บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ ซึ่งไฟฟ้าสามารถผลิตได้จากแหล่งพลังงานหลากหลาย อาทิเช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ และพลังงานนิวเคลียร์ ทางหนึ่งที่สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

อย่างไรก็ตามปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาในการใช้งานโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์คือ อุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หากเกิดอุบัติเหตุกับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จนกระทั่งเป็นผลให้การระบายความร้อนจากแกนปฏิกรณ์หยุดชะงัก ผลต่อเนื่องจากอุบัติเหตุดังกล่าวคือ การสะสมความร้อนในแกนปฏิกรณ์ซึ่งอาจเพิ่มสูงจนเกิดการหลอมละลายของเชื้อเพลิง เมื่อเชื้อเพลิงหลอมเหลวซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า 2000 ถึง 3000 เคลวินเหล่านี้ตกลงมาสัมผัสกับของเหลวระบายความร้อนที่ส่วนของฐานรองรับแกนปฏิกรณ์ การถ่ายเทความร้อนอย่างเฉียบพลันอาจทำให้เกิดการระเบิดเป็นไออย่างรุนแรงซึ่งอาจสร้างความเสียหายให้กับแกนปฏิกรณ์โดยรวม ซึ่งนำไปสู่ความล้มเหลวของโรงไฟฟ้าทั้งระบบ เพื่อหลีกเลี่ยงปรากฏการณ์ดังกล่าว จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบลักษณะการเปลี่ยนสถานะเป็นไอของของเหลวระบายความร้อนและเข้าใจกระบวนการการถ่ายเทความร้อนระหว่างเชื้อเพลิงหลอมเหลวกับของเหลวระบายความร้อน โดยที่การถ่ายเทความร้อนจากเชื้อเพลิงหลอมเหลวสู่ของเหลวระบายความร้อนก่อให้เกิดการเดือดบนพื้นผิวโลหะหลอมเหลว เกิดเป็นชั้นไอฟิล์มระหว่างเชื้อเพลิงและของเหลวระบายความร้อน ด้วยชั้นไอฟิล์มนี้มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ ทำให้ชั้นไอฟิล์มแสดงพฤติกรรมที่เป็นฉนวนกันความร้อน การทราบค่าฟลักซ์ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้สามารถทำนายอัตราการลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงหลอมเหลวและอัตราการเพิ่มความดันในระบบ ซึ่งจะช่วยให้สามารถออกแบบระบบรองรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง

ด้วยเหตุนี้การเดือดแบบฟิล์มจึงเป็นกระบวนการน่าสนใจและเป็นประโยชน์อย่างมาก เพื่อที่จะได้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบและกลไกต่างๆ ของกระบวนการถ่ายเทความร้อนระหว่างตัวกำเนิดความร้อนและของเหลวระบายความร้อน ซึ่งนอกจากจะประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาถึงผลของอุบัติเหตุจากแกนปฏิกรณ์ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แล้ว ผลของ

การศึกษานี้จะเป็นประโยชน์สำหรับงานอุตสาหกรรมอื่นๆ อาทิเช่นอุตสาหกรรมการหลอมโลหะ อุตสาหกรรมกระดาษ และอุตสาหกรรมการปิโตรเคมีเป็นต้น

สำหรับการเดือดแบบฟิล์มภายใต้การไหลแบบพาบังคับ ได้มีการวิเคราะห์อย่างมากมาย ซึ่งสามารถจำแนกรูปแบบตามรูปลักษณะของพื้นผิวถ่ายเทความร้อนเช่น พื้นผิวเรียบตามแนวตั้ง พื้นผิวเรียบตามแนวนอน พื้นผิวทรงกระบอกตามแนวนอน และพื้นผิวทรงกลม ซึ่งเป็นรูปทรงที่จะทำการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ด้วย เป็นต้น

เป้าหมายของวิทยานิพนธ์นี้คือการสร้างแบบจำลองสำหรับหาค่าฟลักซ์ความร้อนบนผิววัตถุทรงกลมภายใต้ปรากฏการณ์การเดือดแบบขึ้นกับเวลาบนชั้นฟิล์ม ตลอดจนลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในทรงกลม ในการนี้จะดำเนินการคำนวณโดยอาศัยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อหาคำตอบของแบบจำลองดังกล่าว แบบจำลองดังกล่าวจะสามารถประยุกต์ใช้อธิบาย ปรากกฏการณ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างเชื้อเพลิงหลอมเหลวและของเหลวระบายความร้อนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของวิจัย

เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณค่าฟลักซ์ความร้อนภายใต้ปรากฏการณ์การเดือดเป็นชั้นฟิล์มแบบขึ้นกับเวลาบนผิววัตถุทรงกลม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณค่าฟลักซ์ความร้อนบนผิววัตถุทรงกลมภายใต้เงื่อนไขดังนี้

1. การเดือดแบบชั้นฟิล์มที่ขึ้นกับเวลา
2. อุณหภูมิที่ผิววัตถุทรงกลมมีค่าไม่สม่ำเสมอ
3. ของไหลมีลักษณะการไหลเป็นแบบราบเรียบ (laminar flow)

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาเอกสาร งานวิจัยและแบบจำลองอื่นๆที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
3. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณค่าฟลักซ์ความร้อนบนผิวของวัตถุทรงกลมตาม แบบจำลองที่พัฒนาขึ้น
4. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการคำนวณกับแหล่งข้อมูลอื่นๆเพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง
5. สรุปผลการวิจัยและเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายค่าฟลักซ์ความร้อนบนผิววัตถุทรงกลมภายใต้ปรากฏการณ์การเดือดแบบขึ้นกับเวลาบนชั้นฟิล์ม ซึ่งเป็นประโยชน์ทางด้านความปลอดภัยของการใช้งานแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ปี ค.ศ. 2006 สมบูรณ์ รัศมี ได้ทำวิจัยเรื่อง **การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเทียบกับเวลาในโลหะทรงกลมตันซึ่งตกอย่างอิสระภายใต้การเดือดเป็นชั้นฟิล์ม** [1] งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเทียบกับเวลาภายในโลหะทรงกลมตันซึ่งตกลงอย่างอิสระภายใต้การเดือดเป็นชั้นฟิล์ม โดยได้จัดทำระบบการทดลองเพื่อบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในและที่ผิวของโลหะตันทรงกลมอุณหภูมิสูงซึ่งตกลงในของเหลวระบายความร้อน โดยโลหะตันทรงกลมที่มีระดับอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 200-500 องศาเซลเซียส โดยได้ติดตั้งเทอร์โมคัพเปิลไว้สองจุด จุดแรกที่ตำแหน่งภายในทรงกลมที่ครึ่งหนึ่งของรัศมีจากที่ผิวและจุดที่สองที่ผิวของทรงกลม และใช้น้ำเป็นของเหลวระบายความร้อน โดยมีระยะทางการตกประมาณ 2 เมตร

2. ปี ค.ศ. 2002 เด็มศิริ ป้อมประภา ได้ทำการวิจัยเรื่อง **การเดือดเป็นชั้นฟิล์มที่ขึ้นกับเวลาบนพื้นผิววัตถุทรงกลม** [2] งานวิจัยนี้ศึกษาและจำลองการเดือดเป็นชั้นฟิล์มที่ขึ้นกับเวลาบนพื้นผิวของวัตถุทรงกลมภายใต้เงื่อนไขการไหลแบบ Laminar ของของเหลวระบายความร้อน โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นใช้คำนวณอุณหภูมิภายในทรงกลม ความหนาของชั้นฟิล์มที่เกิดขึ้นเทียบกับเวลา และการวิเคราะห์ถึงอัตราการหลุดลอกของชั้นฟิล์ม อย่างไรก็ตามแบบจำลองนี้ไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบจากภายนอกสู่ระบบ อาทิเช่น ผลกระทบจากการไหลแบบปั่นป่วนของของไหล จึงทำให้แบบจำลองการไหลของของไหลที่พิจารณามีความแตกต่างจากสภาพการไหลที่แท้จริง

3. ปี ค.ศ. 2000 ดร. สัญชัย นิลสุวรรณโฆษิต ได้ทำการวิจัยเรื่อง **A Numerical Model for Time Dependent Film Boiling on a Sphere** [3] โดยได้ทำการศึกษาแบบจำลองสำหรับคำนวณการกระจายของอุณหภูมิภายในทรงกลมร้อนภายใต้การไหลผ่านของของเหลว และการก่อรูปของชั้นไอของของเหลวบนผิวหน้าของทรงกลมนี้ สมมติการกระจายของอุณหภูมินั้นขึ้นกับตำแหน่งตามแนวรัศมี และกำหนดการไหลของแบบจำลองของของเหลวระบายความร้อนเป็น Potential Flow โดยการไหลแบบ Potential Flow ทำให้การก่อรูปของชั้นไอที่ด้านข้างมีลักษณะที่หนากว่าที่ส่วนหน้าและส่วนหลังของทรงกลมหนามากกว่า อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติแล้วไม่มีการไหลของไหลใดรอบทรงกลมที่มีลักษณะเป็นแบบ Potential Flow อย่างแท้จริง นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาการแยกออกของฟองไอของเหลวจากชั้นไอรอบทรงกลมและการยุบตัวลงของชั้นไอหากการก่อรูปของชั้นไอใช้ระยะเวลาที่นานขึ้น

4. ปี ค.ศ. 1994 K.H. BANG ได้ทำการวิจัยเรื่อง **Numerical prediction of forced convection film boiling heat transfer from a sphere** [4] โดยได้สร้างแบบจำลองสำหรับการเดือดแบบชั้นฟิล์มบนทรงกลม ภายใต้การไหลแบบพาบังคับและใช้ Laminar Boundary Layer ในการคำนวณลักษณะการไหลทั้งไอและของเหลวที่บริเวณเหนือพื้นผิวทรงกลม จากการวิเคราะห์นี้ได้แสดงให้เห็นถึงความหนาของชั้นไอที่บางมากซึ่งมีขนาดในระดับ 10 ไมครอน ผลการคำนวณสอดคล้องกับผลการทดลอง แต่จากการทดลองนี้แบบจำลองไม่ได้วิเคราะห์ถึงการแยกตัวของฟองอากาศออกจากชั้นไอ และการเริ่มแยกตัวของชั้นไอออกจากพื้นผิวบางบริเวณของทรงกลม ซึ่งเป็นภาวะที่ไม่อาจอธิบายได้โดย Laminar Boundary Layer