กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

หัวข้อที่ 2

เทคโนโลยีด้านการวิเคราะห์คำนวณทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)

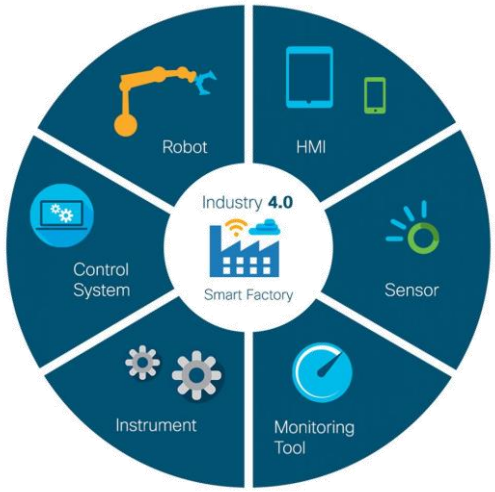
นำเสนอโดย

นายวิศิษย์ศักดิ์ กฤษณพันธ์

วิศวกรชำนาญการพิเศษ

รักษาการในตำแหน่งวิศวกรเชี่ยวชาญ

กองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน



คำจำกัดความ

- **การจำลองสถานการณ์ (Simulation)**

กระบวนการในการออกแบบแบบจำลองของระบบจริงและประสบการณ์ด้านพฤติกรรมต่าง ๆ โดยการสร้างแบบจำลองเพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของระบบ หรือการประเมินด้วยวิธีการที่แตกต่างกันไป สำหรับการปฏิบัติการของระบบ (ภายใต้ข้อจำกัดซึ่ง ถูกกำหนดตามมาตรฐานหรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้)

- **การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)**

เป็นวิธีการการออกแบบตัวแบบจำลอง (Model) ของสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น หรือระบบในเชิงทฤษฎี โดยการจำลองผ่านทางคอมพิวเตอร์ และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติการ (Output) ซึ่งการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์สามารถใช้ในการทำนายผลกระทบที่จะเกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในสถานการณ์ของระบบจำลอง

ประเภทของแบบจำลอง

- **แบบระบบสถิตกับแบบระบบเชิงพลวัต**

  (Static & Dynamic Simulation Models)

  - การจำลองแบบระบบสถิต คือ การจำลอง ณ เวลาหนึ่งหรือการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบไม่เกี่ยวข้องกับเวลา
  - การจำลองแบบระบบเชิงพลวัต คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบมีความเกี่ยวข้องกับเวลาหรือเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

ประเภทของแบบจำลอง

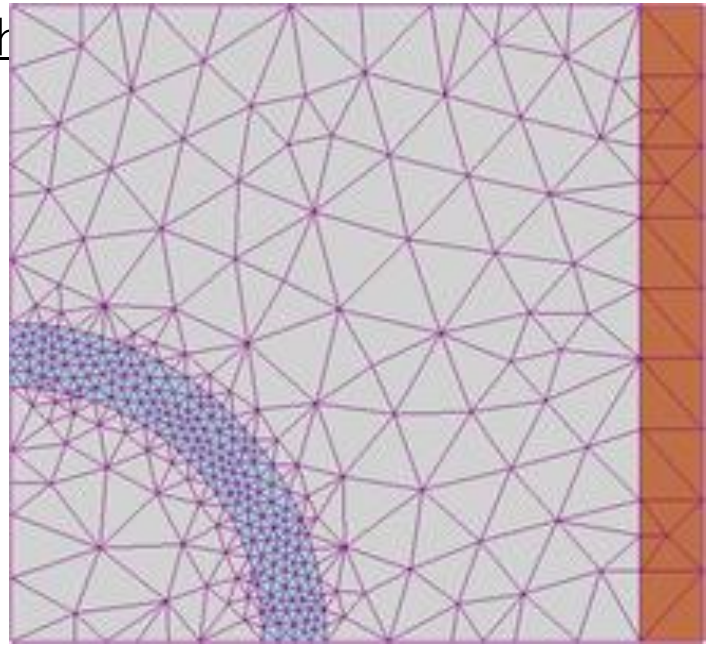
- **แบบระบบงานต่อเนื่องกับแบบระบบงานไม่ต่อเนื่อง**
  (Continuous & Discrete Simulation Models)
  - การจำลองแบบระบบงานต่อเนื่อง คือ ระบบงานที่การเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบมีความต่อเนื่องตลอดเวลา เช่น ระดับน้ำภายในเขื่อนจะต้องมีการเพิ่มหรือลดตลอดเวลา ซึ่งเกิดจากการเปิดระบายน้ำออกหรือเมื่อเกิดฝนตก เป็นต้น
  - การจำลองแบบระบบงานไม่ต่อเนื่อง คือ ระบบงานที่การเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบเป็นช่วง ๆ ระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ระบบการทำงานของ ธนาคารที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพระหว่างเวลา8.30-16.30 น. เป็นต้น

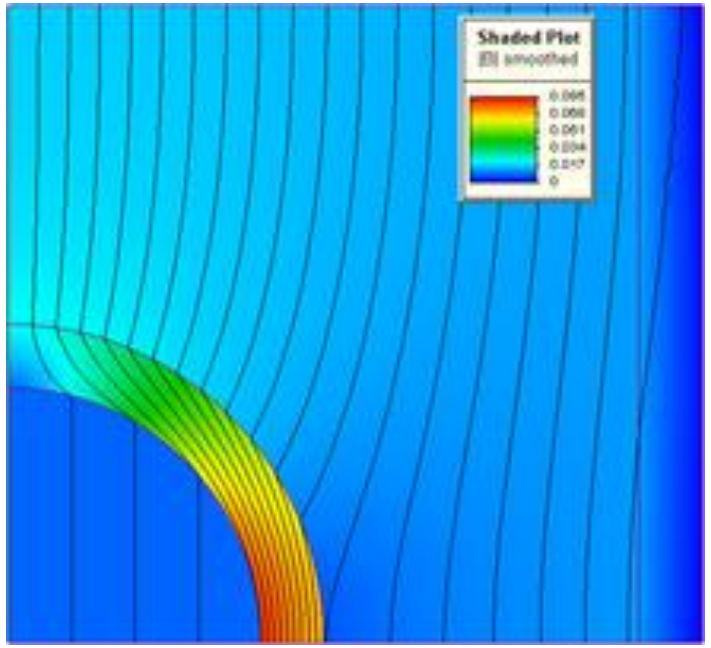
ประเภทของแบบจำลอง

- **แบบระบบแน่นอนกับแบบระบบไม่แน่นอน**
  (Deterministic & Stochastic Simulation Models)
  - การจำลองแบบระบบแน่นอน คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบใหม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าเป็นอย่างไรหรือตัวแบบที่ไม่มีการป้อนข้อมูลแบบสุ่ม (Random Input) จะเป็นแบบไม่มีความเสี่ยงหรือความแปรปรวนเลย ทุกอย่างเกิดขึ้นในปริมาณที่แน่นอน เช่น ตัวแบบทางการเงินของบริษัทที่สมมติว่ายอดขายหรือค่าใช้จ่ายเป็นไปตามประมาณการ ดังนั้น กำไรในแต่ละเดือนหรือปลายปีจะมีตัวเลขเป็นค่าประมาณการ เป็นต้น
  - การจำลองแบบระบบไม่แน่นอน คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบที่ไม่สามารถบอกได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้นหรือเป็นการใช้ตัวแปรป้อนเข้าที่มีความแปรปรวนหรือความเสี่ยง เช่น ตัวแบบงบประมาณทางการเงินของบริษัทที่สมมติว่ายอดขายหรือค่าใช้จ่ายมีคุณลักษณะแบบมีการแจกแจง ดังนั้น กำไรในแต่ละเดือนหรือปลายปีจะมีค่าไม่แน่นอน แต่อย่างไรก็ดีการจำลองแบบนี้ก็สามารถประเมินค่าความเสี่ยงเป็นตัวเลขได้ เช่น โอกาสที่บริษัทจะได้กำไร 40% เท่ากับ 75% เป็นต้น

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method หรือ FEM)

เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงตัวเลขสำหรับการหาคำตอบโดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยพร้อม ๆ กับสมการปริพันธ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากระเบียบวิธีนี้มีพื้นฐานมาจากทั้งการกำจัดสมการเชิงอนุพันธ์อย่างสมบูรณ์ (สำหรับปัญหาที่อยู่ในสภาวะคงที่) หรือการปรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์ให้กลายเป็นระบบโดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์สามัญซึ่งเป็นปริพันธ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการใช้เทคนิคมาตรฐานทางคณิตศาสตร์ เช่น Euler method Runge–Kutta meth





ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method หรือ FEM)

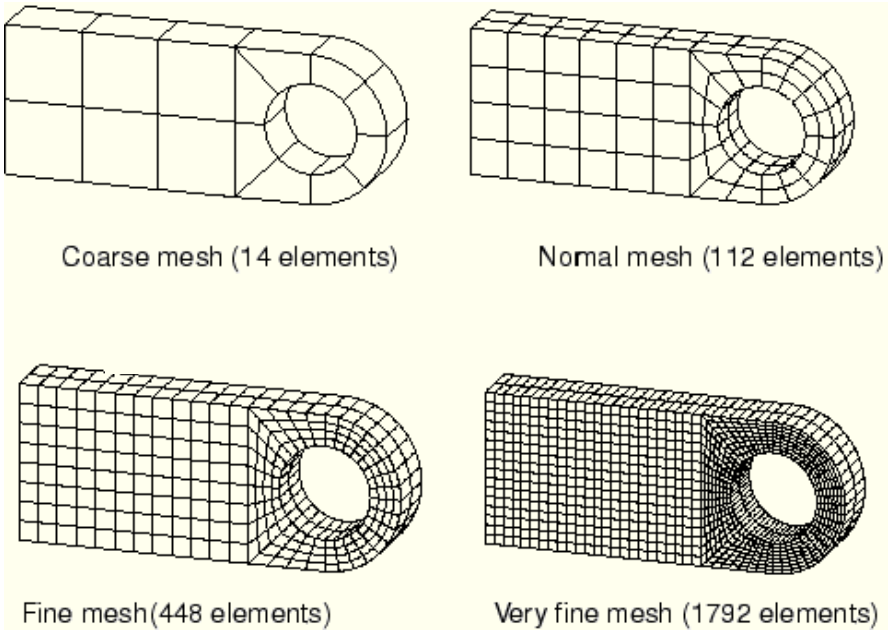
ข้อดีของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

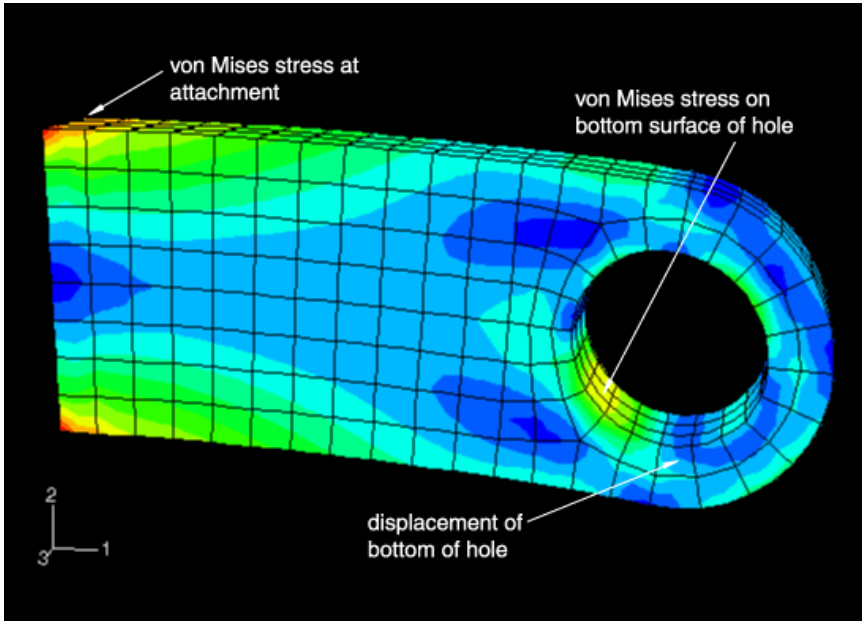
- สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อนได้
- สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อน เช่น Heat Transfer, Fluids, Electromagnetic หรือ Multi-Physics เป็นต้น
- สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่รับภาระต่าง ๆ เช่น ภาระที่กระทำกับ node หรือ element, ภาระที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา หรือ ภาระที่ขึ้นอยู่กับความถี่
- สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่วัตถุมีคุณสมบัติแบบ non-isotropic
- สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่วัตถุมีคุณสมบัติพิเศษ เช่น คุณสมบัติของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ

ข้อเสียของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

- เป็นวิธีการประเมินเชิงตัวเลข ดังนั้นจะมี error เกิดขึ้นเสมอ
- ผู้ใช้ต้องมีประสบการณ์และความชำนาญในการทำแบบจำลอง FEM ถึง จะทำให้ได้คำตอบที่สอดคล้องกับความเป็นจริง
- ต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงและซอฟต์แวร์ที่น่าเชื่อถือ

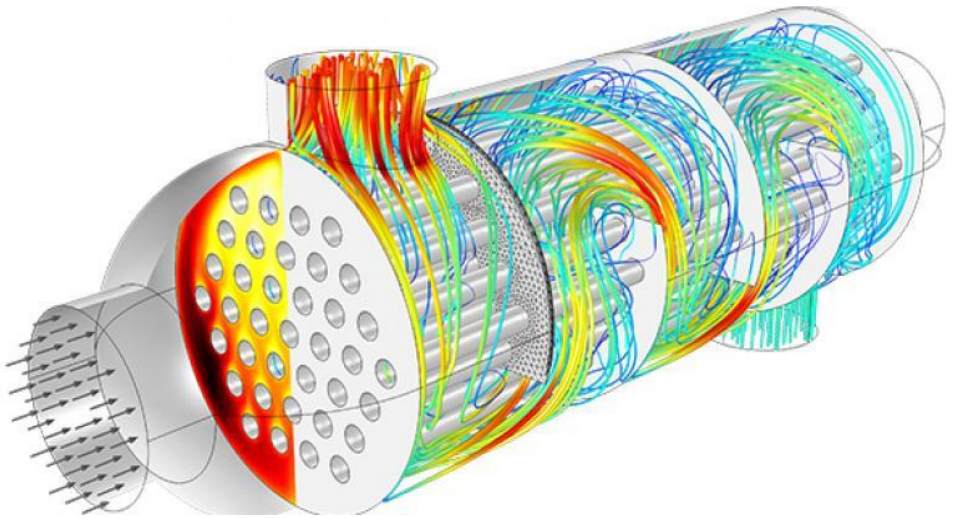
ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method หรือ FEM)





ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุม (Finite Volume Method หรือ FVM)

เป็นระเบียบวิธีที่พัฒนามาจากระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference Method) โดยหลังจากการแบ่งขอบเขตของปัญหาเป็นปริมาตรย่อย ๆ แล้ว จะทำการอินทิเกรตสมการอนุพันธ์ของปัญหาตลอดปริมาตรควบคุม (Control volume) ซึ่งให้ความหมายทางกายภาพที่ชัดเจนหากจะเปรียบเทียบกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ อาจกล่าวได้ว่าระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุม เสมือนแทนค่าฟังก์ชันประมาณแบบขั้นบันได (Stepwise) หรือ แบบเชิงเส้น (Linear piecewise) แทนรูปแบบทั่วไปอยู่ในรูปแบบจุด (Point form) การประมาณตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนจึงมีความง่ายกว่า ทำให้เป็นที่นิยมในการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computation fluid dynamics)



ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุม (Finite Volume Method หรือ FVM)

ข้อดีของวิธีไฟไนต์วอลุม

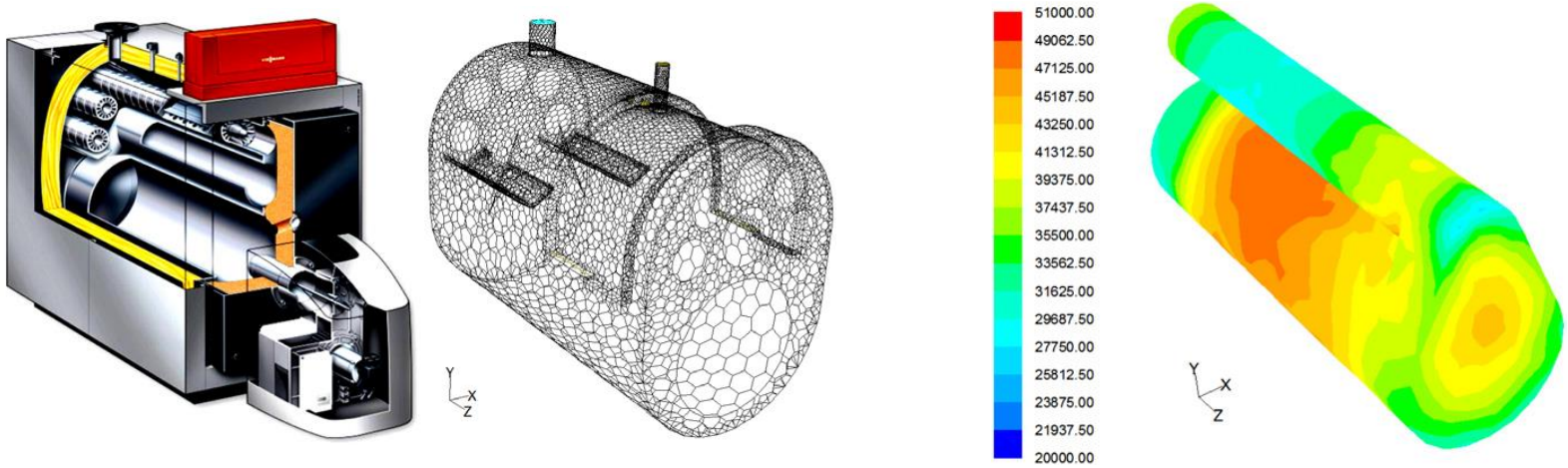
- ระบบสมการมีความซับซ้อนน้อย เป็นที่นิยมในการคำนวณพลศาสตร์ของไหล เนื่องจากใช้ฟังก์ชันประมาณแบบขั้นบันได (Stepwise) หรือ แบบเชิงเส้น (Linear piecewise)
- สามารถใช้ได้ดีในแบบจำลองที่มีการแบ่งเอลิเมนต์ที่ไม่เป็นระเบียบ (Unstructured meshes)

ข้อเสียของวิธีไฟไนต์วอลุม

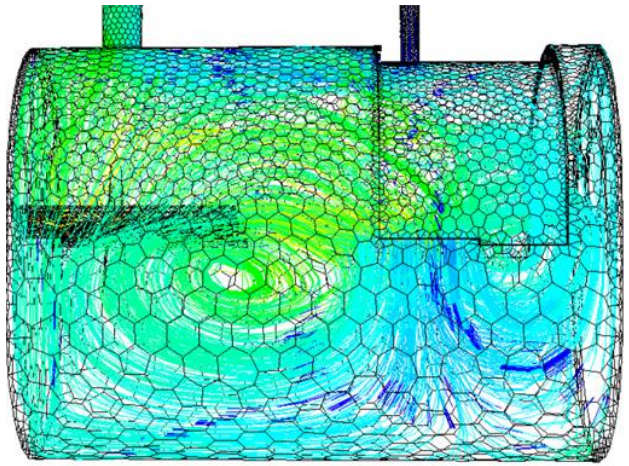
- มีข้อจำกัดในการแก้ปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อน

การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์กับหม้อน้ำ

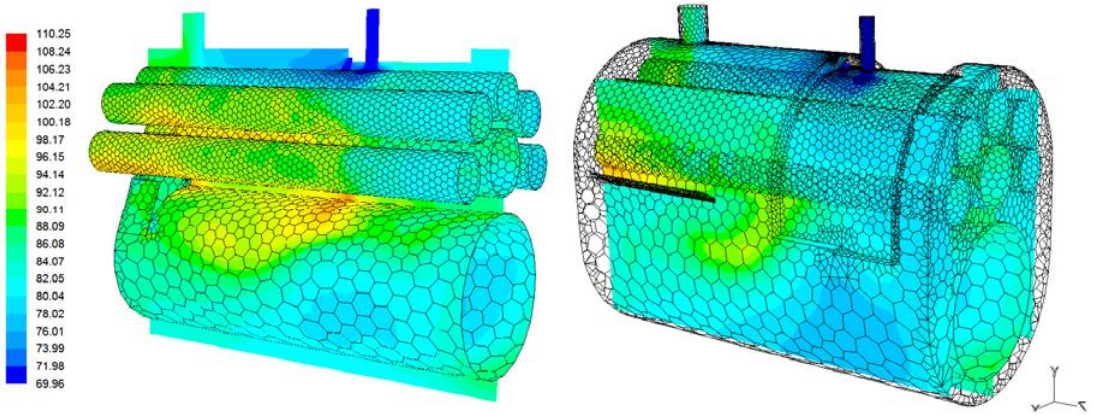
"Computer simulation of the fire-tube boiler hydrodynamics"



รูปที่ 2.5 การกระจายของ Heat flux (W/m^2) ที่เกิดขึ้นบนผนังของท่อไฟใหญ่และท่อไฟเล็ก



รูปที่ 2.6 การไหลเวียนของน้ำ (Pathlines) ในหม้อน้ำ



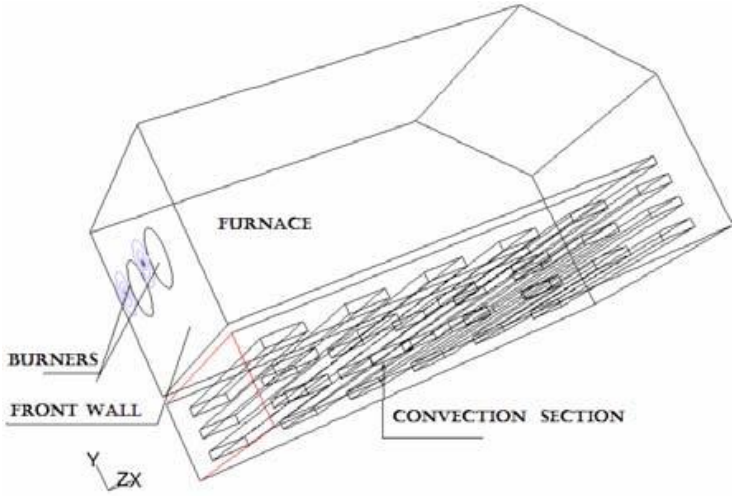
(a) (b)

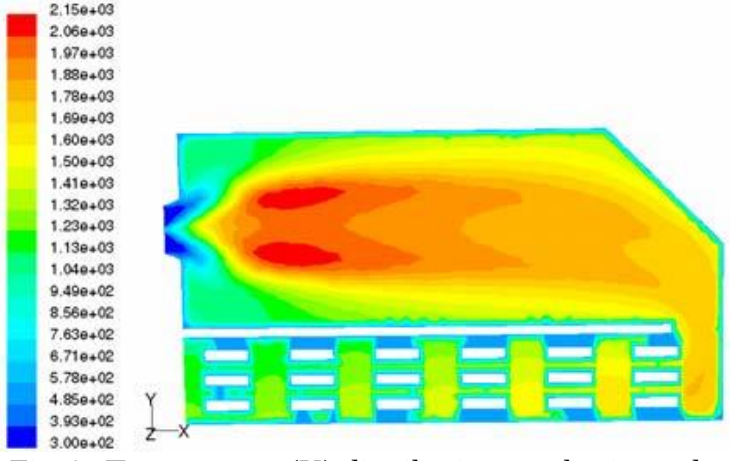
รูปที่ 2.7 การกระจายของอุณหภูมิ (°C) ที่เกิดขึ้นในหม้อน้ำ

a) อุณหภูมิของผนังท่อไฟใหญ่และท่อไฟเล็ก b) อุณหภูมิของน้ำในหม้อน้ำ

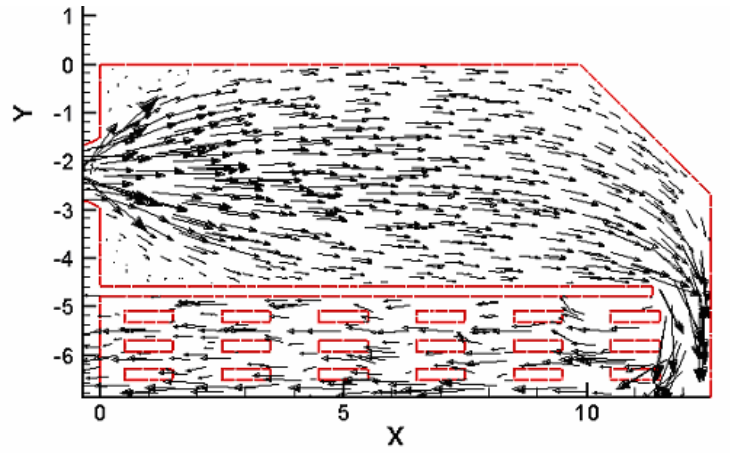
การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์กับหม้อน้ำ

"Computer Simulation of NOx Formation in Boilers"

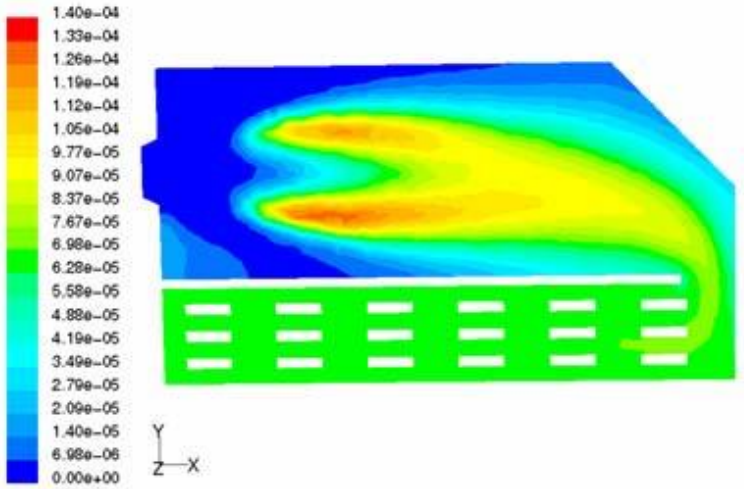




รูปที่ 2.10 การกระจายตัวของอุณหภูมิลมร้อน (°C) ภายในหม้อน้ำ



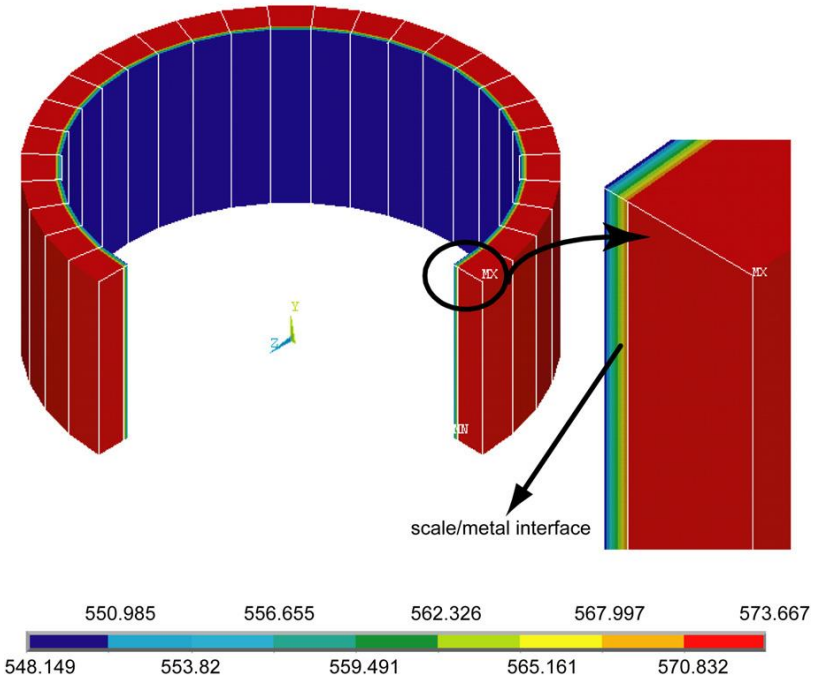
รูปที่29 ภาพตัดขวางของหม้อน้ำแสดง Velocity Vector ของลมร้อนไหลออกจากหัวเผา



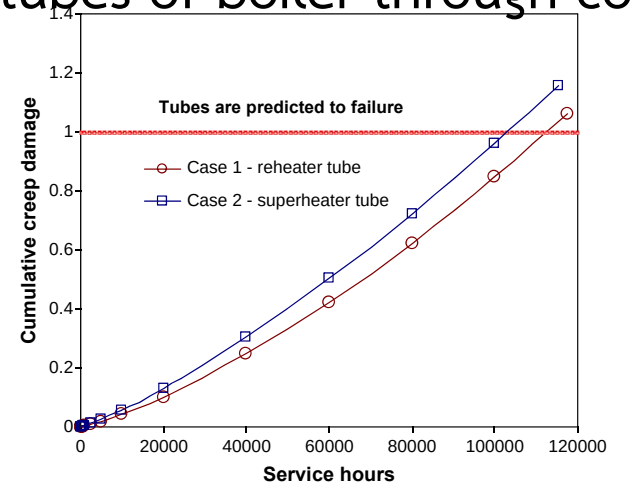
รูปที่ 2.11 ปริมาณของ NOx (ppm) ที่เกิดขึ้นภายในหม้อน้ำ

การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์กับหม้อน้ำ

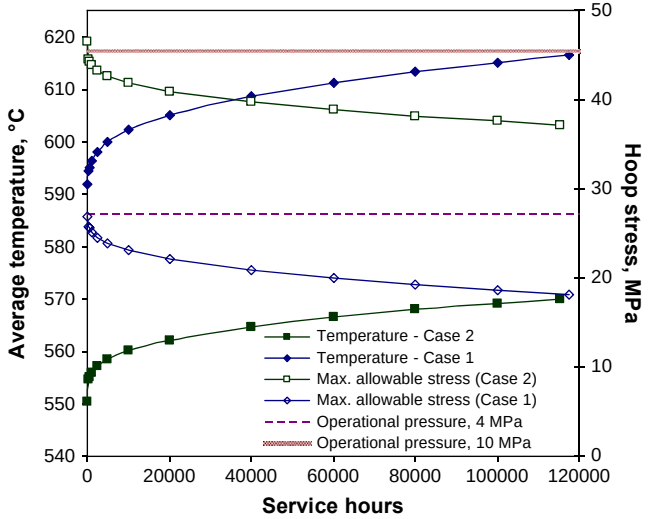
"Failure case studies of SA213-T22 steel tubes of boiler through computer simulations"



รูปที่ 2.12 การจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิ (°C) ของท่อ Superheater เมื่อถูกใช้งานไปแล้ว 115,494 ชั่วโมง



รูปที่ 2.13 กราฟแสดงความเสียหายที่เกิดสะสมโดยประมาณของ Reheater และ Superheater



รูปที่ 2.14 กราฟแสดงอุณหภูมิและความเค้น(ณ จุดที่ใช้งานสูงสุด

Thank you