บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา งานวิจัยทางพลศาสตร์ของของไหล (fluid dynamics) ทั้งด้านการคำนวณ (computation) และการทดลอง (experiment) กล่าวได้ว่าเป็นอีกสาขาหนึ่งที่นักวิจัยกำลังให้ความสนใจกันมาก และความรู้ความเข้าใจทางด้านนี้ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอด ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์เป็นอย่างมากต่อการออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เพื่อใช้ในกิจการพาณิชย์ และด้านอื่น ๆ

ส่วนใหญ่งานวิจัยด้านการคำนวณทางพลศาสตร์ของของไหลจะสนใจแต่พฤติกรรมของแก๊สที่มีความเร็วสูงกว่าเสียงเพียงด้านเดียว ขณะที่มีงานวิจัยจำนวนน้อยที่สนใจผลกระทบต่อเนื่องของแก๊สกระทำต่อโครงสร้างที่ไหลผ่าน อันก่อให้เกิดความเค้นเนื่องจากความร้อนบนโครงสร้างดังกล่าว ซึ่งอาจจะมีผลให้โครงสร้างเสียหายได้

ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะดำเนินงานวิจัยด้านการคำนวณที่เน้นการทำนายพฤติกรรมของของไหลที่มีความเร็วสูงกว่าความเร็วเสียงไหลผ่านโครงสร้าง ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิบนโครงสร้างขณะได้รับความร้อนจากของไหลดังกล่าว ลักษณะการยืดหดตัวและความเค้นเนื่องจากความร้อน โดยงานวิจัยบางส่วนทำร่วมกับทีมงานวิจัยของมหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น ที่ทำงานวิจัยด้านการทดลอง และเงินสนับสนุนการวิจัยได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยในรูปแบบทุนโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก

งานวิจัยนี้จะศึกษาพฤติกรรมของทั้ง การไหลความเร็วสูง การถ่ายเทความร้อน และกลศาสตร์ของแข็ง อันจะก่อให้เกิดความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ส่วนที่เกิดขึ้น สำหรับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ใช้ทำนายพฤติกรรมของการไหลความเร็วสูงจะประยุกต์ใช้ 2 วิธี คือ วิธีอัปวินด์เซลเซนเตอร์ (Upwind cell-centered algorithm) กับ วิธีเทย์เลอร์-กาเลอร์คิน (Taylor-Galerkin algorithm) และสำหรับการทำนายพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและของแข็งจะประยุกต์ด้วยวิธีกาเลอร์คิน (Galerkin algorithm) จากนั้นจะประยุกต์เทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติ เพื่อช่วยลดเวลาและขนาดหน่วยความจำในการคำนวณลง

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2.1 ศึกษาพฤติกรรมของของไหลที่มีความเร็วสูงกว่าความเร็วเสียงหลายเท่าขณะไหลผ่านโครงสร้าง

1.2.2 ศึกษาลักษณะความเค้นเนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นบนโครงสร้าง ในขณะของไหลที่มีความเร็วสูงกว่าความเร็วเสียงหลายเท่าไหลผ่านโครงสร้างนั้น

1.2.3 ศึกษาระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสม

1.2.4 ประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถทำนาย 3 ปรากฏการณ์ได้ ดังนี้

1.2.4.1 พฤติกรรมของของไหลที่ความเร็วสูงกว่าความเร็วเสียงหลายเท่าขณะที่ไหลผ่านโครงสร้าง

1.2.4.2 ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิบนโครงสร้างขณะได้รับความร้อนจากของไหลที่ไหลผ่าน

1.2.4.3 ลักษณะการขยายตัวและหดตัวของโครงสร้างขณะได้รับความร้อนจากการไหลของของไหลที่มีความเร็วสูงกว่าความเร็วเสียงหลายเท่า

1.2.5 ศึกษาและประยุกต์เทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณ

1.2.6 เป็นงานวิจัยที่สามารถนำไปพัฒนาต่อในด้านการศึกษาและงานวิชาการระดับสูงขึ้นไป

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.3.1 ศึกษาพฤติกรรมของของไหลที่มีความเร็วสูงกว่าความเร็วเสียงหลายเท่าใน 2 มิติ

1.3.2 ลักษณะการไหลที่พิจารณาเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow)

1.3.3 ลักษณะการไหลจะไม่คำนึงถึงปฏิกริยาทางเคมี และนิวเคลียร์ใดๆ

1.3.4 ศึกษาลักษณะความเค้นเนื่องจากความร้อนของโครงสร้าง ใน 2 มิติ

1.3.5 ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดของโครงสร้างจะมีลักษณะยืดหยุ่นเชิงเส้น

1.4 สมมติฐานที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

1.4.1 ของไหลเป็นแบบนิวโตเนียน

1.4.2 ลักษณะการไหลจะไม่พิจารณาแรงวัตถุ และความร้อนที่ผลิตขึ้นได้เอง

1.4.3 ผิวของโครงสร้างถือว่าเรียบและจะไม่พิจารณาว่ามีแรงเสียดทาน

1.4.4 โครงสร้างจะไม่พิจารณาความร้อนที่ผลิตได้เอง และแรงวัตถุ

1.5 ผลงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

1.5.1 **R. Lohner, K. Morgan and O.C. Zienkiewicz (1984)** ได้นำวิธีเทย์เลอร์-กาเลอร์คิน (Taylor-Galerkin Algorithm) มาประยุกต์ใช้ โดยใช้เอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยม งานวิจัยในช่วงแรกจะทำนายลักษณะการไหลแบบไม่หนืดและมีการอัดตัว หลังจากนั้นจึงพัฒนาต่อมาให้สามารถทำนายลักษณะการไหลแบบหนืดและมีการอัดตัว และมีการนำเอาเทคนิคการปรับขนาดโดยอัตโนมัติมาช่วยลดเวลาและขนาดเนื้อที่ในการคำนวณลง

1.5.2 **P. Dechaumphai (1985)** ได้นำวิธีเทย์เลอร์-กาเลอร์คิน (Taylor-Galerkin Algorithm) มาประยุกต์ใช้ โดยใช้เอลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยม งานวิจัยช่วงแรกจะทำนายลักษณะการไหลแบบหนืดและมีการอัดตัว จากนั้นทำการศึกษาการเกิดความเค้นเนื่องจากความร้อนบนโครงสร้าง

1.5.3 **J.T. Oden (1986)** ได้นำวิธี Lax-Wendroff/Taylor-Galerkin Algorithm มาประยุกต์ใช้ โดยใช้เอลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยม งานวิจัยจะทำนายลักษณะการไหลแบบไม่หนืดและมีการอัดตัว และมีการนำเอาเทคนิคการปรับขนาดโดยอัตโนมัติมาใช้เช่นกัน

1.5.4 **P.A. Gnoffo (1986)** ได้นำวิธีอัปวินด์เซลเซนเตอร์ (Upwind cell-centered algorithm) มาประยุกต์ใช้ โดยใช้เอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยม งานวิจัยจะทำนายได้ทั้งลักษณะการไหลแบบไม่หนืดและมีการอัดตัว และการไหลแบบหนืดและมีการอัดตัว

1.5.5 **R. Lohner and et. al. (1998)** ได้เสนอแนวความคิด loosely coupled algorithm เพื่อวิเคราะห์การเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างการไหล ความร้อน และโครงสร้าง ระหว่างโปรแกรมการไหลที่ทางทีมนักวิจัยได้ประดิษฐ์ขึ้นกับซอฟแวร์ที่มีขายตามท้องตลาดที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ในส่วนของการถ่ายเทความร้อนและความแข็งแรงของโครงสร้าง

1.5.6 **E. Morishita (2002)** ได้เสนอแนวความคิดในการวิเคราะห์ปัญหาการไหลความเร็วสูงผ่านท่อทรงกระบอกด้วยเทคนิค spreadsheet

1.5.7 **B. Chanetz and et. al. (2000)** เป็นการร่วมมือกันของนักวิจัย 6 ท่านจากต่างสถาบันวิจัย เพื่อเผยแพร่ผลการคำนวณที่ได้จากระเบียบวิธีเชิงตัวเลขที่แตกต่างกัน 4 วิธี และทำการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากทดลองที่มีการไหลความเร็วสูงกว่าเสียง 10 เท่า ผ่านท่อกลวง (hollow cylinder-flare) ที่ห้องทดลอง ONERA ของประเทศฝรั่งเศส ซึ่งได้ผลการคำนวณที่สอดคล้องกัน

1.5.8 **M.W. Zuber (2000)** ได้ทำการทดลองการไหลความเร็วสูงกว่าเสียง 6 เท่าไหลผ่านลิ่มคู่ขนาน ทำให้เกิดการปะทะกันของขอบชั้นบางระหว่างลิ่มทั้งสอง โดยทำการเปรียบผลการทดลองกับผลการคำนวณใน 3 มิติด้วยวิธี implicit finite volume upwind algorithm

1.5.9 **J.N. Moss (2000)** ได้ประยุกต์วิธี Direct Simulation Monte Carlo เพื่อทำนายพฤติกรรมการไหลและการเกิดปฏิสัมพันธ์ของคลื่นช็อกที่เกิดขึ้น เมื่อของไหลความเร็วสูงกว่าเสียง 10 เท่าไหลผ่านโคนแหลมที่มีมุมเอียง 2 ระดับ โยเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้จากห้องทดลอง CUBRC และ ONERA

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิทยานิพนธ์

1.6.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

1.6.2 ศึกษาลักษณะของของไหลที่ความเร็วสูงกว่าความเร็วเสียงหลายเท่าขณะที่ไหลผ่านโครงสร้าง

1.6.2.1 ศึกษาลักษณะการไหลแบบไม่หนืดและมีการอัดตัว

1.6.2.2 ศึกษาลักษณะการไหลแบบหนืดและมีการอัดตัว

1.6.3 ศึกษาลักษณะความร้อนที่ถ่ายเทจากของของไหลความเร็วสูงไปยังโครงสร้าง

1.6.4 ศึกษาลักษณะการเสียรูปและความเค้นเนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นบนโครงสร้าง

1.6.5 ศึกษาระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ต่างๆ เพื่อที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม ได้แก่

1.6.5.1 วิธีอัปวินด์เซลเซนเตอร์ (Upwind cell-centered algorithm)

1.6.5.2 วิธีเทย์เลอร์-กาเลอร์คิน (Taylor-Galerkin Algorithm)

1.6.5.3 วิธีกาเลอร์คิน (Galerkin Method)

1.6.6 ประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สอดคล้องกัน

1.6.7 ประยุกต์เทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติเข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ข้างต้น

1.6.8 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.6.9 เขียนผลงานวิจัยลงบทความวิชาการระดับนานาชาติ

1.6.10 สรุปผลงานวิจัย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจถึงพฤติกรรมของของไหลขณะที่มีความเร็วสูงกว่าความเร็วเสียงหลายเท่า และเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญต่อการศึกษาและงานวิจัยด้านพลศาสตร์ของของไหล

1.7.2 ก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่าง 3 สาขาวิชา คือ พลศาสตร์ของไหล การถ่ายเทความร้อน และกลศาสตร์ของแข็ง อันเป็นแนวทางพื้นฐานที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยระดับสูงต่อไป

1.7.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถทำนายพฤติกรรมการไหลของของไหลความเร็วสูงกว่าความเร็วเสียงหลายเท่า การกระจายอุณหภูมิขณะได้รับความร้อนที่ถ่ายเทจากของไหลสู่โครงสร้าง และลักษณะการยืดหดตัวรวมถึงความเค้นเนื่องจากความร้อนบนโครงสร้างได้

1.7.4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้น สามารถนำไปใช้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วๆไปได้

1.7.5 ลดเวลาในการคำนวณและเนื้อที่หน่วยความจำลง ด้วยการประยุกต์เทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย