

บทที่ 2

การเตรียมอุปกรณ์ และ เรขาคณิตประยุกต์

ในบทนี้จะเป็นการแนะนำขั้นตอนที่ควรปฏิบัติก่อนเริ่มลงมือเขียนแบบ ซึ่งประกอบไปด้วยการติดตั้งกระดาษบนโต๊ะเขียนแบบ การเตรียมดินสอ วงเวียน ตลอดจนการใช้อุปกรณ์เขียนแบบเบื้องต้น จากนั้นจะเป็นการทบทวนเรื่องเรขาคณิต โดยจะนำความรู้ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการวาดรูปที่มีความซับซ้อนในงานเขียนแบบวิศวกรรม

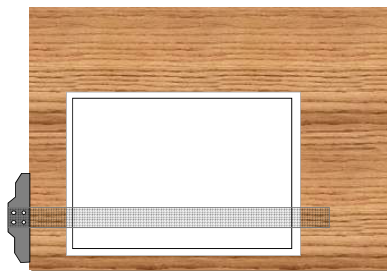
2.1 การเตรียมอุปกรณ์

ก่อนเริ่มต้นการเขียนแบบนั้นเราจำเป็นที่จะต้องเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อมเสียก่อน ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดมีดังนี้

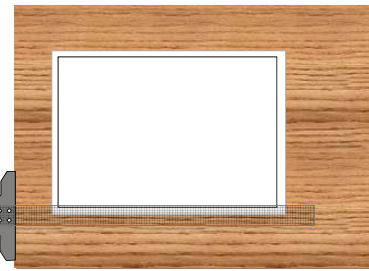
- การติดตั้งกระดาษบนโต๊ะเขียนแบบ

การติดตั้งกระดาษบนโต๊ะเขียนแบบจะเริ่มจากการวางกระดาษให้ชิดขอบทางด้านล่างซ้ายของโต๊ะเขียนแบบก่อน จากนั้นวางไม้ที่ลงบนกระดาษโดยให้หัวของไม้ที่วางลึกลงกับขอบโต๊ะทางด้านซ้าย และอย่าให้ส่วนหัวของไม้ที่เกินออกจากขอบโต๊ะดังแสดงในรูปที่ 2.1ก ขั้นต่อไปให้ขยับกระดาษจนกระทั่งกรอบด้านล่างของกระดาษเขียนแบบอยู่เหนือขอบบนของไม้ที่ (รูปที่ 2.1ข) จากนั้นจับกระดาษไว้แล้วเลื่อนไม้ที่ขึ้นด้านบนเพื่อจัดกรอบด้านบนของกระดาษเขียนแบบให้ได้ตำแหน่งที่พอดีกับขอบด้านบนของไม้ที่ (รูปที่ 2.1ค) เมื่อจัดเรียบร้อยแล้วให้ติดกระดาษกาวยึดกระดาษเขียนแบบให้ติดอยู่กับโต๊ะโดยเริ่มติดที่ขอบบนซ้าย-ขวาของกระดาษก่อน (รูปที่ 2.1ง)

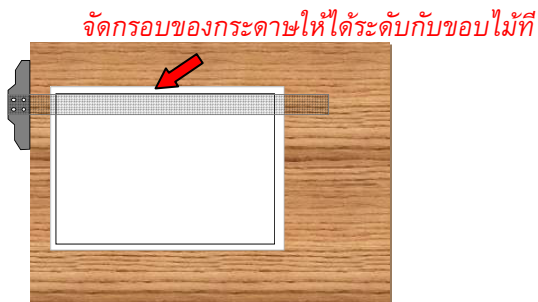
ต่อไปก็เลื่อนไม้ที่ลงด้านล่างโดยขณะที่เลื่อนไม้ที่นั้นให้ทำการรีดกระดาษให้เรียบด้วย สุดท้ายให้ทำการติดกระดาษกาวบริเวณมุมที่เหลือเพื่อยึดกระดาษเข้ากับโต๊ะ (รูปที่ 2.1จ)



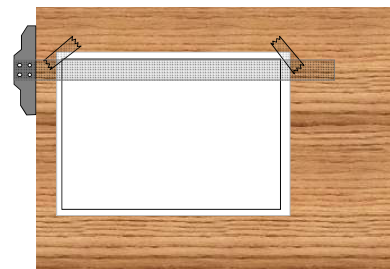
- (ก) วางกระดาษชิดขอบซ้ายล่าง แล้ววางไม้ที่ลงบนกระดาษแต่อย่าให้หัวไม้ที่เลยพ้นขอบโต๊ะด้านล่าง



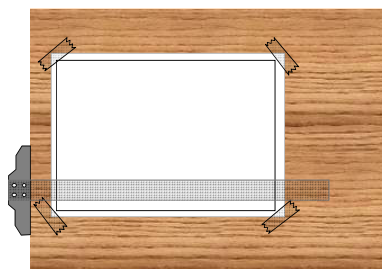
- (ข) เลื่อนกระดาษจนกระทั่งกรอบด้านล่างของกระดาษอยู่เหนือขอบด้านบนของไม้ที่



- (ค) จับกระดาษไว้แล้วเลื่อนไม้ที่ขึ้นด้านบน จากนั้นจัดกรอบด้านบนของกระดาษให้ได้ระดับกับขอบบนของไม้ที่



- (ง) ติดกระดาษกาวเพื่อยึดมุมด้านบนทั้งสองของกระดาษเขียนแบบ



- (จ) เลื่อนไม้ที่ลงด้านล่างพร้อมกับรีดกระดาษให้เรียบติดโต๊ะ จากนั้นติดกระดาษกาวเพื่อยึดมุมกระดาษที่เหลือ

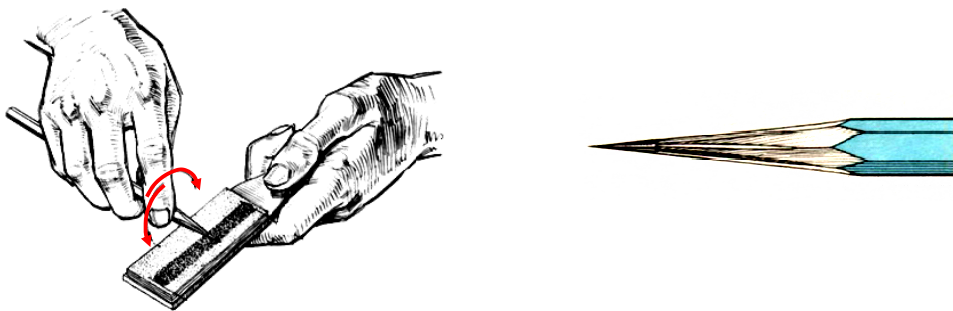
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการติดตั้งกระดาษบนโต๊ะเขียนแบบ

- เหลาดินสอและวงเวียน

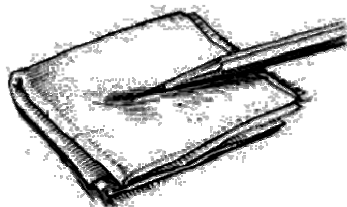
ผู้วาดจำเป็นต้องเหลาดินสอให้แหลมอยู่เสมอเพื่อเส้นที่วาดจะได้มีความคมชัดและสวยงาม การเหลาดินสอมีหลายวิธีด้วยกัน โดยจะขอยกตัวอย่างกรณีที่ใช้มีดและกระดาษทรายในการเหลาดินสอก่อน ซึ่งจะเริ่มจากการใช้มีดเหลาส่วนที่เป็นไม้ของดินสอออกจนกระทั่งไส้ดินสอมีความยาวประมาณ 8-10 มม. (รูปที่ 2.2ก) จากนั้นฝนปลายดินสอบนกระดาษทราย โดยขณะที่ฝนดินสอให้หมุนดินสอไปด้วยเพื่อที่ปลายดินสอจะได้มีลักษณะเป็นกรวยแหลมดังแสดงรูปที่ 2.2ข แต่ถ้าผู้วาดใช้เครื่องเหลาดินสอ หรือดินสอกด (แนะนำให้ใช้ไส้ขนาด 0.5 มม.) อาจจะไม่มีปัญหาเรื่องการเหลาดินสอมากเท่าใดนักเพราะจะได้ปลายที่ค่อนข้างแหลมอยู่แล้ว แต่อาจจะต้องมีการฝนปลายดินสอกับกระดาษเปล่าอีกเล็กน้อยเพื่อปรับปลายให้คมตามความต้องการ และขั้นตอนสุดท้ายไม่ว่าจะใช้ดินสอแบบใดก็ตามก็ต้องทำความสะอาดปลายดินสอด้วยกระดาษทิชชูก่อนเสมอ (รูปที่ 2.2ค)



(ก) ใช้มีดเหลาไม้ออกให้ได้ไส้ดินสอประมาณ 8-10 มม.



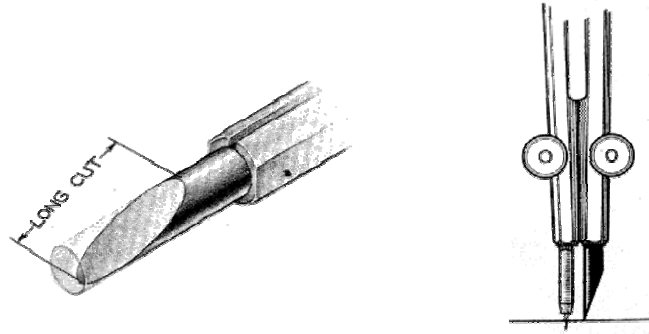
(ข) ฝนปลายดินสอบนกระดาษทรายเพื่อให้ได้ดินสอปลายแหลม



(ค) ทำความสะอาดปลายดินสอด้วยกระดาษทิชชู

รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการเหลาดินสอและทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ส่วนวงเวียนนั้นถ้าใช้แบบไส้ดินสอก็ให้เหลาดินสอของวงเวียนตามวิธีข้างต้น และดินสอสำหรับวงเวียนนี้ก็ควรเลือกให้มีความเข้มข้นกับที่ใช้ในการวาดรูปเพื่อให้เส้นของรูปที่ได้มีความสม่ำเสมอ แต่ถ้าใช้วงเวียนที่ใช้เฉพาะไส้ดินสอเท่านั้น ก็ให้เหลาปลายไส้ดินสอโดยการฝนกับกระดาษทรายจะได้รูปร่างดังแสดงในรูปที่ 2.3 และควรปรับให้ด้านปลายแหลมยาวกว่าส่วนของไส้ดินสอเล็กน้อย (ขั้นตอนนี้ไม่จำเป็นต้องปฏิบัติก็ได้)



รูปที่ 2.3 การเหลาไส้ดินสอที่ใช้สำหรับวงเวียน

- **ทำความสะอาดอุปกรณ์ (ไม้ที่ ไม้สามเหลี่ยม และเทมเพลตวงกลม)**

สุดท้ายเป็นการทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น ไม้ที่ ไม้สามเหลี่ยม และเทมเพลตวงกลม เป็นต้น ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ควรปฏิบัติทุก ๆ ครั้งก่อนการวาดรูป เพราะในขณะที่วาดรูป อุปกรณ์เหล่านี้จะถูกลากไปมาบนแผ่นกระดาษ ซึ่งถ้าไม่สะอาดแล้วก็จะทำให้รูปที่วาดสกปรกได้ การทำความสะอาดอุปกรณ์ก็ให้ใช้กระดาษทิชชูที่เตรียมมาเช็ดถูให้เรียบร้อย

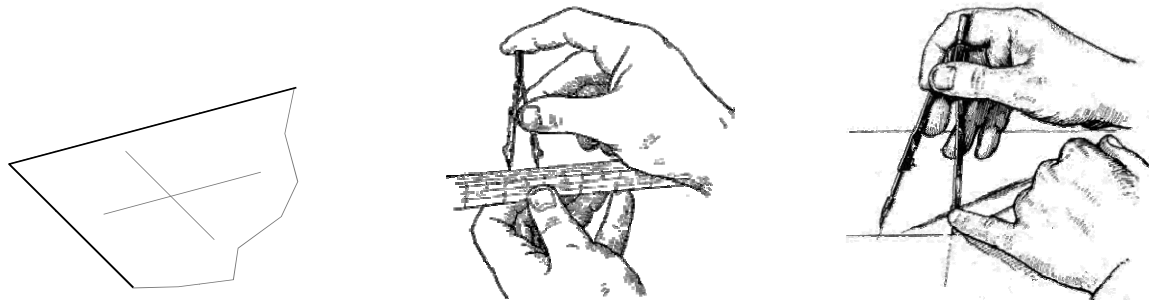
2.2 การใช้อุปกรณ์เบื้องต้น

อุปกรณ์หลัก ๆ สำหรับงานเขียนแบบประกอบไปด้วย ไม้ที่ ไม้สามเหลี่ยม ซึ่งทั้งสองชนิดใช้สำหรับการเขียนเส้นตรง ส่วนวงเวียนและเทมเพลตวงกลมก็จะใช้สำหรับวาดส่วนโค้งและวงกลมนั่นเอง ดังนั้นในหัวข้อนี้จะเป็นการแนะนำวิธีการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้เหมาะสม

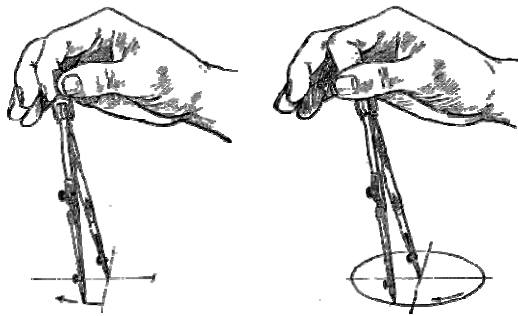
- **การใช้วงเวียน**

ขั้นตอนการวาดวงกลมด้วยวงเวียนจะเริ่มจากการทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางก่อนดังแสดงในรูปที่ 2.4ก จากนั้นให้ทำการปรับระยะระหว่างขาของวงเวียนให้เท่ากับขนาดของรัศมีที่ต้องการโดยเทียบกับไม้บรรทัด (รูปที่ 2.4ข) แล้วลองลากเส้นโค้งบนกระดาษเปล่าก่อนเพื่อตรวจสอบว่าวงกลมที่วาดนั้นได้ขนาดรัศมีที่ถูกต้องหรือไม่ ขั้นตอนต่อไปวางขาด้านแหลมของ

วงเวียนให้ได้ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวงกลมตามที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ (รูปที่ 2.4ค) โดยอาจใช้นิ้วมืออีกข้างช่วยประคองปลายแหลมเพื่อควบคุมได้แม่นยำยิ่งขึ้น จากนั้นให้เริ่มวาดวงกลมโดยใช้นิ้วชี้และนิ้วโป้งจับที่ด้ามจับแล้วหมุนด้ามจับจนกระทั่งได้วงกลมตามต้องการ (รูปที่ 2.4ง)



- (ก) ทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งศูนย์กลางวงกลม (ข) ปรับขาของวงเวียนให้ได้ระยะตามรัศมีวงกลมที่ต้องการ (ค) วาดปลายแหลมของวงเวียนให้ได้ตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้



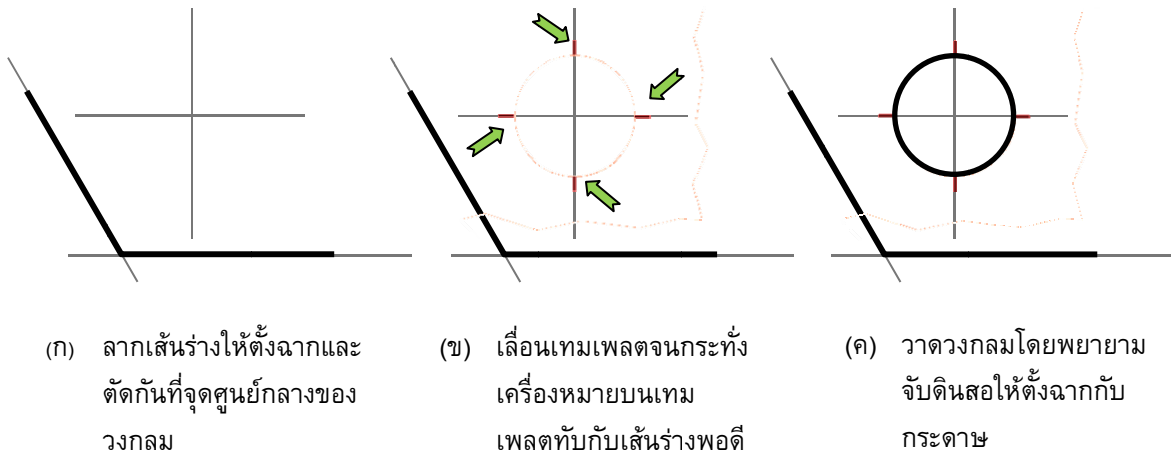
- (ง) จับวงเวียนที่ด้ามจับแล้วหมุนเพื่อสร้างวงกลมตามต้องการ

รูปที่ 2.4 การวาดวงกลมโดยใช้วงเวียน

- การใช้เทมเพลตวงกลม

เทมเพลตเป็นอุปกรณ์เพื่อช่วยวาดวงกลมหรือส่วนโค้ง โดยเฉพาะเมื่อวงกลมและส่วนโค้งนั้นมีขนาดรัศมีที่เล็ก ๆ การใช้เทมเพลตช่วยวาดวงกลมนั้นไม่ง่ายอย่างที่คิด เพราะต้องการความแม่นยำและการฝึกฝนพอสมควร มิเช่นนั้นแล้ววงกลมที่ได้จะมีลักษณะที่เยื้องศูนย์กลางจากตำแหน่งที่ต้องการวาด สำหรับขั้นตอนในการใช้เทมเพลตนั้นได้แสดงในรูปที่ 2.5 โดยเริ่มจากการวาดเส้นร่าง (เส้นเบา ๆ) สองเส้นให้ตั้งฉากและตัดกันที่จุดศูนย์กลางของวงกลมที่ต้องการวาดต่อไปให้วางเทมเพลตลงบริเวณดังกล่าวแล้วเลื่อนเทมเพลตไปมาจนกระทั่งเครื่องหมายที่อยู่บน

เทมเพลตทับกับเส้นร่างที่ทำไว้ในขั้นตอนก่อน สุดท้ายให้ใช้ดินสอวาดวงกลมได้โดยพยายามจับดินสอให้ตั้งฉากกับกระดาษ ขั้นตอนเหล่านี้ผู้วาดต้องฝึกฝนหลาย ๆ ครั้งจนเกิดความชำนาญ เพื่อให้วงกลมที่ได้ไม่เยื้องศูนย์



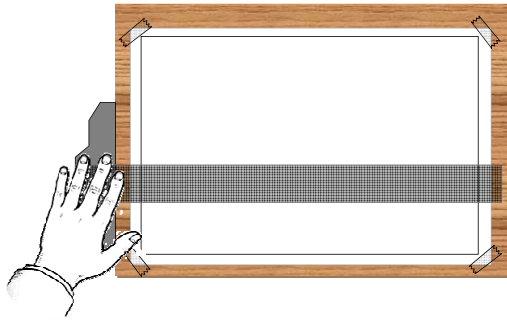
รูปที่ 2.5 การวาดวงกลมโดยใช้เทมเพลต

- การใช้ไม้ที่ลากเส้นตรงในแนวนอน

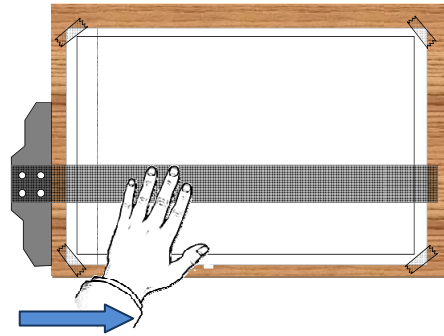
การใช้ไม้ที่ให้เริ่มจากการใช้มือซ้ายจับหัวไม้ที่ชนเข้ากับขอบโต๊ะด้านซ้าย (รูปที่ 2.6ก) จากนั้นเลื่อนมือไปทางด้านขวาโดยกดไม้ให้เรียบติดกับกระดาษไว้จนถึงบริเวณที่ต้องการลากเส้น (รูปที่ 2.6ข) ต่อไปก็ใช้มือขวาจับดินสอเพื่อเตรียมลากเส้นโดยจรดปลายดินสอเข้ากับขอบด้านบนของไม้ที่และเอียงปลายดินสอเข้าดังแสดงในรูปที่ 2.6ค สุดท้ายค่อย ๆ ลากเส้นจากซ้ายไปขวาโดยขณะที่ลากเส้นให้หมุนดินสอไปด้วย (รูปที่ 2.6ง) เพื่อให้ปลายดินสอคมอยู่ตลอดเวลา

- การใช้ไม้ที่ลากเส้นตรงในแนวตั้ง

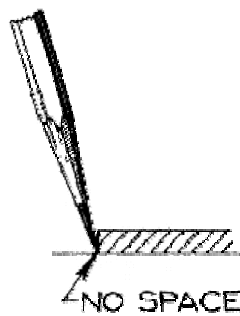
ให้ดำเนินการตามขั้นตอนในรูปที่ 2.6ก จากนั้นวางไม้สามเหลี่ยมจรดขอบด้านบนของไม้ที่แล้วใช้มือซ้ายกดไม้ทั้งสองไว้ (รูปที่ 2.7ก) ต่อไปก็ใช้มือขวาจับดินสอแล้วจรดปลายดินสอเข้ากับขอบด้านตั้งของไม้สามเหลี่ยมโดยเอียงปลายดินสอตามรูปที่ 2.6ค สุดท้ายก็ทำการลากเส้นตั้งจากล่างขึ้นบนพร้อม ๆ กับหมุนดินสอไปด้วย (รูปที่ 2.7ข)



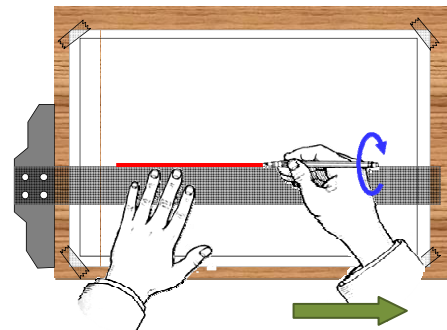
(ก) จับหัวไม้ทึบให้ชนกับขอบโต๊ะด้านซ้าย



(ข) เลื่อนมือไปด้านขวาโดยกดไม้ทึบให้แนบกับกระดาษ

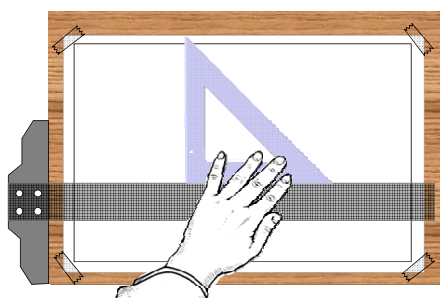


(ค) จรดปลายดินสอกับขอบไม้ทึบโดยเอียงปลายดินสอเข้า

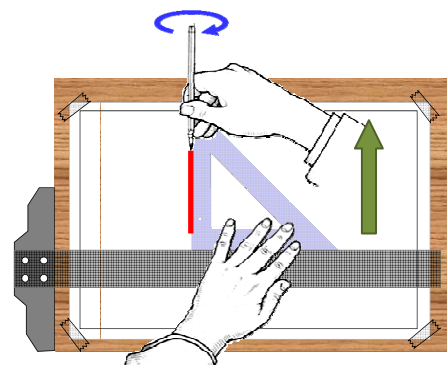


(ง) ลากเส้นจากซ้ายไปขวาโดยหมุนดินสอไปด้วย

รูปที่ 2.6 การลากเส้นตรงในแนวนอนด้วยไม้ทึบ



(ก) ใช้มือซ้ายกดไม้ทึบและไม้สามเหลี่ยมให้แน่น

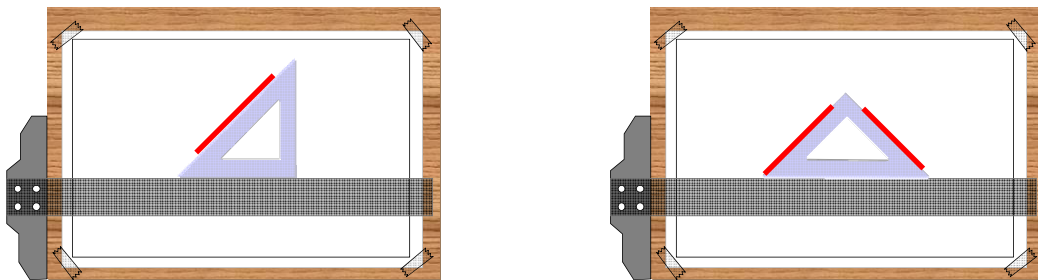


(ข) ลากเส้นตั้งจากล่างขึ้นบนโดยหมุนดินสอไปด้วย

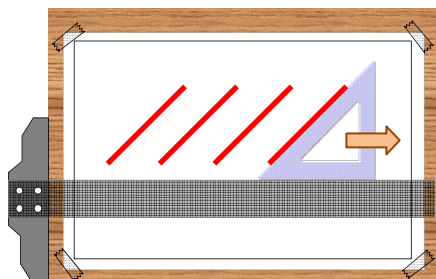
รูปที่ 2.7 การลากเส้นตรงในแนวตั้งด้วยไม้ทึบและไม้สามเหลี่ยม

- **การลากเส้นเอียง 45° กับแนวระดับ**

การลากเส้นเอียง 45° สามารถทำได้โดยใช้ไม้สามเหลี่ยม 45-45 วางไว้เหนือไม้ที่ (ใช้ไม้ที่เป็นระดับอ้างอิงที่ 0° โดยวางไม้ที่ตามขั้นตอนในรูปที่ 2.6ก) จากนั้นลากเส้นไปตามขอบไม้สามเหลี่ยมก็จะได้เส้นเอียงตามมุมที่ต้องการ โดยการวางไม้สามเหลี่ยม 45-45 นี้สามารถวางได้หลายรูปแบบด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 2.8 และถ้าต้องการลากเส้น 45° ขนานกันหลาย ๆ เส้นก็สามารถทำได้โดยเลื่อนไม้สามเหลี่ยมไปบนไม้ที่แล้วลากเส้นต่อไปเรื่อย ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



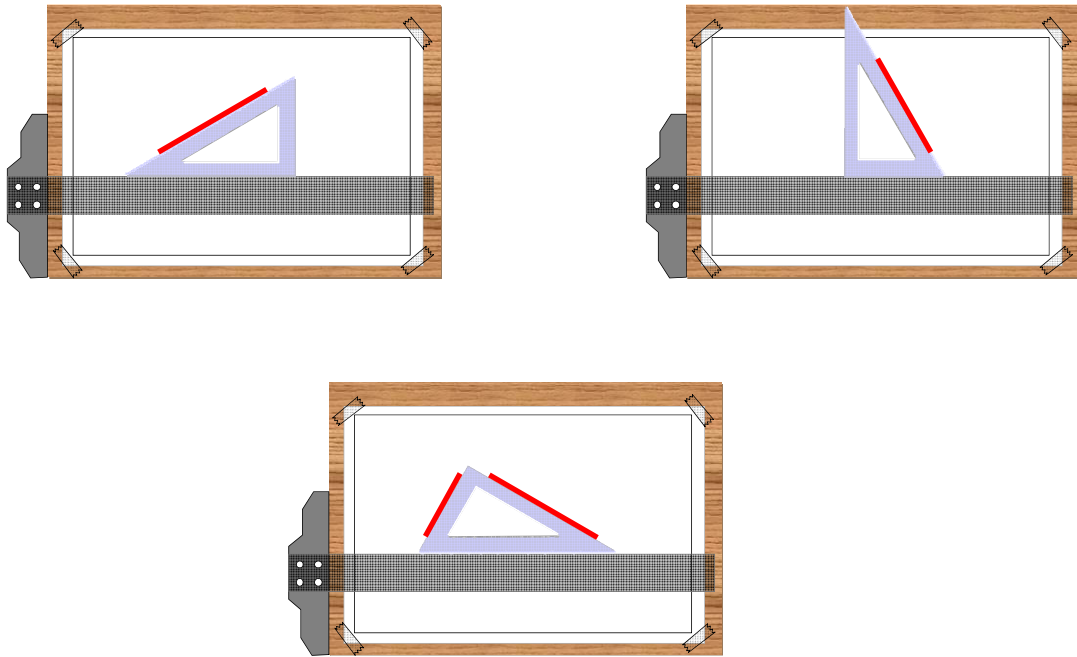
รูปที่ 2.8 การลากเส้นเอียง 45° ด้วยไม้ที่และไม้สามเหลี่ยม 45-45



รูปที่ 2.9 การลากเส้นเอียง 45° ขนานกันหลาย ๆ เส้นโดยเลื่อนไม้สามเหลี่ยมไปบนไม้ที่

- **การลากเส้นเอียง 30° กับ 60° กับแนวระดับ**

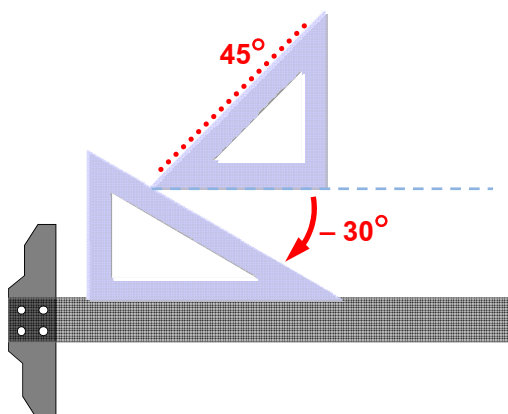
การลากเส้นเอียง 30° หรือ 60° กับแนวระดับก็สามารถทำได้เช่นเดียวกับการลากเส้นเอียง 45° เพียงแต่ใช้ไม้สามเหลี่ยม 30-60 เท่านั้น และก็สามารกวางไม้สามเหลี่ยมได้หลากหลายรูปแบบเพื่อลากเส้นเอียงในแนวต่าง ๆ กันดังแสดงในรูปที่ 2.10



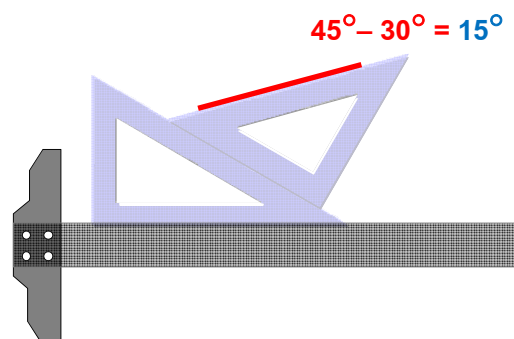
รูปที่ 2.10 การลากเส้นเอียง 30° และ 60° โดยไม้ที่และไม้สามเหลี่ยม 30-60

- การลากเส้นเอียง 15° กับ 75° กับแนวระดับ

การลากเส้นเอียง 15° และ 75° จะใช้ไม้สามเหลี่ยม 45-45 กับไม้สามเหลี่ยม 30-60 ร่วมกัน การใช้ไม้สามเหลี่ยมทั้งสองในการสร้างมุม 15° จะเริ่มจากการวางไม้สามเหลี่ยม 30-60 บนไม้ที่ดังแสดงในรูป 2.11ก จากนั้นวางด้านประกอบมุมฉากของไม้สามเหลี่ยม 45-45 ให้ประกบกับด้านตรงข้ามมุมฉากของไม้สามเหลี่ยม 30-60 ดังแสดงในรูปที่ 2.11ข สุดท้ายก็จะได้เส้นเอียง 15° ที่ขอบไม้สามเหลี่ยม 45-45 ดังแสดงในรูป



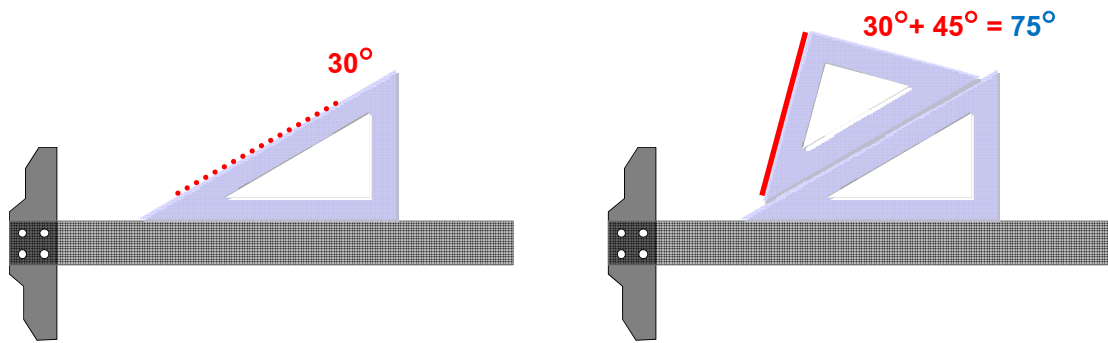
(ก) วางไม้สามเหลี่ยม 30-60 บนไม้ที่



(ข) วางไม้สามเหลี่ยม 45-45 บนไม้สามเหลี่ยม 30-60 เพื่อสร้างเส้นเอียง 15°

รูปที่ 2.11 การลากเส้นเอียง 15° โดยใช้ไม้สามเหลี่ยมทั้งสอง

ส่วนเส้นเอียง 75° ก็จะเริ่มจากวางไม้สามเหลี่ยม 30-60 ดังแสดงในรูปที่ 2.12ก ซึ่งขอบของไม้สามเหลี่ยมนี้จะทำมุม 30° กับแนวระดับ จากนั้นวางไม้สามเหลี่ยม 45-45 บนไม้สามเหลี่ยม 30-60 อีกครั้งทำให้มุมรวมที่เกิดขึ้นคือ 75° ตามต้องการ



(ก) วางไม้สามเหลี่ยม 30-60 บนไม้ที่

(ข) วางไม้สามเหลี่ยม 45-45 บนไม้สามเหลี่ยม 30-60 เพื่อสร้างเส้นเอียง 75°

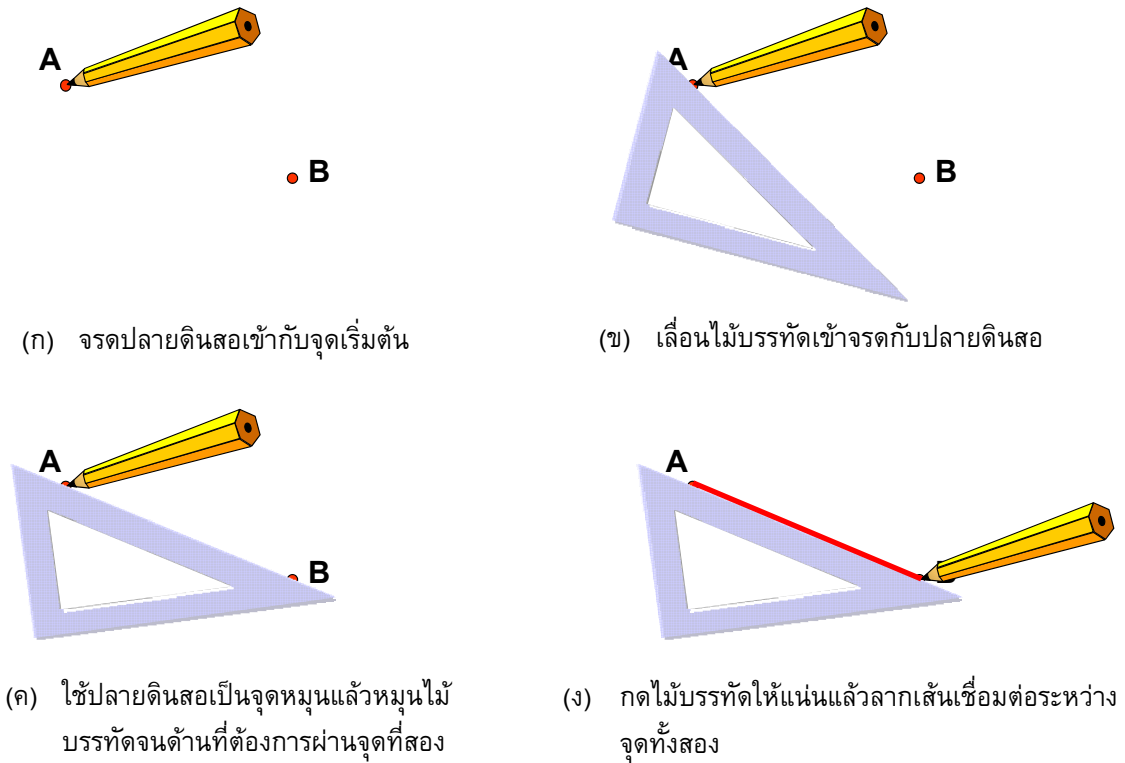
รูปที่ 2.12 การลากเส้นเอียง 75° โดยใช้ไม้สามเหลี่ยมทั้งสอง

สำหรับการสร้างมุมอื่น ๆ ที่เป็นลำดับขั้นของมุม 15° เช่นมุม 105° 120° 135° 150° ฯลฯ ก็สามารถใช้นั่นตอนดังที่แสดงมาทั้งหมดนี้มาประยุกต์ใช้ร่วมกันได้ ซึ่งจะไม่แสดงรายละเอียด ณ ที่นี้โดยจะเก็บไว้ให้ผู้เรียนได้ทดลองฝึกฝนในแบบฝึกหัด

- การลากเส้นตรงระหว่างจุดสองจุด

วิธีการที่จะแสดงต่อไปนี้เป็นข้อแนะนำเวลาต้องการลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดสองจุด ซึ่งถ้าผู้เรียนพบว่าการปฏิบัติตามข้อแนะนำนี้ไม่สามารถทำได้นั้นก็ไม่ต้องปฏิบัติตาม โดยผู้เรียนสามารถใช้วิธีใด ๆ ก็ได้ที่คุ้นเคย ซึ่งสามารถลากเส้นเชื่อมระหว่างจุดสองจุดได้เรียบร้อยก็ขอให้ใช้วิธีนั้น ๆ ในการลากเส้น

การลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดสองจุดที่จะแนะนำนี้เริ่มจากการวางปลายดินสอจรดกับจุดเริ่มต้นของเส้น (สมมติว่าเป็นจุด A) จากนั้นเลื่อนไม้บรรทัดเข้าชิดกับปลายดินสอแล้วใช้ปลายดินสอดังกล่าวเป็นจุดหมุน โดยหมุนไม้บรรทัดให้ด้านที่จะลากเส้นผ่านจุดที่สอง (จุด B) สุดท้ายให้กดไม้บรรทัดให้แน่นแล้วลากเส้นจากจุด A ไปยังจุด B ก็จะได้เส้นตรงตามต้องการ ขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดสองจุด

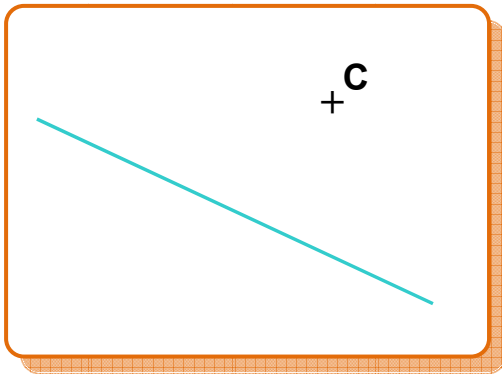
2.3 เรขาคณิตประยุกต์

หัวข้อสุดท้ายจะเป็นการทบทวนความรู้เรื่องเรขาคณิต เพราะจำเป็นต้องนำความรู้ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการวาดรูปร่างที่มีความซับซ้อนของชิ้นงานวิศวกรรม โดยหัวข้อที่จะกล่าวถึงมีดังต่อไปนี้

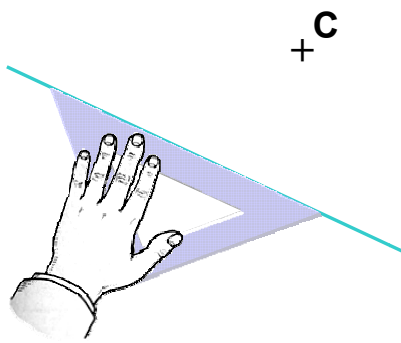
- สร้างเส้นขนานกับเส้นที่ให้โดยผ่านจุดที่กำหนด
- สร้างเส้นขนานกับเส้นที่ให้โดยมีระยะห่างตามที่กำหนด
- สร้างเส้นตั้งฉากกับเส้นที่ให้โดยผ่านจุดที่กำหนด (จุดอยู่บนเส้น)
 - Revolve method
 - Adjacent-side method
- สร้างเส้นตั้งฉากกับเส้นที่ให้โดยผ่านจุดที่กำหนด (จุดอยู่นอกเส้น)
- สร้างเส้นทำมุม 15 องศา กับเส้นที่ให้โดยผ่านจุดที่กำหนด
- สร้างเส้นตรงสัมผัสกับวงกลมโดยผ่านจุดที่อยู่บนวงกลม
- สร้างเส้นตรงสัมผัสกับวงกลมโดยผ่านจุดที่อยู่นอกวงกลม
- สร้างส่วนโค้งสัมผัสกับเส้นตรงสองเส้นที่ตั้งฉากกัน (สร้าง fillet & round)

- สร้างส่วนโค้งสัมผัสกับเส้นตรงสองเส้นที่ไม่ตั้งฉากกัน
- สร้างส่วนโค้งสัมผัสด้านนอกกับวงกลมสองวง
- สร้างส่วนโค้งสัมผัสด้านในกับวงกลมสองวง
- สร้างส่วนโค้งสัมผัสด้านในกับวงกลมหนึ่งและสัมผัสด้านนอกกับอีกวงกลมหนึ่ง

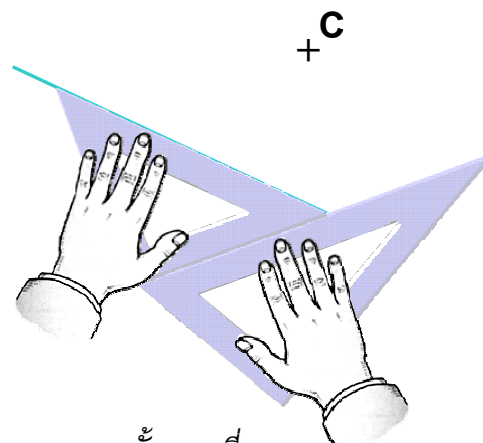
สร้างเส้นขนานกับเส้นที่ให้โดยผ่านจุดที่กำหนด



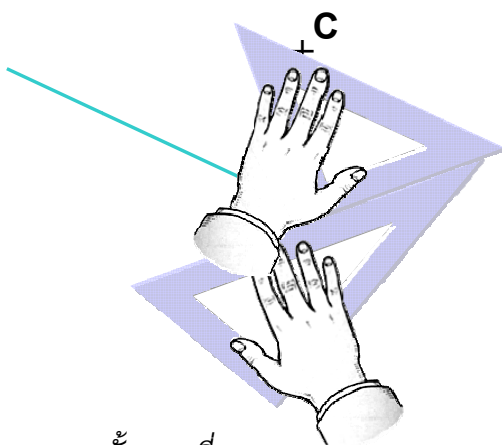
1. วางไม้ฉากโดยจัดให้ด้านหนึ่งได้ระดับกับเส้นที่ให้
2. นำไม้ฉากอีกอันวางรองเป็นฐานของไม้ฉากอันแรก
3. เลื่อนไม้ฉากอันแรกไปบนอันที่สองจนกระทั่งด้านที่ใช้จัดระดับผ่านจุดที่กำหนด
4. กดไม้ฉากอันแรกให้แน่นแล้วลากเส้นขนานผ่านจุดที่กำหนด



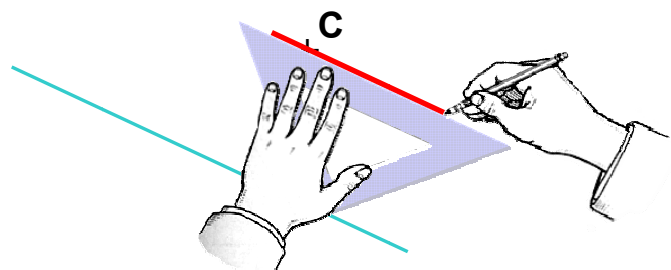
ขั้นตอนที่ 1



ขั้นตอนที่ 2

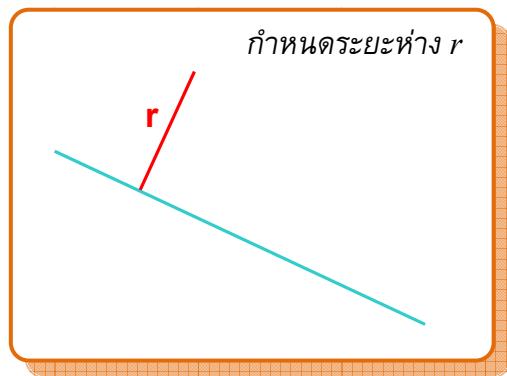


ขั้นตอนที่ 3

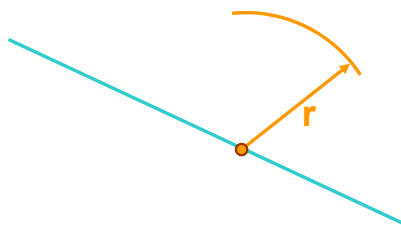


ขั้นตอนที่ 4

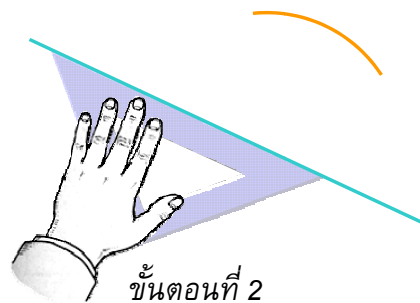
สร้างเส้นขนานกับเส้นที่ให้โดยมีระยะห่างตามที่กำหนด



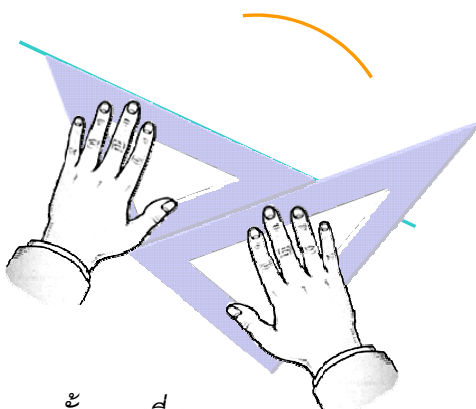
1. ใช้วงเวียนลากส่วนโค้งที่มีรัศมีเท่ากับ r โดยมีศูนย์กลางอยู่บนเส้นที่ให้ (ตำแหน่งใดก็ได้)
2. วางไม้ฉากโดยจัดให้ด้านหนึ่งได้ระดับกับเส้นที่ให้
3. นำไม้ฉากอีกอันวางรองเป็นฐานของไม้ฉากอันแรก
4. เลื่อนไม้ฉากอันแรกไปบนอันที่สองจนกระทั่งด้านที่ใช้จัดระดับผ่านขอบส่วนโค้งที่สร้างไว้
5. กดไม้ฉากอันแรกให้แน่นแล้วลากเส้นขนานตามต้องการ



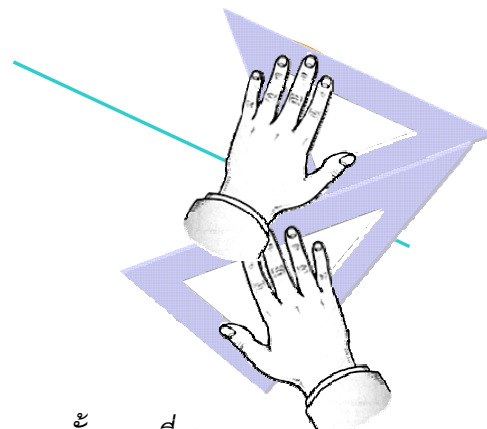
ขั้นตอนที่ 1



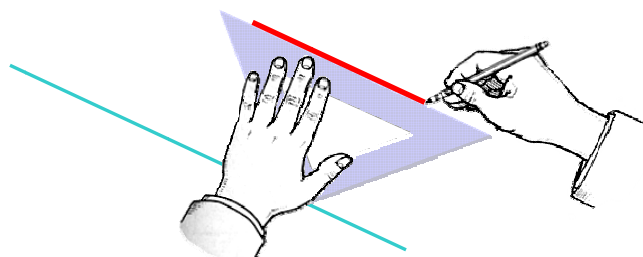
ขั้นตอนที่ 2



ขั้นตอนที่ 3

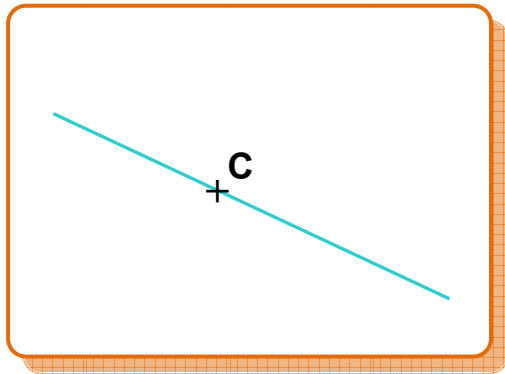


ขั้นตอนที่ 4

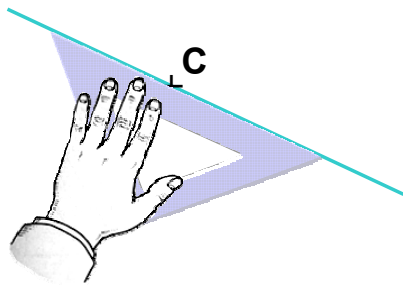


ขั้นตอนที่ 5

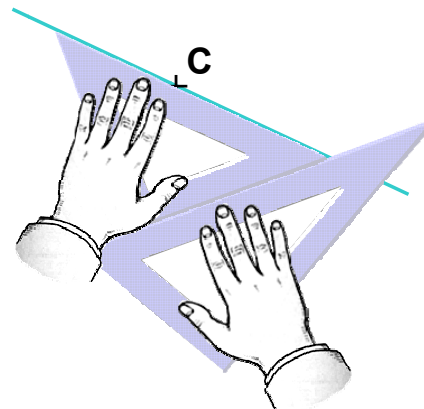
สร้างเส้นตั้งฉากกับเส้นที่ให้โดยผ่านจุดที่กำหนด (จุดอยู่บนเส้น) *Revolve Method*



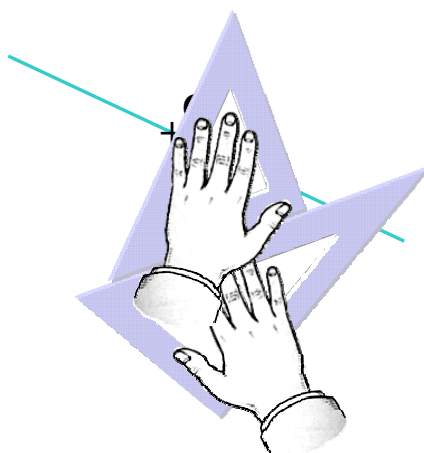
1. วางไม้ฉาก 45-45 โดยจัดด้านตรงข้ามมุมฉากให้ได้ระดับกับเส้นที่ให้
2. นำไม้ฉากอีกอันวางรองเป็นฐานของไม้ฉากอันแรก
3. พลิกไม้ฉากอันแรกกลับอีกด้าน แล้ววางกลับไปบนไม้ฉากอันที่สอง จากนั้นจัดให้ด้านตรงข้ามมุมฉากของไม้ฉากอันแรกผ่านจุดที่กำหนดให้
4. กดไม้ฉากอันแรกให้แน่นแล้วลากเส้นตั้งฉากตามต้องการ



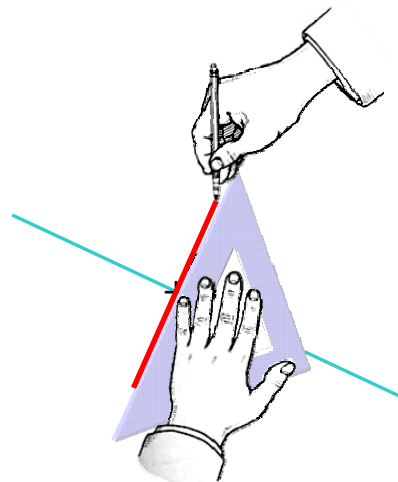
ขั้นตอนที่ 1



ขั้นตอนที่ 2

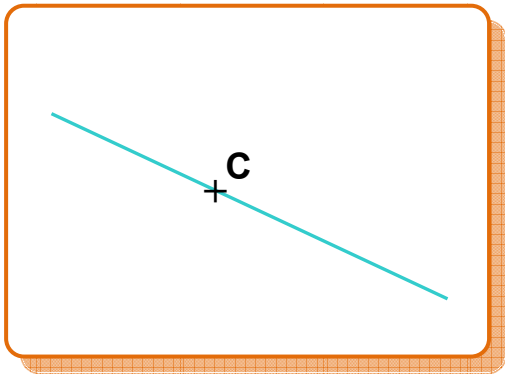


ขั้นตอนที่ 3

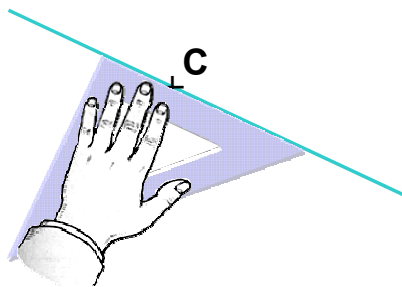


ขั้นตอนที่ 4

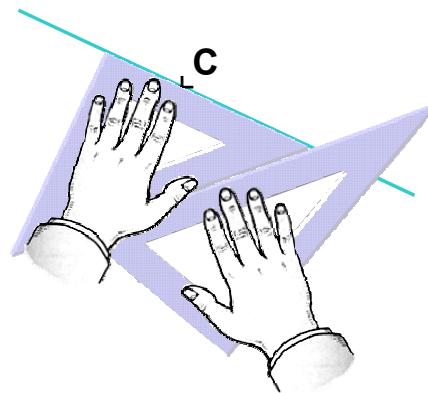
สร้างเส้นตั้งฉากกับเส้นที่ให้โดยผ่านจุดที่กำหนด (จุดอยู่บนเส้น) **Adjacent-side Method**



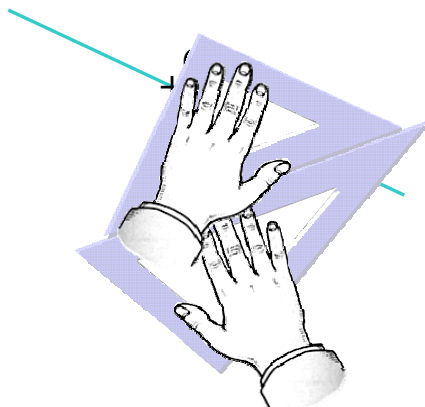
1. วางไม้ฉากใดก็ได้ โดยจัดด้านประกอบมุมฉากให้ได้ระดับกับเส้นที่ให้
2. นำไม้ฉากอีกอันวางรองเป็นฐานของไม้ฉากอันแรก
3. เลื่อนไม้ฉากอันแรกไปบนไม้ฉากที่เป็นฐานจนกระทั่งด้านประกอบมุมฉากอีกด้านหนึ่งผ่านจุดที่กำหนด
4. กดไม้ฉากอันแรกให้แน่นแล้วลากเส้นตั้งฉากตามต้องการ



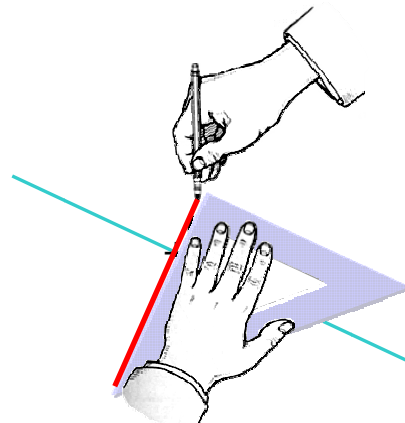
ขั้นตอนที่ 1



ขั้นตอนที่ 2

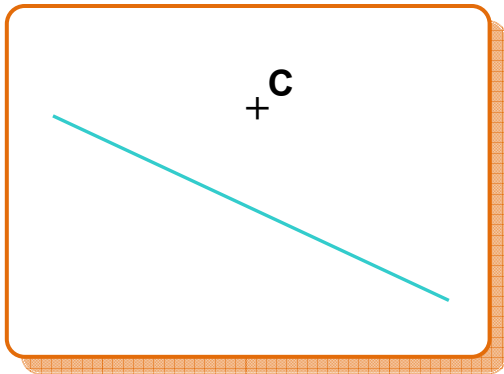


ขั้นตอนที่ 3

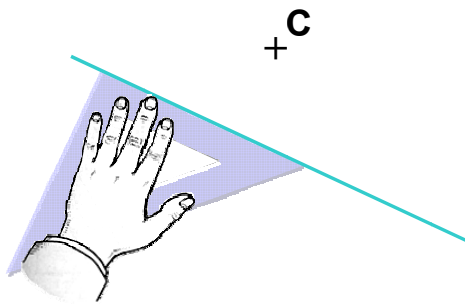


ขั้นตอนที่ 4

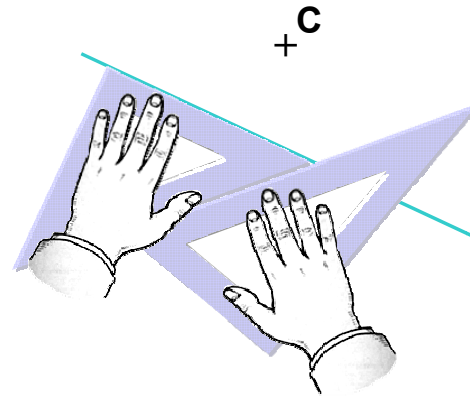
สร้างเส้นตั้งฉากกับเส้นที่ให้โดยผ่านจุดที่กำหนด (จุดอยู่นอกเส้น) **Adjacent-side Method**



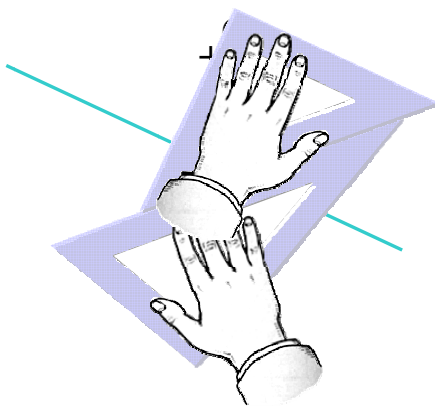
1. วางไม้ฉากได้ก็ได้ โดยจัดด้านประกอบมุมฉากให้ระดับกับเส้นที่ให้
2. นำไม้ฉากอีกอันวางรองเป็นฐานของไม้ฉากอันแรก
3. เลื่อนไม้ฉากอันแรกไปบนไม้ฉากที่เป็นฐานจนกระทั่งด้านประกอบมุมฉากอีกด้านหนึ่งผ่านจุดที่กำหนด
4. กดไม้ฉากอันแรกให้แน่นแล้วลากเส้นตั้งฉากตามต้องการ



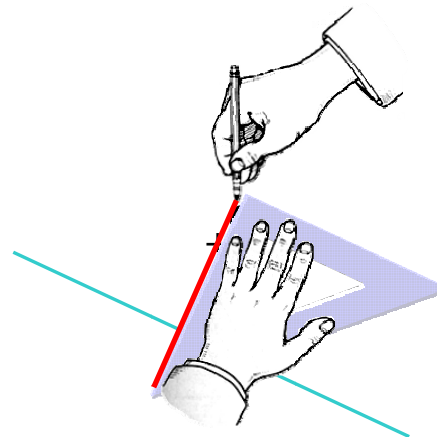
ขั้นตอนที่ 1



ขั้นตอนที่ 2

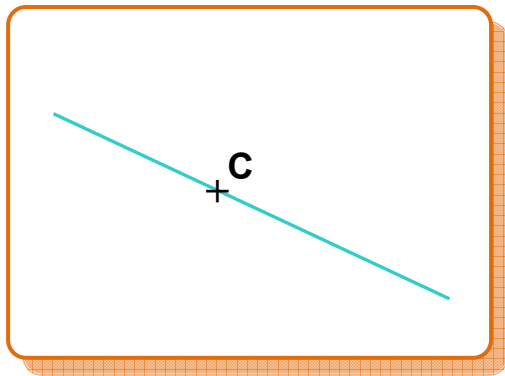


ขั้นตอนที่ 3

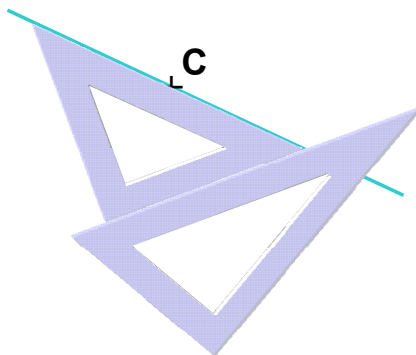


ขั้นตอนที่ 4

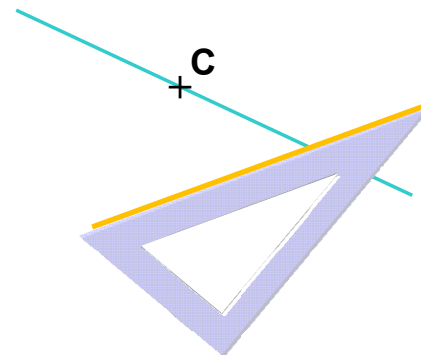
สร้างเส้นทำมุม 15 องศา กับเส้นที่ให้โดยผ่านจุดที่กำหนด



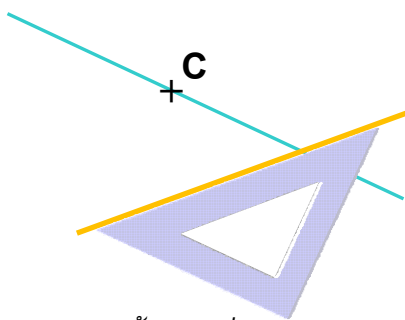
1. วางด้านตรงข้ามมุมฉากของไม้ฉาก 45 ให้ได้ระดับกับเส้นที่ให้
2. นำไม้ฉากอีกอันวางรองเป็นฐานของไม้ฉากอันแรก จากนั้นเอาไม้ฉากอันแรกออกแล้วลากเส้นสีส้ม
3. นำไม้ฉาก 45 จัดให้ได้ระดับกับเส้นสีส้ม
4. วางไม้ฉาก 30-60 บนไม้ 45 ตามลักษณะดังรูป
5. ลากเส้นสีแดง ซึ่งทำมุม 15 องศา กับเส้นที่ให้ตามต้องการ



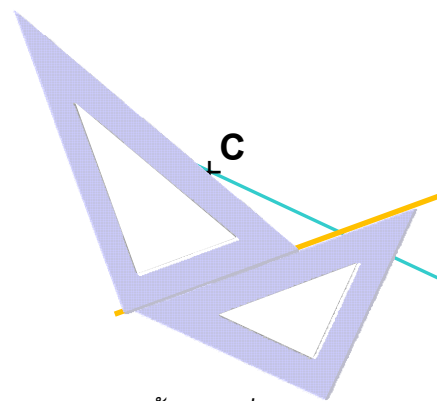
ขั้นตอนที่ 1



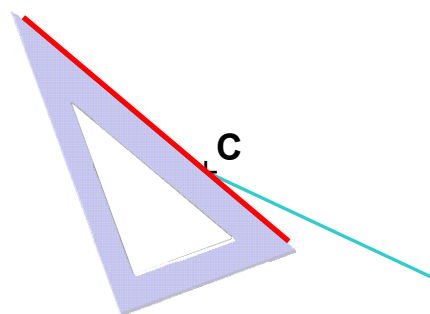
ขั้นตอนที่ 2



ขั้นตอนที่ 3

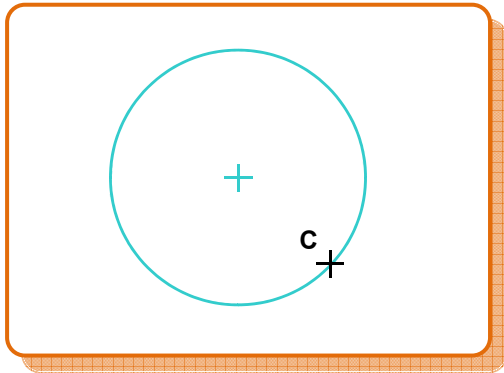


ขั้นตอนที่ 4

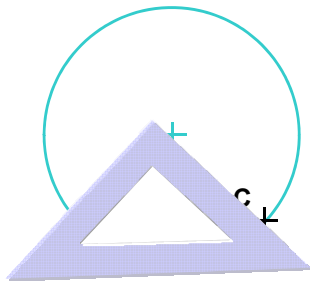


ขั้นตอนที่ 5

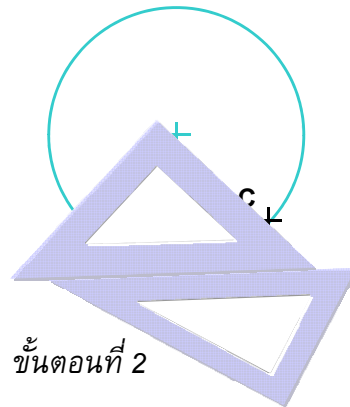
สร้างเส้นตรงสัมผัสกับวงกลมโดยผ่านจุดที่อยู่บนวงกลม



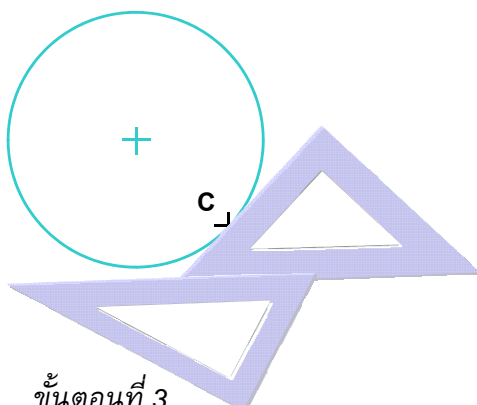
1. วางด้านประกอบมุมฉากของไม้สามเหลี่ยม 45 ให้ได้ระดับกับเส้นที่ให้
2. นำไม้ฉากอีกอันวางรองเป็นฐานของไม้ฉากอันแรก
3. เลื่อนไม้ฉาก 45 จนกระทั่งด้านประกอบมุมฉากอีกด้านผ่านจุดศูนย์กลางและจุดบนวงกลม
4. ลากเส้นสัมผัสกับวงกลมตามต้องการ



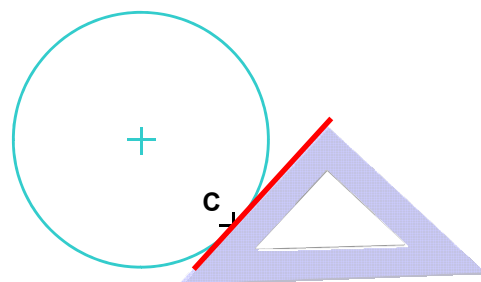
ขั้นตอนที่ 1



ขั้นตอนที่ 2

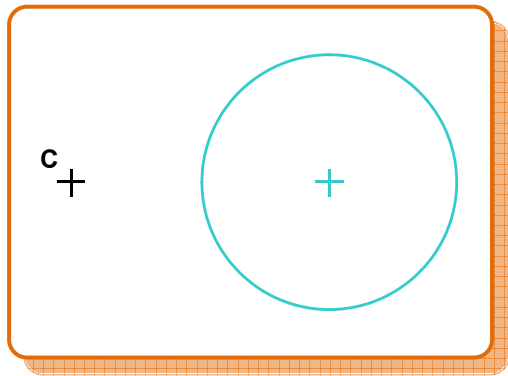


ขั้นตอนที่ 3

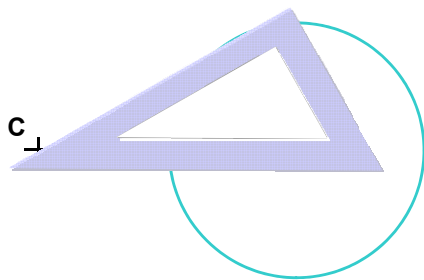


ขั้นตอนที่ 4

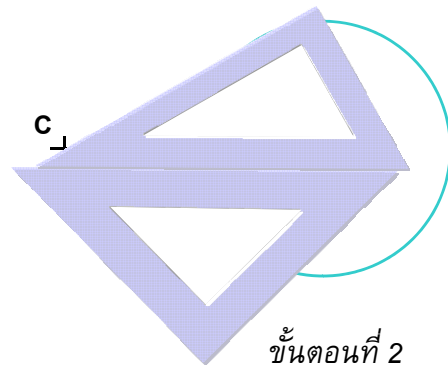
สร้างเส้นตรงสัมผัสกับวงกลมโดยผ่านจุดที่อยู่นอกวงกลม



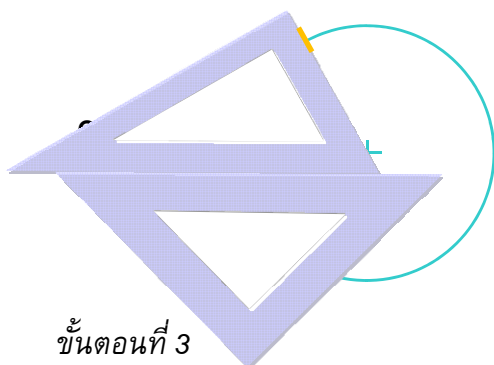
1. วาดด้านประกอบมุมฉากของไม้สามเหลี่ยมได้ก็ได้ โดยจัดให้ด้านนั้นผ่านจุดที่กำหนดและสัมผัสกับวงกลม
2. นำไม้ฉากอีกอันวางรองเป็นฐานของไม้ฉากอันแรก
3. เลื่อนไม้ฉากอันแรกจนกระทั่งด้านประกอบมุมฉากอีกด้านผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลม จากนั้นทำเครื่องหมายแสดงจุดสัมผัส (เส้นสีส้ม)
4. ลากเส้นสัมผัสจากจุดที่กำหนดไปยังจุดสัมผัสที่ได้ในขั้นตอนที่ 3



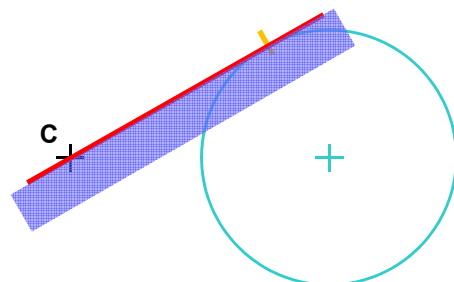
ขั้นตอนที่ 1



ขั้นตอนที่ 2



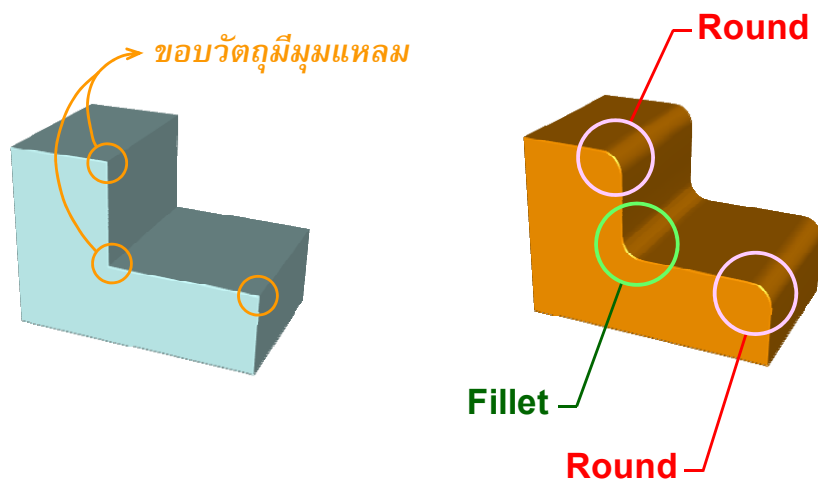
ขั้นตอนที่ 3



ขั้นตอนที่ 4

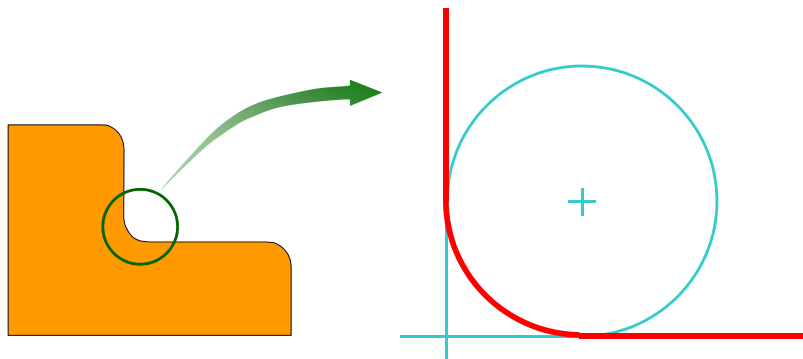
สร้างส่วนโค้งสัมผัสกับเส้นตรงสองเส้นที่ตั้งฉากกัน (สร้าง *fillet & round*)

ก่อนแสดงวิธีการสร้างส่วนโค้งในหัวข้อนี้ จะขออธิบายความหมายของ *fillet* และ *round* ก่อน พิจารณารูปที่ 2.14 รูปด้านซ้ายแสดงวัตถุที่มีขอบเป็นมุมแหลม ซึ่งโดยปกติแล้ววัตถุในงานวิศวกรรมจะพยายามหลีกเลี่ยงมุมแหลมแบบนี้เพราะทำการผลิตได้ยาก อีกทั้งการมีมุมแหลมอาจก่อให้เกิดอันตรายในขณะใช้งาน และถ้าวัตถุนั้นต้องรับภาระแรงจากภายนอก ความเค้น (*stress*) และความเครียด (*strain*) ที่เกิดขึ้นในวัตถุจะมีค่ามากในบริเวณที่มีมุมแหลมเช่นนี้ ก่อให้เกิดการแตกหักเสียหายได้ ดังนั้นการผลิตในงานวิศวกรรมจะสร้างวัตถุที่มีขอบมุมโค้งมนดังแสดงในรูปด้านขวาของรูปที่ 2.14 ซึ่งถ้าเป็นขอบมุมที่โค้งเหมือนขอบโต๊ะจะเรียกว่า *round* และถ้าเป็นขอบมุมที่โค้ง ณ บริเวณที่มีลักษณะเป็นข้อพับจะเรียกว่า *fillet*



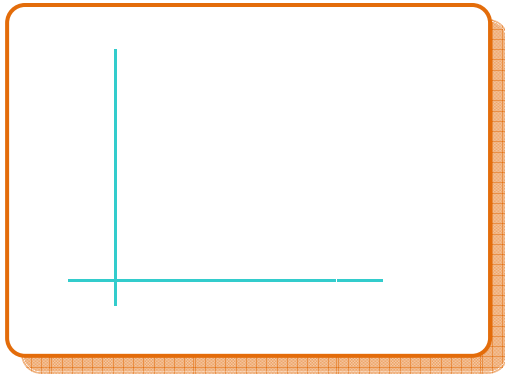
รูปที่ 2.14 ลักษณะขอบมุมที่โค้งมนซึ่งเรียกว่า *fillet* และ *round*

การวาดส่วนโค้งที่เรียกว่า *fillet* และ *round* ดังที่แสดงในรูปที่ 2.14 ก็คือการวาดส่วนโค้ง (1 ใน 4) ให้สัมผัสกับเส้นตรงสองเส้นที่ตั้งฉากกันดังแสดงในรูปที่ 2.15

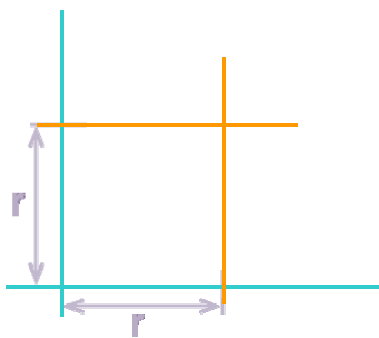


รูปที่ 2.15 การวาดส่วนโค้งสัมผัสกับเส้นตรงเพื่อสร้าง *fillet* หรือ *round*

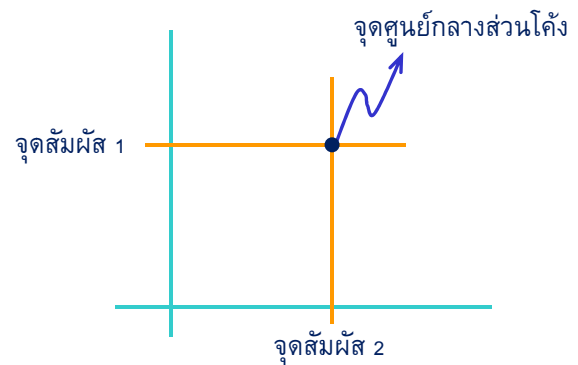
วิธีการสร้างส่วนโค้ง (1 ใน 4) ที่มีรัศมีเท่ากับ r สัมผัสกับเส้นตรงสองเส้นที่ตั้งฉากกัน



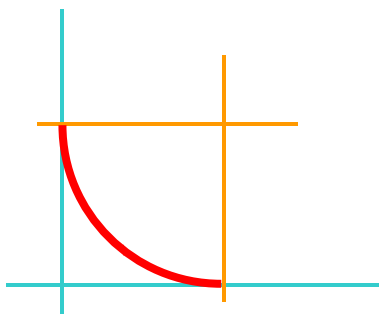
1. ลากเส้นขนานกับเส้นตั้งฉากที่กำหนดให้ โดยมีระยะห่างจากเส้นเดิมเท่ากับ r (เส้นสีส้ม)
2. จุดตัดที่ได้คือจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่ต้องการ และจุดที่เส้นสีส้มตัดกับเส้นตั้งฉากนั้นคือจุดสัมผัสของส่วนโค้ง
3. กางวงเวียนรัศมี r แล้วใช้จุดตัดของเส้นสีส้มเป็นจุดศูนย์กลาง ลากส่วนโค้งจากจุดสัมผัสหนึ่งไปสิ้นสุดที่จุดสัมผัสอีกอันหนึ่ง
4. สุดท้ายลากเส้นตรงต่อออกจากส่วนโค้งทั้งสองด้านก็ได้ fillet หรือ round ตามต้องการ



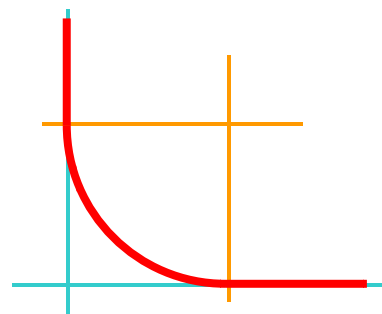
ขั้นตอนที่ 1



ขั้นตอนที่ 2

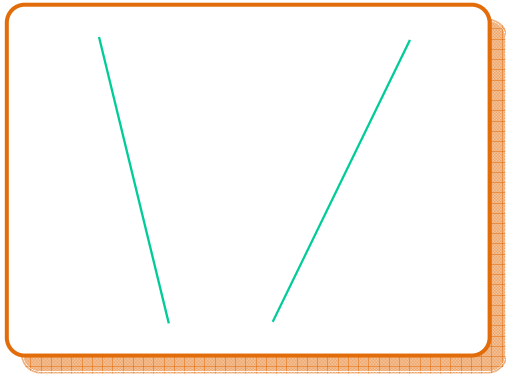


ขั้นตอนที่ 3

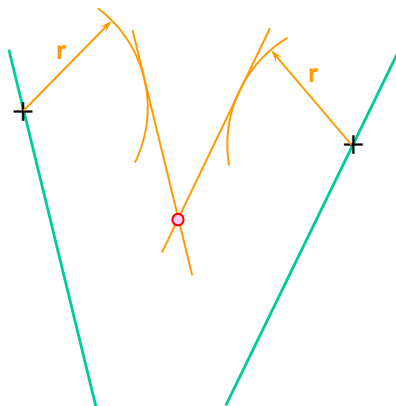


ขั้นตอนที่ 4

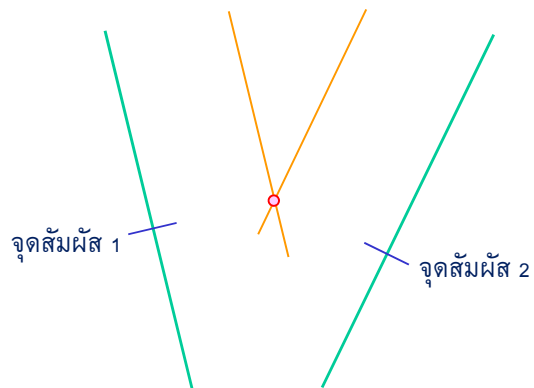
สร้างส่วนโค้งสัมผัสกับเส้นตรงสองเส้นที่ไม่ตั้งฉากกัน



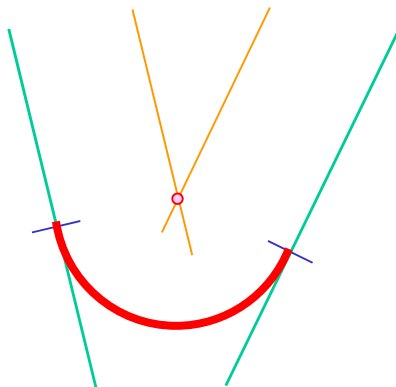
1. ลากเส้นขนานกับเส้นตรงทั้งสอง ให้มีระยะห่างจากเส้นเดิมเท่ากับ r (เส้นสีส้ม) จุดตัดที่ได้คือจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่ต้องการ
2. ลากเส้นตรงเส้นเล็ก ๆ ตัดกับเส้นที่กำหนดให้ โดยเส้นดังกล่าวต้องมีแนวผ่านจุดศูนย์กลางส่วนโค้งและตั้งฉากกับเส้นที่ต้องลากตัด
3. กางวงเวียนรัศมี r แล้วใช้จุดตัดของเส้นสีส้มเป็นจุดศูนย์กลาง ลากส่วนโค้งจากจุดสัมผัสหนึ่งไปสิ้นสุดที่จุดสัมผัสอีกอันหนึ่ง
4. สุดท้ายลากเส้นตรงต่อจากส่วนโค้งทั้งสองด้านก็จะได้ fillet หรือ round ในอีกรูปแบบหนึ่ง



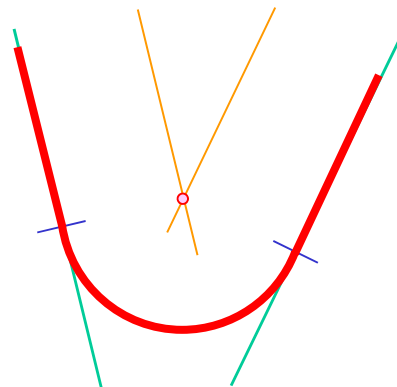
ขั้นตอนที่ 1



ขั้นตอนที่ 2



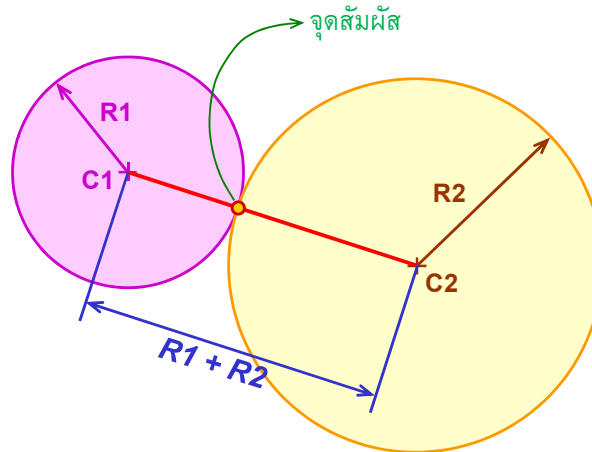
ขั้นตอนที่ 3



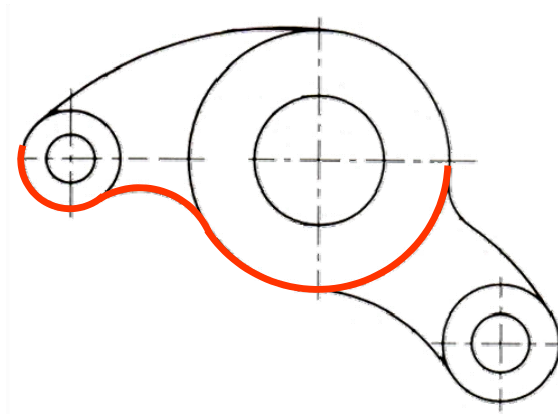
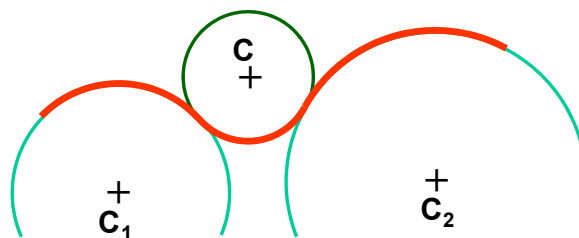
ขั้นตอนที่ 4

เรขาคณิตของวงกลมสัมผัสกัน

ก่อนจะอธิบายการวาดเส้นแบบต่อไป ขอทบทวนความรู้เรื่องเรขาคณิตเมื่อวงกลมสองวงสัมผัสกัน โดยกรณีแรกคือวงกลมสัมผัสกันด้านนอกดังแสดงในรูปที่ 2.16 จากรูปจะเห็นว่าถ้าวงกลมสองวงสัมผัสกันด้านนอก ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของวงกลมทั้งสองจะเท่ากับรัศมีของทั้งสองวงรวมกัน และจุดสัมผัสของวงกลมก็จะอยู่บนเส้นที่ลากเชื่อมจุดศูนย์กลางของวงกลมทั้งสองนั่นเอง สำหรับรูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างของรูปร่างวัตถุที่เกิดจากวงกลมสัมผัสกับแบบภายนอก

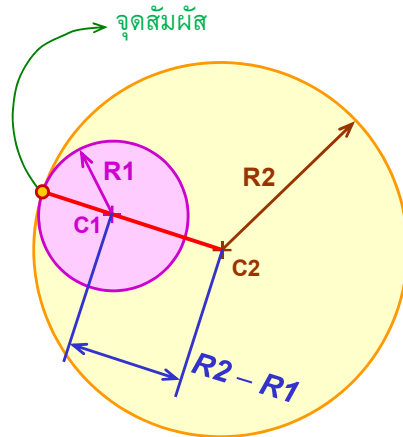


รูปที่ 2.16 คุณสมบัติของวงกลมสองวงที่สัมผัสกันด้านนอก

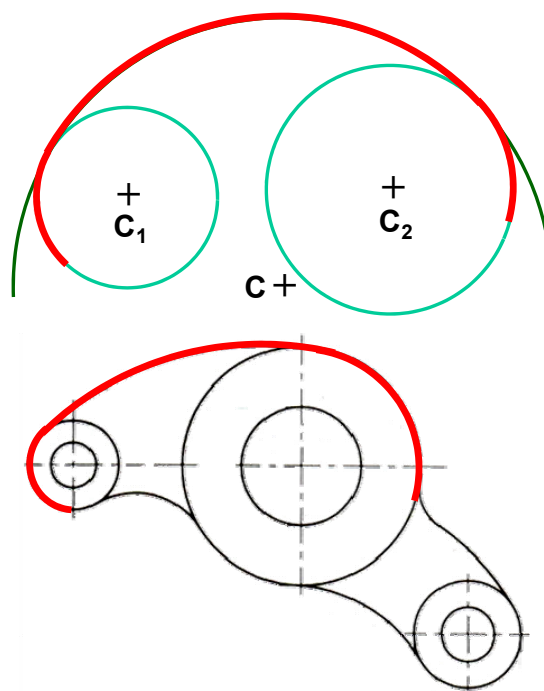


รูปที่ 2.17 ตัวอย่างของเส้นโค้งบนวัตถุที่เกิดจากเส้นโค้งสัมผัสกันด้านนอก

อีกกรณีของการสัมผัสกันของวงกลมคือกรณีที่วงกลมสัมผัสกันด้านในดังแสดงในรูปที่ 2.18 จากรูปจะเห็นว่าในกรณีนี้ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของวงกลมทั้งสองจะเท่ากับผลต่างของรัศมี และจุดสัมผัสก็ยังอยู่บนเส้นที่ลากเชื่อมจุดศูนย์กลางของทั้งสองวงกลมอีกเช่นเดิม ซึ่งตัวอย่างของรูปร่างวัตถุที่เกิดจากการสัมผัสกันภายในของวงกลมนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.19

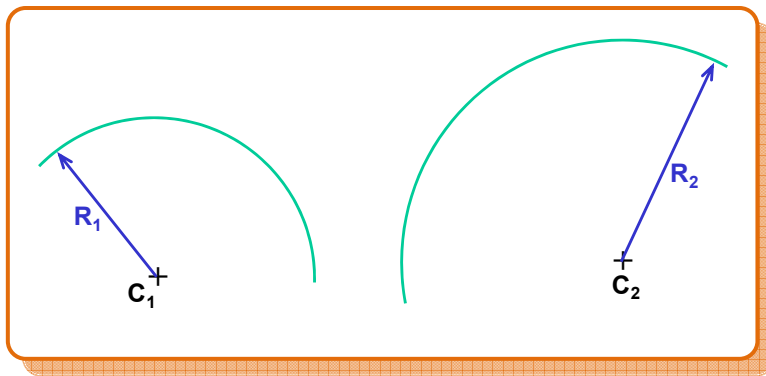


รูปที่ 2.18 คุณสมบัติของวงกลมสองวงที่สัมผัสกันด้านใน

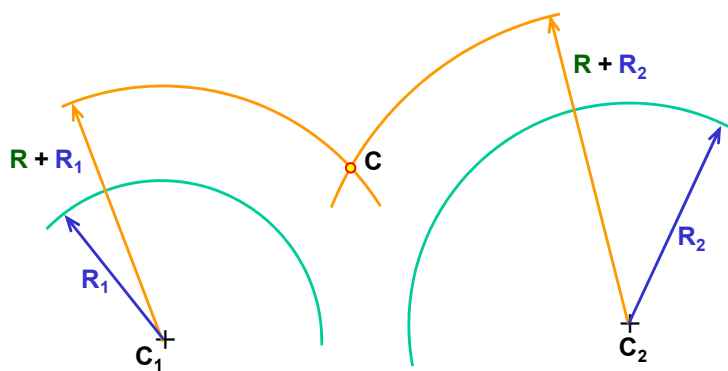


รูปที่ 2.19 ตัวอย่างของเส้นโค้งบนวัตถุที่เกิดจากเส้นโค้งสัมผัสกันด้านใน

สร้างส่วนโค้งสัมผัสด้านนอกกับวงกลมสองวง

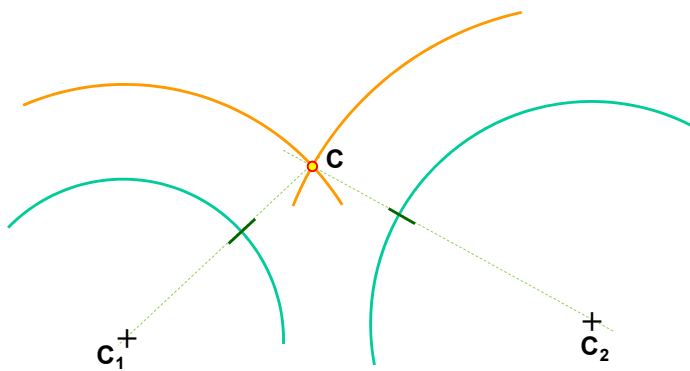


กำหนดให้สร้างส่วนโค้งรัศมี R สัมผัส
ด้านนอกกับวงกลมสองวงที่มีรัศมี R_1
และ R_2 ตามลำดับ



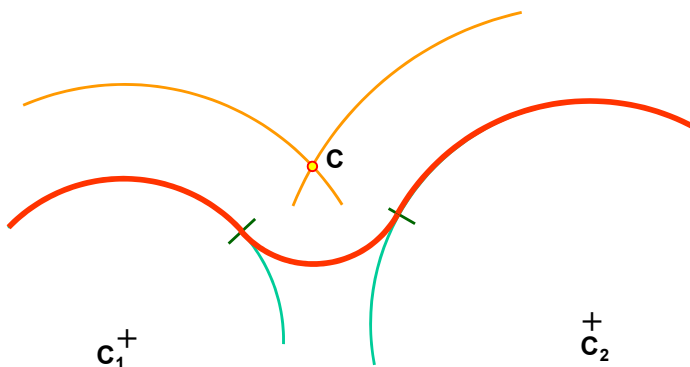
ขั้นตอนที่ 1

สร้างส่วนโค้งรัศมี $R+R_1$ และ
 $R+R_2$ โดยใช้จุด C_1 และ C_2 เป็น
จุดศูนย์กลางตามลำดับ ซึ่งจุดตัดที่
ได้คือจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่
ต้องการ (จุด C)



ขั้นตอนที่ 2

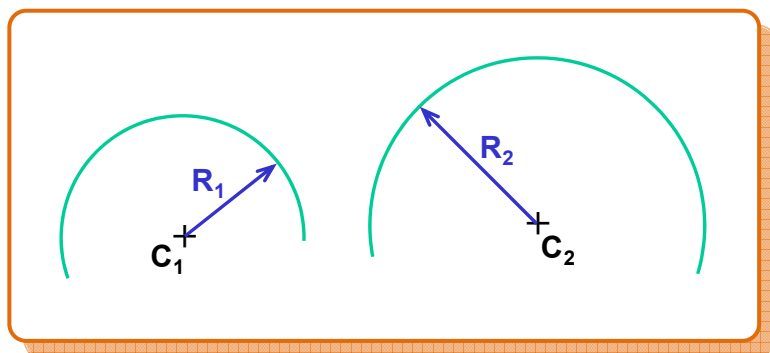
ลากเส้นตรงเล็ก ๆ แสดงจุดสัมผัส
ระหว่างส่วนโค้ง ซึ่งจุดดังกล่าวจะ
อยู่บนเส้นตรงที่ลากเชื่อมจุด
ศูนย์กลางทั้งสอง



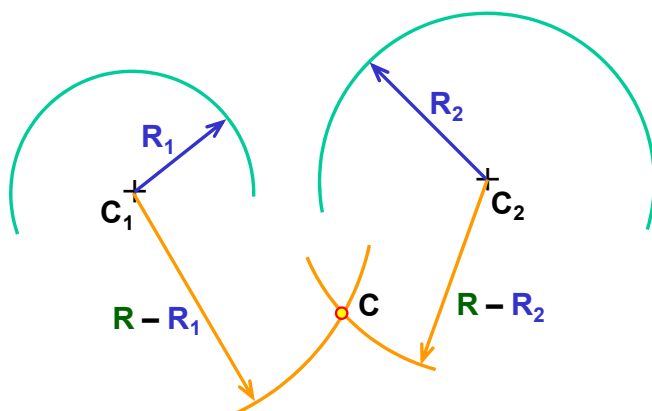
ขั้นตอนที่ 3

ใช้จุด C เป็นจุดศูนย์กลางลาก
ส่วนโค้งรัศมี R จากจุดสัมผัสหนึ่ง
ไปยังอีกจุดสัมผัสหนึ่ง จากนั้นลาก
ส่วนโค้งที่ต่อออกทั้งสองข้าง ก็จะ
ได้รูปแบบส่วนโค้งตามที่ต้องการ

สร้างส่วนโค้งสัมผัสด้านในกับวงกลมสองวง

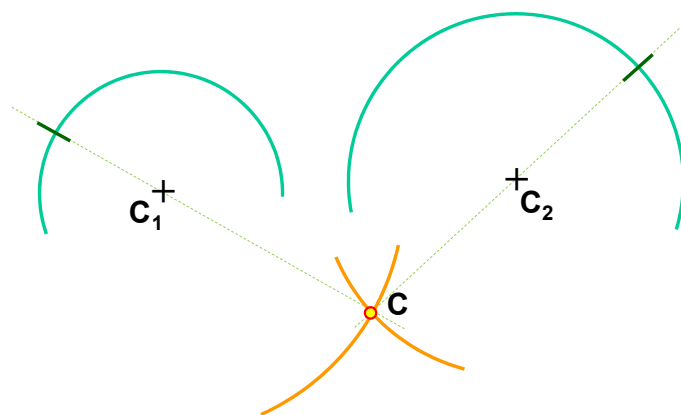


กำหนดให้สร้างส่วนโค้งรัศมี R สัมผัส
ด้านในกับวงกลมสองวงที่มีรัศมี R_1
และ R_2 ตามลำดับ



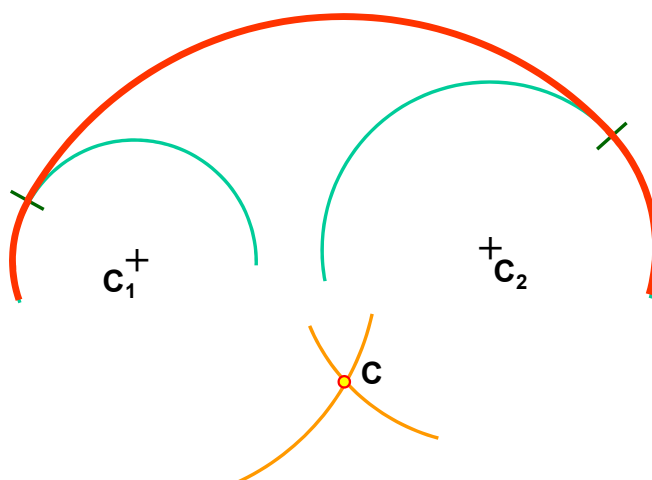
ขั้นตอนที่ 1

สร้างส่วนโค้งรัศมี $R - R_1$ และ $R - R_2$
โดยใช้จุด C_1 และ C_2 เป็นจุด
ศูนย์กลางตามลำดับ ซึ่งจุดตัดที่ได้
คือจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่
ต้องการ (จุด C)



ขั้นตอนที่ 2

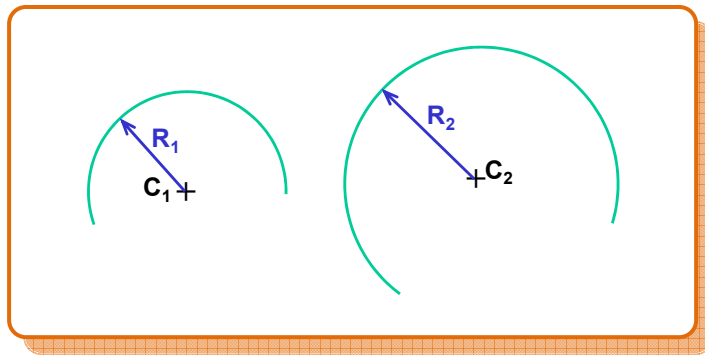
ลากเส้นตรงเล็ก ๆ แสดงจุดสัมผัส
ระหว่างส่วนโค้ง ซึ่งจุดดังกล่าวจะ
อยู่บนเส้นตรงที่ลากเชื่อมจุด
ศูนย์กลางทั้งสอง



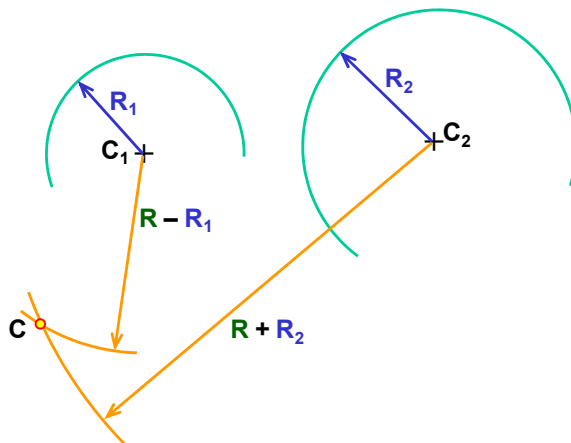
ขั้นตอนที่ 3

ใช้จุด C เป็นจุดศูนย์กลางลาก
ส่วนโค้งรัศมี R จากจุดสัมผัสหนึ่ง
ไปยังอีกจุดสัมผัสหนึ่ง จากนั้นลาก
ส่วนโค้งที่ต่อออกทั้งสองข้าง ก็จะ
ได้รูปแบบส่วนโค้งตามที่ต้องการ

สร้างส่วนโค้งสัมผัสด้านในกับวงกลมหนึ่งและสัมผัสนอกกับอีกวงกลมหนึ่ง

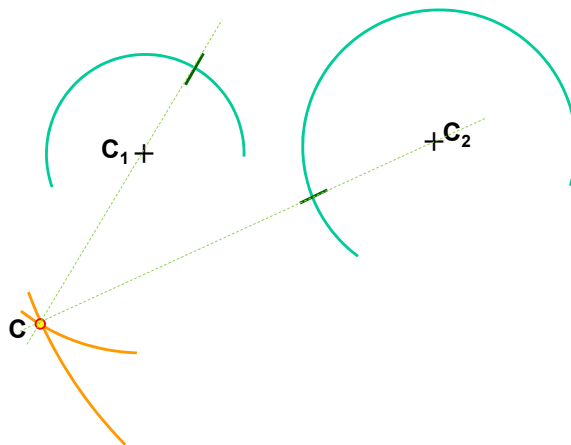


กำหนดให้สร้างส่วนโค้งรัศมี R สัมผัส
ด้านในกับวงกลมรัศมี R_1 และสัมผัส
นอกกับวงกลมรัศมี R_2 ตามลำดับ



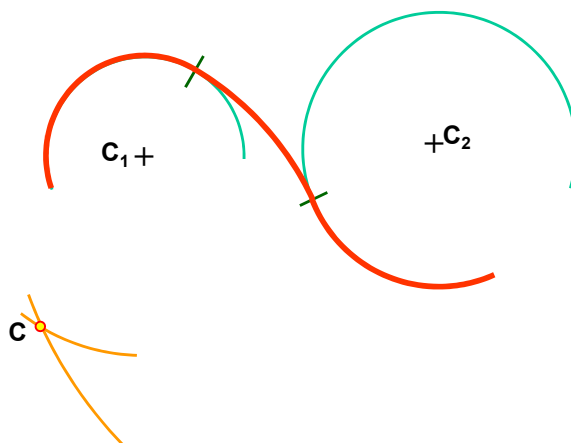
ขั้นตอนที่ 1

สร้างส่วนโค้งรัศมี $R - R_1$ และ $R + R_2$
โดยใช้จุด C_1 และ C_2 เป็นจุด
ศูนย์กลางตามลำดับ ซึ่งจุดตัดที่ได้คือ
จุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่ต้องการ
(จุด C)



ขั้นตอนที่ 2

ลากเส้นตรงเล็ก ๆ แสดงจุดสัมผัส
ระหว่างส่วนโค้ง ซึ่งจุดดังกล่าวจะอยู่
บนเส้นตรงที่ลากเชื่อมจุดศูนย์กลาง
ทั้งสอง



ขั้นตอนที่ 3

ใช้จุด C เป็นจุดศูนย์กลางลากส่วน
โค้งรัศมี R จากจุดสัมผัสหนึ่งไปยัง
อีกจุดสัมผัสหนึ่ง จากนั้นลากส่วน
โค้งที่ต่อออกทั้งสองข้าง ก็จะได้
รูปแบบส่วนโค้งตามที่ต้องการ

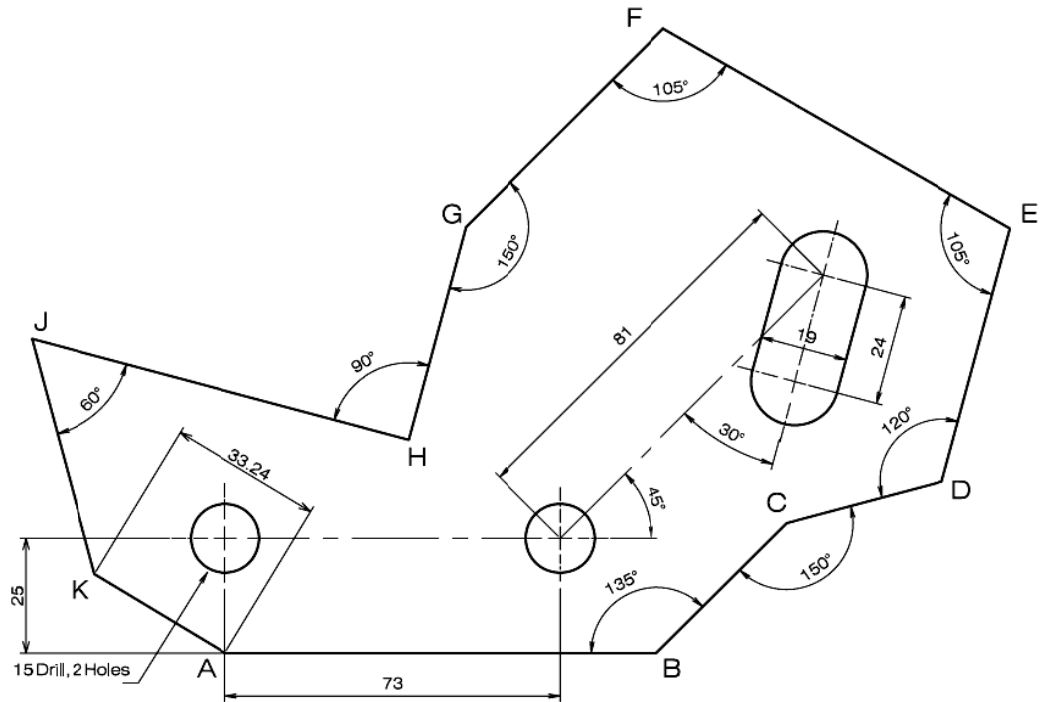
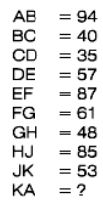
2.4 บทสรุป

บทนี้อธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ที่ต้องปฏิบัติตั้งแต่การติดกระดาษลงบนโต๊ะเขียนแบบซึ่งต้องจัดให้ได้ระดับกับไม้ที่ เพื่อที่จะได้ใช้ไม้ที่เป็นแนวระดับอ้างอิง จากนั้นเป็นการเตรียมดินสอและวงเวียนซึ่งต้องเหลาให้ปลายแหลมอยู่ตลอดเวลาที่ใช้เขียนแบบ เพื่อเส้นที่ออกมาจะได้สวยงามและมีความสม่ำเสมอ รวมถึงการใช้อุปกรณ์เขียนแบบเบื้องต้น เช่น การเขียนวงกลมด้วยวงเวียน การเขียนวงกลมด้วยเทมเพลต การใช้ไม้ที่ในการลากเส้นแนวนอน การใช้ไม้ที่และไม้สามเหลี่ยมในการลากเส้นตั้ง การใช้ไม้สามเหลี่ยมทั้งสองในการสร้างมุมที่เป็นลำดับขั้นของมุม 15 องศา เป็นต้น สุดท้ายคือหัวข้อที่เกี่ยวกับเรขาคณิตประยุกต์ โดยนำเสนอหัวข้อหลัก ๆ ที่ใช้บ่อยเท่านั้น ผู้เรียนควรกลับไปทบทวนเรื่องของเรขาคณิตอื่น ๆ ด้วยตนเอง เช่น การแบ่งครึ่งมุม การแบ่งครึ่งเส้นตรง การสร้างรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่า เป็นต้น

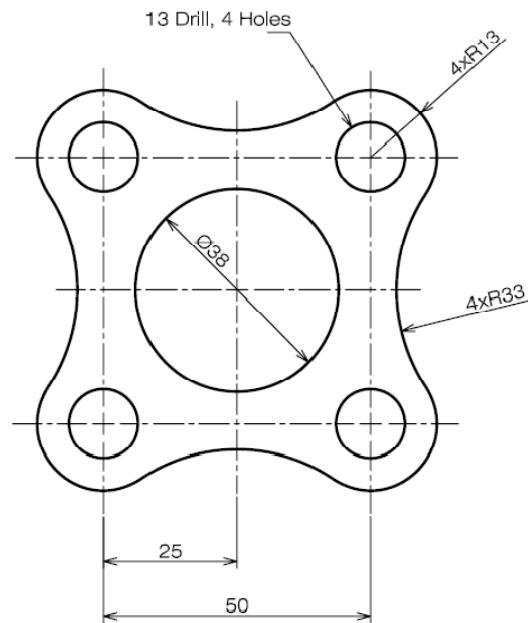
ผู้เรียนควรฝึกฝนหัวข้อต่าง ๆ ในบทนี้ให้เกิดความชำนาญเพราะสามารถช่วยผู้เรียนได้เป็นอย่างมากเวลาทำงานในห้องฝึกฝนหรือทำข้อสอบเนื่องจากเวลาที่มีจำกัด การฝึกฝนบ่อย ๆ จะทำให้เกิดความมั่นใจในการเขียนแบบและสามารถทำได้รวดเร็ว แบบฝึกหัดที่ให้ในตอนท้ายของบทนี้ก็เป็นส่วนหนึ่งที่สามารถช่วยผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกฝนมากยิ่งขึ้น

แบบฝึกหัด

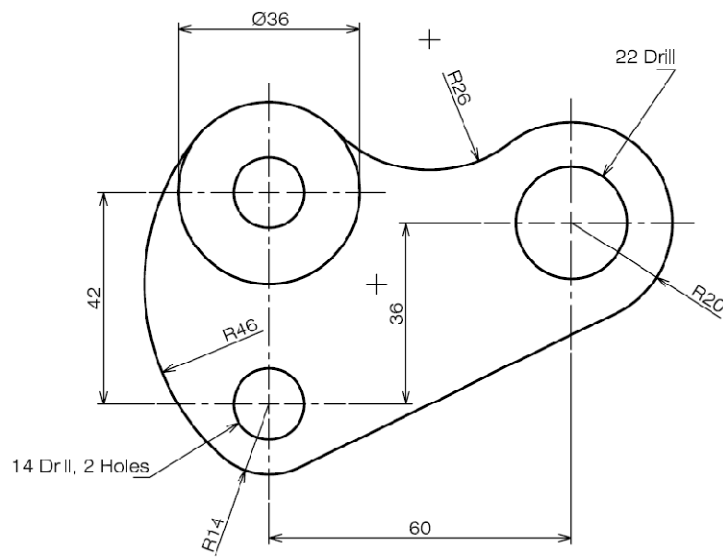
1. จงวาดรูปด้านล่างตามขนาดที่กำหนด (ขนาดมีหน่วยมิลลิเมตร) และจงหาความยาว KA



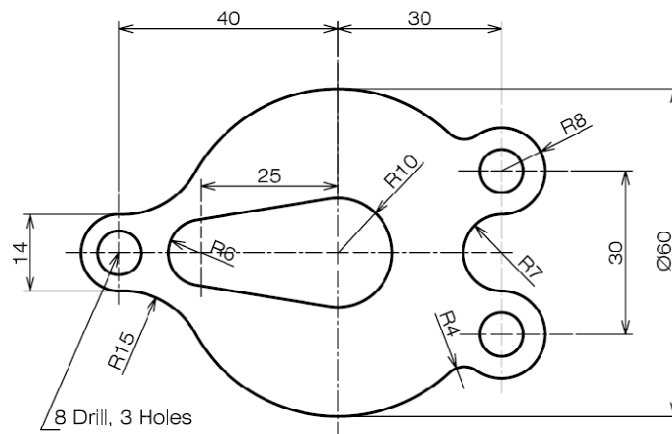
2. จงวาดรูปด้านล่างตามขนาดที่กำหนด



3. จงวาดรูปด้านล่างตามขนาดที่กำหนด



4. จงวาดรูปด้านล่างตามขนาดที่กำหนด



5. จงวาดรูปด้านล่างตามขนาดที่กำหนด

