บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

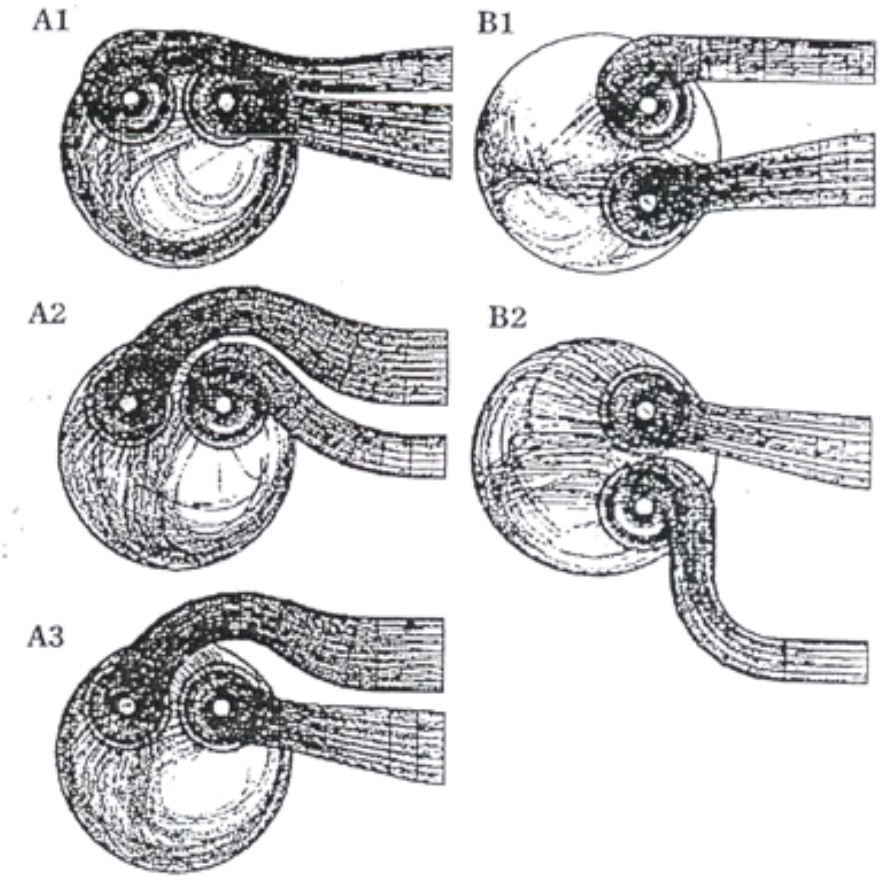
การเคลื่อนที่ของของไหลภายในเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้น มีผลต่อประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจัยที่มีผลอย่างมาก คือการเกิดการไหลแบบปั่นป่วน โดยการศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศในกระบอกสูบนี้ เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ และลดมลพิษ ซึ่งได้มีการศึกษาโดยวิธีทดลองและการจำลองการไหล เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลที่เกิดขึ้น ซึ่งจากการค้นคว้า ได้รวบรวมผลงานวิจัยจากนักวิจัยหลาย ๆ ท่านที่ศึกษาการไหลในหลาย ๆ ประเทศทั่วโลก สามารถแบ่งได้ดังนี้ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบการถ่ายภาพด้วย PIV ส่วนที่สองเป็นการทดสอบ

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการถ่ายภาพภายในเครื่องยนต์จำลอง

มีการทดลองถ่ายภาพการไหลที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้เพื่อศึกษาถึงรูปแบบการไหลที่จะทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพมากขึ้น Takahiro UEDA และคณะ [1] ได้ศึกษาถึงสนามการไหลเฉลี่ย 25 วัฏจักรโดยการถ่ายภาพจากด้านล่างของลูกสูบโดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลระบบฉีดตรงที่มีลูกสูบแบบใส ถ่ายภาพด้วยวิธี PIV โดยการทดลองมีการเปลี่ยนท่อไอดีเป็นแบบที่ทำให้เกิด การไหลวนแบบ Swirl และแบบไม่เกิด Swirl เปรียบเทียบสนามการไหลในกระบอกสูบแบบที่ใช้ท่อไอดีที่ทำให้เกิด Swirl กับแบบ ท่อไอดีที่ไม่เกิด Swirl ถ่ายภาพการไหลที่ 4.5 3.0 1.5 และ 0 องศาก่อนศูนย์ตายบน ในท่อไอดีที่ไม่เกิด Swirl เปรียบเทียบกับภาพการไหลที่ 3.0 2.0 1.0 และ 0 องศาก่อนศูนย์ตายบน ในท่อไอดีที่ทำให้เกิด Swirl จำนวนแบบละ 25 วัฏจักร แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบสนามการไหลผลการวิจัยเปรียบเทียบสนามการไหลในห้องเผาไหม้แบบที่ใช้ท่อไอดีที่ทำให้เกิด Swirl จะให้การไหลในห้องเผาไหม้เร็วกว่าแบบที่ใช้ท่อไอดีที่ไม่เกิด Swirl และลักษณะของสนามการไหลของแบบที่ทำให้เกิด Swirl จะมีสภาวะที่ใกล้เคียงกันทั้ง 25 วัฏจักร ในขณะที่แบบที่ไม่เกิด Swirl สภาวะภายในห้องเผาไหม้ไม่สม่ำเสมอ และผลงานวิจัยของ C.-W. Hong และ S.-D. Tang [2] ได้เปรียบเทียบผลของการไหลในกระบอกสูบโดยการไหลผ่านวาล์วไอดี ซึ่งจะทำให้เข้าใจการไหลภายในกระบอกสูบได้ โดยทำนายการไหลภายในกระบอกสูบด้วยโปรแกรม KIVA3V ซึ่งสามารถทำนายการเคลื่อนไหวของการไหลได้ นำมาเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ 1 สูบ 4 จังหวะโดยนำเอาพลาสติกใสทรงกระบอกมาทำเป็นกระบอกสูบ เพื่อจะทำให้มองเห็นการไหล และการเคลื่อนที่ของลูกสูบ การศึกษาการไหลโดยใช้ LDV (Laser Doppler Velocimeter) จับภาพจุดต่อจุด และใช้

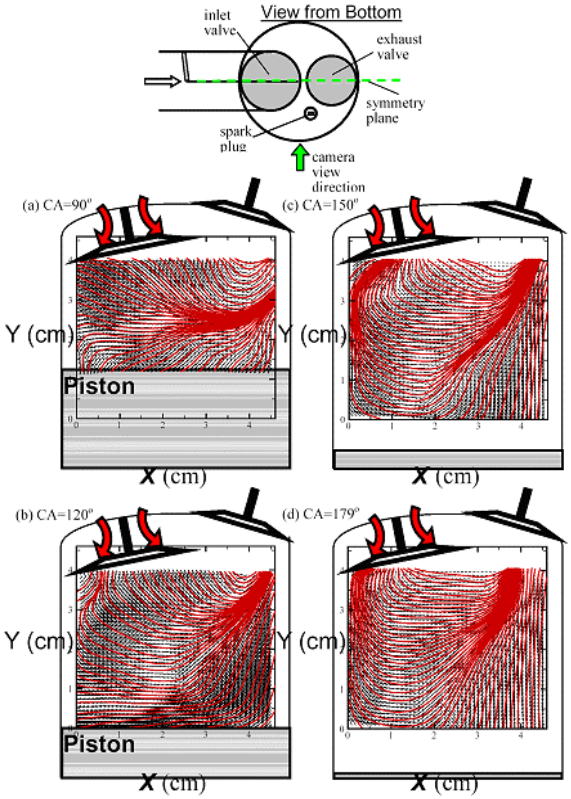
คอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาการไหลในกระบอกสูบ การเปรียบเทียบจะทำการเปรียบเทียบความเร็ว, ความรุนแรงของการไหลแบบปั่นป่วน, อัตราส่วนการไหลวน, อัตราการหมุนวนและการกระจายของการหมุนวน ผลการวิจัยแสดงการเปรียบเทียบการไหลในรูปแบบเวคเตอร์ที่ระนาบแนวนอนต่ำกว่า ศูนย์ตายบน 10 mm. 20 mm. 40 mm. และ 60 mm.จากผลการเปรียบเทียบรูปแบบการไหลใกล้เคียงกันโดยการทดลองจะมีการไหลใต้วาล์วไอดีน้อยกว่าการใช้โปรแกรมเล็กน้อย และมีความคล้ายคลึงกันในการเปรียบเทียบโดยเส้น สตรีมไลน์ ในแนวตั้งที่กลางกระบอกสูบ ทั้งสองวิธีสามารถวัดสนามการไหลภายในกระบอกสูบได้ทั้งวิธี LDV และ การทำนายการไหลด้วยโปรแกรม จึงสามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการออกแบบเครื่องยนต์ในเบื้องต้นได้ M Reeves และคณะ[3] ได้นำวิธี PIV มาใช้ในการศึกษาการก่อตัว และการลดต่ำลง ของ swirl ภายในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ที่สามารถมองเห็นภายในได้แบบ 4 สูบ 4 วาล์วขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ สามารถแปรผันท่อไอดีให้เกิดการไหลวนแบบ Barrel Swirl Ratio (BSR) ได้โดยใช้ port face inducer gasket ที่ทำให้เกิด Swirl ซึ่งในงานวิจัยแสดงภาพทั้งในแนวขนาน และตั้งฉากกับแกนของกระบอกสูบที่ มุมเพลาข้อเหวี่ยง ที่สนใจในช่วง ดูด และ จังหวะอัด ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1000 รอบ โดยเปิด throttle กว้างสุด ทั้งในกรณีที่ BSR สูงและต่ำ ภาพที่บันทึกได้จะถูกนำมาปรับแก้ ซึ่งจะได้เป็นผังความเร็วในสองมิติ ทั้งในกรณีที่ BSR สูงและต่ำ barrel หรือ tumbling vortex จะเกิดขึ้นในช่วง จังหวะดูดและจะยังคงอยู่ถึงช่วงจังหวะอัด รายละเอียดของการก่อตัวในช่วงจังหวะดูด และการเปลี่ยนแปลงในช่วงจังหวะอัด จะแตกต่างกันมาก ในทั้งสองกรณี โดยความแตกต่างนี้สามารถอธิบายได้เป็นสองลักษณะ คือในช่วง จังหวะดูดความแรง vortex จะไม่เท่ากัน และ large-scale swirl และ local flow field ที่ถูกสร้างขึ้นโดยการเคลื่อนที่ของลูกสูบในจังหวะอัดในกรณีที่ BSR ต่ำ การแพร่กระจายของการไหล จะเกิดจาก large-scale motion ซึ่งมีความเร็วเฉลี่ยที่ต่ำกว่า ในขณะที่ กรณีของ BSR สูง จะเกิด vertical vortex ที่มีความเร็วสูง ซึ่งจะเคลื่อนที่ขึ้นไปที่ส่วนบนของห้องเผาไหม้ และจะยังอยู่จนกระทั่งตำแหน่ง 40 องศาก่อนศูนย์ตายบน Mario Amelio และคณะ[4]ได้ใช้วิธี LDV ภายในห้องเผาไหม้แบบ Disk ของเครื่องยนต์ Reciprocating แบบ 4 จังหวะโดยจะทำการบันทึกความเร็วใน 2 แกนอย่างไม่พร้อมกัน ที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน 3 ตำแหน่ง บนระนาบที่อยู่กึ่งกลาง TDC clearance ในช่วง จังหวะดูดและจังหวะอัด ที่ความเร็วต่าง ๆ กัน 3 ค่า(600, 800 และ 1000 รอบ) แต่ละตำแหน่งที่วัดจะพิจารณาที่เงื่อนไขการไหลที่แตกต่างกัน (ใกล้กับวาล์วไอดีที่แกนของกระบอกสูบ และใกล้กับวาล์วไอเสีย) จากการพิจารณาที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์หลาย ๆ ค่า และตำแหน่งภายในห้องเผาไหม้หลาย ๆ ตำแหน่ง ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมโดยรวมของการไหล และรายละเอียดของการไหลแบบปั่นป่วนที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้คือ การหาค่าความถี่ที่จะนำพิจารณาจำแนกการไหลแบบปั่นป่วนที่แท้จริงออกจากการ

เปลี่ยนแปลงของการไหลเฉลี่ยในแต่ละรอบ และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความถี่ที่ตำแหน่งการวัด และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยการวิเคราะห์จะอาศัยวิธีที่แตกต่างกัน: non-stationery velocity autocorrelation function, power spectrum และ cycle-resolved analysis based on the frequency filter ซึ่งในแต่ละวิธีให้ผลที่เหมือนกัน จากผลการทดลองพบว่าจุดตัดความถี่ จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และเมื่อตำแหน่งที่วัดอยู่ห่างจากลำการไหลที่ออกจาก intake valve ผลงานของ Jun-ichi Kawashima [12] ได้ศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของช่องทางเข้าไอดีที่ทำให้เกิดการ Swirl ในเครื่องยนต์ดีเซล ที่มี 4 วาล์วต่อสูบ ทำให้เราทราบว่าผลกระทบของการเปลี่ยนลักษณะท่อไอดีมีผลต่อการไหลและมีความสำคัญมากในการทำให้เกิดกาหมุนวน และลักษณะช่องทางเข้าไอดีแบบ A1 ถูกสร้างขึ้นมาโดยการรวมเอาแบบ helical port และ tangential port เข้าด้วยกันซึ่งให้การไหลแบบ Swirl สูงที่สุด

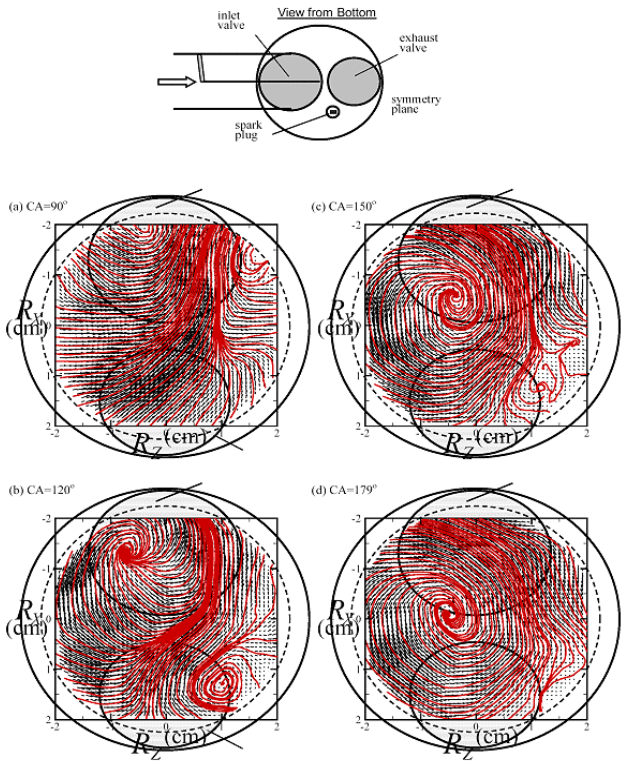


รูปที่ 2.1 แสดง Stream line ในกระบอกสูบ เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงท่อไอดี 5 แบบ (Calculated)

ผลงานวิจัยของ Huang, R. F., Huang, C. W., Chang, S. B.[13] ได้พัฒนาการไหลของเครื่องยนต์สองวาล์ว ลูกสูบเดียว สี่จังหวะ ในช่วงจังหวะดูดและจังหวะอัด โดยวิเคราะห์จาก PIV กระบอกสูบลูกสูบและส่วนประกอบอื่นถูกทำให้สามารถมองเห็นภายในได้ เพื่อใช้กับ laser light sheet และกล้องถ่ายภาพวีดีโอความเร็วสูง เงื่อนไขของเทคนิคนี้คือการสุ่มตัวอย่าง โดยจะใช้ Crank angle เป็นตัวกำหนดจังหวะการจับภาพ ผลที่ได้อยู่ในรูป Streamline และ Velocity Vector สามารถแสดงโครงสร้างการไหลได้ดี ทำให้ทราบการไหล Swirl และ Tumble ตลอดจนการเคลื่อนที่ตามแนวแกนและแนวเส้นรอบวง จากผลการทดลอง เมื่อมีการไหลเข้าในจังหวะดูด การไหลที่เกิดขึ้นจะเกิด Tumble flow ขณะที่ลูกสูบเลื่อนลงมา ครึ่งจังหวะดูด ความแรงของการไหลแบบ Tumble อยู่ที่ช่วง 120 องศา-180 องศา และจะไม่สามารถสังเกตได้เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นไปได้ครึ่งทาง ดังรูปที่ 2.2 ในช่วงการไหลในจังหวะดูด มองเห็นการไหลแบบ Swirl ในแนวแกน โครงสร้างการไหลแบบ Swirl มีขอบเขตถึงขอบกระบอกสูบ ความแรงของการเคลื่อนที่แบบ Swirl เพิ่มขึ้นเมื่อลูกสูบเลื่อนผ่านจังหวะดูดมาครึ่งทาง และเพิ่มมากสุดเมื่อลูกสูบเลื่อนลงสุด และความแรงยังคงอยู่จนถึงครึ่งทางของจังหวะอัดดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 แสดงการไหลแบบ Tumble ภายในกระบอกสูบ

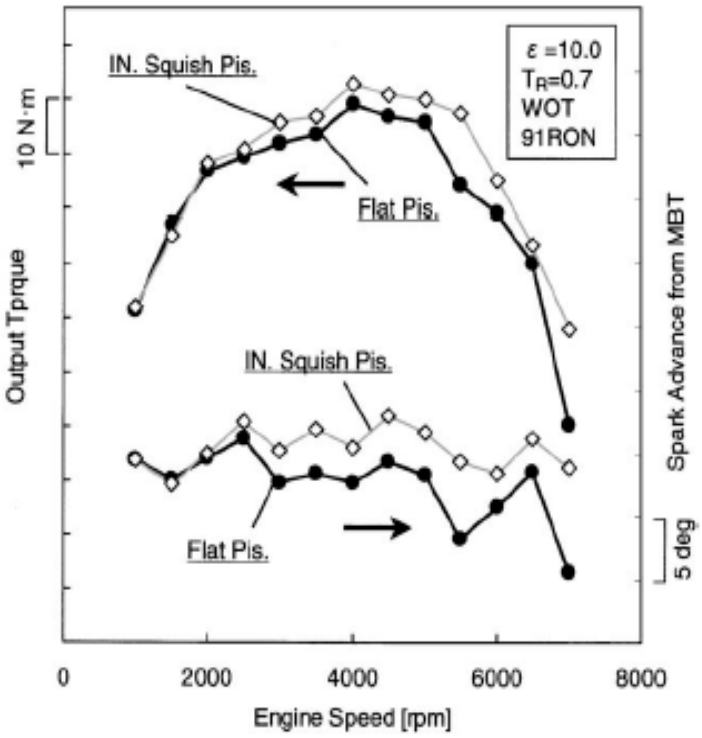


รูปที่ 2.3 แสดงการไหลแบบ Swirl ภายในกระบอกสูบ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการการไหลภายในกระบอกสูบจากการทดสอบเครื่องยนต์

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบด้วยเครื่องยนต์จำลองทำให้ทราบว่า ผลของการไหลที่เกิดในกระบอกสูบทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เปลี่ยนไปดังนั้นจึงมีการนำผลเหล่านั้นมาทดสอบกับเครื่องยนต์เพื่อค้นหาการเปลี่ยนแปลงนั้น Jin-soo Kim, Jun-hyun Park และคณะ [5] ได้วิจัยเกี่ยวกับเครื่องยนต์เบนซิน ที่ถูกออกแบบให้มีการฉีดตรงในกระบอกสูบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประหยัดน้ำมันในขณะที่ประสิทธิภาพเท่าเดิม ทั้งยังช่วยลดมลพิษอีกด้วย ดังนั้น ลักษณะการเคลื่อนที่ของละอองน้ำมันเชื่อเพลิงในกระบอกสูบถือว่ามีบทบาทสำคัญ การศึกษาการไหลที่มีผลต่อการผสมกันของอากาศกับเชื้อเพลิงในกระบอกสูบโดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง ICCD ผ่านเครื่องยนต์โปร่งใส โดยมีการปรับเปลี่ยนท่อไอดี ให้เกิด Swirl และเกิด Tumble จากผลการทดลองภาพที่ถ่ายได้เปรียบเทียบกันระหว่างการฉีดเชื้อเพลิงในภาวะที่การไหลในกระบอกสูบมีการไหลวนแบบ Swirl และการไหลวนแบบ Tumble การไหลแบบ Tumble จะให้การผสมรวมกันของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดีกว่าการไหลแบบ Swirl จากนั้น K. Iwai, M. Kataoka, and M. Tabata [16] ได้ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงลักษณะลูกสูบที่ก่อให้เกิด Tumble เพิ่มขึ้นเพื่อทดสอบกบเครื่องยนต์แล้ววัดค่าประสิทธิภาพที่ได้รับจากรูปที่ 2.4 เห็นได้ชัดเจนว่าลูกสูบแบบ squish ก่อให้เกิด Tumble มาก

ขึ้นและให้แรงบิดเพิ่มมากขึ้นกว่าลูกสูบแบบหัวเรียบ เมื่อ squish area ติดตั้งเข้าไปทางด้านวาล์วไอดี การไหลหลักของไอดีจะกระทบกับส่วนขอบของ squish area ซึ่งจะถูกควบคุมให้เข้าไปสู่ด้านบนของ squish area ทำให้เกิดการหมุนวนตามยาวขึ้น (Tumble)



รูปที่ 2.4 ประสิทธิภาพจากการทดลองเปลี่ยน ลูกสูบแบบ squish เทียบกับลูกสูบแบบหัวเรียบ