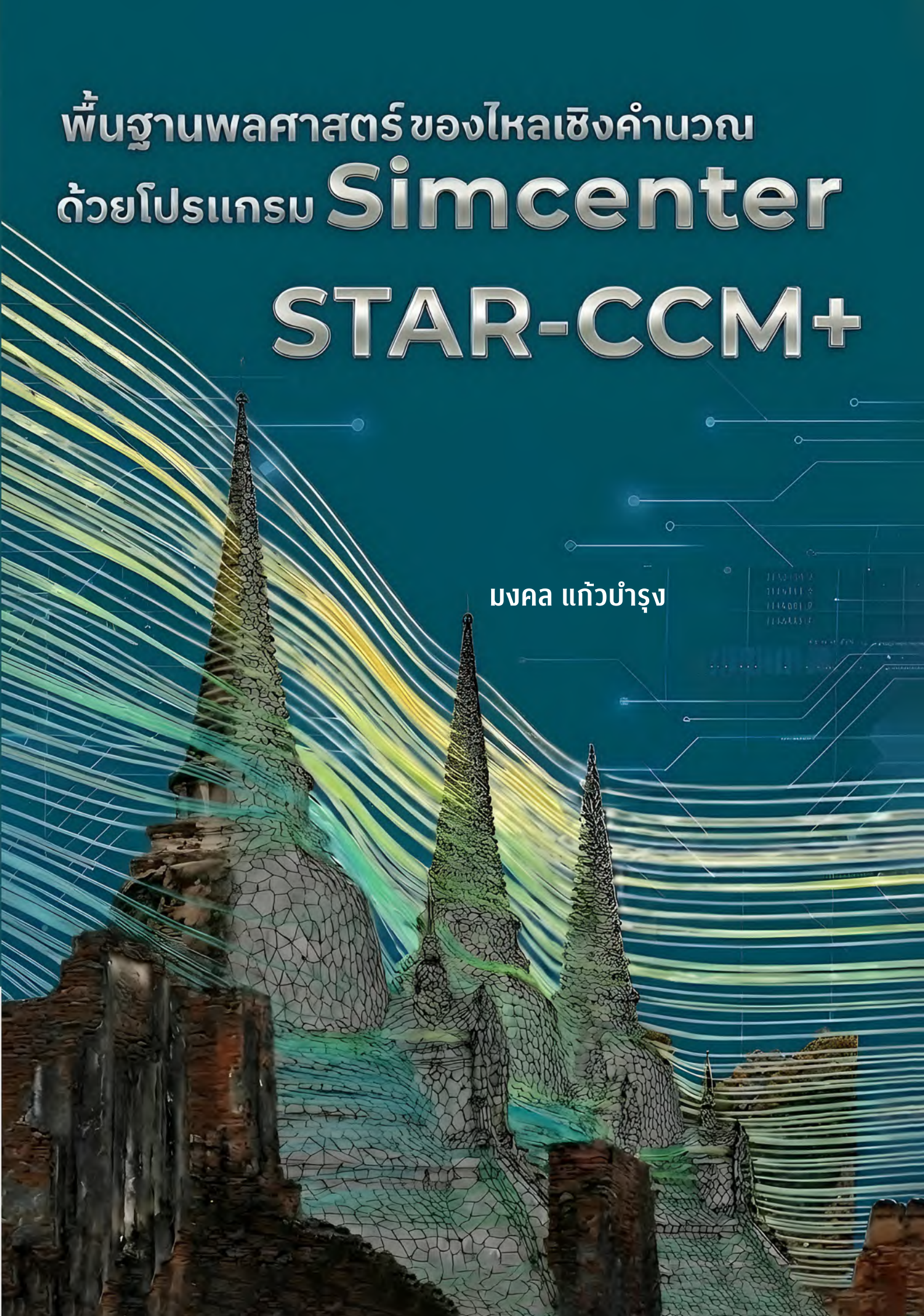
พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ด้วยโปรแกรม Simcenter STAR-CCM+



มงคล แก้วบำรุง

พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ
ด้วยโปรแกรม Simcenter STAR-CCM+

มงคล แก้วบำรุง

พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณด้วยโปรแกรม Simcenter STAR-CCM+

ผู้แต่ง รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล แก้วบำรุง
ผู้วาดภาพประกอบ ศุภกิจ บุญไพจิตร์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ
มงคล แก้วบำรุง.
พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณด้วยโปรแกรม Simcenter STAR-CCM+.--นนทบุรี : [ม.ป.พ.], 2569.
352 หน้า.

1. พลศาสตร์ของไหลเชิงการคำนวณ. I. ศุภกิจ บุญไพจิตร์, ผู้วาดภาพประกอบ. II. ชื่อเรื่อง

620.1064
ISBN (e-book) 978-616-631-771-8

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558

จำหน่ายในรูปแบบออนไลน์ ครั้งที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2569
ช่องทางการจำหน่าย https://www.chulabook.com/en/main-ebook
ราคา 199 บาท

จัดทำโดย รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล แก้วบำรุง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ เลขที่ 217 ถนนนนทบุรี
ตำบลสวนใหญ่ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000 โทร. 02-149-9092
e-mail: apr.engineernon@rmutsb.ac.th https://fea.rmutsb.ac.th/

สั่งซื้อได้ที่ ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
http://www.chulabook.com
โทร. 08-6323-3703-4
customer@cubook.chula.ac.th, info@cubook.chula.ac.th
Apps: CU-eBook Store

คำนำ

หนังสือ พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณด้วยโปรแกรม Simcenter STAR-CCM+ เรียบเรียงโดย รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล แก้วบำรุง และ นายวิชญภาส พิลึก นักศึกษาฝึกงานจากภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จัดทำขึ้นจากความตั้งใจของผู้เขียนในการถ่ายทอดองค์ความรู้และประสบการณ์ตรงจากการทำงานในภาคอุตสาหกรรมกว่า 18 ปี และการทำวิจัยด้าน พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics: CFD) มามากกว่า 23 ปี เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจและเข้าถึงกระบวนการจำลองการไหลของของไหลอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่พื้นฐานของการสร้างแบบจำลองสามมิติ การสร้างกริดในรูปแบบต่างๆ การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต ตลอดจนการแก้สมการของการไหลทั้งในกรณีพื้นฐานและกรณีที่ซับซ้อน เช่น การถ่ายเทความร้อนและการเผาไหม้ ผู้เขียนทั้งสองมุ่งหวังให้เนื้อหาภายในเล่มนี้เป็นแนวทางสำหรับนักศึกษา วิศวกร นักวิจัย และผู้สนใจทั่วไป ในการศึกษาพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณผ่านซอฟต์แวร์ Simcenter STAR-CCM+ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในแวดวงวิศวกรรมและงานวิจัยระดับอุตสาหกรรม ทั้งในด้านการวิเคราะห์การไหล ความร้อน การผสมของหลายเฟส รวมถึงการจำลองเชิงพหุฟิสิกส์ (Multiphysics Simulation) ที่มีความซับซ้อนสูง

หนังสือเล่มนี้ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท Digital Transformation Engineering ซึ่งได้เอื้อเฟื้อทรัพยากรและซอฟต์แวร์ในการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติ โดยมีนาย ศุภกิจ บุญไพจิตร์ เป็นผู้ตรวจทานเพื่อให้การถ่ายทอดความรู้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และใกล้เคียงกับการใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม ผู้เขียนทั้งสองขอขอบคุณบริษัทฯ เป็นอย่างสูงที่ร่วมสนับสนุนการสร้างองค์ความรู้เพื่อพัฒนาศักยภาพของบุคลากรด้านวิศวกรรมในประเทศไทย

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะช่วยให้ผู้อ่านได้เข้าใจหลักการพื้นฐานของการจำลองการไหลด้วยวิธีการเชิงคำนวณ สามารถนำความรู้ไปต่อยอดเพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรม สร้างนวัตกรรมใหม่ และสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมไทยให้เติบโตอย่างยั่งยืน

รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล แก้วบำรุง

นายวิชญภาส พิลึก

พระนครศรีอยุธยา พ.ศ. 2568

สารบัญ

คำนำ

สารบัญ

บทที่ 1 การสร้าง CAD ใน Simcenter STAR-CCM+ **1**

1. หน้าต่างโปรแกรมของ Simcenter STAR-CCM+ 1

2. การวาดรูปครึ่งวงกลมบนระนาบ 2

3. การใช้คำสั่ง Extrude เพื่อสร้างรูปทรงสามมิติ และการใช้เครื่องมือ Linear Pattern 7

4. การสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยม 8

5. การใช้เครื่องมือ Subtract เพื่อตัดชิ้นงาน 11

6. การใช้คำสั่ง Sketch Imprint และการตั้งชื่อ 13

7. การสร้างชิ้นงานใหม่จาก CAD 17

8. การวาดทรงกระบอกด้วยเครื่องมือ Revolve 18

9. การนำเข้าโปรไฟล์เส้นโค้ง 19

10. การใช้คำสั่ง Transform เพื่อปรับแต่งชิ้นงาน และการใช้เครื่องมือ Circular Pattern 20

11. การวาดทรงกระบอกด้วยเครื่องมือ Extrude 23

12. การกำหนดชื่อโดยใช้เครื่องมือ Split by Patch 24

13. การนำเข้าไฟล์ CAD จากภายนอก 27

บทที่ 2 การสร้างกริด **29**

1. พื้นฐานการสร้างกริด 29

2. การระบุชิ้นงานเป็นบริเวณ (Region) ที่ใช้จำลอง 32

3. การสร้างกริดแบบพีระมิดสามเหลี่ยมสำหรับปัญหาสามมิติ 35

4. การตรวจสอบคุณภาพของกริด 40

5. การสร้างกริดแบบทรงสี่เหลี่ยมสำหรับปัญหาสามมิติ 43

6. การสร้างกริดแบบรังผึ้งสำหรับปัญหาสามมิติ 46

7. การสร้างกริดสองมิติ 53

บรรณานุกรม 59

บทที่ 3 เทคนิคการสร้างกริด 60

1. การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลองสร้างกริด 60

2. การสร้างกริดแบบรังผึ้ง 64

3. การใช้งาน Surface Custom Control สำหรับการสร้างกริดด้วย Automated Mesh 67

4. การใช้งาน Volumatic Custom Control สำหรับการสร้างกริดด้วย Automated Mesh 71

5. เปรียบเทียบกริดจากการสร้างโดยใช้งานเครื่องมือ Generalized Cylinder Mesher และไม่ใช้งาน 76

6. การสร้างกริดโครงสร้างด้วย Directed Mesh 78

7. การสร้าง Patch Mesh สำหรับการสร้างกริดโดยใช้ Directed Mesh 80

8. การสร้างกริดโครงสร้างด้วย Directed Meshing โดยการใช้กริดที่ถูกสร้างไว้ก่อนหน้าเป็นต้นแบบ 86

บทที่ 4 การพาความร้อนตามธรรมชาติของวงแหวนแบบเยื้องศูนย์ 91

4.1. การสร้าง CAD และการกำหนดขอบเขต 92

4.2. การสร้างกริด 95

4.2.1. การสร้างกริดแบบสามเหลี่ยม 95

4.2.2. การสร้างกริดแบบทรงสี่เหลี่ยม 98

4.2.3. การสร้างกริดแบบรังผึ้ง 99

4.2.4. การสร้างกริดโครงสร้าง 100

4.3. การตั้งค่าการจำลอง 104

4.3.1. การตั้งค่าการจำลองกรณีที่ไม่มีการหมุน 105

4.3.2. การตั้งค่าการจำลองเพิ่มเติมในกรณีที่มีการหมุน 122

4.4. ผลลัพธ์การจำลอง 125
4.4.1. แผนภูมิแสดงผลอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ จากการจำลอง 125
4.4.2. อุณหภูมิจากการจำลอง 129
ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง 132
บรรณานุกรม 132
บทที่ 5 การไหลของลำพุ่งอากาศเข้าปะทะเหนือแผ่นเรียบ 133
5.1. การสร้างโปรไฟล์ความเร็วของการไหลแบบ Fully Developed 133
5.2. การสร้าง CAD และการกำหนดขอบเขต 136
5.3. การสร้างกริด 139
5.4. การตั้งค่าการจำลอง 146
5.5. การสร้างการรายงานผลการจำลอง 149
5.6. ผลการจำลอง 159
5.6.1. ความเร็วและ Nusselt Number 159
5.6.2. แผนภูมิแสดงค่าตัวแปร 160
ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง 164
บรรณานุกรม 164
บทที่ 6 แรงยกบนทรงกระบอกหมุน 165
6.1. การสร้าง CAD และกริด 168
6.2. การกำหนดโมเดลสำหรับการจำลอง 173
6.2.1. การจำลองในสภาวะคงตัว 173
6.2.2. การจำลองในสภาวะไม่คงตัว 175
6.2.3. การกำหนดค่าขอบเขต 177
6.3. การสร้างการรายงานผลการจำลอง 178

6.4. การกำหนดการหมุนของทรงกระบอก 189

6.5. ผลการจำลอง 191

6.5.1. การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงยกและสัมประสิทธิ์แรงต้าน 192

6.5.2. ความดันและความเร็ว 193

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง 200

บรรณานุกรม 200

บทที่ 7 การพาความร้อนและการแผ่รังสีจากรูเปิดบนช่องว่างทรงกลม 201

7.1. การสร้าง CAD และกริด 201

7.2. การกำหนดโมเดลสำหรับการจำลอง 207

7.3. การสร้างการรายงานผลการจำลอง 212

7.4. การปรับอุณหภูมิของพื้นผิวช่องว่างทรงกลม 219

7.5. ผลการจำลอง 220

7.5.1. การเปรียบเทียบค่าการถ่ายโอนความร้อน 220

7.5.2. อุณหภูมิและเวกเตอร์ความเร็ว 221

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง 223

บรรณานุกรม 223

บทที่ 8 ปัญหาการเผาไหม้ Sandia Flame D : เปลวไฟลำพุ่งแบบนำร่องของมีเทนและอากาศ 224

8.1. ประเภทของการเผาไหม้ 225

8.2. รายละเอียดของ Sandia Flame D 227

8.3. ขั้นตอนการจำลองโดยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข 228

8.3.1. การจำลองแบบสองมิติ 228

8.3.2. การจำลองแบบสามมิติ 242

8.4. การวิเคราะห์และการแสดงผลลัพธ์ 250

8.4.1. การแสดงผลการคำนวณ 251
8.4.2. เปรียบเทียบผลอุณหภูมิจากการจำลอง 254
8.4.3. การเปรียบเทียบผลลัพธ์ 255
ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง 257
บรรณานุกรม 257
บทที่ 9 การเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ความดันสูงโดยการให้ความร้อน 258
9.1. การสร้าง CAD และกริด 258
9.2. การกำหนดโมเดลสำหรับการจำลอง 267
9.3. การสร้างการรายงานผลการจำลอง 282
9.4. ผลการจำลอง 290
9.4.1. การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิ Subcooling และ Superheat 290
9.4.2. เศษส่วนปริมาตรของไอน้ำ 292
ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง 293
บรรณานุกรม 293
บทที่ 10 การเปลี่ยนรูปของหยดน้ำภายใต้กระแสการไหลของอากาศ 294
10.1. การสร้าง CAD และกริด 294
10.2. การกำหนดโมเดลสำหรับการจำลอง 299
10.3. การกำหนดค่าขอบเขตและตัวแปรในการคำนวณ 304
10.4. การสร้างการรายงานผลการจำลอง 306
10.5. ผลการจำลอง 313
10.5.1. แผนภูมิเปรียบเทียบขนาดของหยดน้ำ 313
10.5.2. การสร้างวีดิทัศน์ 316
ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง 317

บรรณานุกรม 317

บทที่ 11 การไหลของอากาศบนแพนอากาศแบบ RAE-2822 ที่ย่านความเร็วทรานโซนิค 318

11.1. การสร้าง CAD และกริด 319

11.2. การกำหนดโมเดลสำหรับการจำลอง 328

11.3. การสร้างการรายงานผลการจำลอง 331

11.4. ผลการจำลอง 337

11.4.1. ค่าสัมประสิทธิ์แรงยกและแรงต้าน 337

11.4.2. ค่าสัมประสิทธิ์ความดัน 337

11.4.3. เลขมัคและความดัน 339

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง 340

บรรณานุกรม 340

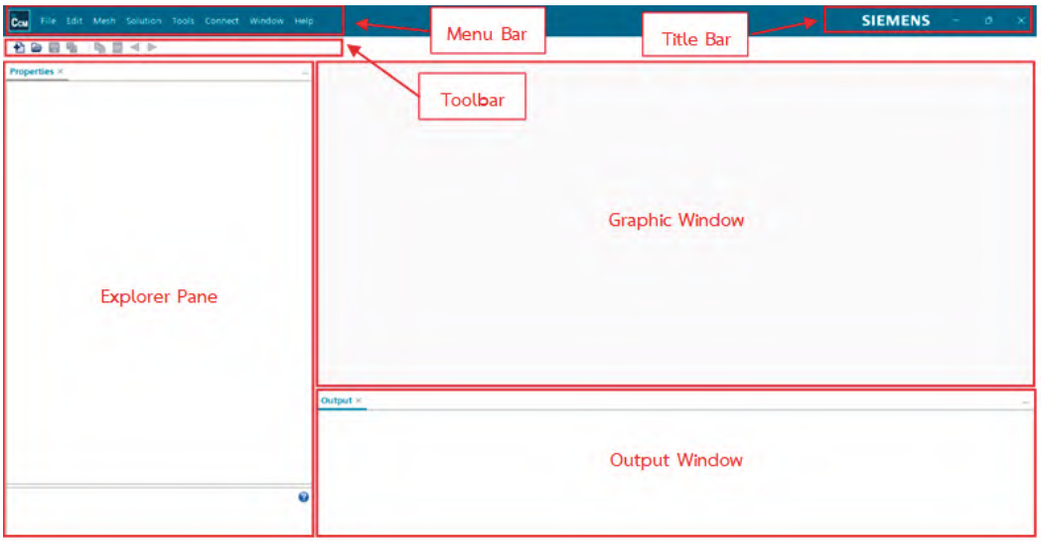
ประวัติผู้แต่ง 341

บทที่ 1

การสร้าง CAD ใน Simcenter STAR-CCM+

การวิเคราะห์ปัญหาพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณจำเป็นจะต้องมีรูปทรง (Geometry) ของปัญหา ซึ่งในโปรแกรม Simcenter STAR CCM+ สามารถสร้าง CAD เพื่อสร้างรูปทรงของปัญหาที่จะวิเคราะห์ได้ และสามารถนำไฟล์ CAD ของโปรแกรมภายนอกมาใช้ได้ โดยบทนี้จะเน้นการสร้าง CAD ด้วยคำสั่งพื้นฐาน และเน้นให้ผู้เริ่มต้นใช้งานสามารถสร้างรูปทรงเบื้องต้นได้

1. หน้าต่างโปรแกรมของ Simcenter STAR-CCM+

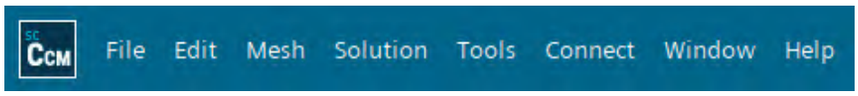


รูปที่ 1.1 หน้าต่างโปรแกรม Simcenter STAR-CCM+

หน้าต่างโปรแกรมมีส่วนประกอบหลักๆ อยู่ 7 ส่วน คือ

1. Title Bar แสดงชื่อ SIEMENS
2. Menu Bar แสดงเมนูตัวเลือกต่างๆ สำหรับใช้งาน
3. Toolbar สำหรับเลือกใช้เครื่องมือที่ใช้งานบ่อย
4. Explorer Pane สามารถใช้ดูรายละเอียดของงานวิเคราะห์ที่กำลังเปิดอยู่ได้
5. Graphic Window แสดงภาพต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
6. Properties Windows แสดงคุณสมบัติของฟังก์ชันต่างๆ ที่เลือกจาก Explorer Pane
7. Output Window แสดงค่าผลลัพธ์ต่างๆ ของปัญหา

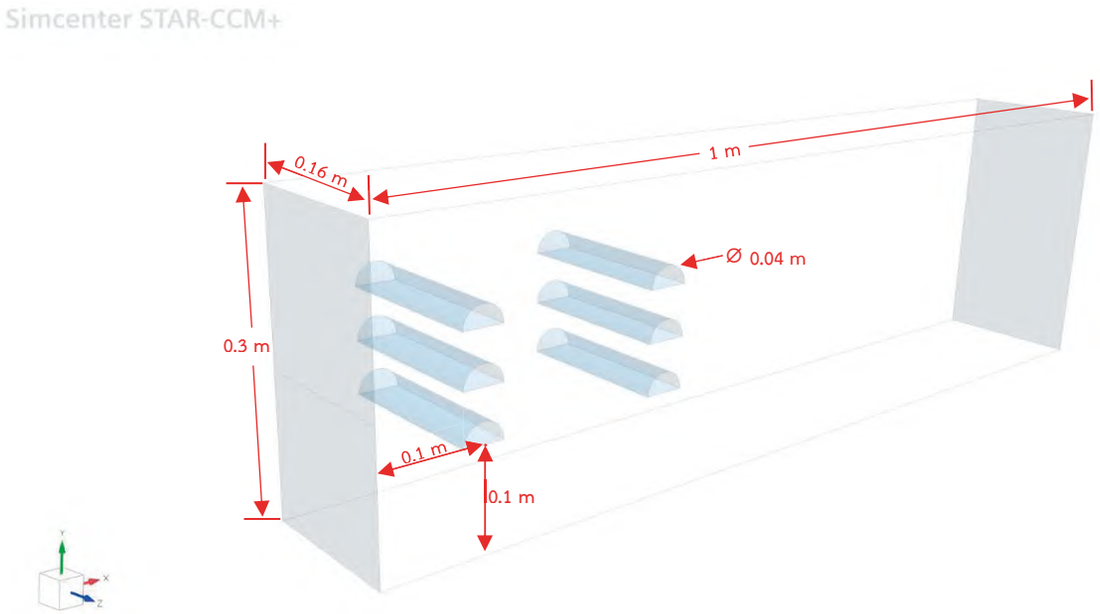
ใน Menu Bar มีตัวเลือกต่างๆ เช่นการจัดการไฟล์งาน การจัดการโปรแกรม การเข้าถึงการช่วยเหลือในการใช้โปรแกรมให้สามารถใช้งานได้ในระหว่างการใช้โปรแกรม



รูปที่ 1.2 Menu Bar

ใน Toolbar มีปุ่มทางลัดสำหรับเข้าถึงคำสั่งเครื่องมือต่างๆ ที่มีการเรียกใช้บ่อยเช่น การบันทึกไฟล์งาน, การ Initialize, การ Run หรือการสร้าง Scene เป็นต้น

2. การวาดรูปครึ่งวงกลมบนระนาบ

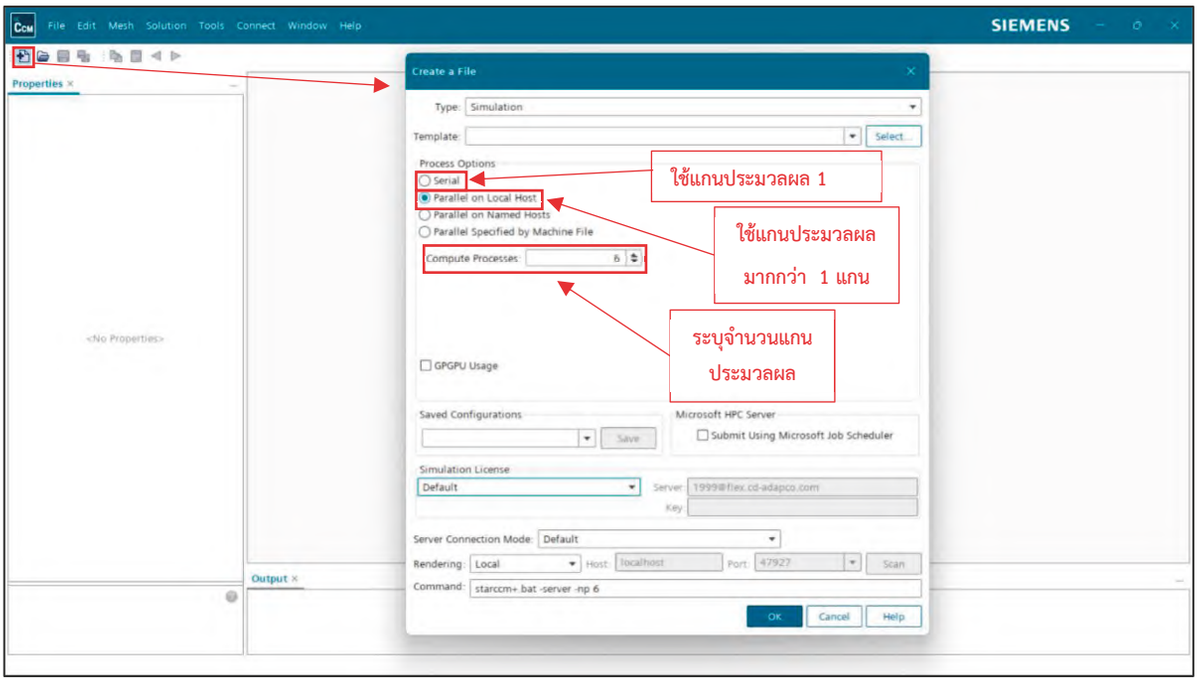


รูปที่ 1.3 แบบจำลองและขนาด

การวาดรูปทรงสี่เหลี่ยมที่มีช่องว่างรูปครึ่งวงกลมดังรูปที่ 1.3 เป็นรูปทรงพื้นฐานที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย โดยมีขั้นตอนดังนี้

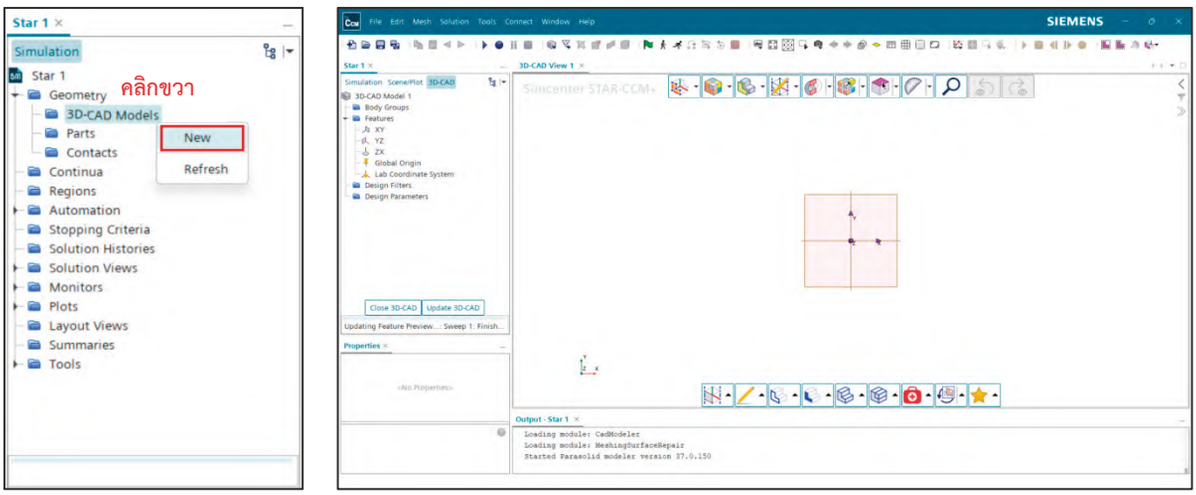
1. เมื่อเปิดโปรแกรม Simcenter STAR-CCM+ เรียบร้อยแล้ว เลือก New จาก Toolbar แล้วสร้างงานจำลองขึ้นใหม่

สำหรับการสร้างงานจำลองใหม่นั้น สามารถกำหนดจำนวนแกนประมวลผล (CPU Core) ได้



รูปที่ 1.4 การสร้างงานจำลองใหม่

2. สร้าง 3D-CAD ใหม่

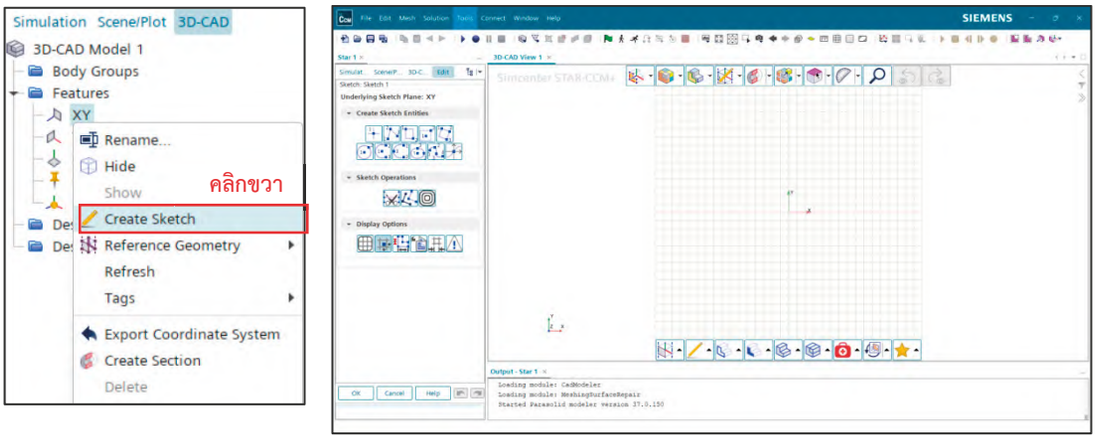


รูปที่ 1.5 การสร้าง 3D-CAD ใหม่

การปรับมุมกล้อง สามารถปรับโดยคลิกเมาส์ซ้ายแล้วขยับ หรือกดปุ่มบนแป้นพิมพ์ ดังนี้

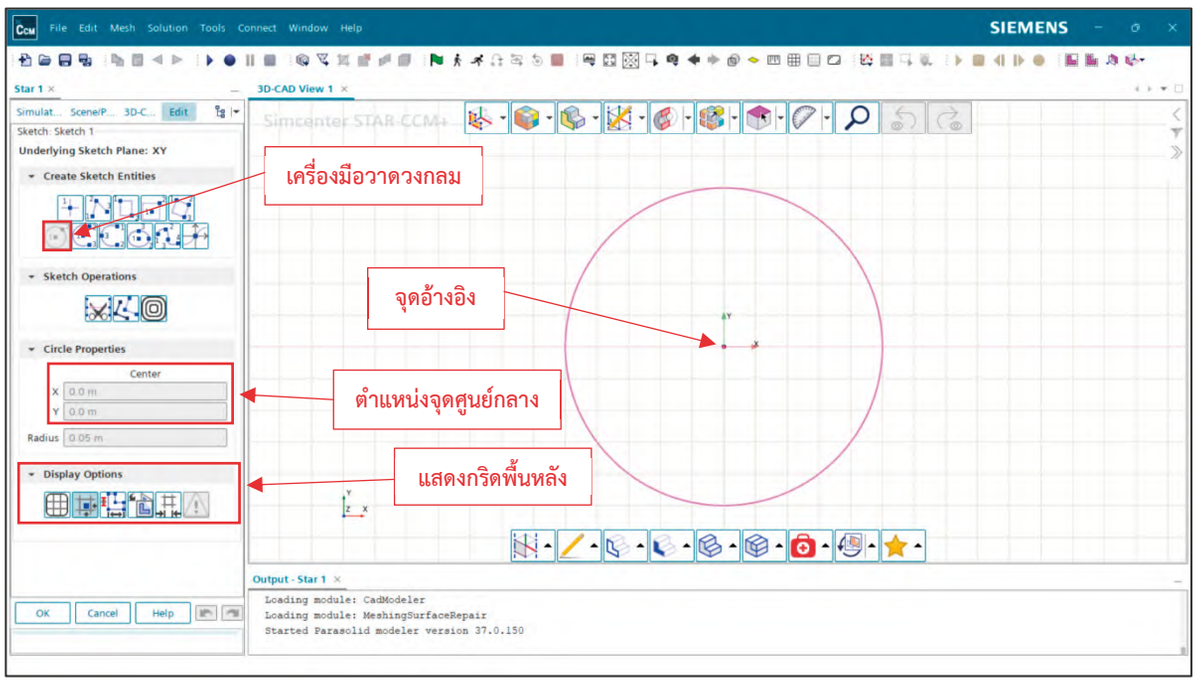
- F เป็นมุมมองด้านหน้า (Front View)
- S เป็นมุมมองด้านข้าง (Side View)
- T เป็นมุมมองด้านบน (Top View)
- R ปรับการขยายขนาดกลับเป็นขนาดเริ่มต้น (Reset)

3. สร้าง Sketch ใหม่บนระนาบ XY



รูปที่ 1.6 การสร้าง Sketch ใหม่

4. ใช้เครื่องมือวาดวงกลม โดยเลือกจุดศูนย์กลางของวงกลมที่จุดอ้างอิง (0, 0)

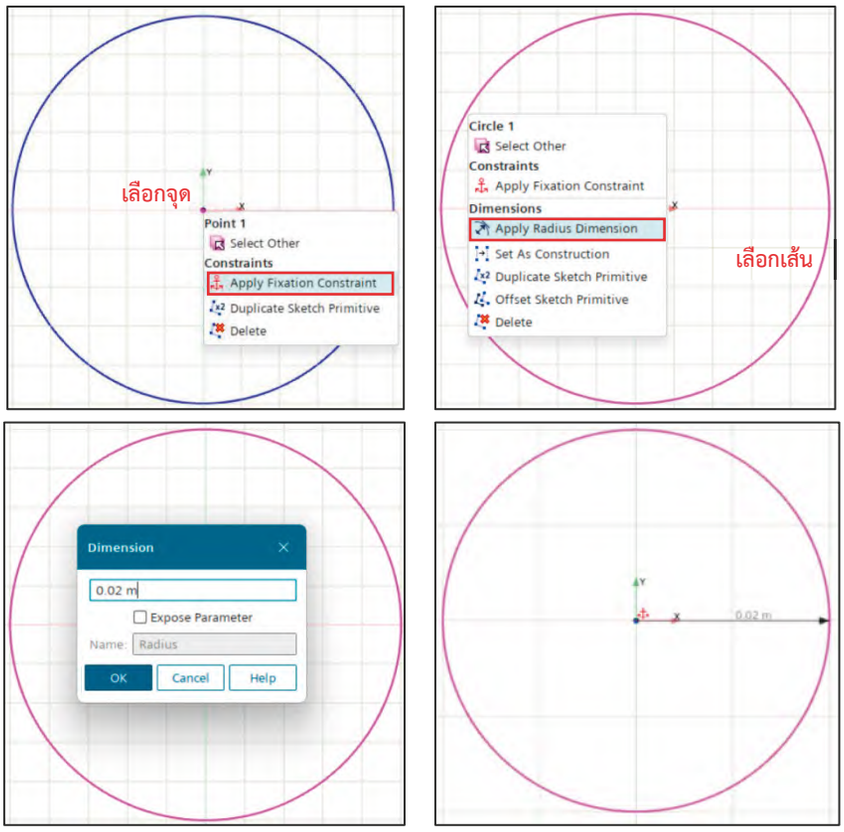


รูปที่ 1.7 เส้นรูปวงกลม

5. ทำการระบุ Fixed Constraint ให้จุดศูนย์กลางวงกลม และกำหนดรัศมีของวงกลมที่ 0.02 m

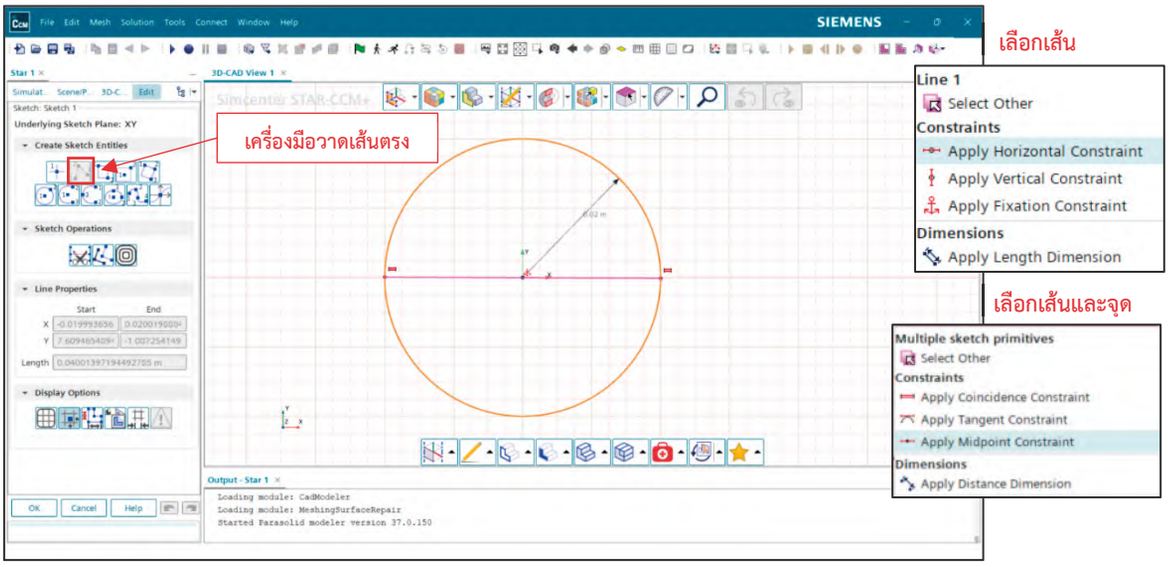
ข้อแนะนำ จากรูปที่ 1.8 การกำหนด Constraint เป็นการกำหนดคุณสมบัติให้กับเส้นหรือจุด เช่น Horizontal Constraint ทำให้เส้นถูกบังคับให้อยู่ในแนวนอน, Midpoint Constraint จะทำให้จุดที่เลือกกลายเป็นเป็นจุดศูนย์กลางของเส้น

ข้อควรระวัง ก่อนระบุ Fixed Constraint จุดศูนย์กลางของวงกลมต้องอยู่ที่จุดอ้างอิง (0, 0)



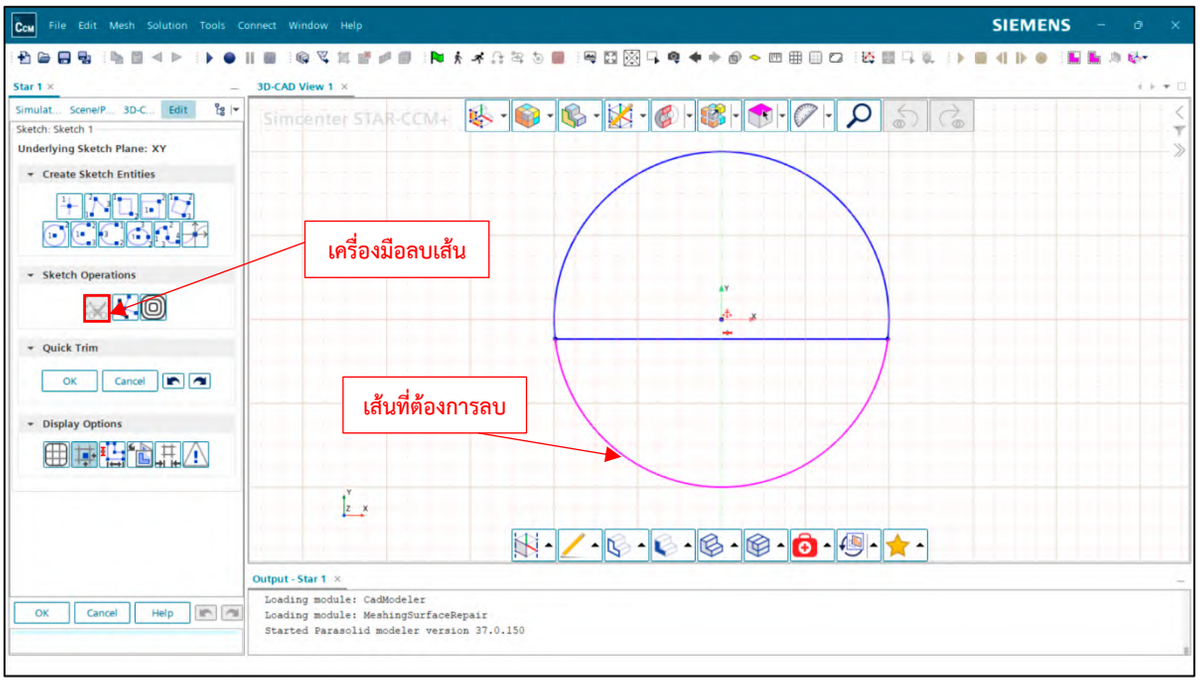
รูปที่ 1.8 การกำหนด Constraint และขนาดของวงกลม

6. เลือกใช้เครื่องมือวาดเส้นตรง แล้วจึงลากเส้นตรง ตัดผ่านวงกลม ระบุ Horizontal Constraint ให้เส้นตรง และเลือกจุดศูนย์กลางวงกลมกับเส้นตรงและระบุ Midpoint Constraint ดังรูปที่ 1.9



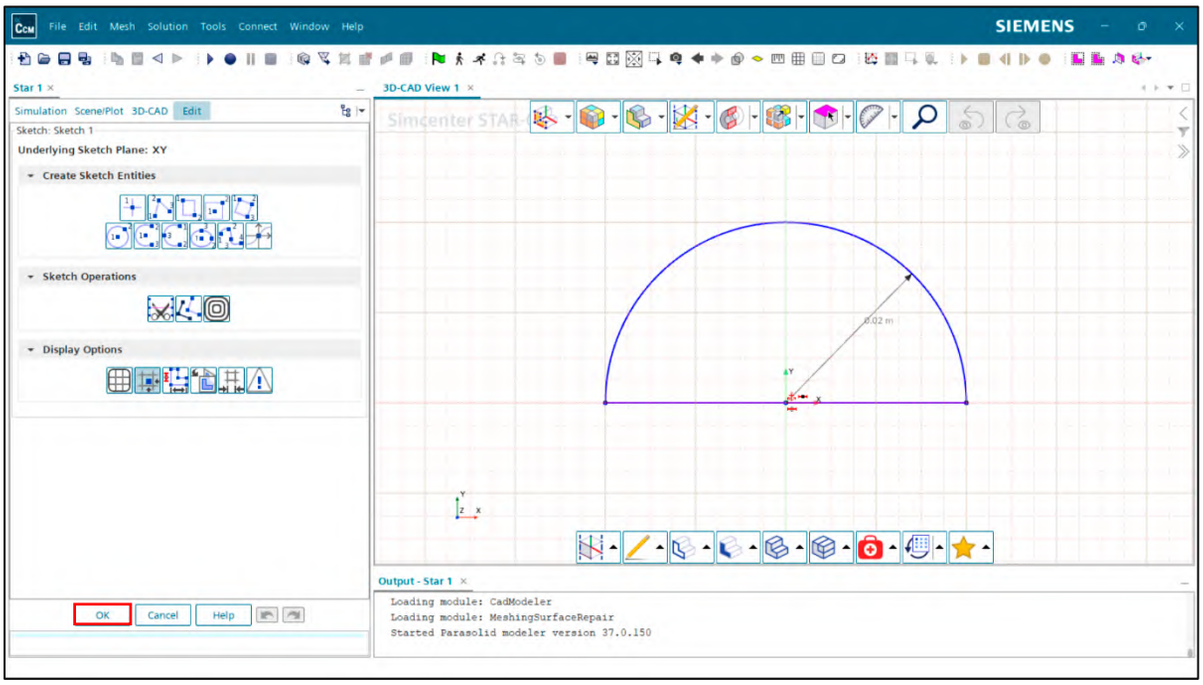
รูปที่ 1.9 การกำหนด Constraint และขนาดของเส้นตรง

7. ลบเส้นโค้งครึ่งล่างของวงกลมโดยใช้เครื่องมือ Trim and Remove Primitives



รูปที่ 1.10 การลบเส้นที่ไม่ต้องการใช้

8. ปิดหน้าต่าง Sketch

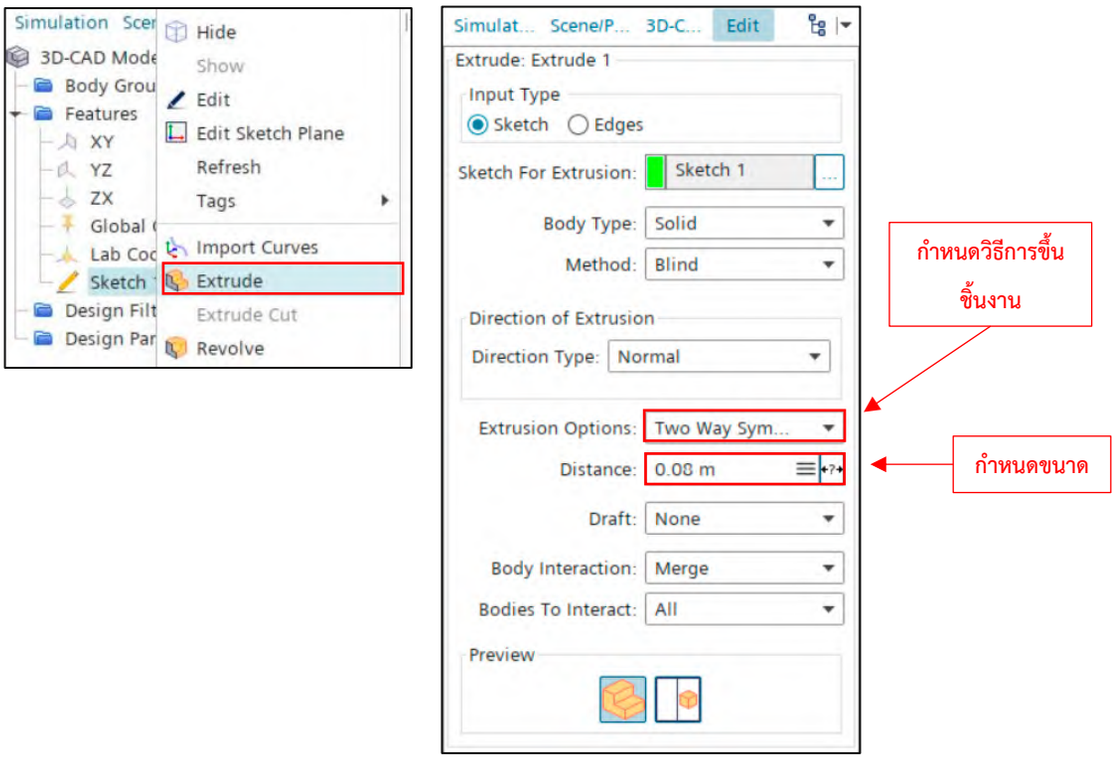


รูปที่ 1.11 การปิดหน้าต่าง Sketch

3. การใช้คำสั่ง Extrude เพื่อสร้างรูปทรงสามมิติ และการใช้เครื่องมือ Linear Pattern

1. ใช้เครื่องมือ Extrude Sketch สร้างรูปทรงสามมิติ โดยเลือกวิธีการขึ้นชิ้นงานเป็น Two Way Symmetric และกำหนดขนาดเป็น 0.08 m

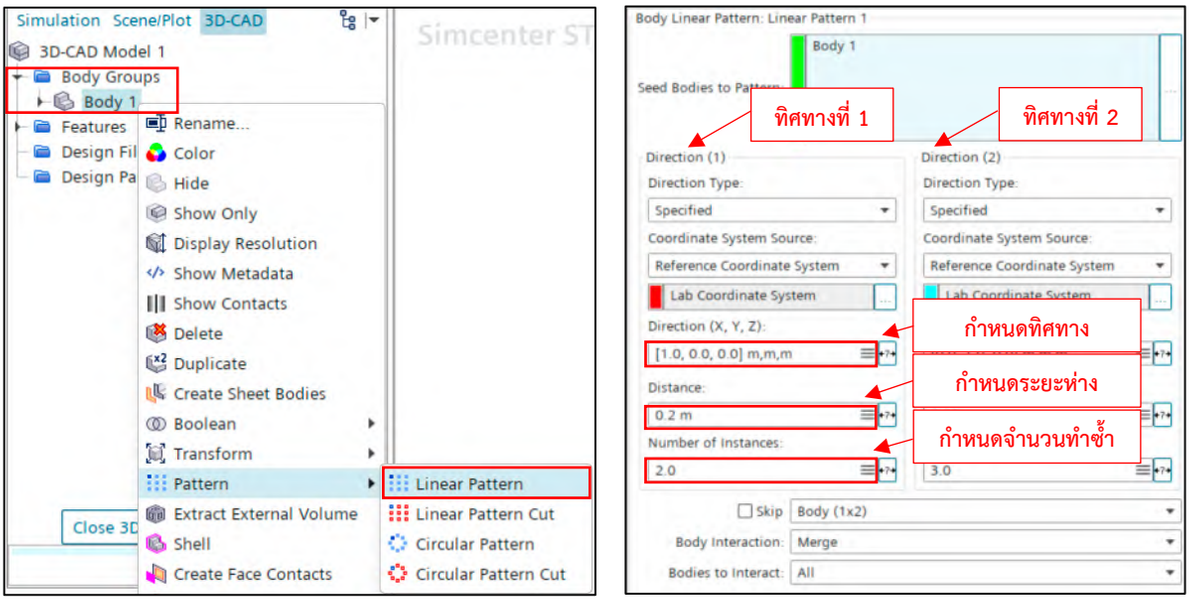
จากรูปที่ 1.12 เครื่องมือ Extrude Sketch เป็นเครื่องมือที่ใช้ขึ้นรูปทรงสามมิติโดยการดึงรูปสองมิติที่วาดไว้ออกมาในแนวตั้งฉากกับระนาบที่ใช้วาดตามขนาดที่กำหนด



รูปที่ 1.12 การใช้เครื่องมือ Extrude เพื่อสร้างชิ้นงานสามมิติ

2. ใช้เครื่องมือ Linear Pattern จากใน Body 1 กำหนดให้ทิศทางแรกไปตามแกน X [1.0, 0.0, 0.0] เป็นระยะห่าง 0.2 m ทำซ้ำเป็นจำนวน 2 ชิ้น ทิศทางที่สองกำหนดให้ไปตามแกน Y [0.0, 1.0, 0.0] เป็นระยะห่าง 0.05 m ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ชิ้น

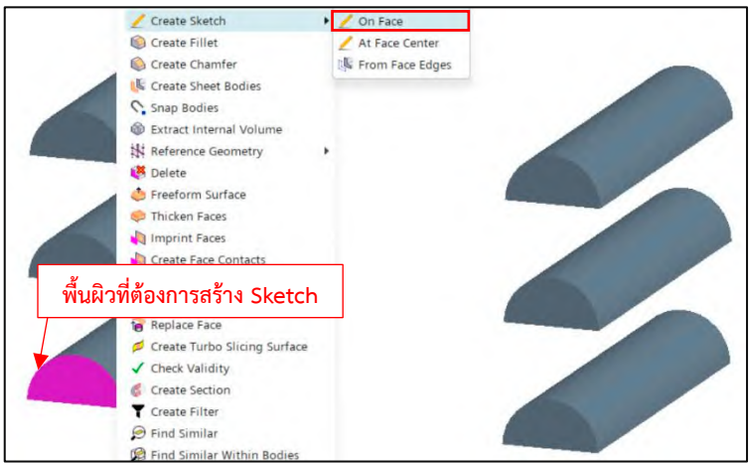
จากรูปที่ 1.13 เครื่องมือ Linear Pattern ซึ่งเป็นเครื่องมือทำชิ้นงานซ้ำตามจำนวนที่กำหนดในทิศทางที่ต้องการ สามารถกำหนดได้ 2 ทิศทาง



รูปที่ 1.13 การใช้เครื่องมือ Linear Pattern เพื่อทำชิ้นงานซ้ำ

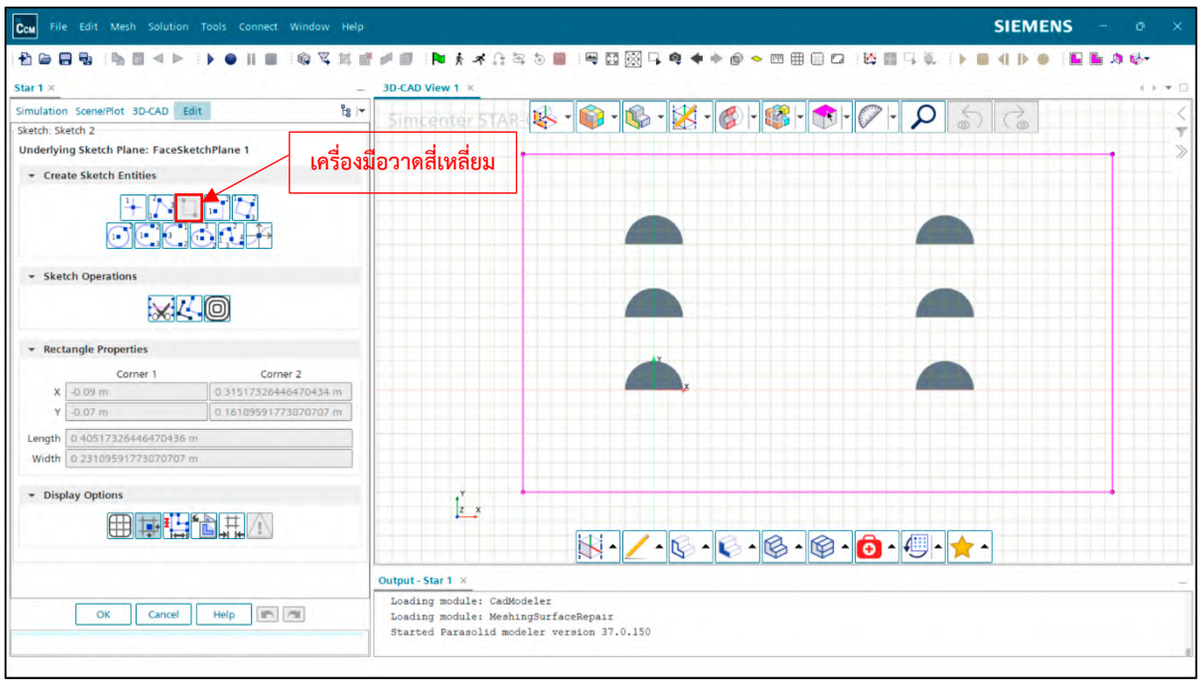
4. การสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยม

1. สร้าง Sketch บนพื้นผิวของรูปทรงกระบอกผ่าครึ่ง



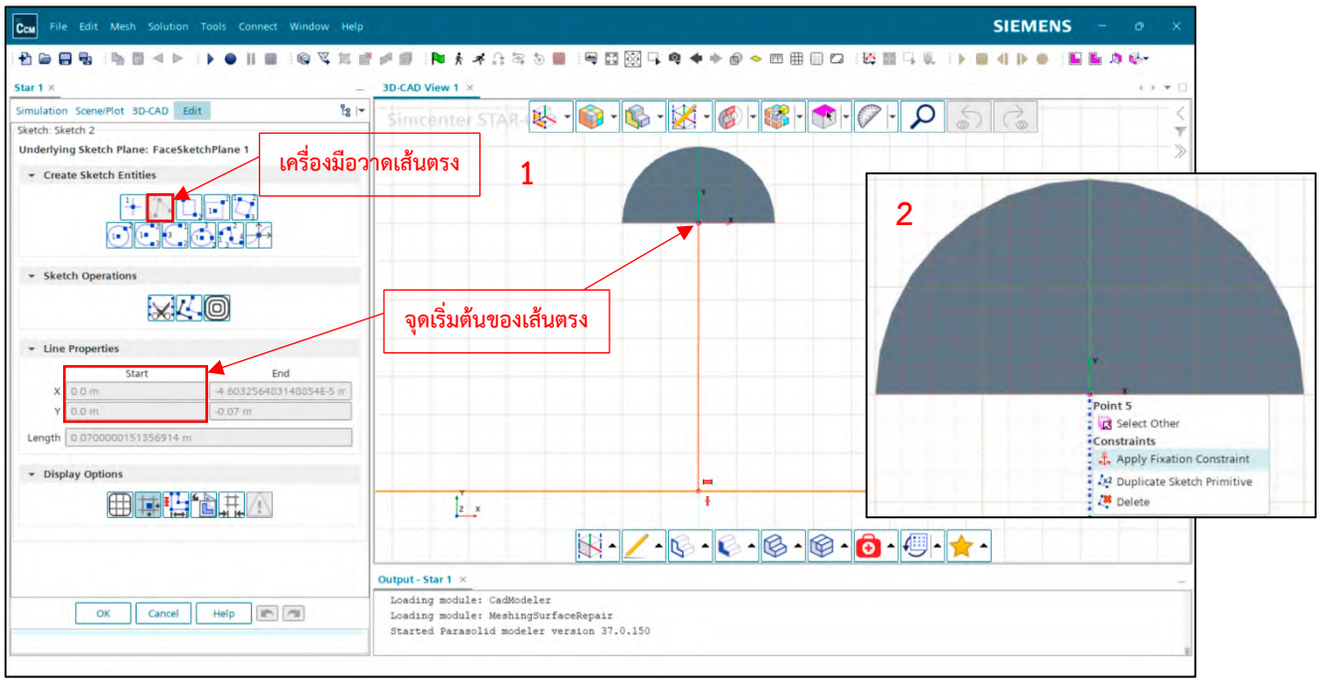
รูปที่ 1.14 การสร้าง Sketch บนพื้นผิวของชิ้นงาน

2. ใช้เครื่องมือวาดสี่เหลี่ยมแบบระบุ 2 มุม และวาดสี่เหลี่ยมครอบทรงกระบอกผ่าครึ่ง



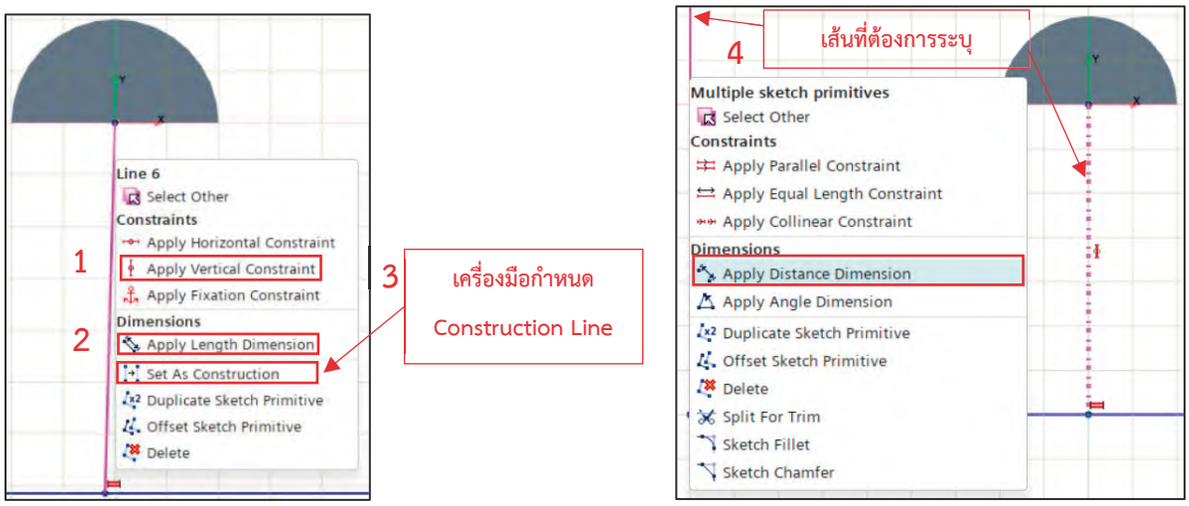
รูปที่ 1.15 เส้นรูปสี่เหลี่ยม

3. วาดเส้นตรงจากจุดอ้างอิง (0, 0) ลงมาที่ด้านล่างของสี่เหลี่ยม และระบุ Fixed Constraint ที่จุดเริ่มต้นของเส้นตรง



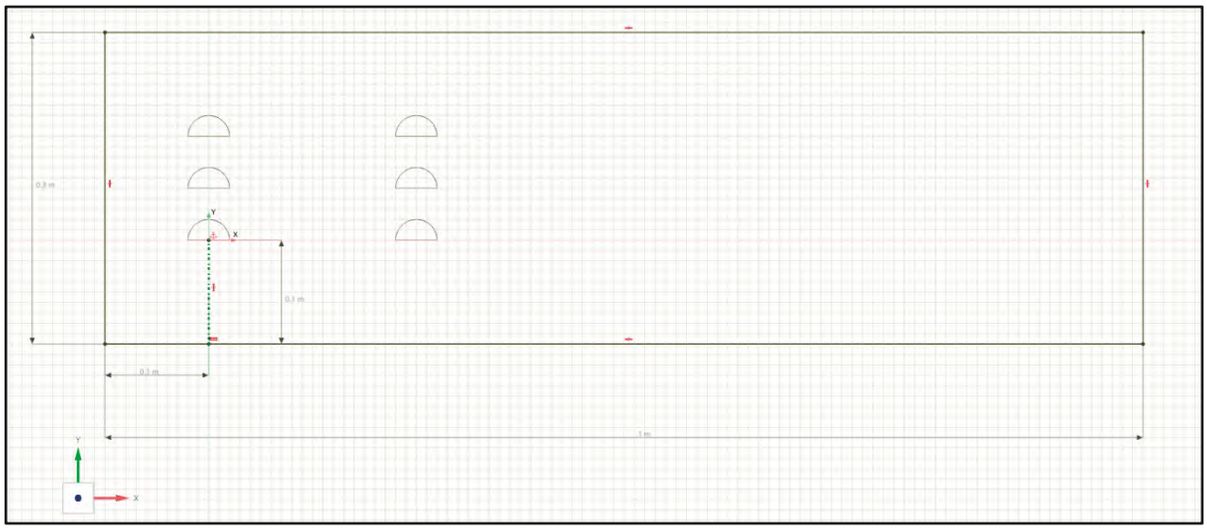
รูปที่ 1.16 เส้นตรงและการระบุ Fixation Constraint

4. ระบุ Vertical Constraint ให้กับเส้นตรง กำหนดเส้นดังกล่าวเป็น Construction Line และกำหนดขนาดเส้นเป็น 0.1 m กำหนดระยะห่างระหว่างด้านหน้าของสี่เหลี่ยมกับเส้น Construction Line ที่ 0.1 m



รูปที่ 1.17 การกำหนดเป็น Construction Line, Constraint และขนาด

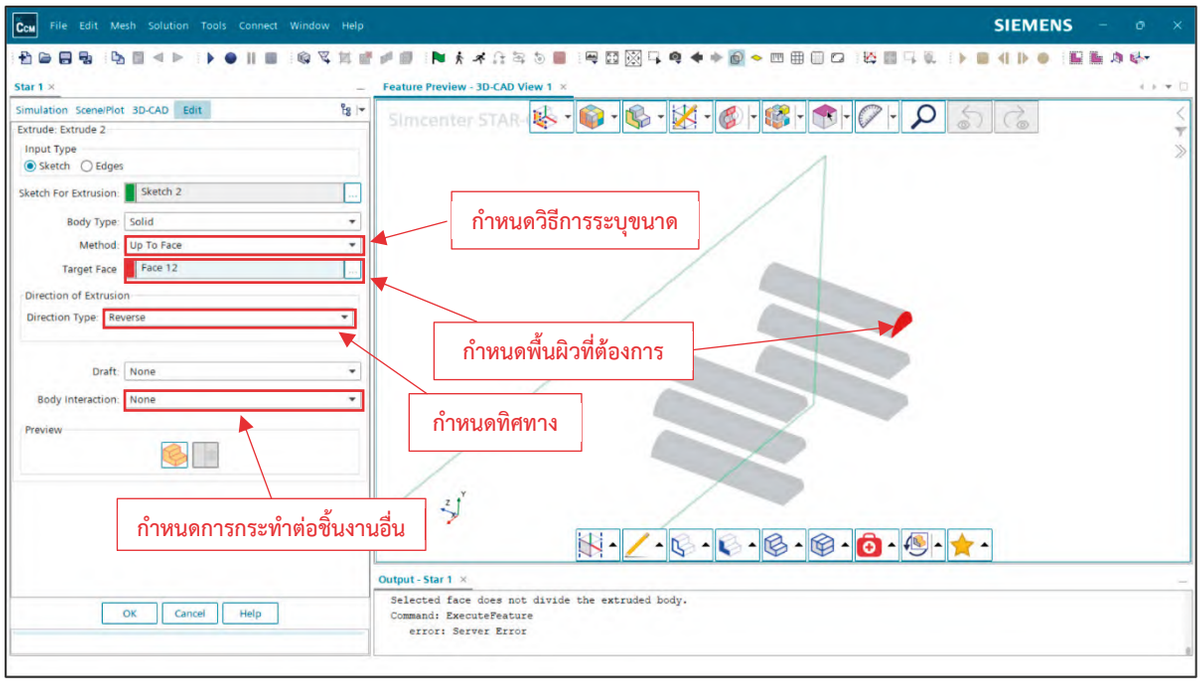
5. กำหนดความสูงของสี่เหลี่ยมที่ 0.3 m และความยาวที่ 1 m



รูปที่ 1.18 ขนาดของสี่เหลี่ยม

6. ปิดหน้าต่าง Sketch

7. Extrude Sketch สี่เหลี่ยมเพื่อสร้างรูปทรงสามมิติ โดยกำหนดวิธีการระบุขนาดเป็น Up To Face โดยเลือกพื้นผิวบนทรงกระบอกผ่าครึ่งฝั่งตรงข้ามกับพื้นผิวที่สร้าง Sketch กำหนดทิศทางเป็น Reverse และกำหนดการกระทำต่อชิ้นงานอื่นเป็น None

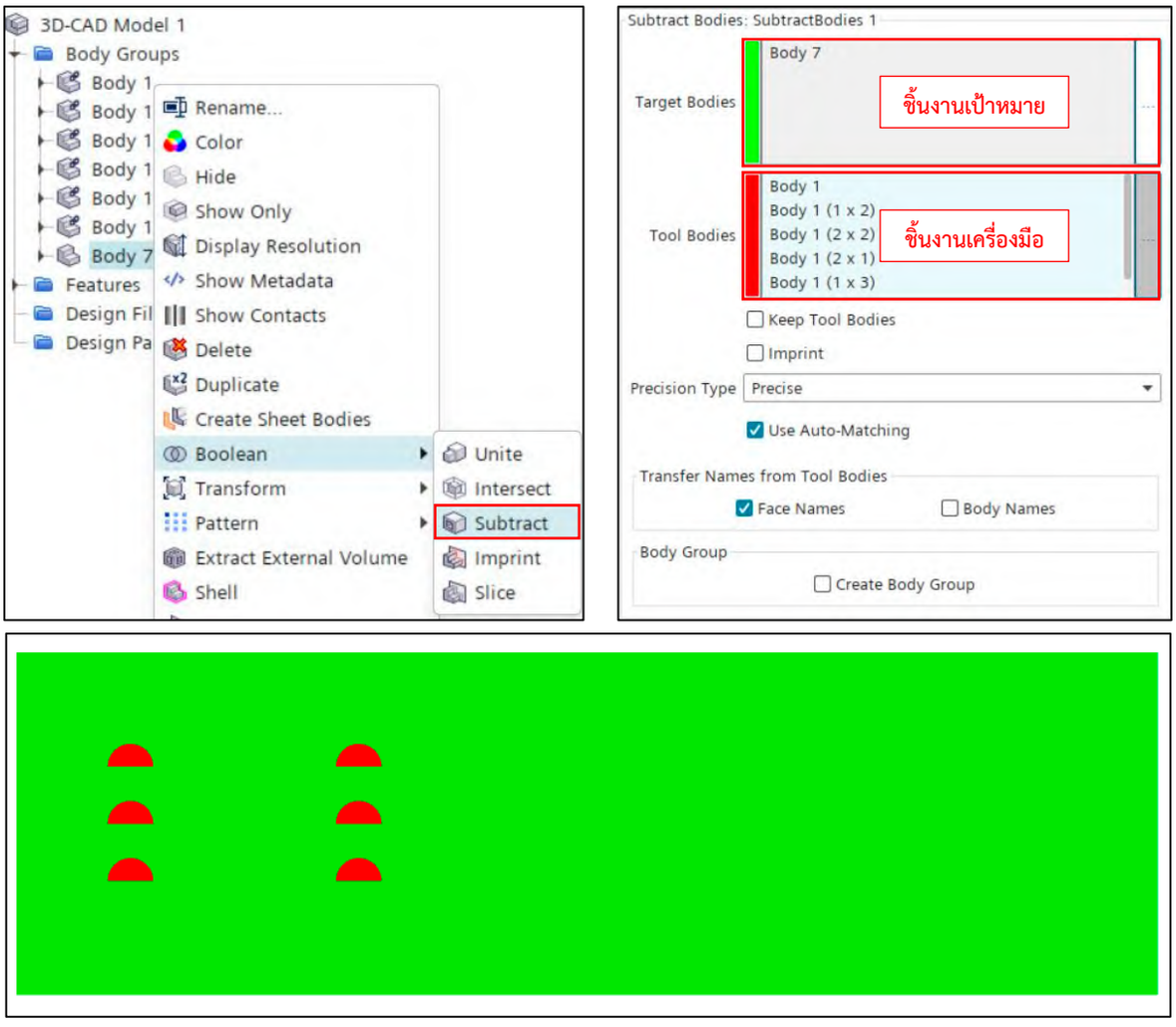


รูปที่ 1.19 การใช้เครื่องมือ Extrude เพื่อสร้างชิ้นงานสามมิติ

5. การใช้เครื่องมือ Subtract เพื่อตัดชิ้นงาน

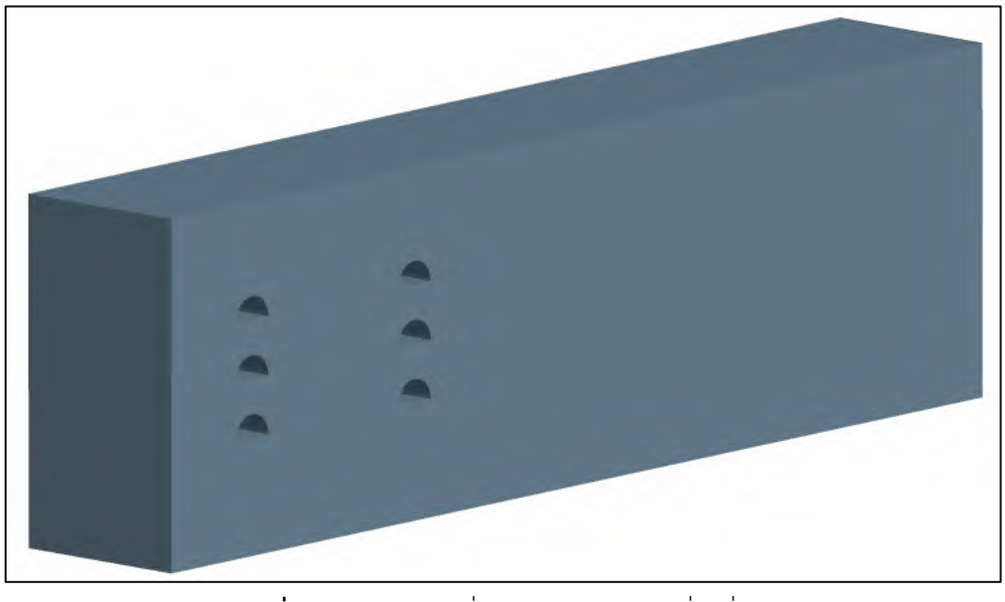
1. เลือกเครื่องมือ Subtract จากคำสั่ง Boolean ในชิ้นงานรูปทรงสี่เหลี่ยม โดยระบุ Target Body เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม และ Tool Body เป็นทรงกระบอกผ่าครึ่งทั้ง 6 ชิ้น

จากรูปที่ 1.20 เครื่องมือ Subtract เป็นเครื่องมือที่ใช้ตัดส่วนที่ชิ้นงานซ้อนทับกัน โดยสามารถกำหนดชิ้นงานที่จะถูกตัดและชิ้นงานที่ใช้เป็นเครื่องมือในการตัดได้



รูปที่ 1.20 การใช้เครื่องมือ Subtract เพื่อตัดชิ้นงาน

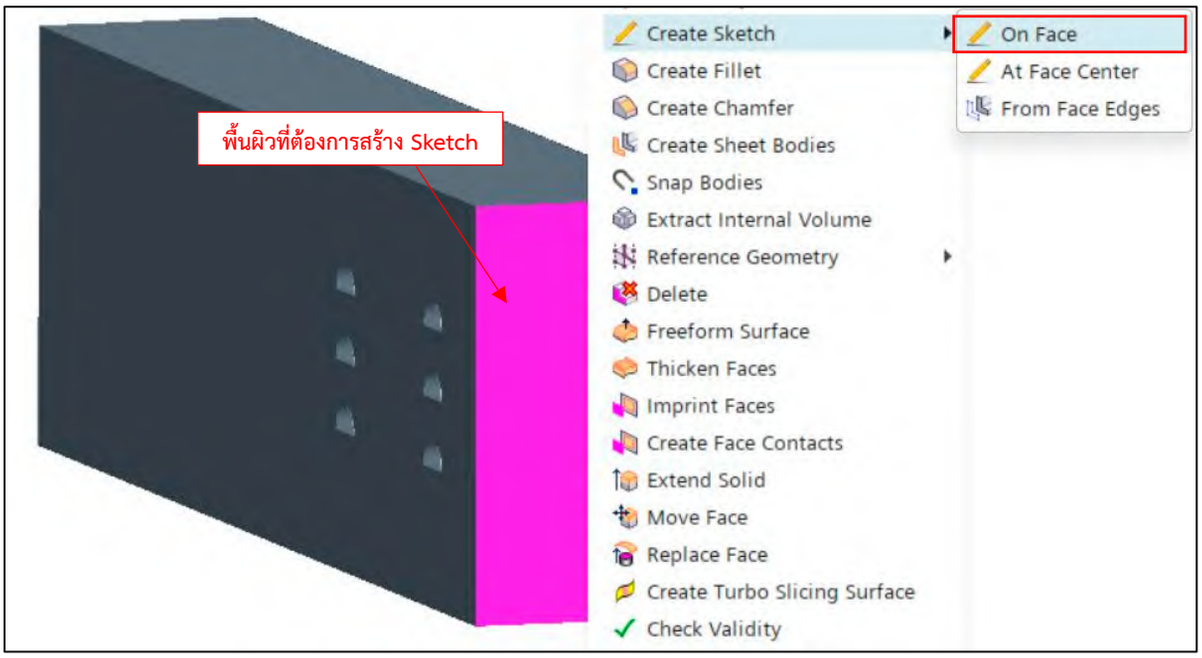
2. ผลลัพธ์ที่ได้รูปทรงสี่เหลี่ยมจะมีช่องว่างเป็นรูปครึ่งวงกลมทั้งหมด 6 ช่องดังรูป 1.21



รูปที่ 1.21 ช่องว่างครึ่งวงกลมบนรูปทรงสี่เหลี่ยม

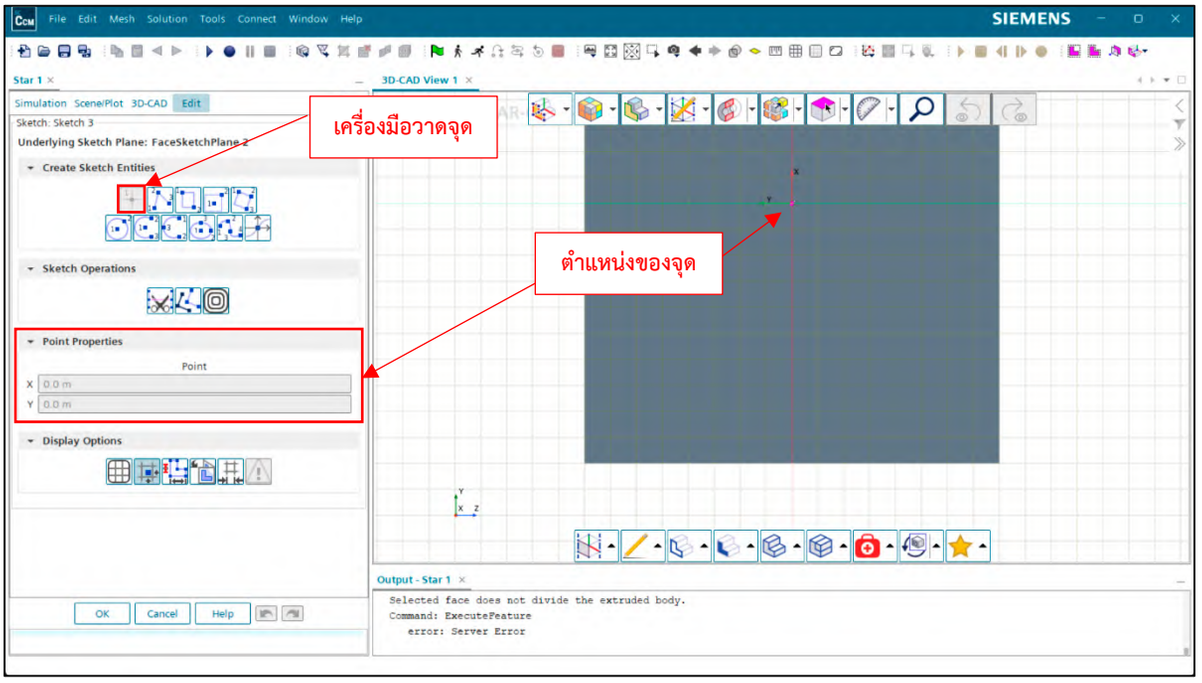
6. การใช้คำสั่ง Sketch Imprint และการตั้งชื่อ

1. สร้าง Sketch บนพื้นผิวของสี่เหลี่ยมด้านที่ชิดกับครึ่งวงกลม



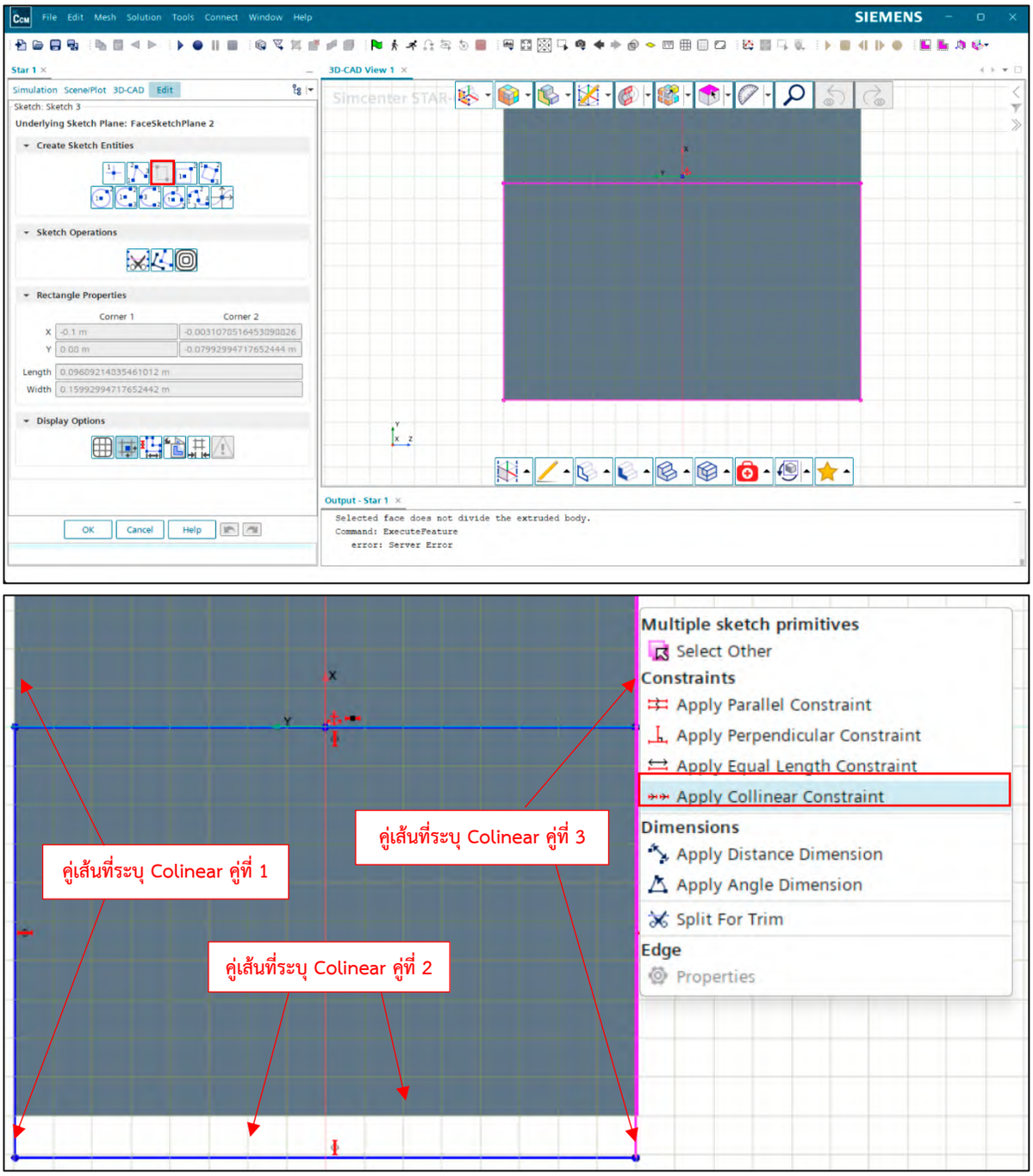
รูปที่ 1.22 การสร้าง Sketch บนพื้นผิว

2. วาดจุดที่จุดอ้างอิง และกำหนด Fixed Constraint ให้กับจุด



รูปที่ 1.23 การวาดจุดลงบนระนาบ

3. วาดสี่เหลี่ยมแบบระบุสองมุม กำหนด Midpoint Constraint ระหว่างจุดในข้อที่ 2. กับด้านบนของสี่เหลี่ยม และระบุ Colinear Constraint ระหว่างด้านที่เหลือแต่ละด้านกับขอบของพื้นผิวที่ใช้สร้าง Sketch

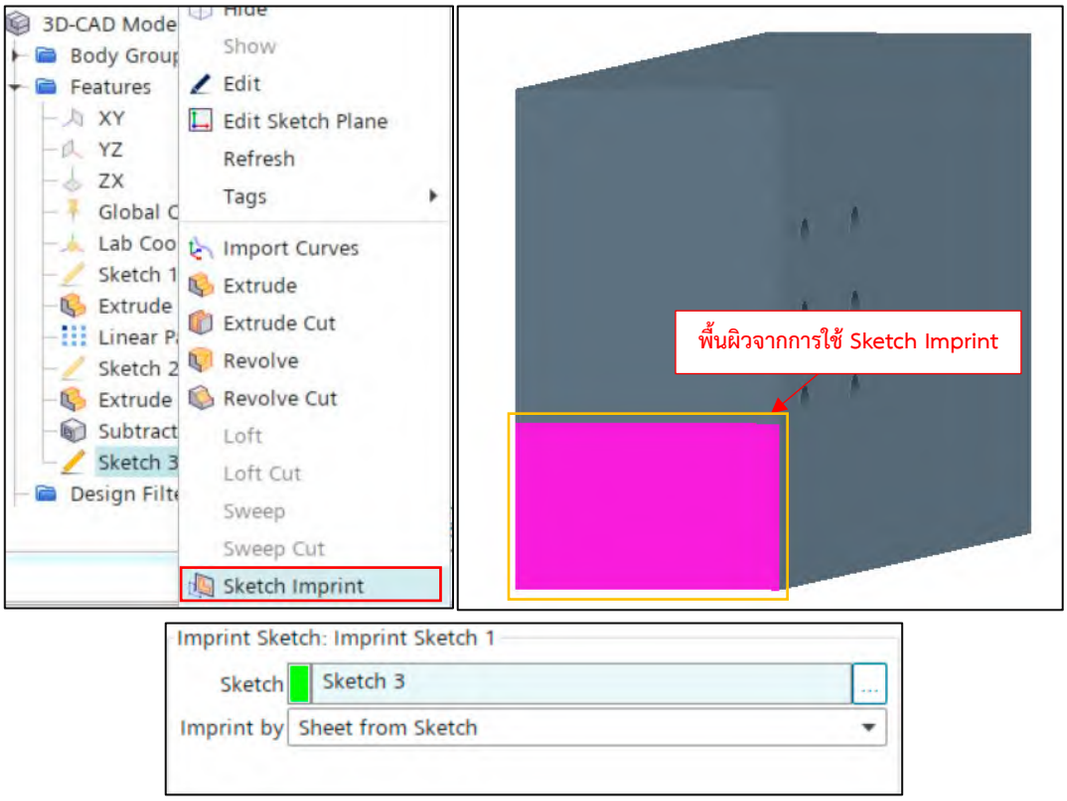


รูปที่ 1.24 เส้นรูปสี่เหลี่ยมและการกำหนด Constraint

4. ปิดหน้าต่าง Sketch

5. ใช้เครื่องมือ Sketch Imprint กับ Sketch สี่เหลี่ยม

จากรูปที่ 1.25 เครื่องมือ Sketch Imprint เป็นเครื่องมือที่ใช้แบ่งส่วนพื้นผิว ทำให้บนพื้นผิวเดียวกันสามารถแยกเป็น 2 ส่วนหรือมากกว่านั้นได้ ทำให้สามารถกำหนดขอบเขตแยกกันบนพื้นผิวเดียวกันได้



รูปที่ 1.25 การใช้เครื่องมือ Sketch Imprint เพื่อแบ่งส่วนพื้นผิว

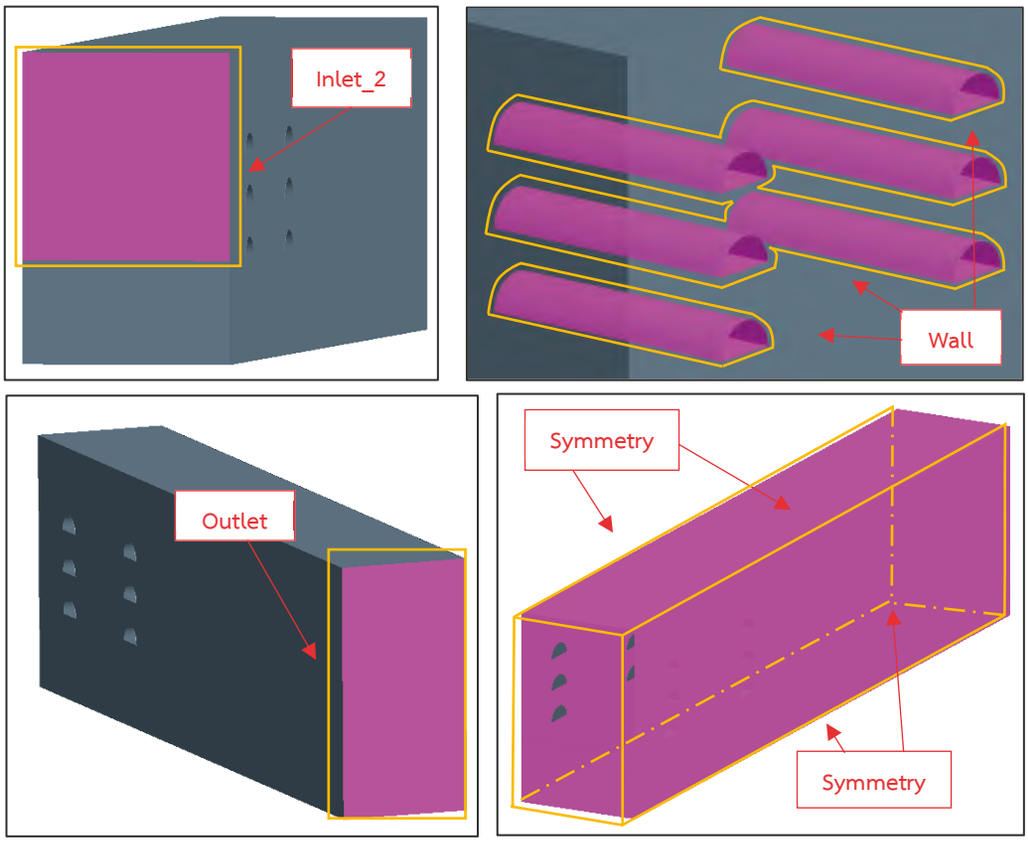
6. กำหนดชื่อให้กับแต่ละพื้นผิว

การกำหนดชื่อให้กับพื้นผิวเป็นการแบ่งแยกแต่ละพื้นผิวออกจากกันเพื่อใช้ในการกำหนดค่าขอบเขตที่ต่างกันออกไป และทำให้ไม่สับสนเมื่อต้องการกำหนดค่าขอบเขต

- พื้นผิวที่ได้จาก Sketch Imprint ดังแสดงในรูปที่ 1.26 กำหนดชื่อ Inlet_1

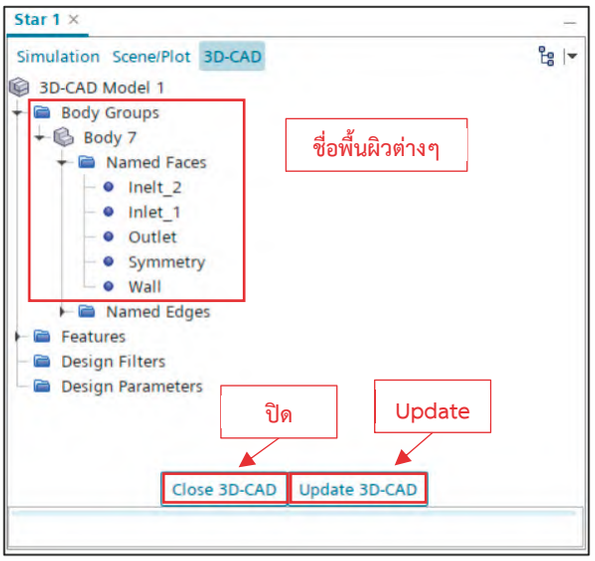
รูปที่ 1.26 การกำหนดชื่อของพื้นผิว

- พื้นผิวที่ได้จาก Sketch Imprint ในส่วนที่เหลือ ดังรูปที่ 1.27



รูปที่ 1.27 ชื่อพื้นผิวส่วนที่เหลือ

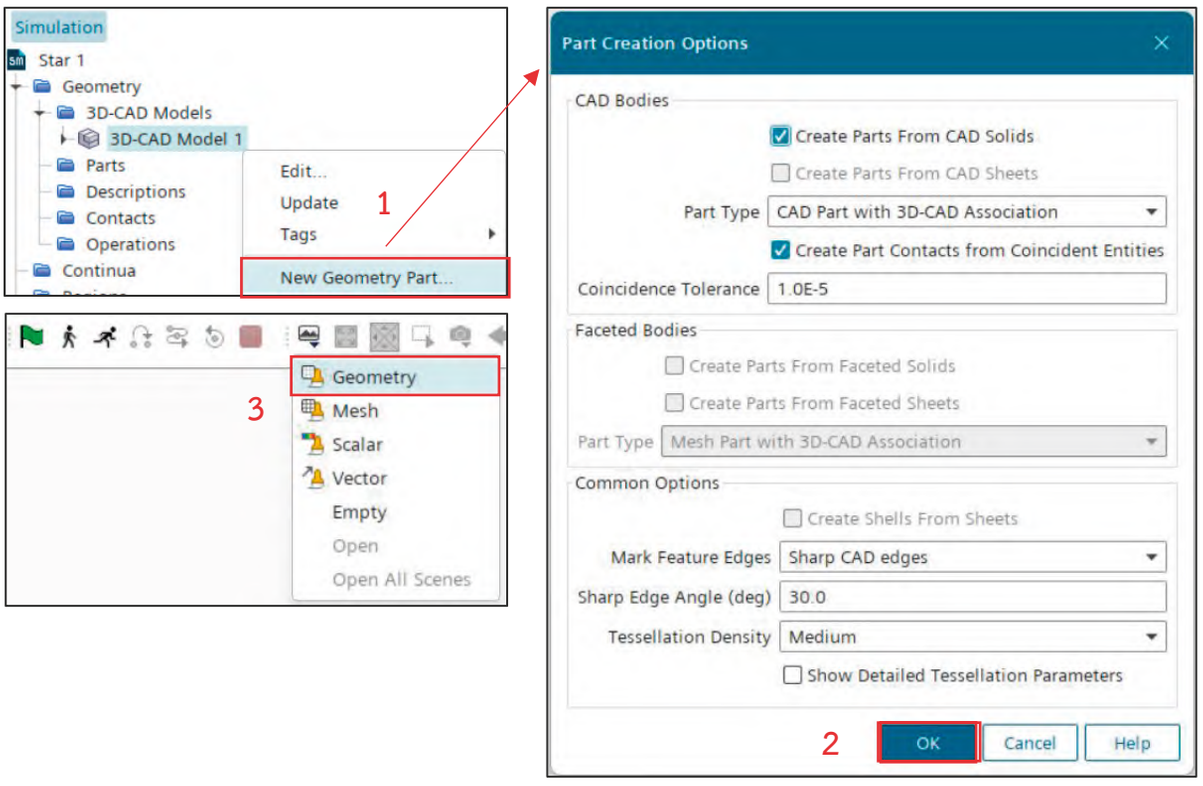
7. Update และปิด 3D-CAD



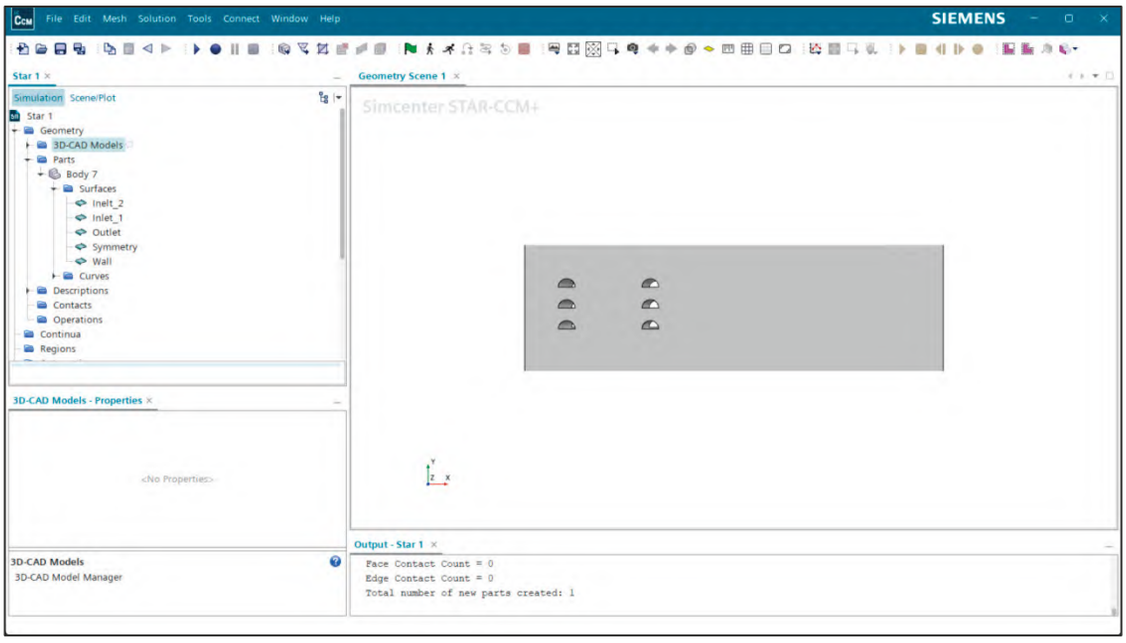
รูปที่ 1.28 การ Update และปิด 3D-CAD

7. การสร้างชิ้นงานใหม่จาก CAD

1. สร้างชิ้นงานใหม่จากคำสั่ง New Geometry Part และสร้างหน้าต่างแสดงรูปทรง



รูปที่ 1.29 การสร้างชิ้นงานใหม่และการสร้างหน้าต่างแสดงรูปทรง



รูปที่ 1.30 หน้าต่างแสดงรูปทรง

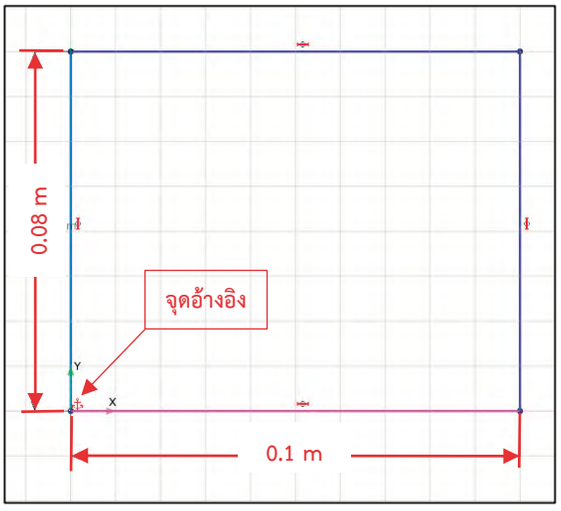
8. การวาดทรงกระบอกด้วยเครื่องมือ Revolve

1. เปิดโปรแกรม Simcenter STAR-CCM+ เลือก New จาก Toolbar แล้วสร้างงานจำลองขึ้นใหม่

2. สร้าง 3D-CAD ใหม่

3. สร้าง Sketch ใหม่บนระนาบ XY

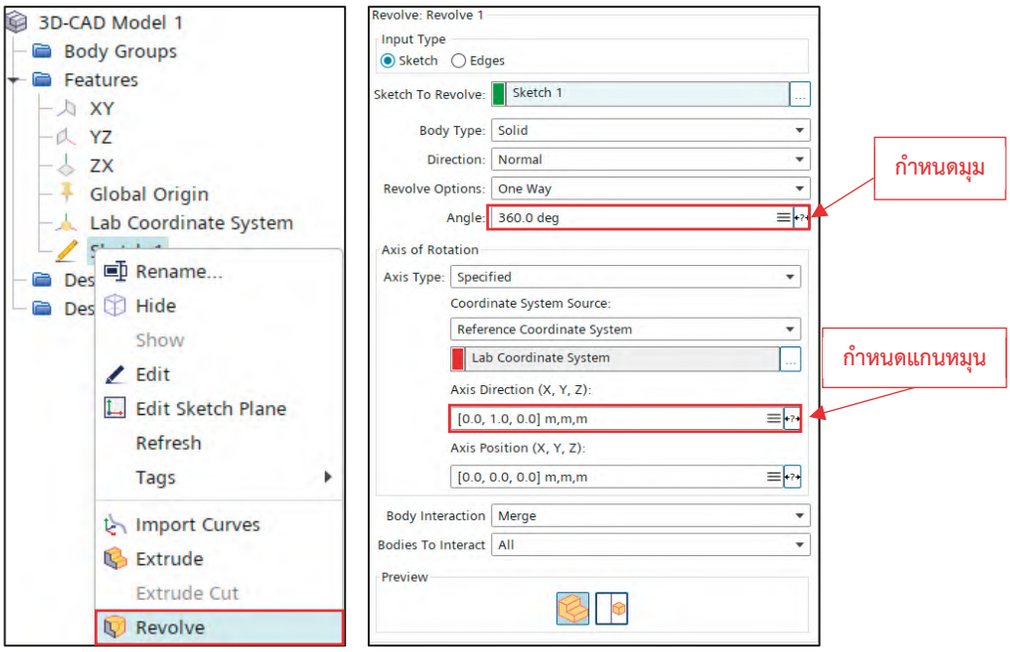
4. วาดสี่เหลี่ยมแบบกำหนดสองมุม โดยกำหนดให้มุมซ้ายล่างอยู่บนจุดอ้างอิงและระบุ Fixed Constraint กำหนดขนาดแนวตั้ง 0.08 m และแนวนอน 0.1 m



รูปที่ 1.31 เส้นรูปสี่เหลี่ยม

5. ปิดหน้าต่าง Sketch และใช้เครื่อง Revolve รูปสี่เหลี่ยม โดยกำหนดให้หมุนรอบแกน Y [0.0, 1.0, 0.0] และหมุน 360 องศา

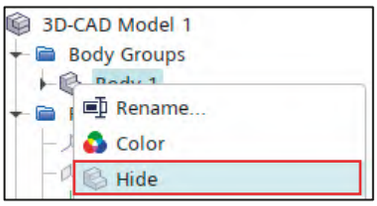
จากรูปที่ 1.36 Revolve เป็นเครื่องมือขึ้นรูปสามมิติโดยการใช้รูปสองมิติเป็นหน้าตัดแล้วจึงหมุนรอบแกนที่กำหนด



รูปที่ 1.32 การใช้เครื่องมือ Revolve เพื่อสร้างชิ้นงานสามมิติ

9. การนำเข้าโปรไฟล์เส้นโค้ง

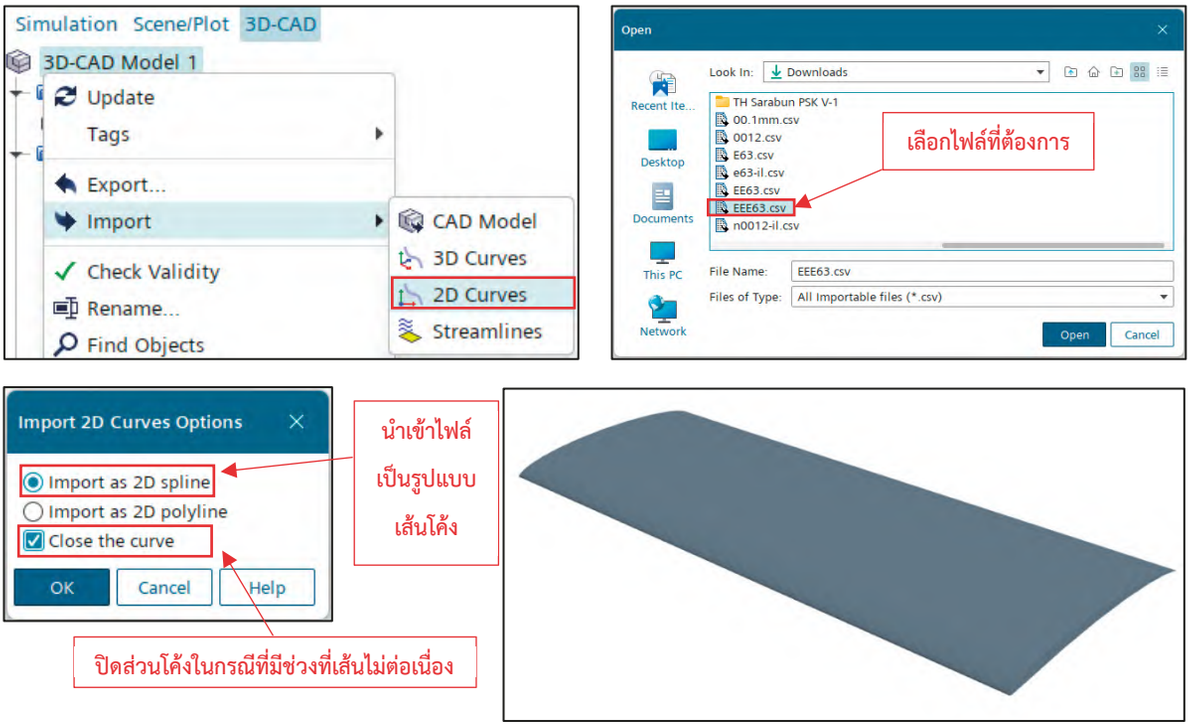
1. ซ่อนชิ้นงานทรงกระบอก (Body 1) โดยเลือกคำสั่ง Hide



รูปที่ 1.33 การซ่อนชิ้นงาน

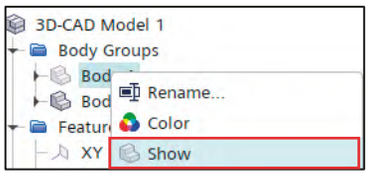
2. นำเข้าโปรไฟล์ 2D Curve โดยใช้โปรไฟล์ของแพนอากาศแบบ Eppler E63 (สามารถหาข้อมูลได้จาก https://airfoiltools.com และบันทึกเป็นไฟล์นามสกุล .CSV) ใช้เครื่องมือ Extrude สร้างชิ้นงานเป็นระยะ 0.3 m และกำหนดการกระทำต่อชิ้นงานอื่นเป็น None

ข้อควรระวัง : ตรวจสอบหน่วยของข้อมูลและคอลัมน์ของข้อมูล โดยคอลัมน์ A-C คือค่าแกน X-Z ตามลำดับ



รูปที่ 1.34 การนำเข้าโปรไฟล์เส้นโค้งและการสร้างชิ้นงานสามมิติจากเส้นโค้ง

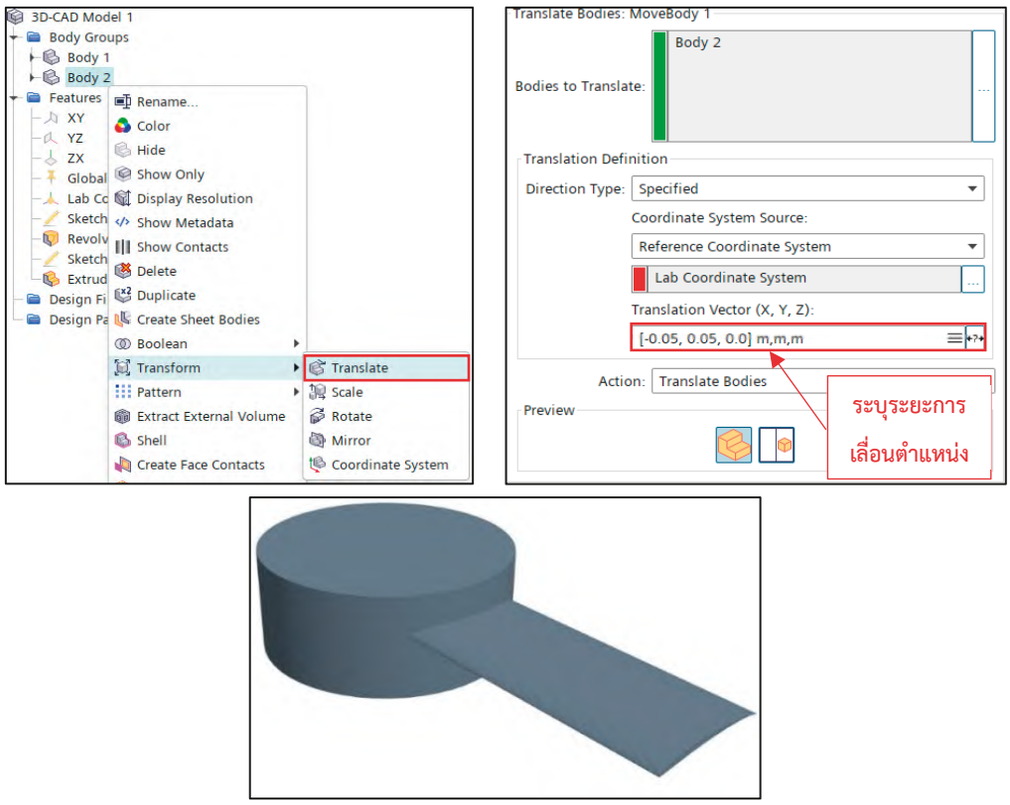
3. แสดงชิ้นงานทรงกระบอก (Body 1) โดยการเลือกคำสั่ง Show



รูปที่ 1.35 การแสดงชิ้นงาน

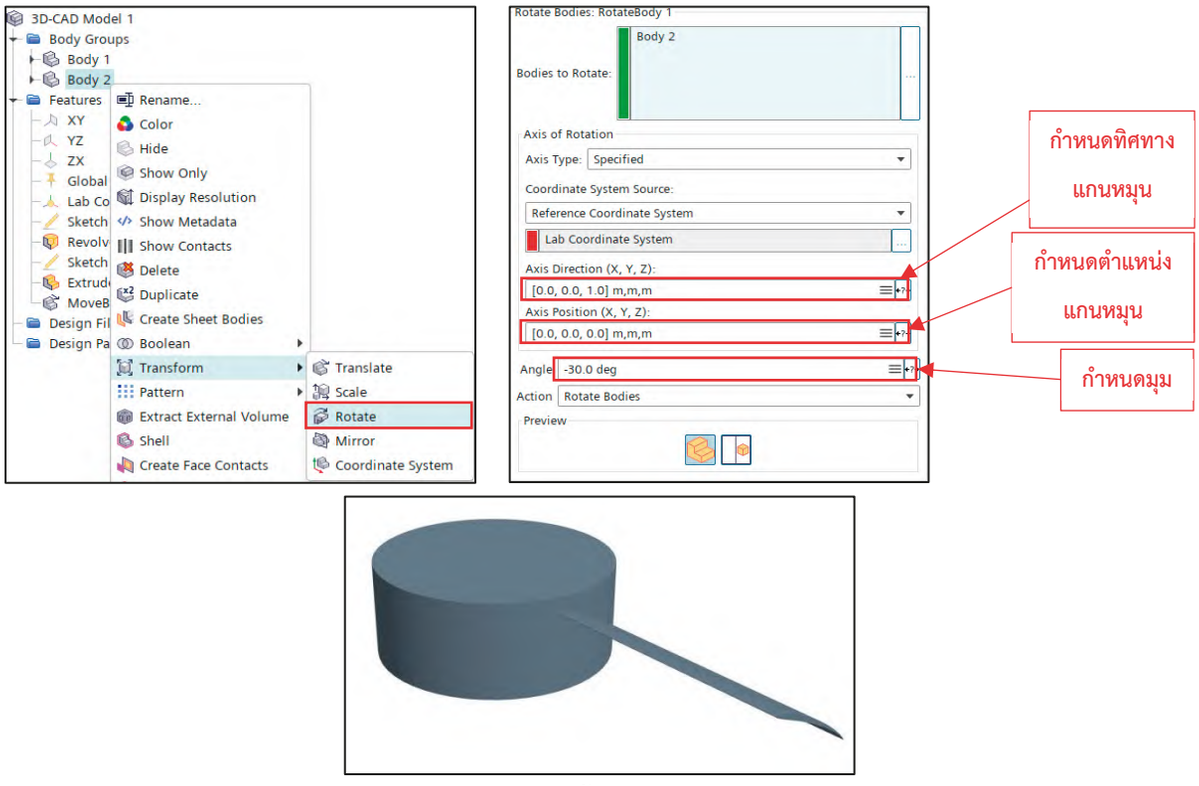
10. การใช้คำสั่ง Transform เพื่อปรับแต่งชิ้นงาน และการใช้เครื่องมือ Circular Pattern

1. เลื่อนแพนอากาศในทิศทางแกน X = -0.05 m และแกน Y = 0.05 m โดยใช้เครื่องมือ Translate



รูปที่ 1.36 การเลื่อนชิ้นงานไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

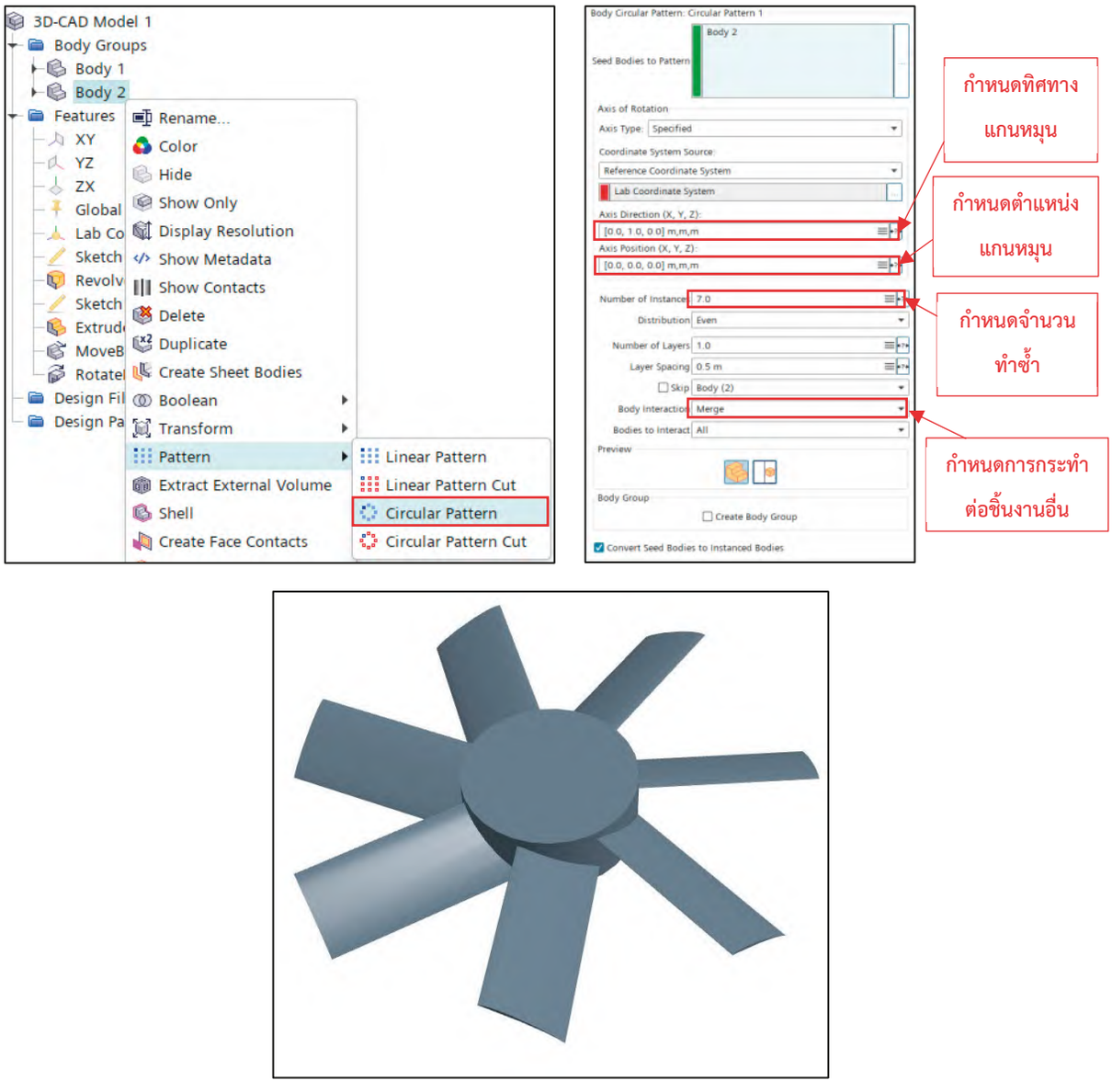
2. หมุนแพนอากาศในทิศทางรอบแกน Z เป็นมุม -30 องศา โดยใช้เครื่องมือ Rotate



รูปที่ 1.37 การหมุนชิ้นงานไปยังมุมที่ต้องการ

3. ทำซ้ำชิ้นงานแพนอากาศตามแนววงกลมโดยกำหนดให้หมุนรอบแกน Y [0.0, 1.0, 0.0] และทำซ้ำจำนวน 7 ชิ้น กำหนดการกระทำต่อชิ้นงานอื่นเป็น Merge โดยใช้เครื่องมือ Circular Pattern

ตัวเลือกการกระทำต่อชิ้นงานอื่นแบบ Merge ทำให้ชิ้นงานที่สร้างขึ้นโดยใช้เครื่องมือดังกล่าวรวมเป็นชิ้นงานเดียวกันกับชิ้นงานอื่นๆ ที่สร้างไว้ก่อนหน้า

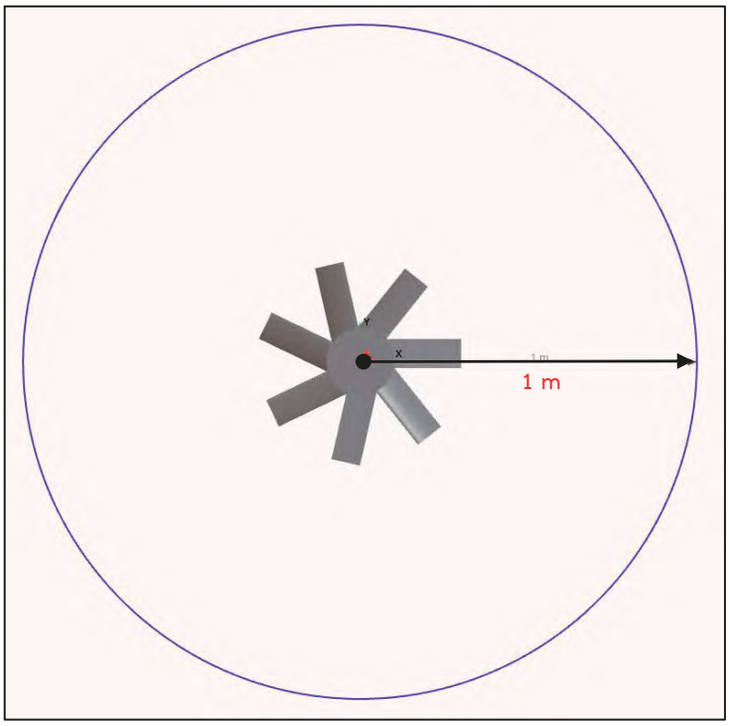


รูปที่ 1.38 การใช้เครื่องมือ Circular Pattern เพื่อทำซ้ำชิ้นงาน

11. การวาดทรงกระบอกด้วยเครื่องมือ Extrude

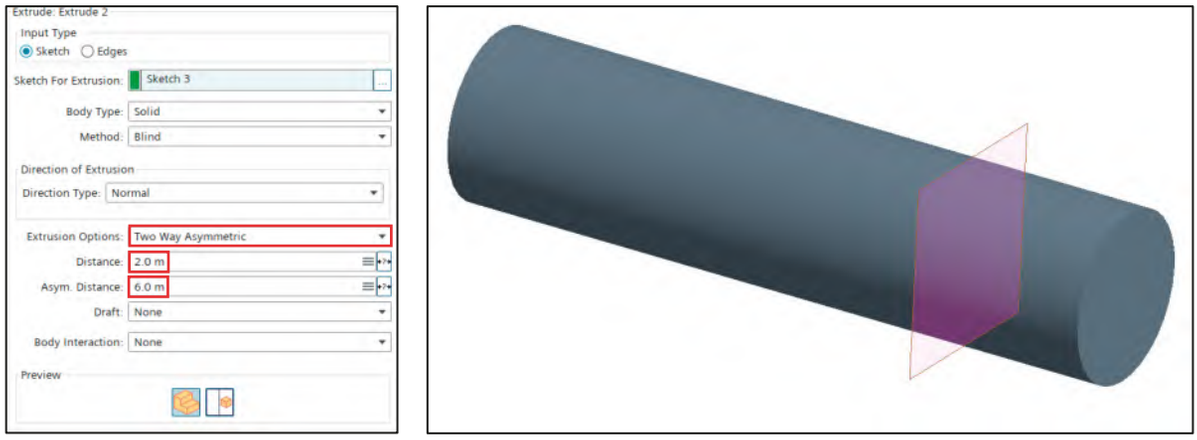
1. สร้าง Sketch บนระนาบ ZX

2. วาดวงกลมโดยจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดอ้างอิงและระบุ Fixed Constraint กำหนดรัศมี 1 m และปิดหน้าต่าง Sketch



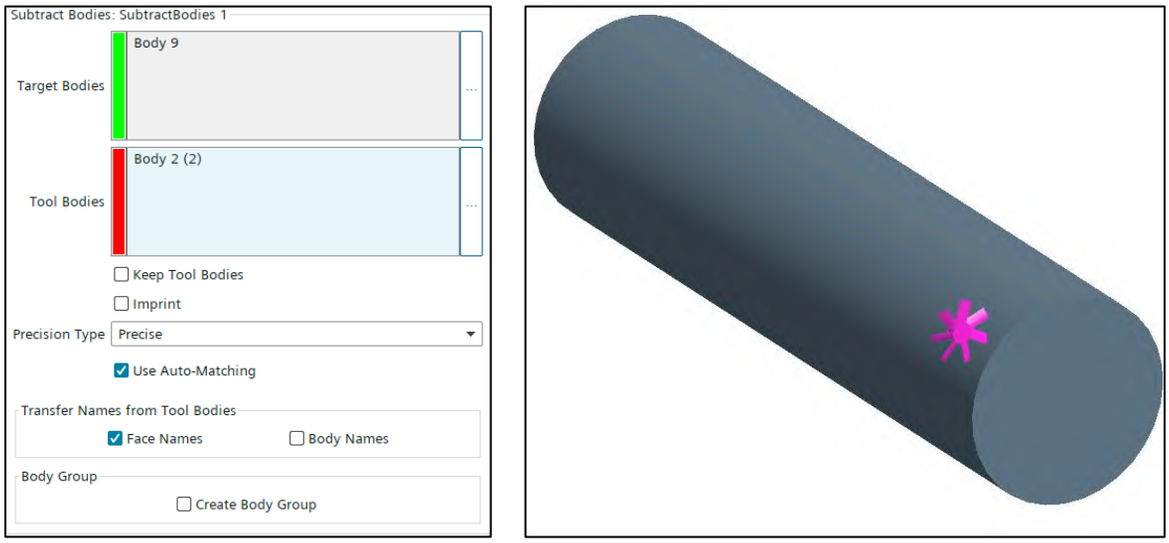
รูปที่ 1.39 เส้นรูปวงกลม

3. ใช้เครื่องมือ Extrude รูปวงกลมโดยกำหนดวิธีการขึ้นชิ้นงานเป็น Two Way Asymmetric โดยกำหนดให้ยืดออกมาในด้านหน้า 2 m และในด้านหลังอีก 6 m กำหนดการกระทำต่อชิ้นงานอื่นเป็น None



รูปที่ 1.40 การใช้เครื่องมือ Extrude เพื่อสร้างชิ้นงานสามมิติ

4. ใช้เครื่องมือ Subtract Boolean จากชิ้นงานทรงกระบอก โดยกำหนด Target Body เป็นทรงกระบอก และ Tool Body เป็นใบพัด

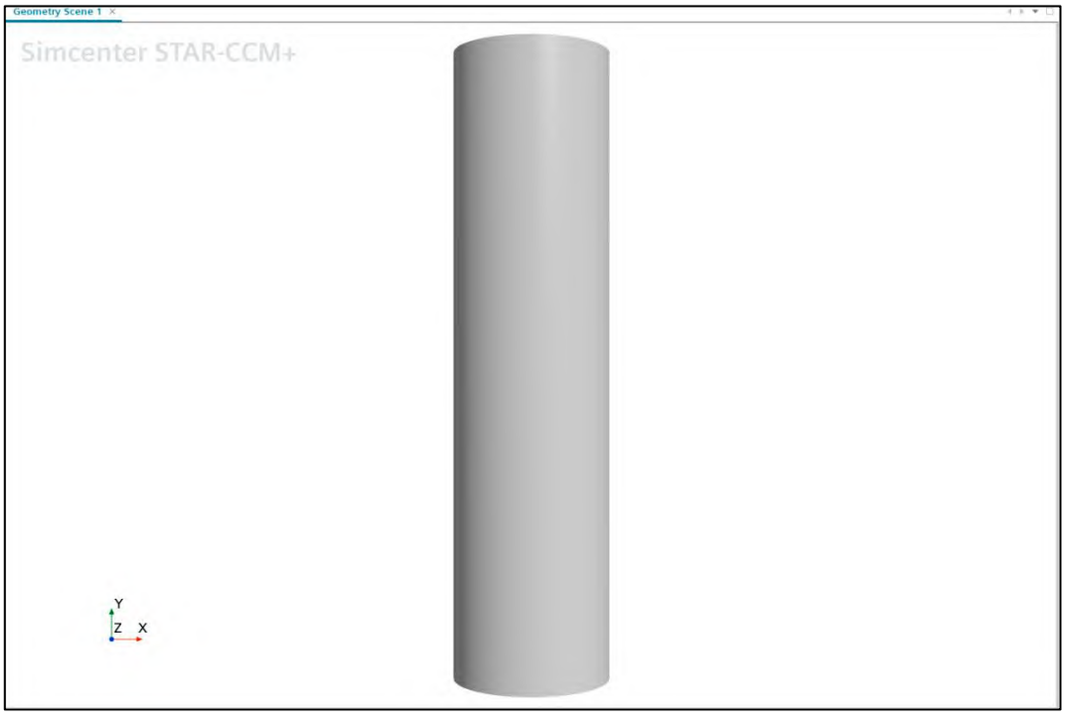


รูปที่ 1.41 การตัดชิ้นงานด้วยเครื่องมือ Subtract

5. Update และปิด 3D-CAD

12. การกำหนดชื่อโดยใช้เครื่องมือ Split by Patch

1. สร้างชิ้นงานใหม่จาก New Geometry Part ดังรูปที่ 1.42 และสร้างหน้าต่างแสดงรูปทรง



รูปที่ 1.42 หน้าจอแสดงผลรูปทรง