บทที่ 3
ระเบียบวิธีการออกแบบเครื่องทดสอบความคืบ

3.1 ภาพรวมของการออกแบบ

ขั้นตอนโดยรวมในการออกแบบเครื่องทดสอบความคืบ แสดงอยู่ในรูปที่ 3.1

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการศึกษาหลักการทำงานของเครื่องทดสอบความคืบจากหนังสือ เอกสารต่าง ๆ และเครื่องทดสอบความคืบที่มีอยู่ เพื่อแจกแจงองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องทดสอบความคืบ และเพื่อให้ทราบการทำงานของแต่ละองค์ประกอบ

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการกำหนดลักษณะจำเพาะของเครื่องทดสอบความคืบที่จะออกแบบ ซึ่งจะพิจารณาจาก 1) ชนิดของวัสดุที่ต้องการทดสอบ 2) ขนาดและรูปร่างของชิ้นงานทดสอบ 3) สภาวะทดสอบที่รุนแรงที่สุด (ขนาดของภาระทดสอบสูงสุดและ/หรือ อุณหภูมิทดสอบสูงสุด)

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการสร้างขั้นตอนการออกแบบองค์ประกอบหลักแต่ละอันของเครื่องทดสอบความคืบ พร้อมกับพิจารณาข้อมูลที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบอื่น ๆ ขั้นตอนที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการคำนวณหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าของแต่ละองค์ประกอบ ในขั้นตอนการคำนวณจะมีเงื่อนไขการออกแบบต่าง ๆ ที่ต้องพิจารณา และอาจมีการวนรอบการคำนวณ ผลการคำนวณที่ได้จะนำไปใช้ในการเขียนแบบประกอบ (assembly drawing) และแบบรายละเอียด (detail drawing) เพื่อใช้ในการสร้างองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการสร้างองค์ประกอบของเครื่องทดสอบ โดยแบ่งองค์ประกอบหลักออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) หมวดไฟฟ้าและการควบคุม 2) หมวดโครงสร้างและชิ้นส่วนกล และ 3) หมวดอุปกรณ์วัดและการตรวจสอบสอบ

ขั้นตอนที่ 5 เป็นการประกอบชิ้นส่วนและองค์ประกอบทั้งหมดเป็นเครื่องทดสอบความคืบ

ขั้นตอนที่ 6 เป็นการตรวจสอบคุณภาพของการออกแบบและการสร้าง โดยตรวจสอบเครื่องทดสอบว่ามีความแม่นยำและน่าเชื่อถือเพียงใด

ขั้นตอนที่ 7 เป็นการสรุปผลจากที่ได้ศึกษา การออกแบบ การสร้าง การใช้งาน และการตรวจสอบ พร้อมทั้งนำเสนอปัญหาและแนวทางปรับปรุงการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบ

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนโดยรวมในการออกแบบและการสร้างเครื่องทดสอบความคืบ

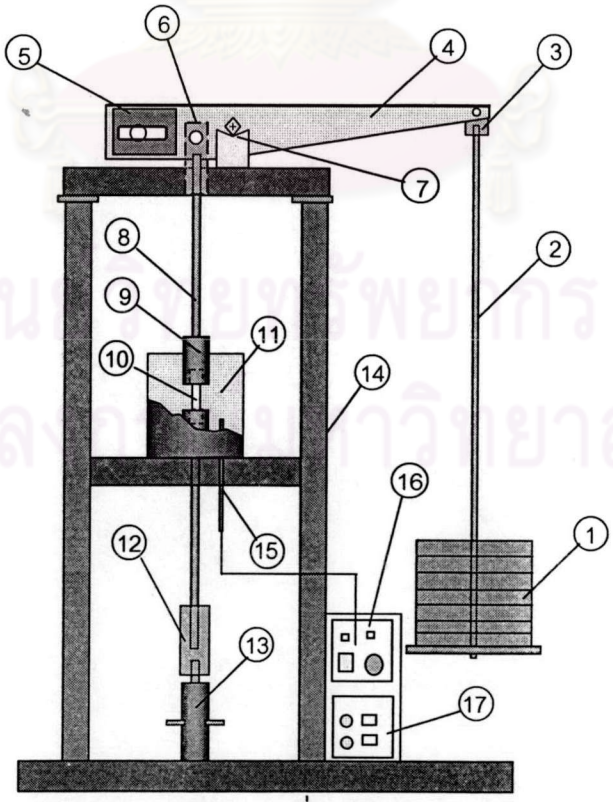
3.2 <u>ส่วนประกอบหลักและการทำงานของเครื่องทดสอบความคืบ</u>

3.2.1 ส่วนประกอบหลัก

ส่วนประกอบหลักของเครื่องทดสอบความคืบแบบแกนเดียว แสดงในรูปที่ 3.2 โดยแต่ละส่วนประกอบมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1) *ชุดน้ำหนักถ่วง* ทำหน้าที่ถ่วงให้เกิดภาระกับชิ้นงานทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย ตุ้มน้ำหนัก (หมายเลข 1) ก้านดึงคานทดแรงและจานรองตุ้มน้ำหนัก(หมายเลข 2) และตัวจับยึดคานทดแรงส่วนหน้า (หมายเลข 3)
2) *ชุดคานทดแรง* ทำหน้าที่เพิ่มขนาดของแรงจากชุดถ่วงน้ำหนักและส่งทอดแรงดึงให้ *ชุดให้ภาระ* ต่อไป *ชุดคานทดแรง* ประกอบด้วย คานทดแรง (หมายเลข 4) ตุ้มน้ำหนักปรับสมดุล (หมายเลข 5) และจุดหมุนและที่รองรับคานทดแรง (หมายเลข 7)

3) *ชุดให้ภาระ* ทำหน้าที่ส่งทอดแรงดึงที่ขยายแล้วจาก *ชุดคานทดแรง* ให้กับชิ้นงานทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย ตัวจับยึดคานทดแรงส่วนหลัง (หมายเลข 6) ก้านดึงชิ้นงานทดสอบ (หมายเลข 8) ตัวจับยึดชิ้นงานทดสอบ (หมายเลข 9) ชิ้นงานทดสอบ (หมายเลข 10) ตัวจับยึดอุปกรณ์ปรับระยะตามแนวแกน (หมายเลข 12) และอุปกรณ์ปรับระยะตามแนวแกน (หมายเลข 13)
4) *โครงของเครื่องทดสอบ* (หมายเลข 14) ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักและเป็นที่จับยึดของอุปกรณ์และส่วนประกอบต่าง ๆ ประกอบด้วย เสา คานกลาง คานบน และ ฐานของเครื่องทดสอบ
5) *เตาความร้อน* ทำหน้าที่ให้ความร้อนชิ้นงานทดสอบจนมีอุณหภูมิตามที่กำหนด
6) *อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ* ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลอุณหภูมิที่อ่านโดยอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และควบคุมอุณหภูมิในเตาความร้อนให้ได้ตามที่ต้องการ
7) *อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ* ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิในเตาที่ตำแหน่งอ้างอิง แล้วส่งสัญญาณมายังอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ
8) *อุปกรณ์จ่ายแรงดันให้เตาความร้อน* ทำหน้าที่ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้เตาความร้อน และอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องทดสอบความคืบแบบแกนเดียว

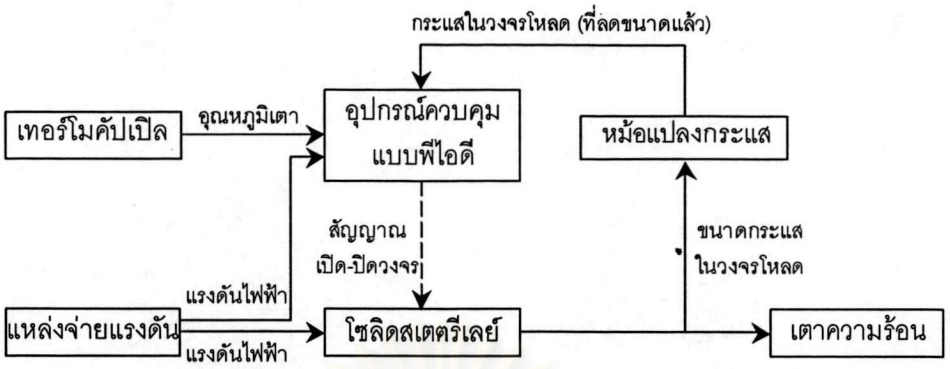
3.2.2 หลักการทำงานของเครื่องทดสอบความคืบ

การทำงานของเครื่องทดสอบความคืบในรูปที่ 3.2 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ตุ้มน้ำหนัก (หมายเลข 1) ทำให้เกิดแรงดึงขึ้นในก้านดึงคานทดแรง (หมายเลข 2) แรงดึงนี้จะส่งผ่านตัวจับยึดคานทดแรงส่วนหน้า (หมายเลข 3) ไปยังส่วนปลายของคานทดแรง (หมายเลข 4) และดึงคานทดแรงให้หมุนรอบจุดหมุน (หมายเลข 7) คานทดแรงจะขยายขนาดของแรงให้เพิ่มขึ้นและถูกส่งทอดไปยังชิ้นงานทดสอบ (หมายเลข 10) โดยผ่านตัวจับยึดคานทดแรงส่วนหลัง (หมายเลข 6) ก้านดึงชิ้นงานด้านบน (หมายเลข 8) ตัวจับยึดชิ้นงานทดสอบ (หมายเลข 9) ตามลำดับ ขณะเดียวกันที่ปลายอีกข้างของชิ้นงานทดสอบจะต่อกับ ตัวจับยึดชิ้นงานทดสอบ (หมายเลข 9) ก้านดึงชิ้นงานด้านล่าง (หมายเลข 8) ตัวจับยึดอุปกรณ์ปรับระยะตามแนวแกน (หมายเลข 12) และอุปกรณ์ปรับระยะแนวแกน (หมายเลข 13) ตามลำดับเพื่อส่งทอดแรงกลับไปยังโครงของเครื่องทดสอบ

เตาความร้อน (หมายเลข 11) ทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานทดสอบ โดยใช้กระแสไฟฟ้าจากอุปกรณ์จ่ายแรงดันไฟฟ้า (หมายเลข 17) ขณะเดียวกันอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (หมายเลข 15) จะส่งสัญญาณให้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (หมายเลข 16) เพื่อประมวลผล และส่งสัญญาณควบคุมใหม่ที่ทำให้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ต้องการ

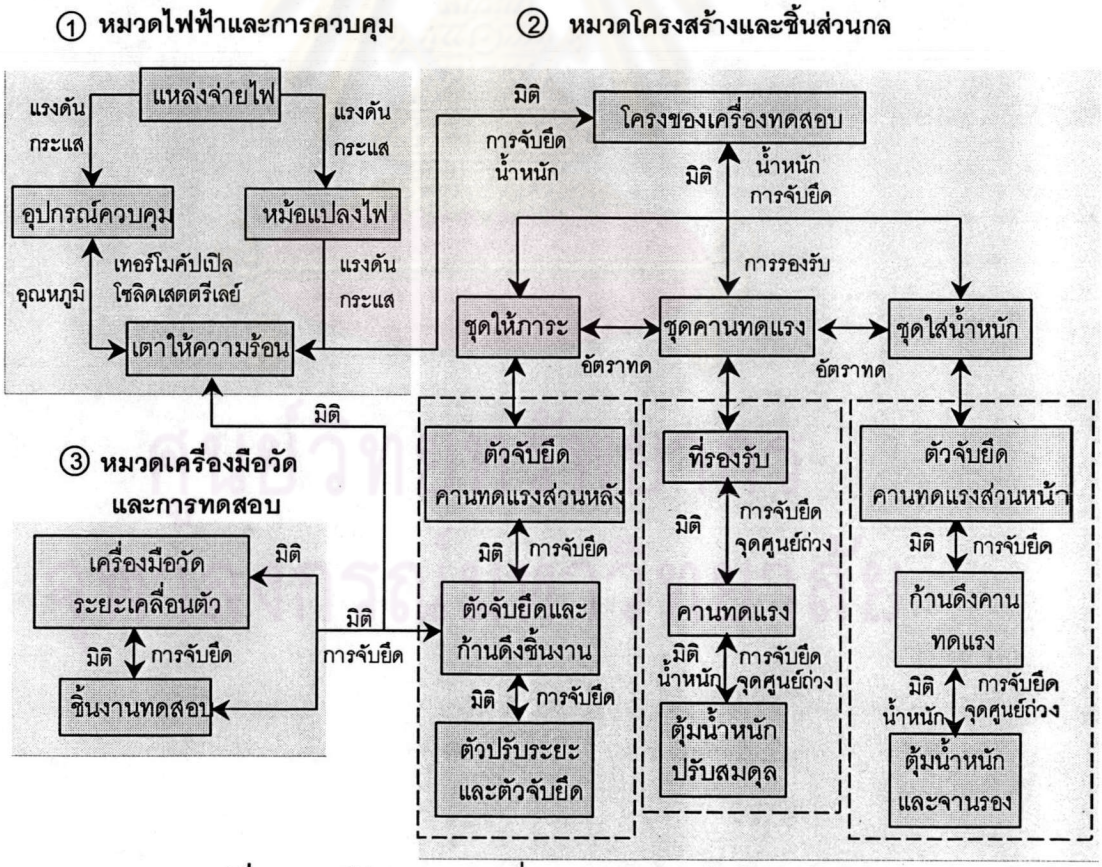
อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบที่อยู่ในเตาความร้อนให้เท่ากับค่าที่ตั้ง เนื่องจากสมบัติความคืบขึ้นกับอุณหภูมิทดสอบอย่างมาก ดังนั้นความแม่นยำและความไวของระบบควบคุมอุณหภูมิจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ นอกจากนี้การทดสอบมักใช้เวลานาน อุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบควบคุมอุณหภูมิจึงต้องมีความทนทาน ส่วนประกอบหลักของระบบควบคุมอุณหภูมิ (รูปที่ 3.3) มีดังนี้:- 1) แหล่งจ่ายแรงดัน (power supply) 2) อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี 3) โซลิดสเตตรีเรย์ (solid state relay) 4) หม้อแปลงกระแส (current transformer) 5) เตาความร้อน 6) เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) หลักการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิแสดงอยู่ในรูปที่ 3.3 จากรูป แหล่งจ่ายแรงดันจะจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ และขดลวดในเตาความร้อนผ่านโซลิดสเตตรีเรย์ซึ่งเป็นสวิทช์ตัด-ต่อการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดในเตาความร้อนตามคำสั่งของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งคำสั่งนี้มาจากการประมวลผลความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิจริงในเตา (วัดโดยเทอร์โมคัปเปิล) กับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ หม้อแปลงกระแสทำหน้าที่วัด และแปลง (ในที่นี้คือ ลด) ขนาดกระแสที่ไหลผ่านขดลวดของเตาความร้อน เพื่อใช้เป็นสัญญาณเตือนให้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิหยุดการทำงานหากกระแสในวงจรสูงผิดปกติ



รูปที่ 3.3 ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบ และหลักการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

3.3 ขั้นตอนการออกแบบเครื่องทดสอบความคืบ

งานวิจัยนี้แบ่งส่วนประกอบของเครื่องทดสอบความคืบเป็น 3 หมวด คือ 1) หมวดไฟฟ้าและการควบคุม 2) หมวดโครงสร้างและชิ้นส่วนกล และ 3) หมวดเครื่องมือวัดและการตรวจสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 องค์ประกอบของเครื่องทดสอบความคืบแกนเดียว

ส่วนประกอบในแต่ละหมวดจะแรเงาพื้นด้วยสีเทาเข้ม ข้อมูลที่สัมพันธ์กันจะเขียนกำกับไว้เหนือเส้นเชื่อมมีลูกศรหัว-ท้ายระหว่างส่วนประกอบ จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่าข้อมูลที่สัมพันธ์กันในหมวดที่ 1 เป็นเรื่องของแรงดันไฟฟ้า และกระแสโหลด ข้อมูลที่สัมพันธ์กันในหมวดที่ 2 และ 3 เกือบทั้งหมดจะเกี่ยวกับมิติของชิ้นส่วนต่าง ๆ เพราะจะต้องนำมาประกอบกันเป็นเครื่องทดสอบ เนื่องจากองค์ประกอบต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างซับซ้อน จึงได้กำหนดลำดับการออกแบบขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3.5 ลำดับการออกแบบหลักจะเรียงตามแนวดิ่ง ส่วนลำดับการออกแบบย่อยจะเรียงในแนวระดับ ลูกศรที่เชื่อมทั้งสองทิศทางแสดงการทำซ้ำกลับไปกลับมาของลำดับการออกแบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับทุกเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกัน

รูปที่ 3.5 ลำดับการออกแบบส่วนประกอบของเครื่องทดสอบความคืบ

3.3.1 การกำหนดลักษณะจำเพาะของเครื่องทดสอบ

การกำหนดลักษณะจำเพาะของเครื่องทดสอบเป็นสิ่งสำคัญ เพราะมีผลต่อขนาดของชิ้นส่วน อุปกรณ์ ชนิดของวัสดุ และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดลักษณะจำเพาะของเครื่องทดสอบความคืบแบบแกนเดียวดังนี้

1) สภาวะทดสอบ
2) วิธีให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน
3) วิธีให้ภาระกับชิ้นงานทดสอบ
4) ลักษณะโดยรวมของโครงสร้าง

1) <u>สภาวะออกแบบ</u>

สภาวะออกแบบที่ต้องกำหนดประกอบด้วย อุณหภูมิ และภาระ ซึ่งขั้นตอนการกำหนดจะกล่าวในหัวข้อย่อยต่อไปนี้

1.1) การกำหนดอุณหภูมิออกแบบ

ขั้นตอนการกำหนดอุณหภูมิออกแบบ แสดงอยู่ในรูปที่ 3.6 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คือ การเลือกวัสดุทดสอบที่ใช้ทำอุปกรณ์ที่สนใจ

ขั้นตอนที่ 2 คือ การกำหนดอุณหภูมิทดสอบต่ำสุดจากอุณหภูมิใช้งานของอุปกรณ์ที่พิจารณา

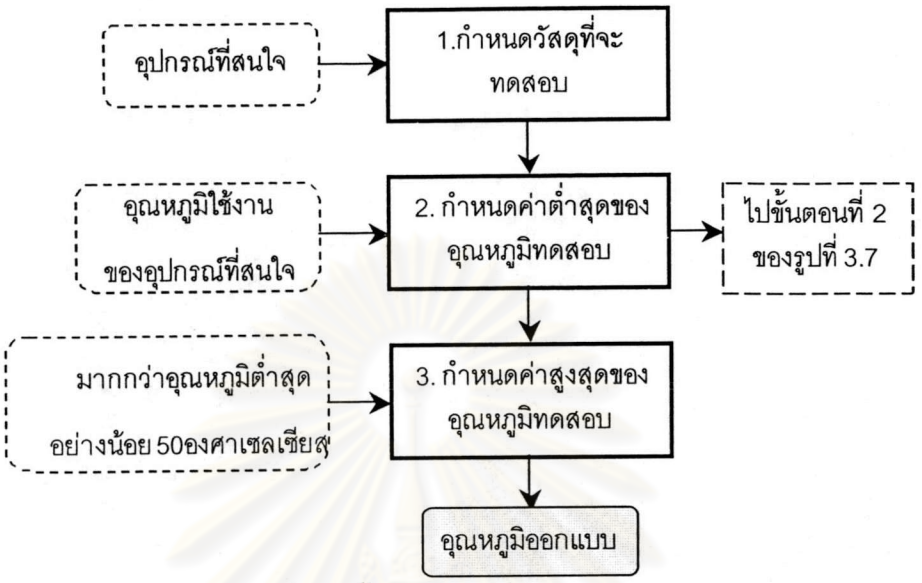
ขั้นตอนที่ 3 คือ การกำหนดอุณหภูมิทดสอบสูงสุด ควรจะมีค่ามากกว่าอุณหภูมิทดสอบต่ำสุด อย่างน้อย 50 องศาเซลเซียส เพราะการทดสอบความคืบส่วนใหญ่เป็นการทดสอบแบบเร่ง (accelerated test) อุณหภูมินี้จะใช้ในการออกแบบเตาความร้อนต่อไป

1.2) การกำหนดภาระออกแบบ

การกำหนดภาระออกแบบประกอบด้วย ขนาดสูงสุด และต่ำสุดของภาระ ขนาดภาระสูงสุดเกี่ยวข้องความแข็งเกร็งของโครงสร้างของเครื่องทดสอบ และขนาดของชิ้นส่วนที่รับภาระ เช่น ก้านดึงชิ้นงานทดสอบ เป็นต้น ส่วนขนาดต่ำสุดของภาระที่เครื่องทดสอบทำได้ควรมีค่าเท่ากับ (หรือใกล้เคียงกับ) ศูนย์ เพื่อให้พิสัยใช้งานของเครื่องทดสอบทดสอบกว้างที่สุด

เนื่องจากขนาดของภาระสูงสุดมีความสำคัญมากกว่า จึงจะกล่าวเฉพาะขั้นตอนการกำหนดขนาดของภาระสูงสุด ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 3.7

เนื่องจากขนาดของภาระสูงสุดมีความสำคัญมากกว่า จึงจะกล่าวเฉพาะขั้นตอนการกำหนดขนาดของภาระสูงสุด ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการกำหนดอุณหภูมิออกแบบ

ขั้นตอนที่ 1คือ การกำหนดระยะเวลาทดสอบ (หรืออายุความคืบสั้น) ที่สั้นที่สุด [1]

ขั้นตอนที่ 2 คือ การคำนวณหาความเค้นสูงสุดบนชิ้นงานทดสอบ โดยอาศัยข้อมูลอุณหภูมิทดสอบต่ำสุด ซึ่งกำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 2 ของรูปที่ 3.6

ขั้นตอนที่ 3 คือ การกำหนดลักษณะหน้าตัดของชิ้นงานทดสอบ (วงกลม สี่เหลี่ยม เป็นต้น) และมิติ

ขั้นตอนที่ 4 คือ การคำนวณพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานทดสอบ

ขั้นตอนที่ 5 คือ การคำนวณหาขนาดภาระสูงสุดที่กระทำกับชิ้นงานทดสอบ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างความเค้นสูงสุดกับพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานทดสอบ

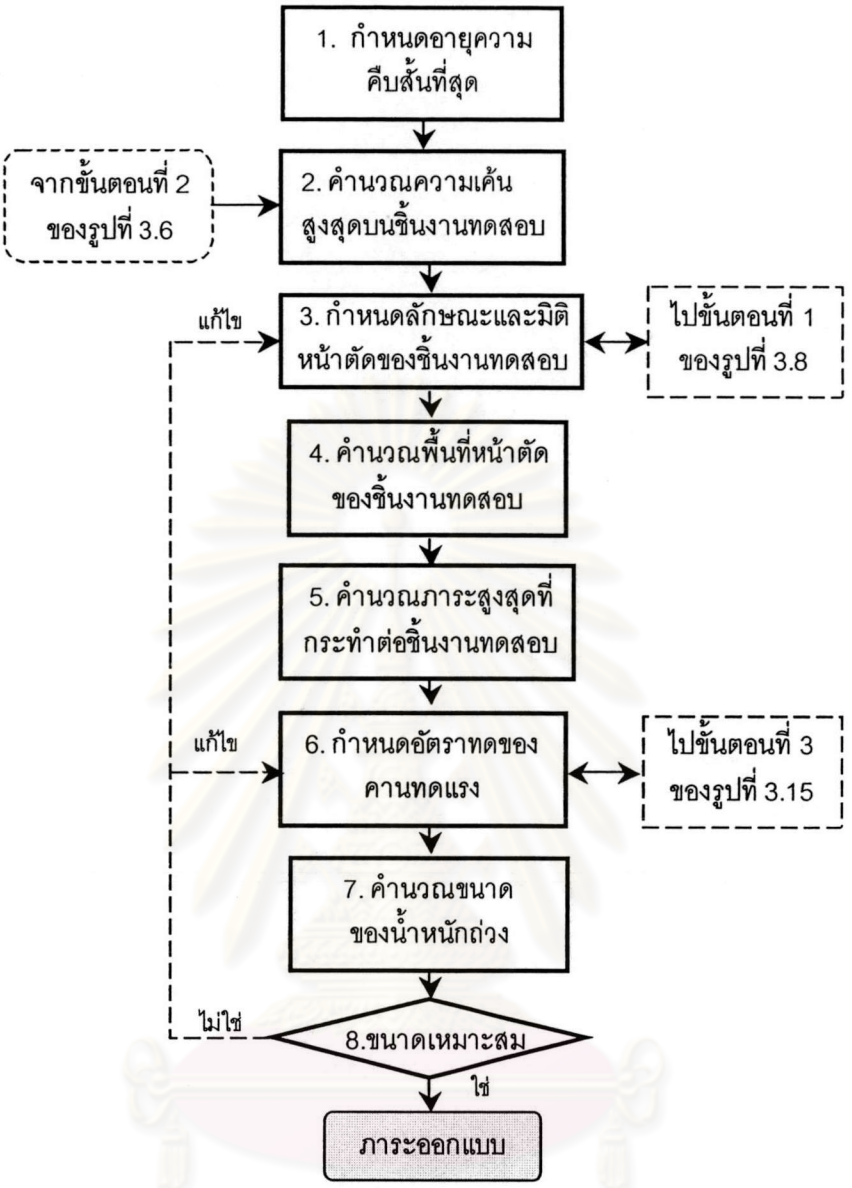
ขั้นตอนที่ 6 คือ การกำหนดอัตราทดของคานทดแรง ข้อมูลนี้จะใช้ในการออกแบบคานทดแรงด้วย

ขั้นตอนที่ 7 คือ การคำนวณน้ำหนักถ่วง

ขั้นตอนที่ 8 คือ การตรวจสอบว่าน้ำหนักถ่วงมีขนาดเหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมก็สามารถแก้ไข ขนาดหน้าตัดของชิ้นงานทดสอบ หรืออัตราทดของคานทดแรง ถ้าเหมาะสมก็จะได้ขนาดภาระออกแบบคือ ขนาดของแรงที่กระทำต่อชิ้นงานทดสอบ

---

[1] เพราะความเค้นหรือ ภาระ ที่กระทำกับชิ้นงานทดสอบจะมีค่าสูงสุด



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการกำหนดภาระออกแบบ

2) <u>วิธีให้ความร้อนกับชิ้นงาน</u>

วิธีให้ความร้อนกับชิ้นงานทดสอบ ทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ขดลวดโลหะผสม หรือ วัสดุอื่น เช่น ซิลิกอนคาร์ไบด์ เป็นต้น เป็นตัวทำความร้อน , การใช้วิธีเหนี่ยวนำ (induction heating) การใช้วิธีแผ่รังสีจากหลอดไฟ (radiant lamp) เป็นต้น

การเลือกวิธีให้ความร้อนกับชิ้นงานทดสอบ จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

- ต้นทุนในการสร้าง
- อัตราการทำความร้อนให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการ
- อุณหภูมิทดสอบสูงสุด
- ความสม่ำเสมอของการกระจายอุณหภูมิที่ผิวตามแนวแกนของชิ้นงานทดสอบ

3) วิธีให้ภาระกับชิ้นงานทดสอบ

การออกแบบวิธีให้ภาระกับชิ้นงาน และการจับยึดชิ้นงาน จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

- ทำให้เกิดภาระดัดที่ชิ้นงานทดสอบน้อยที่สุด
- ระบบทดแรงควรจะไม่ซับซ้อน
- สามารถถอดใส่ชิ้นงานได้ง่าย
- ควรมีกลไกป้องกันการภาระกระแทก (shock load) ขณะเพิ่มหรือลดภาระที่กระทำต่อชิ้นงานทดสอบ

4) ลักษณะโดยรวมของโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้าง มีข้อควรพิจารณาดังต่อไปนี้

- มีความแข็งแรงมากพอที่จะรับน้ำหนักชิ้นส่วนต่างๆที่ยึดอยู่บนโครงสร้างและรับภาระที่เกิดขึ้นได้
- มีความแข็งเกร็งพอที่จะไม่ทำให้ระยะโก่งตัวในจุดที่วิกฤติเกินขอบเขตที่ยอมรับได้
- มีขนาดใหญ่พอที่จะติดตั้งหรือวางอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ เช่น ตุ้มน้ำหนัก หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้โครงสร้างจะต้องมีความกว้างมากพอ ที่จะทำให้ปฏิบัติงานได้อย่างสะดวก แต่ต้องไม่ใหญ่จนเกินไป

3.3.2 การออกแบบชิ้นงานทดสอบ

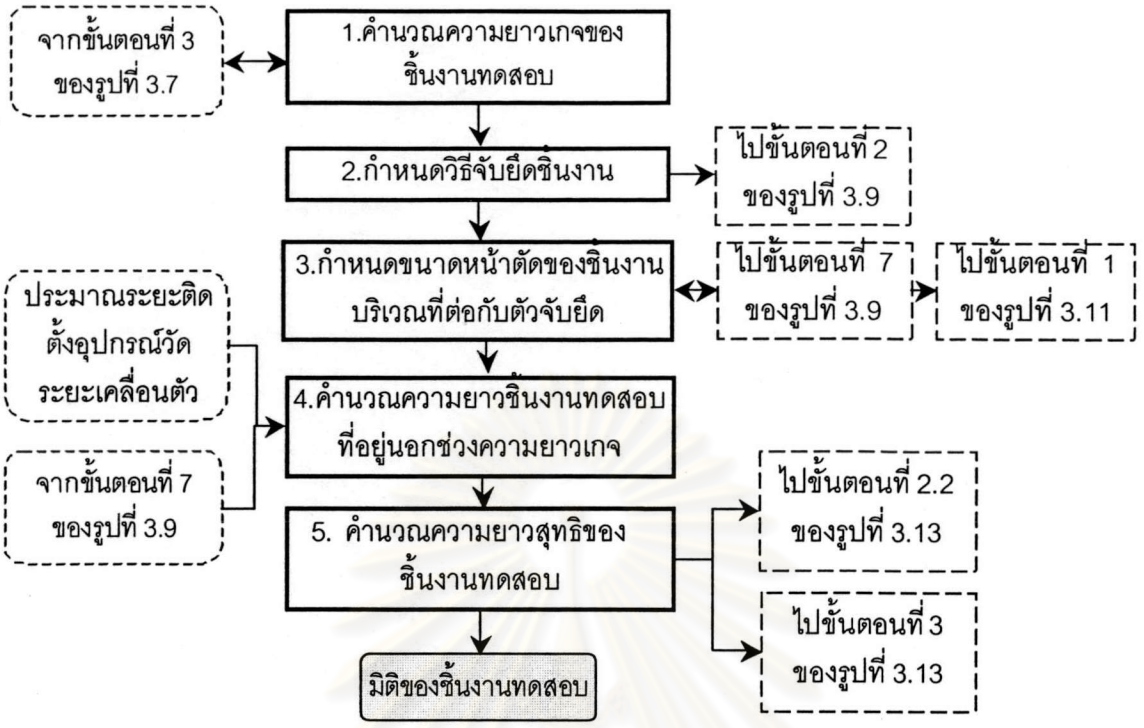
การออกแบบชิ้นงานทดสอบประกอบด้วยการกำหนด 1) ลักษณะหน้าตัด 2) มิติของชิ้นงานทดสอบ ซึ่งส่วนที่สำคัญคือ ความยาวเกจ (gage length) และขนาดหน้าตัด ขั้นตอนการออกแบบแสดงอยู่ในรูปที่ 3.8

ขั้นตอนที่ 1 คือ การนำรูปร่างหน้าตัด และมิติของหน้าตัด ที่กำหนดขึ้นในขั้นตอนที่ 3 ของรูปที่ 3.7 มาคำนวณหาความยาวเกจ โดยใช้ค่าแนะนำในเอกสารอ้างอิง [2]

ขั้นตอนที่ 2 คือ การกำหนดวิธีจับยึดระหว่างชิ้นงานทดสอบกับที่ตัวจับยึดชิ้นงานทดสอบ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดรูปร่างของตัวจับยึดชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 3 คือ การกำหนดขนาดหน้าตัดชิ้นงานทดสอบบริเวณที่ต่อกับตัวจับยึด ซึ่งเป็นธรรมดาที่จะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดหน้าตัดบริเวณความยาวเกจ

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการประมาณความยาวชิ้นงานทดสอบส่วนที่อยู่นอกความยาวเกจ ที่เผื่อไว้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์วัดระยะการเคลื่อนตัว และจับยึดกับตัวจับชิ้นงานทดสอบ



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการกำหนดรูปร่างและขนาดของชิ้นงานทดสอบ

ขั้นตอนที่ 5 เป็นการคำนวณความยาวสุทธิของชิ้นงานทดสอบ ซึ่งเท่ากับผลบวกของความยาวเกจ และความยาวของส่วนนอกความยาวเกจ (ระยะเผื่อสำหรับติดตั้งอุปกรณ์วัดระยะ)

3.3.3 การออกแบบก้านดึงชิ้นงานและอุปกรณ์จับยึด

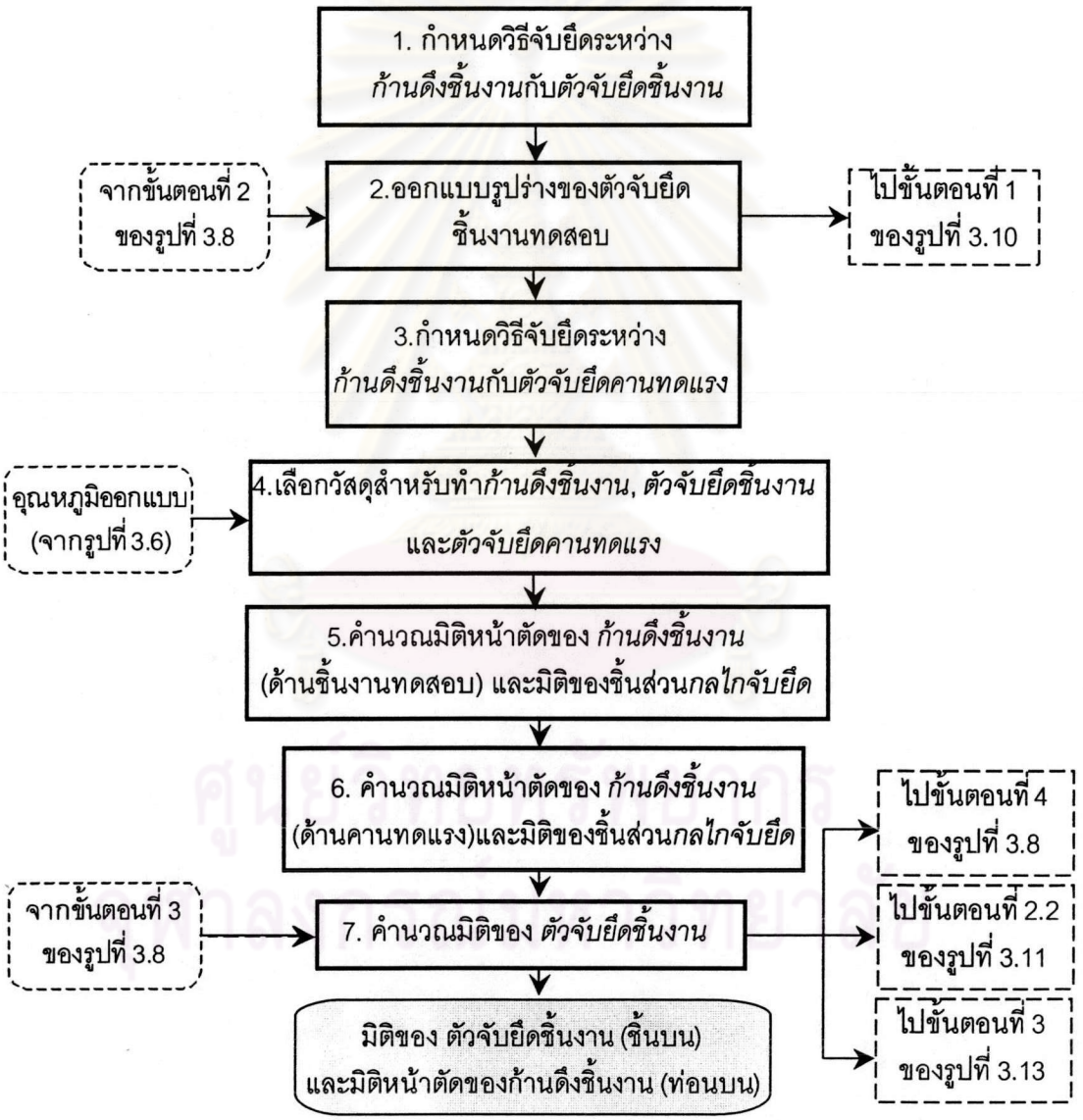
ก้านดึงชิ้นงาน ประกอบด้วย 1) ก้านดึงชิ้นงานท่อนบน และ 2) ก้านดึงชิ้นงานท่อนล่าง ก้านดึงชิ้นงานทำหน้าที่ส่งถ่ายภาระ (ดึง) ให้ชิ้นงานทดสอบ เนื่องจากก้านดึงทั้งสองมีสภาวะใช้งานเหมือนกันผลการออกแบบก้านดึงชิ้นงานท่อนบน และด้านล่างจึงคล้ายกัน อย่างไรก็ดีก้านดึงชิ้นงานท่อนล่างจะมีอุปกรณ์ปรับระยะแนวแกนดิ่ง(ต่อไปจะเรียก *ตัวปรับระยะ*) เพื่อปรับตำแหน่งของก้านดึงชิ้นงานขณะถอดหรือใส่ชิ้นงาน จึงอาจมีรายละเอียดเฉพาะที่ปลายต่างกันเล็กน้อย

อุปกรณ์จับยึด ประกอบด้วย 1) ตัวจับยึดชิ้นงานทดสอบด้านบน และด้านล่าง (รูปที่ 3.2 หมายเลข 9 บน) ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า *ตัวจับยึดชิ้นงาน* 2) อุปกรณ์จับยึดและชดเชยการเยื้องศูนย์ด้านบน (รูปที่ 3.2 หมายเลข 6 บน) ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า *ตัวจับยึดคานทดแรง (ส่วนหลัง)* 3)อุปกรณ์จับยึดและชดเชยการเยื้องศูนย์ด้านล่าง (รูปที่ 3.2 หมายเลข 12) ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า *ตัวจับยึดอุปกรณ์ปรับระยะ*

สิ่งที่ต้องการทราบคือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของก้านดึงชิ้นงาน มิติของตัวจับยึดชิ้นงาน มิติของตัวจับยึดคานทดแรง (ส่วนหลัง) มิติของตัวจับยึดอุปกรณ์ปรับระยะ และมิติของตัวปรับระยะแนวแกน

1) <u>ตัวจับยึดชิ้นงานและก้านดึงชิ้นงานท่อนบน</u>

ขั้นตอนการออกแบบแสดงอยู่ในรูปที่ 3.9 ในที่นี้กำหนดให้ขนาดชิ้นส่วนที่อยู่ด้านบนเท่ากันกับขนาดชิ้นส่วนที่อยู่ด้านล่าง



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์จับยึดและก้านดึงชิ้นงานท่อนบน

ขั้นตอนที่ 1 คือ การกำหนดวิธีจับยึดระหว่างก้านดึงชิ้นงานทดสอบ กับตัวจับยึดชิ้นงานทดสอบ

ขั้นตอนที่ 2 คือ การออกแบบรูปร่างตัวจับยึดชิ้นงานทดสอบ ในขั้นตอนนี้ต้องการข้อมูลวิธีจับยึดระหว่างตัวจับยึดชิ้นงานทดสอบกับชิ้นงานทดสอบ จากขั้นตอนที่ 2 ในรูปที่ 3.8

ขั้นตอนที่ 3 คือ การกำหนดวิธีจับยึดระหว่างก้านดึงชิ้นงานกับตัวจับยึดคานทดแรง(ส่วนหลัง) วิธีจับยึดที่ใช้จะต้องสามารถลด หรือกำจัดโมเมนต์ดัดที่จะเกิดกับชิ้นงานทดสอบ

ขั้นตอนที่ 4 คือ การเลือกวัสดุสำหรับทำชิ้นส่วน โดยพิจารณาอุณหภูมิใช้งานด้วย

ขั้นตอนที่ 5 คือ การคำนวณมิติหน้าตัดของก้านดึงชิ้นงานทดสอบด้านชิ้นงานทดสอบ และมิติของชิ้นส่วนกลไกจับยึด

ขั้นตอนที่ 6 คือ การคำนวณมิติหน้าตัดของก้านดึงชิ้นงานทดสอบด้านคานทดแรง และมิติของชิ้นส่วนกลไกจับยึด

ขั้นตอนที่ 7 คือ การคำนวณมิติของตัวจับยึดชิ้นงาน

2) <u>ตัวจับยึดชิ้นงานและก้านดึงชิ้นงานท่อนล่าง</u>

ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน และก้านดึงชิ้นงานท่อนล่างแสดงอยู่ในรูปที่ 3.10

ขั้นตอนที่ 1 คือ การกำหนดรูปร่าง และมิติของตัวจับยึดชิ้นงานทดสอบ ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เหมือนกับตัวจับยึดตัวบน

ขั้นตอนที่ 2 คือ การกำหนดกลไกจับยึดระหว่างก้านดึงชิ้นงานกับตัวจับยึดอุปกรณ์ปรับระยะ วิธีจับยึดที่ใช้จะต้องสามารถลด หรือกำจัดโมเมนต์ดัดที่จะเกิดกับชิ้นงานทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 คือ การเลือกวัสดุสำหรับทำชิ้นส่วน โดยพิจารณาอุณหภูมิใช้งานด้วย

ขั้นตอนที่ 4 คือ การคำนวณมิติหน้าตัดของก้านดึงชิ้นงานทดสอบด้านชิ้นงานทดสอบ และมิติของชิ้นส่วนกลไกจับยึด

ขั้นตอนที่ 5 คือ การคำนวณมิติหน้าตัดของก้านดึงชิ้นงานทดสอบด้านตัวจับยึดของอุปกรณ์ปรับระยะ และมิติของชิ้นส่วนกลไกจับยึด

ขั้นตอนที่ 6 คือ การคำนวณมิติของอุปกรณ์ปรับระยะ

รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์จับยึดและก้านดึงชิ้นงานท่อนล่าง

3.3.4 การออกแบบเตาความร้อน

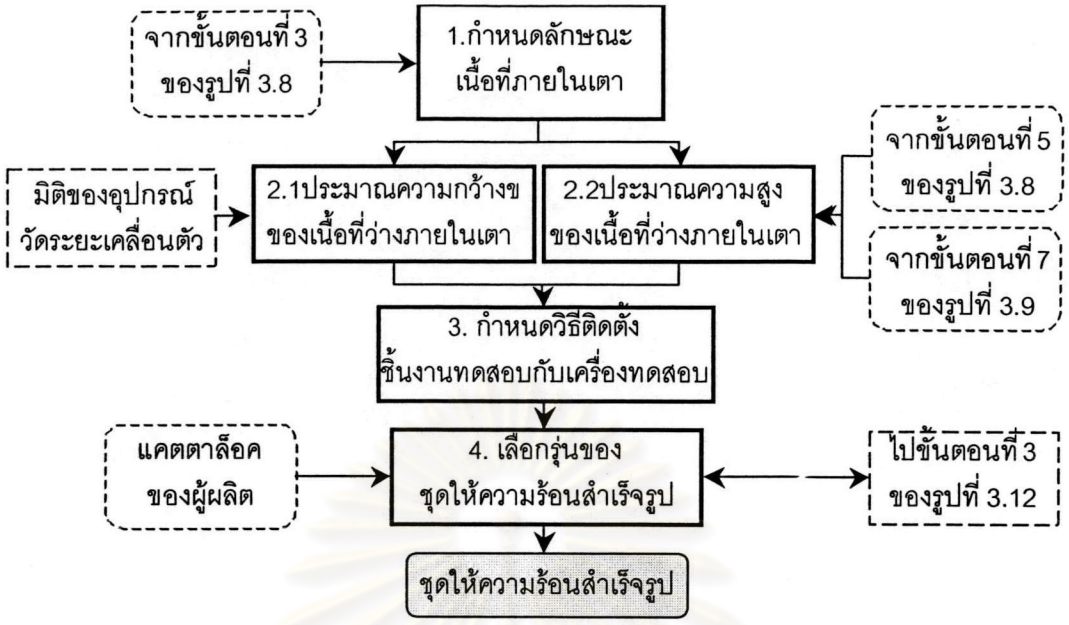
งานวิจัยนี้เลือกเตาความร้อนแบบขดลวดความต้านทาน เพราะมีความซับซ้อนและใช้ต้นทุนในการสร้าง น้อยกว่าวิธีอื่น โดยซื้อชุดให้ความร้อนสำเร็จรูป (heating module) มาสร้างเป็นเตาความร้อน ในการออกแบบเตาความร้อน สามารถแบ่งเนื้อหาออกได้ 3 ส่วนหลัก คือ

1) การเลือกชุดให้ความร้อน
2) การออกแบบเตาความร้อน

1) <u>การเลือกชุดให้ความร้อน</u>

ขั้นตอนการเลือกชุดให้ความร้อน แสดงอยู่ในรูปที่ 3.11

ขั้นตอนที่ 1 คือ การกำหนดลักษณะเนื้อที่ภายในเตา โดยพิจารณาจากความสม่ำเสมอของอุณหภูมิตามแนวเส้นรอบรูปของชิ้นงานทดสอบ



รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการเลือกชุดให้ความร้อนสำเร็จรูป

ขั้นตอนที่ 2 คือ การประมาณความกว้าง และความสูงของเนื้อที่ภายในของเตา การกำหนดความกว้างภายในของเตาต้องการมิติคร่าว ๆ ของอุปกรณ์วัดระยะเคลื่อนตัว การกำหนดความสูงภายในของเตาต้องการความยาวของ ชิ้นงานทดสอบที่ประกอบกับตัวจับยึดชิ้นงานทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 คือ การกำหนดวิธีติดตั้งชิ้นงานทดสอบกับเครื่องทดสอบ เนื่องจากชิ้นงานทดสอบนั้นถูกติดตั้งโดยมีเตาความร้อนล้อมอยู่ ดังนั้นทุกครั้งที่มีการใส่ หรือถอดชิ้นงานจากเครื่องทดสอบจะต้องมีการเคลื่อนเตาความร้อน ดังนั้นลักษณะของเตาจึงเกี่ยวข้องกับวิธีติดตั้งชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 4 คือ การเลือกรุ่นของชุดให้ความร้อนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับสภาวะใช้งานที่ต้องการจากแคตตาล็อกสินค้า

2) <u>การออกแบบเตาความร้อน</u>

การออกแบบเตาความร้อน ในที่นี้คือการตรวจสอบกำลังของชุดให้ความร้อนรุ่นที่เลือกเพียงพอที่จะทำอุณหภูมิในเตาให้ได้ตามที่ต้องการหรือไม่ การตรวจสอบพิจารณากรณี ชุดให้ความร้อนมีฉนวนหุ้มและอยู่ในเปลือกเตา (ทำด้วยโลหะ) เงื่อนไขในการเลือกความหนาของฉนวนคือ อุณหภูมิที่ผิวเตาที่ยอมรับได้ ขั้นตอนการออกแบบแสดงอยู่ในรูปที่ 3.12

ขั้นตอนที่ 1 คือ การออกแบบกลไกเปิด-ปิดเตา ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดวิธีติดตั้งเตาความร้อนกับเครื่องทดสอบ และการออกแบบกลไกสำหรับล็อคตำแหน่งของชุดให้ความร้อนสำเร็จรูป

ขั้นตอนที่ 2 คือ การเลือกชนิดของฉนวนความร้อน และวัสดุทำเปลือกเตา

ขั้นตอนที่ 3 คือ การกำหนดความหนาของฉนวนความร้อน และความหนาของเปลือกเตา

ขั้นตอนที่ 4 คือ การคำนวณอุณหภูมิที่ผิวนอกของเตา โดยสมมุติให้อุณหภูมิที่ผนังด้านในของเตาเท่ากับอุณหภูมิขดลวดความร้อน ซึ่งมีค่าประมาณ 1000 องศาเซลเซียส [15]

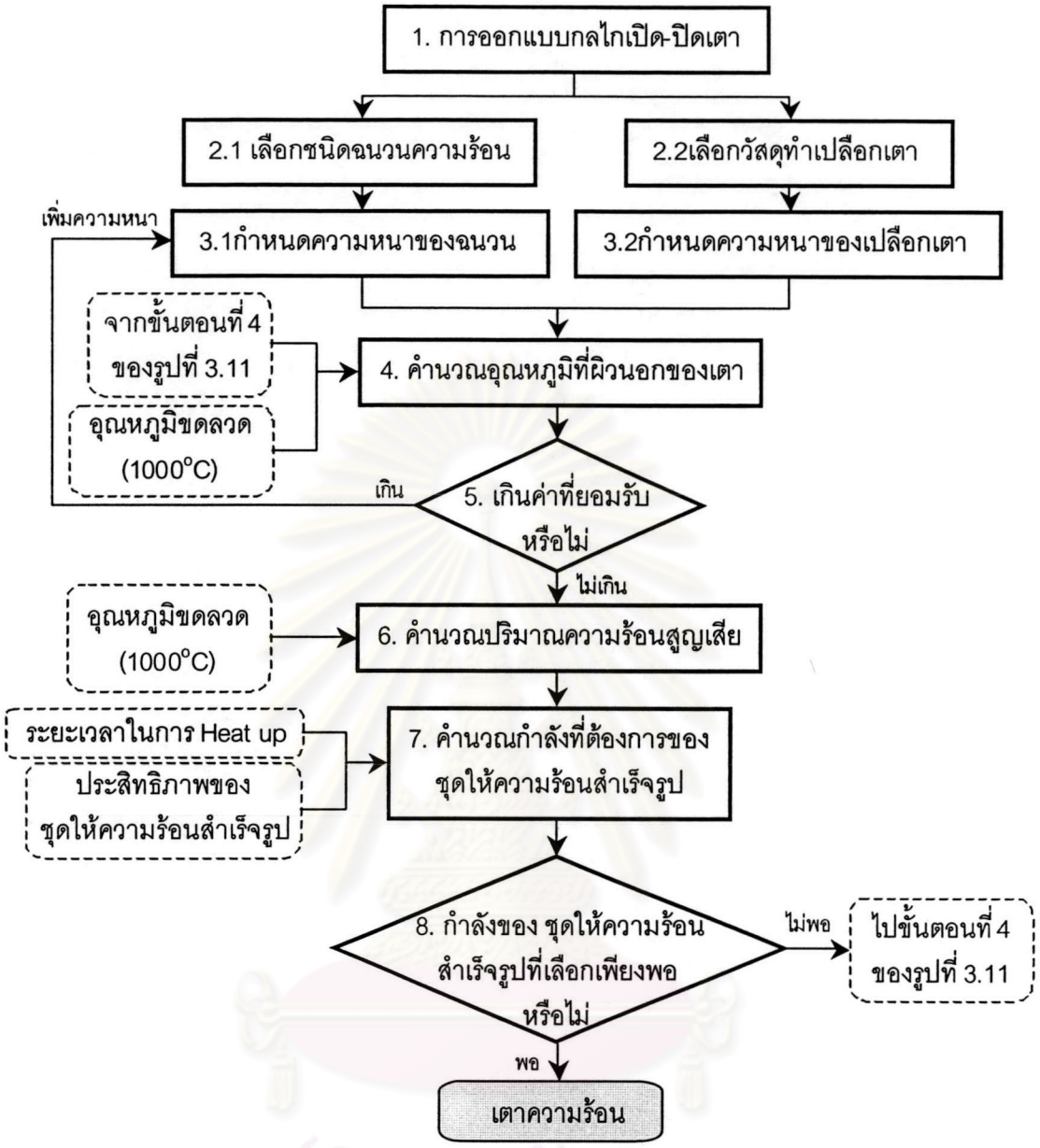
ขั้นตอนที่ 5 คือ การตรวจสอบอุณหภูมิที่ผิวนอกของเตาจากการคำนวณกับอุณหภูมิที่ยอมรับ (ซึ่งในที่นี้กำหนดไว้ที่ 150 องศาเซลเซียส) ถ้ามีค่ามากกว่าแล้วจะต้องเพิ่มความหนาของฉนวน แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่าแล้วก็จะไปขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 6 คือ การคำนวณความร้อนสูญเสียจากเตาขณะทำงานที่อุณหภูมิออกแบบ

ขั้นตอนที่ 7 คือ การคำนวณกำลังความร้อนที่ชุดให้ความร้อนสำเร็จรูปต้องการ ซึ่งเท่ากับผลบวกของ ปริมาณความร้อนสูญเสีย (ขั้นตอนที่ 5) และปริมาณความร้อนที่ต้องใช้เพื่อให้สามารถทำอุณหภูมิได้ในเวลาที่ต้องการ (หรือระยะเวลา Heat up) นอกจากนี้ยังมีการปรับแก้ปริมาณความร้อนที่ต้องการด้วยประสิทธิภาพของชุดให้ความร้อนสำเร็จรูป

ขั้นตอนที่ 8 คือ การตรวจสอบกำลังของชุดให้ความร้อนสำเร็จรูปที่ต้องการกับกำลังของรุ่นที่เลือกไว้ ถ้ากำลังที่ต้องการมากกว่ากำลังของรุ่นที่เลือกก็จะเปลี่ยนรุ่นของชุดให้ความร้อนสำเร็จรูปที่มีกำลัง (ความร้อน) มากขึ้น แต่ถ้าน้อยว่าแล้วจะถือว่ารุ่นของ ชุดให้ความร้อนสำเร็จรูปที่เลือกนั้นใช้ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.12 ขั้นตอนออกแบบเตาความร้อน

3.3.5 การออกแบบโครงของเครื่องทดสอบ

ขั้นตอนการออกแบบโครงของเครื่องทดสอบความคืบแบบแกนเดียวแสดงอยู่ในรูปที่ 3.15

ขั้นตอนที่ 1 คือ การออกแบบรูปร่าง ลักษณะหน้าตัดของชิ้นส่วน และการจัดวางตัวของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น และการจับยึดกันอย่างไร

ขั้นตอนที่ 2 คือ การคำนวณหน้ากว้างของเครื่องทดสอบ โดยใช้ข้อมูลขนาดของอุปกรณ์ เช่น เตาความร้อน ฯลฯ และเนื้อที่ในการปฏิบัติงาน

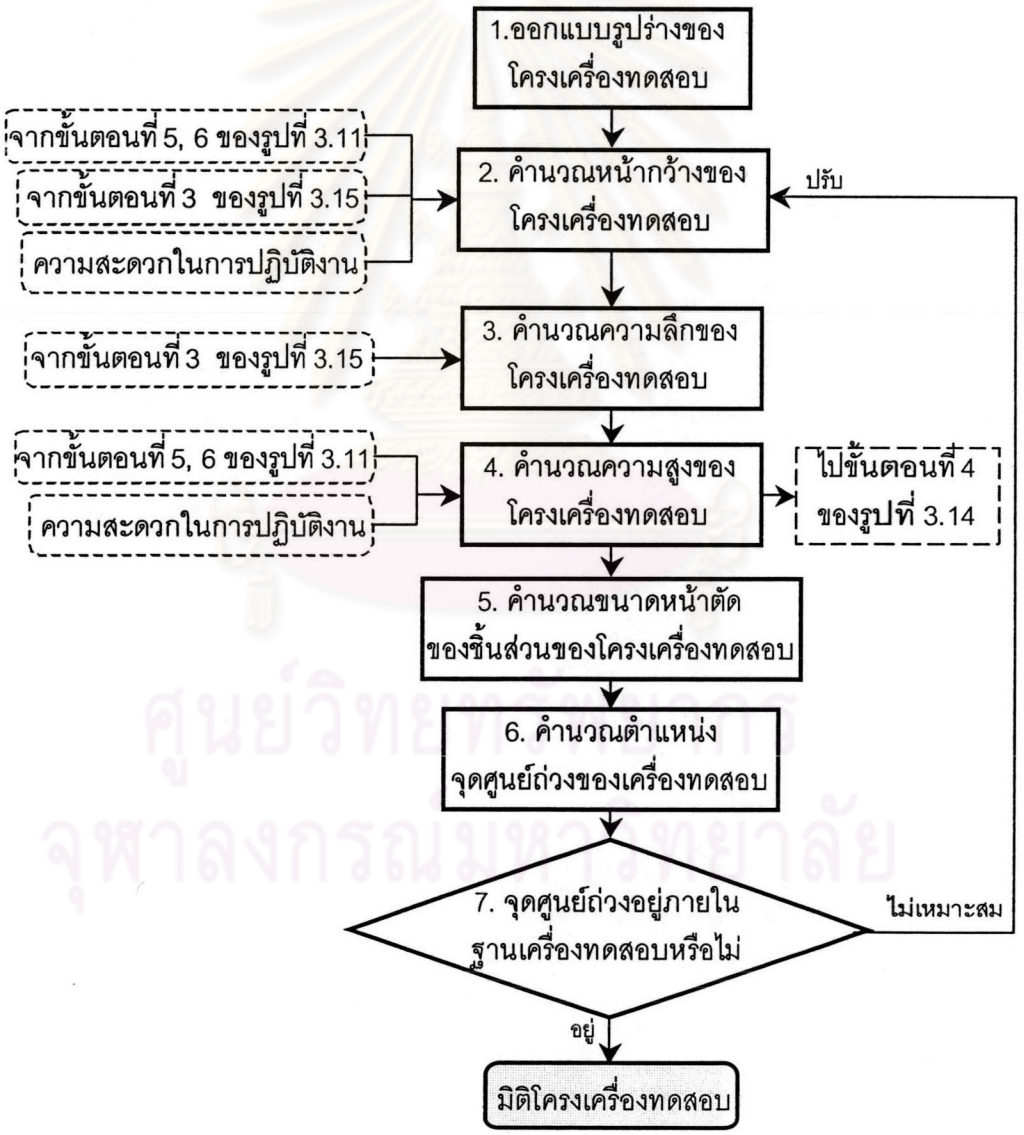
ขั้นตอนที่ 3 คือ การคำนวณความลึกของเครื่องทดสอบ โดยใช้ข้อมูลความกว้างของคานทดแรง

ขั้นตอนที่ 4 คือ การคำนวณความสูงของเครื่องทดสอบ โดยใช้ข้อมูลขนาดของอุปกรณ์ เช่น เตาความร้อน ฯลฯ และเนื้อที่ในการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนที่ 5 คือ การคำนวณขนาดหน้าตัดของชิ้นส่วนของโครงเครื่องทดสอบ ในที่นี้จะใช้ความแข็งเกร็งของโครงสร้างเป็นเกณฑ์ในการออกแบบ

ขั้นตอนที่ 6 คือ การคำนวณตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องทดสอบ

ขั้นตอนที่ 7 คือ ตรวจสอบตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงว่าอยู่ในฐานของเครื่องทดสอบหรือไม่ ถ้าไม่ต้องปรับแก้หน้ากว้างของเครื่องทดสอบ แต่ถ้าอยู่ก็จะจบการออกแบบ



รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการออกแบบโครงของเครื่องทดสอบความคืบ

3.3.6 การออกแบบก้านดึงคานทดแรง และตัวจับยึดกับคานทดแรง (ส่วนหน้า)

ขั้นตอนการออกแบบก้านดึงคานทดแรง และ อุปกรณ์จับยึดคานทดแรง (ส่วนหน้า) แสดงอยู่ในรูปที่ 3.14

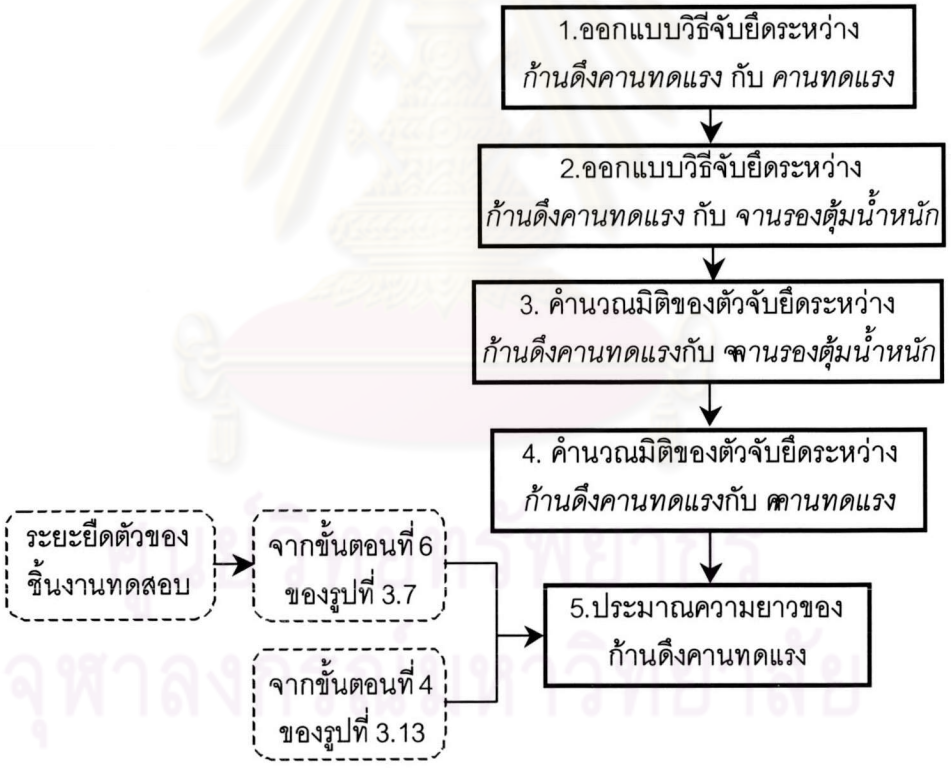
ขั้นตอนที่ 1 คือ การออกแบบวิธีจับยึดระหว่างก้านดึงคานทดแรง (ส่วนหน้า) กับคานทดแรง

ขั้นตอนที่ 2 คือ การออกแบบวิธีจับยึดระหว่างก้านดึงคานทดแรงกับจานรองตุ้มน้ำหนัก

ขั้นตอนที่ 3 คือ การคำนวณหามิติของตัวจับยึดระหว่างก้านดึงคานทดแรงกับจานรองตุ้มน้ำหนัก

ขั้นตอนที่ 4 คือ การคำนวณมิติของตัวจับยึดระหว่างก้านดึงคานทดแรงกับคานทดแรง

ขั้นตอนที่ 5 คือ การประมาณความยาวของก้านดึงคานทดแรง



รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการออกแบบก้านดึงคานทดแรงและอุปกรณ์จับยึด

3.3.7 การออกแบบคานทดแรง

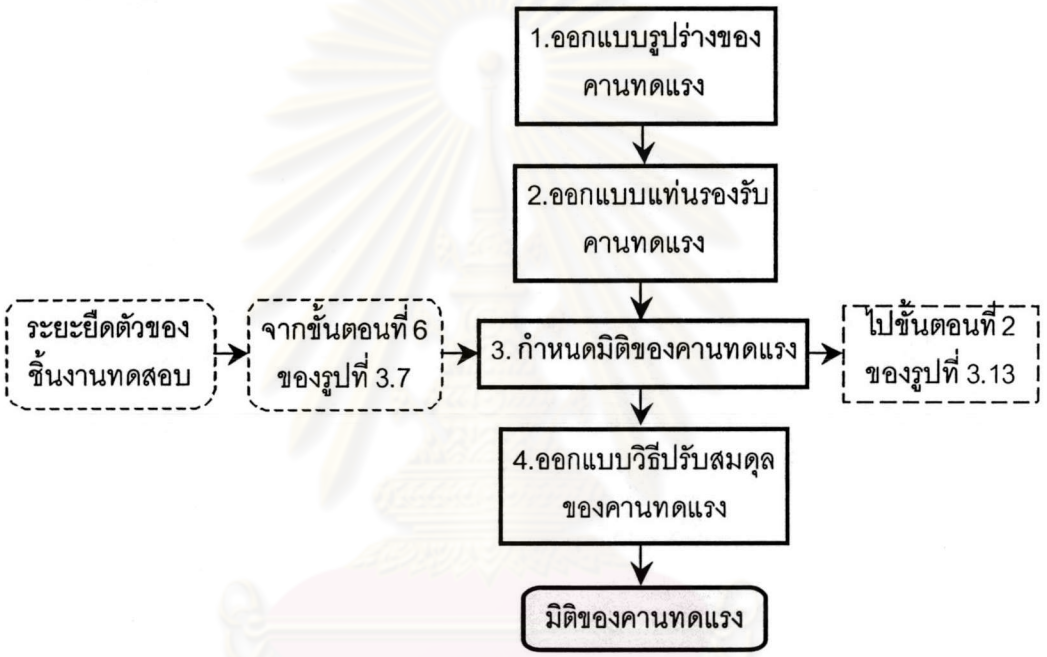
ขั้นตอนการออกแบบคานทดแรงแสดงอยู่ในรูปที่ 3.15

ขั้นตอนที่ 1 คือ การออกแบบรูปร่างของคานทดแรง

ขั้นตอนที่ 2 คือ การออกแบบแท่นรองรับคานทดแรง และวิธีติดตั้งกับเครื่องทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 คือ การกำหนดมิติของคานทดแรง

ขั้นตอนที่ 4 คือ การออกแบบวิธีปรับสมดุลของคานทดแรง เพื่อให้ชิ้นงานไม่มีภาระกระทำขณะเพิ่มอุณหภูมิ



รูปที่ 3.15 ขั้นตอนออกแบบคานทดแรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.8 การออกแบบอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ แสดงอยู่ในรูปที่ 3.16

ขั้นตอนที่ 1 คือ การนำลักษณะจำเพาะของชุดให้ความร้อน มาคำนวณหาแรงดันคร่อมโหลด

ขั้นตอนที่ 2 คือ การคำนวณกระแสโหลด

ขั้นตอนที่ 3 คือ การเลือกขนาดแหล่งจ่ายแรงดันที่เพียงพอสำหรับโหลด

รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ

ขั้นตอนที่ 4 คือ การเลือกชนิดของเทอร์โมคัปเปิล (K, J ฯลฯ) จากอุณหภูมิออกแบบ และลักษณะ (เป็นแบบก้านหรือแบบเปลือย) โดยพิจารณาจากรายละเอียดของการติดตั้ง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 5 คือ การเลือกวิธีการควบคุมอุณหภูมิ เช่น แบบ PID, แบบ On-off ฯลฯ ซึ่งขึ้นกับความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 6 คือ การเลือกตัวควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller)

ขั้นตอนที่ 7 คือ การเลือกอุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกับตัวควบคุมอุณหภูมิ