



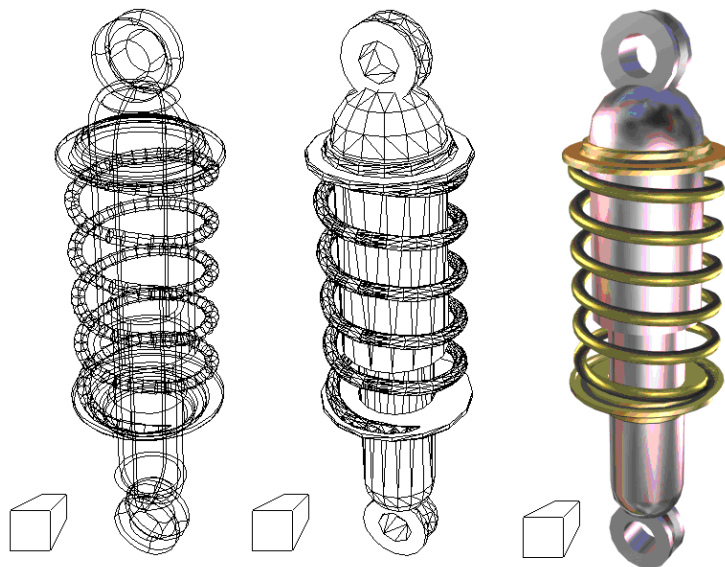
การเขียนโช้คอัพ(Shock absorber)

ในบทนี้เราจะเขียนโช้คอัพ(Shock absorber)แบบง่ายๆ ดังรูปที่ 16.1 โดยใช้วิธีขึ้นรูปแบบ Solid modeling ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุด หัวใจของการเขียนโช้คอัพนั้นอยู่ที่คอยล์สปริง ใน AutoCAD ไม่มีคำสั่งเฉพาะใดๆ ที่จะช่วยให้การเขียนคอยล์สปริงสำเร็จได้โดยใช้เพียงคำสั่งเดียว นอกเสียจากว่าเราจะใช้ AutoLISP เข้ามาช่วย แต่ในบทนี้ไม่ครอบคลุม AutoLISP ดังนั้นเราจะต้องสร้างคอยล์สปริงขึ้นมาด้วยตนเอง จุดประสงค์ก็เพื่อให้เราสามารถนำหลักและวิธีการไปประยุกต์ใช้กับวัตถุอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน การสร้างโช้คอัพมีหลักการดังต่อไปนี้

หลักการเขียนโช้คอัพ(Shock absorber)

เริ่มต้นด้วยการเขียนหน้าตัดของกระบอกโช้คอัพส่วนบนและส่วนล่าง(Upper & Lower Cylinder) เพื่อนำไปหมุนให้เป็นรูปทรงกระบอกด้วยคำสั่ง Draw/Solids/Revolve จากนั้นจึงเขียนหน้าตัดของเบาะรองสปริง

รูปที่ 16.1

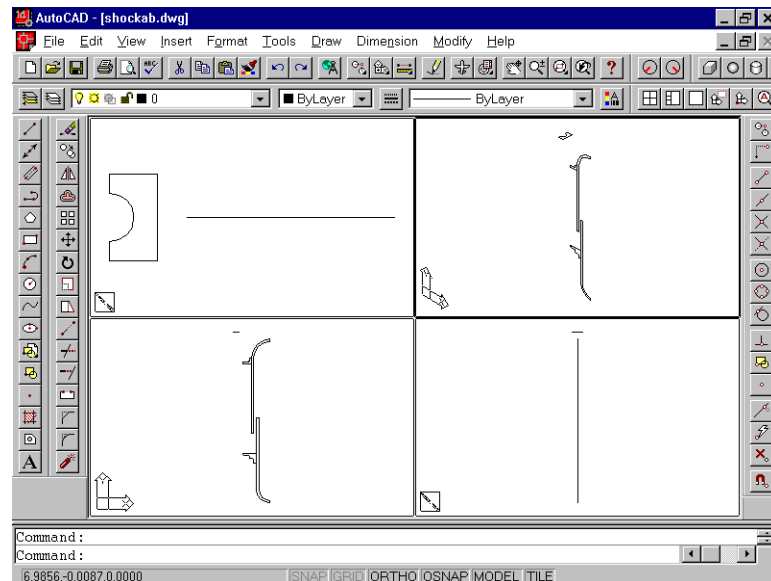


(Spring retainers) แล้วหมุนให้เป็นรูปเบาะรองสปริงด้วยคำสั่ง Draw/Solids/Revolve เช่นเดียวกัน ต่อไปจึงเขียนหน้าตัดของหุ้ยึดกระบอกใช้ข้อับด้านบน แล้วจึงหมุนให้เป็นรูปหุ้ยึดกระบอกใช้ข้อับด้วยคำสั่ง Draw/Solids/Revolve จากนั้นจึงเขียนเส้นโครงร่างขดลวดคอยล์สปริงเพียง 1 รอบด้วยคำสั่ง Draw/Spline แล้วเขียนเส้น 3DPOLY ทับเส้น SPLINE จากนั้นจึงเขียนหน้าตัดรูปวงกลมของคอยล์สปริง แล้วจึงใช้คำสั่ง Draw/Solids/Extrude เพื่อเพิ่มความหนาของหน้าตัดวงกลมให้วิ่งไปตามเส้นโครงร่างขดลวดคอยล์สปริง จากนั้นจึงคัดลอกขดลวดคอยล์สปริงให้ครบจำนวนรอบที่ต้องการ แล้วจึง UNION ให้เป็นวัตถุชิ้นเดียวกัน สุดท้ายให้ตัดปลายของขดลวดให้พอดีกับเบาะรองสปริงทั้งสองด้านด้วยคำสั่ง Draw/Solids/Slice

ขั้นตอนการเขียนใช้ข้อับ(Shock absorber)

1. ใช้คำสั่ง File/Open เปิดไฟล์ SHOCKAB.DWG ซึ่งอยู่ในไดเรกตอรี\EXERCISE บนแผ่น CD-ROM แบนท้ายหนังสือคู่มือเล่มนี้ จะปรากฏดังรูปที่ 16.2 ในไฟล์นี้มีเส้นโครงร่างของหน้าตัดของกระบอกใช้ข้อับ หน้าตัดเบาะรองสปริงและหน้าตัดหุ้ยึดใช้ข้อับ ซึ่งทั้งหมดอยู่ในเลเยอร์ Wireframe ซึ่งสร้างมาจากคำสั่ง LINE และ ARC

รูปที่ 16.2

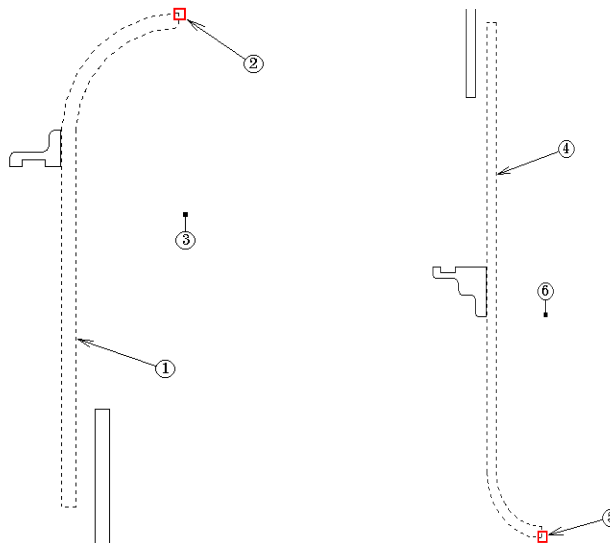


2. สร้างเลเยอร์ชื่อ Cylinder กำหนดให้เป็นสีเหลือง(รหัสสี 41) แล้วกำหนดให้เป็นเลเยอร์ใช้งาน
3. ขยายวิวพอร์ต Front ให้ปรากฏเต็มพื้นที่วาดภาพ โดยคลิกบนวิวพอร์ตดังกล่าว แล้วคลิกบนปุ่ม 
4. แปลงหน้าตัดของกระบอกใช้ข้อับส่วนบนและส่วนล่างให้เป็น REGION โดยใช้คำสั่ง Draw/Region  เมื่อใช้คำสั่งนี้สำเร็จเรียบร้อยแล้ว หน้าตัดของกระบอกใช้ข้อับส่วนบนและส่วนล่างจะเปลี่ยนไปอยู่ในเลเยอร์ Cylinder และกลายเป็น REGION สีเหลือง



ในการแปลง LINE และ ARC ให้เป็น REGION นั้น หากบรรทัดข้อความปรากฏ 0 Regions created. แสดงว่าสร้าง REGION ไม่สำเร็จ วิธีแก้ไขปัญหานี้คือเราจะต้องเลือกเส้นตรง LINE และเส้นโค้ง ARC เฉพาะเส้นที่เป็นขอบเขตของ REGION ที่ต้องการสร้างเท่านั้น อาทิ เช่น หากต้องการสร้าง REGION ของ หน้าตัดกระบอกโช้คอัพส่วนบน ในบรรทัด Select objects เราจะต้องเลือกเฉพาะเส้นตรงและเส้นโค้งที่ ประกอบกันขึ้นเป็นหน้าตัดของโช้คอัพส่วนบนเท่านั้น อย่าเลือกเส้นตรงและเส้นโค้งอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับ REGION ที่ต้องการสร้างดังรูปที่ 16.3

รูปที่ 16.3



หากแก้ไขด้วยการเลือกเฉพาะเส้นตรงและเส้นโค้งที่ประกอบกันขึ้นเป็นหน้าตัดของโช้คอัพแล้ว ยังสร้าง REGION ยังไม่ได้อีก เราสามารถคลิกไปยังคำสั่ง Draw/Boundary แล้วเลือก Region ใน แถบรายการ Object Type จะสามารถสร้าง REGION ได้เช่นเดียวกัน แต่การสร้าง REGION ด้วยคำสั่งนี้ ยังคงเหลือวัตถุที่เป็นขอบเขตของ REGION อยู่เดิม ซึ่งทับกับ REGION ใหม่พอดี

- จากรูปที่ 16.3 เมื่อหน้าตัดของกระบอกโช้คอัพกลายเป็น REGION แล้ว ให้หมุนหน้าตัด ดังกล่าว โดยใช้คำสั่ง Draw/Solids/Revolve 

Command: REVOLVE

Select objects: 1 found {คลิกบนหน้าตัดของกระบอกโช้คอัพตรงจุดที่ 1}

Select objects: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

Axis of revolution - Object/X/Y/<Start point of axis>: {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnaps
โหมด END แล้วคลิกตรงจุดที่ 2}

<End point of axis>: {กดปุ่ม F8 เพื่อเปิดโหมด Ortho แล้วคลิกตรงจุดที่ 3}

Angle of revolution <full circle>: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

Command: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

REVOLVE Select objects: 1 found {คลิกบนหน้าตัดของกระบอกใช้คีย์ตรงจุดที่ 4}

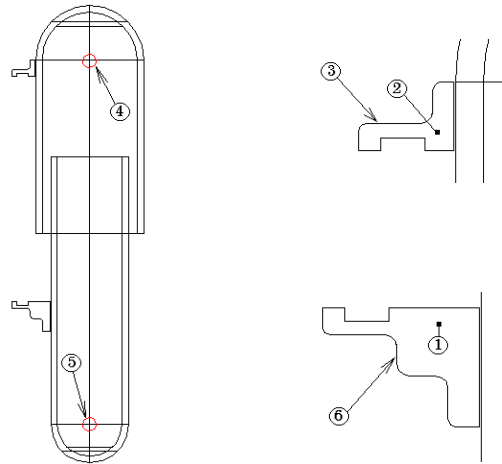
Select objects: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

Axis of revolution - Object/X/Y/<Start point of axis>: {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap
โหมด END แล้วคลิกตรงจุดที่ 5}

<End point of axis>: {ให้แน่ใจว่าโหมด Ortho เปิดอยู่ แล้วคลิกตรงจุดที่ 6}

Angle of revolution <full circle>: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter จะปรากฏดังรูปที่ 16.4 (ซ้าย)}

รูปที่ 16.4



6. สร้างเลเยอร์ชื่อ Retainer กำหนดให้เป็นสีแดง(รหัสสี 1) แล้วกำหนดให้เป็นเลเยอร์ใช้งาน
7. จากรูปที่ 16.4 (ขวา) สร้าง REGION โดยใช้คำสั่ง Draw/Boundary ซึ่งจะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ขึ้นมาบนจอภาพ ให้เลือก Region ในแถบรายการ Object Type แล้วคลิกบนปุ่ม Pick Points < จากนั้นคลิกตรงจุดใดๆ ภายในขอบเขตของเบาะรองสปริงที่อยู่ด้านบนและด้านล่างหรือคลิกตรงจุดที่ 1 และ 2 ต่อไปคลิกขวา โปรแกรมจะสร้าง REGION จำนวน 2 ชิ้นในเลเยอร์ Retainer โดยมีสีแดงตามสีของเลเยอร์นี้
8. แช่แข็ง(Freeze)เลเยอร์ Wireframe โดยคลิกบนเครื่องหมาย  จากนั้นกำหนดให้เลเยอร์ Retainer เป็นเลเยอร์ใช้งานเช่นเดิม
9. จากรูปที่ 16.4 เมื่อนำหน้าตัดของเบาะรองสปริงกลายเป็น REGION แล้ว ให้หมุนหน้าตัดดังกล่าว โดยใช้คำสั่ง Draw/Solids/Revolve 

Command: REVOLVE

Select objects: 1 found {คลิกบนหน้าตัดของเบาะรองสปริงตรงจุดที่ 3}

Select objects: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

Axis of revolution - Object/X/Y/<Start point of axis>: {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap
โหมด CENter แล้วคลิกตรงจุดที่ 4}

<End point of axis>: {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด CENter แล้วคลิกตรงจุดที่ 5}

Angle of revolution <full circle>: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

Command: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

REVOLVE Select objects: 1 found {คลิกบนหน้าตัดของเบาะรองสปริงตรงจุดที่ 6}

Select objects: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

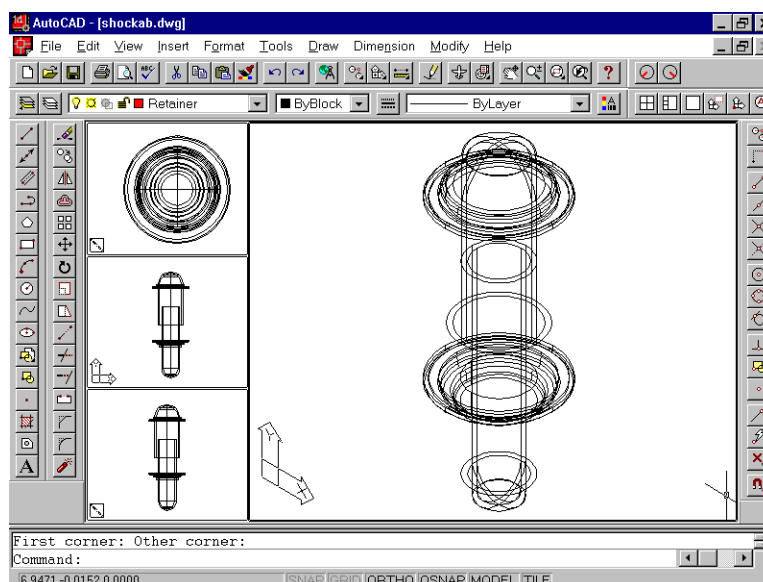
Axis of revolution - Object/X/Y/<Start point of axis>: {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด CENter แล้วคลิกตรงจุดที่ 4}

<End point of axis>: {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด CENter แล้วคลิกตรงจุดที่ 5}

Angle of revolution <full circle>: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

10. คลิกบนปุ่ม  เพื่อแสดง 4 วิวพอร์ท จะปรากฏดังรูปที่ 16.5

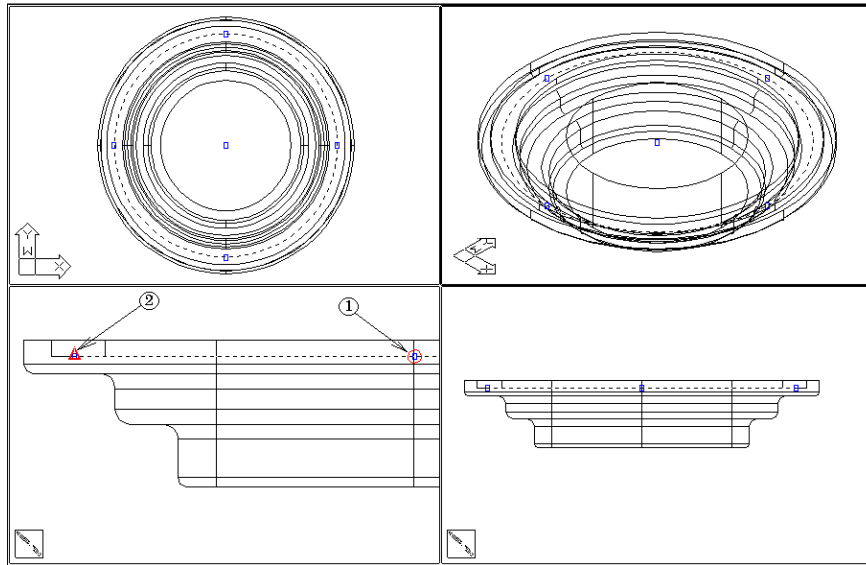
รูปที่ 16.5



ต่อไปเริ่มเขียนคอยล์สปริง โดยพยายามมองหาลำดับของสปริงบนเบาะรองสปริงตัวล่างให้พบ จากนั้นจึงเขียนวงกลมที่มีขนาดเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของคอยล์สปริงจำนวน 1 วงบนระนาบด้านบนของสปริงในเบาะรองสปริงตัวล่าง

11. แตะแข็ง(Freeze)เลเยอร์ Cylinder โดยคลิกบนเครื่องหมาย  ของแถบรายการเลเยอร์ จากนั้นสร้างเลเยอร์ชื่อ Spring แล้วกำหนดให้มีสีน้ำเงิน(รหัสสี 5) แล้วกำหนดให้เลเยอร์นี้เป็นเลเยอร์ใช้งาน
12. คลิกบนปุ่ม  เพื่อแสดง 4 วิวพอร์ท จากนั้นใช้คำสั่ง View/Zoom/Window ให้มองเห็นเบาะรองสปริงตัวล่างดังรูปที่ 16.6

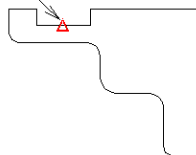
รูปที่ 16.6



13. ละลาย(Thaw)เลย์เออร์ Wireframe โดยคลิกบนเครื่องหมาย  ของแถบรายการเลย์เออร์ แล้วยังคงกำหนดให้เลย์เออร์ Spring เป็นเลย์เออร์ใช้งาน เพื่อที่เราจะสามารถใช้จุด MID point ของร่องสปริงดังรูปที่ 16.7

รูปที่ 16.7

จุด MID point
ของร่องสปริง



หากเราไม่เปิดเลย์เออร์ Wireframe ขึ้นมา เราจะไม่สามารถใช้จุด MID Point เพื่อกำหนดรัศมีของวงกลมได้ อย่างไรก็ตาม เราอาจจะใช้คำสั่ง Draw/Polyline เขียนเส้นตรงเชื่อมต่อขอบของร่องสปริงทั้งสองด้านขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้สำหรับหาจุด MID point เพื่อใช้ในการกำหนดรัศมีของวงกลมได้เช่นเดียวกัน

14. กำหนดให้ระนาบ XY ของ UCS ขนานกับวิวพอร์ท Top ใช้คำสั่ง Iools/UCS/World 
15. เขียนวงกลมเพื่อใช้เป็นเส้นศูนย์กลางของสปริงในวิวพอร์ท Front โดยใช้คำสั่ง Draw/Circle/Center, Radius  ให้มีตำแหน่งของจุดศูนย์กลางและรัศมีดังรูปที่ 16.6

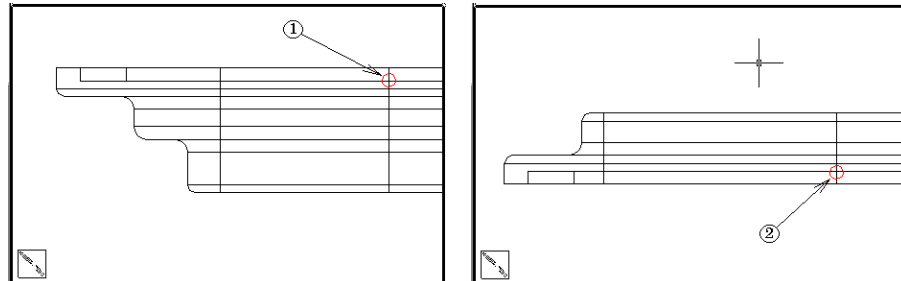
Command: CIRCLE

3P/2P/TTR/<Center point>: {คลิกปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด CENter แล้วคลิกตรงจุดที่ 1 ในวิวพอร์ท Front}

Diameter/<Radius> <0.0111>: {คลิกปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด MID แล้วคลิกตรงจุดที่ 2 ในวิวพอร์ท Front}

16. จากรูปที่ 16.8 ลากเส้นตรงในแนวแกน Z ซึ่งกำหนดความสูงของสปริง โดยใช้คำสั่ง Draw/Line 

รูปที่ 16.8



Command: LINE

From point: {คลิกปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด CENTER แล้วคลิกตรงจุดที่ 1}

To point: 'ZOOM_{ใช้คำสั่ง Transparent Zoom All ให้มองเห็นเบาะรองสปริงทั้งสอง}

>>All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale(X/XP)/Window/<Realtime>: **A**

Resuming LINE command.

To point: 'ZOOM_{ใช้คำสั่ง Transparent Zoom Window ให้มองเห็นเบาะรองสปริงตัวบน}

>>All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale(X/XP)/Window/<Realtime>: **W**

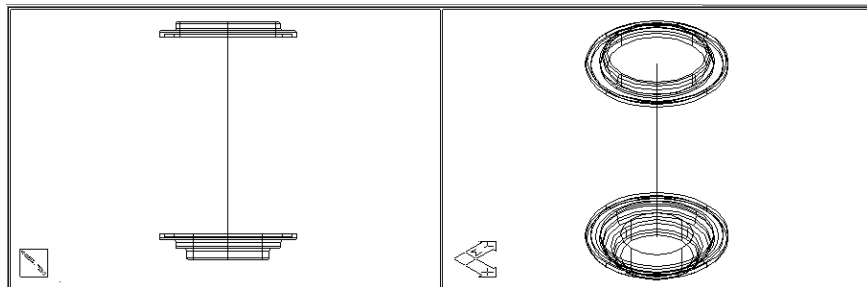
>>First corner: {กำหนดมุมที่ 1 ของกรอบหน้าต่าง} >>Other corner: {กำหนดมุมที่ 2}

Resuming LINE command.

To point: {คลิกปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด CENTER แล้วคลิกตรงจุดที่ 2}

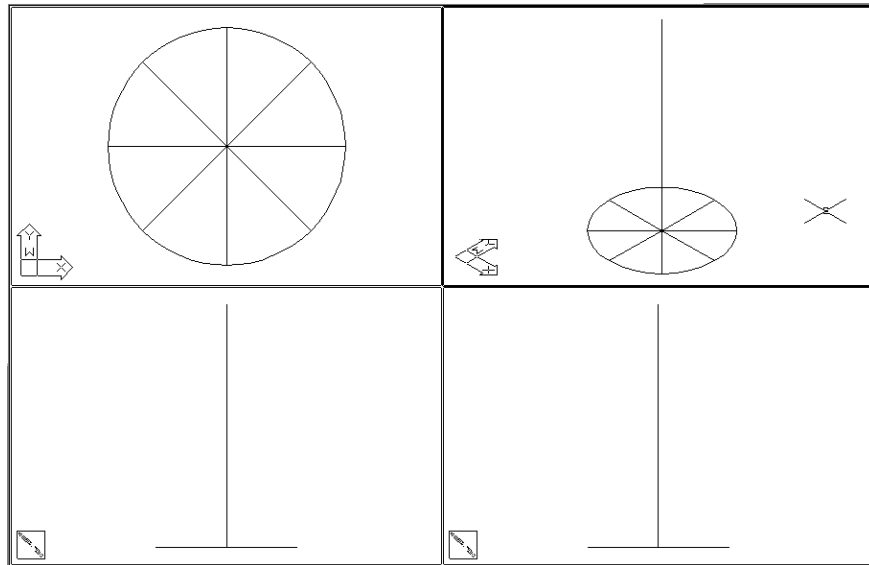
To point: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter จะปรากฏดังรูปที่ 16.9}

รูปที่ 16.9



17. แช่แข็ง(Freeze)เลเยอร์ Retainer โดยคลิกบนเครื่องหมาย  ของแถบรายการเลเยอร์ แล้วยังคงกำหนดให้เลเยอร์ Spring เป็นเลเยอร์ใช้งาน
18. เขียนเส้นตรงโดยใช้คำสั่ง Draw/Polyline  เชื่อมต่อปลายด้านล่างของเส้นตรงในแนวตั้ง ENDpoint  ไปยังจุด QUAdrant  ใดๆ ของวงกลมดังรูปที่ 16.10
19. ใช้คำสั่ง Modify/Array  กับเส้นตรงโพลีไลนดังกล่าวแบบ Polar Array กำหนดให้มี 8 เซกเมนต์ ซึ่งจะปรากฏดังรูปที่ 16.10

รูปที่ 16.10



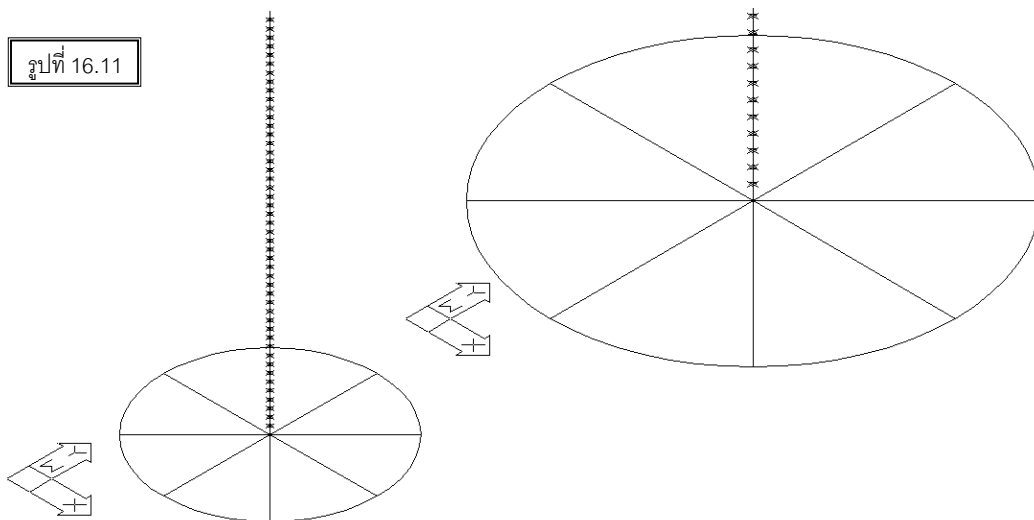
20. กำหนดรูปแบบและขนาดของจุด(Points) โดยใช้คำสั่ง **Format/Point Style** แล้วคลิกบนรูปไอคอน  บนไดอะล็อกบ็อกซ์ จากนั้นกำหนดขนาดของจุด(Point Size)เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์
21. เราจะสร้างขดลวดคอยล์สปริง จำนวน 6 รอบ ดังนั้นจึงใช้คำสั่ง **Draw/Point/Divide** แบ่งเส้นตรงในแนวตั้งซึ่งกำหนดความสูงของสปริงออกเป็น $6 \times 8 = 48$ ส่วน

Command: DIVIDE

Select object to divide: {คลิกบนเส้นตรงในแนวตั้งตรงจุดที่ 1}

<Number of segments>/Block: 48 {พิมพ์จำนวนส่วนที่ต้องการแบ่งเส้น จะปรากฏจุด  ขึ้นมาบนเส้นตรงในแนวตั้งดังรูปที่ 16.11}

รูปที่ 16.11

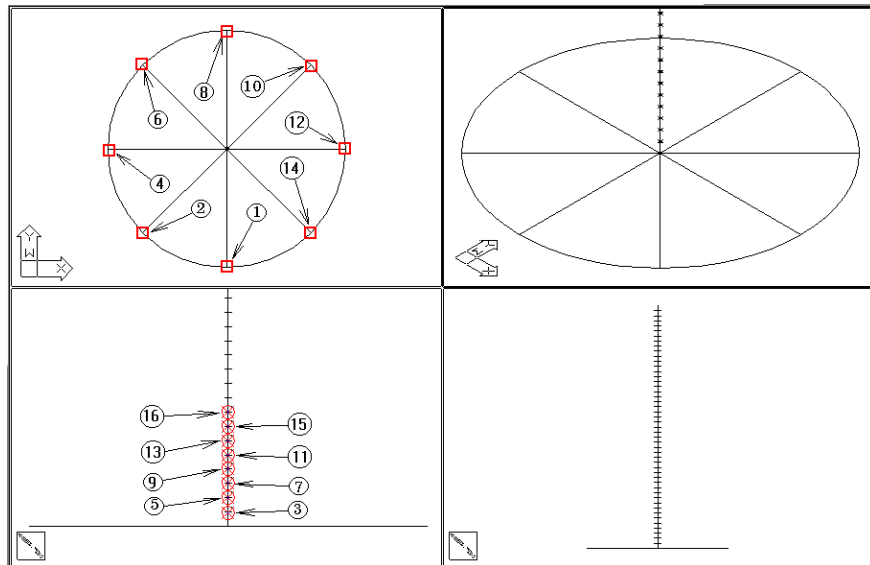




จำนวนเซกเมนต์ที่ต้องการแบ่งเส้นตรงในแนวตั้งออกเป็นส่วนๆ เท่าๆ กันขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของชดลวดคอยล์สปริงที่ต้องการคูณด้วย 8 ซึ่งตัวเลข 8 นี้ได้มาจากการแบ่งวงกลมออกเป็น 8 ส่วนเท่าๆ ด้วยคำสั่ง Modify/Array

22. ใช้คำสั่ง View/Zoom/Window  ในทุกๆ วิวพอร์ทให้ปรากฏดังรูปที่ 16.12

รูปที่ 16.12



23. ใช้คำสั่ง Tools/Object Snap Settings  จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ขึ้นมาบนจอภาพ แล้วกำหนด Running Osnap ใหม่ ☐ ☒ Endpoint และใหม่ ☒ ☒ Node เป็นใหม่ใช้งาน เพื่อให้ Object Snap ในโหมดทั้งสองออกมาทำงานโดยอัตโนมัติ
24. จากรูปที่ 16.12 เขียนโครงร่างชดลวดคอยล์สปริง โดยใช้คำสั่ง Draw/Spline 

Command: SPLINE

Object/<Enter first point>: {คลิกบนวิวพอร์ท Top แล้วให้เมาส์คลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย  ตรงจุดที่ 1}

Enter point: .XY {กดปุ่ม Shift ค้างไว้ แล้วคลิกขวา จากนั้นเลือก Point Filters/.XY แล้วคลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย  ตรงจุดที่ 2}

of (need Z): {คลิกบนวิวพอร์ท Front แล้วให้เมาส์คลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย  ตรงจุดที่ 3}

Close/Fit Tolerance/<Enter point>: .XY {คลิกบนวิวพอร์ท Top แล้วกดปุ่ม Shift ค้างไว้ แล้วคลิกขวา จากนั้นเลือก Point Filters/.XY แล้วคลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย  ตรงจุดที่ 4}

of (need Z): {คลิกบนวิวพอร์ท Front แล้วให้เมาส์คลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย  ตรงจุดที่ 5}

Close/Fit Tolerance/<Enter point>: .XY {คลิกบนวิวพอร์ท Top แล้วกดปุ่ม Shift ค้างไว้

แล้วคลิกขวา จากนั้นเลือก Point Filters/.XY แล้วคลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☐ ตรงจุดที่ 6)

of (need Z): {คลิกบนวิวพอร์ท Front แล้วใช้เมาส์คลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☒ ตรงจุดที่ 7}

Close/Fit Tolerance/<Enter point>: .XY {คลิกบนวิวพอร์ท Top แล้วกดปุ่ม Shift ค้างไว้ แล้วคลิกขวา จากนั้นเลือก Point Filters/.XY แล้วคลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☐ ตรงจุดที่ 8}

of (need Z): {คลิกบนวิวพอร์ท Front แล้วใช้เมาส์คลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☒ ตรงจุดที่ 9}

Close/Fit Tolerance/<Enter point>: .XY {คลิกบนวิวพอร์ท Top แล้วกดปุ่ม Shift ค้างไว้ แล้วคลิกขวา จากนั้นเลือก Point Filters/.XY แล้วคลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☐ ตรงจุดที่ 10}

of (need Z): {คลิกบนวิวพอร์ท Front แล้วใช้เมาส์คลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☒ ตรงจุดที่ 11}

Close/Fit Tolerance/<Enter point>: .XY {คลิกบนวิวพอร์ท Top แล้วกดปุ่ม Shift ค้างไว้ แล้วคลิกขวา จากนั้นเลือก Point Filters/.XY แล้วคลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☐ ตรงจุดที่ 12}

of (need Z): {คลิกบนวิวพอร์ท Front แล้วใช้เมาส์คลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☒ ตรงจุดที่ 13}

Close/Fit Tolerance/<Enter point>: .XY {คลิกบนวิวพอร์ท Top แล้วกดปุ่ม Shift ค้างไว้ แล้วคลิกขวา จากนั้นเลือก Point Filters/.XY แล้วคลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☐ ตรงจุดที่ 14}

of (need Z): {คลิกบนวิวพอร์ท Front แล้วใช้เมาส์คลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☒ ตรงจุดที่ 15}

Close/Fit Tolerance/<Enter point>: .XY {คลิกบนวิวพอร์ท Top แล้วกดปุ่ม Shift ค้างไว้ แล้วคลิกขวา จากนั้นเลือก Point Filters/.XY แล้วคลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☐ ตรงจุดที่ 1}

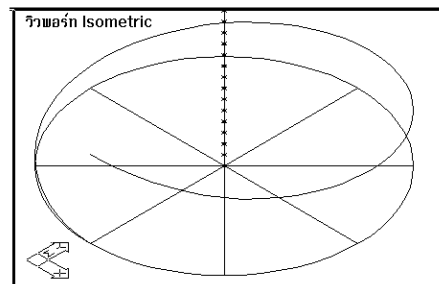
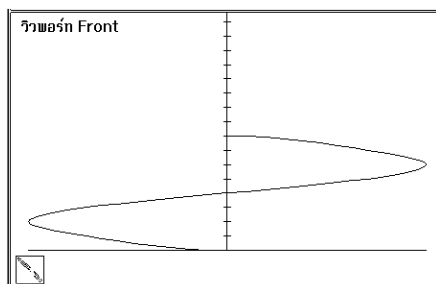
of (need Z): {คลิกบนวิวพอร์ท Front แล้วใช้เมาส์คลิก เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☒ ตรงจุดที่ 16}

Close/Fit Tolerance/<Enter point>: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

Enter start tangent: @1<0 {พิมพ์ค่ามุมสัมผัสเริ่มต้น @1<0}

Enter end tangent: @1<180 {พิมพ์ค่ามุมสัมผัสสิ้นสุด @1<180 จะปรากฏดังรูปที่ 16.13}

รูปที่ 16.13



เส้นโค้ง SPLINE นี้ไม่สามารถใช้เป็น Path ในคำสั่ง EXTRUDE ได้ เนื่องจากเป็น SPLINE แบบ 3 มิติ เราเพียงแต่ใช้ SPLINE เป็นเส้นนำทาง เพื่อที่จะได้ใช้คำสั่ง 3DPOLY เขียนเส้นทึบลงบนเส้นโค้ง SPLINE ได้โดยง่าย

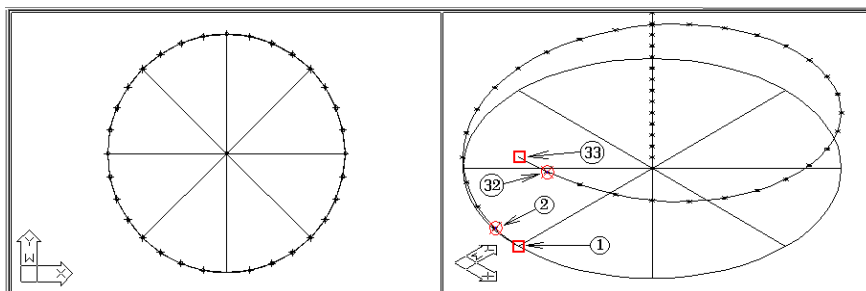
25. แบ่งเส้นโค้ง SPLINE ออกเป็น 32 ส่วน โดยใช้คำสั่ง Draw/Point/Divide

Command: DIVIDE

Select object to divide: {คลิกบนเส้นโค้ง SPLINE ที่สร้างขึ้นจากข้อที่แล้ว}

<Number of segments>/Block: 32 {กำหนดจำนวนเซกเมนต์ 32 เส้นโค้ง SPLINE จะถูกแบ่งออกเป็น 32 ส่วน ดังรูปที่ 16.14}

รูปที่ 16.14



จำนวนเซกเมนต์เป็นตัวกำหนดความราบเรียบของส่วนโค้งของคอยล์สปริง หากจำนวนเซกเมนต์น้อยเกินไป ผิวของสปริงจะไม่ราบเรียบ

26. สร้างเลเยอร์ใหม่ชื่อ Coil-spring กำหนดให้มีสีม่วง(รหัสสี 6) แล้วกำหนดให้เป็นเลเยอร์นี้ เป็นเลเยอร์ใช้งาน
27. จากรูปที่ 16.14 เขียนเส้นโพลีไลน์แบบ 3 มิติ ทับเส้นโค้ง SPLINE โดยใช้คำสั่ง Draw/3D Polyline

Command: 3DPOLY

From point: {คลิกบนเส้นโค้ง SPLINE เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☐ ตรงจุดที่ 1}

Close/Undo/<Endpoint of line>: {คลิกบนเส้นโค้ง SPLINE เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☒ ตรงจุดที่ 2 ไปจนถึงจุดที่ 32}

Close/Undo/<Endpoint of line>: {คลิกบนเส้นโค้ง SPLINE เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ☐ ตรงจุดที่ 33}

Close/Undo/<Endpoint of line>: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter โพลีไลน์แบบ 3 มิติจะถูกสร้างขึ้นทับเส้นโค้ง SPLINE พอดี}

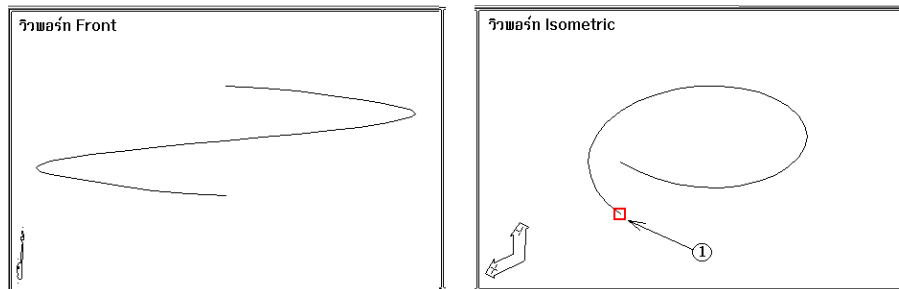
28. จากรูปที่ 16.14 กำหนดระนาบ XY ของ UCS ให้ตั้งฉากกับปลายเส้นโพลีไลน์ 3 มิติ เพื่อเขียนวงกลมซึ่งเป็นหน้าตัดของคอยล์สปริง โดยใช้คำสั่ง Tools/UCS/Z Axis Vector

Command: UCS

Origin/ZAxis/3point/Object/View/X/Y/Z/Prev/Restore/Save/Del/?/ <World>: ZA
Origin point <0,0,0>: {คลิกบนเส้นโค้ง SPLINE เมื่อปรากฏเครื่องหมาย □ ตรงจุดที่ 1}
Point on positive portion of Z-axis <6.8927,-0.0111,0.9815>: {คลิกบนเส้นโค้ง SPLINE เมื่อปรากฏเครื่องหมาย ✗ ตรงจุดที่ 2}

29. แช่แข็ง(Freeze)เลเยอร์ Spring แล้วกำหนดให้เลเยอร์ Coil-spring เป็นเลเยอร์ใช้งาน เรา
 จะมองเห็นเฉพาะเส้นโพลีไลน์ 3 มิติเท่านั้น จะปรากฏดังรูปที่ 16.15

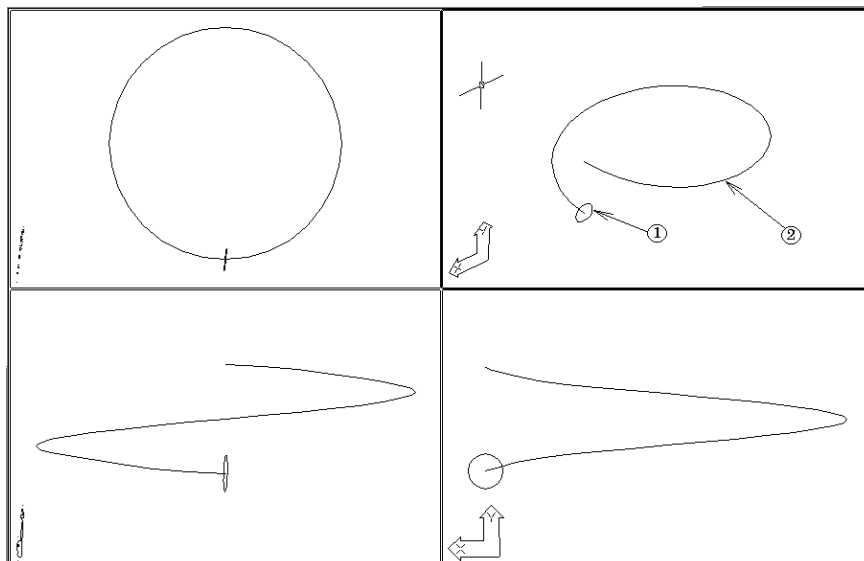
รูปที่ 16.15



30. จากรูปที่ 16.15 เขียนวงกลมซึ่งใช้เป็นหน้าตัดของคอยล์สปริงที่ปลายเส้นโพลีไลน์ 3 มิติ
 โดยใช้คำสั่ง Draw/Circle/Center, Radius OK

Command: CIRCLE
3P/2P/TTR/<Center point>: {คลิกบนเส้นโค้งโพลีไลน์ เมื่อปรากฏเครื่องหมาย □ ตรงจุดที่ 1}
Diameter/<Radius> <0.0000>: 0.01 {พิมพ์ค่ารัศมี 0.01 หน่วย จะปรากฏดังรูปที่ 16.16}

รูปที่ 16.16



31. จากรูปที่ 16.16 ขยายหน้าตัดของวงกลมไปตามเส้นโพลีไลน์ 3 มิติ โดยใช้คำสั่ง Draw/
Solids/Extrude 

Command: EXTRUDE

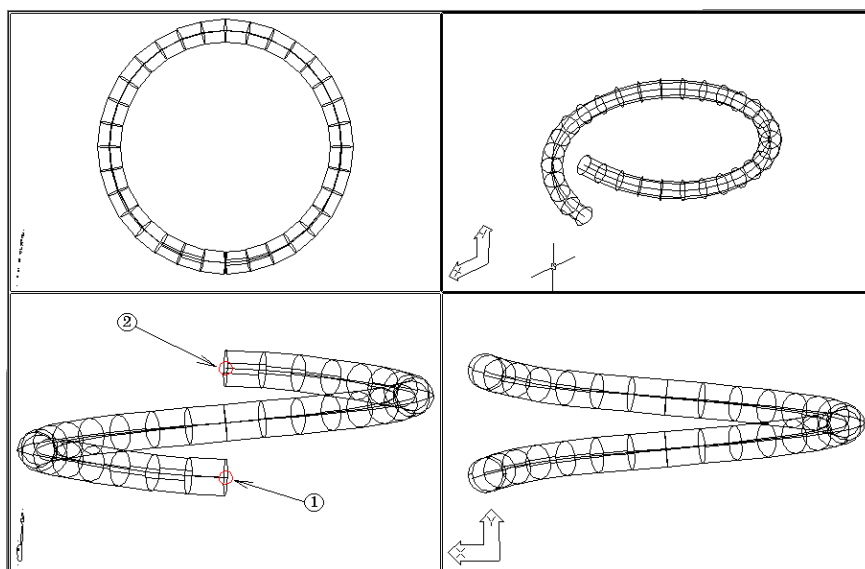
Select objects: 1 found {คลิกบนวงกลมตรงจุดที่ 1}

Select objects: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

Path/<Height of Extrusion>: P {พิมพ์ P เพื่อเลือก Path}

Select path: {คลิกบนเส้นโพลีไลน์ 3 มิติตรงจุดที่ 2 จะปรากฏดังรูปที่ 16.17}

รูปที่ 16.17



32. ละลาย(Thaw)เลย์เออร์ Wireframe โดยคลิกบนเครื่องหมาย  ของแถบรายการเลย์เออร์ แล้วยังคงกำหนดให้เลย์เออร์ Coil-spring เป็นเลย์เออร์ใช้งาน
33. คลิกบนวิวพอร์ต Front แล้วคลิกบนปุ่ม  เพื่อขยายวิวพอร์ต จากนั้นคลิกบนปุ่ม 
34. ใช้คำสั่ง Tools/Object Snap Settings  จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ขึ้นมาบนจอภาพ แล้วกำหนด Running Osnap ใหม่  ☒ Center เป็นโหมดใช้งานเพียงโหมดเดียว เพื่อให้ Object Snap ในโหมด Center ทำงานโดยอัตโนมัติ
35. จากรูปที่ 16.18 คัดลอกคอยล์สปริง โดยใช้คำสั่ง Modify/Copy 

Command: COPY

Select objects: 1 found {คลิกบนคอยล์สปริงตรงจุดที่ 1}

Select objects: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

<Base point or displacement>/Multiple: M {พิมพ์ M เพื่อคัดลอกหลายชิ้น}

Base point: {คลิกตรงจุดที่ 2 เมื่อปรากฏเครื่องหมาย  }

Second point of displacement: {คลิกตรงจุดที่ 3 เมื่อปรากฏเครื่องหมาย  }

Second point of displacement: {คลิกตรงจุดที่ 4 เมื่อปรากฏเครื่องหมาย  }

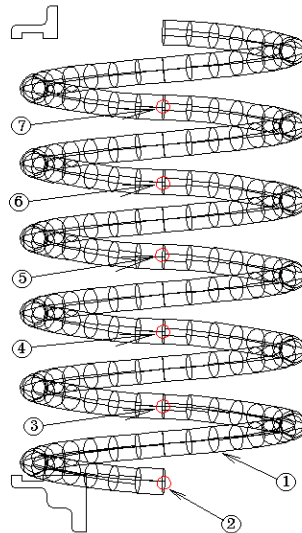
Second point of displacement: {คลิกตรงจุดที่ 5 เมื่อปรากฏเครื่องหมาย  }

Second point of displacement: {คลิกตรงจุดที่ 6 เมื่อปรากฏเครื่องหมาย  }

Second point of displacement: {คลิกตรงจุดที่ 7 เมื่อปรากฏเครื่องหมาย  }

Second point of displacement: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter จะปรากฏดังรูปที่ 16.18}

รูปที่ 16.18



36. จากรูปที่ 16.18 รวมคอล์ยสปริงแต่ละรอบให้เป็นวัตถุชิ้นเดียวกัน โดยใช้คำสั่ง Modify/
Boolean/Union 

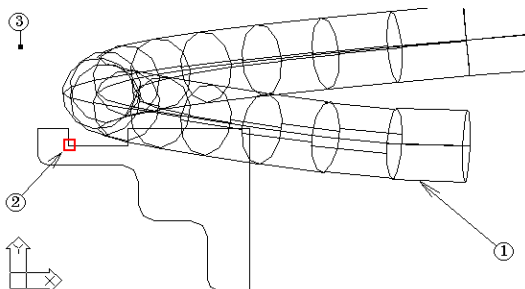
Command: UNION

Select objects: Other corner: 7 found {คลิกลงบนคอล์ยสปริงทั้งหมดหรือเลือกแบบ
Window หรือ Crossing}

Select objects: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter คอล์ยสปริงทั้งหมดจะกลายเป็นชิ้นเดียวกัน}

37. ปรับระนาบ XY ให้ขนานกับวิวพอร์ต Front โดยคลิกบนปุ่ม  (UCS View)
38. ใช้คำสั่ง View/Zoom/Window  ให้มองเห็นปลายด้านล่างของคอล์ยสปริงดังรูปที่ 16.19

รูปที่ 16.19



39. จากรูปที่ 16.19 ตัดปลายล่างของคอยล์สปริงออก โดยใช้คำสั่ง Draw/Solids/Slice

Command: SLICE

Select objects: 1 found {คลิกลงบนคอยล์สปริงตรงจุดที่ 1}

Select objects: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

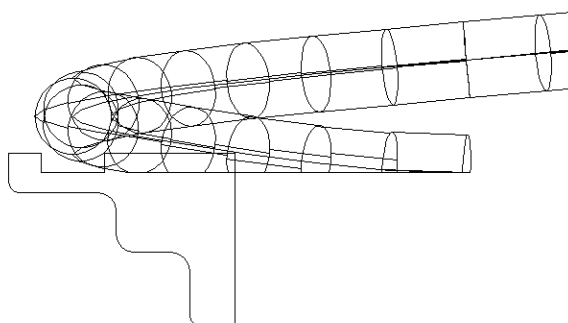
Slicing plane by Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/<3points>: ZX {เลือกระนาบตัด ZX}

Point on ZX plane <0,0,0>: {คลิกบนปุ่ม เพื่อใช้ Osnap ใหม่ END แล้วคลิกตรงจุดที่ 2}

Both sides/<Point on desired side of the plane>: {คลิกตรงจุดที่ 3 จะปรากฏดังรูปที่

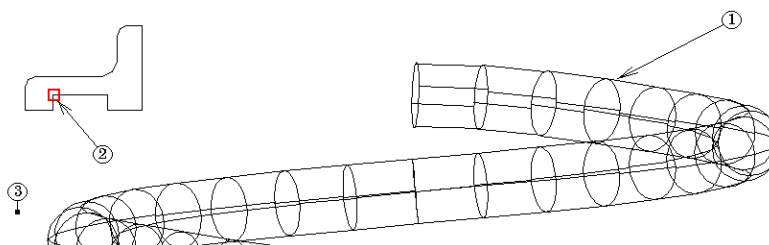
16.20}

รูปที่ 16.20



40. ใช้คำสั่ง View/Zoom/Window ให้มองเห็นปลายด้านล่างของคอยล์สปริงดังรูปที่ 16.21

รูปที่ 16.21



41. จากรูปที่ 16.21 ตัดปลายบนของคอยล์สปริงออก โดยใช้คำสั่ง Draw/Solids/Slice

Command: SLICE

Select objects: 1 found {คลิกลงบนคอยล์สปริงตรงจุดที่ 1}

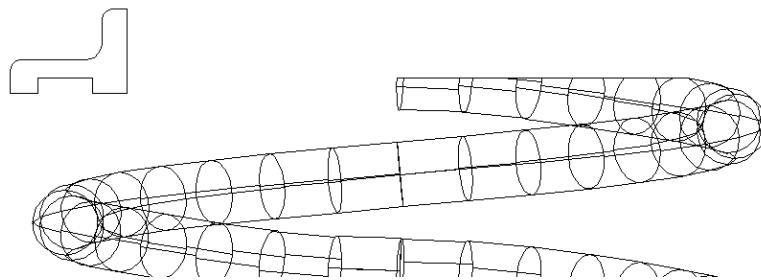
Select objects: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

Slicing plane by Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/<3points>: ZX {เลือกระนาบตัด ZX}

Point on ZX plane <0,0,0>: {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด END แล้วคลิกตรงจุดที่ 2}

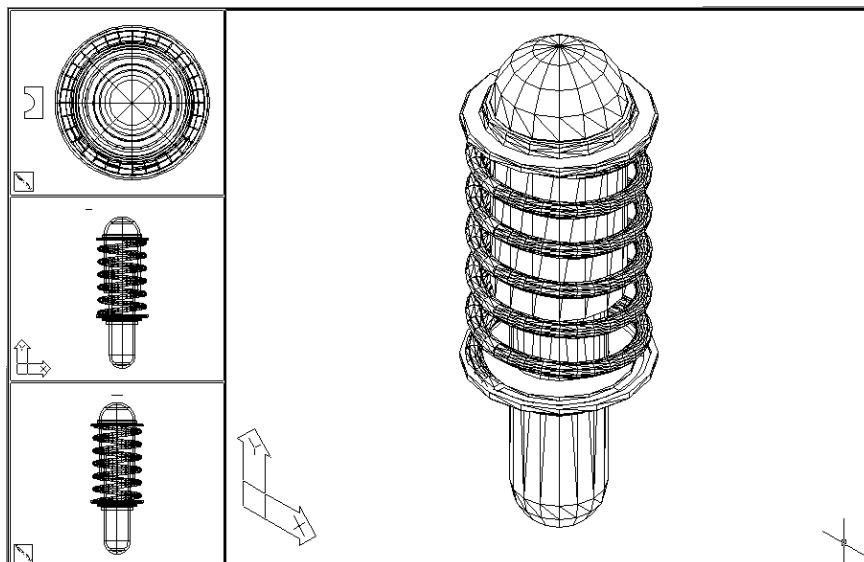
Both sides/<Point on desired side of the plane>: {คลิกตรงจุดที่ 3 จะปรากฏดังรูปที่ 16.22}

รูปที่ 16.22



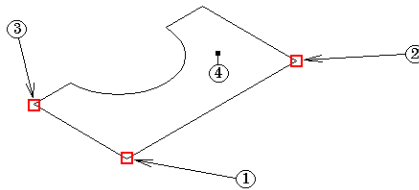
42. ละลาย(Thaw)เลเยอร์ทั้งหมด แล้วคลิกบนปุ่ม  จากนั้นคลิกบนปุ่ม  เพื่อตรวจสอบวัตถุ 3 มิติทั้งหมด จากนั้นใช้คำสั่ง HIDE เพื่อซ่อนเส้นที่ถูกบังทั้งหมดดังรูปที่ 16.23

รูปที่ 16.23



43. สร้างเลเยอร์ใหม่ชื่อ Fix กำหนดให้มีสีเหลือง (รหัสสี 41) แล้วกำหนดให้เป็นเลเยอร์ใช้งาน
44. ในวิวพอร์ต Isometric ใช้คำสั่ง View/Zoom/Window  ให้มองเห็นหน้าตัดของนุ้ยดใช้คั้บดังรูปที่ 16.24

รูปที่ 16.24



45. จากรูปที่ 16.24 กำหนดระนาบ XY โดยใช้คำสั่ง **Tools/UCS/3 Point**

Command: UCS

Origin/ZAxis/3point/Object/View/X/Y/Z/Prev/Restore/Save/Del/?/World>: 3

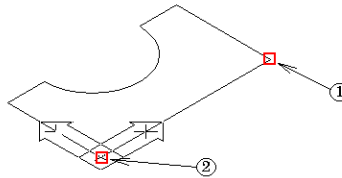
Origin point <0,0,0>: {กำหนดจุดกำหนด โดยคลิกบนปุ่ม เพื่อใช้ Osnap โหมด END แล้วคลิกตรงจุดที่ 1}

Point on positive portion of the X-axis <0.8611,0.4933,-0.0781>: {กำหนดแกน X โดยคลิกบนปุ่ม เพื่อใช้ Osnap โหมด END แล้วคลิกตรงจุดที่ 2}

Point on positive-Y portion of the UCS XY plane <-0.1389,1.4933,-0.0781>: {กำหนดแกน Y โดยคลิกบนปุ่ม เพื่อใช้ Osnap โหมด END แล้วคลิกตรงจุดที่ 3}

46. กำหนดให้ UCS ไอคอนเคลื่อนย้ายไปอยู่ในตำแหน่งจุดกำเนิด โดยใช้คำสั่ง **View/Display/UCS Icon/Origin** จะปรากฏดังรูปที่ 16.25

รูปที่ 16.25



47. สร้าง REGION ของหน้าตัดหุ้ยัดโช้คอัพ โดยใช้คำสั่ง **Draw/Boundary** จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ Boundary ขึ้นมาบนจอภาพ ให้เลือก Region ในแถบรายการ Object Type แล้วคลิกบนปุ่ม Pick Points จะปรากฏข้อความ Select internal point: ให้คลิก ณ ตำแหน่งใดๆ ภายในขอบเขตของหน้าตัดหุ้ยัดโช้คอัพหรือคลิกตรงจุดที่ 4 ในรูปที่ 16.24 จากนั้นคลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter โปรแกรมจะสร้าง REGION บนหน้าตัดของหุ้ยัดโช้คอัพพร้อมที่จะนำไปหมุนให้เป็นหุ้ยัดโช้คอัพต่อไป



ในการสร้าง REGION เราสามารถใช้วิธีที่ง่ายกว่าที่กล่าวมาแล้วนี้ โดยใช้คำสั่ง **Draw/Region** โดยเลือกขอบเขตทั้งหมดที่จะใช้เป็น REGION แต่ที่ผู้เขียนใช้คำสั่ง **Draw/Boundary** ก็เพื่อให้ผู้อ่านสามารถหาทางออกได้เมื่อพบปัญหาที่ไม่สามารถสร้าง REGION ด้วยคำสั่ง **Draw/Region** ได้

48. แช่แข็ง(Freeze)เลเยอร์ Wireframe โดยคลิกบนเครื่องหมาย ของแถบรายการเลเยอร์ แล้วยังคงกำหนดให้เลเยอร์ Fix เป็นเลเยอร์ใช้งาน

49. จากรูปที่ 16.25 หมุนหน้าตัดหุ้ยดใช้ค้อน โดยใช้คำสั่ง Draw/Solids/Revolve 

Command: REVOLVE

Select objects: 1 found {คลิกบนหน้าตัดของหุ้ยดใช้ค้อน}

Select objects: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

Axis of revolution - Object/X/Y/<Start point of axis>: {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด FROM}

Base point: _end of {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด END แล้วคลิกตรงจุดที่ 1}

<Offset>: @0.03<270 {กำหนดระยะห่างและมุมเท่ากับ @0.03<270}

<End point of axis>: {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด FROM}

Base point: {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด END แล้วคลิกตรงจุดที่ 2}

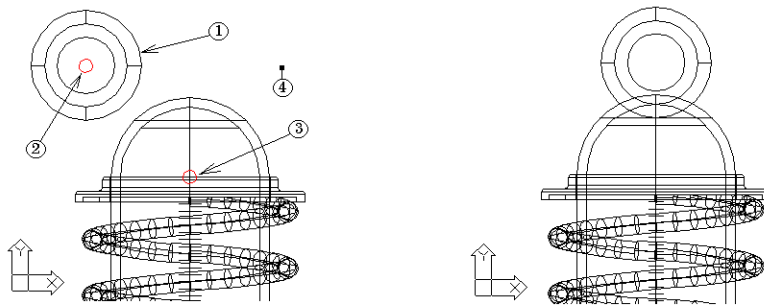
<Offset>: @0.03<270 {กำหนดระยะห่างและมุมเท่ากับ @0.03<270}

Angle of revolution <full circle>: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

50. คลิกบนวิวพอร์ต Front แล้วคลิกบนปุ่ม  และปุ่ม 

51. ปรับระนาบ XY ให้ขนานกับวิวพอร์ต Front โดยคลิกบนปุ่ม  (UCS View)

รูปที่ 16.26



52. จากรูปที่ 16.26 เคลื่อนย้ายหุ้ยดใช้ค้อน ให้รักษาตำแหน่งในแนวแกน Y ไว้เท่าเดิม เคลื่อนย้ายหุ้ยดไปตามแนวแกน X โดยให้อยู่ตรงกลาง โดยใช้คำสั่ง Modify/Move 

Command: MOVE

Select objects: 1 found {คลิกหุ้ยดใช้ค้อนตรงจุดที่ 1}

Select objects: {คลิกขวาหรือกดปุ่ม Enter}

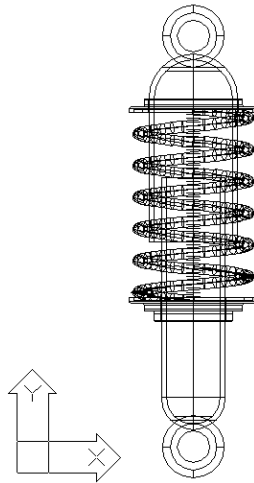
Base point or displacement: {คลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด CENTER แล้วคลิกเมื่อปรากฏเครื่องหมาย  ตรงจุดที่ 2}

Second point of displacement: _X {กดปุ่ม Shift ค้างไว้ แล้วคลิกขวา จากนั้นเลือก Point Filters/X แล้วคลิกบนปุ่ม  เพื่อใช้ Osnap โหมด CENTER แล้วคลิกเมื่อปรากฏเครื่องหมาย  ตรงจุดที่ 3}

of (need YZ): <Ortho on> {กดปุ่มฟังก์ชันคีย์ F8 เพื่อเปิดโหมดออร์โธ แล้วคลิกตรงจุดที่ 4}

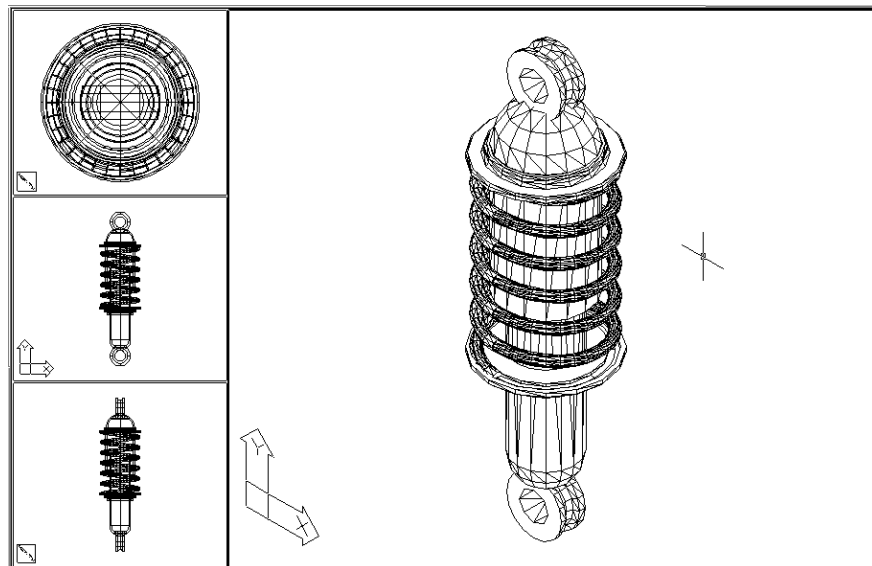
53. ในวิวพอร์ท Front คัดลอกหุ้ยัดตัวบนลงไปด้านล่างของกระบอกโช้คอัพ โดยใช้คำสั่ง Modify/Copy  ให้ปรากฏดังรูปที่ 16.27

รูปที่ 16.27



54. คลิ๊กบนปุ่ม  จากนั้นคลิ๊กบนปุ่ม  เพื่อตรวจสอบ วัตถุ 3 มิติทั้งหมด จากนั้นใช้คำสั่ง HIDE เพื่อซ่อนเส้นที่ถูกบังทั้งหมดดังรูปที่ 16.28

รูปที่ 16.28



เป็นอันว่าเราได้สร้างโช้คอัพสำเร็จเรียบร้อยแล้ว เราสามารถนำโช้คอัพนี้ไปกำหนดผิววัตถุเพื่อสร้างภาพ 3 มิติแบบเหมือนจริง ซึ่งได้อธิบายวิธีการไว้ในบทก่อนๆ แล้ว ผู้เขียนคิดว่าการสร้างภาพเหมือนจริงคงจะไม่ยากสำหรับผู้อ่านอีกต่อไป ในบทนี้ก็คงเป็นอีกบทหนึ่งที่จะพอเป็นแนวทางที่จะให้ผู้อ่านสามารถนำไปดัดแปลงเขียนภาพ 3 มิติอื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้

