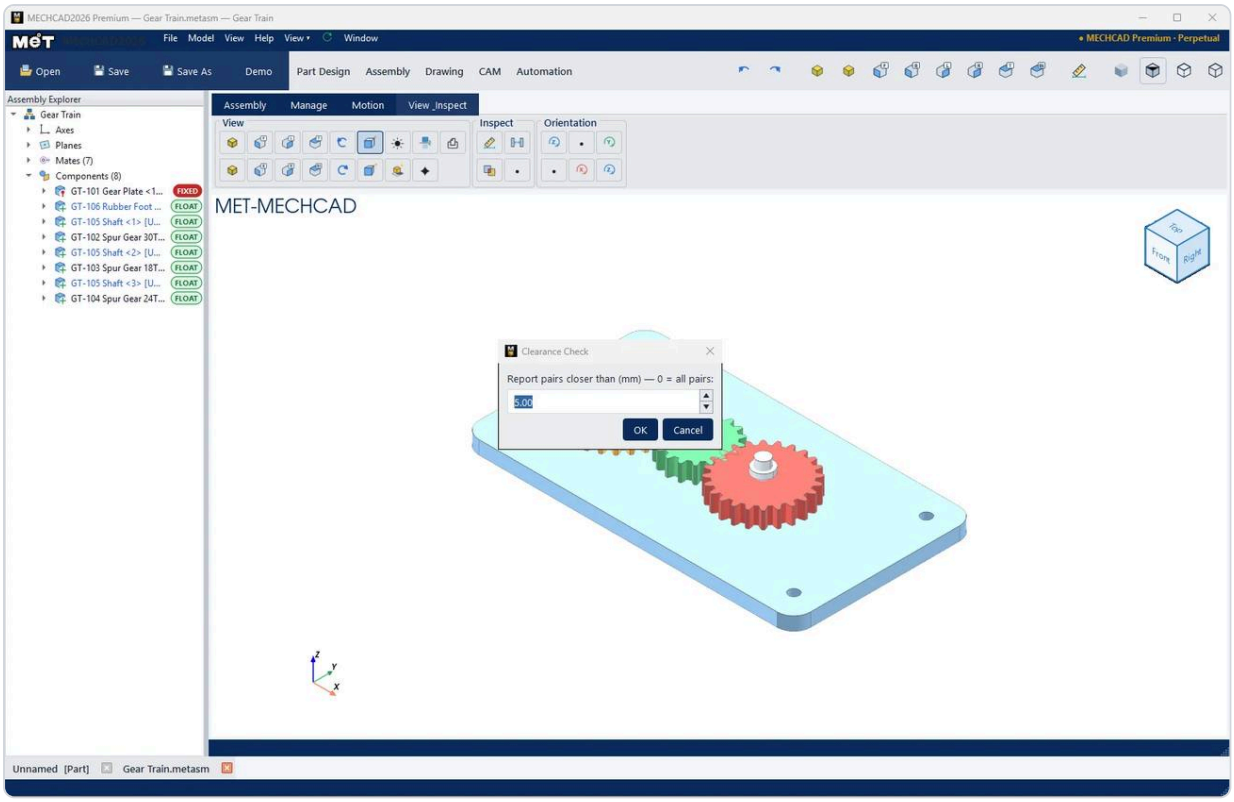
View & Inspect › Inspect › Interference / Clearance



ผล Interference Check

ขั้นตอน

1. กด **Interference** รอการคำนวณ
2. ผลแสดง *No interferences found between components.* หรือรายการ *A ↔ B: V mm³* เรียงจากชนมากสุด (สูงสุด 30 คู่)
3. กด **Clearance** แล้วใส่ระยะ *Report pairs closer than (mm) — 0 = all pairs* (ค่าเริ่มต้น 5) กด OK เพื่อดูคู่ที่ใกล้ที่สุด



กำหนดระยะ Clearance

> **หมายเหตุ:** คำสั่งนี้อยู่ใน MECHCAD **Expert** และ **Premium** บน Standard จะเห็นข้อความแนะนำให้อัปเกรดที่แถบสถานะ ดู Edition ของ MECHCAD

ดูเพิ่ม

- Measure

Auto BOM (Excel / PDF พร้อมภาพและ Balloon) Expert

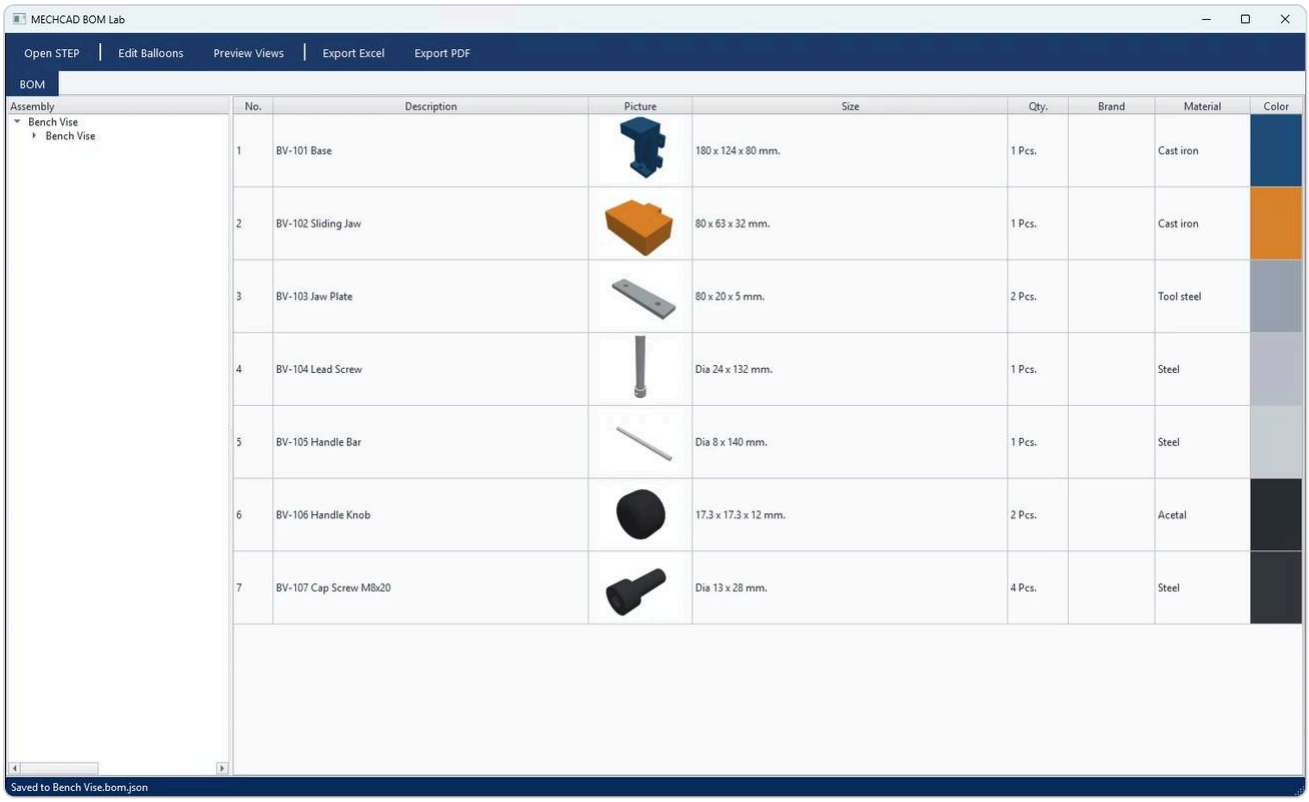
สร้างรายการชิ้นส่วนพร้อมรูป ขนาด จำนวน และส่งออก Excel/PDF พร้อมภาพ Explode ติด Balloon

ใช้ทำอะไร

Auto BOM เปิดหน้าต่าง **MECHCAD BOM Lab** สร้างรายการชิ้นส่วนจาก Assembly ที่เปิดอยู่ มีรูปภาพ ขนาด จำนวน ใส่ยี่ห้อ/วัสดุ/สีได้ แล้วส่งออก Excel หรือ PDF พร้อมภาพ Explode ติด Balloon

อยู่ที่ไหน

Manage › Assembly Tools › Auto BOM



หน้าต่าง MECHCAD BOM Lab

ขั้นตอน

1. เปิด Assembly แล้วกด **Auto BOM**
2. ตรวจรายการ ใส่ **Brand** และ **Material** ได้โดยตรงในตาราง ดับเบิลคลิก **Color** เพื่อเลือกสี
3. กด **Edit Balloons** เพื่อจัดภาพ Explode และตำแหน่ง Balloon แล้ว **Preview Views**
4. กด **Export Excel** (`.xlsx`) หรือ **Export PDF** (`.pdf`)

ส่วน	ความหมาย
Open STEP...	สร้าง BOM จากไฟล์ STEP โดยตรง
Assembly / Qty	ต้นไม้โครงสร้างพร้อมจำนวน
No., Description, Picture, Size, Qty., Brand, Material, Color	คอลัมน์ตาราง
Edit Balloons	ตัวแก้ภาพ Explode: Move Parts, Move Balloon, Fix View, แถบ Explode 0–300%, Reset View, Reset Balloons, Save / Cancel
แถบสถานะ	สรุปจำนวน section ชิ้นส่วนไม่ซ้ำ และจำนวนรวม

> **หมายเหตุ:** คำสั่งนี้อยู่ใน MECHCAD **Expert** และ **Premium** บน Standard จะเห็นข้อความแนะนำให้อัปเกรดที่แถบสถานะ ดู Edition ของ MECHCAD

ดูเพิ่ม

- BOM และตารางใน Drawing

Export HTML (หน้าเว็บ 3D สำหรับรีวิว) Expert

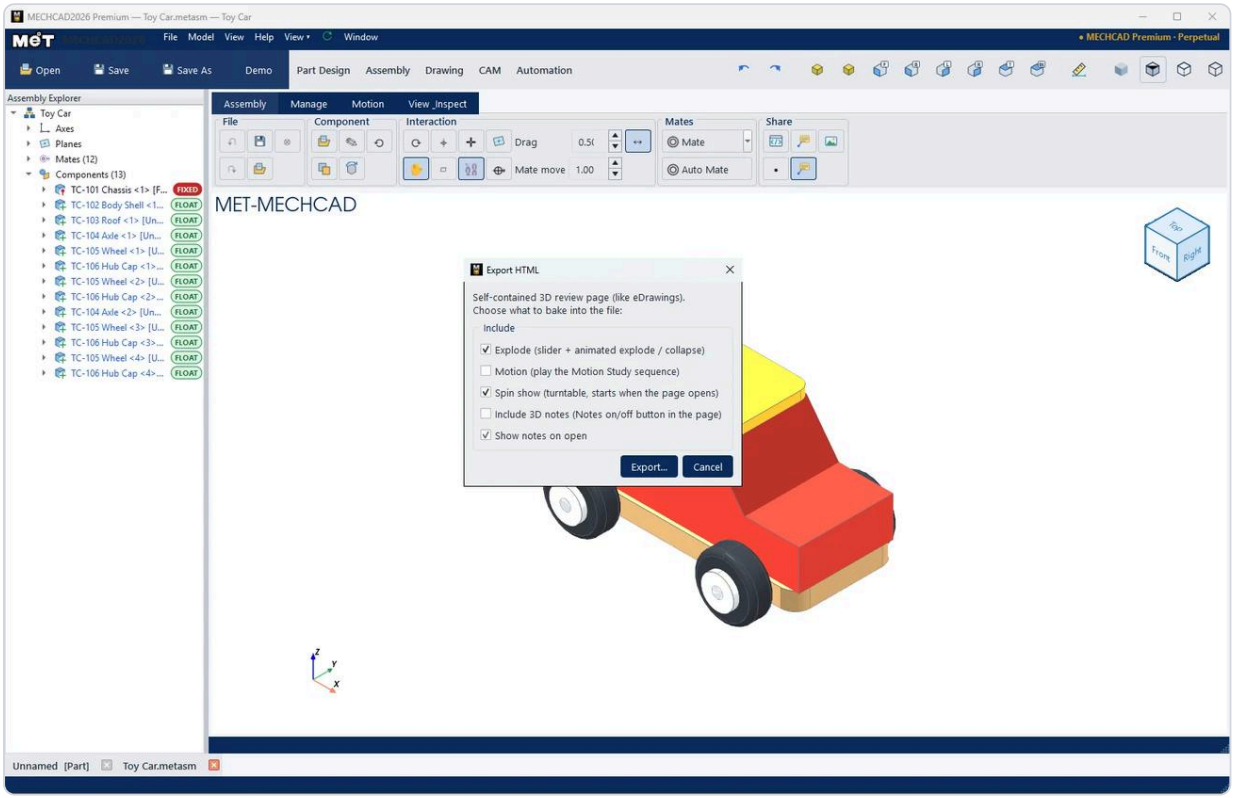
ส่งออก Assembly เป็นไฟล์ HTML ไฟล์เดียว เปิดดู 3D หมุน วัด Explode ได้ในเว็บเบราว์เซอร์

ใช้ทำอะไร

สร้างหน้า HTML ไฟล์เดียว (คล้าย eDrawings) ให้ลูกค้าหรือทีมเปิดดูโมเดล 3D ในเว็บเบราว์เซอร์โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรม มีเครื่องมือวัด (ดูดขอบ มุม จุดกึ่งกลาง ศูนย์กลางรู) ต้นไม้ Assembly, Undo/Redo และธีมสี

อยู่ที่ไหน

Assembly › Share › Export HTML



หน้าต่าง Export HTML

ขั้นตอน

1. กด **Export HTML**
2. เลือกสิ่งที่จะใส่ในไฟล์ (ตาราง)
3. กด **Export...** แล้วเลือกชื่อไฟล์ในหน้าต่าง *Export 3D Assembly* รอแถบความคืบหน้า (กด Cancel ได้)

ตัวเลือก	ความหมาย
Explode (slider + animated explode / collapse)	แถบเลื่อนและปุ่ม Explode ในหน้าเว็บ
Motion (play the Motion Study sequence)	เล่น Motion Study (ใช้ได้เมื่อมีข้อมูล Motion)
Spin show (turntable, starts when the page opens)	หมุนโชว์อัตโนมัติเมื่อเปิดหน้า
Include 3D notes (Notes on/off button in the page)	ใส่ 3D Notes พร้อมปุ่มเปิด/ปิด

ตัวเลือก	ความหมาย
Show notes on open	แสดงโน้ตทันทีเมื่อเปิดหน้า

> **หมายเหตุ:** คำสั่งนี้อยู่ใน MECHCAD **Expert** และ **Premium** บน Standard จะเห็นข้อความแนะนำให้อัปเกรดที่แถบสถานะ ดู Edition ของ MECHCAD

ดูเพิ่ม

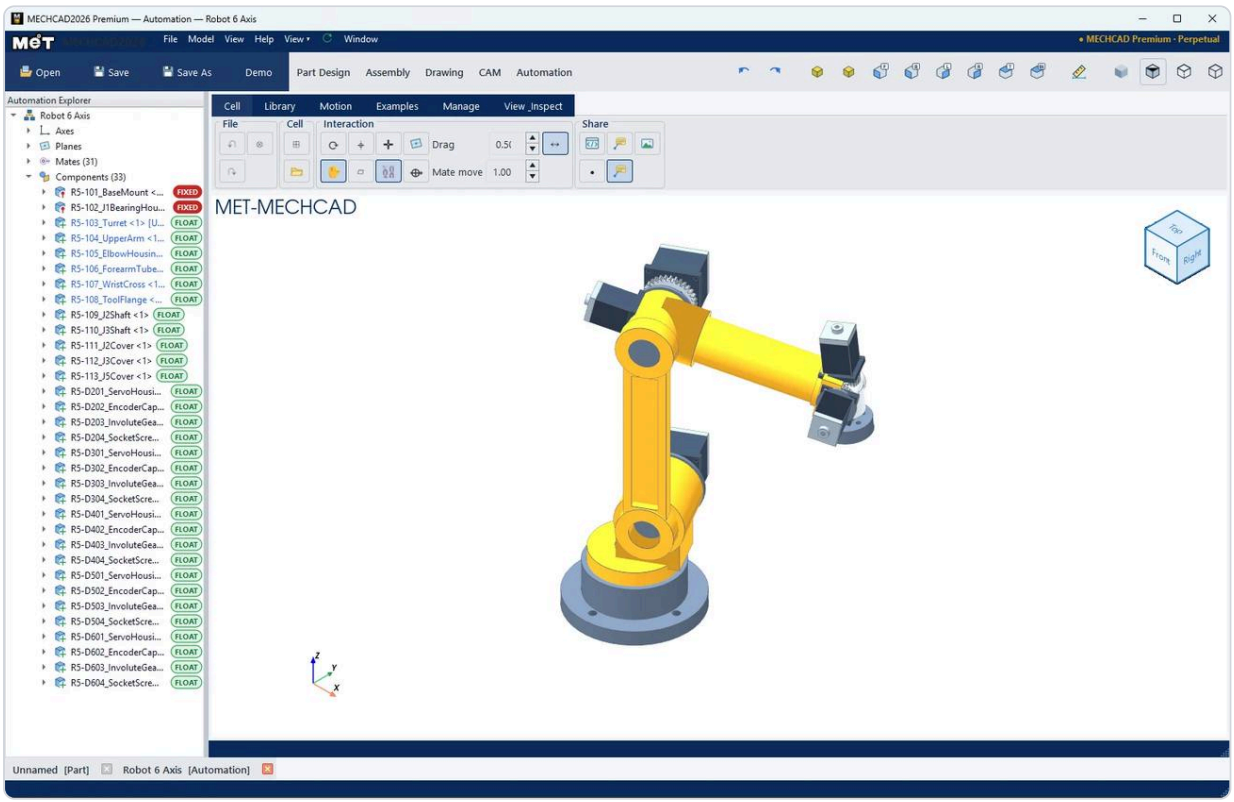
- 3D Notes และ Picture
- Export STEP / STL

Automation Workbench (เซลล์หุ่นยนต์และเครื่องจักร) Expert

จัดวางหุ่นยนต์ Cobot Delta สายพาน และชิ้นงาน แล้วจำลองการหยิบวาง

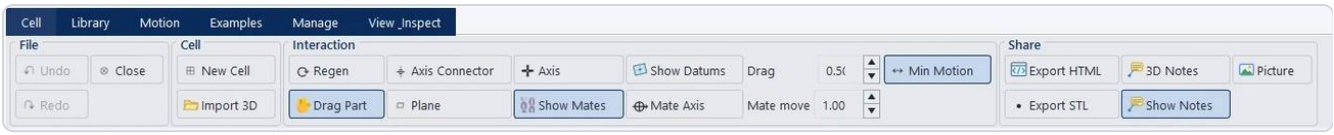
ใช้ทำอะไร

แท็บ **Automation** ใช้จัดเซลล์อัตโนมัติ: นำเข้าหุ่นยนต์/Cobot/Delta อุปกรณ์ และชิ้นงาน กำหนดจุดหยิบ-วาง แล้วจำลองการเคลื่อนที่ บันทึกเป็น `.metauto`



demo หุ่นยนต์ Robot 6 Axis

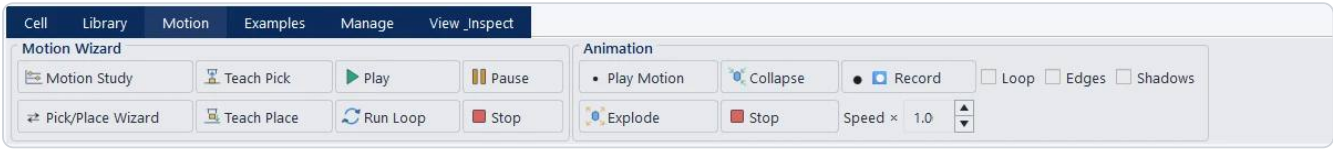
Ribbon



แท็บ Cell

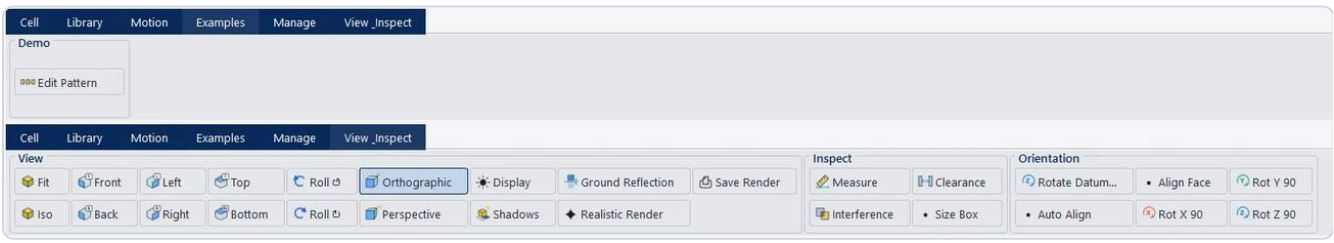


แท็บ Library



แท็บ Motion

แท็บ › กลุ่ม	คำสั่ง
Cell › File	Undo, Redo, Close (บันทึก/เปิดไฟล์ใช้ Save / Open แถบบนสุด)
Cell › Cell	**New Cell**, **Import 3D** (ถามบทบาท: Robot / Cobot / Delta / Tool / Equipment / Workpiece)
Cell › Interaction	เหมือน Assembly: Regen, Drag Part, Axis Connector, Plane, Axis, Show Mates, Show Datums, Mate Axis, Drag, Mate move, Min Motion
Library › Robot	Robot Library, Cobot Library, Delta Library
Library › Equipment & Product	Conveyor, Actuator, Box, Bottle, Object
Motion › Motion Wizard	Motion Study, Pick/Place Wizard, Teach Pick, Teach Place, Play, Run Loop, Pause, Stop
Motion › Animation	Play Motion, Explode, Collapse, ■ Stop, ● Record
Examples › Demo	Edit Pattern
Manage / View & Inspect	Component State, Share (Export HTML/STL, 3D Notes, Picture), View, Inspect (Measure, Interference, Clearance)



แท็บ Examples และ View & Inspect

ลำดับงาน

1. **New Cell**
2. นำเข้าหุ่นยนต์จาก Robot Library หรือ **Import 3D**

3. เพิ่มสายพาน กล่อง ขวด จาก **Equipment & Product**
4. ใช้ Pick/Place Wizard หรือ **Teach Pick / Teach Place** (เลือกจุดแล้วกด: *Pick taught at X… Y… Z… mm*)
5. **Play** หรือ **Run Loop** (*Automation RUN LOOP active - click Stop to finish*) แล้ว **Stop**

> **หมายเหตุ:** Workbench นี้อยู่ใน MECHCAD **Expert** และ **Premium** บน Standard แท็บนี้จะแสดงการ์ดแนะนำให้อัปเกรด ดู Edition ของ MECHCAD

ดูเพิ่ม

- Robot Library
- Pick & Place Wizard
- Motion Study Timeline

Robot Library (คลังหุ่นยนต์) Expert

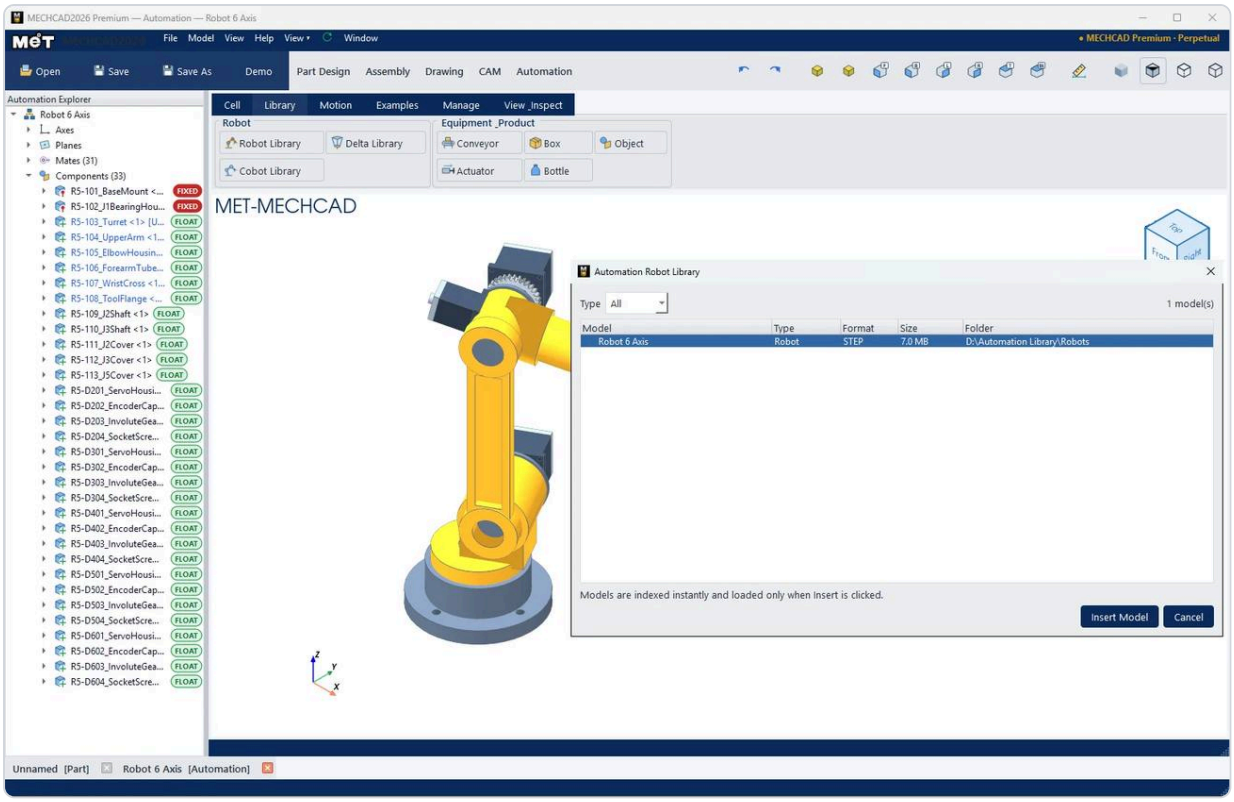
ค้นและแทรกโมเดลหุ่นยนต์ Cobot Delta และ Palletizer เข้าเซลล์

ใช้ทำอะไร

หน้าต่าง **Automation Robot Library** แสดงโมเดลหุ่นยนต์ในเครื่อง แทรกเข้าเซลล์ได้ทันที (โมเดลจะโหลดเมื่อกด Insert เท่านั้น)

อยู่ที่ไหน

Library › Robot › Robot Library / Cobot Library / Delta Library



หน้าต่าง Automation Robot Library

ส่วน	ความหมาย
Type	กรอง: All / Robot / Cobot / Delta / Palletizer
Model, Type, Format, Size, Folder	คอลัมน์รายการ
Insert Model	แทรกโมเดลที่เลือก

โฟลเดอร์ที่โปรแกรมค้นหา:

- โฟลเดอร์ในตัวแปรสภาพแวดล้อม `MECHCAD_ROBOT_LIBRARY`
- `<โฟลเดอร์ติดตั้ง>\Automation Library\Robots`
- โมเดลที่มากับโปรแกรม

ชนิดไฟล์ที่รองรับ: STEP/STP, IGES/IGS, BREP, X_T/X_B, METASM, METPRT

> **หมายเหตุ:** ถ้ารายการว่าง (0 model(s)) ให้วางไฟล์โมเดลหุ่นยนต์ (เช่น STEP จากผู้ผลิต) ลงในโฟลเดอร์ข้างต้น

> **หมายเหตุ:** คำสั่งนี้อยู่ใน MECHCAD **Expert** และ **Premium** บน Standard จะเห็นข้อความแนะนำให้อัปเกรดที่แถบสถานะ ดู Edition ของ MECHCAD

ดูเพิ่ม

- Automation Workbench

Pick & Place Wizard Expert

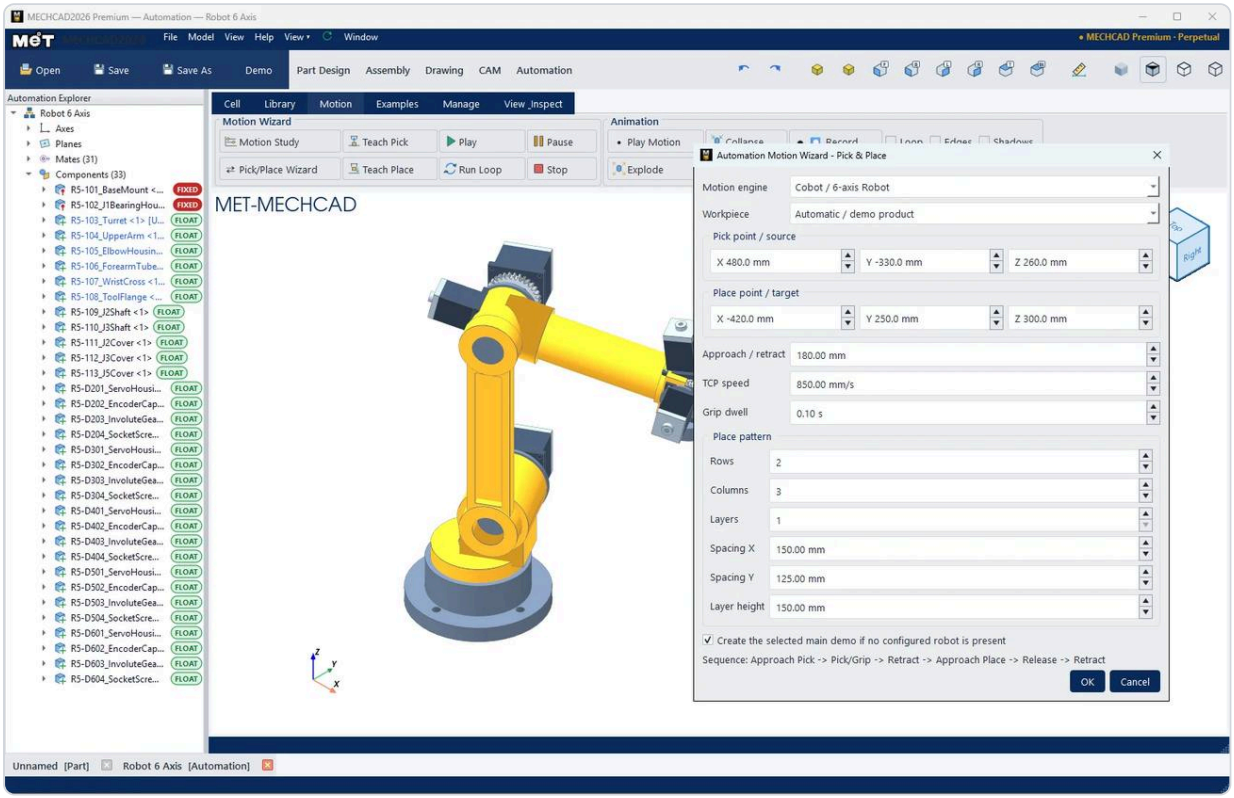
ตั้งค่าการหยิบ-วางของหุ่นยนต์ จุดหยิบ จุดวาง ความเร็ว และรูปแบบการวางเป็นแถว/ชั้น

ใช้ทำอะไร

สร้างลำดับการหยิบ-วางอัตโนมัติ: *Approach Pick → Pick/Grip → Retract → Approach Place → Release → Retract* พร้อมรูปแบบวางเป็นแถว คอลัมน์ และชั้น

อยู่ที่ไหน

Motion › Motion Wizard › Pick/Place Wizard



หน้าต่าง Automation Motion Wizard - Pick & Place

ตัวเลือก	ความหมาย
Motion engine	Cobot / 6-axis Robot หรือ Delta Robot
Workpiece	Automatic / demo product หรือชิ้นงานในเซลล์
Pick point / source (X, Y, Z)	จุดหยิบ (mm)
Place point / target (X, Y, Z)	จุดวาง (mm)
Approach / retract	ระยะเข้า-ถอย (mm)
TCP speed	ความเร็วปลายมือ (mm/s)
Grip dwell	เวลาหยุดจับ (s)
Place pattern: Rows, Columns, Layers, Spacing X, Spacing Y, Layer height	รูปแบบการวาง

ตัวเลือก	ความหมาย
Create the selected main demo if no configured robot is present	สร้างหุ่นยนต์ตัวอย่างถ้ายังไม่มีในเซลล์

ขั้นตอน

1. กด **Pick/Place Wizard**
2. เลือก Motion engine และ Workpiece
3. ใส่จุดหยิบ/วาง (หรือใช้ **Teach Pick** / **Teach Place** ก่อน)
4. ตั้งรูปแบบการวาง แล้วกด **OK**
5. กด **Play** หรือ **Run Loop**

> **หมายเหตุ:** สำหรับ Delta Robot ถ้าจุดอยู่นอกระยะเอื้อมจะเห็นคำเตือน *Motion Wizard - Reachability*

> **หมายเหตุ:** คำสั่งนี้อยู่ใน MECHCAD **Expert** และ **Premium** บน Standard จะเห็นข้อความแนะนำให้อัปเกรดที่แถบสถานะ ดู Edition ของ MECHCAD

ดูเพิ่ม

- Automation Workbench
- Motion Study Timeline

Motion Study Timeline (Automation) Expert

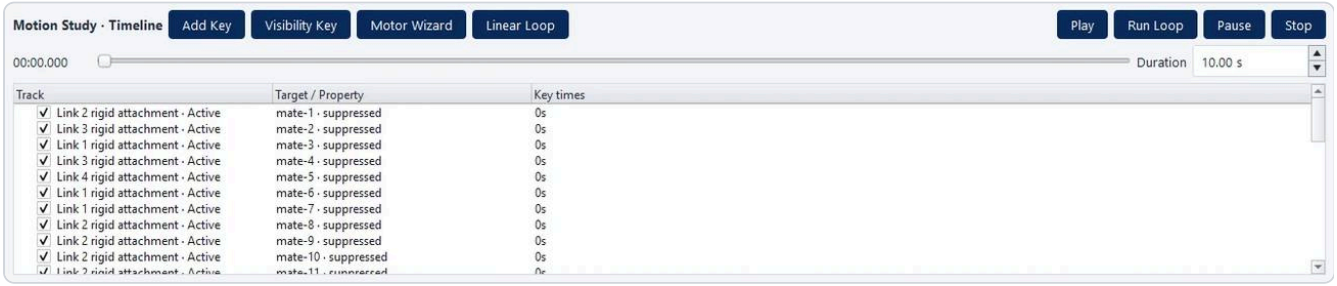
เส้นเวลาแบบคีย์เฟรมสำหรับมอเตอร์ การเคลื่อนที่เชิงเส้น และการแสดง/ซ่อนชิ้นงานในเซลล์

ใช้ทำอะไร

แผง **Motion Study · Timeline** ในแท็บ Automation สร้างการเคลื่อนที่ตามเวลา: ใส่คีย์เฟรม มอเตอร์หมุน การเคลื่อนที่ไป-กลับ และการปรากฏ/หายของชิ้นงาน

อยู่ที่ไหน

Motion › Motion Wizard › Motion Study



แผง Motion Study · Timeline

ส่วน	ความหมาย
Add Key	เพิ่มคีย์เฟรมจากตำแหน่งปัจจุบัน
Visibility Key	คีย์การแสดง/ซ่อนชิ้นงาน
Motor Wizard	หน้าต่าง *Rotary Motor Wizard* สร้างการหมุนต่อเนื่อง
Linear Loop	หน้าต่าง *Linear Loop Move Wizard* การเลื่อนไป-กลับ
Play / Run Loop / Pause / Stop	ควบคุมการเล่น
เวลา 00:00.000 และแถบเวลา	ตำแหน่งเวลาปัจจุบัน
Duration	ความยาวทั้งหมด (วินาที)
Track / Target / Property / Key times	รายการแทร็ก

> **หมายเหตุ:** คำสั่งนี้อยู่ใน MECHCAD **Expert** และ **Premium** บน Standard จะเห็นข้อความแนะนำให้อัปเกรดที่แถบสถานะ ดู Edition ของ MECHCAD

ดูเพิ่ม

- Motion Study และ Motion Studio

แบบทดสอบท้ายบทที่ 7: Motion & Analysis

เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว เฉลยอยู่ใน ภาคผนวก ก

1. **ใน Motion Study จะบันทึกท่า (pose) ของกลไกอย่างไร**

   ก. ลากชิ้นส่วนให้อยู่ในท่าที่ต้องการ แล้วคลิก Save Point
   ข. คลิก ● Record
   ค. ใช้ Explode
   ง. ใส่ Mate แบบ Distance

2. **คลิก ● Record หมุนมุมมอง แล้วคลิก ■ Stop จะได้ไฟล์อะไร**

   ก. GIF
   ข. AVI
   ค. MP4
   ง. HTML

3. **ในคำสั่ง Clearance การใส่ 0 ในช่อง “Report pairs closer than (mm)” มีผลอย่างไร**

   ก. รายงานเฉพาะคู่ที่ชนกัน
   ข. รายงานทุกคู่
   ค. ยกเลิกการตรวจ
   ง. ใช้ค่าเริ่มต้น 5 มม.

4. **Auto BOM (MECHCAD BOM Lab) ส่งออกเป็นไฟล์รูปแบบใดได้**

   ก. CSV และ TXT
   ข. DXF และ DWG
   ค. STEP และ STL
   ง. Excel (.xlsx) และ PDF

5. **Export HTML ใช้ทำอะไร**

   ก. เผยแพร่ Assembly ขึ้นเว็บไซต์ MET
   ข. สร้าง Drawing 2D
   ค. สร้างหน้าเว็บไฟล์เดียวให้คนอื่นเปิดดูและวัดโมเดล 3D ในเบราว์เซอร์ได้โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรม
   ง. แปลง Assembly เป็น STEP

6. **Edition ใดที่มีคำสั่งตรวจ Interference และ Clearance**

   ก. Expert และ Premium
   ข. Standard เท่านั้น
   ค. ทุก Edition
   ง. Premium เท่านั้น

บทที่ 8

CAM

1. ภาพรวม CAM
   สร้างทางเดินมีดกัด 2.5D / 3D และงานกลึงจากชิ้นงาน จำลองการกัด และสร้าง G-code
2. New Job, Template และ Geometry
   เริ่มงาน CAM ใหม่จาก Template ของงานกัดหรืองานกลึง และกำหนดชิ้นงาน
3. Stock, Frame (WCS) และ Clearances
   กำหนดวัตถุดิบ จุดศูนย์งาน G54–G59 และระนาบปลอดภัย
4. Tool Library และค่ามีด
   เลือกมีดจากคลัง กำหนดขนาด Holder ความเร็วรอบ และอัตราป้อนเริ่มต้น
5. Operation Parameters (ค่าของ Operation)
   ความหมายของหัวข้อในกล่อง Operation และหน้า General, Geometry, Tool, Levels, Passes, Linking และ Stock รวมถึง Tool Compensation (D-offset)
6. Face และ Pocket (2.5D)
   ปาดผิวหน้าและกัดช่องหลุมแบบ 2.5 แกน
7. Profile และ Ramp Cut
   กัดตามขอบรอบนอก/ใน พร้อมชดเชยรัศมีมีด และกัดลาดลงตามขอบ
8. Drill และ Hole
   เจาะรูหลายตำแหน่งด้วย Smart Hole (ติ๊กเลือกทีละรู เลือกดอกสว่านให้อัตโนมัติ) พร้อมรอบเจาะ G81/G83
9. Slot, Step, Chamfer, Corner Round, Engrave และ Thread Mill
   Operation 2.5D เพิ่มเติม: ร่อง ขั้น ลบมุม มนขอบ แกะ และกัดเกลียวใน
10. งานกัด 3D: Rough, Rest, Z-Level, Raster, Pencil และ Mold Tactic
    หยาบและเก็บผิวงานแม่พิมพ์ 3 มิติ
11. งานกลึง: Face, Rough, Finish, Axial Drill และ Part Off
    สร้างงานกลึงหน้า กลึงหยาบ G71 กลึงเก็บ G70 เจาะแนวแกน และตัดขาด
12. งานกลึง: Groove และ Thread (G75 / G76)
    กลึงร่องและกลึงเกลียวเมตริก M3–M64 ด้วยรอบ G75 และ G76
13. Simulation (จำลองการกัดและตรวจการชน)

จำลองการตัดเนื้อวัสดุ ตรวจการชน เวลาตัด และดู G-code ทีละบรรทัด

14. Machine Manager และ Post-Processor

เลือกเครื่องจักร Post-Processor ขอบเขตการเคลื่อนที่ และแก้รูปแบบ G-code

15. Generate G-code และ Shop PDF (Setup Sheet)

ส่งออก G-code และพิมพ์ใบ Setup Sheet สำหรับช่างหน้าเครื่อง

16. งาน CAM ตัวอย่าง (Mill Demo / Lathe Demo)

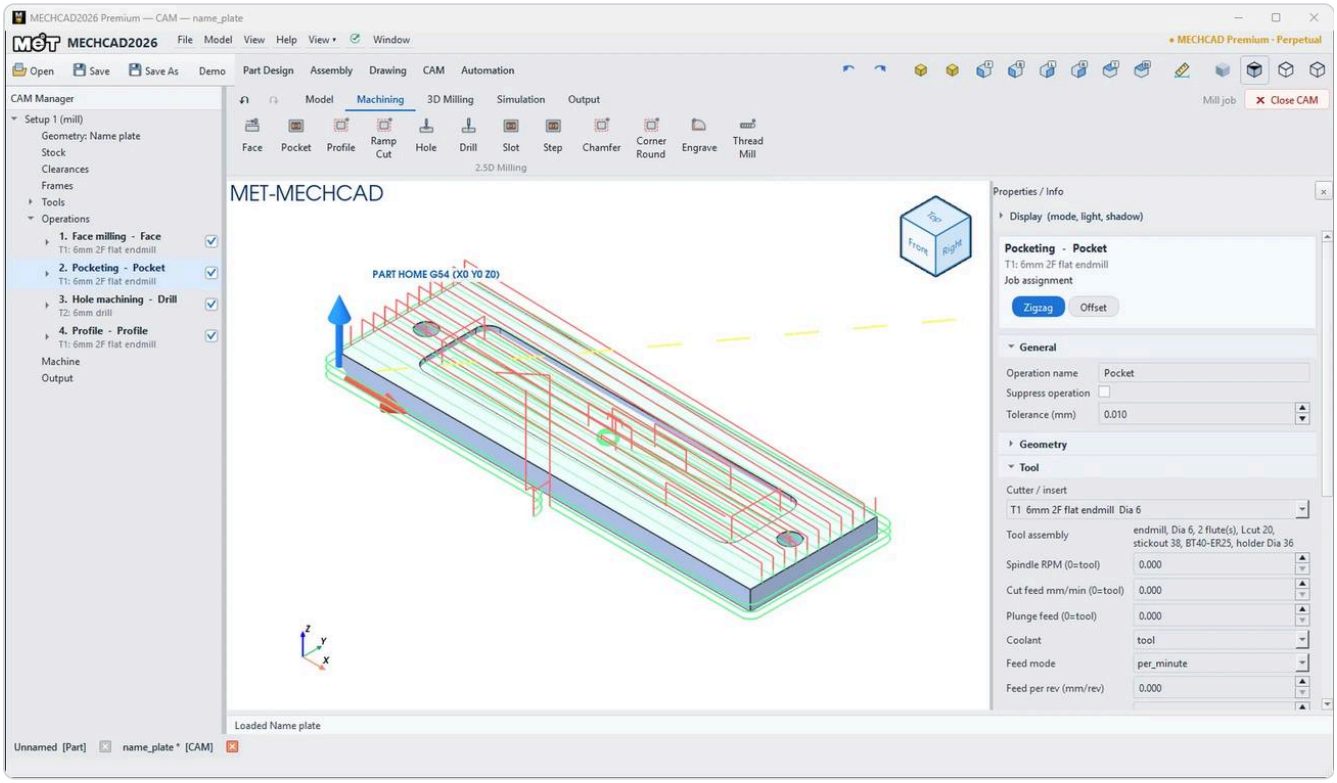
งานตัวอย่างงานกัด 5 งานและงานกลึง 5 งาน ครอบคลุมทุก Operation

ภาพรวม CAM Premium

สร้างทางเดินมีดกัด 2.5D / 3D และงานกลึงจากชิ้นงาน จำลองการกัด และสร้าง G-code

ใช้ทำอะไร

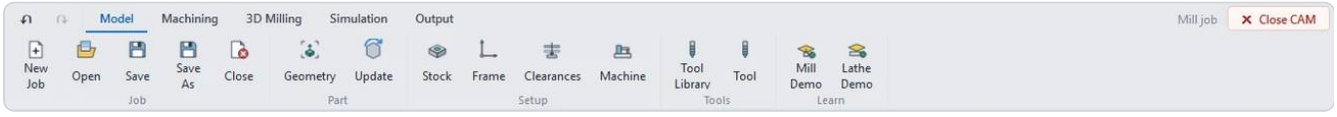
แท็บ **CAM** สร้างทางเดินมีด (toolpath) สำหรับเครื่อง CNC กัด 3 แกนและเครื่องกลึง จากชิ้นงานใน Part Design หรือไฟล์ STEP/IGES/STL จำลองการตัดเนื้อพร้อมตรวจการชน แล้วสร้าง G-code และใบ Setup Sheet บันทึกเป็น `.metcam`



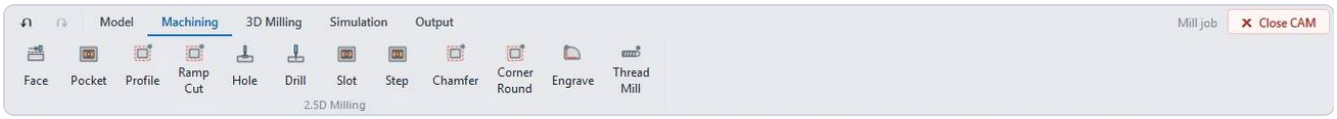
แท็บ CAM ขณะเปิดงานป้ายชื่อ (Name plate) ที่มี 4 Operation

ส่วนประกอบ

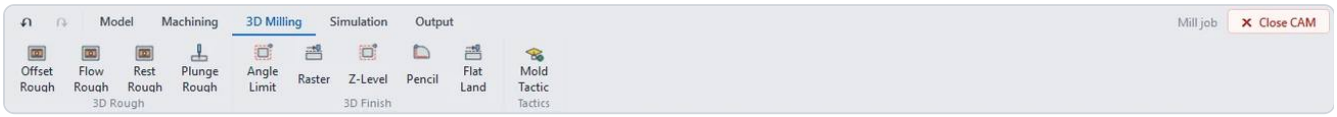
ส่วน	ความหมาย
CAM Manager (ซ้าย)	Setup 1 (mill/lathe): Geometry, Stock, Clearances, Frames, Tools, Operations, Machine, Output
Ribbon	Model, Machining, 3D Milling, Simulation, Output
ป้ายสถานะ (ขวาบน)	*Mill job* / *Lathe job* (งานตัวอย่าง: *Demo (read-only) - use Save As*)
✕ Close CAM	ปิดงาน CAM (ถามบันทึก) และล้างทางเดินมีด
Properties (ขวา)	ค่าของสิ่งที่เลือกใน CAM Manager



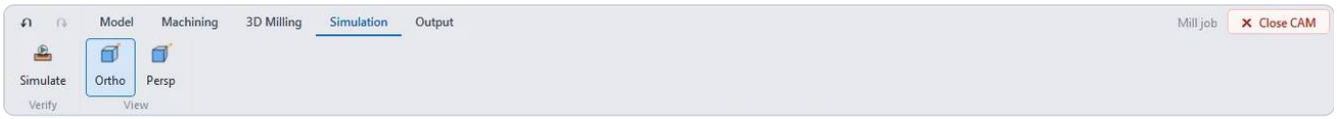
แท็บ Model: Job, Part, Setup, Tools, Learn



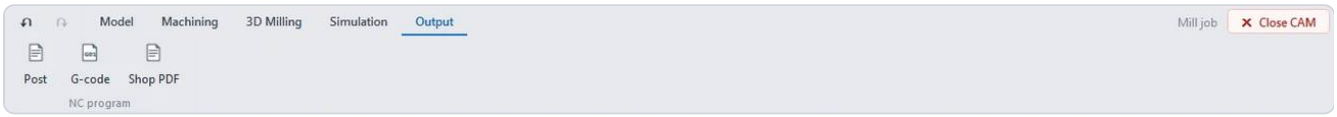
แท็บ Machining: Turning (งานกลึง) / 2.5D Milling (งานกัด)



แท็บ 3D Milling: 3D Rough, 3D Finish, Tactics



แท็บ Simulation: Simulate, Ortho, Persp



แท็บ Output: Post, G-code, Shop PDF

ลำดับงาน

1. New Job เลือก Mill หรือ Turn Template
2. ตรวจ Stock, Frame (WCS) และ Clearances
3. เพิ่มมีดจาก Tool Library
4. เพิ่ม Operation: Face/Pocket, Profile, Drill, 3D, กลึง
5. Simulate
6. Generate G-code และ Shop PDF

> **หมายเหตุ:** งาน Lathe ซ่อนแท็บ 3D Milling และกลุ่ม 2.5D งาน Mill ซ่อนกลุ่ม Turning ถ้าหน้าต่างแคบ ปุ่มที่ล้นจะอยู่ในเมนู » Undo/Redo ของ CAM ใช้ Ctrl+Z / Ctrl+Y

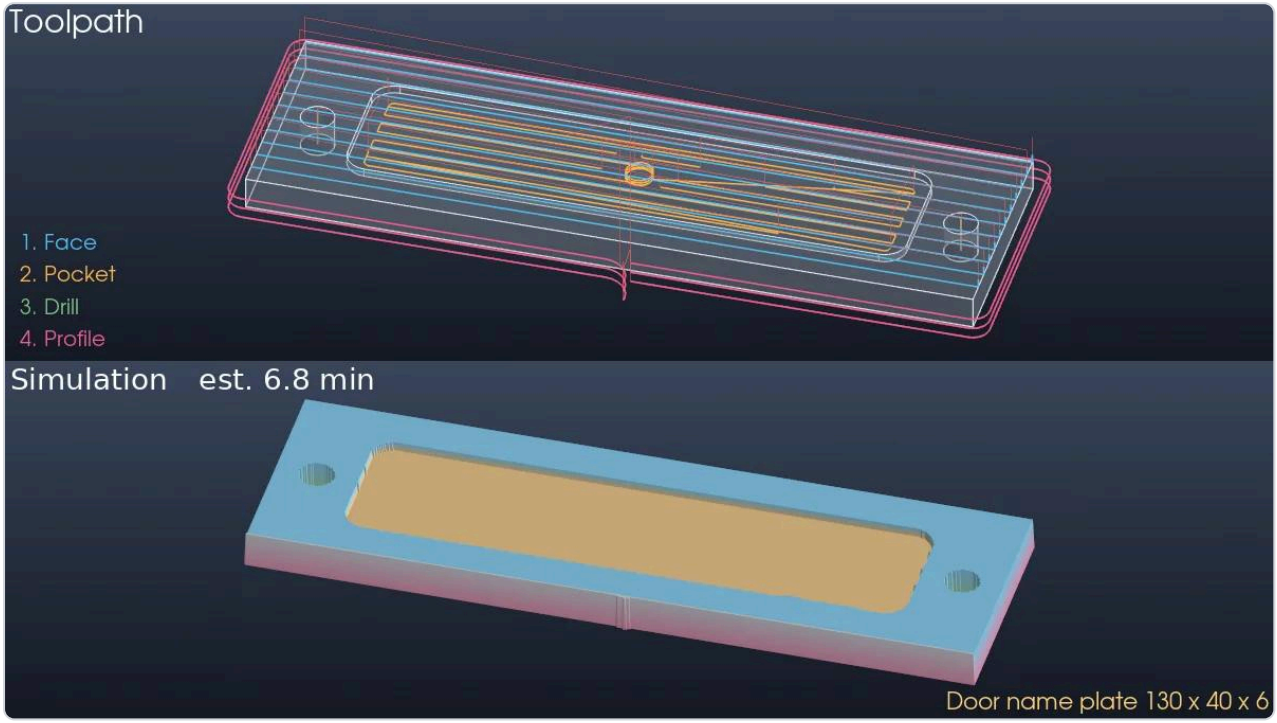
> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

ลองทำตาม: กัดป้ายชื่อหน้าห้องตั้งแต่ต้นจนจบ

ป้ายชื่ออะลูมิเนียม 130 × 40 มม. มีช่องลึกสำหรับใส่ชื่อและรูสกรู 2 รู งานนี้พาเดินครบทุกขั้นของ CAM ตั้งแต่โมเดลจนได้ G-code ใช้เวลาราว 10 นาที

1. ใน **Part Design** สเก็ตช์สี่เหลี่ยม 130 × 40 บนระนาบ **XY** โดยเริ่มที่จุด Origin แล้ว **Extrude** สูง 6 มม.
2. สเก็ตช์บนผิวบน วาดสี่เหลี่ยม 100 × 24 ห่างขอบซ้าย 15 มม. และขอบหน้า 8 มม. มุมโค้ง R4 แล้ว **Extrude Cut** ลึก 1.5 มม. จากนั้นวาดวงกลม Ø6 สองวงที่ X 7.5 และ X 122.5 (Y 20) แล้ว **Extrude Cut** แบบ **Through All**
3. เปิดแท็บ **CAM** › **New Job** › **Mill Template** › **OK** จะได้ Stock ขนาด 132 × 42 × 6.5 มม.
4. กด **Face** คลิกผิวบน แล้วกด **Enter**
5. กด **Pocket** คลิกพื้นของช่องลึก แล้วกด **Enter** โปรแกรมอ่านค่า Top Z 6 และ Floor Z 4.5 จากโมเดลให้เอง

6. กด **Drill** คลิกผนังรูทั้งสองรู แล้วกด **Enter** ดอก T2 ขนาด 6 มม. ตรงกับขนาดรูพอดี
7. กด **Profile** คลิกขอบล่างด้านนอกของป้าย แล้วกด **Enter** จากนั้นใน **Properties › Levels** ตั้ง **Bottom / Floor Z** เป็น 0 เพื่อตัดป้ายให้หลุดจากเนื้อวัสดุ
8. กด **Simulate** แล้วกด **Play** เวลาที่ประเมินได้ราว 6.8 นาที ปิดท้ายด้วย **Output › G-code** บันทึกเป็น `name_plate.nc` (โพสต์ FANUC_MET 3Axis ยาวราว 240 บรรทัด)



ป้ายชื่อ: ทางเดินมีด Face, Pocket, Drill และ Profile ด้านซ้าย ผลจำลองการกัดด้านขวา

ลองต่อยอด: เปลี่ยนมีดของ Face เป็น **T3 12mm 3F face mill** (**Properties › Tool › Cutter / insert**) แล้ว Simulate ใหม่ ดูว่าเวลาลดลงเท่าไร

ดูเพิ่ม

- งาน CAM ตัวอย่าง

New Job, Template และ Geometry Premium

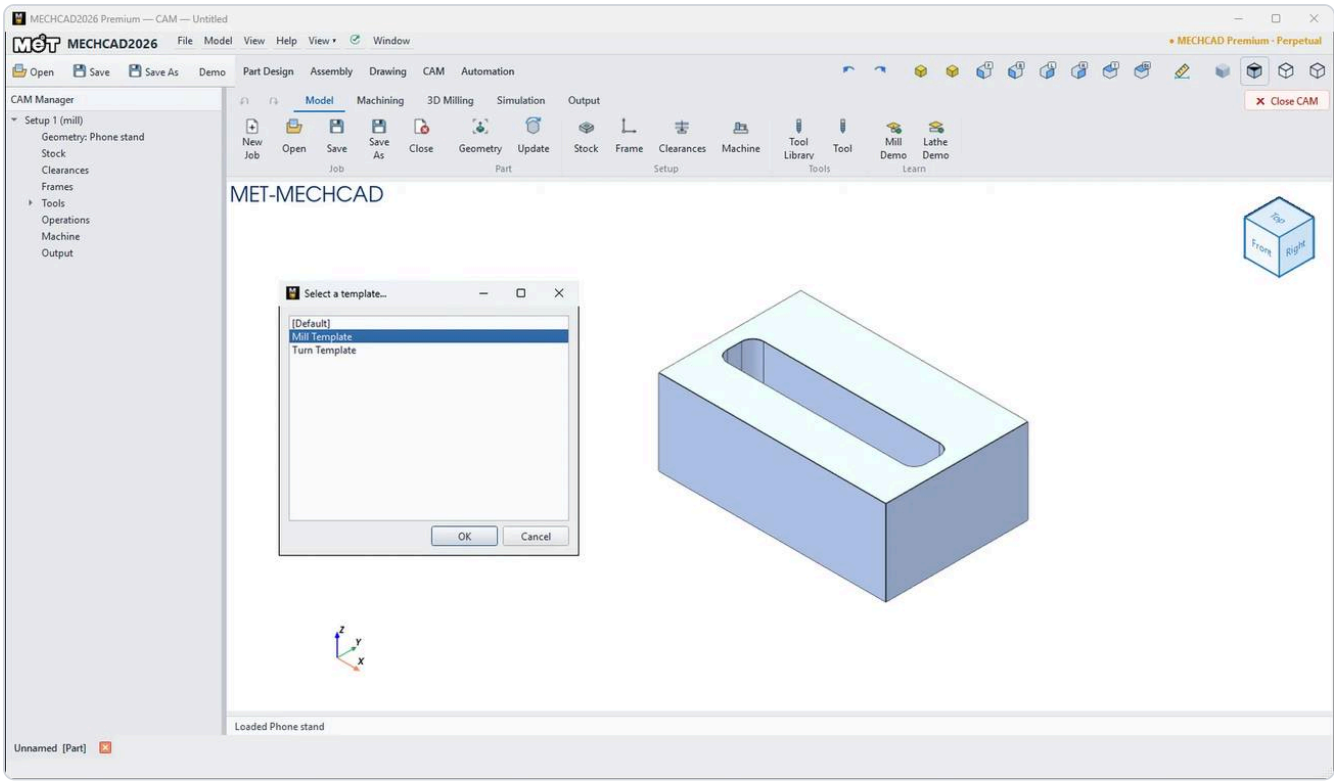
เริ่มงาน CAM ใหม่จาก Template ของงานกัดหรืองานกลึง และกำหนดชิ้นงาน

ใช้ทำอะไร

เริ่มงาน CAM ใหม่ เลือกชนิดเครื่อง และกำหนดชิ้นงานที่จะตัด

อยู่ที่ไหน

Model › Job › New Job / Open / Save / Save As / Close และ **Model › Part › Geometry / Update**



หน้าต่าง Select a template...

ขั้นตอน

1. กด **New Job** (ถ้ามีงานเดิมจะถาม *Discard the current operations and start a new job?*)
2. เลือก Template แล้วกด **OK**
3. ชิ้นงานจาก Part Design ที่เปิดอยู่จะถูกใช้อัตโนมัติ ถ้าไม่มีให้กด **Geometry** เลือกไฟล์ (*CAD (*.step *.stp *.igs *.iges *.stl *.metprt)*)
4. บันทึกด้วย **Save** (`.metcam`)

Template	ค่าที่ตั้งให้
[Default] / Mill Template	Stock กล่องเท่ากรอบชิ้นงานพอดี ไม่มีค่าเผื่อ (**Part (default)** เช่นโหนด Stock แสดง *Part box 60 x 40 x 20*), Clearance Z = ผิวบน + 15, Frame G54, Post FANUC_MET 3Axis, เครื่อง 3-Axis M.C. Vertical, นามสกุล `.nc`
Turn Template	Stock เพลากลม (**Standard bar (default)**) Ø = ขนาดเพลามาตรฐานถัดไปที่เหลือเนื้ออย่างน้อย 1 mm บนเส้นผ่านศูนย์กลาง (ไม่เกิน Ø ชิ้นงาน + 4), ความยาว = ส่วนจับ + ความยาวชิ้น + 2 (ค่าเผื่อปาดหน้า), เครื่อง Lathe Horizontal, Post fanuc_lathe, ป้อมมีด 12 สถานี

คำสั่ง	ความหมาย
Open	เปิด `.metcam` (ต้องมีไฟล์ชิ้นงานต้นฉบับ)
Save / Save As	บันทึก `.metcam` (งานตัวอย่างต้องใช้ Save As ไปโฟลเดอร์อื่น)
Close	ปิดงาน (ถามบันทึก: Save / Discard / Cancel)
Geometry	เลือก/นำเข้าชิ้นงาน
Update Geometry	โหลดชิ้นงานต้นฉบับใหม่ คง Stock และ Operation ไว้ แต่ทางเดินมีดต้องคำนวณใหม่

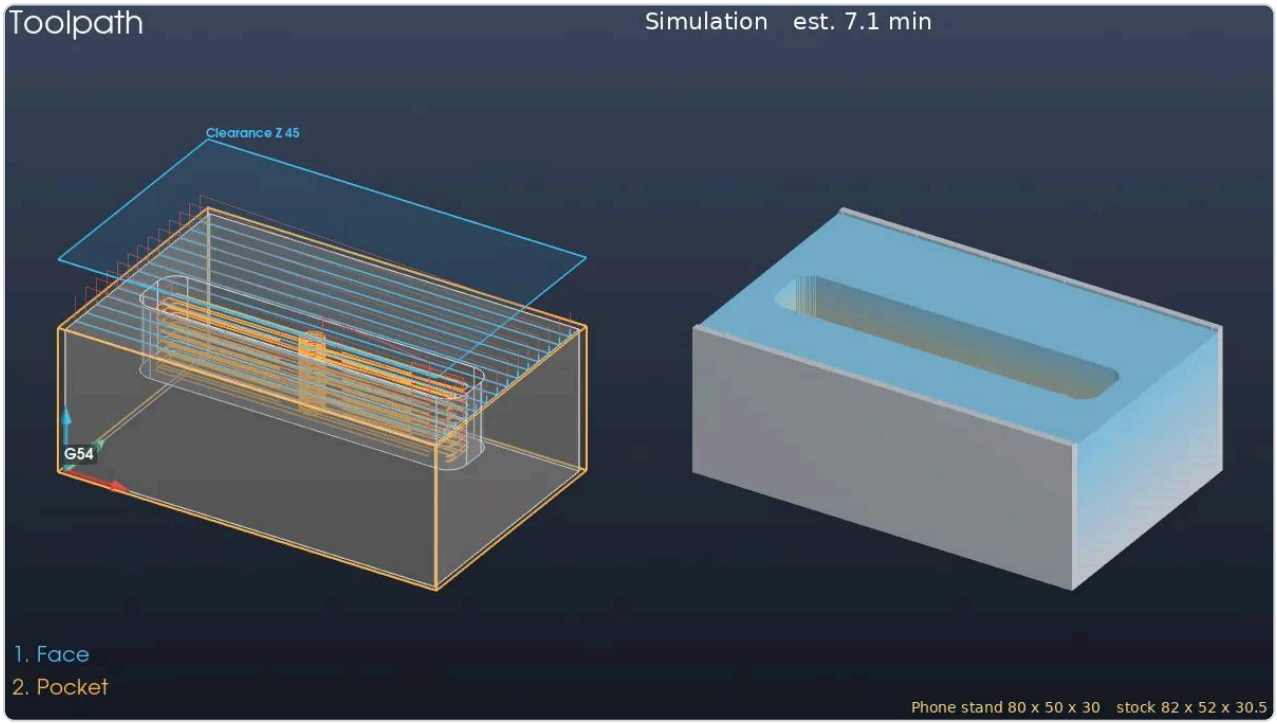
ต้องการเผื่อเนื้อรอบชิ้นงาน กำหนดขนาด Stock เอง หรือกำหนดเพลากลม D × L สำหรับงานกลึง ให้คลิกโหนด **Stock** แล้วเลือกโหมดในแผง (ดู Stock, Frame (WCS) และ Clearances)

> **หมายเหตุ:** ถ้าชิ้นงานต้นฉบับถูกแก้ไขหลังสร้างทางเดินมีด จะเห็น *Source geometry is out of date* ให้กด **Update Geometry**

ลองทำตาม: เริ่มงานแท่นวางมือถืออะลูมิเนียม

ก้อนอะลูมิเนียม 80 × 50 × 30 ที่มีร่องกว้าง 13 มม. ไว้เสียบมือถือให้ตั้งตรงบนโต๊ะ ตัวอย่างนี้เน้นที่ตัวงาน CAM เอง ได้แก่ Template, Stock, Clearance, G54 และการบันทึก

1. ใน **Part Design** สเก็ตช์สี่เหลี่ยม 80 × 50 บน **XY** จากจุด Origin แล้ว **Extrude** สูง 30 มม.
2. สเก็ตช์บนผิวบน วาดสี่เหลี่ยม 70 × 13 ห่างขอบซ้าย 5 มม. และขอบหน้า 15 มม. มุมโค้ง R4 แล้ว **Extrude Cut** ลึก 15 มม.
3. เปิดแท็บ **CAM** แล้วกด **New Job** เลือก **Mill Template** แล้วกด **OK** โปรแกรมดึงชิ้นงานจาก Part Design มาให้อัตโนมัติ
4. ตรวจสิ่งที่ Template ตั้งให้ คลิก **Stock** จะเห็นว่า Stock เท่ากรอบชิ้นงานพอดี (*Part box: 80 x 50 x 30 mm*) ให้เปลี่ยน **Stock** เป็น **Part + allowance** โปรแกรมเติมค่าเผื่อให้ Allowance -X, +X, -Y, +Y ข้างละ 1 และ Allowance +Z (top) 0.5 จึงได้ Stock 82 × 52 × 30.5 ที่มีเนื้อด้านบนให้ปาดผิว คลิก **Clearances** จะเห็น Clearance Z 45 (ผิวบน + 15) คลิก **Machine** จะเห็น Generic Fanuc 3-Axis Demo กับโพสต์ FANUC_MET 3Axis และคลิก **Frame** จะเห็นว่า G54 อยู่ที่ Origin ของโมเดล แปลว่า Z0 คือผิวล่างของชิ้นงาน
5. เพิ่ม **Face** ที่ผิวบน และ **Pocket** ที่พื้นร่อง แล้วกด **Simulate** เวลาที่ประเมินได้ราว 7.1 นาที
6. กด **Save** แล้วตั้งชื่องานว่า `phone_stand.metcam`



แท่นวางมือถือ: กล่อง Stock สีส้ม ระนาบ Clearance Z 45 และ G54 ที่ Origin พร้อมทางเดินมีด Face และ Pocket

ลองต่อยอด: Export แท่นวางเป็นไฟล์ STEP แล้วกด **Geometry** เพื่อโหลดไฟล์นั้นแทนชิ้นงานจาก Part Design ดูว่า Stock และ Clearance ออกมาเหมือนเดิมไหม

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

Stock, Frame (WCS) และ Clearances Premium

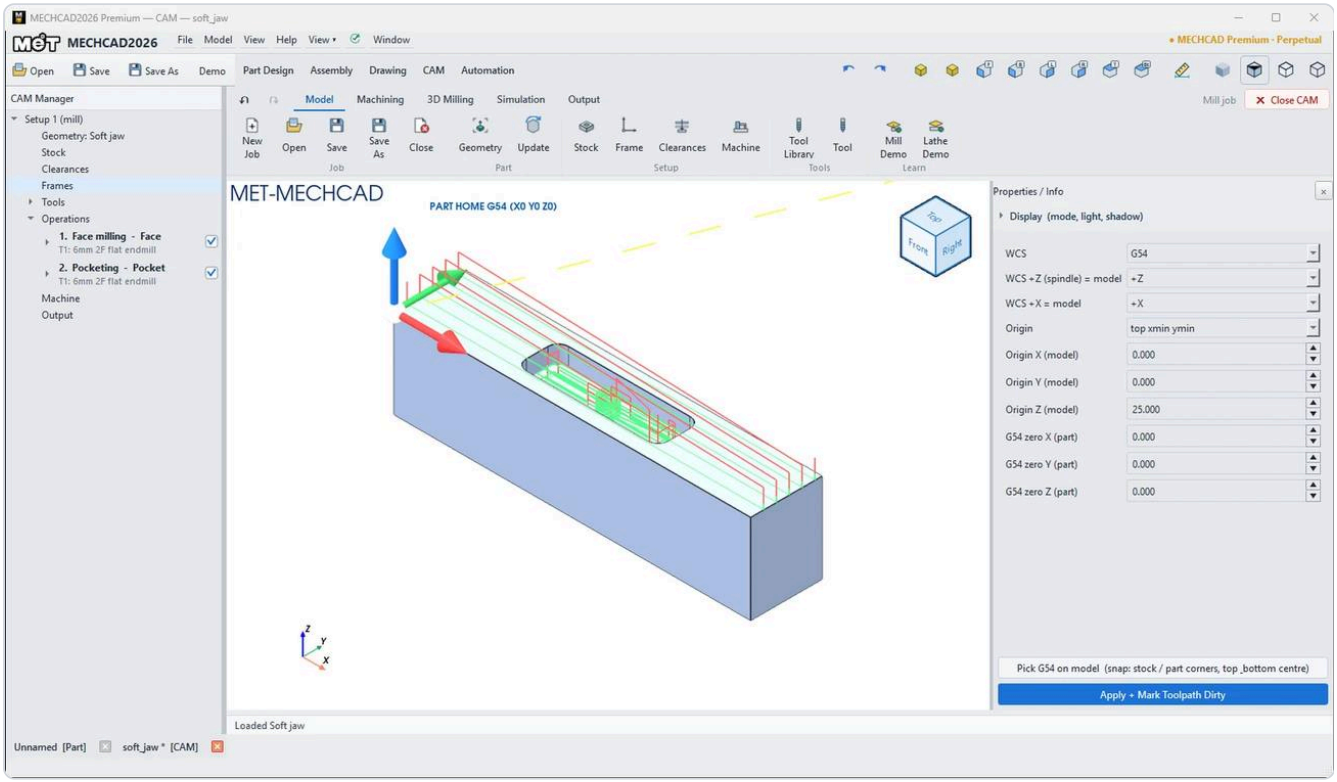
กำหนดวัตถุดิบ จุดศูนย์งาน G54–G59 และระนาบปลอดภัย

ใช้ทำอะไร

ตั้งค่า Setup ก่อนสร้าง Operation: ขนาดวัตถุดิบ ระบบพิกัดงาน (WCS) และระยะยกมีด

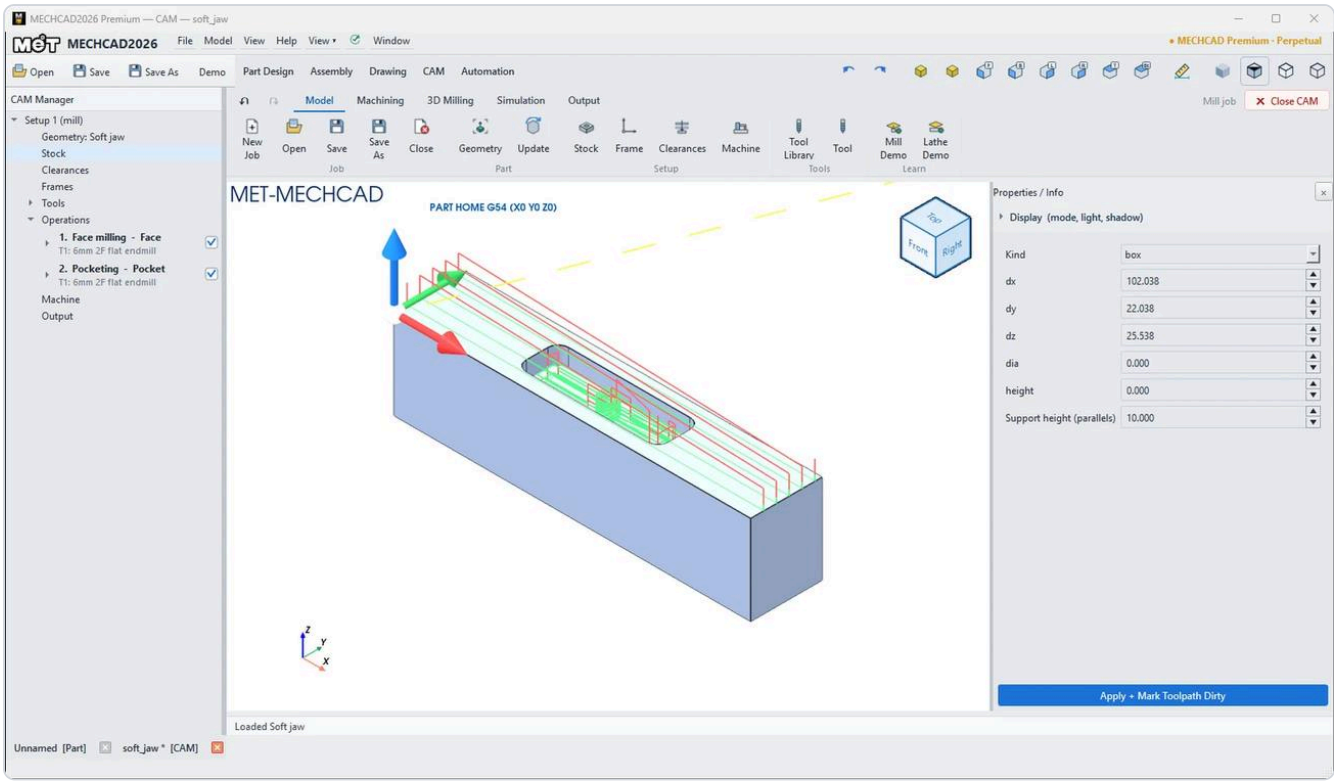
อยู่ที่ไหน

Model › Setup › Stock / Frame / Clearances หรือคลิกโหนดใน CAM Manager



Frame (WCS) ในแผง Properties

Stock



Stock

งานใหม่เริ่มด้วย Stock เท่ากรอบชิ้นงานพอดี (ไม่มีค่าเผื่อ) ถ้าต้องการเผื่อเนื้อหรือใช้ขนาดวัตถุดิบจริง ให้เลือกโหมดที่ช่อง **Stock** แผงจะแสดงเฉพาะช่องของโหมดนั้น ด้านบนมีกล่องสรุปที่บอกขนาดชิ้นงาน (*Part box: … mm*) และ Stock ที่ได้ (*Stock: …* พร้อมพิกัด from … to …) ค่าที่แก้มีผลทันที Stock โปร่งแสงในมุมมองจะเปลี่ยนตาม ทางเดินมีดทุกตัวถูกกำหนดให้คำนวณใหม่ และผลจำลองเดิมถูกล้าง โหนด Stock ใน CAM Manager จะแสดงชนิดและขนาด เช่น *Part box 60 x 40 x 20*

งานกัด

Stock	**ความหมาย**
Part (default)	กล่องเท่ากรอบชิ้นงานพอดี ไม่มีค่าเผื่อ (ค่าเริ่มต้นของงานใหม่)
Part + allowance	กรอบชิ้นงานบวกค่าเผื่อแยกทีละด้าน **Allowance -X**, **+X**, **-Y**, **+Y**, **-Z (below)**, **+Z (top)** เมื่อเลือกครั้งแรกโปรแกรมเติมค่า 1 / 1 / 1 / 1 / 0 / 0.5 ให้
Manual size	พิมพ์ขนาดเอง **Length X**, **Length Y**, **Height Z** แล้วเลือก **Placed** เป็น *At position (min corner)* (ใส่ **Position X / Y (min corner)** และ **Position Z (bottom)**) หรือ *Centred on part (XY)* (อยู่กึ่งกลางชิ้นงานในแนว XY ฐานอยู่ที่ผิวล่างชิ้นงาน ส่วนที่สูงเกินอยู่ด้านบน)
Round bar (cylinder)	เพลากลม **Bar diameter** × **Bar length** ตาม **Bar axis** (Z / X / Y) อยู่กึ่งกลางชิ้นงาน (แนวนอนตาม X หรือ Y จะจำลองเป็นกล่องที่ครอบเพลา)
From CAD file	ใช้กรอบของชิ้นงานในไฟล์ CAD เป็น Stock กดปุ่ม **Stock from CAD file…** เพื่อเลือกไฟล์
Support height (parallels)	ความสูงแผ่นรอง

งานกลึง

งานกลึงใช้เพลากลมตามแกนสปินเดิล (+Z) ด้านหน้าของเพลาอยู่ห่างหน้าชิ้นงานเท่าค่าเผื่อปาดหน้า ความยาวที่เหลืออยู่ด้านหลังเป็นส่วนให้หัวจับจับ

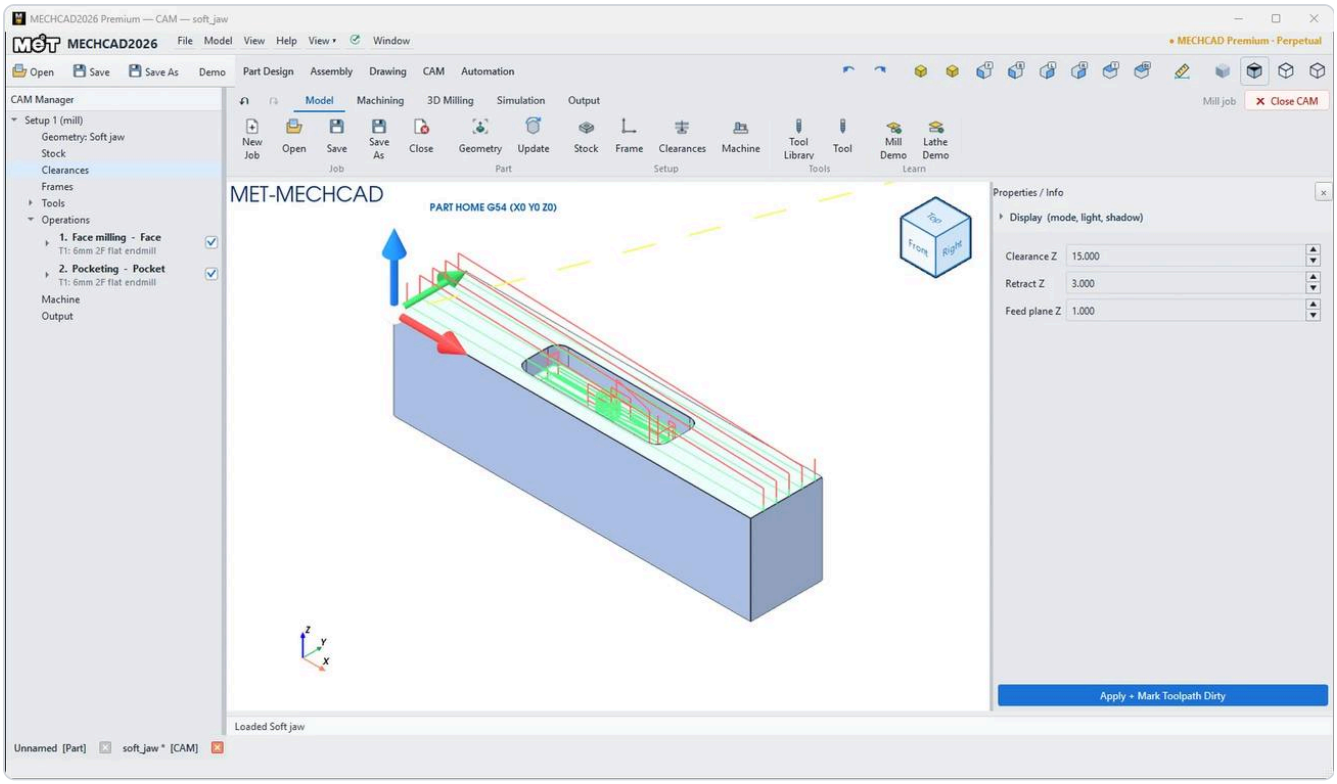
ตัวเลือก	ความหมาย
Bar stock	**Standard bar (default)** = ขนาดเพลามาตรฐานถัดไปที่เหลือเนื้ออย่างน้อย 1 mm บน Ø ชิ้นงาน (ไม่เกิน Ø ชิ้นงาน + 4), **Bar = part OD** = Ø เท่า Ø ใหญ่สุดของชิ้นงาน, **Manual D x L** = กำหนดเอง
Diameter D, Length L	ขนาดเพลา (mm) เมื่อพิมพ์ค่า D หรือ L เอง โหมดจะเปลี่ยนเป็น Manual D x L ให้อัตโนมัติ
Face allowance (in front of part)	เนื้อที่เผื่อหน้าชิ้นงานไว้ให้ Operation ปาดหน้า ค่าเริ่มต้น 2 mm

กล่องสรุปแสดง *Part: OD … x L … mm*, *Stock: … D… x L…* และระยะเผื่อหน้ากับความยาวส่วนจับด้านหลังชิ้นงาน (*… mm to face, … mm behind the part (chuck grip)*) เมื่อเปลี่ยนขนาดเพลา Operation กลึงที่ยังใช้ค่าจากเพลาเดิม (รัศมีมีเพลา เนื้อปาดหน้า ระยะเข้ามีด) จะปรับตามเพลาใหม่ ส่วนค่าที่ผู้ใช้พิมพ์เองจะคงไว้

Frame (WCS)

ตัวเลือก	ความหมาย
WCS	G54–G59
WCS +Z (spindle) = model / WCS +X = model	ทิศแกนเครื่องเทียบชิ้นงาน (±X, ±Y, ±Z)
Origin	custom, top xmin ymin, top xmin ymax, top xmax ymin, top xmax ymax, top center, bottom xmin ymin
Origin X/Y/Z (model) / G54 zero X/Y/Z (part)	พิกัดจุดศูนย์
Flip (turn the part over) / Rotate about Z	พลิกชิ้นงานกลับด้าน และหมุนรอบแกน Z
Work zero (G54) on stock	วาง G54 ที่จุดของ Stock: มุม กึ่งกลางขอบ หรือกึ่งกลางผิวบน (top …), bottom centre, bottom xmin ymin หรือ custom
Pick G54 on model	คลิกจุดสีส้มบนมุม/ศูนย์กลางของ Stock หรือชิ้นงาน (Esc = ยกเลิก)

Clearances



Clearances

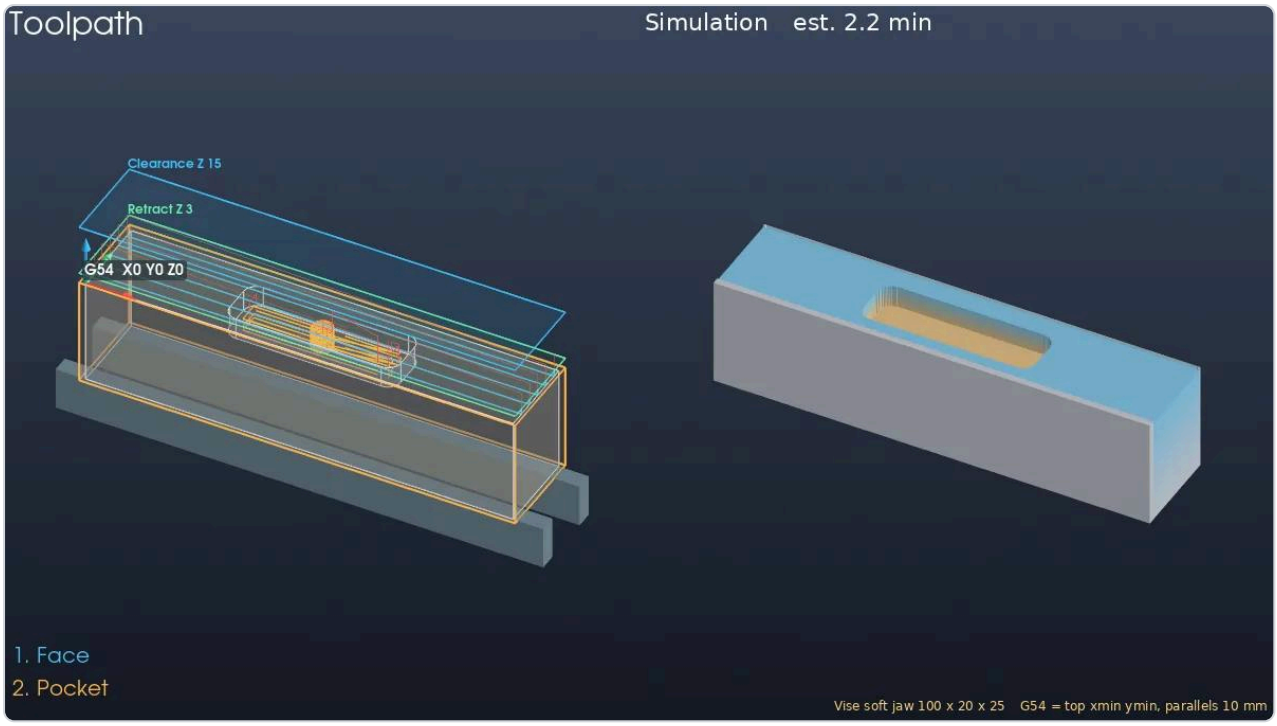
ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Clearance Z	25	ระดับปลอดภัยสำหรับเคลื่อนที่เร็ว
Retract Z	5	ระดับยกมีดระหว่าง Operation
Feed plane Z	1	ระดับเริ่มป้อนตัด

ทุกแผงจบด้วยปุ่ม **Apply + Mark Toolpath Dirty** (ใช้ค่าแล้วกำหนดให้คำนวณทางเดินมีดใหม่)

ลองทำตาม: ตั้งปากกาอ่อน (soft jaw) บนแผ่นรอง

ปากกาอ่อนมักเป็นงานชิ้นแรกที่ช่างกลึงกัดไว้ใช้กับปากกาจับงานของตัวเอง ชิ้นนี้คือปากกาอ่อนอะลูมิเนียม 100 × 20 × 25 มี ช่องรับชิ้นงาน 40 × 12 เราจะย้าย G54 ไปที่มุมบนซ้ายด้านหน้า วางชิ้นงานบนแผ่นรองสูง 10 มม. และตั้งระยะยกมีดให้กระชับขึ้น

1. สร้างโมเดลปากกาอ่อน วาดสี่เหลี่ยม 100 × 20 แล้ว **Extrude** สูง 25 มม. สเก็ตช์บนผิวบนเป็นสี่เหลี่ยม 40 × 12 ห่างขอบซ้าย 30 มม. และขอบหน้า 4 มม. มุมโค้ง R3 แล้ว **Extrude Cut** ลึก 5 มม.
2. **CAM** › **New Job** › **Mill Template**
3. ตั้ง **Frame** ก่อน เลือก **Origin** เป็น `top xmin ymin` แล้วกด **Apply + Mark Toolpath Dirty** ตอนนี้ผิวบนของชิ้นงาน คือ Z0 และมุมซ้ายด้านหน้าคือ X0 Y0 โปรแกรมจะปรับ Stock ให้พอดีกับชิ้นงานใหม่
4. จากนั้นตั้ง **Stock** เลือกเป็น **Part + allowance** (โปรแกรมเติมค่าเผื่อด้านบน 0.5 มม. ให้ ผิวบนจึงมีเนื้อให้ปาด) ใส่ **Support height (parallels)** เป็น 10 แล้วกด Apply (ต้องตั้ง Stock หลัง Frame เพราะการกด Apply ที่ Frame จะปรับ Stock ใหม่)
5. ตั้ง **Clearances** เป็น Clearance Z 15, Retract Z 3, Feed plane Z 1 แล้วกด Apply
6. เพิ่ม **Face** ที่ผิวบน และ **Pocket** ที่พื้นช่อง ตอนนี้ Pocket จะกัดจาก Top Z 0 ลงไปถึง Floor Z −5
7. กด **Simulate** (ราว 2.2 นาที) แล้วเปิดดู G-code จะเห็นว่าเที่ยวปาดผิวกัดที่ `Z0` และ Pocket ลงไปหยุดที่ Z−5



ปากกาอ่อน: G54 ที่มุมบนซ้ายด้านหน้า แผ่นรองสูง 10 มม. Clearance Z 15 และ Retract Z 3

ลองต่อยอด: เปลี่ยน **WCS** เป็น G55 แล้วสร้าง G-code ใหม่ ส่วนหัวโปรแกรมจะเรียก G55 แทน G54

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

Tool Library และค่ามีด Premium

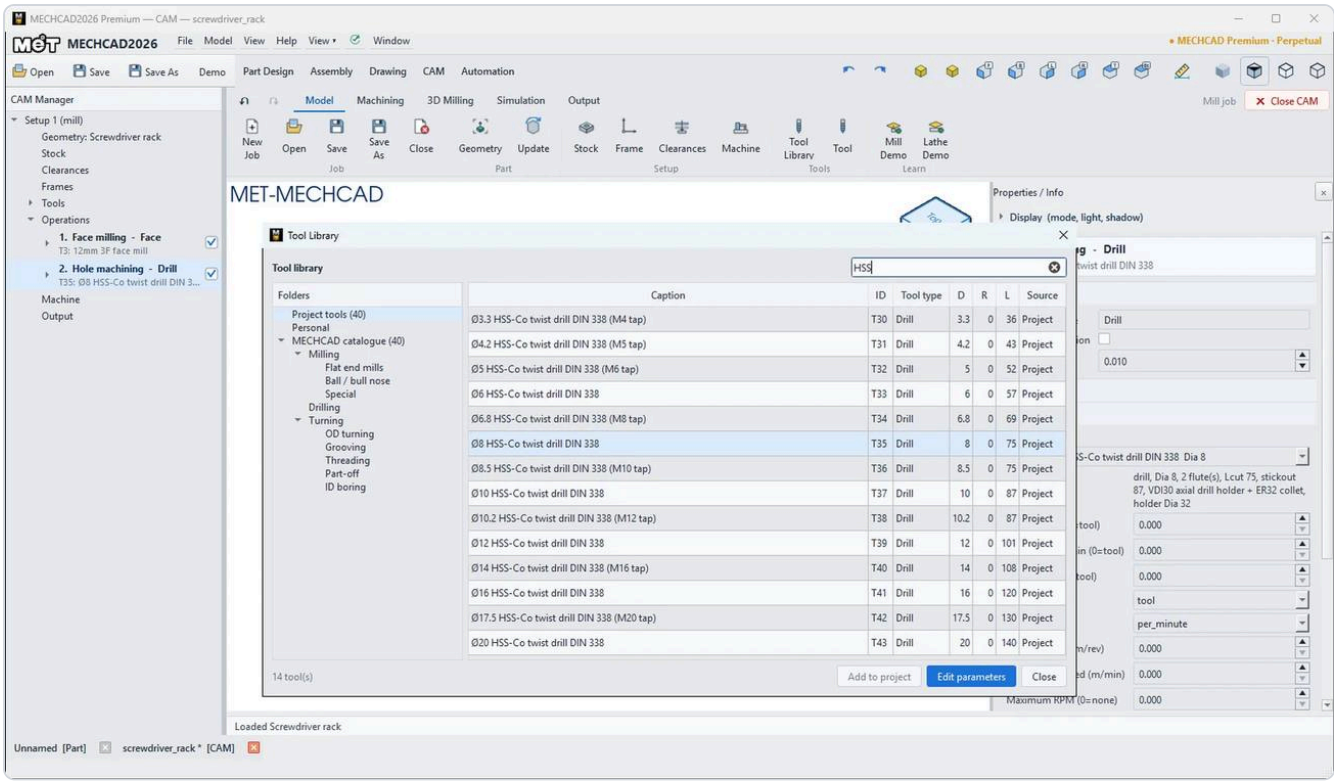
เลือกมีดจากคลัง กำหนดขนาด Holder ความเร็วรอบ และอัตราป้อนเริ่มต้น

ใช้ทำอะไร

จัดการมีดที่ใช้ในงาน มีดใน **Project tools** คือมีดของงานนี้

อยู่ที่ไหน

Model › Tools › Tool Library และโหนด **Tools** ใน CAM Manager



หน้าต่าง Tool Library

ส่วน	ความหมาย
Search caption / ID / group / Ø...	ค้นหามีดจากชื่อ รหัส กลุ่ม หรือขนาด (เช่น `drill 8`)
Folders	**Project tools**, **Personal** และ **MECHCAD catalogue** แต่ละโฟลเดอร์แบ่งเป็นกลุ่มตามชนิดมีด (ดูตารางด้านล่าง) หน้าต่างจะเปิดที่กลุ่มของ Operation ที่เลือกอยู่
Caption, ID, Tool type, D, R, L, Source	คอลัมน์
New tool...	สร้างมีดใหม่ในกล่อง Tool
Add to project	คัดลอกมีดจาก catalogue หรือ Personal เข้างาน
Edit parameters	แก้ค่า (หรือดับเบิลคลิก)

คลังมีดมาตรฐานแบ่งตามกลุ่ม

MECHCAD catalogue มีมีดมาตรฐานระบบเมตริกที่หาซื้อได้ทั่วไป (รหัส T100 ขึ้นไป) เพิ่มจากชุดมีดเดิม ค่า S / F ของมีดมาตรฐานเป็นค่าเริ่มต้นทั่วไป ควรปรับตามวัสดุและมีดจริง

กลุ่ม	ตัวอย่างในคลัง
Face	Face mill D32–80 (R0.8)
Flat	ดอกเอ็นมิล 2F / 3F / 4F D1–20 และแบบคอยาว
Bull nose	D4–20 มุมโค้ง R0.5 ขึ้นไป
Ball	D1–16

กลุ่ม	ตัวอย่างในคลัง
Drill	ดอกสว่าน HSS D1–13 ทุก 0.5 mm ดอกเจาะรูต๊าป และดอกคาร์ไบด์
Spot/Center	ดอกนำศูนย์ 90°
Tap	ต๊าป M3–M12
Reamer	รีมเมอร์ H7
Bore	Bore head
Chamfer	Chamfer mill 90° และ 60° พร้อมขนาดปลาย (tip)
Thread mill	M4 ขึ้นไป
Slot/T-slot	T-slot และ dovetail 45° / 60°
Corner round	R0.5–R5
Engrave	V engraver 60°
Lathe	มีดกลึง แบ่งย่อยเป็น OD turning / ID boring / Grooving / Threading / Part-off

กลุ่มเดียวกันนี้ใช้ทุกที่ที่เลือกมีด: โหนด **Tools** ใน CAM Manager แสดงมีดของงานแยกตามกลุ่ม (เช่น *Drill (5)*) และช่องเลือกมีดในหัวข้อ **Tool** ของกล่อง Operation เรียงมีดตามกลุ่มโดยให้กลุ่มของ Operation นั้นขึ้นก่อน แต่ละแถวแสดงขนาด Ø และมีช่อง *Filter tools: name, group, Ø …* ไว้กรอง

ค่าของมีดที่สำคัญ

ช่อง	ความหมาย
Tool name / Tool type	ชื่อ / ชนิด (endmill, ball, bull, drill, center_drill, chamfer, corner_round, engraver, tap, reamer, boring, threadmill, tslot, dovetail, turning)
Included / point angle (deg), Tip diameter	มุมรวมของปลายมีด และขนาดปลายแบน (มีด chamfer, engraver, ดอกนำศูนย์ และมุมปลายดอกสว่าน)
Diameter / insert width, Flutes, Corner / nose radius	ขนาดมีด
Cutting length (0 = 3×D), Stickout	ความยาวคมและยื่น
Holder diameter, Holder length, Arbor / holder style	Holder (เช่น BT40-ER32, HSK63A, PCLNR 2020) ใช้ตรวจการชน
Turning insert ISO code, shape, orientation, holder hand	ค่าของมีดกลึง
Turret station, Geometry/wear offset, Tool-tip orientation code	ค่าป้อมมีด (กลึง)
Spindle direction, Default RPM, Default cut feed, Default plunge feed	ความเร็วรอบ (6000) และอัตราป้อน (300 / 100) เริ่มต้น
Default stepover / stepdown	ระยะกินข้าง (0.4×D) / ลึก (1) เริ่มต้น

ช่อง	ความหมาย
Tool material, Default coolant, CSS surface speed, maximum RPM	วัสดุมีด น้ำหล่อเย็น ความเร็วผิว

มีด Chamfer

มีด chamfer (ลบมุม) ใช้ค่า **Included angle (A)** (มุมรวม เช่น 90° หรือ 60°) และ **Tip dia (d)** (ขนาดปลายแบน) โปรแกรมใช้สองค่านี้วางกรวยมีดให้ทับแนวลบมุมพอดี: Operation **Chamfer** ตั้ง **Chamfer width** (ค่าเริ่มต้น 0.5) และ **Tip offset** (ระยะที่ปลายมีดลงต่ำกว่าก้นแนวลบมุม ค่าเริ่มต้น 0) ในหัวข้อ **Path Setting** ของกล่อง Operation แล้วแสดงตำแหน่งที่คำนวณได้ เช่น *Tool axis 3.000 mm off the edge, tip at Z-3.000 (A90, tip d2)* ถ้าแนวลบมุมกว้างเกินมีดจะขึ้นข้อความ *chamfer too wide for the tool* ถ้าคลิกผิวลบมุมที่มีอยู่ในโมเดล โปรแกรมใช้ขอบคมและความกว้างจากผิวนั้นให้

กล่อง Tool (สร้าง / แก้มีด)

กด **New tool...** หรือคลิกขวาที่มีดใน CAM Manager › **Edit Tool...** จะเปิดกล่อง **Tool** แบบลอย มีแท็บ **Cutter** / **Holder** / **Speeds** และรูปมีดที่วาดตามค่าพร้อมตัวอักษรกำกับ (D, L, FL, SD, R, A ...)

ส่วน	ความหมาย
Type / Subtype	Mill (End, Ball, Bull / Radius, Chamfer, Spot, Thread mill, T-slot, Dovetail, Engrave (V), Corner round, Bore head), Drill (Drill, Spot, Reamer), Tap, Lathe (Turning insert)
Cutter	Cutter dia (D), Tool length (L), Flute length (FL), Shank dia (SD), Radius (R), Included angle (A), Tip dia (d), Pitch (P), Flutes (F) แสดงเฉพาะช่องของชนิดนั้น
Holder	Holder, Holder dia, Holder / gauge length, Stickout (gauge to tip)
Speeds	Spindle S (rpm), Feed F (mm/min), Plunge (mm/min), Coolant, H offset, D offset (ค่า = *tool no.* คือใช้เลขมีด)
Add to Lib / Load Tool Shape / Save All / Load All	เก็บมีดเข้าคลัง Personal และนำเข้า / ส่งออกมีดเป็นไฟล์ `.mettool`
OK / Apply / Reset / Delete / Cancel	ใช้ค่า / ยกเลิก / ลบมีด

เมื่อแก้มีดที่ใช้อยู่ ทางเดินมีดของ Operation ที่ใช้มีดนั้นจะถูกกำหนดให้คำนวณใหม่ และรูปมีดในการจำลองจะเปลี่ยนตาม (ดู Simulation)

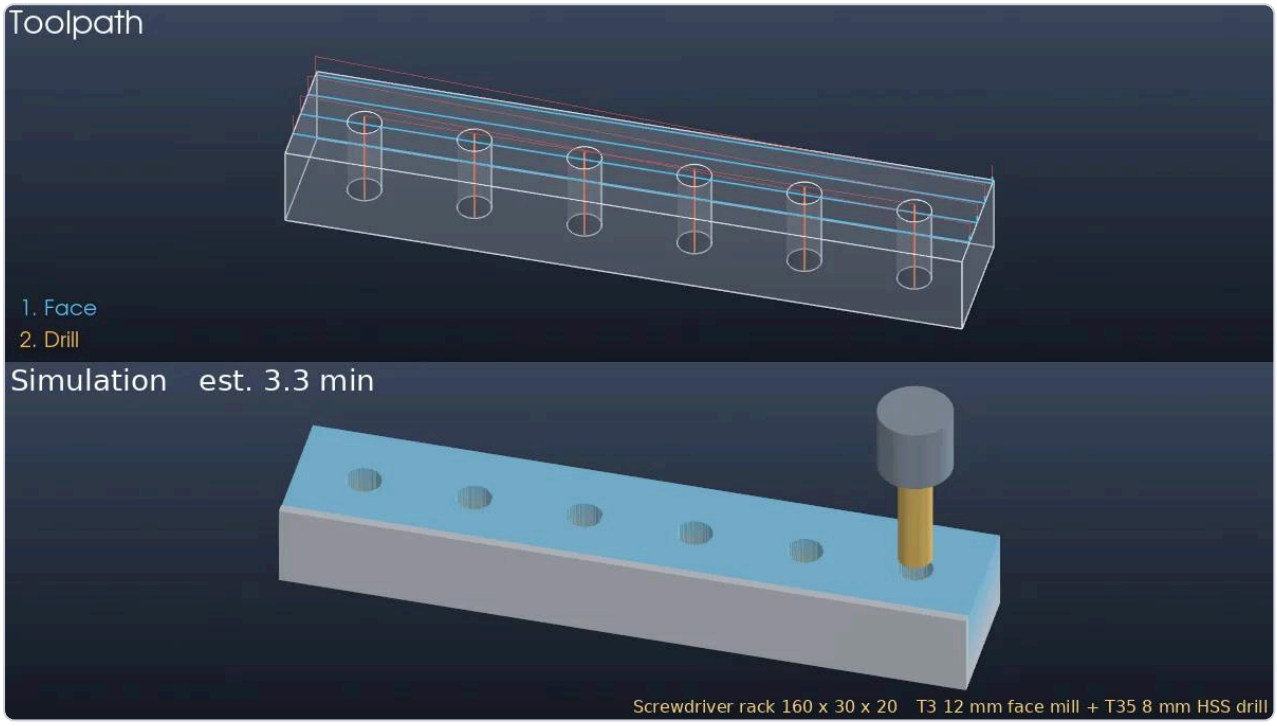
ลองทำตาม: เลือกมีดให้ถูกงานสำหรับแท่นเสียบไขควง

แท่นไขควงขนาด 160 × 30 × 20 มีรู Ø8 หกรู ไว้เสียบไขควงให้ตั้งเรียงบนโต๊ะช่าง ถ้าใช้ค่าเริ่มต้น Operation จะใช้ดอกเอ็นมิล 6 มม. และดอกสว่าน 6 มม. ซึ่งผิดขนาด ตัวอย่างนี้จะเลือกมีดที่ถูกต้องจากคลัง

1. สร้างก้อน 160 × 30 × 20 บนผิวบนวาดวงกลม Ø8 หกวงที่ Y 15 และ X 15, 41, 67, 93, 119, 145 แล้ว **Extrude Cut** แบบ **Through All**
2. **CAM** › **New Job** › **Mill Template** ใน **Stock** เลือก **Part + allowance** (เผื่อเนื้อด้านบน 0.5 มม. ให้ปาดผิว) และตั้ง **Support height (parallels)** เป็น 5 เพื่อให้ดอกสว่านเจาะทะลุได้
3. กด **Model** › **Tools** › **Tool Library** พิมพ์ `HSS` ในช่องค้นหา แล้วเลือก **Ø8 HSS-Co twist drill DIN 338** (T35) ดอกนี้อยู่ใน **Project tools** อยู่แล้ว (ถ้าเป็นมีดจากโฟลเดอร์ **MECHCAD catalogue** ให้กด **Add to project** เพื่อคัด

ลอกเข้างาน)

4. กด **Edit parameters** แล้วตั้ง **Default RPM** เป็น 1000
5. เพิ่ม **Face** ที่ผิวบน ในหัวข้อ **Tool** ของกล่อง Operation เลือก **T3 12mm 3F face mill** จำนวนเที่ยวปาดจะน้อยกว่ามีด 6 มม. ที่เป็นค่าเริ่มต้นมาก
6. เพิ่ม **Drill** โดยคลิกผนังรูทั้งหกรู แล้วกด **Enter** Smart Hole เลือกดอก Ø8 ตัวแรกของงานให้เอง คือ **T35** และตั้ง **Depth** 22.903 (ความหนา 20 มม. + ปลายดอก 118° + 0.5 มม. ให้ทะลุ) ตั้ง **Peck depth** เป็น 4
7. กด **Simulate** เวลาที่ประเมินได้ราว 3.3 นาที และใน G-code จะเห็นการเปลี่ยนมีดด้วย `T35 M06` และ `S1000`



แท่นไขควง: เที่ยวปาดของ Face mill และรู Ø8 หกรู โดยมีดอกสว่าน 8 มม. อยู่ที่รูสุดท้าย

ลองต่อยอด: เพิ่ม **Chamfer** ที่ขอบบนของรูหนึ่งรูด้วย **T20 6mm 90deg Chamfer Mill** ให้เสียบไขควงลงได้ลื่นขึ้น

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

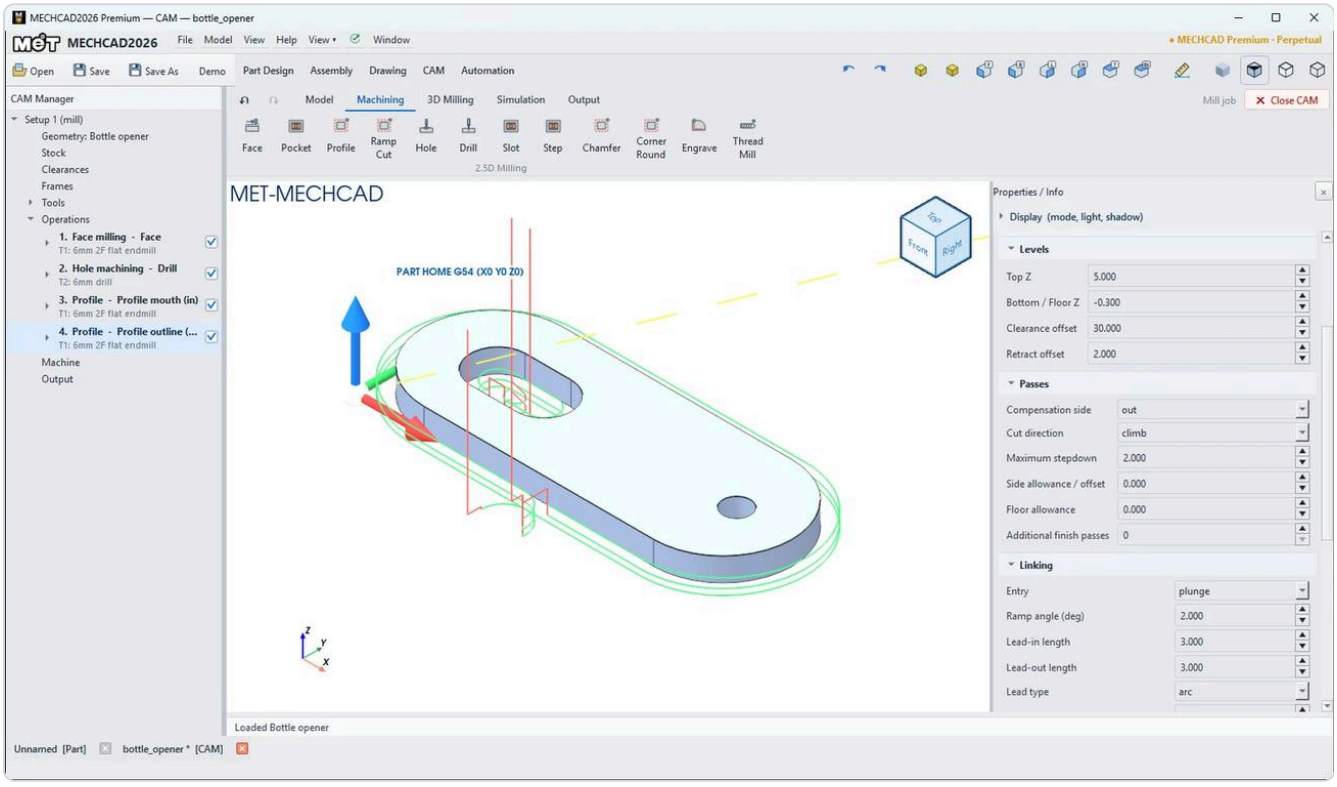
Operation Parameters (ค่าของ Operation) Premium

ความหมายของหัวข้อในกล่อง Operation และหน้า General, Geometry, Tool, Levels, Passes, Linking และ Stock รวมถึง Tool Compensation (D-offset)

ใช้ทำอะไร

คลิกครั้งเดียวที่ Operation ใน CAM Manager เป็นการเลือกเท่านั้น ดับเบิลคลิก (หรือคลิกขวา › **Edit Parameters**) เพื่อเปิดกล่อง Operation ใต้ CAM Manager และแสดงทางเดินมีด กล่องแบ่งเป็นหัวข้อพับได้ ช่องที่ไม่เกี่ยวกับ Operation นั้นจะไม่แสดง

หัวข้อในกล่อง	ความหมาย
Features	Input type, ปุ่ม Add / Done / Remove / Reverse / Open/Close ของขอบ/ผิวที่เลือก, Pick, Toolpath side
Tool	เลือกมีด (เรียงตามกลุ่มมีด มีช่องกรอง) และ Speed S / Feed F
Depths	Top Z, Bottom Z, Stepdown
Strategy and steps	รูปแบบ Pocket, Stepover, Cuts, *Moves outside the stock as rapids*
Path Setting	**Tool Compensation** และ **D register** (Profile, Ramp Cut, Chamfer, Corner Round) และ **Chamfer width** / **Tip offset** (Chamfer)
Lead in / Lead out	การเข้าและออกมีด
Limiting: Check surfaces	ผิวที่ห้ามมีดกัด (ปุ่ม Pick surfaces / Clear)
Holes	ตาราง Smart Hole ของ Operation เจาะ (ดู Drill และ Hole)
Parameters	ทุกหน้าค่าในตารางด้านล่าง



ค่าของ Operation Profile

หัวข้อ	ช่องสำคัญ
General	Operation name, Suppress operation, Tolerance (mm) 0.01
Geometry	Source (model / faces / sketch / feature / profile), Edge chain, ปุ่ม Select Faces / Select Sketch/Chain / Select Feature
Tool	Cutter / insert, Spindle RPM (0=tool), Cut feed mm/min (0=tool), Plunge feed (0=tool), Coolant, Feed mode, CSS, Maximum RPM

หัวข้อ	ช่องสำคัญ
Levels	Top Z, Bottom / Floor Z, Depth, Clearance offset (5), Retract offset (2)
Passes	Cutting tactic (zigzag / concentric), Compensation side (out / in / on), Cut direction (climb / conventional / both), Stepover, Maximum stepdown, Stock to leave, Finish allowance, Peck depth
Linking	Entry (plunge / ramp / helix / outside), Ramp angle 2°, Lead-in / Lead-out length, Lead type (arc / line / none), Tool Compensation (None / Computer, Offset (G41/G42 on contour), Wear (G41/G42 on centre path)), D register (0=tool no.), Output arcs (G2/G3), Transfer mode, Skip air cuts
Stock	Input stock (ignore / previous / reference), Reference operation, Publish result to downstream ops
Turning (งานกลึง)	Cut region (OD / ID / face / profile / axial), NC cycle output, Longitudinal direction, Thread infeed, Thread / Spring passes

Tool Compensation (D-offset)

ค่า	ความหมาย
None / Computer	โปรแกรมชดเชยรัศมีมีดเอง NC เดินตามแนวศูนย์กลางมีด ไม่มี G41/G42 (ค่าเริ่มต้น)
Offset (G41/G42 on contour)	NC เดินตามขอบชิ้นงาน ใส่ G41/G42 + D ที่ช่วงเข้ามีด และ G40 ที่ช่วงออกมีด เครื่องชดเชยตามรัศมีใน D
Wear (G41/G42 on centre path)	NC เดินตามแนวศูนย์กลางมีด พร้อม G41/G42 + D โดย D เก็บเฉพาะค่าสึกหรอ
D register (0=tool no.)	เลขทะเบียน D ที่ส่งไปกับ G41/G42 ค่า 0 = ใช้ **D offset** ของมีด (แท็บ Speeds ในกล่อง Tool) หรือเลขมีด

ดูรายละเอียดและตัวอย่างที่ Profile และ Ramp Cut

เมนูคลิกขวาที่ Operation

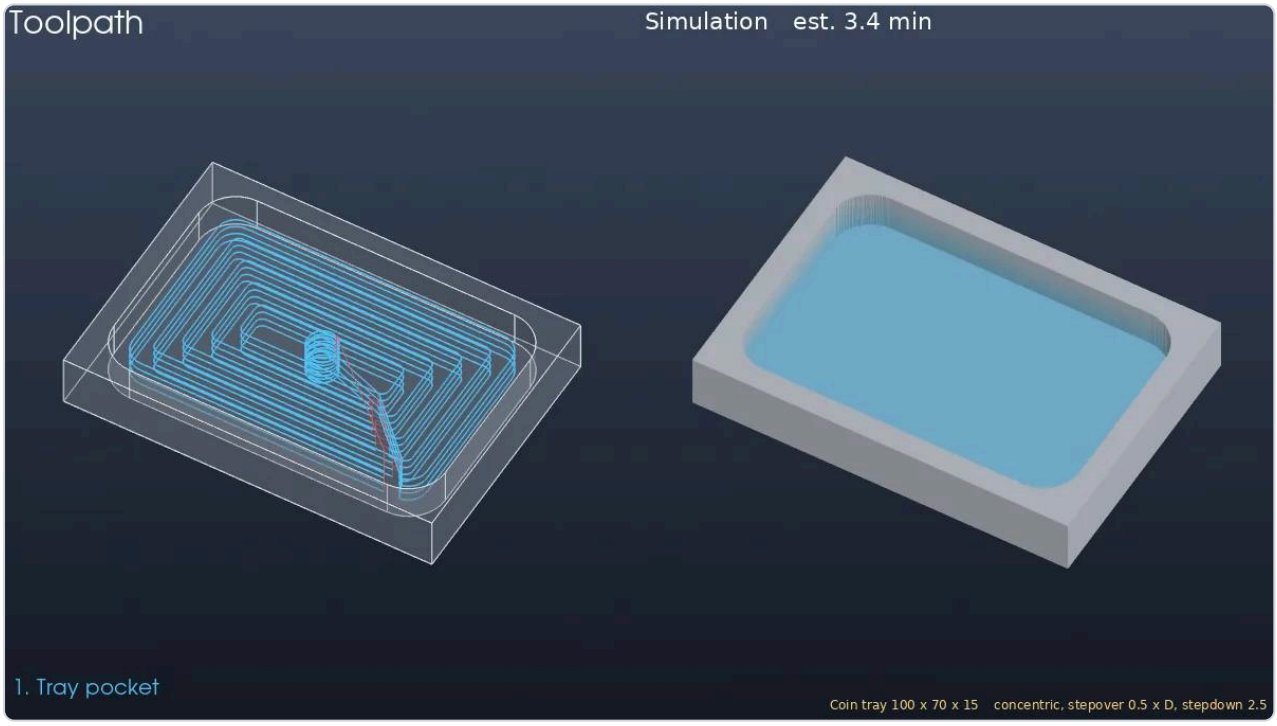
เมนู	ความหมาย
Edit Parameters	เปิดกล่อง Operation
Simulate this operation	จำลองเฉพาะ Operation นี้
Recalculate	คำนวณทางเดินมีดใหม่
Duplicate	สำเนา (*<ชื่อ> copy*)
Move Up / Move Down	เลื่อนลำดับ Operation (Alt+Up / Alt+Down หรือลากวาง)
Change type...	เปลี่ยนชนิด Operation โดยคงขอบ/ผิวที่เลือก มีด ความลึก และการเข้าออกมีดไว้
Change Tool ›	เปลี่ยนมีด
Rest machining from ›	(3D) ตัดเฉพาะเนื้อที่เหลือจาก Operation ก่อนหน้า
Show / Hide Toolpath, Hide All Toolpaths	แสดง/ซ่อนทางเดินมีด
Delete	ลบ (ถามยืนยัน)

> **หมายเหตุ:** ติ๊กออกที่ช่องหน้า Operation เพื่อ Suppress (ชื่อขึ้นต้น *[Suppressed]*) แถวย่อย Tool:, Geometry:, Tactic:, Levels:, Cutting:, Linking: ใต้แต่ละ Operation คลิกเพื่อไปยังหัวข้อนั้นได้ทันที

ลองทำตาม: ปรับจูน Pocket ของถาดใส่เหรียญ

ถาดวางบนโต๊ะขนาด 100 × 70 × 15 ไว้ใส่เหรียญและกุญแจ สร้าง Pocket เพียงตัวเดียว แล้วปรับค่าทีละช่องในกล่อง Operation

1. วาดสี่เหลี่ยม 100 × 70 แล้ว **Extrude** สูง 15 มม. สเก็ตช์บนผิวบนเป็นสี่เหลี่ยม 90 × 60 ห่างขอบทุกด้าน 5 มม. มุมโค้ง R10 แล้ว **Extrude Cut** ลึก 10 มม.
2. **CAM** › **New Job** › **Mill Template** กด **Pocket** คลิกพื้นถาด แล้วกด **Enter**
3. ดับเบิลคลิก Operation ใน CAM Manager ในหน้า **General** ของหัวข้อ **Parameters** ตั้ง **Operation name** เป็น `Tray pocket`
4. ในหัวข้อ **Tool** ตั้ง **Cutter / insert** เป็น **T13** (10 มม.), **Spindle RPM** เป็น 4000 และ **Cut feed** เป็น 1200
5. ในหัวข้อ **Passes** ตั้ง **Cutting tactic** เป็น `concentric`, **Stepover** เป็น 0.5, **Maximum stepdown** เป็น 2.5 และ **Corner smoothing radius** เป็น 2
6. ในหัวข้อ **Linking** คง **Entry** เป็น `helix` และตั้ง **Ramp angle** เป็น 3
7. คลิกขวาที่ Operation › **Recalculate** แล้วกด **Simulate** เวลาที่ประเมินได้ราว 3.4 นาที และใน G-code จะเห็น `T13`, `S4000` และการเข้ามีดแบบเกลียวด้วย G03 ที่ F1200



ถาดใส่เหรียญ: ทางเดินมีดแบบวงซ้อนที่เข้ามีดแบบ helix และถาดที่เสร็จแล้ว

ลองต่อยอด: คลิกขวา › **Duplicate** แล้วเอาติ๊กหน้า Operation ตัวเดิมออกเพื่อพักไว้ ตั้งตัวที่คัดลอกกลับเป็น `zigzag` ดูว่าแบบไหนเร็วกว่ากันสำหรับถาดนี้

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

Face และ Pocket (2.5D) Premium

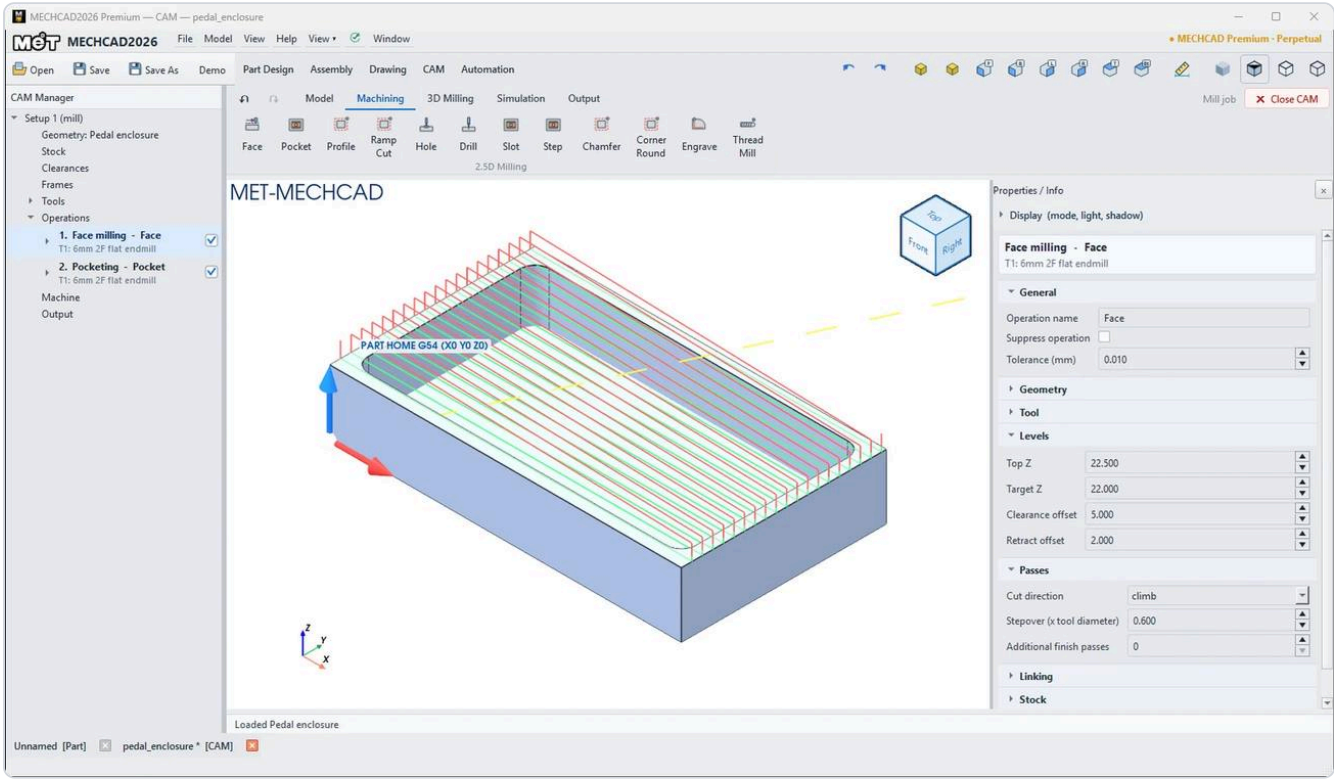
ปาดผิวหน้าและกัดช่องหลุมแบบ 2.5 แกน

ใช้ทำอะไร

- **Face** ปาดผิวหน้าชิ้นงานให้เรียบ (stepover 0.6×D)
- **Pocket** กัดช่องหลุม แบบ zigzag หรือ concentric เข้ามีดแบบ helix (stepover 0.4×D, stepdown 2)

อยู่ที่ไหน

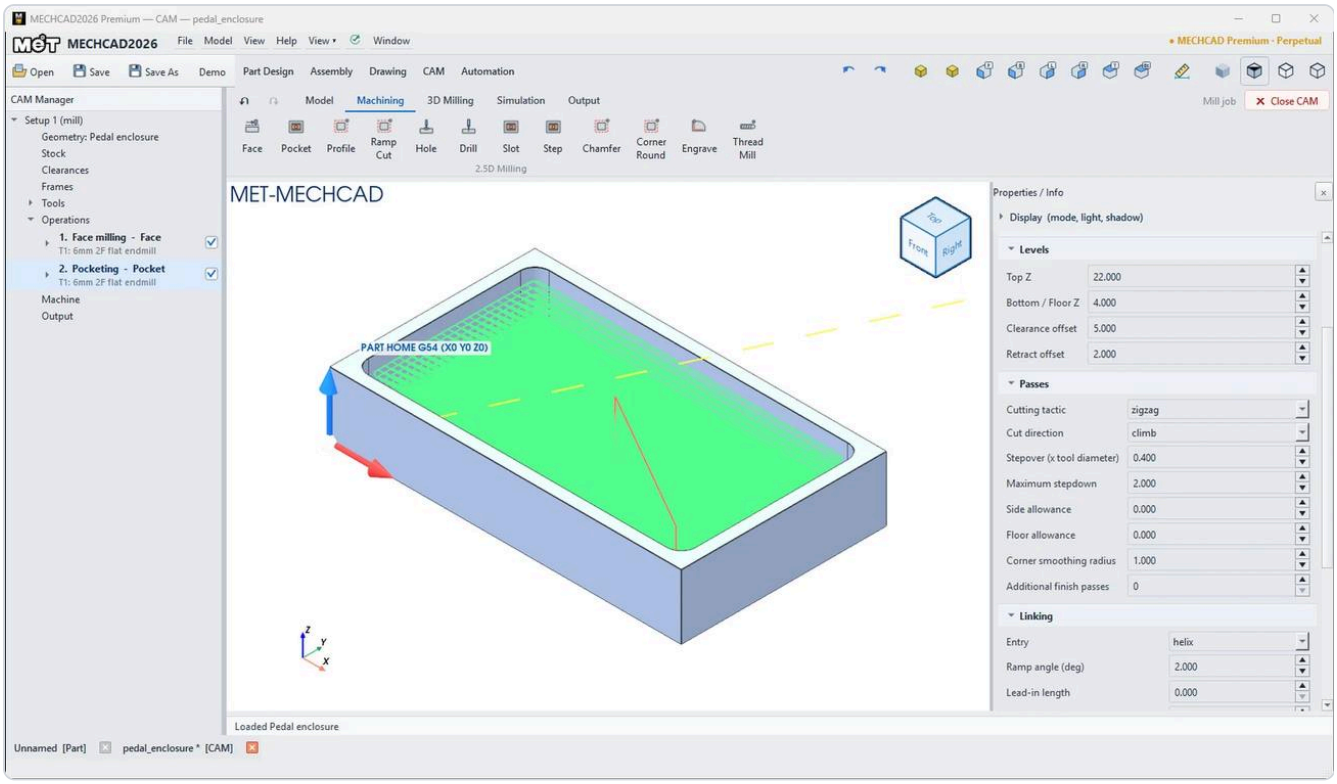
Machining › 2.5D Milling › Face / Pocket



Operation Face

ขั้นตอน

1. กด **Face** หรือ **Pocket**
2. คลิกหน้าผิวในมุมมอง (แถบสถานะ: *Pick face to create ..., then Enter/Esc*)
3. กด **Enter** เพื่อสร้าง Operation
4. ปรับค่าในแผง Properties แล้ว **Simulate**



Operation Pocket

ค่าเริ่มต้นสำคัญ	Face	Pocket
Stepover	0.6 × D	0.4 × D
Maximum stepdown	–	2 mm
Cutting tactic	–	zigzag
Entry	–	helix
Corner smoothing radius	–	1 mm

Slot และ **Step** ใช้ค่าแบบเดียวกับ Pocket (Slot = ร่องปิด, Step = ขั้นหรือช่องเปิด)

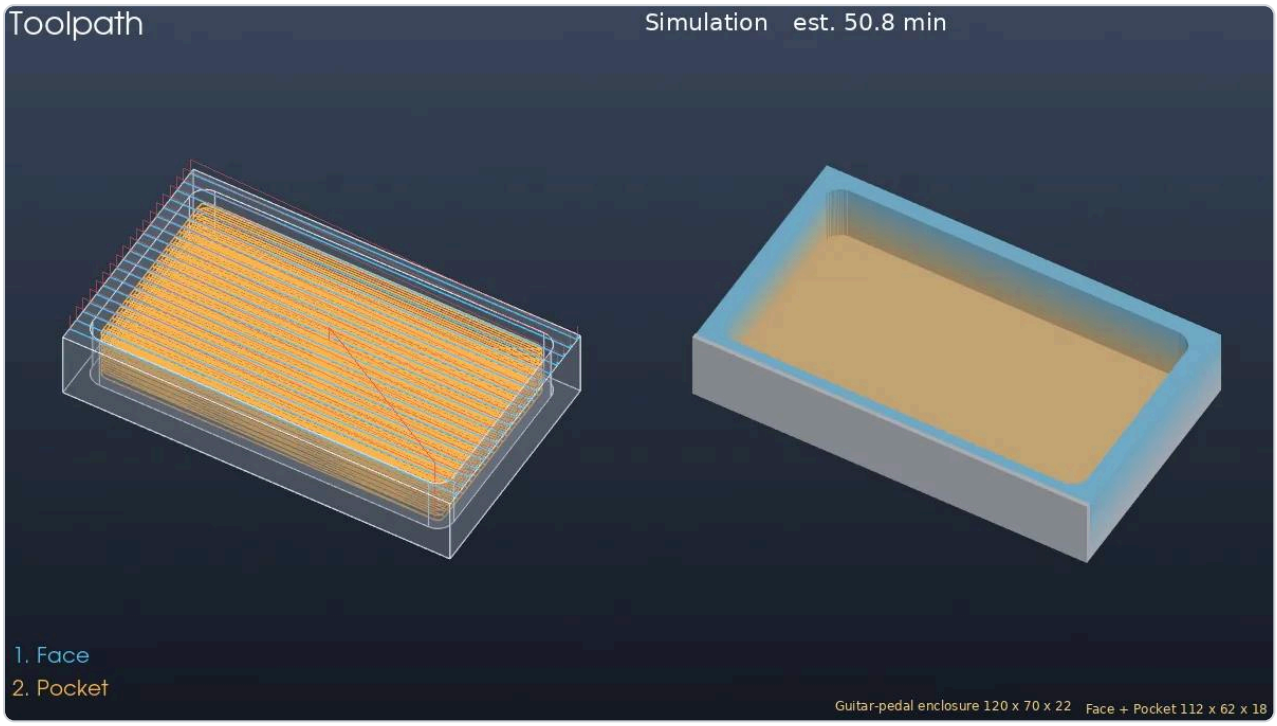
ทุก Operation แก้ค่าได้จากแผง **Properties** ด้านขวาเมื่อคลิก Operation ใน CAM Manager หัวข้อในแผง: **General**, **Geometry**, **Tool**, **Levels**, **Passes**, **Linking**, **Stock** (ดูความหมายแต่ละช่องที่ Operation Parameters)

ลองทำตาม: คว้านกล่องเอฟเฟกต์กีตาร์

คนทำเอฟเฟกต์กีตาร์เองยอมจ่ายแพงเพื่อให้ได้กล่องสวย ๆ ลองกัดเองจากก้อน 120 × 70 × 22 ปาดผิวบนก่อน แล้วคว้านช่อง 112 × 62 ลึก 18 มม. จะเหลือผนังและพื้นหนา 4 มม.

1. วาดสี่เหลี่ยม 120 × 70 แล้ว **Extrude** สูง 22 มม. สเก็ตช์บนผิวบนเป็นสี่เหลี่ยม 112 × 62 ห่างขอบทุกด้าน 4 มม. มุมโค้ง R5 แล้ว **Extrude Cut** ลึก 18 มม.
2. **CAM** › **New Job** › **Mill Template**
3. กด **Face** คลิกผิวบน แล้วกด **Enter** ค่าเริ่มต้นคือมีด T1 6 มม. stepover 0.6 × D และ Target Z 22
4. กด **Pocket** คลิกพื้นของช่อง แล้วกด **Enter** โปรแกรมอ่านค่า Top Z 22 และ Floor Z 4 จากผนังให้เอง Pocket นี้กัดแบบ zigzag เข้ามีดแบบ helix ใช้ stepover 0.4 × D และ stepdown 2 มม. ได้ 9 ชั้นพร้อมเที่ยวเก็บผนัง

5. ใน **Linking** ยกเลิกติ๊ก **Skip air cuts (G0 over cleared stock)** เพราะการคว้านช่องในก้อนตันนั้นทุกเที่ยวกัดอยู่ในเนื้อวัสดุอยู่แล้ว
6. กด **Simulate** จะใช้เวลาราว 48 นาที เพราะช่องลึก 18 มม. ถือว่าลึกสำหรับมีด 6 มม.



กล่องเอฟเฟกต์: ทางเดินมีด Face และ Pocket กับก้อนที่คว้านเสร็จ

ลองต่อยอด: เปลี่ยนมีดของ Pocket เป็น **T13** (10 มม. คมยาว 40 มม.) แล้วตั้ง **Maximum stepdown** เป็น 4 ดูว่าเร็วขึ้นเท่าไร

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

Profile และ Ramp Cut Premium

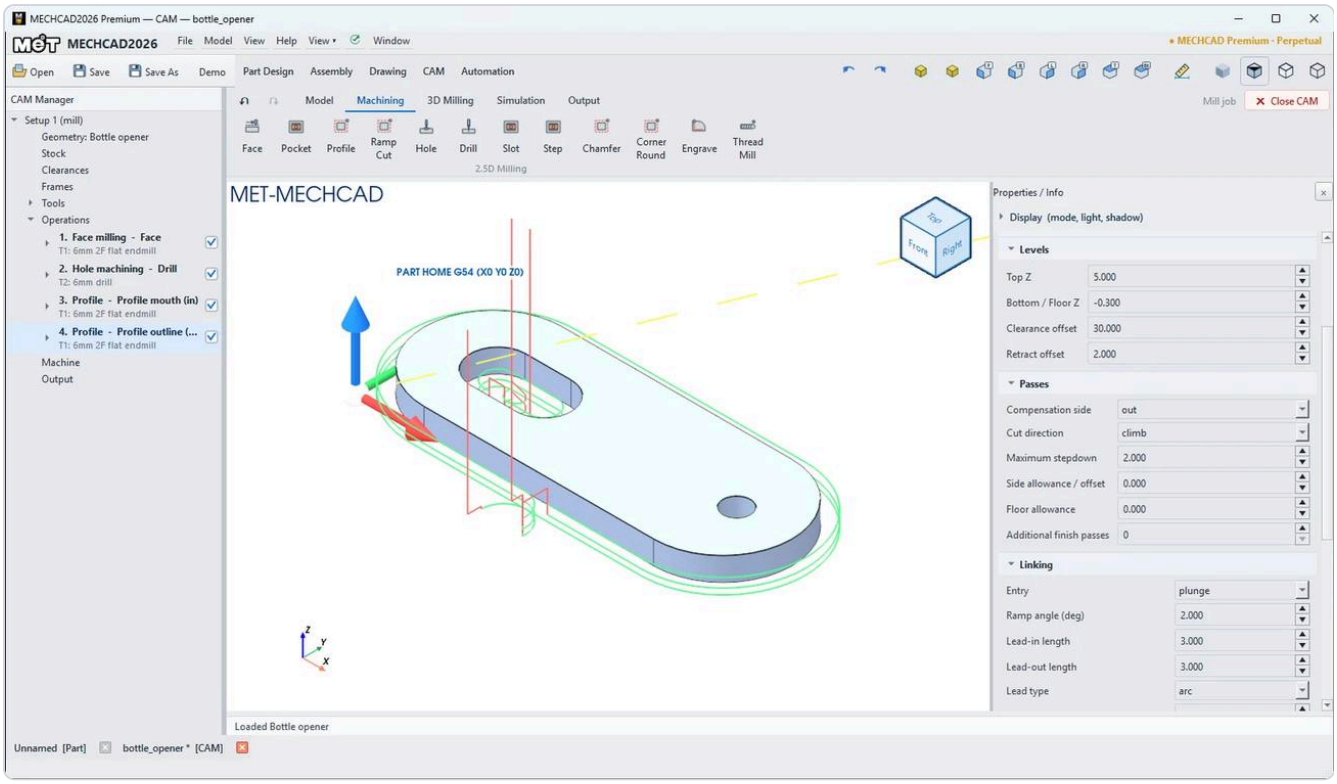
กัดตามขอบรอบนอก/ใน พร้อมชดเชยรัศมีมีด และกัดลาดลงตามขอบ

ใช้ทำอะไร

- **Profile** กัดตามขอบ (ด้านนอก ใน หรือบนเส้น) เข้าออกแบบส่วนโค้ง ชดเชยรัศมีด้วยคอมพิวเตอร์ หรือส่ง G41/G42 + เลข D ให้เครื่องชดเชยเอง (Tool Compensation)
- **Ramp Cut** กัดลาดลงต่อเนื่องตามขอบที่เลือก

อยู่ที่ไหน

Machining › 2.5D Milling › Profile / Ramp Cut



Operation Profile และค่าในแผง Properties

ขั้นตอน

1. กด **Profile**
2. คลิกขอบในมุมมอง (เลือกขอบต่อเนื่องอัตโนมัติ) แล้วกด Enter
3. ตั้ง **Compensation side**, **Maximum stepdown**, **Lead type** และ **Tool Compensation** แล้ว Simulate

ค่าเริ่มต้นสำคัญ	ค่า
Compensation side	out
Maximum stepdown	1 mm
Lead type	arc
Tool Compensation	None / Computer (ดูหัวข้อถัดไป)
D register	0 (= ใช้เลขมีด)
Edge chain	auto / loop / tangent / circle

Tool Compensation (D-offset)

ตั้งได้ในหัวข้อ **Path Setting** ของกล่อง Operation สำหรับ **Profile**, **Ramp Cut**, **Chamfer** และ **Corner Round** (และในหน้า **Linking** ของหัวข้อ **Parameters** ซึ่งมีช่อง **Tool Compensation** และ **D register (0=tool no.)** เช่นกัน)

Tool Compensation	G-code ที่ได้
None / Computer	โปรแกรมคำนวณแนวศูนย์กลางมีดเอง NC ไม่มี G41/G42 (ค่าเริ่มต้น)

Tool Compensation	G-code ที่ได้
Offset (G41/G42 on contour)	NC เดินตามเส้นขอบชิ้นงานจริง ใส่ G41/G42 + D ที่ช่วงเข้ามีด และ G40 ที่ช่วงออกมีด เครื่องจะชดเชยรัศมีมีดตามค่าใน D register
Wear (G41/G42 on centre path)	NC เดินตามแนวศูนย์กลางมีด พร้อม G41/G42 + D โดย D register เก็บเฉพาะค่าสึกหรอ (wear) ไว้ปรับขนาดที่หน้าเครื่อง

D register คือเลขทะเบียนรัศมีที่ส่งไปกับ G41/G42 ใช้ได้เมื่อเลือก Offset หรือ Wear ค่า 0 (แสดงเป็น *tool no.*) หมายถึงใช้ค่า **D offset** ของมีด (แท็บ **Speeds** ในกล่อง Tool) และถ้ามีดไม่ได้ตั้งไว้ ก็ใช้เลขมีด

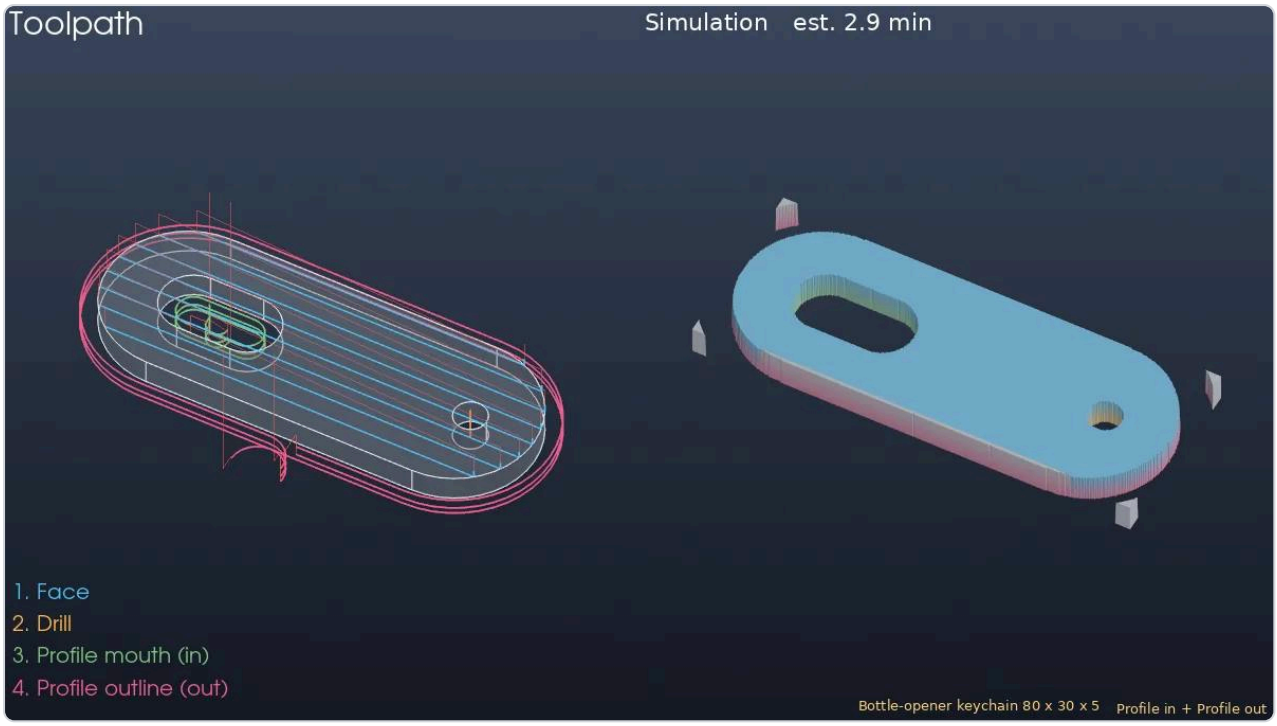
Chamfer (ลบมุมด้วยมีด V, กว้าง 0.5 mm), **Corner Round** (มน R1) และ **Engrave** (แกะตามเส้น) ใช้การเลือกขอบแบบเดียวกัน ดู Operation 2.5D อื่นๆ

ดับเบิลคลิก Operation ใน CAM Manager เพื่อเปิดกล่อง Operation แก้ค่าได้ทุกช่อง หัวข้อ **Parameters** ในกล่องมีหน้า **General**, **Geometry**, **Tool**, **Levels**, **Passes**, **Linking**, **Stock** (ดูความหมายแต่ละช่องที่ Operation Parameters)

ลองทำตาม: ตัดพวงกุญแจที่เปิดขวด

พวงกุญแจอะลูมิเนียม 80 × 30 × 5 มีช่องไว้งัดฝาขวด งานนี้ใช้ Profile สองตัว ตัวหนึ่งเดินด้านในช่องที่เปิดขวด อีกตัวเดินรอบเส้นรอบนอก

1. วาดรูปทรงรอบนอกเป็นรูปสล็อตยาว 80 มม. กว้าง 30 มม. (ปลายโค้ง R15) แล้ว **Extrude** หนา 5 มม. บนผิวบนวาดสล็อต 22 × 12 ที่ศูนย์กลางปลายทั้งสองอยู่ที่ X 16 และ X 26 (Y 15) กับวงกลม Ø6 ที่ X 68 Y 15 แล้ว **Extrude Cut** ทั้งสองแบบ **Through All**
2. **CAM** › **New Job** › **Mill Template** ใน **Stock** เลือก **Part + allowance** (เผื่อเนื้อด้านบน 0.5 มม. ให้ปาดผิว) และตั้ง **Support height (parallels)** เป็น 3
3. เพิ่ม **Face** ที่ผิวบน และเพิ่ม **Drill** ที่รู Ø6 โดยตั้ง **Depth** เป็น 5.5
4. กด **Profile** คลิกขอบบนของช่องที่เปิดขวด แล้วกด **Enter** ตั้ง **Compensation side** เป็น `in` และ **Bottom / Floor Z** เป็น −0.3 ใน **Linking** ตั้ง **Lead arc radius** เป็น 2, **Lead-in length** เป็น 1 และ **Lead-out length** เป็น 1 เพราะ Lead ค่าเริ่มต้น (0.8 × D = 4.8 มม.) ใหญ่เกินไปสำหรับช่องกว้าง 12 มม. และจะกินเข้าผนังฝั่งตรงข้าม
5. กด **Profile** อีกครั้ง คลิกขอบบนด้านนอก แล้วกด **Enter** คง **Compensation side** เป็น `out` และตั้ง **Bottom / Floor Z** เป็น −0.3
6. กด **Simulate** (ราว 2.9 นาที) ที่เปิดขวดจะหลุดออกจากแผ่น ควรยึดแผ่นด้วยสกรูหรือเทปกาวสองหน้าในส่วนที่อยู่นอกเส้นรอบรูป



ที่เปิดขวด: Profile ด้านในของช่อง Profile ด้านนอกรอบรูป และพวงกุญแจที่เสร็จแล้ว

ลองต่อยอด: ตั้ง **Tool Compensation** ของ Profile รอบนอกเป็น **Offset (G41/G42 on contour)** แล้วดูใน G-code ว่ามี G41/G42 พร้อมเลข D ที่ช่วงเข้ามีด และ G40 ที่ช่วงออกมีด จากนั้นลองใส่ **D register** เป็นเลขอื่นแล้วสร้าง G-code ใหม่

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

Drill และ Hole Premium

เจาะรูหลายตำแหน่งด้วย Smart Hole (ติ๊กเลือกทีละรู เลือกดอกสว่านให้อัตโนมัติ) พร้อมรอบเจาะ G81/G83

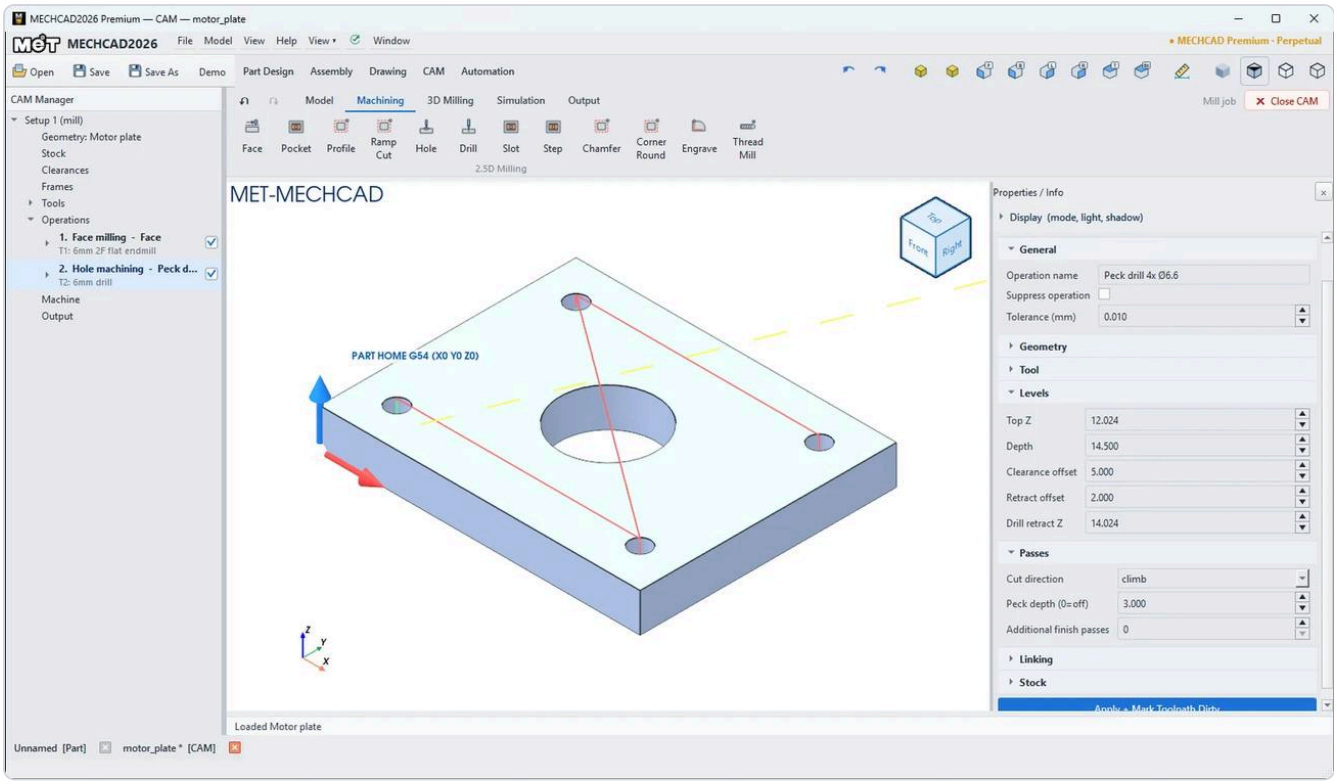
ใช้ทำอะไร

Drill, **Hole**, **Peck Drill** และ **Center** เจาะรูที่หน้ารูที่เลือก ทุกคำสั่งใช้ **Smart Hole** คือโปรแกรมหารูทั้งหมดในผิวที่คลิกแล้วแสดงเป็นตาราง ติ๊กเลือกได้ทีละรู และเลือกดอกสว่านให้อัตโนมัติตามขนาดรู ใส่ **Peck depth** เพื่อเจาะทีละช่วง

อยู่ที่ไหน

Holes › Drilling › Center / Peck Drill / Drill / Hole

คำสั่ง	ค่าที่ตั้งให้
Drill / Hole	Peck depth 3 (เจาะทีละ 3 mm)
Peck Drill	Peck depth 1
Center	Peck depth 0 (เจาะรวดเดียว) สำหรับดอกนำศูนย์ หลังเลือกรูแล้วให้ตั้ง **Depth** ให้ตื้นตามที่ต้องการ



Operation Peck drill 4x Ø6.6

ขั้นตอน

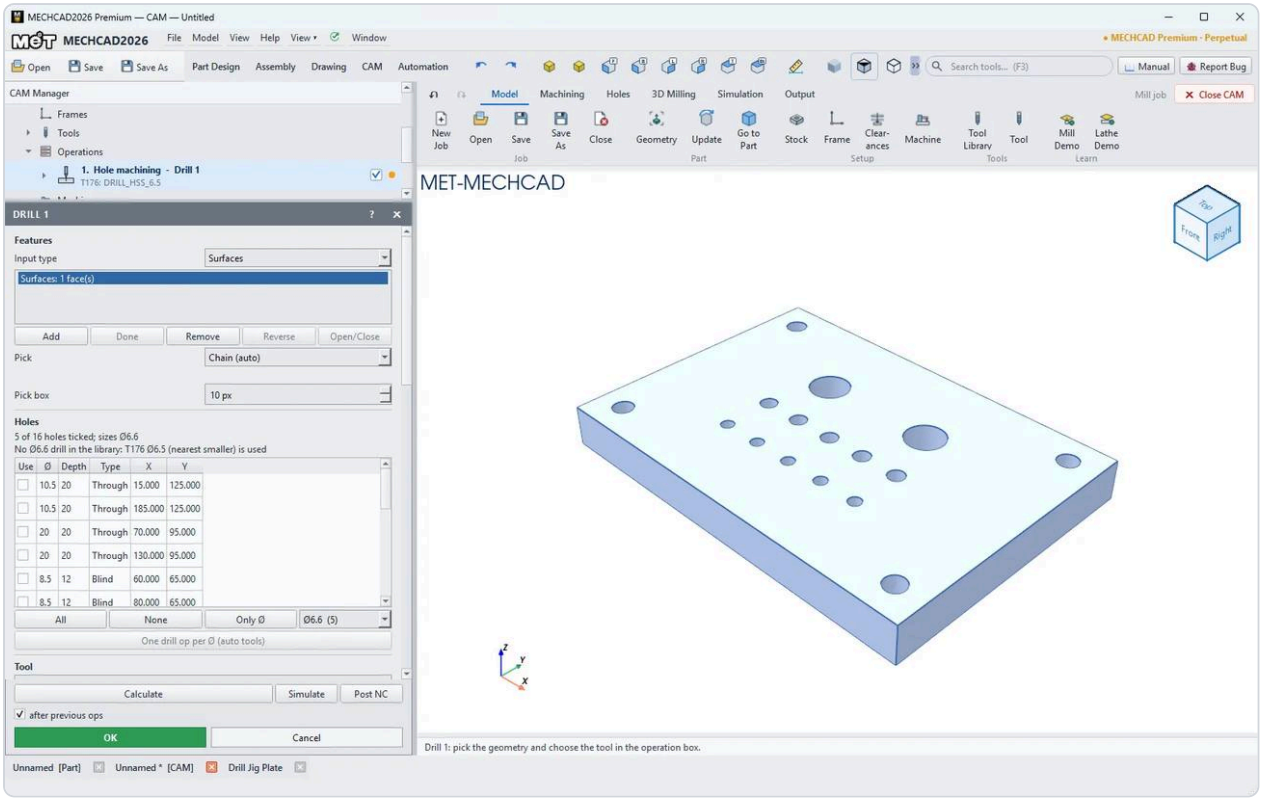
1. กด **Drill** (หรือ **Hole**, **Peck Drill**, **Center**)
2. คลิกผิวเรียบที่มีรูอยู่ (รูทุกรูที่ขอบอยู่บนผิวนั้นจะถูกนับ) หรือคลิกผนังรูทีละรู (เลือกได้หลายหน้า) แล้วกด Enter
3. ในหัวข้อ **Holes** ของกล่อง Operation ติ๊กเฉพาะรูที่จะเจาะ
4. ตรวจดอกสว่าน **Peck depth** และ **Drill retract Z** แล้ว Simulate

Smart Hole: ตาราง Holes

ส่วน	ความหมาย
Use, Ø, Depth, Type, X, Y	หนึ่งแถวต่อหนึ่งรู: ติ๊กเลือก ขนาด ความลึกของรู ชนิด (*Through* = ทะลุ, *Blind* = ไม่ทะลุ) และตำแหน่ง
All / None	ติ๊กทุกรู / เอาติ๊กออกทุกรู
Only Ø + ช่องเลือกขนาด	ติ๊กเฉพาะรูขนาดที่เลือก (ช่องแสดงขนาดพร้อมจำนวนรู เช่น *Ø6 (7)*)
One drill op per Ø (auto tools)	เมื่อติ๊กหลายขนาด แยกเป็นหนึ่ง Operation ต่อหนึ่งขนาด แต่ละตัวได้ดอกสว่านที่พอดีกับรู ตัวเดิมเก็บขนาดเล็กสุด และชื่อ Operation ต่อท้ายด้วยขนาด เช่น *Drill Ø8*
ข้อความสรุป	เช่น *5 of 7 holes ticked; sizes Ø6*

- **เลือกดอกให้อัตโนมัติ:** เมื่อติ๊กรูขนาดเดียว โปรแกรมเลือกดอกสว่านที่ Ø เท่ากับรู จากมีดในงานก่อน แล้วจึงหาในคลัง ถ้าไม่มีขนาดตรง จะใช้ดอกที่เล็กกว่าที่ใกล้ที่สุดพร้อมข้อความแจ้ง (ไม่เลือกดอกใหญ่กว่ารู) ดอกจากคลังจะถูกคัดลอกเข้างานให้
- **ความลึก:** รูไม่ทะลุเจาะถึงก้นรู รูทะลุเจาะยาวเท่ารู + ปลายดอก + 0.5 mm Top Z คือผิวบนของรู และ **Drill retract Z** = Top Z + 2

- รูที่ไม่ได้ติ๊กจะไม่ถูกเขียนลง NC ถ้าไม่ติ๊กเลยจะขึ้นข้อความ *Holes: tick at least one hole*
- เมื่อเลือกผิวใหม่ รูที่พบซ้ำจะคงติ๊กเดิมไว้



Smart Hole บนแผ่นจิ๊กเจาะ: พบ 16 รูบนผิวบน ติ๊กเฉพาะรู Ø6.6 และเลือกดอกสว่านที่เล็กกว่าใกล้ที่สุดให้อัตโนมัติ

ค่ารอบเจาะ

ค่า	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Peck depth (0=off)	ตามคำสั่ง (ดูตารางด้านบน)	0 = เจาะรวดเดียว, > 0 = เจาะทีละช่วง (ค่า Q)
Drill cycle (NC)	auto	auto = G83 เมื่อมี Peck depth, G82 เมื่อมี Dwell, นอกนั้น G81 เลือกเองได้เป็น g81 / g82 / g83 / g73 หรือ expanded (เขียนเป็น G00/G01)
Return plane	g98	g98 = กลับระดับเริ่มต้นระหว่างรู, g99 = กลับระนาบ R
Dwell (seconds)	0	หยุดที่ก้นรู (G82)
Drill retract Z	Top Z + 2	ระนาบ R
Depth / Bottom Z	จากรู	ความลึก

โพสต์ Fanuc ค่าเริ่มต้นของงานกัดเขียนรูทั้งหมดของ Operation เป็นรอบเจาะชุดเดียว เช่น `G17 G98 G83 X.. Y.. Z.. R.. Q3 F..` ตามด้วย X / Y ของรูถัดไป แล้วปิดด้วย `G80` โพสต์อื่นเขียนเป็นคำสั่ง G00/G01

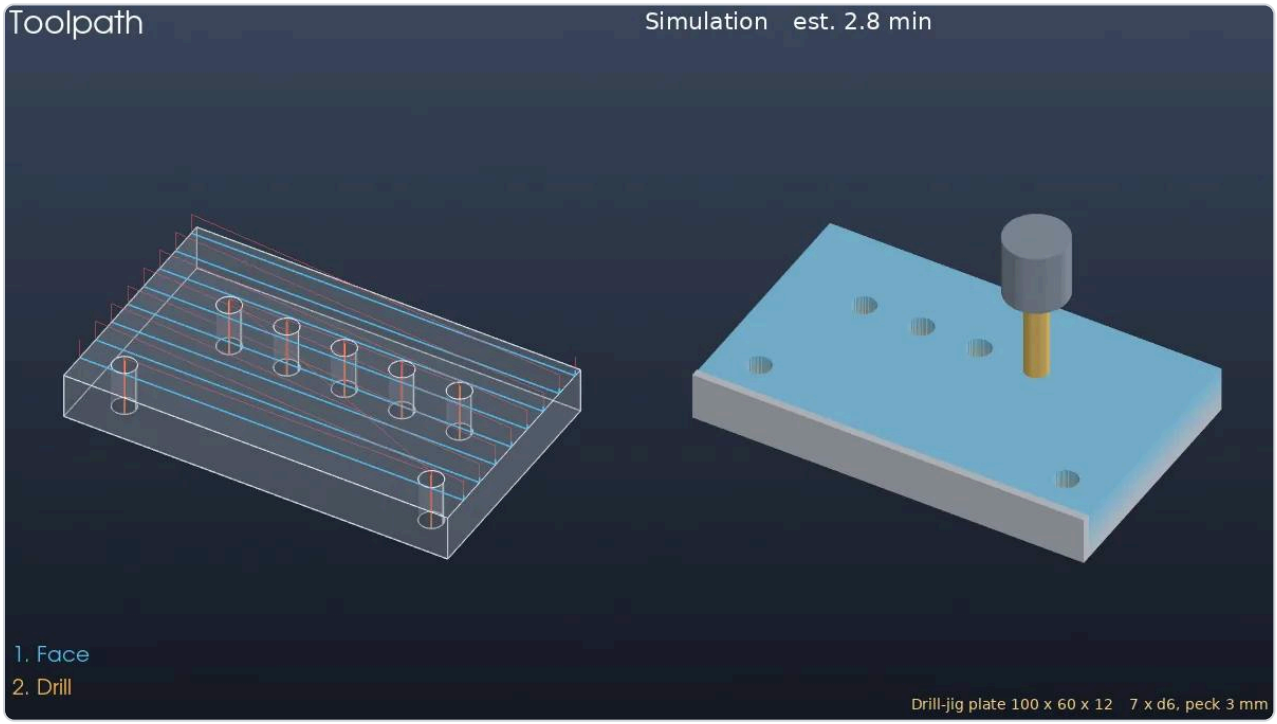
> **หมายเหตุ:** ยังไม่มีรอบต๊าปเกลียว (tapping) ใช้ **Thread Mill** สำหรับเกลียวในด้วยการกัด

ดับเบิลคลิก Operation ใน CAM Manager เพื่อเปิดกล่อง Operation แก้ค่าได้ทุกช่อง หัวข้อ **Parameters** ในกล่องมีหน้า **General**, **Geometry**, **Tool**, **Levels**, **Passes**, **Linking**, **Stock** (ดูความหมายแต่ละช่องที่ Operation Parameters)

ลองทำตาม: เจาะแผ่นจิ๊กเจาะรู

จิ๊กเจาะรูช่วยให้ชิ้นงานทั้งล็อตได้รูตรงตำแหน่งเดียวกันทุกชิ้น แผ่นนี้ขนาด 100 × 60 × 12 มีรูนำ 5 รูห่างกัน 15 มม. และรูสลักอีก 2 รู ใช้ Drill เพียง Operation เดียว เจาะ 7 รูแบบ peck

1. สร้างแผ่น 100 × 60 × 12 วาดวงกลม Ø6 เจ็ดวง ห้าวงอยู่ที่ Y 40 (X 20, 35, 50, 65, 80) อีกสองวงอยู่ที่ (10, 10) และ (90, 10) แล้ว **Extrude Cut** แบบ **Through All**
2. **CAM** › **New Job** › **Mill Template** ใน **Stock** เลือก **Part + allowance** (เผื่อเนื้อด้านบน 0.5 มม. ให้ปาดผิว) และตั้ง **Support height (parallels)** เป็น 5
3. เพิ่ม **Face** ที่ผิวบน แล้วเปลี่ยนมีดเป็น **T3 12mm 3F face mill**
4. กด **Drill** คลิกผิวบนของแผ่น (หรือคลิกผนังรูทั้งเจ็ดรู) แล้วกด **Enter** ตาราง **Holes** แสดงรู Ø6 ครบ 7 รู ชนิด *Through* และติ๊กไว้ทุกรู โปรแกรมเลือกดอก T2 ขนาด 6 มม. ให้เอง ตั้ง Top Z 12 และ Depth 14.303 (หนา 12 มม. + ปลายดอก 118° + 0.5 มม. ให้ทะลุ)
5. **Peck depth (0=off)** เป็น 3 อยู่แล้ว (ค่าเริ่มต้นของ Drill) และ **Drill retract Z** เป็น 14 (ผิวบน + 2)
6. กด **Simulate** เวลาที่ประเมินได้ราว 2.8 นาที แต่ละรูเจาะลงทีละ 3 มม. และถอยขึ้นไปที่ Z14 ระหว่างแต่ละช่วง ใน G-code จะเห็นรอบเจาะ `G83` พร้อม `Q3` บรรทัดเดียว ตามด้วยตำแหน่งรูที่เหลือ และ `G80`



แผ่นจิ๊ก: ตำแหน่งเจาะเจ็ดจุดด้านซ้าย การจำลองที่หยุดไว้ตอนเจาะรูนำที่สี่ด้านขวา

ลองต่อยอด: เอาติ๊กรูสลักสองรูออกในตาราง **Holes** แล้วดูว่า G-code เหลือเพียงห้าตำแหน่ง หรือตั้ง **Peck depth** เป็น 0 รอบเจาะจะเปลี่ยนเป็น `G81`

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

Slot, Step, Chamfer, Corner Round, Engrave และ Thread Mill Premium

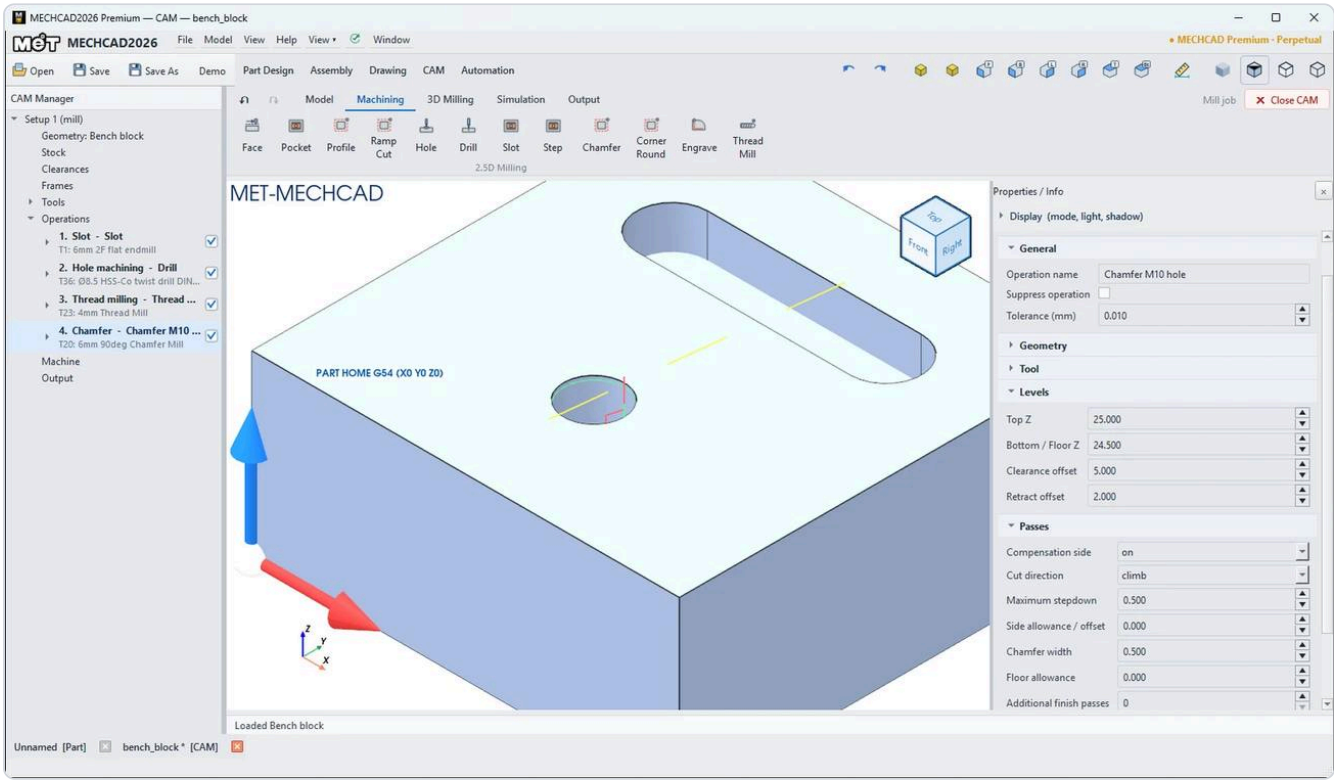
Operation 2.5D เพิ่มเติม: ร่อง ขั้น ลบมุม มนขอบ แกะ และกัดเกลียวใน

ใช้ทำอะไร

Operation	เลือก	ความหมาย / ค่าเริ่มต้น
Slot	หน้า	กัดร่องปิด ปรับ stepdown/stepover ได้
Step	หน้า	กัดขั้นหรือช่องเปิด
Chamfer	ขอบ	ลบมุมตามขอบด้วยมีด V/Chamfer (กว้าง 0.5 mm)
Corner Round	ขอบ	มนขอบด้วยมีด Corner-round (R1)
Engrave	ขอบ	แกะตื้นตามเส้น
Thread Mill	รู (หลายรู)	กัดเกลียวในแบบเกลียวเฮลิคอล (สร้างมาด้วยความลึก 5, Ø = Ø รูที่เลือก (อย่างน้อย 6) และ pitch 1.5 ให้ตั้งขนาดเกลียวจริงเอง)

อยู่ที่ไหน

Machining › 2.5D Milling



Operation Chamfer

ขั้นตอน

1. กดคำสั่ง
2. คลิกหน้า/ขอบ/รูตามตาราง แล้วกด Enter

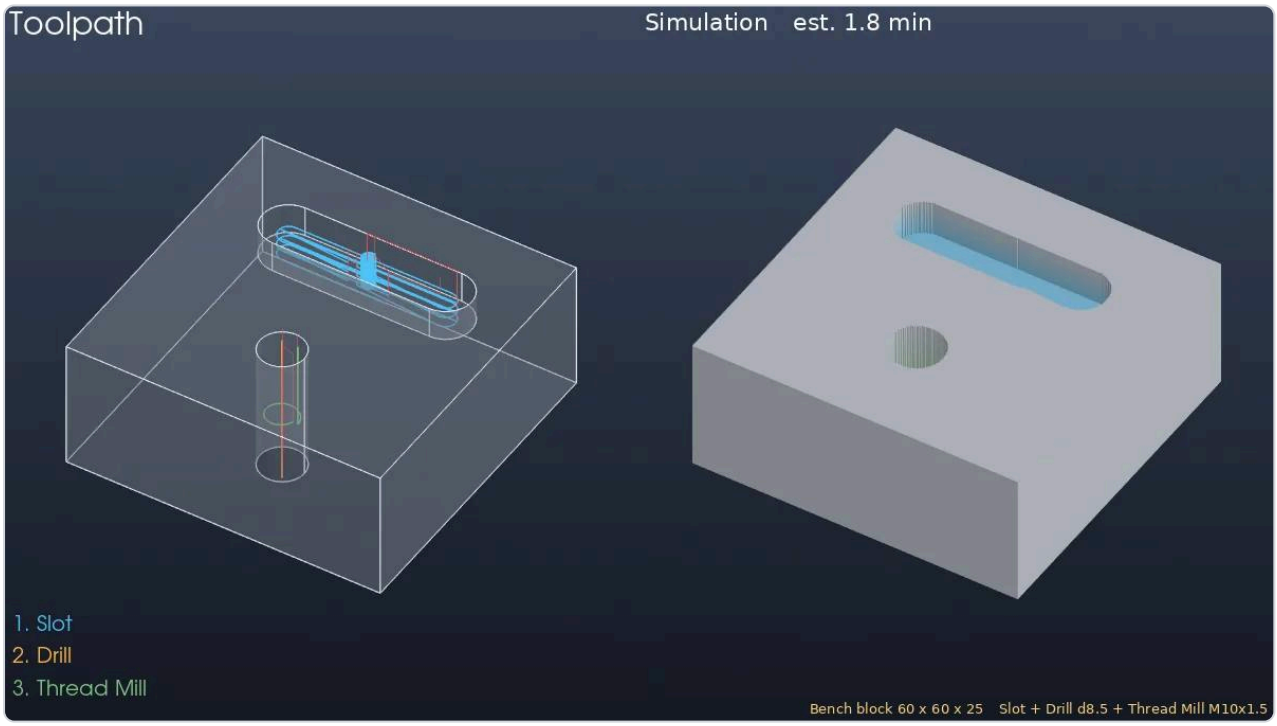
3. ปรับค่าในแผง Properties

ทุก Operation แก้ค่าได้จากแผง **Properties** ด้านขวาเมื่อคลิก Operation ใน CAM Manager หัวข้อในแผง: **General**, **Geometry**, **Tool**, **Levels**, **Passes**, **Linking**, **Stock** (ดูความหมายแต่ละช่องที่ Operation Parameters)

ลองทำตาม: เก็บงานบล็อกรองงานของช่าง

บล็อกรองงาน 60 × 60 × 25 มีร่องปิดไว้วางพิน และรูเกลียว M10 ไว้ยึดตัวจับ งานนี้ใช้ Slot, Drill และ Thread Mill

1. วาดสี่เหลี่ยม 60 × 60 แล้ว **Extrude** สูง 25 มม. บนผิวบนวาดสล็อต 40 × 10 ที่ศูนย์กลางปลายอยู่ที่ X 15 และ X 45 (Y 44) แล้ว **Extrude Cut** ลึก 6 มม. วาดวงกลม Ø8.5 ที่ X 30 Y 18 แล้ว **Extrude Cut** แบบ **Through All**
2. **CAM** › **New Job** › **Mill Template** ใน **Stock** ตั้ง **Support height (parallels)** เป็น 5
3. กด **Slot** คลิกพื้นร่อง แล้วกด **Enter** จะได้ Top Z 25 และ Floor Z 19 ด้วยมีด T1
4. กด **Drill** คลิกผนังรู แล้วกด **Enter** เลือกมีด **T36 Ø8.5 HSS-Co twist drill (M10 tap)** ตั้ง **Peck depth** เป็น 4 และ **Depth** เป็น 28
5. กด **Thread Mill** คลิกผนังรูเดิม แล้วกด **Enter** ตั้ง **Thread major diameter** เป็น 10, **Thread pitch** เป็น 1.5 และ **Depth** เป็น 15 มีดที่ใช้คือ T23 4mm Thread Mill
6. กด **Simulate** (ราว 1.8 นาที) Solid Verify จะแสดง **GOUGE** รอบรู ซึ่งเป็นเรื่องปกติ เพราะโมเดลมีแค่รูเรียบ Ø8.5 แต่เกลียวจริงกัดออกไปถึง Ø10



บล็อกรองงาน: ทางเดินมีด Slot, Drill และ Thread Mill กับบล็อกที่เสร็จแล้ว

ลองต่อยอด: เพิ่ม **Chamfer** ที่ขอบบนของรูด้วย T20 และ **Chamfer width** 0.8 ให้สกรูของตัวจับเข้าเกลียวง่ายขึ้น

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

งานกัด 3D: Rough, Rest, Z-Level, Raster, Pencil และ Mold Tactic Premium

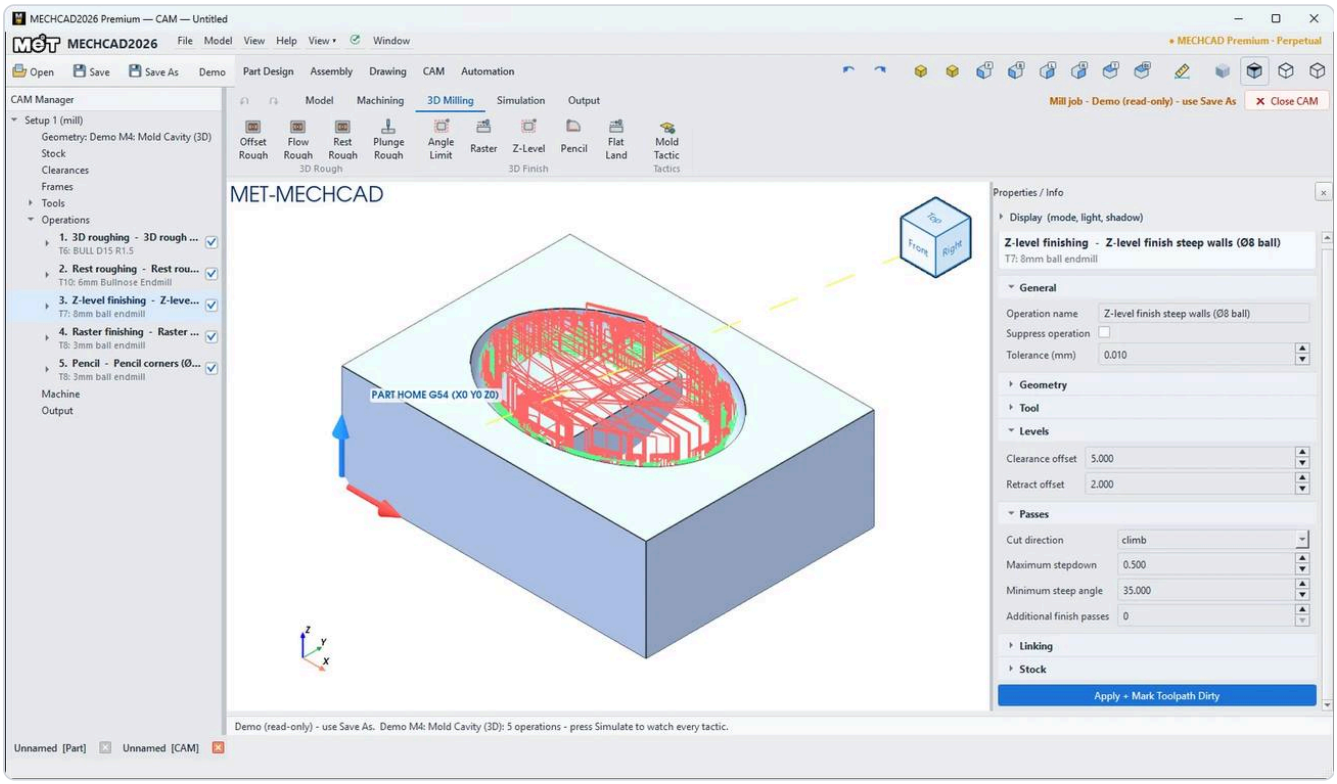
หยาบและเก็บผิวงานแม่พิมพ์ 3 มิติ

ใช้ทำอะไร

Operation สำหรับผิวโค้ง 3 มิติ เช่น แม่พิมพ์ (ต้องมีชิ้นงาน)

อยู่ที่ไหน

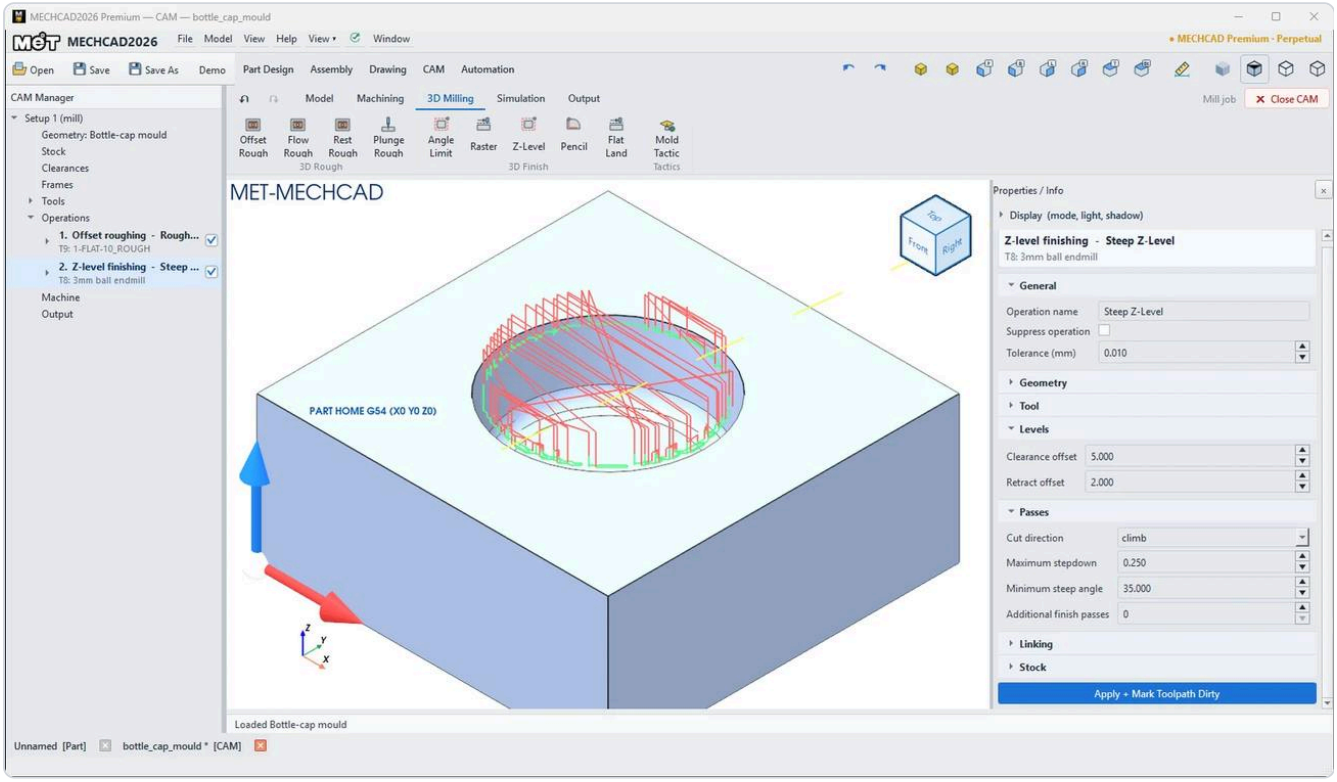
3D Milling › 3D Rough / 3D Finish / Tactics



งานตัวอย่าง Mold Cavity (3D)

Operation	ความหมาย	ค่าเริ่มต้น
Rough Offset 2D	หยาบแบบวงซ้อนที่ระดับ Z คงที่	stepdown 3, stepover 0.65×D, เหลือ 0.5
Smooth Flow Rough	หยาบแบบ raster	stepdown 1.5, stepover 0.5×D, เหลือ 0.5
Rest Rough	ตัดเฉพาะเนื้อที่เหลือจาก Operation อ้างอิง (อ้าง Operation ก่อนหน้าอัตโนมัติ)	stepdown 1, เหลือ 0.2
Plunge Rough	หยาบด้วยการกระทุ้งแนวแกน	pitch 6 mm (0 = อัตโนมัติ 0.8×D), เหลือ 0.5
Angle Limiting	เก็บผิวผสม ผิวลาดน้อยแบบ raster ผิวชันแบบ Z-level	มุมชัน 40°, overlap 3°
Shallow Raster	เก็บผิวลาดน้อยด้วยมีดหัวบอล	stepover 0.25 mm, มุมสูงสุด 40°

Operation	ความหมาย	ค่าเริ่มต้น
Steep Z-Level	เก็บผิวชันแบบเส้นระดับ	stepdown 0.25, มุมชันต่ำสุด 35°
Pencil Cleanup	เก็บร่องมุมเว้า	concavity 0.15
Flat Land	เก็บพื้นราบด้วยมีดปลายเรียบ	stepover 0.4, มุมสูงสุด 5°
Mold Tactic	สร้างชุด 5 Operation ต่อเนื่อง: 01 Rough Offset 2D, 02 Rest Rough, 03–04 Angle Limiting semi/finish, 05 Pencil	–



Operation Z-level finish

> **หมายเหตุ:** ทางเดินมีด 3D คำนวณเมื่อ Simulate หรือคลิกขวา › **Show Toolpath** (*3-axis toolpath not calculated yet*)

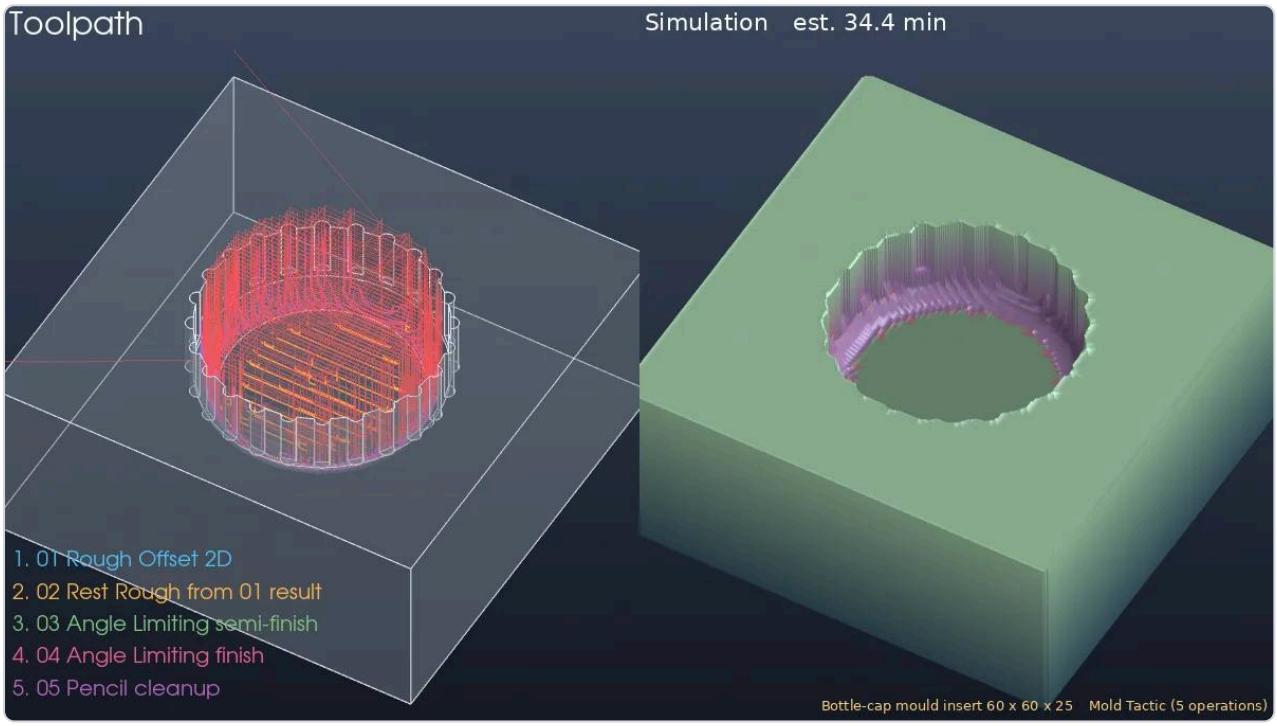
ทุก Operation แก้ค่าได้จากแผง **Properties** ด้านขวาเมื่อคลิก Operation ใน CAM Manager หัวข้อในแผง: **General**, **Geometry**, **Tool**, **Levels**, **Passes**, **Linking**, **Stock** (ดูความหมายแต่ละช่องที่ Operation Parameters)

ลองทำตาม: ทำแม่พิมพ์ฝาขวด

เคยสงสัยไหมว่าแม่พิมพ์ฝาขวดกัดกันอย่างไร ชิ้นนี้คือเม็ดแม่พิมพ์ 60 × 60 × 25 มีโพรงฝาขวด Ø32 ลึก 12 มม. มุมก้นโค้ง R3 และร่องกันลื่น 24 ร่อง คลิก Mold Tactic ครั้งเดียวได้กลยุทธ์ครบ 5 ขั้น

1. วาดสี่เหลี่ยม 60 × 60 แล้ว **Extrude** สูง 25 มม. บนผิวบนวาดวงกลม Ø32 ที่กึ่งกลาง แล้ว **Extrude Cut** ลึก 12 มม. จากนั้น **Fillet** ขอบก้นโพรง R3
2. สเก็ตช์บนผิวบนอีกครั้ง วาดวงกลม Ø2 ให้จุดศูนย์กลางอยู่บนขอบโพรง (X 46, Y 30) ทำ circular pattern 24 ชุดรอบจุดกึ่งกลาง แล้ว **Extrude Cut** ลึก 8 มม. จะได้ร่องกันลื่น

3. **CAM** › **New Job** › **Mill Template**
4. กด **3D Milling** › **Tactics** › **Mold Tactic** จะได้ 5 Operation คือ 01 Rough Offset 2D (T9, 10 มม.), 02 Rest Rough from 01 (T1), 03 Angle Limiting semi-finish (T4 หัวบอล 6 มม.), 04 Angle Limiting finish (T8 หัวบอล 3 มม.) และ 05 Pencil cleanup (T8)
5. กด **Simulate** ทางเดินมีด 3D จะคำนวณตอนนี้ (ราว 25 วินาทีบนเครื่องที่เราทดสอบ) เวลาที่ประเมินได้ราว 34 นาที
6. ลองดูที่ร่องกันลื่น หัวบอล 3 มม. ลงไม่ถึงก้นร่องกว้าง 2 มม. Solid Verify จึงแจ้ง **RESIDUAL** ตรงนั้น รายละเอียดเล็กขนาดนี้ต้องใช้มีดเล็กลงหรือใช้งาน EDM



แม่พิมพ์ฝาขวด: ทางเดินมีดเก็บผิวในโพรง และเม็ดแม่พิมพ์หลังจำลองการกัด

ลองต่อยอด: เพิ่ม **3D Finish** › **Steep Z-Level** แล้วเทียบผิวผนังโพรงกับ 04 Angle Limiting finish

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

งานกลึง: Face, Rough, Finish, Axial Drill และ Part Off Premium

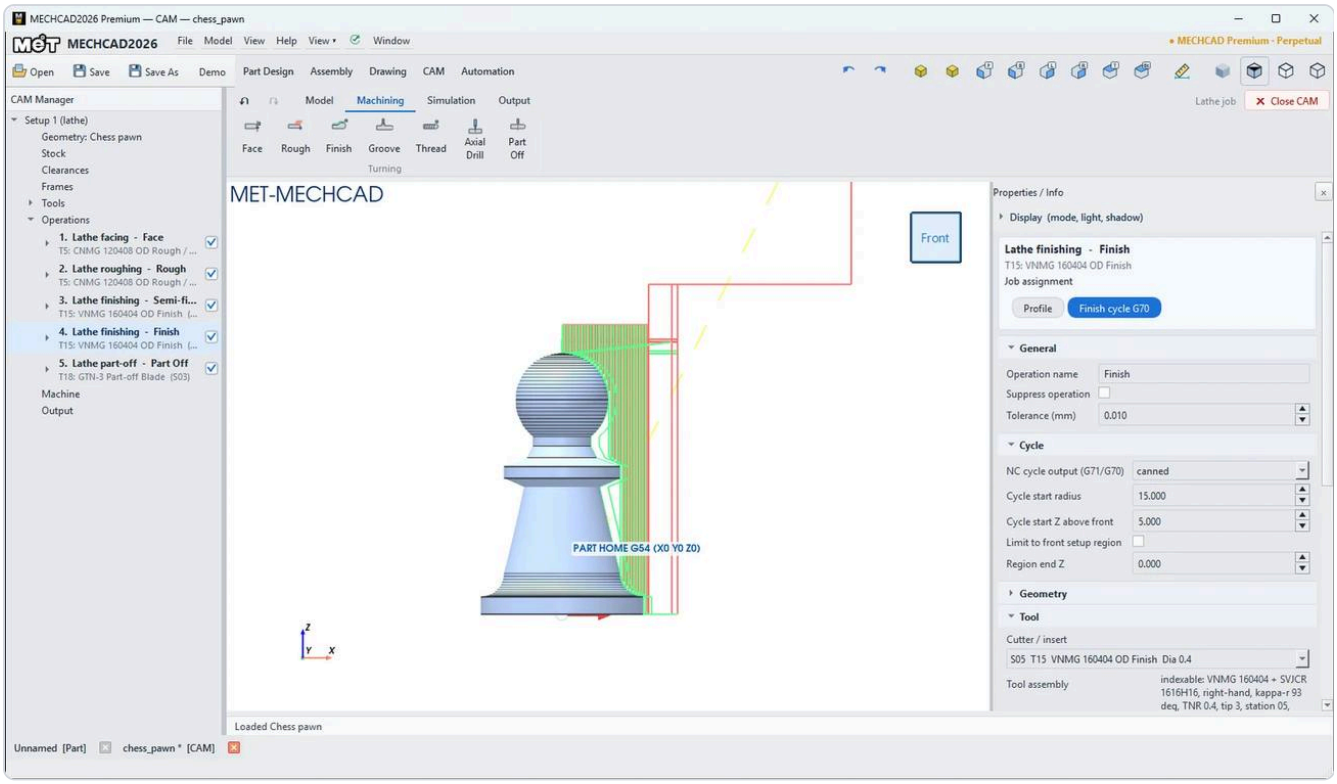
สร้างงานกลึงหน้า กลึงหยาบ G71 กลึงเก็บ G70 เจาะแนวแกน และตัดขาด

ใช้ทำอะไร

Operation ของงาน Lathe (เลือก **Turn Template** ตอน New Job) ทำงานจากโปรไฟล์กลึงของชิ้นงานโดยไม่ต้องเลือกพื้นผิว

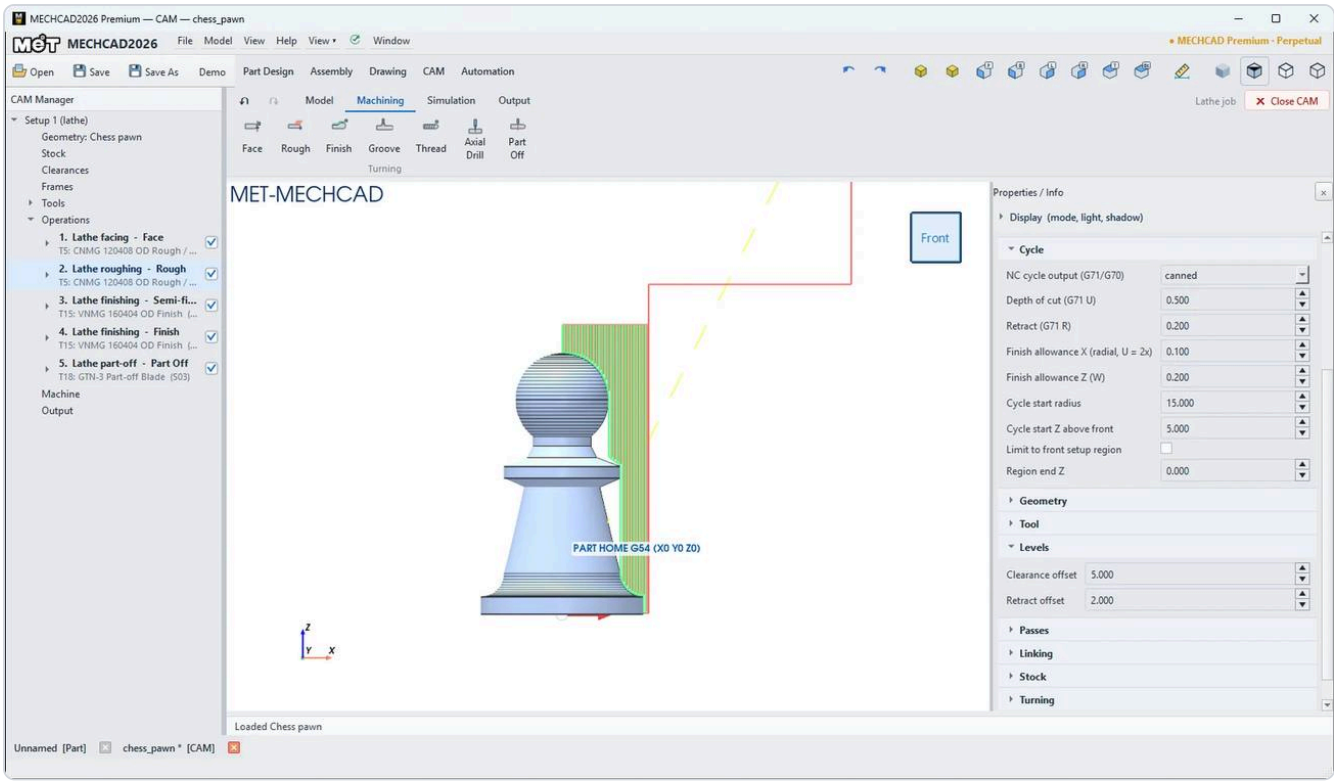
อยู่ที่ไหน

Machining › Turning › Face, Rough, Finish, Groove, Thread, Part Off, Axial Drill



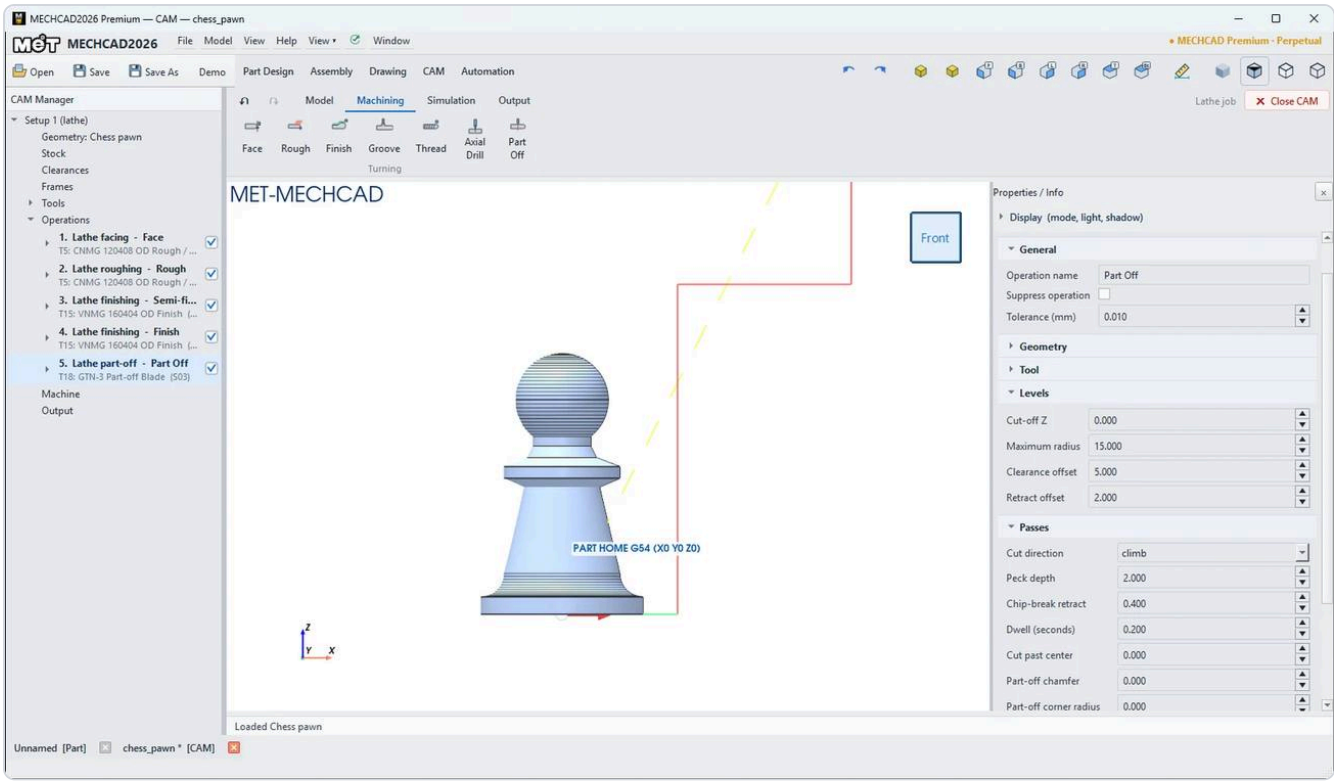
งานกลึงเบี้ยหมากรุก: ทางเดินมีด Face, Rough, Finish และ Part Off

Operation	ค่าเริ่มต้น	มีดเริ่มต้น
Face	เหลือ 1, ลึกต่อรอบ 0.5, เก็บ 0.1, จากนอกเข้าศูนย์	T5
Rough (G71)	เติมจากโปรไฟล์ชิ้นงาน: ลึกต่อรอบ 0.5 (G71 U), ถอย 0.2 (G71 R), เผื่อเก็บ X 0.1 / Z 0.2, ป้อน 0.3 มม./รอบ, ไปทางหัวจับ	T5
Finish (G70)	ตามโปรไฟล์ ไม่รวมร่องบ่า	T15
Axial Drill	peck 4, ถอย 1, รอบ expanded หรือ G74	T19
Part Off	peck 2, ถอยหักเศษ 0.4, หยุด 0.2 s	T18



ค่าของ OD Rough G71 (หัวข้อ Cycle)

ช่องในหัวข้อ Cycle (Rough)	**ความหมาย**
NC cycle output (G71/G70)	canned (G71/G70) หรือ expanded
Depth of cut (G71 U) / Retract (G71 R)	ลึกต่อรอบ / ระยะถอย
Finish allowance X (radial, U = 2x) / Finish allowance Z (W)	เผื่อเก็บ
Cycle start radius / Cycle start Z above front	จุดเริ่มรอบ

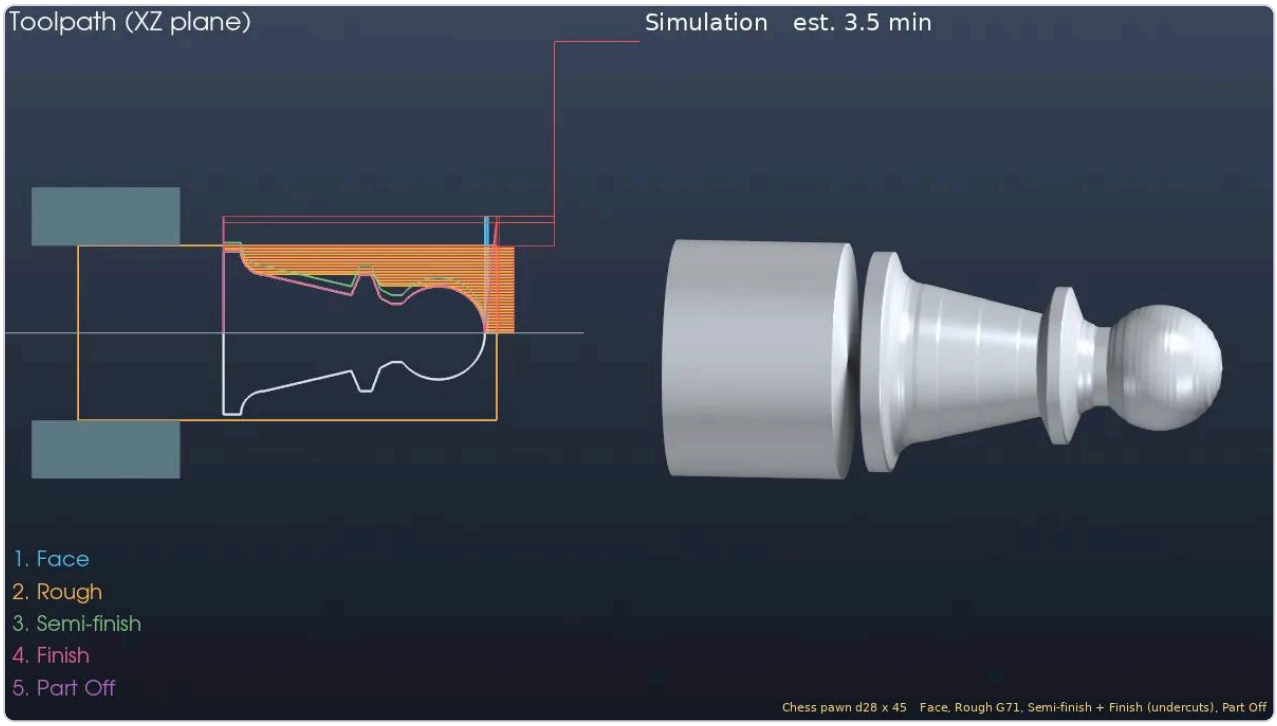


Operation Part off

ลองทำตาม: กลึงเบี้ยหมากรุก

เบี้ยหมากรุกอะลูมิเนียม Ø28 × 45 มีฐาน ร่องโค้ง เอวเรียว ปลอกคอ และหัวกลม เป็นงานกลึงชิ้นแรกยอดนิยม ใช้ Face, Rough, Finish สองรอบ และ Part Off

1. ใน **Part Design** สเก็ตช์บนระนาบ **XZ** เป็นเส้นรอบรูปครึ่งเดียวทางขวาของแกน Z: ฐานรัศมี 14 (Z 0 ถึง 3) ร่องโค้ง R4 เข้าไปที่รัศมี 10 ที่ Z 7 เรียวตรงไปถึงรัศมี 6.5 ที่ Z 22 ปลอกคอรัศมี 10 (Z 23.5 ถึง 25.5) คอรัศมี 5 ที่ Z 29 และหัวกลม R8 จุดศูนย์กลางที่ Z 37 ไปจบบนแกนที่ Z 45 แล้ว **Revolve** รอบแกน Z 360°
2. **CAM** › **New Job** › **Turn Template** จะได้ Stock เป็นเพลา Ø30 × 72 จับในหัวจับ 25 มม. และใช้โพสต์ fanuc_lathe
3. กด **Face** และ **Rough** ค่าของ Rough จะเติมให้จากโปรไฟล์ คือ G71 U0.5 R0.2 เผื่อเก็บ 0.1 (X) และ 0.2 (Z) ป้อน 0.3 มม./รอบ
4. กด **Finish** แล้วเปลี่ยนชื่อเป็น `Semi-finish` ในหัวข้อ **Turning** ตั้ง **Undercut / groove handling** เป็น `include` และในหัวข้อ **Passes** ตั้ง **Profile offset** เป็น 1.5
5. กด **Finish** อีกครั้ง แล้วตั้ง **Undercut / groove handling** เป็น `include` เที่ยวนี้มีดเม็ด VNMG 35° (T15) จะเดินตามคอและเอวได้ ถ้าตั้งเป็น `exclude` มีดจะหยุดที่หัวกลม
6. กด **Part Off** (T18 ตัดที่ Z0) แล้วกด **Simulate** เวลาที่ประเมินได้ราว 3.5 นาที และเบี้ยจะหลุดออกจากเพลา



เบี้ยหมากรุก: ทางเดินมีดกลึงในระนาบ XZ ด้านซ้าย และเบี้ยที่ตัดออกแล้วด้านขวา

ลองต่อยอด: แก้หัวกลมใน Part Design เป็น R9 แล้วรันงานใหม่ ดูว่า Semi-finish ยังเหลือเนื้อพอให้เที่ยวสุดท้ายหรือไม่

ดูเพิ่ม

- Groove และ Thread

ทุก Operation แก้ค่าได้จากแผง **Properties** ด้านขวาเมื่อคลิก Operation ใน CAM Manager หัวข้อในแผง: **General**, **Geometry**, **Tool**, **Levels**, **Passes**, **Linking**, **Stock** (ดูความหมายแต่ละช่องที่ Operation Parameters)

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

งานกลึง: Groove และ Thread (G75 / G76) Premium

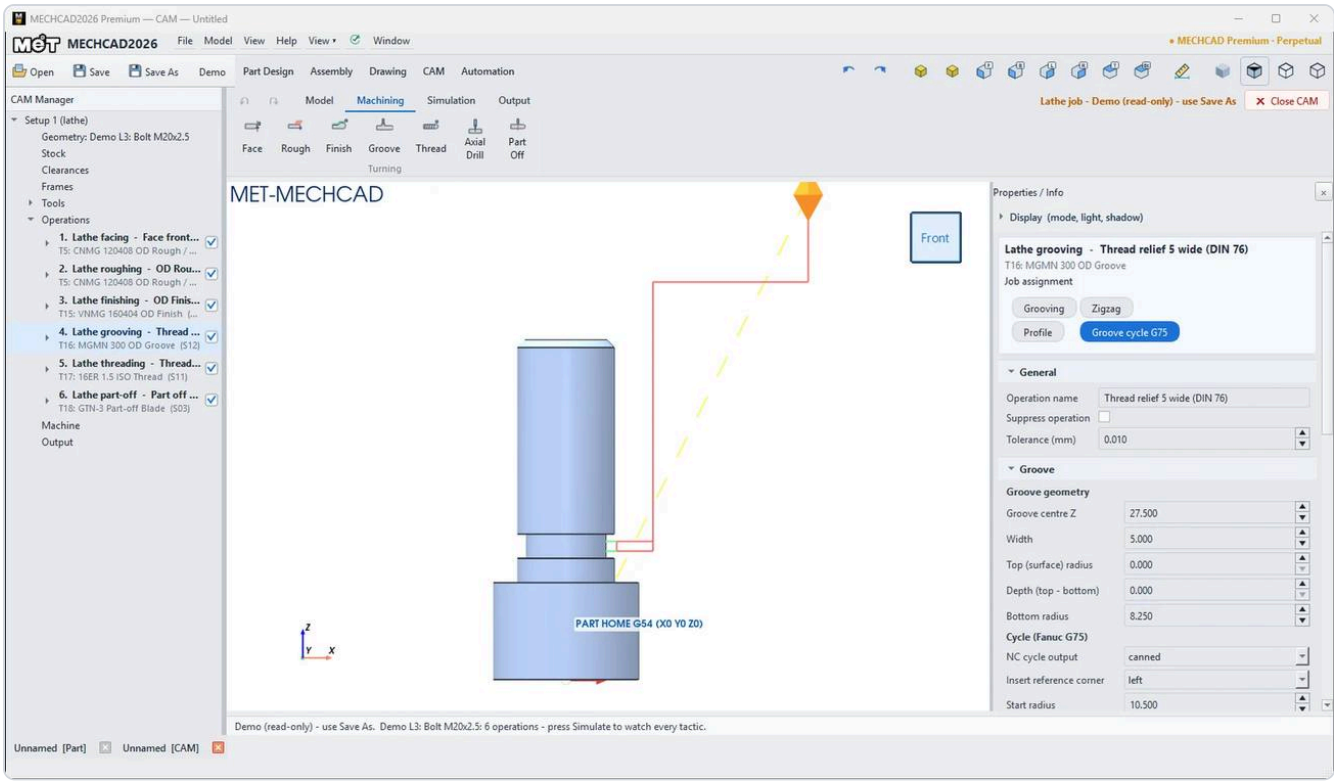
กลึงร่องและกลึงเกลียวเมตริก M3–M64 ด้วยรอบ G75 และ G76

ใช้ทำอะไร

- **Groove** กลึงร่อง (ทีละครั้ง peck หรือหลายครั้ง) รอบ G75
- **Thread** กลึงเกลียวภายนอก/ใน รอบ G76 (หรือ G92 / G32)

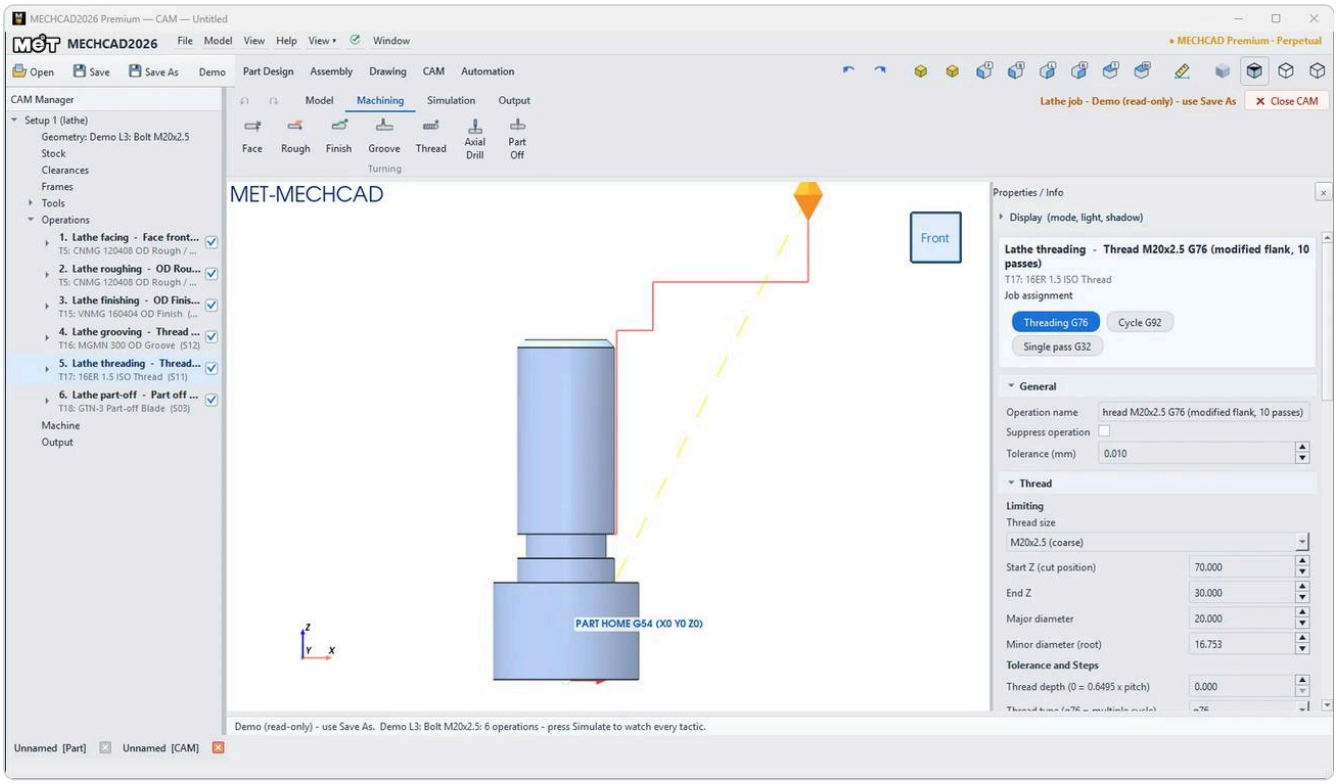
อยู่ที่ไหน

Machining › Turning › Groove / Thread



Operation Groove (Thread relief)

Groove	**ค่าเริ่มต้น / ความหมาย**
Groove centre Z, Width, Top (surface) radius, Depth, Bottom radius	ตำแหน่งและขนาดร่อง (กว้าง 4)
NC cycle output	canned (G75) / expanded
Insert reference corner	left / right / center
Peck depth (P) / Shift (Q) / Retract e (G75 R)	2 / 0 = กว้างมีด / ระยะถอย
Groove finish pass	เก็บผิวร่อง (เปิด)



Operation Thread M20x2.5 G76

Thread	**ค่าเริ่มต้น / ความหมาย**
Thread size	Custom หรือ M3–M64 (หยาบ/ละเอียด) เติม pitch และ Ø ให้
Start Z (cut position) / End Z	ช่วงเกลียว
Major diameter / Minor diameter (root)	Ø โต / Ø โคน
Thread depth (0 = 0.6495 x pitch)	ความลึกเกลียว
Thread type	g76 (multiple cycle) / g92 / g32
First pass depth / Min depth	0.25 / 0.05
Hand of thread / Pitch / Thread angle	ขวา / 1.5 / 60°
Infeed	modified_flank / radial / alternate_flank
Pullout length (G76 chamfer) / Finish depth (G76 R)	1 / 0.1
Number of finish / Number of spring	จำนวนรอบเก็บ / รอบเปล่า (1)

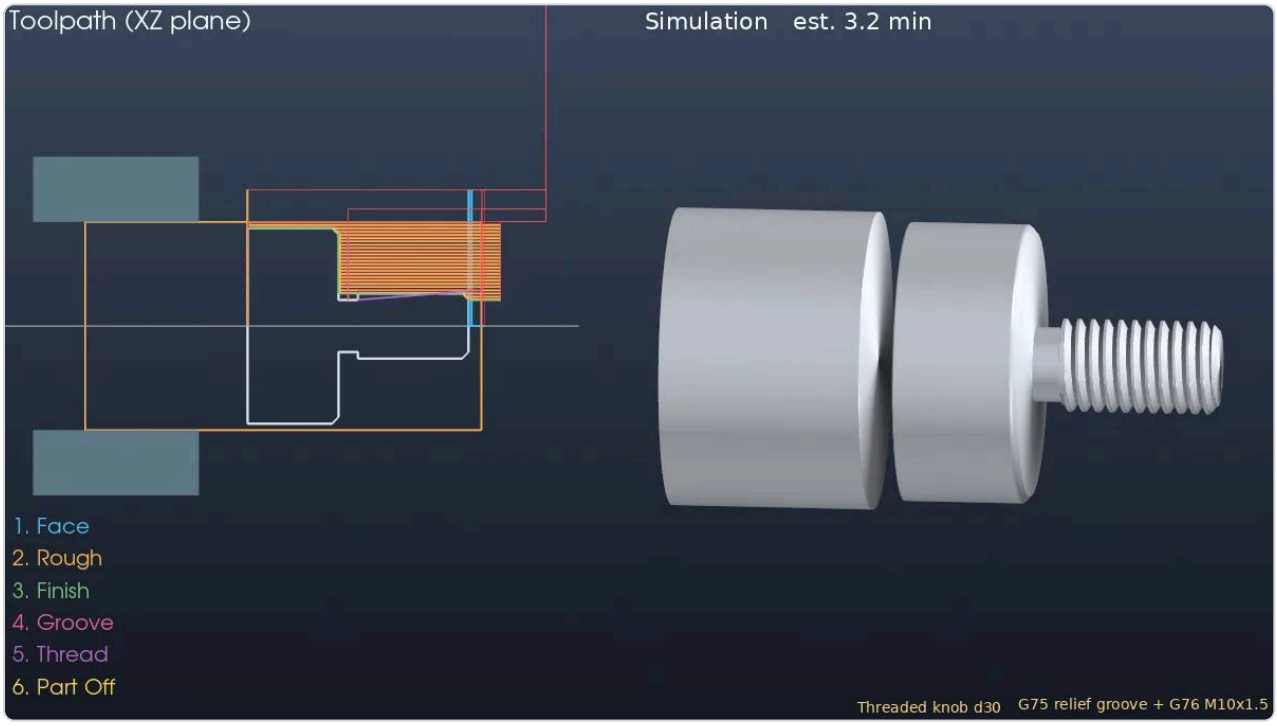
> **หมายเหตุ:** ถ้าโปรแกรมพบร่องหรือเกลียวในโปรไฟล์ชิ้นงาน จะเติมค่าเหล่านี้แทนค่าเริ่มต้นในตาราง: Groove ใช้ peck depth 1 และปิดเที่ยวเก็บผิว ส่วน Thread ใช้ first pass depth 0.5, min depth 0, pull-out 0 และเสนอขนาดเกลียวจาก Ø ให้ ควรตรวจ pitch ด้วย เช่นแกน Ø10 จะถูกเสนอเป็น M10x1

ทุก Operation แก้ค่าได้จากแผง **Properties** ด้านขวาเมื่อคลิก Operation ใน CAM Manager หัวข้อในแผง: **General**, **Geometry**, **Tool**, **Levels**, **Passes**, **Linking**, **Stock** (ดูความหมายแต่ละช่องที่ Operation Parameters)

ลองทำตาม: กลึงลูกบิดเกลียว

ลูกบิด Ø30 ที่มีแกนเกลียว M10 × 1.5 เอาไปใช้กับจิ๊กและฟิกเจอร์ได้สะดวก หลังทำ Face, Rough และ Finish แล้ว พระเอกของหน้านี้คือร่องหลบเกลียว (Groove) กับเกลียว G76 (Thread)

1. ใน **Part Design** สเก็ตช์บน **XZ** เป็นเส้นรอบรูปครึ่งเดียว (รัศมี, Z): (0, 0) › (15, 0) › (15, 13) › (14, 14) › (4, 14) › (4, 17) › (5, 17) › (5, 33) › (4, 34) › (0, 34) แล้ว **Revolve** รอบแกน Z จะได้หัว Ø30 ร่องหลบเกลียวกว้าง 3 มม. Ø8 และแกน Ø10 ลบมุม 1 มม.
2. **CAM** › **New Job** › **Turn Template** (เพลา Ø32) แล้วเพิ่ม **Face**, **Rough** และ **Finish**
3. กด **Groove** โปรแกรมหาร่องหลบเกลียวให้เอง ได้ Groove centre Z 15.5, Width 3, Top radius 5, Bottom radius 4, Peck depth (P) 1 รอบ G75 แบบ canned ด้วยมีด T16 MGMN 300 (เม็ดมีดกว้าง 3 มม. เท่ากับร่องพอดี)
4. กด **Thread** โปรแกรมเสนอ M10x1 ให้แกน Ø10 ให้เปลี่ยน **Thread size** เป็น `M10x1.5 (coarse)` ส่วน **Start Z** 34 และ **End Z** 17 ทำให้เกลียวไปจบในร่องหลบพอดี มีดที่ใช้คือ T17 16ER 1.5 ISO
5. เพิ่ม **Part Off** แล้วกด **Simulate** เวลาที่ประเมินได้ราว 3.2 นาที Solid Verify ขึ้น PASS และใน G-code จะเห็น `G75 X8. Z14. P1000 Q3000 F0.1` กับ `G76 X8.0515 Z17. P974 Q500 F1.5`



ลูกบิดเกลียว: ทางเดินมีดกลึงด้านซ้าย เกลียว M10 และร่องหลบเกลียวหลังจำลองด้านขวา

ลองต่อยอด: เปลี่ยน **Infeed** เป็น `radial` หรือ **Hand of thread** เป็น `left` แล้วเทียบบรรทัด G76

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

Simulation (จำลองการกัดและตรวจการชน) Premium

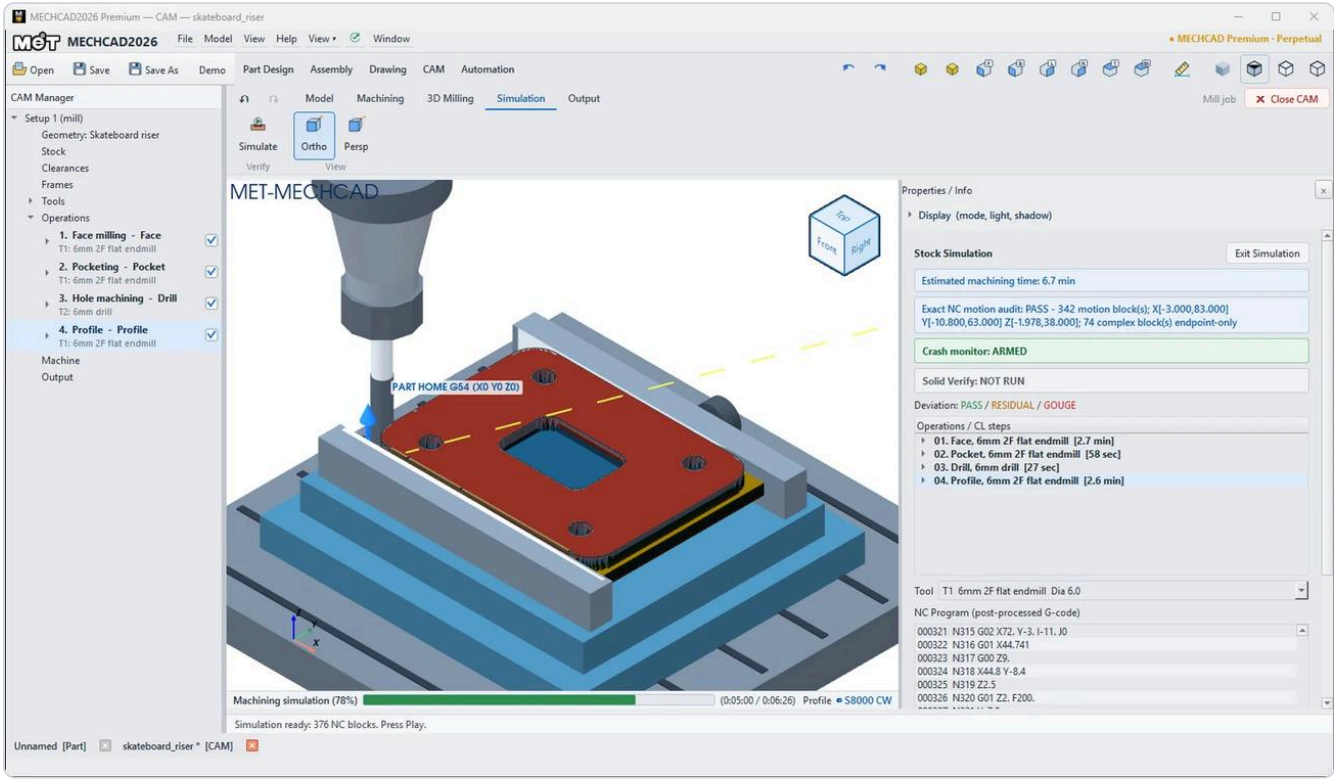
จำลองการตัดเนื้อวัสดุ ตรวจการชน เวลาตัด และดู G-code ทีละบรรทัด

ใช้ทำอะไร

จำลองการตัดเนื้อบนวัตถุดิบจริงตาม G-code ที่ post แล้ว พร้อมตรวจการชนของมีดและ Holder กับปากกา/หัวจับ และตรวจผลผิว (Solid Verify)

อยู่ที่ไหน

Simulation › Verify › Simulate (และ **Output › Simulate**)



หน้าจอ Stock Simulation

ขั้นตอน

1. กด **Simulate** โปรแกรมตรวจ Setup ก่อน ถ้ามีข้อผิดพลาดจะเปิด *Setup errors — … blocked* ให้แก้ก่อน (คำเตือนถาม *Continue anyway?*)
2. รอ *Preparing toolpaths…* จนแสดง *Simulation ready: N NC blocks. Press Play.*
3. กด **Play** / **Pause** / **Step** / **Next Operation >>** / **Reset** ปรับ **Speed** และ **Loop**
4. ดูผล **Solid Verify** (PASS / RESIDUAL / GOUGE) หลังเล่นจบ
5. กด **Exit Simulation** เพื่อกลับไปแก้ไข

ส่วน	ความหมาย
Estimated machining time	เวลาตัดโดยประมาณ
Exact NC motion audit	ตรวจขอบเขตการเคลื่อนที่ของ G-code
Crash monitor: ARMED	ตรวจการชน ถ้าชนจะหยุด *CRASH ALARM* ก่อนชน
Solid Verify / Deviation	PASS / RESIDUAL (เนื้อเหลือ) / GOUGE (กัดเกิน)
Operations / CL steps	ดับเบิลคลิกเพื่อกระโดดไปยังขั้น

ส่วน	ความหมาย
Tool	เปลี่ยนมีดของ Operation ที่เลือก
NC Program (post-processed G-code)	บรรทัดปัจจุบันถูกไฮไลต์
Part ghost / Stock transparent / Tool holder / Vise / Chuck	การแสดงผล
แถบสถานะ	*Machining simulation (NN%)*, เวลา, Operation, ความเร็วรอบ

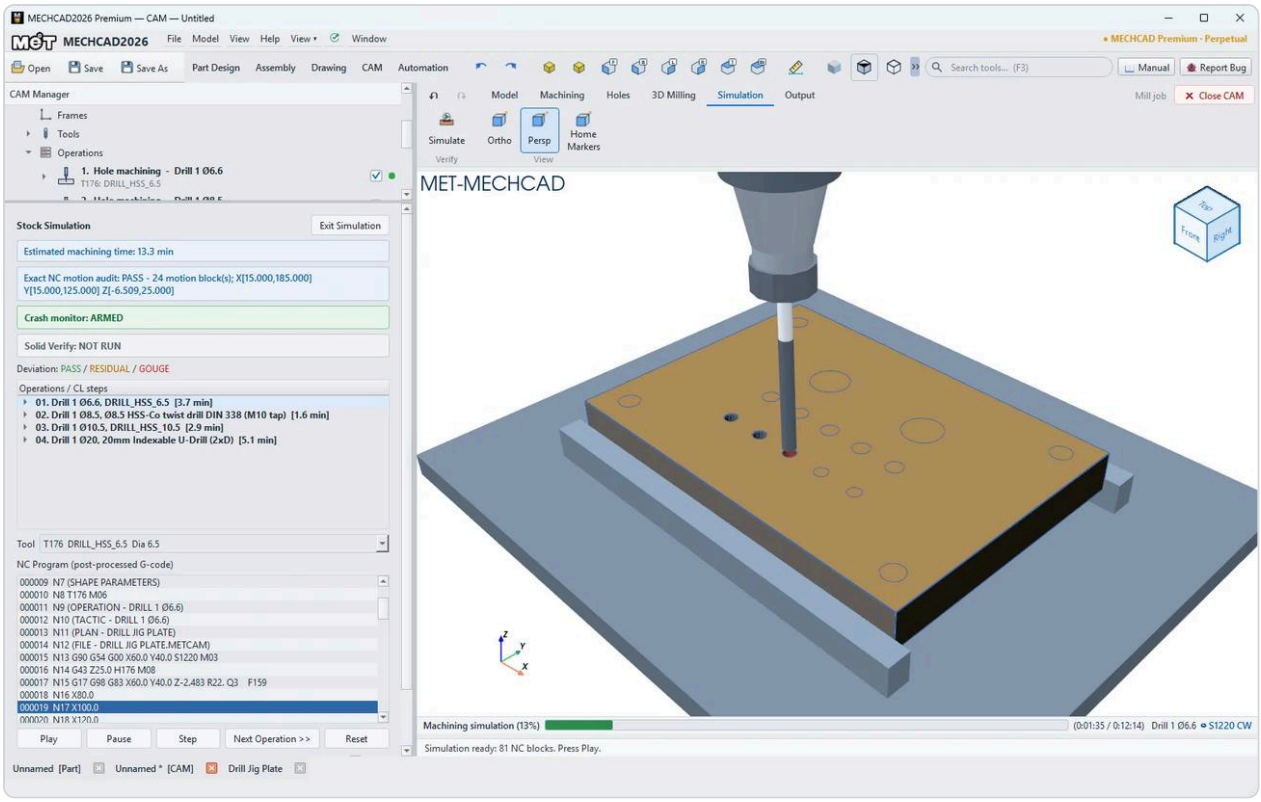
รูปมีดในการจำลอง

มีดในหน้าจำลองวาดตามค่าของมีดที่ใช้จริง และการตัดเนื้อก็ใช้รูปเดียวกัน ผิวที่ได้จึงตรงกับรูปทรงมีด

ชนิดมีด	รูปปลายมีดที่จำลอง
Ball	ปลายครึ่งทรงกลม
Bull nose (มี Corner radius)	ปลายแบนมุมโค้งตามรัศมี
Chamfer, Engraver	กรวยตาม **Included angle** และปลายแบนตาม **Tip diameter**
Drill, Spot/Center	ปลายแหลมตามมุมปลายดอก (เช่น 118°) ถ้ามุมเป็น 0 จะเป็นดอกก้นแบน
Corner round	ปลายโค้งเว้าตามรัศมี
มีดอื่น ๆ (Flat)	ปลายแบน

เมื่อแก้มีด (เช่น มุมหรือขนาดปลายของมีด chamfer รัศมีมุม ขนาด หรือชนิดมีด) รูปมีดจะวาดใหม่ทันที ทางเดินมีดที่ใช้มีดนั้นถูกกำหนดให้คำนวณใหม่ และการจำลองครั้งถัดไปจะใช้รูปมีดใหม่

> **หมายเหตุ:** การตรวจ Setup ครอบคลุม เช่น มีดไม่มี/ค่าเป็น 0, รูไม่มีตำแหน่ง, พื้นสูงกว่าผิวบน, ตัดลงโต๊ะ, ความลึกเกินความยาวคม, stepdown เป็น 0, เกลียวและร่องผิดลำดับ, Post ไม่ตรงชนิดเครื่อง, WCS ต้องเป็น G54–G59

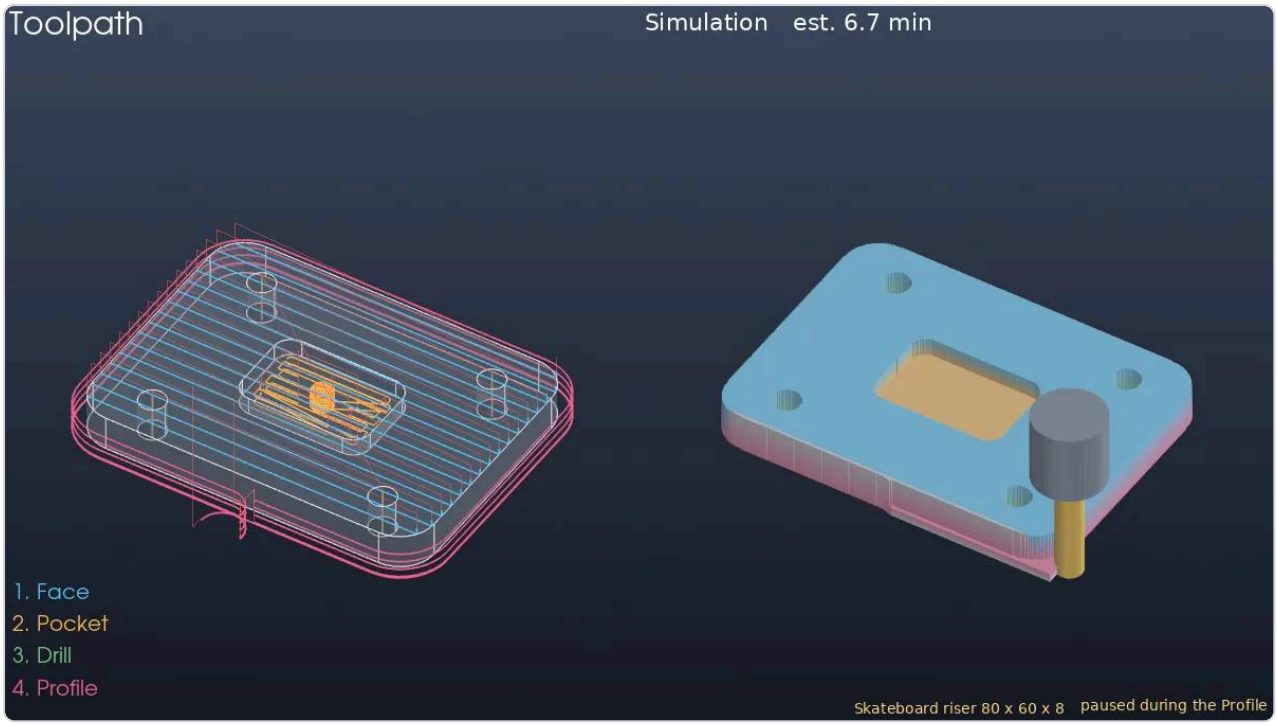


จำลองการเจาะแผ่นจิ๊ก: ดอกสว่าน Ø6.5 แสดงมุมปลายดอกจริง ทำรอบเจาะ G83

ลองทำตาม: ดูการกัดแผ่นรองทรัคสเก็ตบอร์ด

แผ่นรองทรัค (riser) อะลูมิเนียม 80 × 60 × 8 มีรูยึดทรัค 4 รู (ระยะ 54 × 41) และช่องลดน้ำหนัก สร้าง 4 Operation แล้วใช้หน้าจำลองตรวจทีละขั้นก่อนจะไว้ใจ G-code

1. วาดแผ่น 80 × 60 มุมโค้ง R8 แล้ว **Extrude** หนา 8 มม. เจาะรู Ø6 สี่รูที่ X 13 / 67 และ Y 9.5 / 50.5 แบบ **Through All** และทำช่อง 30 × 20 มุม R4 ตรงกลาง ลึก 4 มม.
2. **CAM** › **New Job** › **Mill Template** ใน **Stock** เลือก **Part + allowance** (เผื่อเนื้อด้านบน 0.5 มม. ให้ปาดผิว) ตั้ง **Support height (parallels)** เป็น 3 แล้วเพิ่ม **Face** (ผิวบน), **Pocket** (พื้นช่อง), **Drill** (ผนังรูทั้งสี่ ตั้ง **Depth** 10) และ **Profile** (ขอบบนด้านนอก ตั้ง **Bottom / Floor Z** −0.3)
3. กด **Simulate** รอจนขึ้นข้อความ *Simulation ready: N NC blocks. Press Play.*
4. กด **Play** แล้วลากปรับ **Speed** ใช้ **Next Operation >>** เพื่อข้ามไปทีละ Operation และกด **Pause** ระหว่าง Profile จะเห็นบรรทัดปัจจุบันถูกไฮไลต์ในช่อง **NC Program**
5. เปิด **Stock transparent** หรือ **Tool holder** เพื่อดูมีดได้รอบด้าน
6. เมื่อเล่นจบให้อ่านผล **Solid Verify** การตรวจนี้เทียบบนกริด (ชิ้นนี้ราว 0.6 มม.) จึงอาจมีบางช่องเดี่ยว ๆ ที่อยู่ชิดผนังตั้งพอดีถูกแจ้งขึ้นมา ปัญหาจริงจะเห็นเป็นกลุ่มสีเป็นแผ่น
7. กด **Exit Simulation** เพื่อกลับไปแก้งาน



แผ่นรองทรัค: ทางเดินมีดทั้ง 4 Operation ด้านซ้าย การจำลองที่หยุดไว้ระหว่าง Profile ด้านขวา

ลองต่อยอด: ตั้ง **Maximum stepdown** ของ Pocket เป็น 4 (กัดชั้นเดียว) แล้วจำลองใหม่ เทียบเวลากับเดิมที่ได้ 6.7 นาที

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

Machine Manager และ Post-Processor Premium

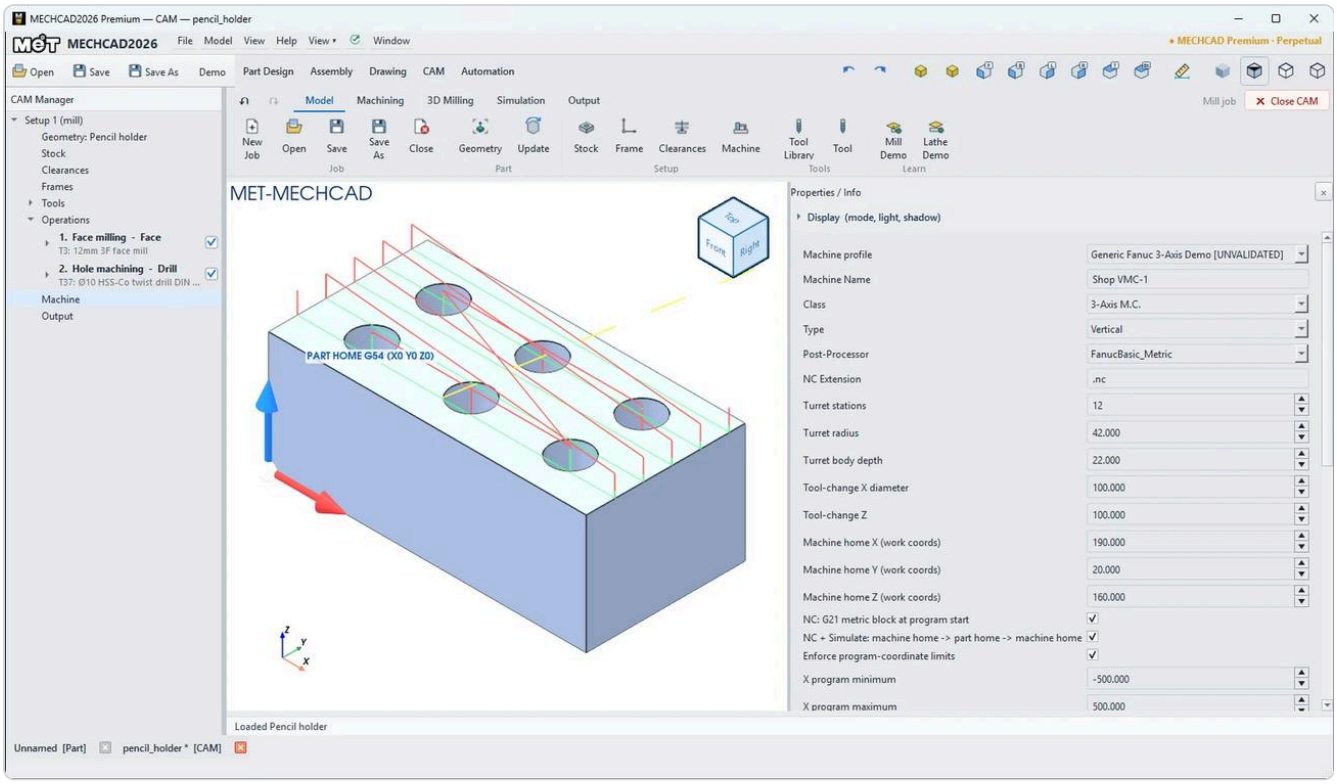
เลือกเครื่องจักร Post-Processor ขอบเขตการเคลื่อนที่ และแก้รูปแบบ G-code

ใช้ทำอะไร

ตั้งค่าเครื่อง CNC และ Post-Processor ที่ใช้สร้าง G-code แก้รูปแบบ G-code เองได้

อยู่ที่ไหน

โหนด **Machine** ใน CAM Manager หรือ **Model › Setup › Machine** / **Output › Post**



Machine Manager ในแผง Properties

ตัวเลือก	ความหมาย
Machine profile	Custom / legacy (no envelope), Generic Fanuc 3-Axis Demo [UNVALIDATED], Generic Fanuc 2-Axis Lathe Demo [UNVALIDATED]
Machine Name / Class / Type	ชื่อ / 3-Axis M.C. หรือ Lathe / Vertical หรือ Horizontal
Post-Processor	FANUC_MET 3Axis, FanucBasic_Metric, FanucBasic_Inch, Fanuc15i_3axis, BASIC_ISO, GRBL, LinuxCNC, fanuc_lathe, fanuc_mill, grbl
NC Extension	นามสกุลไฟล์ G-code (`.nc`)
Turret stations / radius / body depth, Tool-change X / Z	ค่าป้อมมีด (กลึง)
Machine home X/Y/Z	ตำแหน่ง Home ของเครื่อง
NC: G21 metric block at program start	ใส่ G21 ต้นโปรแกรม
NC + Simulate: machine home -> part home -> machine home	เคลื่อนผ่าน Home
Enforce program-coordinate limits / X/Y/Z minimum / maximum	ขอบเขตพิกัดที่ยอมให้
Commissioning status	สถานะการสอบเทียบกับเครื่องจริง
G-code Pattern (editable)	JSON รูปแบบ G-code ของ Post

แก้รูปแบบ G-code (Pattern)

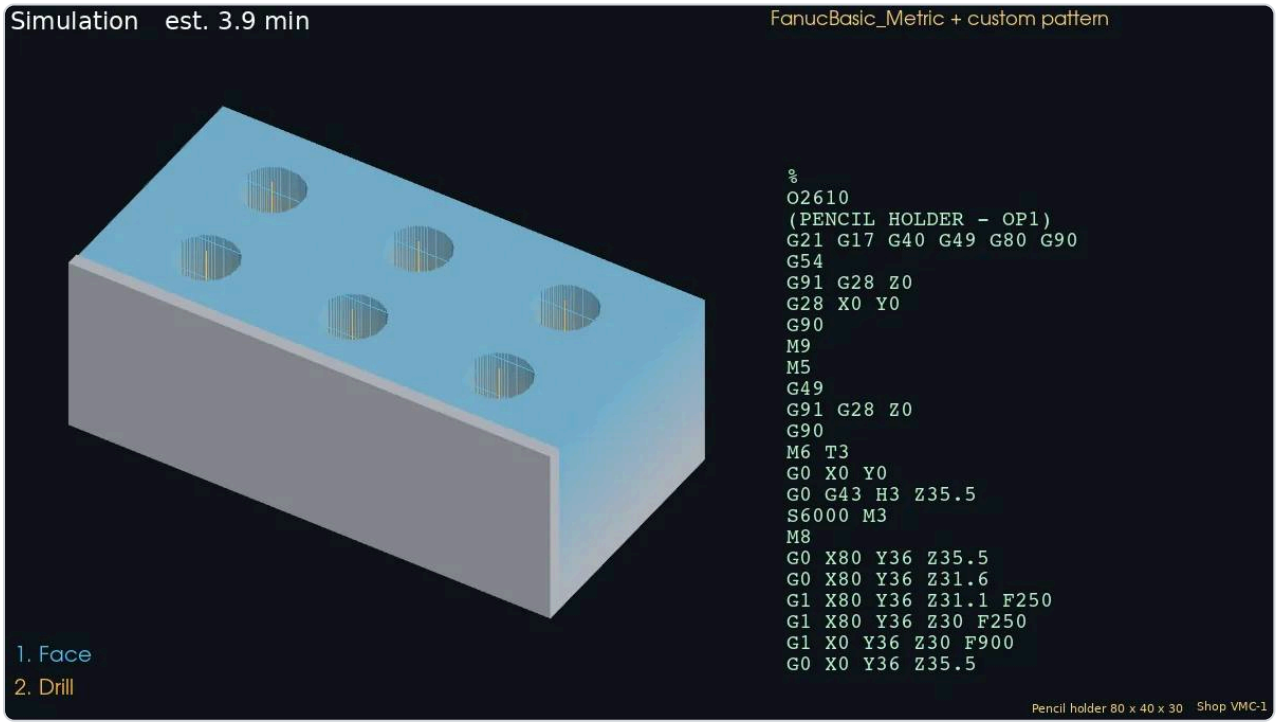
ช่อง **G-code Pattern** มีคีย์ `name`, `unit` (mm/inch), `prog`, `header[]`, `tool_change[]`, `rapid`, `feed`, `arc_cw`, `arc_ccw`, `footer[]` และตัวแทนค่า `{PROG} {WCS} {TOOL} {RPM} {SAFE_Z} {X} {Y} {Z} {I} {J} {FEED}` การแก้จะบันทึกแยกต่อ Post ในงานนั้น ถ้า JSON ผิดจะเห็น *Pattern JSON error: …*

> **หมายเหตุ:** fanuc_lathe, fanuc_mill และ grbl เป็น Post แบบโปรแกรม (*class-based post — no editable pattern*) Profile ที่มีคำว่า **[UNVALIDATED]** ยังไม่ได้สอบเทียบกับเครื่องจริง ให้ทดสอบโปรแกรมแรกบนเครื่องด้วยความระมัดระวังเสมอ

ลองทำตาม: ใส่หัวโปรแกรมของเราเองให้งานที่เสียบดินสอ

ที่เสียบดินสอตั้งโต๊ะ 80 × 40 × 30 มีรู Ø10 หกรู ลึก 25 มม. ตัวอย่างนี้จะตั้งชื่อเครื่อง เลือกโพสต์ FanucBasic_Metric และใส่เลขโปรแกรมกับคอมเมนต์ของเราเองลงในโปรแกรม

1. สร้างก้อน 80 × 40 × 30 วาดวงกลม Ø10 หกวงที่ X 15 / 40 / 65 และ Y 11 / 29 แล้ว **Extrude Cut** ลึก 25 มม.
2. **CAM** › **New Job** › **Mill Template** เพิ่ม **Face** ด้วยมีด T3 และเพิ่ม **Drill** ที่ผนังรูทั้งหกรู เลือกมีด **T37 Ø10 HSS-Co twist drill** ตั้ง **Peck depth** 5 และ **Depth** 25 (รูตันมีความลึกเริ่มต้นลงไปถึง Z0 จึงต้องตั้งเอง)
3. คลิก **Machine** ใน CAM Manager ตั้ง **Machine Name** เป็น `Shop VMC-1` และ **Post-Processor** เป็น `FanucBasic_Metric`
4. ในช่อง **G-code Pattern (editable)** เปลี่ยน `"prog": 1000` เป็น `"prog": 2610` และใน `"header"` เพิ่ม `"(PENCIL HOLDER - OP1)"` ต่อจาก `"O{PROG}"` แล้วกด Apply
5. กด **Output › G-code** โปรแกรมจะขึ้นต้นด้วย `%`, `O2610`, `(PENCIL HOLDER - OP1)` และ `G21 G17 G40 G49 G80 G90`



ที่เสียบดินสอ: ก้อนหลังจำลองการกัด และบรรทัดแรก ๆ ของโปรแกรม FanucBasic_Metric ที่ปรับเอง

ลองต่อยอด: เอาติ๊ก **NC + Simulate: machine home -> part home -> machine home** ออกแล้วสร้างใหม่ บรรทัด `G28 X0 Y0` ต่อจากส่วนหัวจะหายไป

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

Generate G-code และ Shop PDF (Setup Sheet) Premium

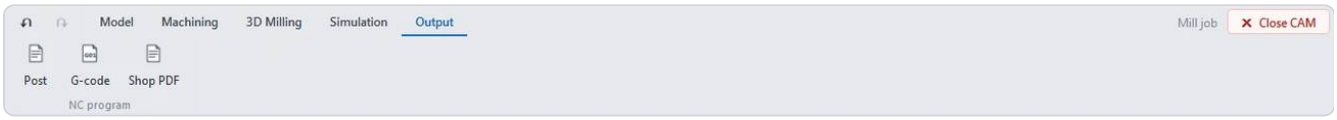
ส่งออก G-code และพิมพ์ใบ Setup Sheet สำหรับช่างหน้าเครื่อง

ใช้ทำอะไร

- **Generate G-code** สร้างไฟล์โปรแกรม NC ตาม Post-Processor ที่เลือก
- **Print Shop PDF** สร้างใบ Setup Sheet แนวนอน A4: ข้อมูลเครื่อง WCS Stock ลำดับมีด ลำดับ Operation เวลาโดยประมาณ และรายการตรวจก่อนเดินเครื่อง

อยู่ที่ไหน

Output › NC program › Post / G-code / Shop PDF



แท็บ Output

ขั้นตอน

1. ตรวจด้วย Simulate ก่อน
2. กด **G-code** เลือกชื่อไฟล์ในหน้าต่าง *Export G-code* (ค่าเริ่มต้น `part.nc`) เมื่อเสร็จจะเห็น *Wrote N lines to …*
3. กด **Shop PDF** เลือกชื่อไฟล์ (ค่าเริ่มต้น `<ชื่องาน>_Shop_Setup.pdf`)

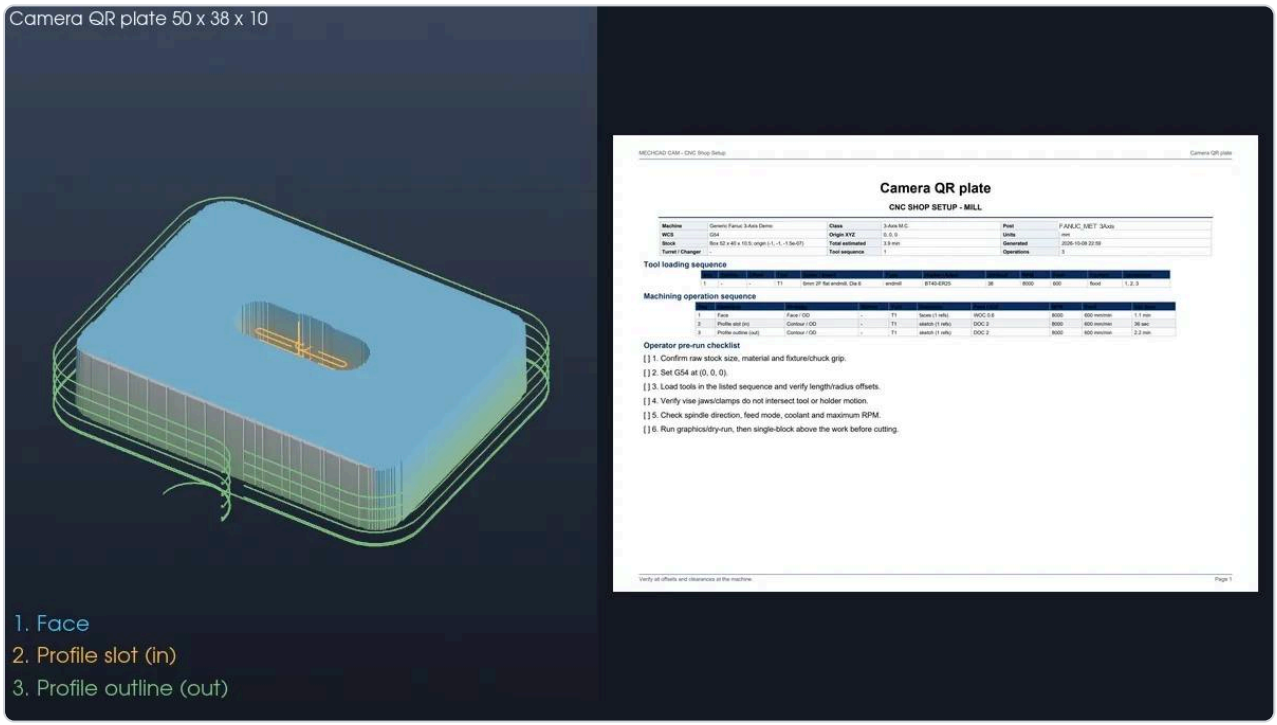
เนื้อหาใน Shop PDF	รายละเอียด
ตาราง Setup	Machine, Class, Post, WCS, Origin XYZ, Units, Stock, เวลารวม
Tool loading sequence	Seq, Station, Offset, Tool, Cutter / Insert, Type, Holder / Arbor, Stickout, RPM, Feed, Coolant
Machining operation sequence	Seq, Operation, Strategy, Station, Tool, Geometry, Pass / Cut, RPM, Feed, Est. time
Operator pre-run checklist	รายการตรวจก่อนเดินเครื่อง

> **หมายเหตุ:** การสร้าง G-code และ Shop PDF ผ่านการตรวจ Setup แบบเดียวกับ Simulate ตรวจ offset และ clearance ที่เครื่องจริงทุกครั้ง (*Verify all offsets and clearances at the machine.*)

ลองทำตาม: ส่งออกงานเพลทปลดเร็วของกล้อง

เพลทปลดเร็ว (quick-release plate) ขนาด 50 × 38 × 10 มีร่องกว้าง 7 มม. ไว้ใส่สกรูกล้อง 1/4" ใช้ 3 Operation แล้วได้ของจริงไปใช้สองอย่าง คือไฟล์ NC สำหรับเครื่อง และใบ Setup หน้าเดียวสำหรับคนคุมเครื่อง

1. วาดแผ่น 50 × 38 มุมโค้ง R4 แล้ว **Extrude** หนา 10 มม. วาดสล็อต 20 × 7 ตรงกลาง (ศูนย์กลางปลายที่ X 18.5 และ X 31.5, Y 19) แล้ว **Extrude Cut** แบบ **Through All**
2. **CAM** › **New Job** › **Mill Template** ตั้ง **Support height (parallels)** เป็น 3 เพิ่ม **Face** เพิ่ม **Profile** ที่ขอบบนของสล็อตโดยตั้ง **Bottom / Floor Z** −0.3, **Lead arc radius** 1, **Lead-in length** 0.5 และ **Lead-out length** 0.5 แล้วเพิ่ม **Profile** ที่ขอบบนด้านนอกโดยตั้ง **Bottom / Floor Z** −0.3
3. กด **Simulate** ก่อน เวลาที่ประเมินได้ราว 3.9 นาที
4. กด **Output › G-code** การตรวจ Setup จะเตือนว่าโปรไฟล์เครื่องตัวอย่างยัง UNVALIDATED อ่านคำเตือนแล้วกด **Yes** บันทึกเป็น `camera_qr_plate.nc` จะขึ้นข้อความ *Wrote 293 lines to …*
5. กด **Shop PDF** แล้วบันทึก (ชื่อเริ่มต้น `<ชื่อชิ้นงาน>_Shop_Setup.pdf`) ในหน้า PDF จะมีชื่อเครื่อง (Generic Fanuc 3-Axis Demo) โพสต์ FANUC_MET 3Axis ขนาด Stock (52 × 40 × 10.5) มีด T1 และ 3 Operation คือ Face 1.1 นาที, Profile ร่อง 36 วินาที และ Profile รอบนอก 2.2 นาที ปิดท้ายด้วยรายการตรวจก่อนเดินเครื่อง



เพลทกล้อง: เพลทหลังจำลองการกัดด้านซ้าย และ PDF CNC Shop Setup ด้านขวา

ลองต่อยอด: เปลี่ยนมีดของ Face เป็น T3 แล้วพิมพ์ PDF ใหม่ ตารางลำดับการใส่มีดจะมีมีด 2 ตัว

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

งาน CAM ตัวอย่าง (Mill Demo / Lathe Demo) Premium

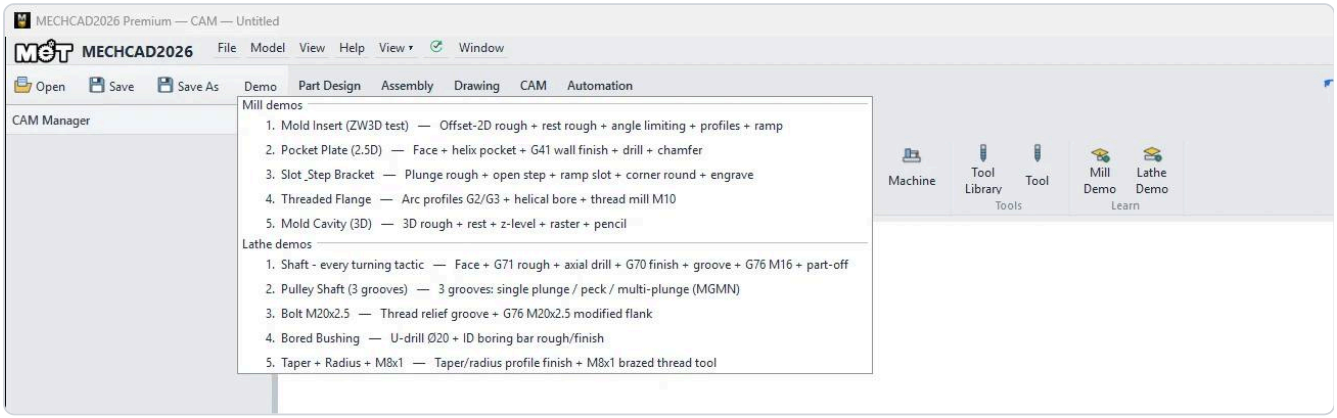
งานตัวอย่างงานกัด 5 งานและงานกลึง 5 งาน ครอบคลุมทุก Operation

ใช้ทำอะไร

งานตัวอย่างพร้อมชิ้นงาน มีด และ Operation ครบ พร้อม Simulate ทันที เหมาะสำหรับเรียนรู้

อยู่ที่ไหน

Model › Learn › Mill Demo / Lathe Demo หรือปุ่ม **Demo** บนแถบด้านบนขณะอยู่แท็บ CAM



เมนูงาน CAM ตัวอย่าง

งานกัด (Mill demos)	สิ่งที่ได้เรียนรู้
1. Mold Insert	Offset-2D rough, Rest rough, Angle limiting, Profile, Ramp
2. Pocket Plate (2.5D)	Face, Pocket เข้าแบบ helix, เก็บผนัง G41, Drill, Chamfer
3. Slot & Step Bracket	Plunge rough, Open step, Ramp slot, Corner round, Engrave
4. Threaded Flange	Profile โค้ง G2/G3, Helical bore, Thread mill M10
5. Mold Cavity (3D)	3D rough, Rest, Z-level, Raster, Pencil

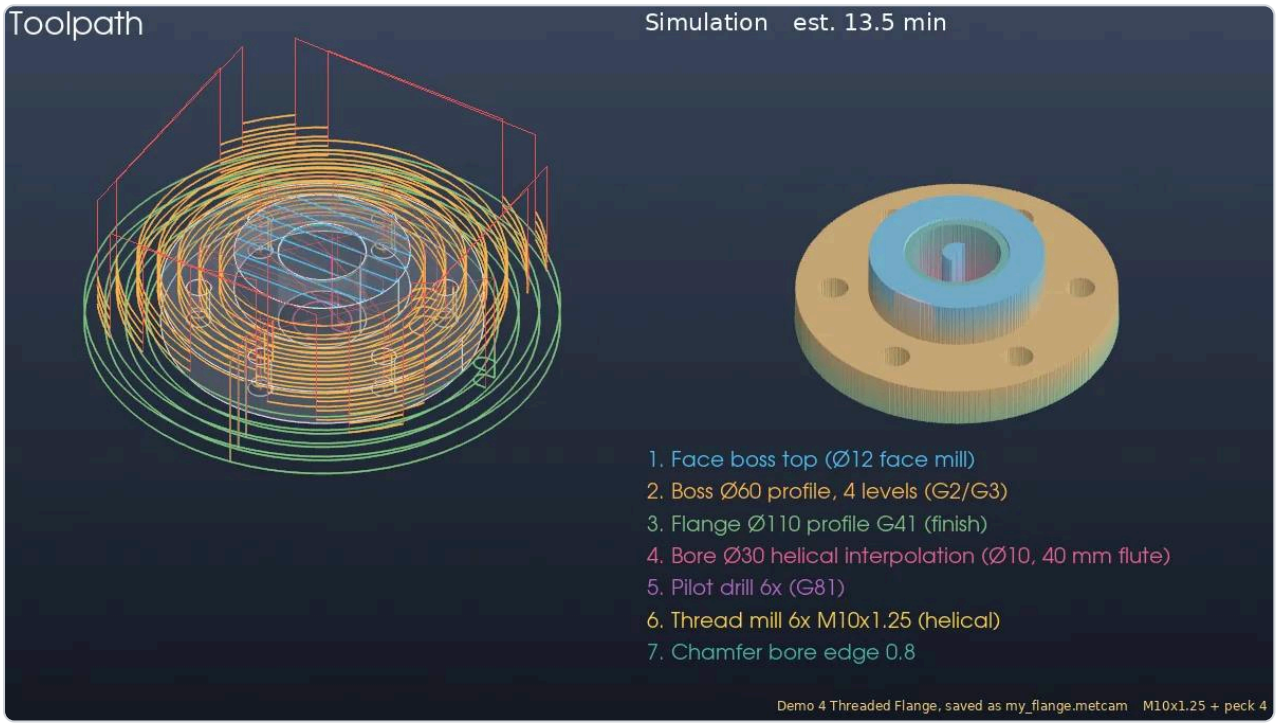
งานกลึง (Lathe demos)	สิ่งที่ได้เรียนรู้
1. Shaft - every turning tactic	Face, G71 rough, Axial drill, G70 finish, Groove, G76 M16, Part-off
2. Pulley Shaft (3 grooves)	ร่องแบบครั้งเดียว / peck / หลายครั้ง
3. Bolt M20x2.5	ร่องหนีเกลียว, G76 M20x2.5 modified flank
4. Bored Bushing	U-drill Ø20, ID boring rough/finish
5. Taper + Radius + M8x1	โปรไฟล์เรียว/โค้ง, มีดเกลียวแบบ brazed

> **หมายเหตุ:** งานตัวอย่างเป็นแบบอ่านอย่างเดียว ใช้ **Save CAM As** เพื่อบันทึกเป็นงานของคุณ (ไม่สามารถบันทึกลงโฟลเดอร์ตัวอย่างได้)

ลองทำตาม: ดัดแปลงงานตัวอย่าง Threaded Flange เป็นงานของเรา

Demo 4 คือหน้าแปลน Ø110 มีบอส รูคว้าน Ø30 และรู M10 หกรูบนวงพิทช์ มี Operation พร้อมใช้ 7 ตัว เราจะบันทึกเป็นงานของเราเองแล้วเปลี่ยนเกลียวเป็นเกลียวละเอียด

1. ในแท็บ **CAM** กด **Model › Learn › Mill Demo › 4. Threaded Flange** ป้ายสถานะจะขึ้น *Demo (read-only) - use Save As*
2. กด **Simulate** เพื่อดูครบทั้ง 7 Operation เวลาที่ประเมินได้ราว 13.2 นาที
3. กด **Output › Save CAM As** แล้วบันทึกเป็น `my_flange.metcam` ในโฟลเดอร์ของเราเอง
4. คลิก **Thread mill 6x M10x1.5 (helical)** ตั้ง **Thread pitch** เป็น 1.25 และเปลี่ยนชื่อเป็น `Thread mill 6x M10x1.25`
5. คลิก **Pilot drill 6x (G81)** แล้วตั้ง **Peck depth** เป็น 4
6. กด **Simulate** อีกครั้ง เวลาที่ประเมินได้จะเป็นราว 13.5 นาที เพราะการเจาะแบบ peck และเกลียวที่ละเอียดขึ้นเพิ่มเวลาราว 20 วินาที



งานตัวอย่าง Threaded Flange หลังแก้: ทางเดินมีดทั้ง 7 Operation และหน้าแปลนหลังจำลองการกัด

ลองต่อยอด: เปิด **Lathe Demo › 3. Bolt M20x2.5** บันทึกเป็นงานของเรา เปลี่ยน **Thread size** เป็น M20x1.5 แล้วเทียบบรรทัด G76 ใน G-code

> **หมายเหตุ:** CAM อยู่ใน MECHCAD **Premium** (และช่วงทดลองใช้) เท่านั้น

แบบทดสอบท้ายบทที่ 8: CAM

เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว เฉลยอยู่ใน ภาคผนวก ก

1. **งานใหม่จาก Mill Template ใช้ Frame และ Post-processor ใด**

   ก. G59 และ GRBL
   ข. G54 และ FANUC_MET 3Axis
   ค. G54 และ fanuc_lathe
   ง. G55 และ LinuxCNC

2. **ขึ้นข้อความ “Source geometry is out of date” หลังแก้ชิ้นงาน ต้องทำอย่างไร**

   ก. สร้าง New Job ใหม่
   ข. ลบ Operation ทั้งหมด
   ค. คลิก Update Geometry แล้วคำนวณทางเดินมีดใหม่
   ง. เปลี่ยน Post-processor

3. **หลังจำลอง Solid Verify แสดง GOUGE หมายความว่าอะไร**

   ก. มีเนื้อวัสดุเหลือบนชิ้นงาน
   ข. มีดชนปากกาจับ
   ค. ยังไม่ได้คำนวณทางเดินมีด
   ง. กัดเกินเข้าไปในชิ้นงาน

4. **Machine profile ที่มีป้าย [UNVALIDATED] หมายความว่าอะไร**

   ก. ยังไม่ได้สอบเทียบกับเครื่องจริง ต้องทดสอบโปรแกรมแรกบนเครื่องอย่างระมัดระวัง
   ข. สร้าง G-code ไม่ได้
   ค. ใช้กับเครื่องกลึงเท่านั้น
   ง. ต้องอัปเกรดไลเซนส์ Premium

5. **ใน Operation Drill ค่า Peck depth = 0 หมายความว่าอะไร**

   ก. ปิดการเจาะ
   ข. เจาะรวดเดียว
   ค. ใช้รอบ G83
   ง. เจาะลึกตามค่าเริ่มต้น 10 มม.

6. **Print Shop PDF สร้างอะไร**

   ก. PDF แบบชิ้นงานพร้อมมิติ
   ข. พิมพ์ G-code เป็น PDF
   ค. ใบ Setup A4 แนวนอน มีข้อมูลเครื่อง WCS Stock ลำดับมีดและ Operation เวลาประมาณ และเช็กลิสต์ก่อนเดินเครื่อง
   ง. ใบแจ้งหนี้งานกัด

บทที่ 9

Import / Export

1. ชนิดไฟล์ของ MECHCAD และไฟล์ที่เปิดได้

   ไฟล์ Native ของ MECHCAD ทุกชนิด และรูปแบบไฟล์ CAD ที่เปิด นำเข้า และส่งออกได้

2. Import CAD (STEP, IGES, STL) และ CAD Import Options

   นำเข้าไฟล์ CAD เป็น Part หรือ Assembly และความหมายของตัวเลือกการนำเข้า

3. เปิดไฟล์ SolidWorks และ Alibre ใน MECHCAD

   อ่าน .sldprt/.sldasm และ .ad_prt/.ad_asm โดยตรง และสิ่งที่ได้หลังนำเข้า

4. Export STEP และ STL

   ส่งออก Part เป็น STEP สำหรับโปรแกรม CAD อื่น และ STL สำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

ชนิดไฟล์ของ MECHCAD และไฟล์ที่เปิดได้ Standard

ไฟล์ Native ของ MECHCAD ทุกชนิด และรูปแบบไฟล์ CAD ที่เปิด นำเข้า และส่งออกได้

ใช้ทำอะไร

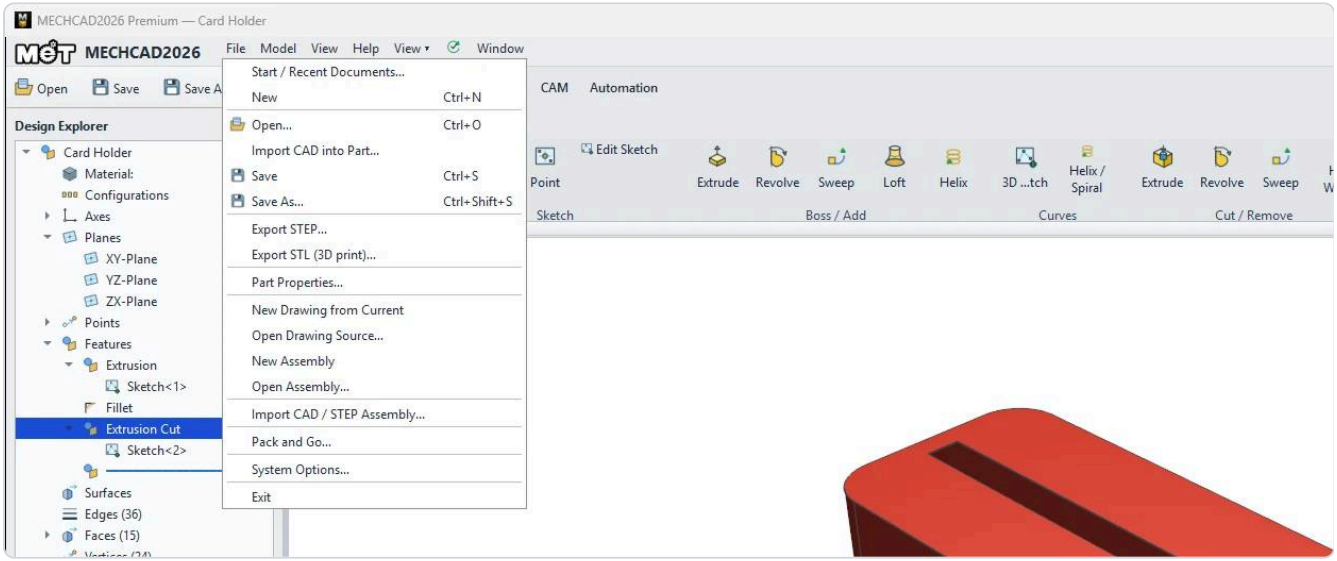
สรุปชนิดไฟล์ที่ MECHCAD บันทึก เปิด นำเข้า และส่งออก

ไฟล์ Native

นามสกุล	ชนิด	เปิดในแท็บ
`.metprt` (และ `.mcd_prt` รุ่นเก่า)	MECHCAD Part	Part Design
`.metasm` (และ `.mcd_assm` รุ่นเก่า)	MECHCAD Assembly	Assembly
`.metdrw`	MECHCAD Drawing	Drawing
`.metcam`	MECHCAD CAM	CAM
`.metauto`	MECHCAD Automation Cell	Automation
`.metpkg`	MECHCAD Package (Pack and Go)	แตกไฟล์แล้วเปิด Assembly

ไฟล์ทุกชนิดมีภาพตัวอย่างใน Windows Explorer และดับเบิลคลิกเปิดได้ (เมื่อติดตั้งด้วยตัวติดตั้งโดยตรง) ถ้าไฟล์เปิดอยู่แล้วจะสลับไปแท็บนั้น

ไฟล์ที่เปิด/นำเข้าได้ (File › Open...)



เมนู File

รูปแบบ	นามสกุล	ผลลัพธ์
STEP	`.step .stp`	Part หรือ Assembly (คงโครงสร้างและตำแหน่ง)
IGES	`.iges .igs`	Part
Mesh	`.stl`	Part (แปลงเป็น Solid ได้)
BREP	`.brep`	Part

รูปแบบ	นามสกุล	ผลลัพธ์
SolidWorks	`.sldprt` `.sldasm`	Part เป็น Sketch + Feature tree ที่แก้ไขได้ / Assembly แปลงเป็นไฟล์ MECHCAD โดยไม่ต้องมี SolidWorks
Alibre	`.ad_prt` `.ad_asm`	Part เป็น Sketch + Feature ที่แก้ไขได้ / Assembly แปลงเป็นไฟล์ MECHCAD (แชร์งานกับผู้ใช้ Alibre ได้)
Siemens NX	`.prt`	Part (Solid)
Parasolid	`.x_t` `.x_b`	Part
MET feature JSON	`.mfj`	Part

ส่งออก

จาก	รูปแบบ	คำสั่ง
Part	STEP, STL	File › Export STEP... / Export STL (3D print)...
Assembly	STL, HTML 3D	Share › Export STL / Export HTML
Drawing	PDF, DXF, DWG	Output › Export PDF / DXF / DWG
CAM	G-code (`.nc`), PDF Setup Sheet	Output › G-code / Shop PDF
Motion	MP4, GIF	● Record, Export Video..., Record GIF...

> **หมายเหตุ:** MECHCAD ไม่เปิดไฟล์ DWG โดยตรง (DWG ใช้ได้เฉพาะ Export จาก Drawing) ไฟล์จากโปรแกรม CAD อื่นที่ไม่อยู่ในตารางนี้ ให้ส่งออกเป็น STEP ก่อน

ลองทำตาม: ตามไฟล์ของงานปุ่มจับลิ้นชัก

สถานการณ์: คุณออกแบบปุ่มจับลิ้นชัก ประกอบเข้ากับหน้าลิ้นชัก ทำ Drawing แล้วส่งทั้งหมดให้โรงงาน ลองดูว่าแต่ละขั้นได้ไฟล์อะไร

1. ขึ้นรูปปุ่มจับใน **Part Design** แล้วบันทึก: `drawer-knob.metprt`
2. ใน **Assembly** ใส่ปุ่มจับกับแผ่นหน้าลิ้นชัก แล้วบันทึก: `drawer-front.metasm`
3. **File › New Drawing from Current** แล้วบันทึก Drawing: `drawer-front.metdrw`
4. ใช้ **Pack and Go** รวม Assembly เป็นไฟล์เดียว `drawer-front.metpkg` แล้วส่งอีเมล โรงงานดับเบิลคลิกไฟล์ MECHCAD จะแตกไฟล์และเปิด Assembly ให้
5. โรงงานอยากได้ไฟล์ 3D ไปใช้กับ CAD ของตัวเอง: เปิด Part ปุ่มจับแล้ว **File › Export STEP...**

ลองต่อ: เปิดโฟลเดอร์ใน Windows Explorer แบบไอคอนใหญ่ ไฟล์ MECHCAD ทุกไฟล์จะแสดงภาพตัวอย่างของตัวเอง

ดูเพิ่ม

- Import CAD
- SolidWorks และ Alibre
- Export STEP / STL

Import CAD (STEP, IGES, STL) และ CAD Import Options Standard

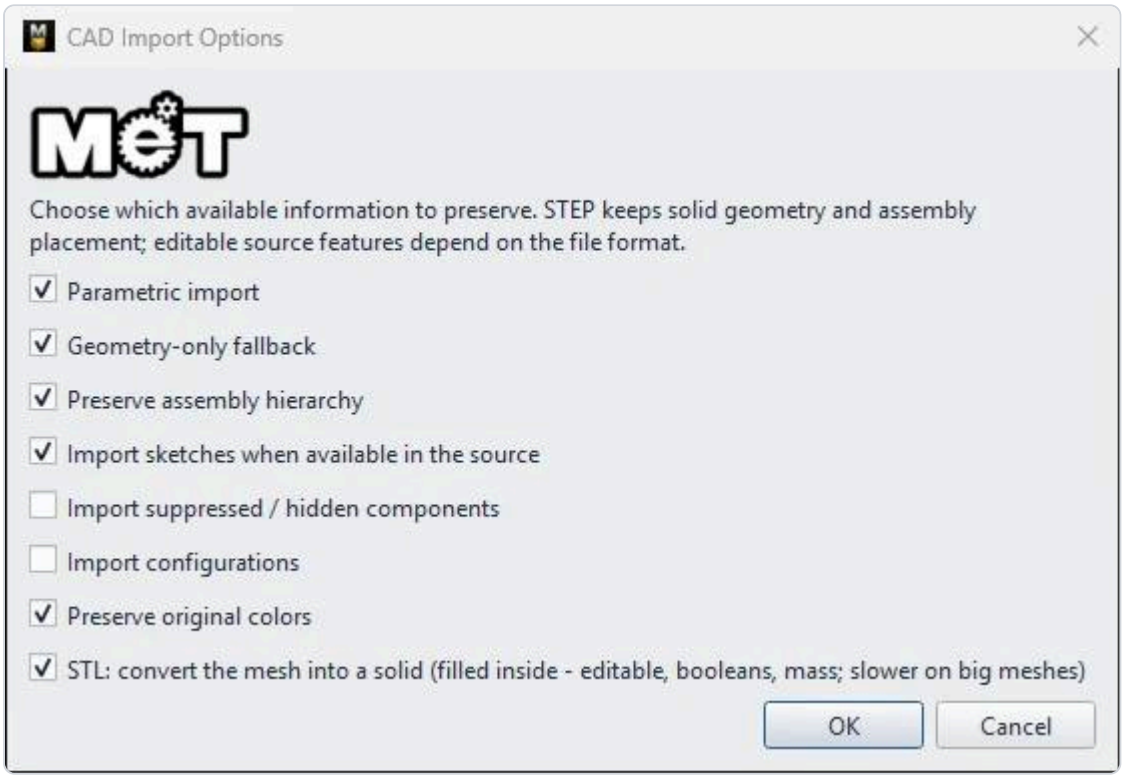
นำเข้าไฟล์ CAD เป็น Part หรือ Assembly และความหมายของตัวเลือกการนำเข้า

ใช้ทำอะไร

นำเข้าไฟล์ CAD จากโปรแกรมอื่นเข้าสู่ MECHCAD

อยู่ที่ไหน

คำสั่ง	ผลลัพธ์
File › Open...	เปิดไฟล์ CAD ในแท็บใหม่ตามชนิด
File › Import CAD into Part...	เปิดใน Part Design ชิ้นงานง่ายๆ ที่ตรวจสอบผ่านจะกลายเป็น Feature ที่แก้ไขได้ (หน้าต่าง *Import CAD into Part Design*)
File › Import CAD / STEP Assembly...	นำเข้า Assembly เป็นชิ้นส่วนพร้อมตำแหน่ง (หน้าต่าง *Import CAD*)
Assembly › Insert Part	แทรกไฟล์ CAD เข้า Assembly ที่เปิดอยู่



หน้าต่าง CAD Import Options

ตัวเลือก CAD Import Options

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Parametric import	เปิด	สร้าง Feature ที่แก้ไขได้เมื่อข้อมูลต้นทางมี
Geometry-only fallback	เปิด	ถ้าทำ Feature ไม่ได้ ให้นำเข้าเป็น Solid

ตัวเลือก	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
Preserve assembly hierarchy	เปิด	คงโครงสร้าง Sub-Assembly
Import sketches when available in the source	เปิด	นำเข้า Sketch ถ้ามี
Import suppressed / hidden components	ปิด	นำเข้าชิ้นที่ถูกซ่อน/ปิด
Import configurations	ปิด	นำเข้า Configuration
Preserve original colors	เปิด	คงสีเดิม
STL: convert the mesh into a solid	เปิด (เฉพาะ STL)	แปลง Mesh เป็น Solid (แก้ไข Boolean และคำนวณมวลได้ แต่ช้ากับ Mesh ใหญ่)

ต้องเปิดอย่างน้อย 1 ใน 2 ตัวเลือกแรก (*Enable Parametric import or Geometry-only fallback*.)

ขั้นตอน

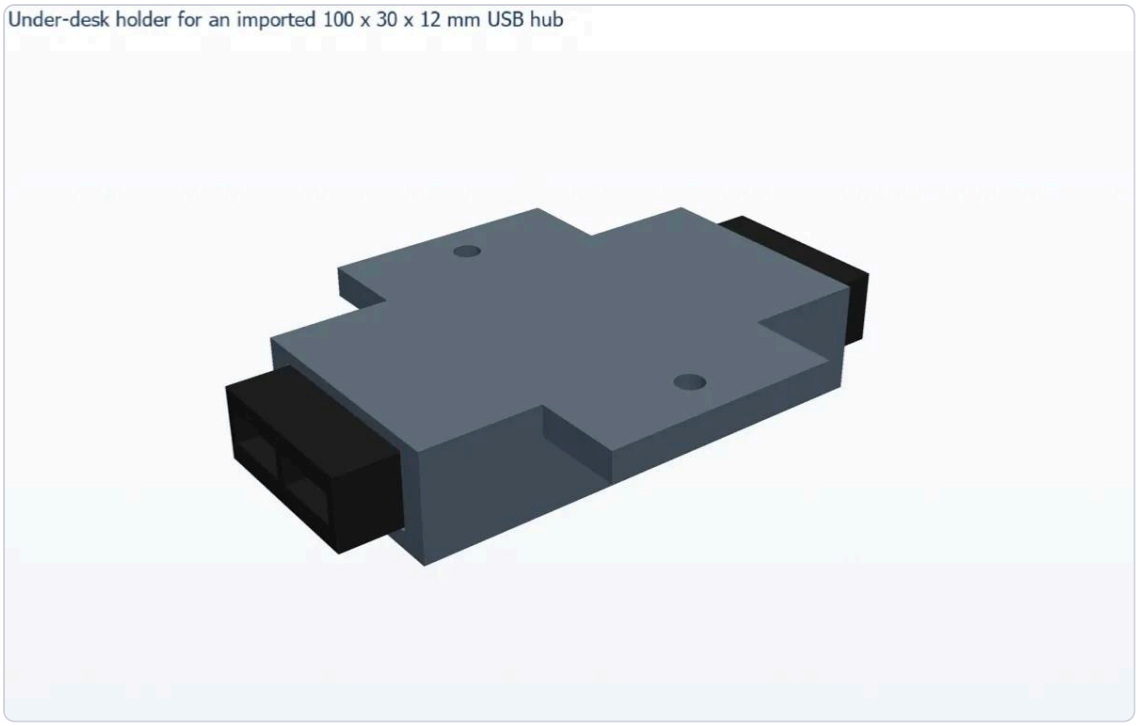
1. เลือกคำสั่งนำเข้าแล้วเลือกไฟล์
2. ตั้งค่าในหน้าต่าง **CAD Import Options** แล้วกด OK
3. รอแถบความคืบหน้า (*Reading CAD product structure…*, *Meshing part n / total*) กด Cancel เพื่อยกเลิก
4. เมื่อเสร็จจะมีรายงาน *Native parametric import* / *Neutral assembly import* / *Geometry-only import* พร้อมจำนวนชิ้นส่วน

> **หมายเหตุ:** ชิ้นงานที่นำเข้าแบบไม่มีประวัติแก้ไขได้ด้วย Move Face หรือแปลงเป็น Feature ด้วย Recognize Features ชิ้นที่นำเข้ามาเอียงจัดให้ตรงแกนได้ด้วย **Auto Align** ใน Assembly

ลองทำตาม: ที่ยึด USB Hub ใต้โต๊ะ

ผู้ผลิตหลายรายมีไฟล์ STEP ของสินค้าให้ดาวน์โหลด นำเข้ามาวัดขนาด แล้วออกแบบที่ยึด Hub ไว้ใต้โต๊ะ

1. ยังไม่มีไฟล์ STEP? ทำตัวแทนเอง: Part ใหม่ สี่เหลี่ยม **100 × 30 Extrude 12** แล้ว **File › Export STEP…** เป็น `usb-hub.step` แล้วปิด Part นี้
2. เลือก **File › Import CAD into Part…** เลือกไฟล์ STEP ใช้ค่าเริ่มต้นใน **CAD Import Options** แล้วกด **OK** รายงานจะบอกว่านำเข้าแบบไหน
3. คลิกขวาในมุมมอง › **Size Box**: **100 × 30 × 12** มม. เผื่อระยะ 0.5 มม. ทุกด้าน
4. Part ใหม่: สี่เหลี่ยม **80 × 40 Extrude 18** คลิกขวาที่ผิวปลาย (40 × 18) › **New Sketch on this face** วาดสี่เหลี่ยม **31 × 13** ห่างจากด้านข้าง **4.5** มม. และจากด้านล่าง **3** มม. ตัดแบบ **Through All** ได้อุโมงค์สำหรับสอด Hub
5. คลิกขวาที่ผิวบน › **New Sketch on this face** วาดปีก **40 × 15** สองชิ้นชิดขอบยาวแต่ละข้าง อยู่นอกตัวชิ้นงาน **Extrude 5** มม. โดยกด ⇄ ให้งอกลงล่างและเสมอผิวบน
6. Sketch รู **Ø4.5** กลางปีกแต่ละข้าง ตัดแบบ **Through All** แล้วขันสกรูติดใต้โต๊ะ สอด Hub เข้าไปได้เลย



USB Hub (สีดำ) สอดอยู่ในที่ยึดใต้โต๊ะ

ลองต่อ: นำเข้า Hub ด้วย **File › Import CAD / STEP Assembly...** แทน แล้ววางลงในที่ยึดในแท็บ Assembly เพื่อตรวจระยะ

ดูเพิ่ม

- ชนิดไฟล์
- SolidWorks และ Alibre

เปิดไฟล์ SolidWorks และ Alibre ใน MECHCAD Standard

อ่าน .sldprt/.sldasm และ .ad_prt/.ad_asm โดยตรง และสิ่งที่ได้หลังนำเข้า

ใช้ทำอะไร

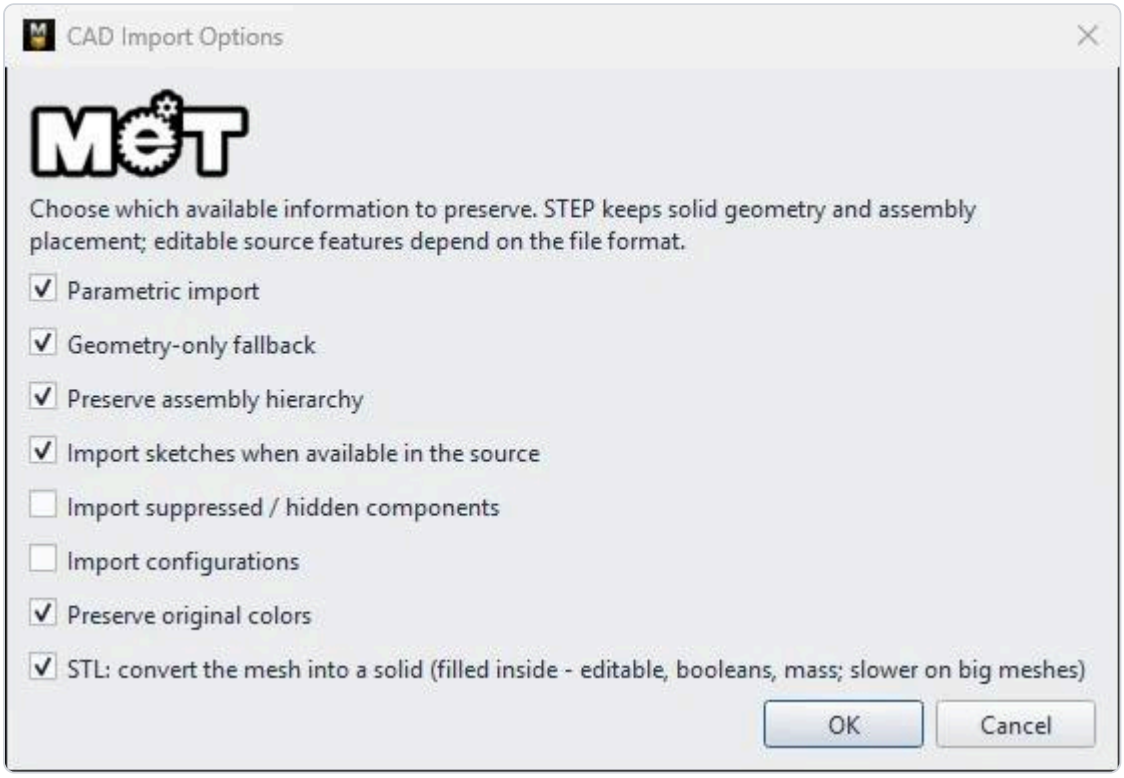
MECHCAD อ่านไฟล์ SolidWorks และ Alibre ได้เอง จึงเปิดไฟล์ SolidWorks ได้โดยไม่ต้องติดตั้ง SolidWorks และแชร์งานกับเพื่อนร่วมงาน ลูกค้า หรือซัพพลายเออร์ที่ใช้ Alibre Design ได้

ไฟล์	ผลลัพธ์
SolidWorks Part (`.sldprt`)	สร้างใหม่เป็น Sketch + Feature tree ที่แก้ไขได้ อ่านในกระบวนการแยกเพื่อความเสถียร
SolidWorks Assembly (`.sldasm`)	แปลงเป็น Part + `.metasm` ไว้ที่ `Documents\MECHCAD Imports\<ชื่อ>`
Alibre Part (`.ad_prt`)	สร้างใหม่เป็น Sketch + Feature ที่แก้ไขได้ (*...as editable sketches + features - Save As .metprt to keep it*)
Alibre Assembly (`.ad_asm`)	แปลงเป็น Part + `.metasm` ไว้ที่ `Documents\MECHCAD Imports\<ชื่อ>`

ไฟล์	ผลลัพธ์
Parasolid (`.x_t` , `.x_b`)	Part
Siemens NX Part (`.prt`)	Part (Solid)

ขั้นตอน

1. **File › Open...** เลือกไฟล์ `.sldprt` , `.sldasm` , `.ad_prt` หรือ `.ad_asm`
2. Assembly จะแสดงแผงความคืบหน้า *Importing ... assembly - ...* (กด Cancel ได้)
3. ตรวจผล แล้ว **Save As** เป็นไฟล์ MECHCAD



หน้าต่าง CAD Import Options

> **หมายเหตุ:** ขั้นตอนใน Part ของ SolidWorks หรือ Alibre ที่ยังแปลงเป็น Feature ไม่ได้ จะเก็บไว้เป็นรูปทรงจริงแบบแม่นยำ และแสดงรายการให้ตรวจดู ไฟล์ Alibre ที่สร้าง Feature ไม่ได้เลยจะนำเข้าเป็น Solid แทน ถ้าเห็น *Native CAD Reader Required* ให้ส่งออกจากโปรแกรมต้นทางเป็น STEP แล้วนำเข้า STEP

ลองทำตาม: เปิดแท่นวางลำโพงและตัวหนีบแขนจอของเพื่อนร่วมงาน

สถานการณ์: เพื่อนส่ง Assembly แท่นวางลำโพงจาก SolidWorks (`speaker-stand.sldasm`) และตัวหนีบแขนจอจาก Alibre (`arm-clamp.ad_prt`) มาให้ และคุณต้องการทำงานกับทั้งสองไฟล์ใน MECHCAD

1. **File › Open...** เลือก `speaker-stand.sldasm` แผง *Importing ... assembly* จะแสดงความคืบหน้า
2. เมื่อเสร็จ ชิ้นส่วนที่แปลงแล้วและไฟล์ `.metasm` จะอยู่ใน `Documents\MECHCAD Imports\speaker-stand`
3. **File › Open...** เลือก `arm-clamp.ad_prt` จะเปิดเป็น Sketch และ Feature ที่แก้ไขได้
4. ดับเบิลคลิก Feature ของตัวหนีบ ลองแก้ค่า (เช่น ขนาดรู) แล้ว **Save As** เป็น `arm-clamp.metprt` เพื่อเก็บไว้
5. ถ้าไฟล์ไหนขึ้น *Native CAD Reader Required* ให้ขอไฟล์ STEP จากเพื่อนแล้วนำเข้าแทน

ลองต่อ: เทียบรายการชิ้นส่วนของแท่นวางลำโพงใน Assembly Explorer กับที่เพื่อนเห็นใน SolidWorks

ดูเพิ่ม

- Import CAD
- แก้ปัญหาการนำเข้าไฟล์

Export STEP และ STL Standard

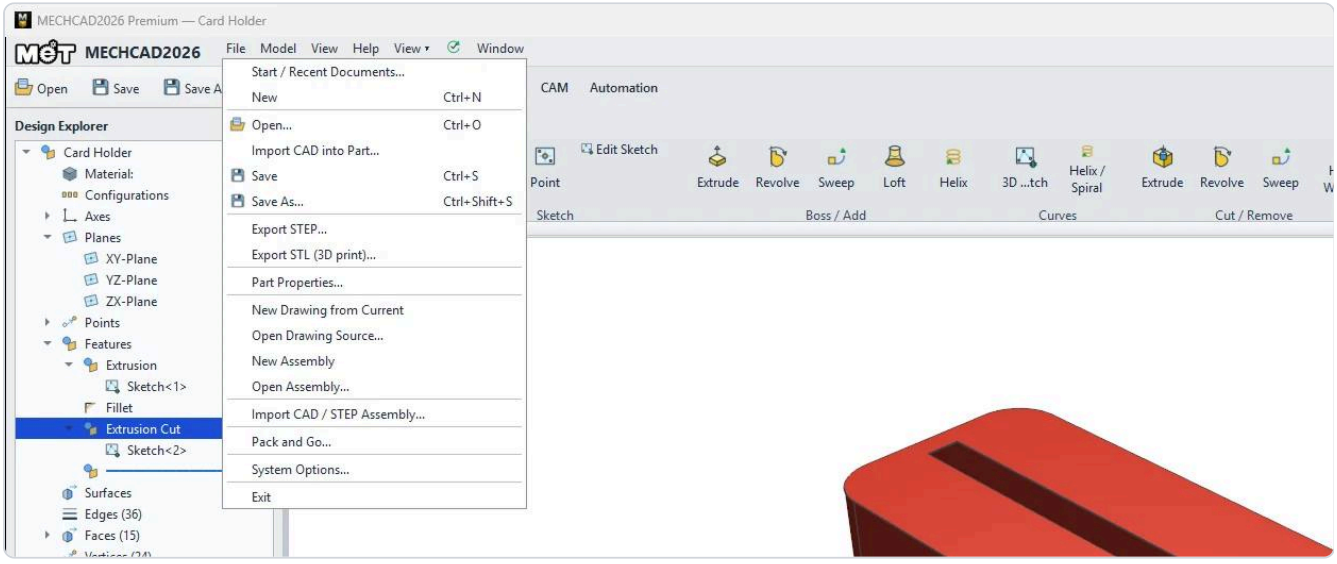
ส่งออก Part เป็น STEP สำหรับโปรแกรม CAD อื่น และ STL สำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

ใช้ทำอะไร

- **Export STEP...** ส่งออก Part เป็น STEP สำหรับโปรแกรม CAD อื่น
- **Export STL (3D print)...** ส่งออก STL แบบ binary หน่วย mm สำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ/Slicer
- Assembly: **Share › Export STL** ส่งออกชิ้นที่เลือก หรือทุกชิ้นที่มองเห็นถ้าไม่ได้เลือก

อยู่ที่ไหน

File › Export STEP... / Export STL (3D print)...



เมนู File

ขั้นตอน

1. เปิด Part (Roll to End ก่อนถ้ามีการย้อน Rollback)
2. เลือก **File › Export STEP...** หรือ **Export STL (3D print)...**
3. ตั้งชื่อไฟล์ สำหรับ STL เลือกคุณภาพที่ช่องชนิดไฟล์

คุณภาพ STL	ความหมาย
STL for 3D printing - Fine	ละเอียด ไฟล์ใหญ่
... - Standard	ทั่วไป

คุณภาพ STL	ความหมาย
… - Draft / small file	หยาบ ไฟล์เล็ก

ลองทำตาม: ที่พันสายหูฟัง พร้อมส่งเครื่องพิมพ์ 3D

พันสายหูฟังรอบตัว H นี้แล้วเสียบแจ็กไว้ที่รูกลาง สายไม่พันกันในกระเป๋าอีก

1. Sketch บน **XY** สี่เหลี่ยม **60 × 30** แล้ว **Extrude 3** มม.
2. คลิกขวาที่ผิวบน › **New Sketch on this face** วาดสี่เหลี่ยมจัตุรัส **10 × 10** ที่ปลายด้านสั้นทั้งสองข้าง ห่างจากขอบหน้า **10** มม. และซิดขอบปลาย เพิ่มวงกลม **Ø6** ตรงกลาง (30, 15)
3. กด **Finish Sketch** แล้ว **Cut / Remove › Extrude** แบบ **Through All**
4. **Fillet Radius 1.5**: คลิกขอบแนวตั้งที่มุมนอก 4 มุม และมุมของร่องอีก 8 มุม แล้วกด **Done**
5. เลือก **File › Export STL (3D print)…** ในช่องชนิดไฟล์เลือก **STL for 3D printing - Fine** บันทึกเป็น `cable-winder.stl`
6. เลือก **File › Export STEP…** บันทึกเป็น `cable-winder.step` ไว้ส่งให้เพื่อนที่ใช้ CAD โปรแกรมอื่น
7. เปิดไฟล์ STL ในโปรแกรม Slicer ขนาดจะเป็น 60 × 30 × 3 มม. หน่วยมิลลิเมตรอยู่แล้ว



ที่พันสายหูฟัง 60 x 30 x 3 มม.

ลองต่อ: Export ชิ้นเดิมอีกครั้งแบบ **Draft / small file** แล้วเทียบขนาดไฟล์ STL ทั้งสอง

ดูเพิ่ม

- ชนิดไฟล์
- Export HTML

แบบทดสอบท้ายบทที่ 9: Import / Export

เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว เฉลยอยู่ใน ภาคผนวก ก

1. **MECHCAD เปิดไฟล์ DWG โดยตรงได้หรือไม่**

   ก. ไม่ได้ DWG มีเฉพาะการส่งออกจาก Drawing
   ข. ได้ ผ่าน File › Open…
   ค. ได้ ผ่าน File › Import CAD into Part…
   ง. ได้เฉพาะ DWG ที่บันทึกเป็น AutoCAD 2018

2. **ต้องติดตั้ง SolidWorks ไว้หรือไม่ จึงจะเปิดไฟล์ .sldprt ใน MECHCAD ได้**

   ก. ต้อง และต้องเป็นเวอร์ชันเดียวกับไฟล์
   ข. ไม่ต้อง MECHCAD อ่านเองได้
   ค. ต้อง แต่เฉพาะ Assembly
   ง. ไม่ต้อง แต่ต้องแปลงเป็น IGES ก่อน

3. **เปิดไฟล์แล้วขึ้น “Native CAD Reader Required” ควรทำอย่างไร**

   ก. ติดตั้ง MECHCAD ใหม่
   ข. เปลี่ยนนามสกุลไฟล์เป็น .stp
   ค. Export เป็น STEP จากโปรแกรมต้นทาง แล้วนำเข้าไฟล์ STEP
   ง. เปิดด้วย Pack and Go

4. **ตัวเลือกนำเข้า “STL: convert the mesh into a solid” มีข้อดีข้อเสียอย่างไร**

   ก. ตัดสีออกแต่เร็วขึ้น
   ข. เก็บประวัติ Feature ได้แต่ต้องมี Alibre
   ค. ไฟล์เล็กลงครึ่งหนึ่งแต่รูหาย
   ง. ทำ Boolean และคำนวณมวลได้ แต่ช้าสำหรับ mesh ขนาดใหญ่

5. **ใน Assembly คลิก Share › Export STL โดยไม่ได้เลือกชิ้นใด จะส่งออกอะไร**

   ก. ไม่ส่งออกอะไร ต้องเลือกชิ้นก่อน
   ข. เฉพาะชิ้นฐาน (Fixed)
   ค. ทุกชิ้นที่มองเห็นอยู่
   ง. ทุกชิ้นรวมถึงชิ้นที่ซ่อนไว้

6. **ใน CAD Import Options ตัวเลือกคู่ใดที่ปิดทั้งสองพร้อมกันไม่ได้**

   ก. Preserve original colors กับ Import configurations
   ข. Parametric import กับ Geometry-only fallback
   ค. Preserve assembly hierarchy กับ Import sketches
   ง. Import suppressed / hidden components กับการแปลง STL

บทที่ 10

License & Editions

1. จัดการไลเซนส์: ป้าย Edition, Deactivate และ License Certificate

   ดูสถานะไลเซนส์ ย้ายไลเซนส์ไปเครื่องอื่น และพิมพ์ใบรับรองไลเซนส์

2. อัปเดตโปรแกรม (Check for Updates)

   ตรวจสอบและติดตั้งเวอร์ชันใหม่: อัปเดตในโปรแกรมสำหรับลูกค้า MA และดาวน์โหลดโดยตรงสำหรับผู้ใช้อื่น

จัดการไลเซนส์: ป้าย Edition, Deactivate และ License Certificate Standard

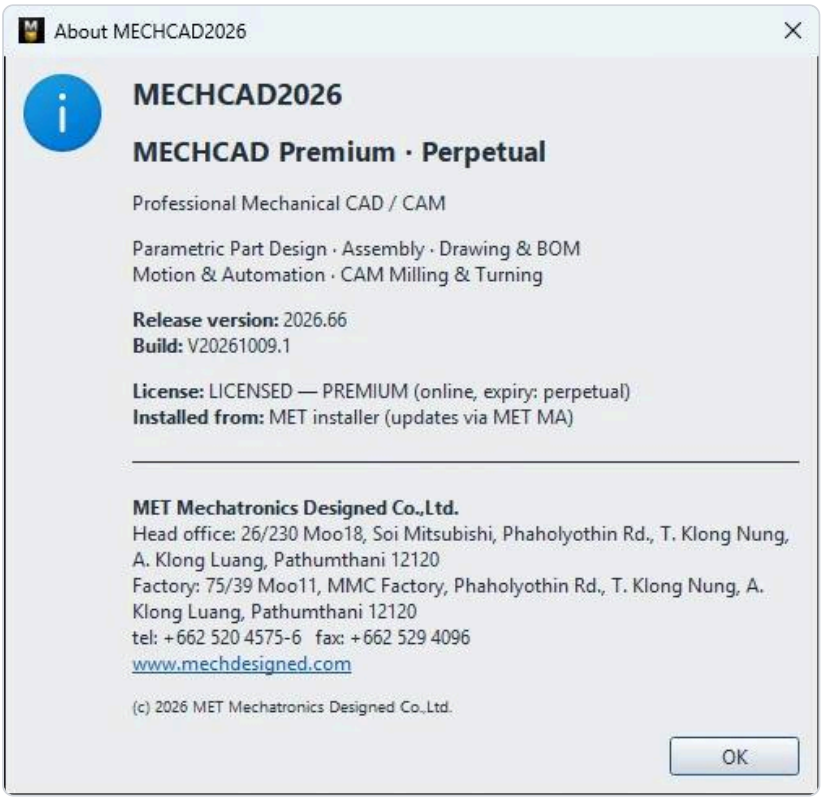
ดูสถานะไลเซนส์ ย้ายไลเซนส์ไปเครื่องอื่น และพิมพ์ใบรับรองไลเซนส์

ใช้ทำอะไร

ดูและจัดการไลเซนส์ของเครื่องนี้

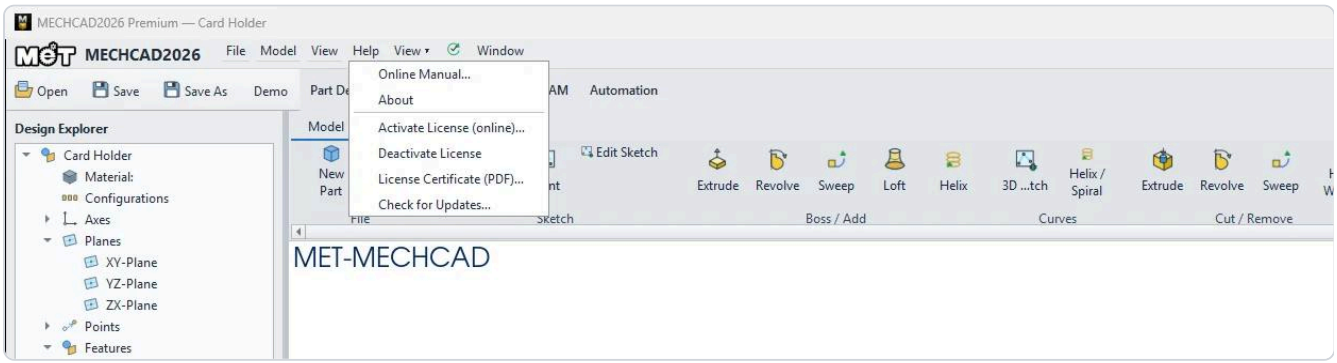
ป้าย Edition (มุมขวาบน)

แสดง Edition และอายุ เช่น ● *MECHCAD Premium · Perpetual*, ● *MECHCAD Trial · 12 days left*, ● *MECHCAD Expert · until 2027-01-31* หรือ ● *UNLICENSED* (สีแดง) เปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อเหลือไม่เกิน 7 วัน ชี้ค้างเพื่อดูรายละเอียด (Product, Edition, Server, Machine, Expiry) คลิกเพื่อเปิดหน้าต่าง Welcome



About MECHCAD2026 แสดงเวอร์ชัน Edition และไลเซนส์

เมนู Help



เมนู Help

คำสั่ง	ความหมาย
About	เวอร์ชัน (Release version / Build), Edition, สถานะไลเซนส์ และช่องทางติดตั้ง
Activate License (online)...	หน้าต่าง Welcome ใส่ Key หรือเปลี่ยน Edition
Deactivate License	คืนสิทธิ์เครื่องนี้ (*Release this machine's seat on the license server?*) ใช้ก่อนย้ายไปเครื่องใหม่
License Certificate (PDF)...	สร้างใบรับรองไลเซนส์ PDF (ถามชื่อผู้ถือไลเซนส์และบริษัทถ้ายังไม่มี)
Check for Updates...	ดู อัปเดตโปรแกรม

ย้ายไลเซนส์ไปเครื่องใหม่

1. เครื่องเดิม: **Help › Deactivate License** › Yes (*Seat released.*)
2. เครื่องใหม่: ติดตั้ง แล้วใส่ Key เดิมในหน้าต่าง Welcome

> **หมายเหตุ:** ถ้าเครื่องเดิมออฟไลน์จะเห็น *Server unreachable. Activation kept; retry to release the seat.* ให้เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแล้วลองใหม่ หรือติดต่อ MET

ลองทำตาม: ย้ายไลเซนส์จากเครื่องออฟฟิศไปโน้ตบุ๊กที่บ้าน

สถานการณ์: เดือนนี้คุณจะทำงานจากบ้าน ออกแบบกล่องเก็บปลั๊กพ่วงและสายไฟ จึงต้องย้ายไลเซนส์ไปโน้ตบุ๊ก

1. ที่เครื่องออฟฟิศ ชี้เมาส์ที่ป้าย Edition จด Edition และวันหมดอายุไว้
2. เลือก **Help › Deactivate License › Yes** รอจนขึ้น *Seat released.*
3. ที่โน้ตบุ๊ก ติดตั้ง MECHCAD แล้วใส่ Key และอีเมลเดิมในหน้าต่าง Welcome
4. ตรวจป้าย Edition: ต้องเป็น Edition และวันหมดอายุเดิม
5. เลือก **Help › License Certificate (PDF)...** บันทึกใบรับรองไว้ให้ฝ่าย IT

ลองต่อ: ถ้าลืมทำขั้นที่ 2 และเครื่องออฟฟิศออฟไลน์อยู่ ให้ต่ออินเทอร์เน็ตแล้วกด **Deactivate License** อีกครั้ง

ดูเพิ่ม

- เปิดใช้งานด้วย License Key
- Edition ของ MECHCAD

อัปเดตโปรแกรม (Check for Updates) Standard

ตรวจสอบและติดตั้งเวอร์ชันใหม่: อัปเดตในโปรแกรมสำหรับลูกค้า MA และดาวน์โหลดโดยตรงสำหรับผู้ใช้อื่น

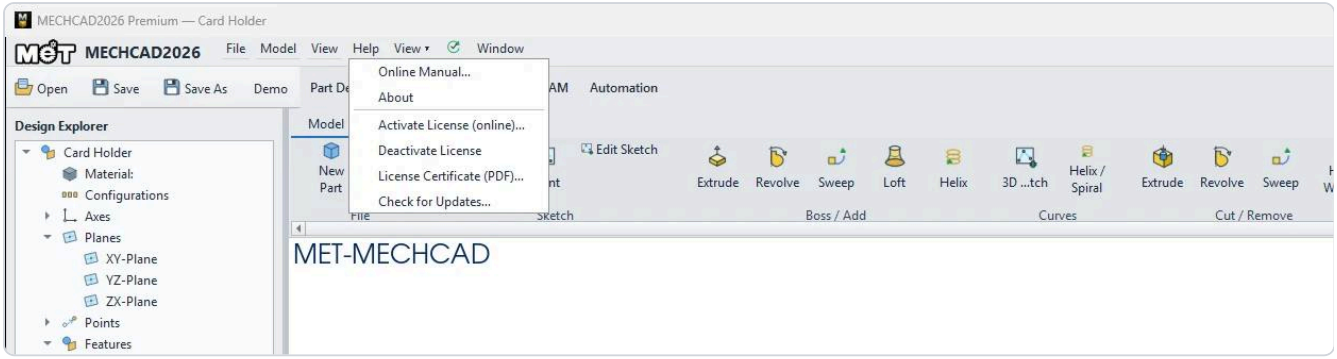
ใช้ทำอะไร

ลูกค้าที่ติดตั้งด้วยตัวติดตั้งโดยตรงและมี Maintenance Agreement (MA) ได้รับเวอร์ชันใหม่ผ่านโปรแกรมโดยตรง

ถ้ายังไม่มี MA (เช่น ช่วงทดลองใช้ 30 วัน) ให้ดาวน์โหลดตัวติดตั้งล่าสุดจาก https://license.mechdesigned.com/download/MECHCAD แล้วติดตั้งทับเวอร์ชันเดิม เครื่องที่ติดตั้งจาก Microsoft Store อัปเดตผ่าน Store ตามปกติ

อยู่ที่ไหน

Help › Check for Updates... (ตรวจอัตโนมัติ 6 วินาทีหลังเปิดโปรแกรมด้วย)



เมนู Help › Check for Updates...

ขั้นตอน

1. เลือก **Help › Check for Updates...**
2. ถ้ามีเวอร์ชันใหม่ หน้าต่าง **MECHCAD Update Available** จะแสดงเลขเวอร์ชัน
3. กด **Download & Install** โปรแกรมดาวน์โหลดพร้อมแถบความคืบหน้า แล้วปิดตัวเองเพื่อติดตั้ง หรือกด **Later** (การแจ้งอัตโนมัติจะไม่ถามซ้ำสำหรับเวอร์ชันนั้น)

ข้อความ	ความหมาย
You are up to date.	ใช้เวอร์ชันล่าสุดแล้ว
Activate an online license to check MA updates.	ต้องเปิดใช้งานไลเซนส์ออนไลน์ก่อน
This license does not currently include MA update coverage.	ไลเซนส์ไม่มี MA ที่ครอบคลุม ติดต่อ MET
This copy was installed from Microsoft Store - updates arrive through the Store.	อัปเดตผ่าน Microsoft Store
Could not verify updates with the license server.	ตรวจการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

ลองทำตาม: อัปเดตระหว่างทำงานค้างอยู่

สถานการณ์: คุณเป็นลูกค้า MA กำลังออกแบบที่รองข้อมือหน้าคีย์บอร์ด แล้วมีเวอร์ชันใหม่ออกมา

1. เปิด MECHCAD ประมาณ 6 วินาทีต่อมา หน้าต่าง **MECHCAD Update Available** จะขึ้นพร้อมเลขเวอร์ชันใหม่
2. ตอนนี้ยังยุ่งอยู่ กด **Later** การแจ้งอัตโนมัติจะไม่ถามซ้ำสำหรับเวอร์ชันนี้
3. ทำงานเสร็จแล้ว **Save** ที่รองข้อมือ จากนั้นเลือก **Help › Check for Updates...**
4. กด **Download & Install** ดูแถบความคืบหน้า MECHCAD จะปิดตัวเองแล้วรันตัวติดตั้ง
5. เปิดงานที่รองข้อมืออีกครั้ง แล้วตรวจเวอร์ชันใน **Help › About**

ลองต่อ: เลือก **Help › Check for Updates...** ทันทีหลังอัปเดต ควรขึ้น *You are up to date.*

ดูเพิ่ม

- ติดตั้ง MECHCAD 2026

แบบทดสอบท้ายบทที่ 10: License & Editions

เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว เฉลยอยู่ใน ภาคผนวก ก

1. **จะย้ายไลเซนส์ไปเครื่องใหม่ ต้องทำอะไรก่อนบนเครื่องเก่า**

   ก. ถอนการติดตั้ง MECHCAD
   ข. ลบโฟลเดอร์ใน %APPDATA%
   ค. Help › Deactivate License
   ง. Help › Check for Updates...

2. **เมื่อคลิกป้าย Edition มุมขวาบน จะเกิดอะไรขึ้น**

   ก. เปิดหน้าต่าง Welcome
   ข. ยกเลิกไลเซนส์
   ค. เปิดเว็บไซต์
   ง. ไม่มีอะไร แสดงแค่ tooltip

3. **จะสร้างใบรับรองไลเซนส์เป็น PDF ได้ที่ใด**

   ก. File › Export PDF
   ข. Drawing › Output › Export PDF
   ค. Help › About
   ง. Help › License Certificate (PDF)...

4. **ใครได้รับเวอร์ชันใหม่โดยตรงผ่าน Help › Check for Updates...**

   ก. ทุกคนรวมถึงผู้ทดลองใช้
   ข. ลูกค้าที่ติดตั้งด้วยตัวติดตั้งโดยตรงและมี Maintenance Agreement (MA)
   ค. ผู้ใช้ Microsoft Store เท่านั้น
   ง. เฉพาะเครื่องที่ไม่มีอินเทอร์เน็ต

5. **ถ้าไม่มี MA (เช่นช่วงทดลองใช้) จะอัปเดต MECHCAD อย่างไร**

   ก. อัปเดตไม่ได้จนกว่าจะซื้อ MA
   ข. ถอนการติดตั้งก่อน แล้วติดตั้งใหม่จาก Store
   ค. ดาวน์โหลดตัวติดตั้งล่าสุดแล้วติดตั้งทับเวอร์ชันเดิม
   ง. ใช้ Help › Deactivate License

6. **ในหน้าต่าง MECHCAD Update Available คลิก Later จะเกิดอะไรขึ้น**

   ก. การแจ้งเตือนอัตโนมัติจะไม่ถามซ้ำสำหรับเวอร์ชันนั้น
   ข. ติดตั้งอัปเดตตอนเปิดโปรแกรมครั้งถัดไป
   ค. ถามใหม่ใน 6 วินาที
   ง. ไลเซนส์ถูกพักไว้

บทที่ 11

แก้ปัญหา

1. แก้ปัญหาไลเซนส์

   สาเหตุและวิธีแก้เมื่อเปิดใช้งานไม่ได้ ไลเซนส์หมดอายุ หรือเครื่องออฟไลน์

2. แก้ปัญหาการแสดงผลและการ์ดจอ

   มุมมอง 3D ว่าง กระตุก แสดงผิดเพี้ยน หรือคลิกเลือกไม่ตรงบนจอความละเอียดสูง

3. Assembly ขนาดใหญ่ทำงานช้า

   เคล็ดลับให้ Assembly ที่มีชิ้นส่วนหลายพันชิ้นเปิด หมุน และแก้ไขได้เร็วขึ้น

4. Auto-Recover และรายงานข้อผิดพลาด

   การบันทึกสำรองอัตโนมัติของ Assembly การกู้คืน และไฟล์บันทึกเมื่อโปรแกรมขัดข้อง

5. แก้ปัญหาการนำเข้าไฟล์ CAD

   สิ่งที่ควรตรวจเมื่อนำเข้า STEP, SolidWorks, Alibre หรือ STL ไม่สำเร็จหรือได้ผลไม่ครบ

6. แจ้งปัญหา (Report a Bug)

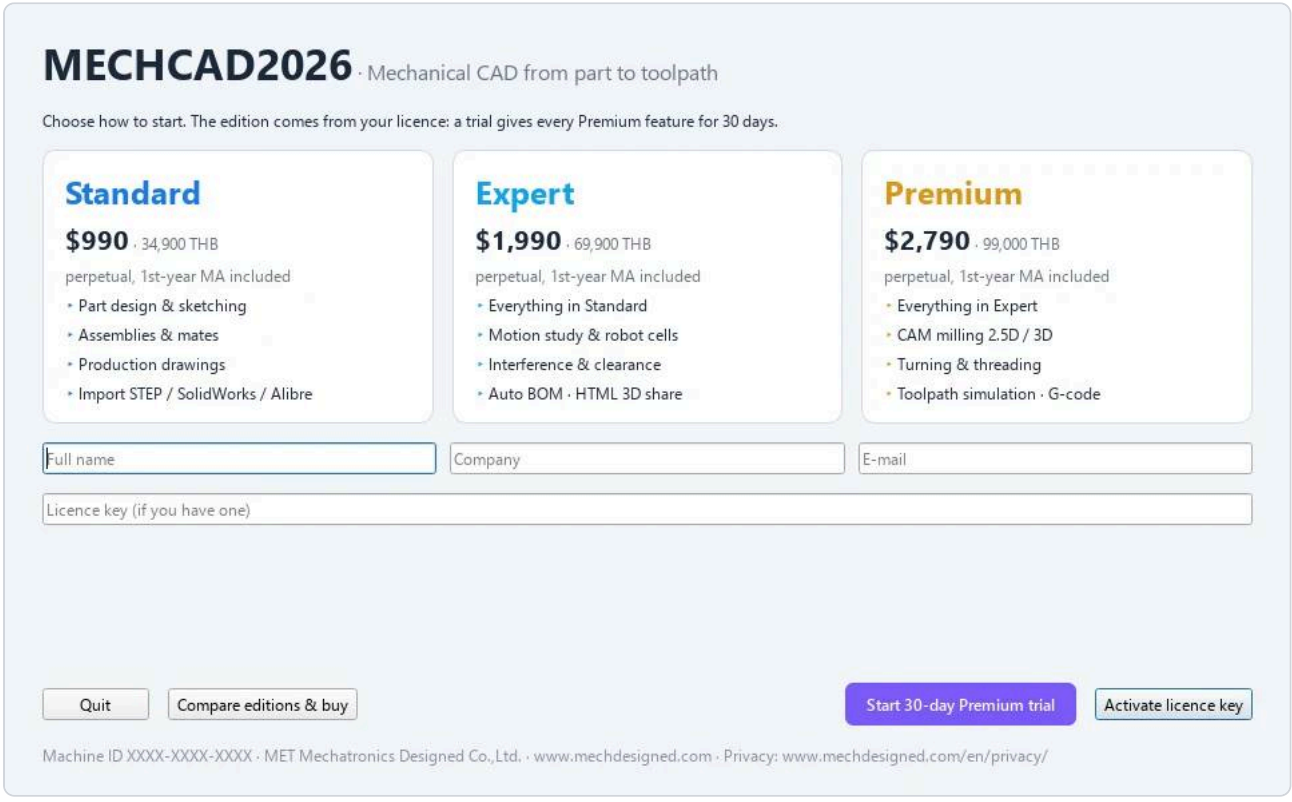
   ส่งรายงานปัญหาพร้อมภาพหน้าจอถึงทีม MET โดยตรงจากในโปรแกรม เลือกได้ทุกรายการว่าจะส่งอะไร

แก้ปัญหาไลเซนส์ Standard

สาเหตุและวิธีแก้เมื่อเปิดใช้งานไม่ได้ ไลเซนส์หมดอายุ หรือเครื่องออฟไลน์

อาการและวิธีแก้

อาการ / ข้อความ	สาเหตุ	วิธีแก้
หน้าต่าง Welcome ขึ้นทุกครั้งที่เปิด	ยังไม่มีไลเซนส์ หรือหมดอายุ	ใส่ License Key หรือเริ่มทดลองใช้ ดู เปิดใช้งาน
A free trial was already used on this computer or with this e-mail.	ใช้สิทธิ์ทดลองแล้ว	ติดต่อ MET เพื่อซื้อหรือขยายเวลา
This license key has expired.	Key หมดอายุ	ต่ออายุกับ MET
All N seats are in use.	ใช้ครบจำนวนเครื่อง	**Help › Deactivate License** ที่เครื่องอื่นก่อน
Offline grace elapsed — reconnect to the license server.	ออฟไลน์เกิน 7 วัน	เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแล้วเปิดโปรแกรมใหม่
ป้ายแสดง ● *UNLICENSED*	ตรวจไลเซนส์ไม่ผ่าน	คลิกป้ายเพื่อเปิด Welcome แล้วเปิดใช้งานใหม่
ปุ่ม/แท็บแจ้ง *… is part of MECHCAD Expert and Premium*	Edition ไม่ครอบคลุม	ดู Edition อัปเกรดได้ด้วย Key เดิม



หน้าต่าง Welcome

ข้อมูลที่ควรเตรียมเมื่อติดต่อ MET

- **Machine ID** (ท้ายหน้าต่าง Welcome หรือชี้ค้างที่ป้าย Edition)
- เวอร์ชันโปรแกรมจาก **Help › About**

- อีเมลที่ใช้เปิดใช้งาน

> **หมายเหตุ:** ข้อมูลการเปิดใช้งานเก็บที่ `%APPDATA%\MET-MECHCAD` อย่าลบโฟลเดอร์นี้ถ้าไม่จำเป็น

ลองทำตาม: "All seats are in use" บนโน้ตบุ๊กเครื่องใหม่ที่บ้าน

สถานการณ์: คุณติดตั้ง MECHCAD บนโน้ตบุ๊กเครื่องใหม่เพื่อทำแบบนาฬิกาตั้งโต๊ะต่อที่บ้าน แต่ตอนเปิดใช้งานขึ้น *All N seats are in use.*

1. ที่เครื่องเดิมในออฟฟิศ เลือก **Help › Deactivate License › Yes** รอจนขึ้น *Seat released.*
2. ที่โน้ตบุ๊ก คลิกป้าย Edition เพื่อเปิดหน้าต่าง Welcome แล้วใส่ Key และอีเมลเดิม
3. ถ้าเครื่องเดิมเสีย ให้จด **Machine ID** ของโน้ตบุ๊ก (ด้านล่างหน้าต่าง Welcome) และเวอร์ชันจาก **Help › About** ส่งให้ MET พร้อมอีเมลที่ใช้เปิดใช้งาน
4. เมื่อต้องทำงานแบบออฟไลน์ (เช่น เดินทาง) มีเวลา 7 วันก่อนขึ้น *Offline grace elapsed* ให้ต่ออินเทอร์เน็ตและเปิด MECHCAD ใหม่ก่อนครบ

ลองต่อ: ชี้เมาส์ที่ป้าย Edition แล้วหาวันหมดอายุและซื่อเซิร์ฟเวอร์

ดูเพิ่ม

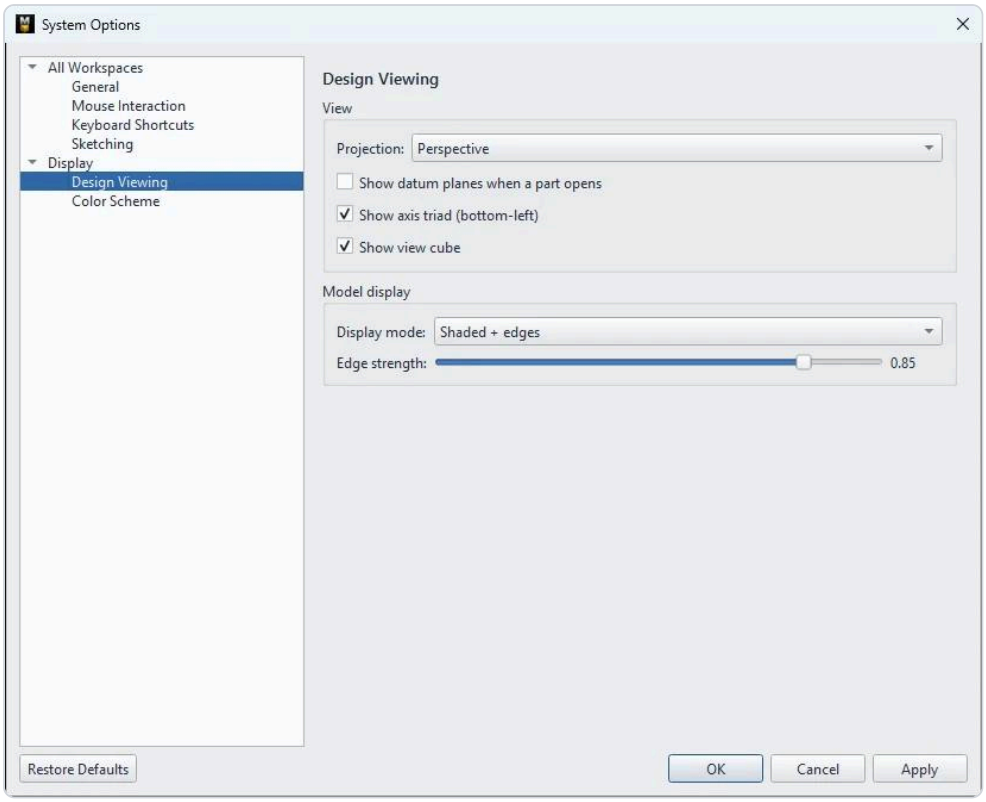
- จัดการไลเซนส์

แก้ปัญหาการแสดงผลและการ์ดจอ Standard

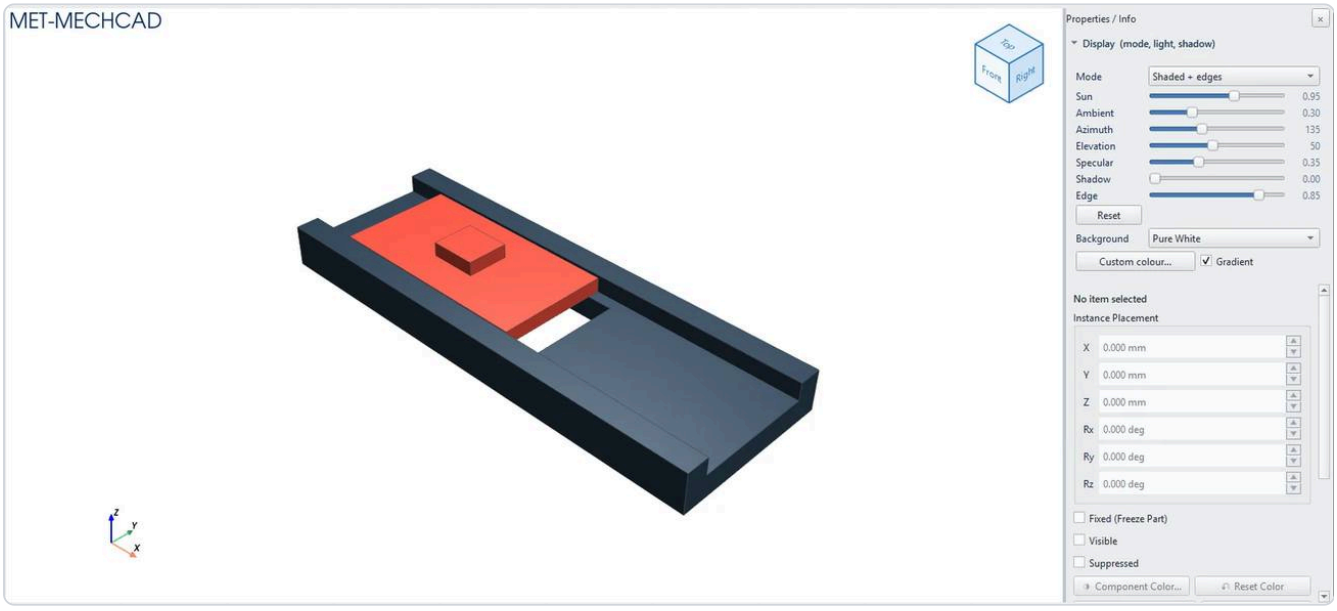
มุมมอง 3D ว่าง กระตุก แสดงผิดเพี้ยน หรือคลิกเลือกไม่ตรงบนจอความละเอียดสูง

อาการและวิธีแก้

อาการ	วิธีแก้
มุมมอง 3D ว่าง หรือโปรแกรมปิดตัวตอนเปิด	อัปเดตไดรเวอร์การ์ดจอ บนโน้ตบุ๊กที่มี 2 GPU ให้ใช้การ์ดจอแยก (ตัวติดตั้งโดยตรงมีตัวเลือก *Prefer high-performance graphics for MECHCAD* หรือตั้งใน Windows › Settings › Display › Graphics)
หมุนภาพกระตุกกับชิ้นงานใหญ่	เปลี่ยนเป็นโหมด **Shaded** (ไม่แสดงขอบ) ปิด Shadows / Ambient Occl. / Realistic Render ดู Assembly ขนาดใหญ่
ผิวซ้อนกันกะพริบ	สลับ Orthographic / Perspective หรือ Zoom to fit
คลิกเลือกไม่ตรงบนจอ 150%	ใช้เวอร์ชันล่าสุด (แก้แล้วใน 2026.x) และ Check for Updates
เมาส์หมุน/เลื่อนไม่ถนัด	ตั้ง Preset ใน **System Options › Mouse Interaction** ดู การใช้เมาส์
พื้นหลังมืด/สว่างเกินไป	**System Options › Color Scheme** หรือแผง **Display › Background**



System Options › Design Viewing



แผง Display

> **หมายเหตุ:** ถ้าโปรแกรมค้างหรือปิดตัวเอง บันทึกการทำงานอยู่ที่ `%LOCALAPPDATA%\MECHCAD\logs` (fault.log, freeze.log) และ `%LOCALAPPDATA%\MECHCAD\mechcad_crash.log` แนบไฟล์เหล่านี้เมื่อแจ้ง MET

ลองทำตาม: โครงโต๊ะยืนทำงานหมุนกระตุกบนโน้ตบุ๊ก

สถานการณ์: คุณเปิด Assembly โครงโต๊ะยืนทำงานบนโน้ตบุ๊กที่มี 2 GPU แล้วหมุนแล้วกระตุก

1. ตรวจว่า Windows ใช้การ์ดจอแยกกับ MECHCAD (**Windows › Settings › Display › Graphics** หรือตัวเลือกตอนติดตั้ง *Prefer high-performance graphics for MECHCAD*) แล้วเปิด MECHCAD ใหม่

2. กดปุ่มแสดงผล **Shaded** (ไม่มีเส้นขอบ)
3. ปิด **Shadows**, **Ambient Occl.** และ **Realistic Render** ถ้าเปิดอยู่
4. ลองหมุนอีกครั้ง ถ้ายังช้า ทำตาม Assembly ขนาดใหญ่
5. ถ้า MECHCAD ปิดตัวเอง ส่งไฟล์ใน `%LOCALAPPDATA%\MECHCAD\logs` และ `mechcad_crash.log` ให้ MET

ลองต่อ: เทียบความลื่นตอนหมุนระหว่าง **Shaded + Edges** กับ **Shaded** บนโมเดลเดียวกัน

ดูเพิ่ม

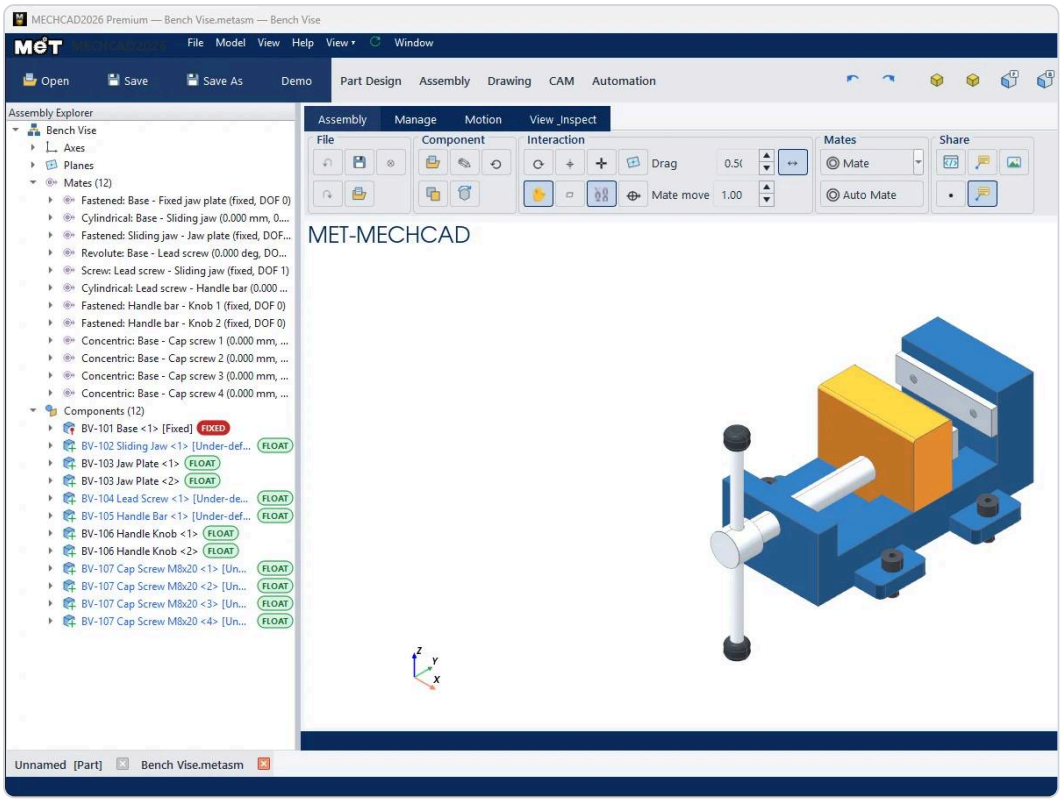
- โหมดการแสดงผล
- Auto-Recover และรายงานข้อผิดพลาด

Assembly ขนาดใหญ่ทำงานช้า Standard

เคล็ดลับให้ Assembly ที่มีชิ้นส่วนหลายพันชิ้นเปิด หมุน และแก้ไขได้เร็วขึ้น

เคล็ดลับ

วิธี	ผล
ใช้โหมด **Shaded** แทน Shaded + Edges	ลดภาระการวาดเส้นขอบ
ปิด Shadows, Ground Reflection, Realistic Render	วาดเร็วขึ้น (Assembly ใหญ่ปิดเงาให้อัตโนมัติ)
Purge (Skip Loading) ชิ้นที่ไม่ต้องใช้ (คลิกขวาที่ชิ้นส่วน)	ไม่ต้องโหลดชิ้นนั้น
Hide All แล้ว Show เฉพาะส่วนที่ทำงาน	ลดจำนวนชิ้นที่แสดง
นำเข้า STEP หลาย Solid เป็น **Single Part** เมื่อไม่ต้องการข้อต่อภายใน	ชิ้นเบา ใส่ Mate ง่าย
ใช้ Sub-Assembly แทนการใส่ทุกชิ้นใน Assembly หลัก	Sub-Assembly เป็นก้อนแข็ง คำนวณ Mate น้อยลง
Drawing ของ Assembly ใหญ่ ใช้ **Detail: Auto / Draft**	สร้างแบบเร็ว (600 ชิ้นขึ้นไปใช้ Draft อัตโนมัติ)
ลบหรือ Suppress Mate ที่ขัดกัน (สีแดง)	Solver ทำงานเร็วขึ้น
Fix ชิ้นโครงหลัก (เช่น โครงเครื่อง) ก่อนใส่ Mate	Mate ใหม่คำนวณเฉพาะชิ้นที่เกี่ยวข้อง ชิ้นที่ Fix เป็นขอบเขต ไม่ดึงทั้ง Assembly



Assembly Explorer: ป้ายสถานะ FIXED / FLOAT

> **หมายเหตุ:** การแก้ไขหรือลบ Mate ไม่คำนวณทั้ง Assembly ใหม่เอง กด **Regen** เมื่อต้องการแก้ทุก Mate ใหม่

> **หมายเหตุ:** ถ้า Mate ใช้เวลาคำนวณนาน จะมีหน้าต่าง *Solving mates* พร้อมปุ่ม **Cancel** หน้าจอไม่ค้าง กด Cancel แล้ว Mate ใหม่ถูกยกเลิก ดู ใส่ Mate

ลองทำตาม: เร่งความเร็ว Assembly โต๊ะทำงาน 4 ที่นั่ง

สถานการณ์: ชุดโต๊ะทำงานรวม 4 ที่นั่ง มีสกรูและรางเดินสายหลายพันชิ้น หมุนช้า แต่วันนี้คุณต้องแก้แค่ตู้ลิ้นชักตัวเดียว

1. เปลี่ยนเป็น **Shaded** และปิด Shadows กับ Ground Reflection
2. คลิกขวาที่รางเดินสายที่วันนี้ไม่ต้องใช้ › **Purge (Skip Loading)**
3. **Hide All** แล้ว **Show** เฉพาะตู้ลิ้นชักที่กำลังทำ
4. รวมโต๊ะแต่ละตัวเป็น Sub-Assembly ให้ Assembly หลักคำนวณแค่ 4 ก้อนแข็งเกร็ง แทน Mate หลายร้อยตัว
5. ลบหรือ Suppress Mate ที่ขึ้นสีแดง แล้วกด **Regen** ครั้งเดียว
6. เมื่อทำ Drawing ของทั้งชุด ใช้ **Detail: Auto / Draft**

ลองต่อ: จับเวลาการหมุนรอบหนึ่งก่อนขั้นที่ 1 และหลังขั้นที่ 5 แล้วเทียบกัน

ดูเพิ่ม

- สถานะชิ้นส่วน
- แก้ปัญหาการแสดงผล

Auto-Recover และรายงานข้อผิดพลาด Standard

การบันทึกสำรองอัตโนมัติของ Assembly การกู้คืน และไฟล์บันทึกเมื่อโปรแกรมขัดข้อง

ใช้ทำอะไร

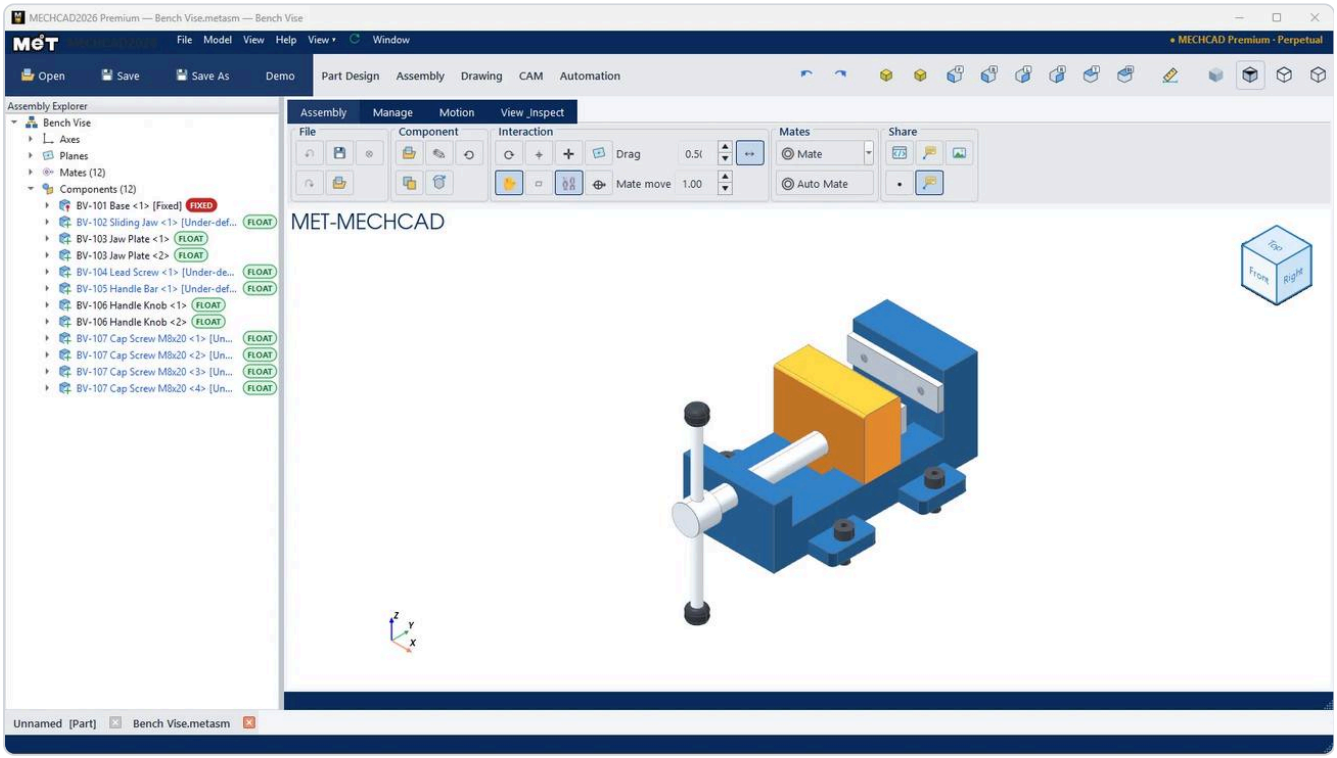
ป้องกันงานหายเมื่อโปรแกรมหรือเครื่องปิดกะทันหัน

Auto-Recover (Assembly)

- บันทึกสำรองทุก 10 นาที เฉพาะเมื่อมีการแก้ไขที่ยังไม่บันทึก และผู้ใช้หยุดทำงานอย่างน้อย 3 วินาที (ไม่บันทึกระหว่างใส่ Mate ลาก หรือนำเข้าไฟล์)
- ไฟล์สำรองอยู่ที่ `%LOCALAPPDATA%\MECHCAD\AutoRecover` ไฟล์งานจริงของคุณไม่ถูกแตะต้อง
- แถบสถานะแสดง *Auto-Recover saved (...)*

กู้คืน

1. เปิด Assembly เดิม
2. ถ้ามีไฟล์สำรองที่ใหม่กว่า จะถาม *Open the recovered version? (No = open the saved file)*
3. ตอบ **Yes** เพื่อเปิดฉบับกู้คืน (*Recovered version opened - Save to keep it*) แล้ว **Save**
4. การ Save ปกติจะลบไฟล์สำรอง



หน้าต่าง Assembly

เมื่อโปรแกรมขัดข้องหรือค้าง

ไฟล์	เนื้อหา
`%LOCALAPPDATA%\MECHCAD\logs\fault.log`	ข้อผิดพลาดร้ายแรง

ไฟล์	เนื้อหา
`%LOCALAPPDATA%\MECHCAD\logs\freeze.log`	ตำแหน่งที่โปรแกรมค้าง
`%LOCALAPPDATA%\MECHCAD\mechcad_crash.log`	บันทึกการขัดข้อง

เวอร์ชันที่ติดตั้งจะส่งรายงานข้อผิดพลาด (ไม่มีข้อมูลโมเดล) ให้ MET อัตโนมัติเพื่อนำไปแก้ไข

> **หมายเหตุ:** Auto-Recover ใช้กับ Assembly ให้กด **Save** (Ctrl+S) เป็นประจำสำหรับ Part, Drawing และ CAM

ลองทำตาม: ซ้อมกู้งานชั้นวางของบนโต๊ะ 2 ชั้น

สถานการณ์: คุณกำลังประกอบ Assembly ชั้นวางของบนโต๊ะ 2 ชั้น แล้วแบตโน้ตบุ๊กหมด ซ้อมกู้งานไว้ตอนนี้ จะได้รู้ว่าต้องทำอะไรเมื่อเกิดขึ้นจริง

1. ในแท็บ **Assembly** ใส่ชิ้นส่วนสักสองสามชิ้น (เช่น แผ่นบนและแผ่นข้างสองแผ่น) โดยยังไม่บันทึก
2. ทำงานต่อ แล้วปล่อยมือจากเมาส์ ประมาณ 10 นาทีแถบสถานะจะแสดง *Auto-Recover saved (...)*
3. จำลองไฟดับ: ปิด MECHCAD จาก **Task Manager › End task**
4. เปิด MECHCAD แล้วเปิด Assembly เดิม ตอบ **Yes** ที่ *Open the recovered version?*
5. จะเห็น *Recovered version opened - Save to keep it* กด **Save** ไฟล์สำรองจะถูกลบ และงานของคุณปลอดภัย

ลองต่อ: ระหว่างขั้นที่ 2 เปิด `%LOCALAPPDATA%\MECHCAD\AutoRecover` ใน Explorer ดูไฟล์สำรองที่เกิดขึ้น

ดูเพิ่ม

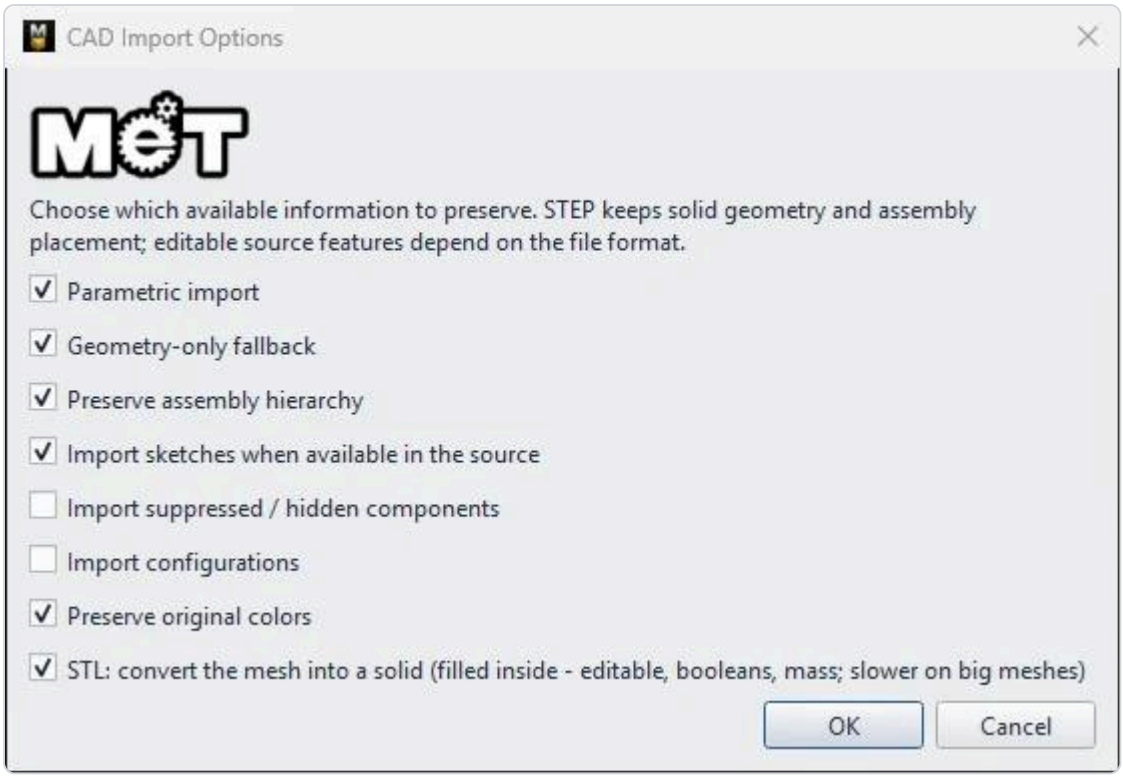
- แก้ปัญหาการแสดงผล

แก้ปัญหาการนำเข้าไฟล์ CAD Standard

สิ่งที่ควรตรวจเมื่อนำเข้า STEP, SolidWorks, Alibre หรือ STL ไม่สำเร็จหรือได้ผลไม่ครบ

อาการและวิธีแก้

อาการ	วิธีแก้
Native CAD Reader Required	ส่งออกจากโปรแกรมต้นทางเป็น STEP (AP214/AP242) แล้วนำเข้า STEP
Part ที่นำเข้าไม่มีประวัติ Feature	ปกติสำหรับ STEP/IGES ใช้ Recognize Features หรือ Move Face
ผิวขาด/รั่ว หลังนำเข้า	ใช้ **Simplify** (Heal) ใน Direct Edit
STL แปลงเป็น Solid ช้ามาก	ปิด *STL: convert the mesh into a solid* ใน CAD Import Options
ชิ้นส่วนเอียงหลังนำเข้า Assembly	คลิกขวา › **Auto Align (square to axes)** หรือ **Align Face to Plane...**
Assembly ใหญ่เปิดช้า	นำเข้าเป็น **Single Part** ถ้าไม่ต้องการข้อต่อ และดู Assembly ขนาดใหญ่
สีหาย	เปิด *Preserve original colors*
ไม่เห็นชิ้นที่ถูกซ่อนในต้นทาง	เปิด *Import suppressed / hidden components*



หน้าต่าง CAD Import Options

ลองทำตาม: แก้พัดลม USB ตั้งโต๊ะที่เอียง และไฟล์ STL ที่ช้า

สถานการณ์: คุณดาวน์โหลดพัดลม USB ตั้งโต๊ะเป็นไฟล์ STEP จากผู้ผลิต และกบเหลาดินสอเป็นไฟล์ STL จากเว็บแจกโมเดล 3D

1. นำเข้าพัดลมด้วย **File › Import CAD / STEP Assembly...** แล้วสีหายไป: นำเข้าใหม่โดยเปิด *Preserve original colors*
2. พัดลมเข้ามาแบบเอียง: ในแท็บ Assembly คลิกขวาที่พัดลม › **Auto Align (square to axes)**
3. ต้องการพัดลมแค่เป็นตัวอ้างอิง ไม่ต้องให้ใบพัดขยับ: นำเข้าแบบ **Single Part** จะเบาและใส่ Mate ง่ายกว่า
4. ไฟล์ STL กบเหลาดินสอใช้เวลานานมาก: ใน **CAD Import Options** ปิด *STL: convert the mesh into a solid* ยังมองเห็นและวางตำแหน่งได้ตามปกติ
5. ต้องแก้รูที่ขาตั้งพัดลม: ใช้ Move Face กับ Solid ที่นำเข้ามา

ลองต่อ: ลอง Recognize Features กับขาตั้งพัดลม เพื่อแปลงเป็น Feature ที่แก้ไขได้

ดูเพิ่ม

- Import CAD
- SolidWorks และ Alibre

แจ้งปัญหา (Report a Bug) Standard

ส่งรายงานปัญหาพร้อมภาพหน้าจอถึงทีม MET โดยตรงจากในโปรแกรม เลือกได้ทุกรายการว่าจะส่งอะไร

ใช้ทำอะไร

แจ้งปัญหาที่พบให้ทีม MET จากในโปรแกรม พร้อมภาพหน้าจอและข้อมูลที่ช่วยให้แก้ไขได้เร็ว รายงานส่งถึง MET โดยตรงผ่านเซิร์ฟเวอร์ไลเซนส์ของ MET ไม่ขึ้นเว็บสาธารณะ

อยู่ที่ไหน

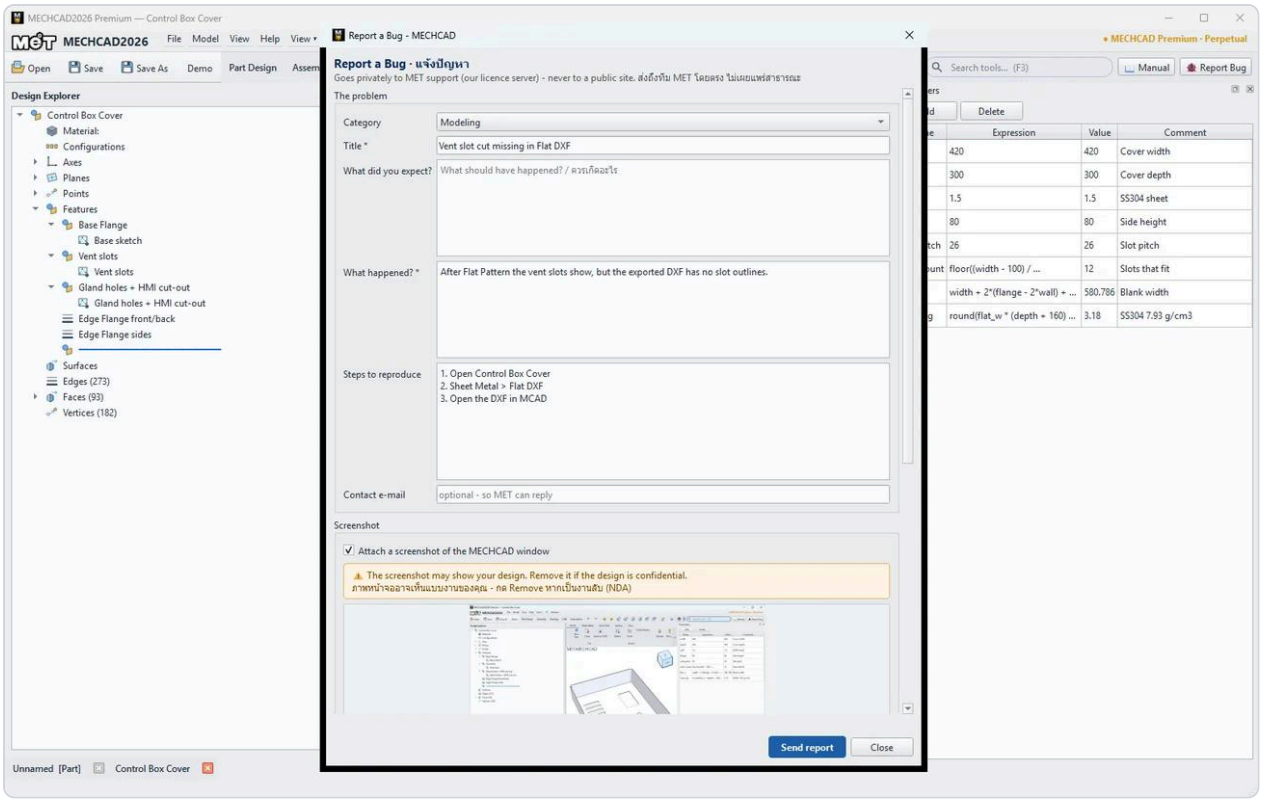
- **Help › Report a Bug...**
- คีย์ลัด **Ctrl+Shift+B**
- ปุ่ม 🐞 **Report Bug** ด้านขวาของแถบ Workbench ถัดจาก 📖 **Manual** (เมื่อหน้าต่างแคบจะเหลือแค่ไอคอน 🐞)

หน้าต่าง *Report a Bug - MECHCAD* ไม่บังการทำงาน ทำงานต่อในโปรแกรมได้ระหว่างกรอก และเปิดได้ครั้งละหนึ่งหน้าต่าง

ขั้นตอน

1. เปิดหน้าจอให้เห็นปัญหาก่อน แล้วกด **Ctrl+Shift+B** โปรแกรมจะถ่ายภาพหน้าต่าง MECHCAD ไว้ก่อนแบบฟอร์มขึ้น
2. ที่ **The problem** เลือก **Category** (โปรแกรมเลือกให้ตาม Workbench ที่ใช้อยู่) แล้วกรอก **Title** และ **What happened?** (ต้องกรอกทั้งสองช่อง)
3. กรอก **What did you expect?** และ **Steps to reproduce** ถ้ามี ยิ่งละเอียดยิ่งแก้ได้เร็ว
4. ตรวจภาพที่ **Screenshot** กด **Retake** เพื่อถ่ายใหม่ (แบบฟอร์มจะซ่อนชั่วครู่) **Remove** เพื่อไม่ส่งภาพ หรือ **Save copy...** เพื่อเก็บภาพไว้เอง
5. ที่ **Attached information** เอาเครื่องหมายออกจากรายการที่ไม่ต้องการส่ง
6. กด **Send report** แล้วจดเลขที่รายงาน (Ticket) ที่ขึ้นมา ใช้อ้างอิงเมื่อติดต่อ MET

ช่อง	ความหมาย
Category	Modeling, Sketch, Assembly, Drawing, CAM, Import-Export, UI, Licence, Other
Title *	สรุปสั้นๆ เช่น *Fillet fails on a slot edge*
What did you expect?	ควรเกิดอะไรขึ้น
What happened? *	เกิดอะไรขึ้นจริง มีข้อความ Error อะไร
Steps to reproduce	ขั้นตอนที่ทำให้เกิดปัญหา ทีละข้อ
Contact e-mail	อีเมลให้ MET ตอบกลับ (ไม่บังคับ ใส่ให้จากไลเซนส์ถ้ามี)



ฟอร์ม Report a Bug: ส่วนปัญหา อีเมลติดต่อ และภาพหน้าจอ

ข้อมูลที่ส่ง

รายการ	ค่าเริ่มต้น	เนื้อหา
Attach a screenshot of the MECHCAD window	เปิด	ภาพเฉพาะหน้าต่าง MECHCAD (ย่อขนาดเป็น JPEG)
App version, build, edition, channel, OS	เปิด	เวอร์ชันโปรแกรม Edition และระบบปฏิบัติการ
Current workbench and command	เปิด	Workbench และคำสั่งล่าสุดที่ใช้
Selection (names only)	เปิด	เฉพาะชื่อรายการที่เลือกใน Design Explorer
Recent crash / freeze report IDs	เปิด	เลขที่รายงานการขัดข้องหรือค้างล่าสุดของเครื่องนี้
Last … log lines	เปิด	บันทึกการทำงานล่าสุด กด **Show log lines** เพื่อดูก่อนส่ง
Attach current file	**ปิด**	ไฟล์งานที่เปิดอยู่ ส่งเฉพาะเมื่อติ๊กเอง

- รายงานแนบรหัสเครื่องและคีย์ไลเซนส์ไปด้วย เพื่อให้ MET รู้ว่ามาจากเครื่องใด
- ที่อยู่ไฟล์ ชื่อผู้ใช้ ชื่อเครื่อง และอีเมลที่อยู่ในบันทึกหรือในข้อความที่พิมพ์ จะถูกลบออกก่อนส่ง
- **ไฟล์งานไม่ถูกส่งอัตโนมัติ** ติ๊ก **Attach current file** ได้เฉพาะไฟล์เอกสาร MECHCAD ที่บันทึกแล้ว (เช่น .metprt, .metasm, .metdrw, .metcam, .metauto) ขนาดไม่เกิน 0.7 MB และส่งเฉพาะนามสกุล ไม่ส่งชื่อไฟล์
- รายงานทั้งหมดต้องไม่เกิน 3 MB ถ้าเกิน โปรแกรมจะตัดบันทึกการทำงานให้สั้นลงก่อน

> **หมายเหตุ:** ภาพหน้าจออาจเห็นแบบงานของคุณ ถ้าเป็นงานลับ (NDA) ให้กด **Remove** และห้ามติ๊ก **Attach current file**

เมื่อไม่มีอินเทอร์เน็ต

ถ้าส่งไม่ได้ รายงานจะถูกเก็บไว้ในเครื่อง และส่งให้อัตโนมัติเมื่อเปิด MECHCAD ครั้งถัดไป แถบสถานะจะแสดง *Bug report sent from the offline queue: …* พร้อมเลขที่รายงาน รายงานที่ค้างเกิน 30 วันจะถูกยกเลิก

ดูเพิ่ม

- Auto-Recover และรายงานข้อผิดพลาด
- แก้ปัญหาไลเซนส์
- เมนูหลัก

แบบทดสอบท้ายบทที่ 11: แก้ปัญหา

เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว เฉลยอยู่ใน ภาคผนวก ก

1. **Auto-Recover บันทึกสำรอง Assembly บ่อยแค่ไหน**

   ก. ทุกนาที
   ข. ทุก 10 นาที เมื่อมีการแก้ไขที่ยังไม่บันทึก
   ค. ทุก 30 นาที
   ง. เฉพาะตอนปิดโปรแกรม

2. **Auto-Recover ป้องกันงาน Assembly แล้วงาน Part, Drawing และ CAM ควรทำอย่างไร**

   ก. ไม่ต้องทำอะไร ป้องกันเหมือนกัน
   ข. เปิด Auto-Recover ใน System Options
   ค. ใช้ Pack and Go ทุกชั่วโมง
   ง. กด Save (Ctrl+S) เป็นประจำ

3. **หมุนชิ้นงานใหญ่แล้วกระตุก ควรแก้อย่างไรก่อน**

   ก. เปลี่ยนเป็นโหมด Shaded (ไม่มีเส้นขอบ) และปิด Shadows / Ambient Occl. / Realistic Render
   ข. เพิ่ม Undo history limit
   ค. เปลี่ยน preset เมาส์เป็น SolidWorks
   ง. เปิดใช้ไลเซนส์ใหม่

4. **นำเข้า Assembly แล้วชิ้นส่วนเอียง จะจัดให้ตรงแนวแกนได้อย่างไร**

   ก. นำเข้าใหม่โดยเปิด Preserve original colors
   ข. ใช้ Explode แล้ว Collapse
   ค. คลิกขวา › Auto Align (square to axes) หรือ Align Face to Plane...
   ง. ลบ Mate ของชิ้นนั้น

5. **ใน Assembly ขนาดใหญ่ จะสั่งไม่ให้โหลดชิ้นส่วนที่ไม่ต้องใช้ได้อย่างไร**

   ก. ตั้งความโปร่งใส 100%
   ข. คลิกขวาที่ชิ้นส่วน › Purge (Skip Loading)
   ค. เปลี่ยนชื่อไฟล์
   ง. ใส่ Mate แบบ Fastened

6. **เมื่อติดต่อ MET เรื่องปัญหาไลเซนส์ ควรเตรียมข้อมูลอะไรไว้**

   ก. รหัสผ่าน Windows
   ข. ไฟล์ตัวติดตั้ง
   ค. Machine ID, เวอร์ชันจาก Help › About และอีเมลที่ใช้เปิดใช้งาน
   ง. ภาพหน้าจอถังขยะ

ภาคผนวก ก · เฉลยแบบทดสอบ

บทที่ 1 · เริ่มต้นใช้งาน

ข้อ	ตอบ	ทบทวนที่หัวข้อ
1	**ข** Prefer high-performance graphics for MECHCAD	ติดตั้ง MECHCAD 2026 (ดาวน์โหลดโดยตรง / Microsoft Store) (หน้า 9)
2	**ค** ครั้งเดียวต่อเครื่องและต่ออีเมล	หน้าต่าง Welcome และทดลองใช้ Premium 30 วัน (หน้า 11)
3	**ง** ภายในช่วงผ่อนผันออฟไลน์ 7 วัน	เปิดใช้งานด้วย License Key (Activate licence key) (หน้า 13)
4	**ก** เอารายการออกจากลิสต์ ไฟล์จริงไม่ถูกลบ	Start Center: เอกสารล่าสุด (Start / Recent Documents) (หน้า 18)
5	**ข** กลายเป็นรูให้อัตโนมัติ	สร้างชิ้นงานแรกใน 5 นาที (หน้า 20)
6	**ค** Premium เท่านั้น (และช่วงทดลองใช้)	Edition ของ MECHCAD: Standard, Expert และ Premium (หน้า 15)

บทที่ 2 · หน้าจอและการตั้งค่า

ข้อ	ตอบ	ทบทวนที่หัวข้อ
1	**ก** F3	Ribbon และ Command Search (F3) (หน้า 36)
2	**ข** ลากด้วยปุ่มขวา	การใช้เมาส์และการหมุนมุมมอง (หน้า 43)
3	**ค** 64 ขั้น	System Options (การตั้งค่าโปรแกรม) (หน้า 54)
4	**ง** Ctrl+Shift+P	คีย์ลัด (Keyboard Shortcuts) (หน้า 60)
5	**ก** ระยะ ΔX/ΔY/ΔZ และมุม	Measure (วัดระยะ มุม และขนาด) (หน้า 63)
6	**ข** Shaded + Edges	โหมดการแสดงผลและแผง Display (หน้า 48)

บทที่ 3 · Sketch

ข้อ	ตอบ	ทบทวนที่หัวข้อ
1	**ค** Sketch ถูกกำหนดครบ (Fully defined)	ภาพรวม Sketch: เริ่ม จบ และ Ribbon ของ Sketch (หน้า 70)
2	**ง** กลับไปโหมด Select	ภาพรวม Sketch: เริ่ม จบ และ Ribbon ของ Sketch (หน้า 70)
3	**ก** กด Alt ค้างไว้	Snap และ Auto H/V (หน้า 100)
4	**ข** พิมพ์ R หรือ Ø/D นำหน้าตัวเลข	Smart Dimension และ Smart Angle (หน้า 88)
5	**ก** ได้มิติแบบ Reference (driven) ที่แสดงค่าอย่างเดียว	Smart Dimension และ Smart Angle (หน้า 88)
6	**ข** คลิกขวาที่หน้า › Insert Sketch on Surface	Sketch บนหน้าผิวของชิ้นงาน (หน้า 73)

บทที่ 4 · Part

ข้อ	ตอบ	ทบทวนที่หัวข้อ
1	**ค** Mid Plane	Extrude (Boss) (หน้า 119)
2	**ง** Through All	Extrude Cut (หน้า 121)
3	**ก** คลิก Done หรือกด Esc, Enter หรือ Space	Fillet และ Chamfer (หน้า 130)
4	**ข** วาดตำแหน่งด้วยเครื่องมือ Point ใน Sketch แล้วเลือก Position แบบ “all N points (Drill)” ของ Sketch นั้น	Hole Wizard (รูมาตรฐาน) (หน้า 128)
5	**ง** Roll to End	Rollback, Regen และ Suppress (หน้า 152)
6	**ค** ดับเบิลคลิกใน Design Explorer หรือคลิกขวา › Edit Feature	Feature Parameters: กล่องแก้ไข Feature (หน้า 117)

บทที่ 5 · Assembly

ข้อ	ตอบ	ทบทวนที่หัวข้อ
1	**ข** ชิ้นที่สองที่เลือก	ใส่ Mate ด้วยแผง Assembly Mates (หน้า 174)
2	**ก** กด Tab เพื่อไปหน้าถัดไป	ใส่ Mate ด้วยแผง Assembly Mates (หน้า 174)
3	**ง** ถูก Fix อยู่กับที่เป็นชิ้นฐาน	ภาพรวม Assembly (หน้า 168)
4	**ค** คลิกขวา › Rigid Body › Ungroup Rigid Body แล้วใส่ Mate (เช่น Auto Mate)	Insert Part และ Sub-Assembly (หน้า 170)
5	**ข** File › Pack and Go… (ได้ไฟล์ .metpkg)	Pack and Go (.metpkg) (หน้า 190)
6	**ง** คลิก Regen ในกลุ่ม Interaction	แก้ไข พลิก และลบ Mate (หน้า 179)

บทที่ 6 · Drawing

ข้อ	ตอบ	ทบทวนที่หัวข้อ
1	**ข** Third-angle	สร้าง Drawing (Standard Views Creation) (หน้า 194)
2	**ค** Output › Pack Refs	สร้าง Drawing (Standard Views Creation) (หน้า 194)
3	**ง** คลิกสองจุดของเส้นตัดในวิว แล้ววางวิวตัด	มุมมอง: Base, Projected, Section, Detail และ Break View (หน้า 198)
4	**ก** Auto Dimension	มิติใน Drawing: Auto Dimension, Smart Dimension, Hole Callout และ Ordinate (หน้า 200)
5	**ค** Indented (all levels)	BOM, Balloons และตาราง (Hole, Revision, Cut List) (หน้า 203)
6	**ข** ใช้ค่าอัตโนมัติ (เช่น ชื่อชิ้นงาน วัสดุ ขนาดรวม)	Sheet Properties และ Title Block (หน้า 205)

บทที่ 7 · Motion & Analysis

ข้อ	ตอบ	ทบทวนที่หัวข้อ
1	**ก** ลากชิ้นส่วนให้อยู่ในท่าที่ต้องการ แล้วคลิก Save Point	Motion Study และ Motion Studio (หน้า 211)
2	**ค** MP4	Play Motion, Spin, Linear Move และการบันทึกวิดีโอ/GIF (หน้า 213)
3	**ข** รายงานทุกคู่	Interference และ Clearance Check (หน้า 213)
4	**ง** Excel (.xlsx) และ PDF	Auto BOM (Excel / PDF พร้อมภาพและ Balloon) (หน้า 215)
5	**ค** สร้างหน้าเว็บไฟล์เดียวให้คนอื่นเปิดดูและวัดโมเดล 3D ในเบราว์เซอร์ได้ โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรม	Export HTML (หน้าเว็บ 3D สำหรับรีวิว) (หน้า 217)
6	**ก** Expert และ Premium	Interference และ Clearance Check (หน้า 213)

บทที่ 8 · CAM

ข้อ	ตอบ	ทบทวนที่หัวข้อ
1	**ข** G54 และ FANUC_MET 3Axis	New Job, Template และ Geometry (หน้า 230)
2	**ค** คลิก Update Geometry แล้วคำนวณทางเดินมีดใหม่	New Job, Template และ Geometry (หน้า 230)
3	**ง** กัดเกินเข้าไปในชิ้นงาน	Simulation (จำลองการกัดและตรวจการชน) (หน้า 265)
4	**ก** ยังไม่ได้สอบเทียบกับเครื่องจริง ต้องทดสอบโปรแกรมแรกบนเครื่องอย่างระมัดระวัง	Machine Manager และ Post-Processor (หน้า 269)
5	**ข** เจาะรวดเดียว	Drill และ Hole (หน้า 250)
6	**ค** ใบ Setup A4 แนวนอน มีข้อมูลเครื่อง WCS Stock ลำดับมีดและ Operation เวลาประมาณ และเช็กลิสต์ก่อนเดินเครื่อง	Generate G-code และ Shop PDF (Setup Sheet) (หน้า 272)

บทที่ 9 · Import / Export

ข้อ	ตอบ	ทบทวนที่หัวข้อ
1	**ก** ไม่ได้ DWG มีเฉพาะการส่งออกจาก Drawing	ชนิดไฟล์ของ MECHCAD และไฟล์ที่เปิดได้ (หน้า 278)
2	**ข** ไม่ต้อง MECHCAD อ่านเองได้	เปิดไฟล์ SolidWorks และ Alibre ใน MECHCAD (หน้า 282)
3	**ค** Export เป็น STEP จากโปรแกรมต้นทาง แล้วนำเข้าไฟล์ STEP	เปิดไฟล์ SolidWorks และ Alibre ใน MECHCAD (หน้า 282)
4	**ง** ทำ Boolean และคำนวณมวลได้ แต่ช้าสำหรับ mesh ขนาดใหญ่	Import CAD (STEP, IGES, STL) และ CAD Import Options (หน้า 280)
5	**ค** ทุกชิ้นที่มองเห็นอยู่	Export STEP และ STL (หน้า 284)
6	**ข** Parametric import กับ Geometry-only fallback	Import CAD (STEP, IGES, STL) และ CAD Import Options (หน้า 280)

บทที่ 10 · License & Editions

ข้อ	ตอบ	ทบทวนที่หัวข้อ
1	**ค** Help › Deactivate License	จัดการไลเซนส์: ป้าย Edition, Deactivate และ License Certificate (หน้า 288)
2	**ก** เปิดหน้าต่าง Welcome	จัดการไลเซนส์: ป้าย Edition, Deactivate และ License Certificate (หน้า 288)
3	**ง** Help › License Certificate (PDF)...	จัดการไลเซนส์: ป้าย Edition, Deactivate และ License Certificate (หน้า 288)
4	**ข** ลูกค้าที่ติดตั้งด้วยตัวติดตั้งโดยตรงและมี Maintenance Agreement (MA)	อัปเดตโปรแกรม (Check for Updates) (หน้า 289)
5	**ค** ดาวน์โหลดตัวติดตั้งล่าสุดแล้วติดตั้งทับเวอร์ชันเดิม	อัปเดตโปรแกรม (Check for Updates) (หน้า 289)
6	**ก** การแจ้งเตือนอัตโนมัติจะไม่ถามซ้ำสำหรับเวอร์ชันนั้น	อัปเดตโปรแกรม (Check for Updates) (หน้า 289)

บทที่ 11 · แก้ปัญหา

ข้อ	ตอบ	ทบทวนที่หัวข้อ
1	**ข** ทุก 10 นาที เมื่อมีการแก้ไขที่ยังไม่บันทึก	Auto-Recover และรายงานข้อผิดพลาด (หน้า 298)
2	**ง** กด Save (Ctrl+S) เป็นประจำ	Auto-Recover และรายงานข้อผิดพลาด (หน้า 298)
3	**ก** เปลี่ยนเป็นโหมด Shaded (ไม่มีเส้นขอบ) และปิด Shadows / Ambient Occl. / Realistic Render	แก้ปัญหาการแสดงผลและการ์ดจอ (หน้า 294)
4	**ค** คลิกขวา › Auto Align (square to axes) หรือ Align Face to Plane...	แก้ปัญหาการนำเข้าไฟล์ CAD (หน้า 299)
5	**ข** คลิกขวาที่ชิ้นส่วน › Purge (Skip Loading)	Assembly ขนาดใหญ่ทำงานช้า (หน้า 296)
6	**ค** Machine ID, เวอร์ชันจาก Help › About และอีเมลที่ใช้เปิดใช้งาน	แก้ปัญหาไลเซนส์ (หน้า 293)

ภาคผนวก ข · ดัชนีหัวข้อ

3D Notes และ Picture ใน Assembly 188
3D Sketch (เส้นทาง 3 มิติ) 108
การใช้เมาส์และการหมุนมุมมอง 43
แก้ไข พลิก และลบ Mate 179
แก้ปัญหาการนำเข้าไฟล์ CAD 299
แก้ปัญหาการแสดงผลและการ์ดจอ 294
แก้ปัญหาไลเซนส์ 293
คีย์ลัด (Keyboard Shortcuts) 60
งานกลึง: Face, Rough, Finish, Axial Drill และ Part Off 258
งานกลึง: Groove และ Thread (G75 / G76) 262
งานกัด 3D: Rough, Rest, Z-Level, Raster, Pencil และ Mold Tactic 256
งาน CAM ตัวอย่าง (Mill Demo / Lathe Demo) 273
จัดการไลเซนส์: ป้าย Edition, Deactivate และ License Certificate 288
แจ้งปัญหา (Report a Bug) 300
ชนิดของ Mate 177
ชนิดไฟล์ของ MECHCAD และไฟล์ที่เปิดได้ 278
ตัวอย่างงาน (Demo) ที่มากับโปรแกรม 23
ติดตั้ง MECHCAD 2026 (ดาวน์โหลดโดยตรง / Microsoft Store) 9
เปิดใช้งานด้วย License Key (Activate licence key) 13
เปิดไฟล์ SolidWorks และ Alibre ใน MECHCAD 282
ภาพรวม Assembly 168
ภาพรวม CAM 228
ภาพรวม Part Design 116
ภาพรวม Sketch: เริ่ม จบ และ Ribbon ของ Sketch 70
มิติใน Drawing: Auto Dimension, Smart Dimension, Hole Callout และ Ordinate 200
มุมมองมาตรฐาน View Cube และ Normal To 45
มุมมอง: Base, Projected, Section, Detail และ Break View 198
เมนูคลิกขวาใน Sketch 102
เมนูหลัก (File, Model, View, Help) 33
ลากและเคลื่อนย้ายชิ้นส่วน (Drag Part) 182
สถานะชิ้นส่วน: Show/Hide, Transparent, Fix, Suppress 185
สร้างชิ้นงานแรกใน 5 นาที 20
สร้าง Drawing (Standard Views Creation) 194
ใส่ Mate ด้วยแผง Assembly Mates 174
หน้าจอหลักของ MECHCAD 30
หน้าต่าง Welcome และทดลองใช้ Premium 30 วัน 11
โหมดการแสดงผลและแผง Display 48
อัปเดตโปรแกรม (Check for Updates) 289
Assembly ขนาดใหญ่ทำงานช้า 296
Assembly Explorer และแผง Properties 171
Auto BOM (Excel / PDF พร้อมภาพและ Balloon) 215
Auto Mate 181
Automation Workbench (เซลล์หุ่นยนต์และเครื่องจักร) 218
Auto-Recover และรายงานข้อผิดพลาด 298
BOM, Balloons และตาราง (Hole, Revision, Cut List) 203
Circle, Center Arc และ 3-Pt Arc 80
Constraints (ข้อบังคับทางเรขาคณิต) 91
Derived Part: Union, Subtract, Intersect, Scale และ Mirror Part 185
Design Explorer (ต้นไม้ชิ้นงาน) 39
Draft (มุมถอดแบบ) 133
Drill และ Hole 250
Dynamic input: พิมพ์ขนาดขณะวาด 86
Edition ของ MECHCAD: Standard, Expert และ Premium 15
Explode และ Collapse 186
Export HTML (หน้าเว็บ 3D สำหรับรีวิว) 217
Export PDF, DXF, DWG และ Print 208
Export STEP และ STL 284
Extrude (Boss) 119
Extrude Cut 121
Face และ Pocket (2.5D) 245
Feature Parameters: กล่องแก้ไข Feature 117
Feed Screw Wizard (สกรูลำเลียงขวด) 149
Fillet และ Chamfer 130
Gear Wizard (สร้างเฟือง) 148
Generate G-code และ Shop PDF (Setup Sheet) 272
Helix (สปริงและเกลียว) 127
Helix / Spiral (เส้นเกลียว) 109
Hole Wizard (รูมาตรฐาน) 128
Import CAD (STEP, IGES, STL) และ CAD Import Options 280
Insert Part และ Sub-Assembly 170
Interference และ Clearance Check 213
Linear Pattern ของชิ้นส่วน 183

Linear Pattern และ Circular Pattern 137
Line, Construction Line, Mid Line และ Polyline 75
Loft 126
Machine Manager และ Post-Processor 269
Measure (วัดระยะ มุม และขนาด) 63
Mirror (สะท้อนชิ้นงาน) 136
Mirror, Linear Pattern และ Circular Pattern ใน Sketch 97
Motion Study และ Motion Studio 211
Motion Study Timeline (Automation) 223
Move Face และ Simplify (Direct Edit) 142
New Job, Template และ Geometry 230
Notes, Leader, Balloon และสัญลักษณ์ (Center Line, Datum, GD&T) 202
Operation Parameters (ค่าของ Operation) 241
Pack and Go (.metpkg) 190
Parameters (ค่าตัวแปรและสมการ) 153
Part Color, Material และ Opacity 151
Part Properties (ข้อมูลชิ้นงาน) 156
Path Pattern (ทำซ้ำตามเส้นทาง) 140
Pick & Place Wizard 222
Picture (รูปภาพบนหน้าผิว) 146
Play Motion, Spin, Linear Move และการบันทึกวิดีโอ/GIF 213
Profile และ Ramp Cut 247
Project, Project All และ Project Face 105
Realistic Render และ Save Render 52
Recognize Features (แปลงชิ้นงานนำเข้าเป็น Feature) 147
Rectangle, Center Rect และ 3-Pt Rect 78
Reference Plane และ Axis 141
Revolve และ Revolve Cut 123
Ribbon และ Command Search (F3) 36
Ribbon และ Drawing Explorer 196
Robot Library (คลังหุ่นยนต์) 220
Rollback, Regen และ Suppress 152
Sheet Metal (งานแผ่นพับ) 160
Sheet Properties และ Title Block 205
Shell (ทำผนังกลวง) 134
Simulation (จำลองการกัดและตรวจการชน) 265
Sketch บนหน้าผิวของชิ้นงาน 73
Slot, Ellipse, 3-Pt Ellipse และ Polygon 83
Slot, Step, Chamfer, Corner Round, Engrave และ Thread Mill 254
Smart Dimension และ Smart Angle 88
Snap และ Auto H/V 100
Spline, Point และ Text ใน Sketch 84
Start Center: เอกสารล่าสุด (Start / Recent Documents) 18
Stock, Frame (WCS) และ Clearances 233
Surface Modeling (งานพื้นผิว) 157
Sweep และ Sweep Cut 125
System Options (การตั้งค่าโปรแกรม) 54
Text (ตัวอักษรนูน/จมบนหน้าผิว) 145
Tool Library และค่ามีด 237
Trim, Extend, Fillet, Chamfer และ Offset ใน Sketch 94
Union, Subtract, Intersect, Scale และ Rotate Datum 144
View Properties และเมนูคลิกขวาของมุมมอง 199
Wrap / Project (Emboss / Deboss บนหน้าผิว) 135

ภาคผนวก ค · ความต้องการของระบบและการติดต่อ

ความต้องการของระบบ

ระบบปฏิบัติการ	Windows 10 / 11 64-bit
หน่วยประมวลผล	x64 4 คอร์ขึ้นไป
หน่วยความจำ	8 GB (แนะนำ 16 GB สำหรับ Assembly ขนาดใหญ่)
การ์ดจอ	รองรับ OpenGL 3.2 ขึ้นไป
พื้นที่ดิสก์	3 GB
การแสดงผล	1920×1080 ขึ้นไป รองรับการปรับสเกล 100-200%

ช่องทางติดตั้งและอัปเดต

- ดาวน์โหลดตัวติดตั้งจาก www.mechdesigned.com/th/software/mechcad หรือ Microsoft Store (ค้นหา "MECHCAD")
- โปรแกรมแจ้งเตือนเมื่อมีเวอร์ชันใหม่ ผู้ใช้ที่มี Maintenance (MA) อัปเดตได้ฟรีตลอดอายุ MA

ติดต่อฝ่ายสนับสนุน

อีเมล	sales@mechdesigned.com
โทรศัพท์	+66 2 520 4575 · +66 83 788 0003
LINE	@mechdesigned
เว็บไซต์	www.mechdesigned.com

เมื่อแจ้งปัญหา กรุณาแนบเวอร์ชันโปรแกรม (Help › About) ภาพหน้าจอ และไฟล์ที่เปิดอยู่ถ้าเปิดเผยได้

เกี่ยวกับผู้พัฒนาและ MET

พี่กิจ (Suppakit)

วิศวกรเมคคาทรอนิกส์ · ผู้นำทีมวิศวกรรม MET · ผู้ออกแบบ MECHCAD2026

พี่กิจทำงานด้านเครื่องจักรอัตโนมัติให้โรงงานในประเทศไทยมาตลอดสายงาน ตั้งแต่ออกแบบกลไก เขียนโปรแกรม PLC Siemens TIA Portal และ Codesys หน้าจอ WinCC Unified หุ่นยนต์และโคบอท ไปจนถึงระบบ Machine Vision แล้วส่งมอบเป็นระบบที่เดินเครื่องได้จริงหน้างาน

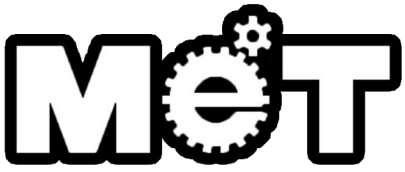
MCAD และ MECHCAD เกิดจากงานจริงของทีม MET ที่ต้องเขียนแบบ ออกแบบชิ้นส่วน ประกอบเครื่อง และสั่งงาน CNC ทุกวัน จุดมุ่งหมายคือโปรแกรม CAD/CAM ราคาเข้าถึงได้ ใช้ภาษาไทยได้เต็มที่ ทำงานร่วมกับไฟล์ DWG, STEP, SOLIDWORKS และ Alibre ได้ และพัฒนาต่อเนื่องตามเสียงของผู้ใช้

บริษัท แมคคาทรอนิคส์ ดีไซน์ จำกัด (MET)

ก่อตั้งปี 2551 (ค.ศ. 2008) ที่จังหวัดปทุมธานี MET ออกแบบและสร้างเครื่องจักรอัตโนมัติสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง ยา และบรรจุภัณฑ์ ครบตั้งแต่ออกแบบ ผลิต ติดตั้ง จนถึงบริการหลังการขาย

เครื่องจักรบรรจุ	เครื่องบรรจุของเหลว เครื่องปิดฝา เครื่องติดฉลาก และไลน์บรรจุครบวงจร
MT-COBOT	เซลล์โคบอทสำหรับจัดเรียงพาเลท หยิบวาง และบรรจุ
MCAD · MECHCAD	ซอฟต์แวร์ CAD/CAM ที่ทีม MET ใช้ออกแบบเครื่องจักรของตัวเอง

www.mechdesigned.com · sales@mechdesigned.com · +66 2 520 4575 · LINE @mechdesigned



MECHATRONICS DESIGNED CO., LTD.

MECHCAD2026 · คู่มือผู้ใช้ · 2026.80

www.mechdesigned.com