

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

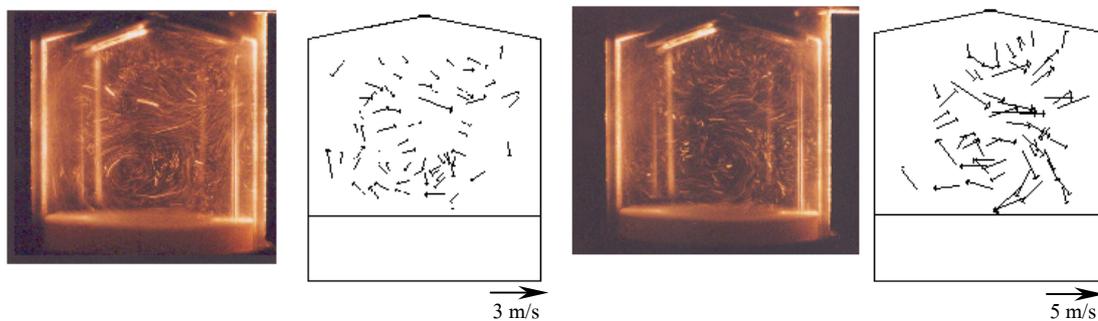
5.1 บทนำ

ผลการทดลองที่ได้นำเสนอในบทนี้ เป็นการนำเสนอรูปภาพที่ถ่ายคู่กับเวกเตอร์สนามการไหลที่ผ่านการคำนวณรวมระยะเวลาการเปิดน้ำกลิ้งแล้ว นำมารวมเพื่อ Interpolate สนามการไหลแล้วนำไป สร้างเส้น Streamline เพื่อวิเคราะห์หาคุณลักษณะที่ทำให้การไหลเกิด Tumble เหมาะสมที่สุด เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบห้องเผาไหม้ที่ทำให้เกิดการไหลแบบ Tumble ที่ดีขึ้น หลังจากสามารถออกแบบห้องเผาไหม้ที่ทำให้ Tumble ดีขึ้นแล้ว ก็ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์จริง ซึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบนี้เป็นเครื่องยนต์ดีเซล สูบเดี่ยวเผาไหม้แบบฉีดตรง โดยเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ และอัตราสิ้นเปลือง

5.2 ผลการทดลองลักษณะการไหลด้วยเครื่องยนต์จำลอง

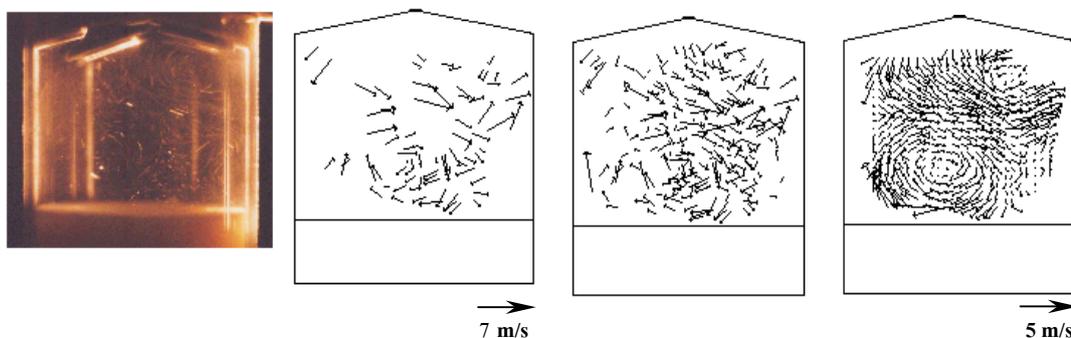
รูปแบบการไหลเป็นหน้าตัดแนวตั้ง รูปที่ 5.1 ก.)-ค.) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหัวเรียบ โดยท่อไอดีเป็นแบบขนาน ที่ 180 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ ความเร็วเปิดน้ำกลิ้ง 1/60, 1/90 และ 1/125 sec. รูปที่ 5.1 (ง) แสดงภาพของสนามเวกเตอร์รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบหัวเรียบ โดยท่อไอดีเป็นแบบขนาน การไหลวนเกิดขึ้นที่บริเวณใต้วาล์วไอดี ความเร็วในการไหลเป็นไปอย่างช้า ๆ ลักษณะการเกิด Tumble เป็นการหมุนที่ช้าและ การหมุนเป็นวงเล็ก รูปที่ 5.2 รูป สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบหัวเรียบและท่อไอดีแบบขนาน จากรูป Streamline จะสังเกตเห็นวงของการไหลบริเวณกลางกระบอกสูบมีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 4.05 m/s และมีอัตราการไหลวนแบบ Tumble ที่ 3.4 รูปที่ 5.3 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหัวเรียบ โดยท่อไอดีเป็นแบบวี ที่ 180 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ความเร็วการเปิดน้ำกลิ้ง 1/60, 1/90 และ 1/125 sec. รูปที่ 5.3 (ง) แสดงภาพของ สนามเวกเตอร์รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ Interpolate ในลูกสูบแบบหัวเรียบ โดยท่อไอดีเป็นแบบวี การไหลวนเกิดขึ้นไม่เป็นรูปแบบ ไม่เกิด Tumble ที่ชัดเจน ความเร็วการไหลสูงขึ้นเล็กน้อย รูปที่ 5.4 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหัวเรียบ และ ท่อไอดีแบบ วี จาก Streamline จะเห็นว่าไม่เกิดวงของการไหลแบบ Tumble ในท่อไอดีชนิด วี มีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 4.3 m/s และมีอัตราการไหลวนแบบ Tumble ที่ 0 รูปที่ 5.5 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหัวเรียบ โดยท่อไอดีเป็นแบบตั้งตรงที่ 180 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ ความเร็วการเปิดน้ำกลิ้ง 1/60, 1/90 และ 1/125 sec. รูปที่ 5.5 (ง) แสดงภาพของ สนามเวกเตอร์รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ

interpolate ในลูกสูบแบบหัวเรียบ โดยท่อไอดีเป็นตั้งตรง การไหลวนเกิดขึ้นมีเล็กน้อยที่ได้มาแล้ว ไอดี เกิด Tumble ที่ชัดเจน ความเร็วการไหลสูงขึ้นมาก



(ก) Exposure time 1/60 s.

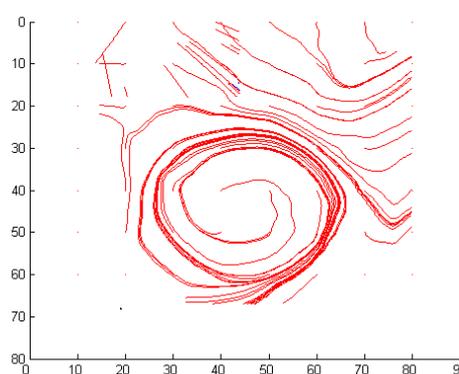
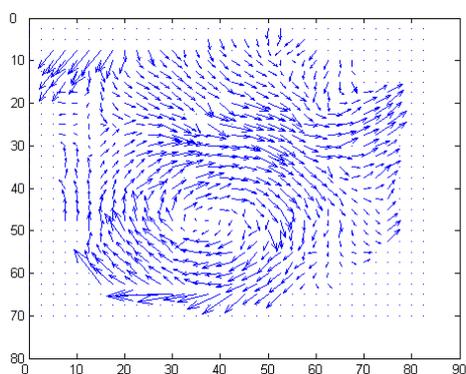
(ข) Exposure time 1/90 s.



(ค) Exposure time 1/125 s.

(ง) Measured and interpolated velocity fields

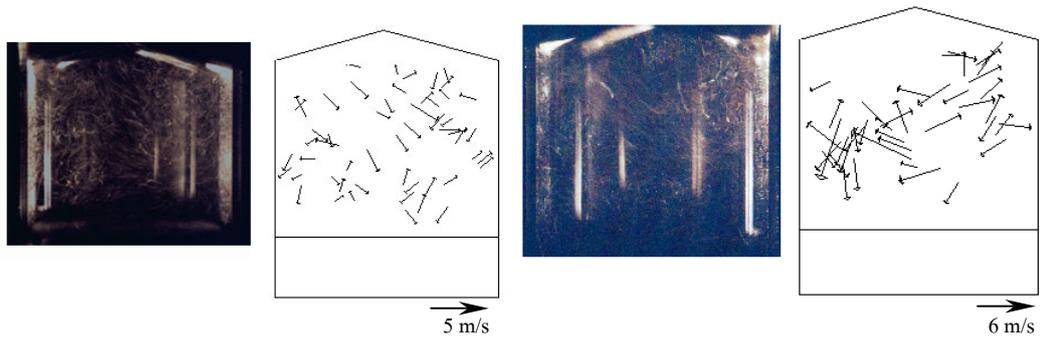
รูปที่ 5.1 particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหัวเรียบ และ ท่อไอดีแบบขนาน



ก) สนามการไหลแสดงเป็น vector ความเร็ว

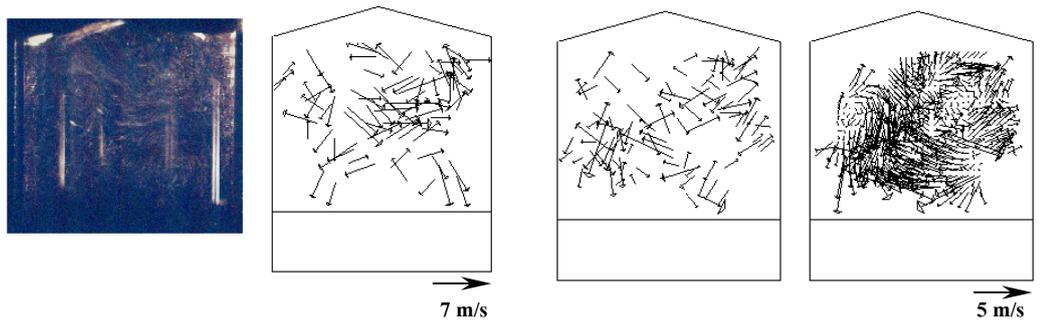
ข) สนามการไหลแสดงเป็นเส้น Streamline

รูปที่ 5.2 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlabของลูกสูบหัวเรียบและท่อไอดีแบบขนาน



(ก) Exposure time 1/60 s.

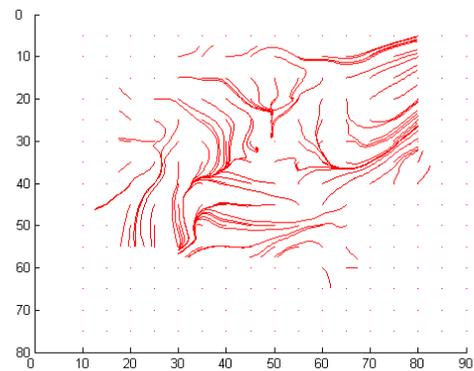
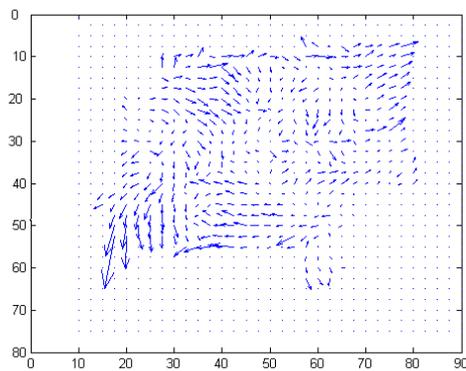
(ข) Exposure time 1/90 s.



(ค) Exposure time 1/125 s.

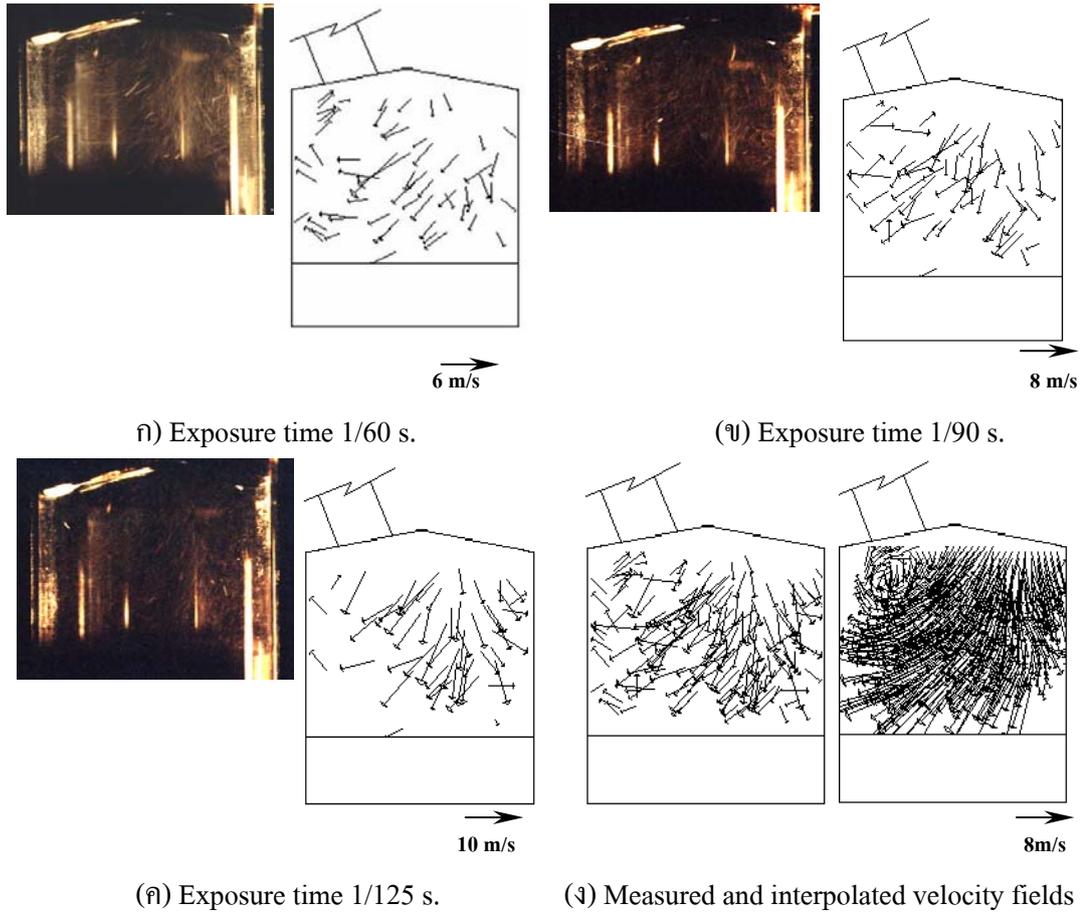
(ง) Measured and interpolated velocity fields

รูปที่ 5.3 particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหัวเรียบ และ ท่อไอดีแบบ วี

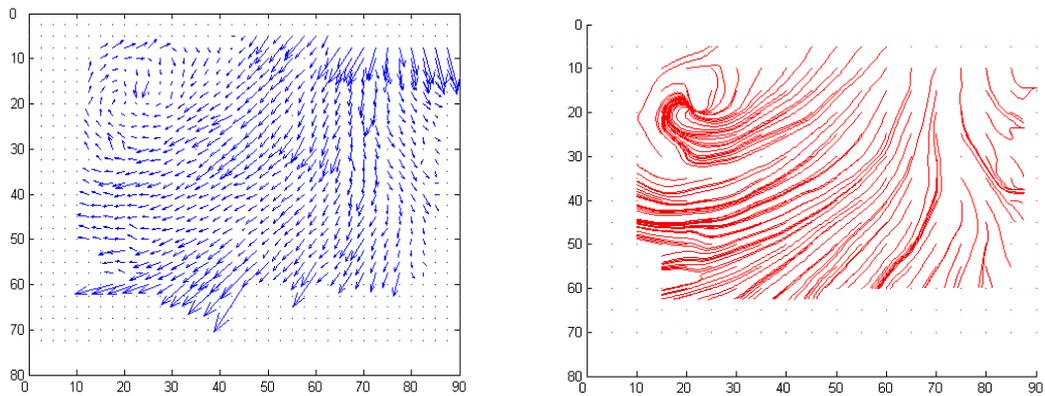


ก) สนามการไหลแสดงเป็น vector ความเร็ว ข) สนามการไหลแสดงเป็นเส้น Streamline

รูปที่ 5.4 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหัวเรียบ และท่อไอดีแบบ วี



รูปที่ 5.5 particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหัวเรียบ และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง

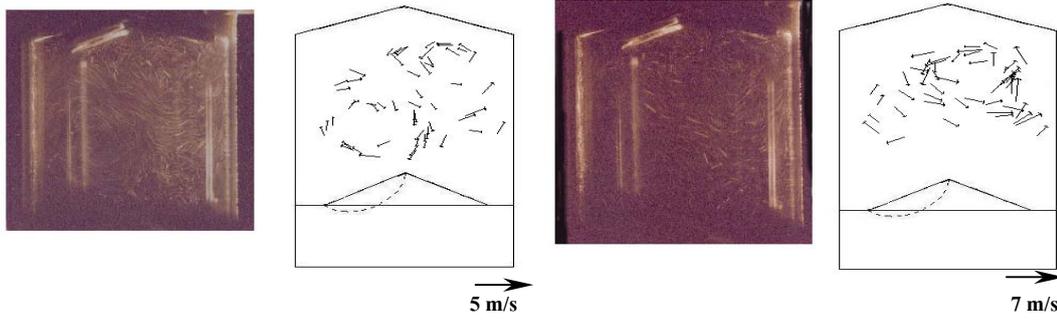


ก) สนามการไหลแสดงเป็น vector ความเร็ว ข) สนามการไหลแสดงเป็นเส้น Streamline

รูปที่ 5.6 สนามการไหลภายในกระบอกลูกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหัวเรียบ และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง

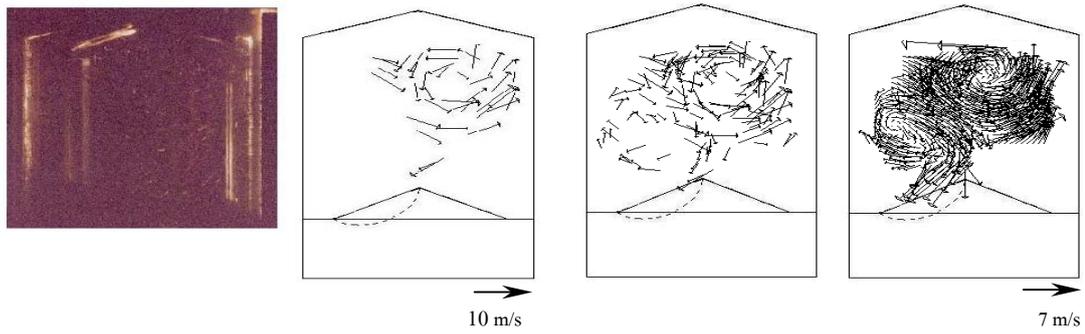
รูปที่ 5.6 สนามการไหลภายในกระบอกลูกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหัวเรียบ และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง จากรูป Streamline จะเห็นว่าการไหลที่เกิดขึ้นให้ศูนย์

กลางการไหลที่ได้วาล์วไอดีเป็นการไหลที่เป็นการไหลที่เกิดความเร็วในแนวตรงลงไปยังหัวลูกสูบ อันเกิดจากท่อไอดีแบบตั้งตรง รูปที่ 5.6 แสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่าจุดศูนย์กลางการเกิด Tumble อยู่ที่บริเวณใต้ศูนย์ตายบน 20 มม. และจากด้านซ้ายออกไป 20 มม. เส้นการไหลเป็นระเบียบมีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 8.2 m/s และมีอัตราการไหลวนแบบ Tumble ที่ 5.4 รูปที่ 5.7 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม โดยท่อไอดีเป็นแบบขนานที่ 180 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ ความเร็วการเปิดน้ำกล้อ 1/60, 1/90 และ 1/125 sec. รูปที่ 5.7 (ง) แสดงภาพของ สนามเวกเตอร์รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม โดยท่อไอดีเป็นแบบขนาน การไหลวนเกิดขึ้นที่บริเวณใต้วาล์วไอดี และเหนือลูกสูบด้านซ้าย ความเร็วในการไหลเร็วกว่าลูกสูบแบบหัวเรียบ ลักษณะของ Tumble เกิดขึ้น 2 วง เป็นการหมุนที่เร็ว และมีรูปแบบ รูปที่ 5.8 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และ ท่อไอดีแบบขนาน จากเส้น Streamline วงการไหลเกิดขึ้น 2 วง ที่บริเวณใต้วาล์วไอดีและวาล์วไอดีซึ่งมีลักษณะความเร็วไปคนละทางความเข้มจะอยู่ที่ใต้วาล์วไอดีมีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 6.6 m/s และมีอัตราการไหลวนแบบ Tumble ที่ 7.1 รูปที่ 5.9 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม โดยท่อไอดีเป็นแบบวี ที่ 180 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ ความเร็วการเปิดน้ำกล้อ 1/60, 1/90 และ 1/125 sec. รูปที่ 5.9 (ง) แสดงภาพของ สนามเวกเตอร์รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม โดยท่อไอดีเป็นแบบ V การไหลวนเกิดขึ้น ลักษณะการเกิด Tumble ไม่ค่อยจะมีรูปแบบของ Tumble ที่ชัดเจนนัก รูปที่ 5.10 รูป สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และท่อไอดีแบบ V แสดงให้เห็นว่าเส้นการไหลไม่เป็นระเบียบ เส้น Streamline ไม่มีทิศทางที่แน่นอนและไม่เกิดวงการไหลแบบ Tumble มีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 9.4 m/s และมีอัตราการไหลวนแบบ Tumble ที่ 0 รูปที่ 5.11 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม โดยท่อไอดีเป็นแบบตั้งตรง ที่ 180 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ ความเร็วการเปิดน้ำกล้อ 1/60, 1/90 และ 1/125 sec. รูปที่ 5.11 (ง) แสดงภาพของ สนามเวกเตอร์รวม และสนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม โดยท่อไอดีเป็นแบบตั้งตรง การไหลวนเกิดขึ้นที่บริเวณใต้วาล์วไอดี และวาล์วไอดี ความเร็วในการไหลเร็วขึ้นมากกว่าแบบท่อไอดีขนาน ลักษณะการเกิด Tumble เกิดเป็นวง 2 วง ด้านซ้ายและขวาเป็นการหมุนที่เร็วกว่าแบบท่อไอดีขนาน รูปที่ 5.12 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง วงการไหลไม่ชัดเจนและมีลักษณะไม่เป็นระเบียบ แต่ยังคงเห็นทิศการไหลแบ่งเป็น 2 วงซ้ายและขวา มีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 14.6 m/s และมีอัตราการไหลวนแบบ Tumble ที่ 9.5



(ก) Exposure time 1/60 s.

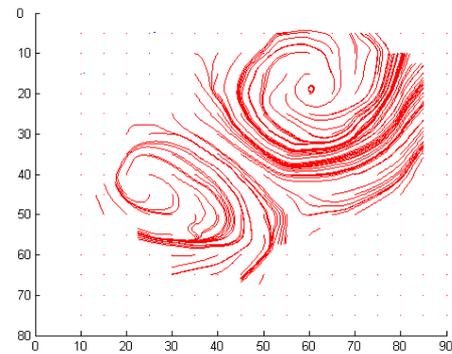
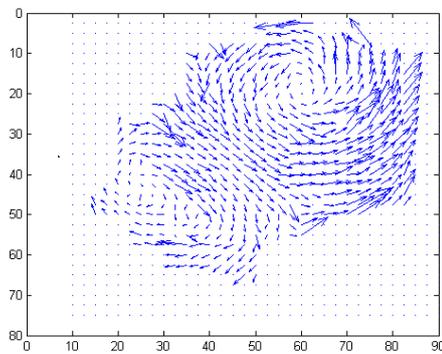
(ข) Exposure time 1/90 s.



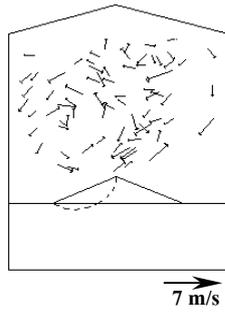
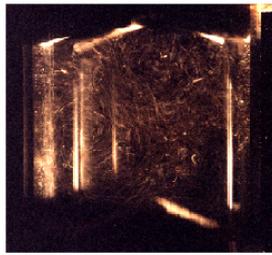
(ค) Exposure time 1/125 s.

(ง) Measured and interpolated velocity fields

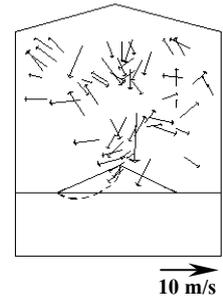
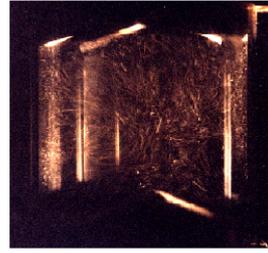
รูปที่ 5.7 particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และ ท่อไอดีแบบขนาน



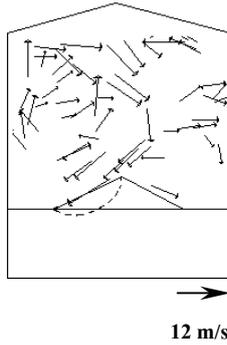
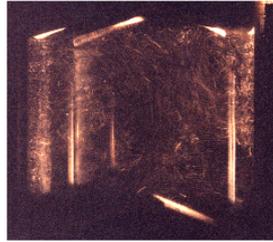
ก) สนามการไหลแสดงเป็น vector ความเร็ว ข) สนามการไหลแสดงเป็นเส้น Streamline
รูปที่ 5.8 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และ ท่อไอดีแบบขนาน



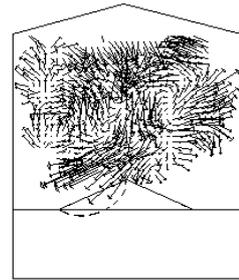
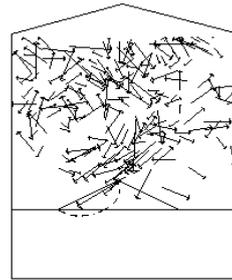
(ก) Exposure time 1/60 s.



(ข) Exposure time 1/90 s.



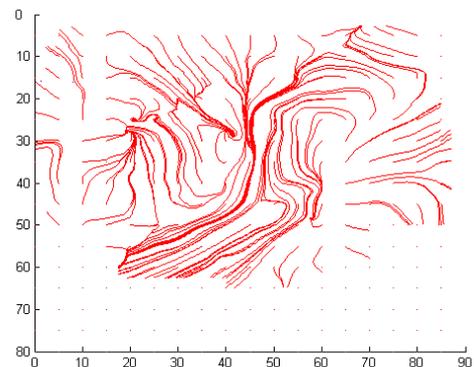
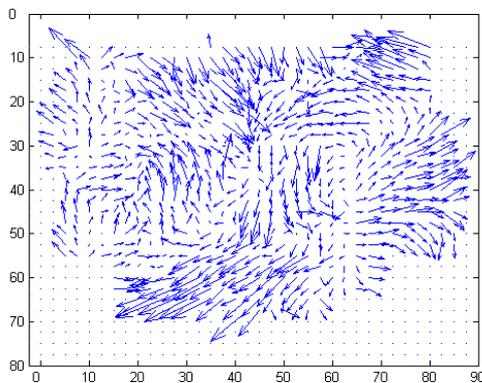
(ค) Exposure time 1/125 s.



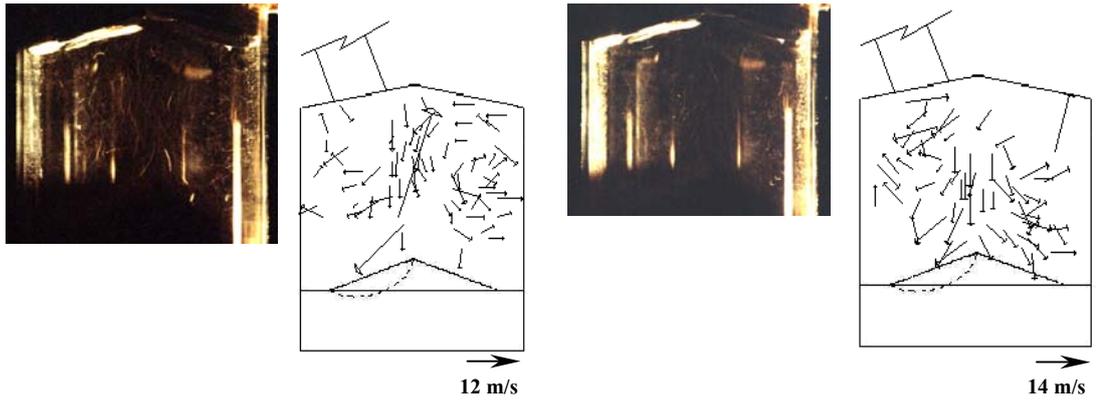
(ง) Measured and interpolated velocity fields

รูปที่ 5.9 particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และ ท่อไอดี

แบบ V

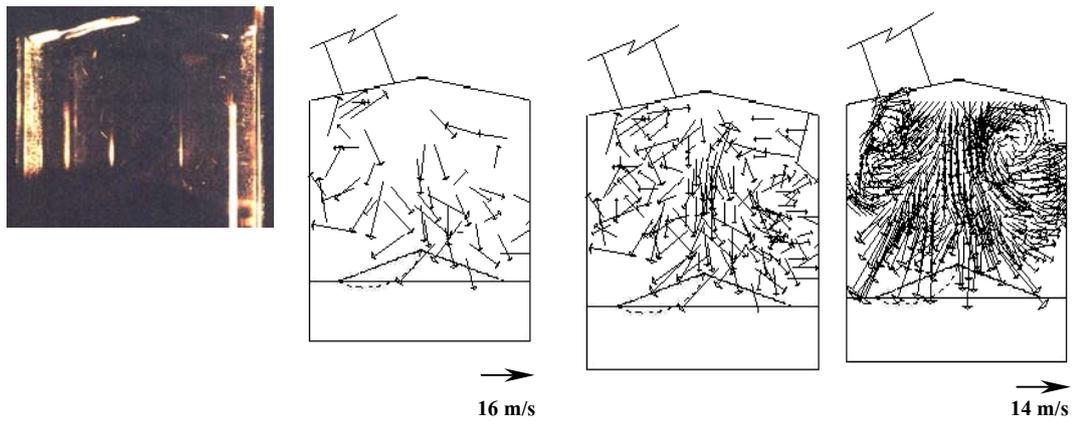


ก) สนามการไหลแสดงเป็น vector ความเร็ว ข) สนามการไหลแสดงเป็นเส้น Streamline
รูปที่ 5.10 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบ
แบบหัวนูนสามเหลี่ยม และ ท่อไอดีแบบ V



ก) Exposure time 1/60 s.

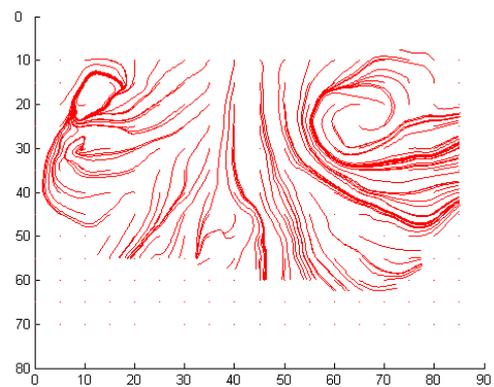
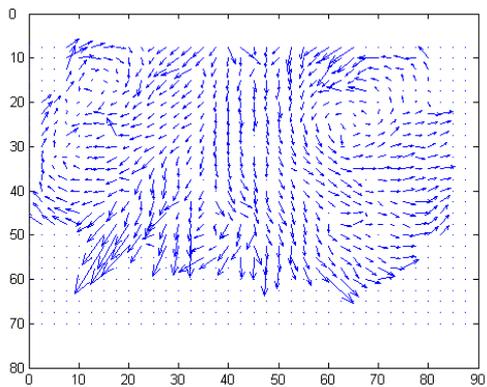
ข) Exposure time 1/90 s.



ค) Exposure time 1/125 s.

ง) Measured and interpolated velocity fields

รูปที่ 5.11 particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง

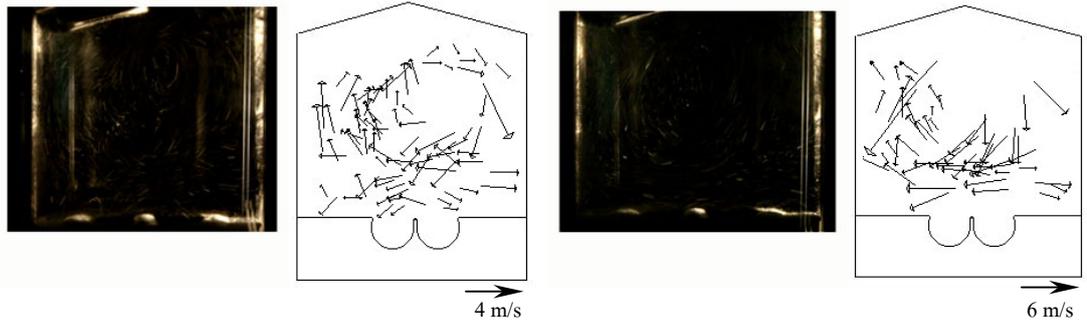


ก) สนามการไหลแสดงเป็น vector ความเร็ว

ข) สนามการไหลแสดงเป็นเส้น Streamline

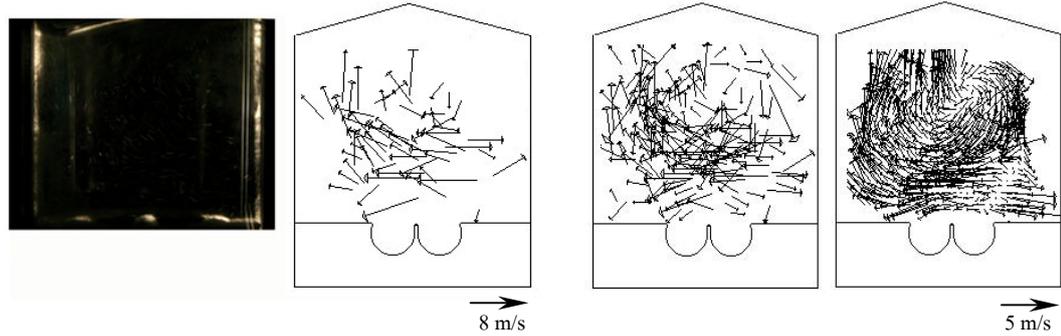
รูปที่ 5.12 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วย โปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง

รูปที่ 5.13 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบสควิช โดยที่ท่อไอดีเป็นแบบขนาน ที่ 180 องศาอนุพันธ์ตายบน ที่ ความเร็วการเปิดหน้ากล้อง 1/60, 1/90 และ 1/125 sec. รูปที่ 5.13 (ง) แสดงภาพของ สนามเวกเตอร์รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบสควิช โดยที่ท่อไอดีเป็นแบบขนาน การไหลวนเกิดขึ้นน้อยที่บริเวณใต้วาล์วไอเสีย และเหนือลูกสูบด้านซ้าย ความเร็วในการไหลน้อย ลักษณะการเกิด Tumble เป็นการหมุนที่เร็วและมีรูปแบบ โดยจะเกิดการไหลวนเป็นวงกว้าง รูปที่ 5.14 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบสควิช และ ท่อไอดีแบบขนาน เห็นเส้น การไหลที่ไม่ชัดเจนนัก Tumble ที่เกิดบริเวณใต้วาล์วไอเสียด้านบนกระบอกสูบ เส้นโดยรอบยังไม่เป็นระเบียบมากนักมีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 5 m/s และมีอัตราการไหลวนแบบ Tumble ที่ 4 รูปที่ 5.15 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบสควิช โดยที่ท่อไอดีเป็นแบบวี ที่ 180 องศาอนุพันธ์ตายบน ที่ shutter speed 1/60, 1/90 และ 1/125 sec. รูปที่ 5.15 (ง) แสดงภาพของ สนามเวกเตอร์ และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบสควิช โดยที่ท่อไอดีเป็นแบบวี การไหลวนไม่เกิดขึ้น ความเร็วในการไหลเร็วขึ้นน้อยกว่าแบบท่อไอดีขนาน เป็นการหมุนที่เกิดการปะทะของอากาศภายในกระบอกสูบ รูปที่ 5.16 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม และ ท่อไอดีแบบวี วงการไหลไม่ชัดเจนและมีลักษณะไม่เป็นระเบียบ ทั้งทั้งกระบอกสูบ มีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 8 m/s และมีอัตราการไหลวนแบบ Tumble ที่ 0 รูปที่ 5.17 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็วในลูกสูบ แบบสควิช โดยที่ท่อไอดีเป็นแบบต่อตรงที่ 180 องศาอนุพันธ์ตายบน ที่ ความเร็วการเปิดหน้ากล้อง 1/60, 1/90 และ 1/125 sec. รูปที่ 5.17 (ง) แสดงภาพของ สนามเวกเตอร์รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบสควิช โดยที่ท่อไอดีเป็นแบบตั้งตรง การไหลวนเกิดขึ้นที่บริเวณกึ่งกลางกระบอกสูบ ความเร็วในการไหลเร็วกว่าลูกสูบแบบหัวเรียบ ลักษณะการเกิด Tumble เป็นการหมุนที่เร็วและมีรูปแบบ โดยจะเกิดการไหลวนเป็นวงกว้างมีจุดศูนย์กลางการไหลอยู่กลางกระบอก รูปที่ 5.18 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบสควิช และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง เห็นเส้น การไหลที่ชัดเจน Tumble ที่เกิดบริเวณกึ่งกลางด้านบนกระบอกสูบ เส้นโดยรอบยังไม่เป็นระเบียบมากนักมีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 18 m/s และมีอัตราการไหลวนแบบ Tumble ที่ 13



(ก) Exposure time 1/60 s.

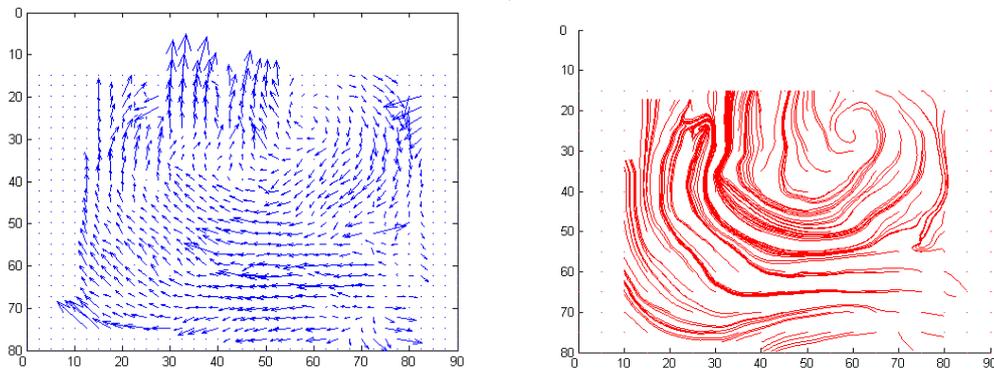
(ข) Exposure time 1/90 s.



(ค) Exposure time 1/125 s.

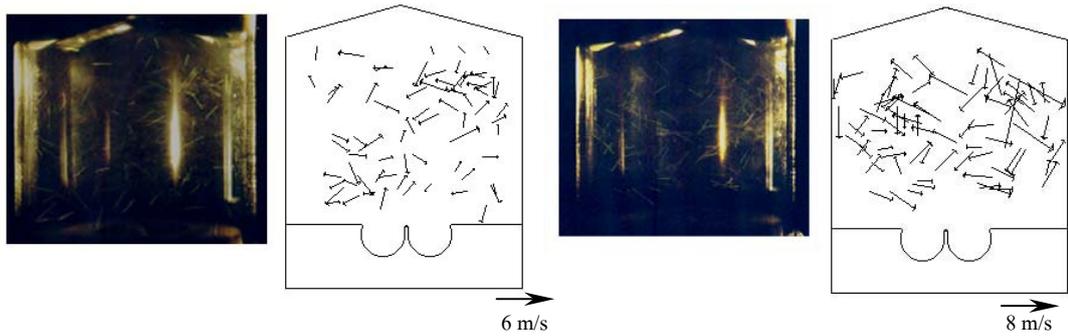
(ง) Measured and interpolated velocity fields

รูปที่ 5.13 particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบสควิช และ ท่อไอดีแบบขนาน



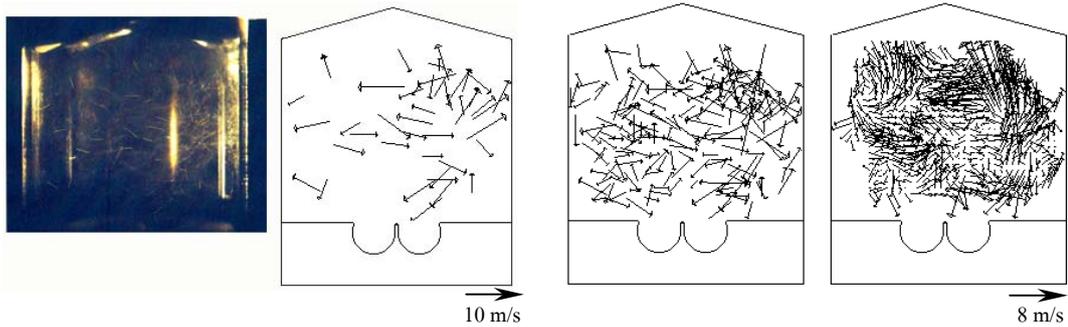
ก) สนามการไหลแสดงเป็น vector ความเร็ว ข) สนามการไหลแสดงเป็นเส้น Streamline

รูปที่ 5.14 สนามการไหลภายในกระบอกลูกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของ ลูกสูบแบบสควิช และ ท่อไอดีแบบขนาน



ก) Exposure time 1/60 s.

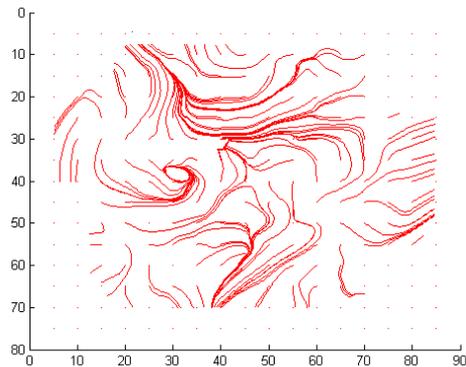
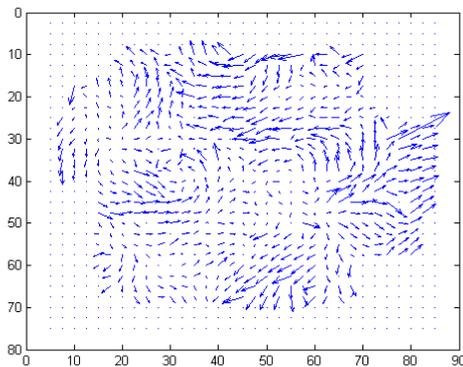
ข) Exposure time 1/90 s.



ค) Exposure time 1/125 s.

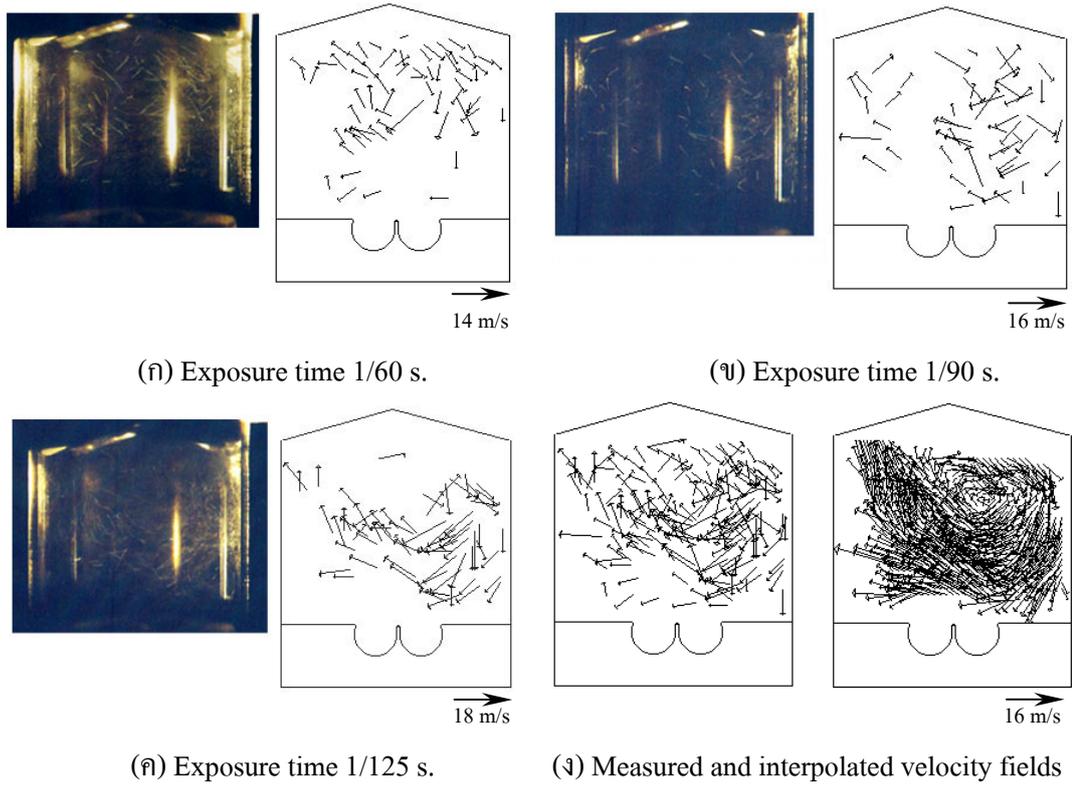
ง) Measured and interpolated velocity fields

รูปที่ 5.15 particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบสควิช และ ท่อไอดีแบบวี

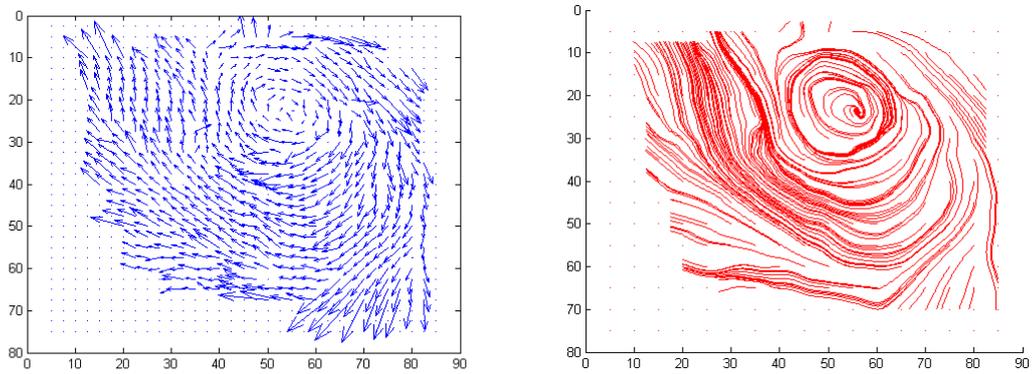


ก) สนามการไหลแสดงเป็น vector ความเร็ว ข) สนามการไหลแสดงเป็นเส้น Streamline

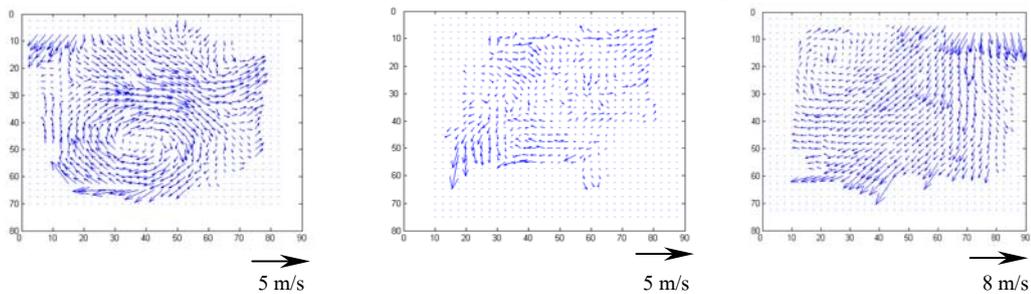
รูปที่ 5.16 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบสควิช และ ท่อไอดีแบบวี



รูปที่ 5.17 รูป particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบสควิช และ ท่อไอดีตั้งตรง



รูปที่ 5.18 สนามการไหลภายในกระบอกลูกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบสควิช และ ท่อไอดีตั้งตรง

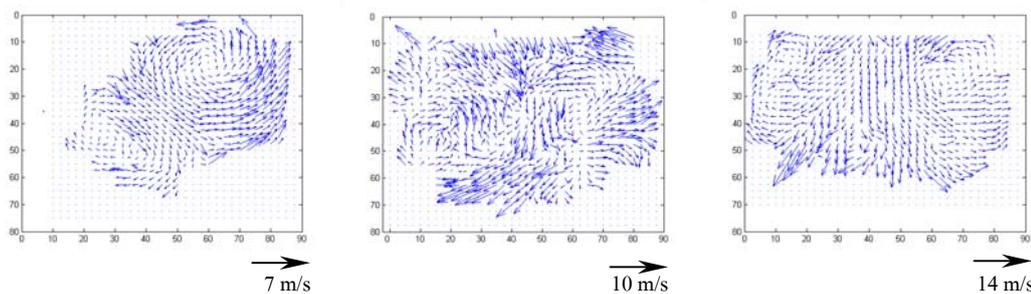


ท่อไอดีแบบขนาน

ท่อไอดีแบบวี

ท่อไอดีแบบตั้งตรง

(ก) ลูกสูบแบบหัวเรียบ

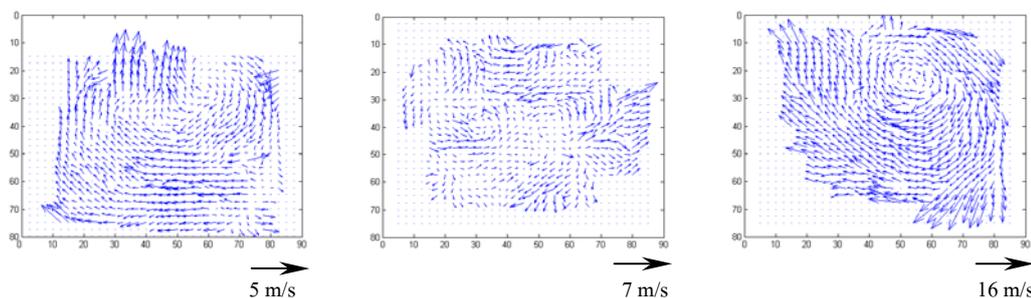


ท่อไอดีแบบขนาน

ท่อไอดีแบบวี

ท่อไอดีแบบตั้งตรง

(ข) ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม



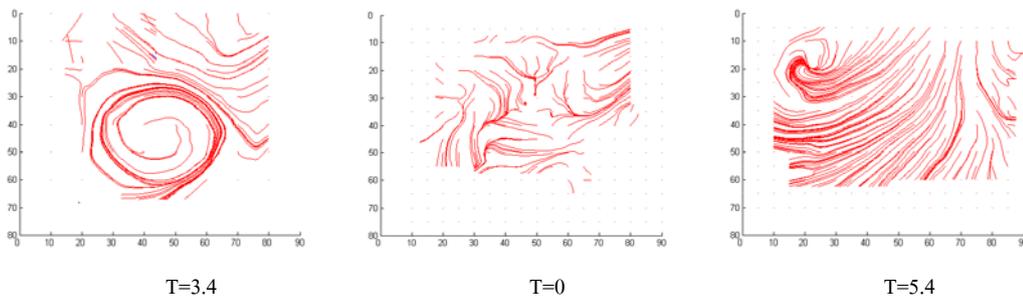
ท่อไอดีแบบขนาน

ท่อไอดีแบบวี

ท่อไอดีแบบตั้งตรง

(ค) ลูกสูบแบบสควิช

รูปที่ 5.19 เปรียบเทียบ velocity fields ของลูกสูบแบบหัวเรียบและท่อไอดีแบบขนาน , ลูกสูบแบบหัวเรียบและท่อไอดีแบบวี, ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยมและท่อไอดีแบบขนาน, ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยมและท่อไอดีแบบ V, ลูกสูบแบบสควิชและท่อไอดีแบบขนาน, ลูกสูบแบบสควิชและท่อไอดีแบบ V

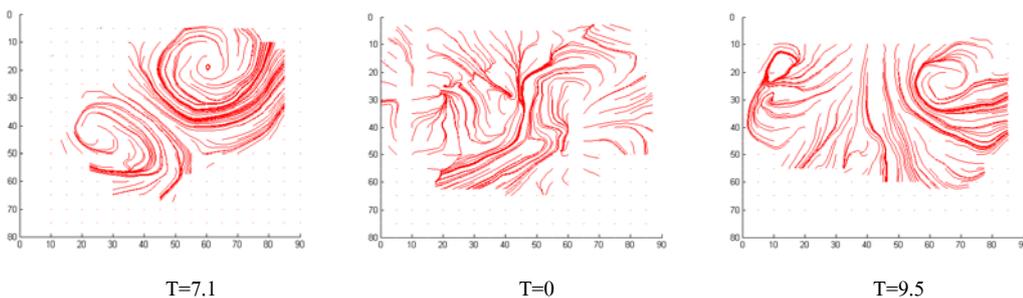


T=3.4
ท่อ ไอติแบบขนาน

T=0
ท่อ ไอติแบบวี

T=5.4
ท่อ ไอติแบบตั้งตรง

(ก) ลูกสูบแบบหัวเรียบ

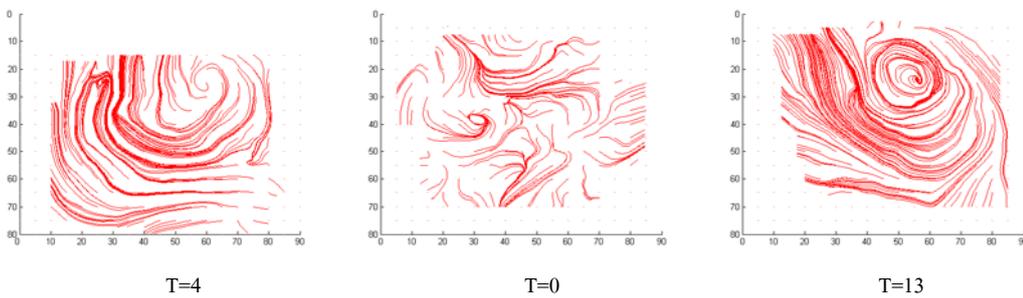


T=7.1
ท่อ ไอติแบบขนาน

T=0
ท่อ ไอติแบบวี

T=9.5
ท่อ ไอติแบบตั้งตรง

(ข) ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยม



T=4
ท่อ ไอติแบบขนาน

T=0
ท่อ ไอติแบบวี

T=13
ท่อ ไอติแบบตั้งตรง

(ค) ลูกสูบแบบสควิช

รูปที่ 5.20 เปรียบเทียบ Streamline ของลูกสูบแบบหัวเรียบและท่อไอติแบบขนาน , ลูกสูบแบบหัวเรียบและท่อไอติแบบวี, ลูกสูบแบบหัวเรียบและท่อไอติแบบตั้งตรง, ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยมและท่อไอติแบบขนาน , ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยมและท่อไอติแบบ V, ลูกสูบแบบหัวนูนสามเหลี่ยมและท่อไอติแบบตั้งตรง, ลูกสูบแบบสควิชและท่อไอติแบบขนาน , ลูกสูบแบบสควิชและท่อไอติแบบ V , ลูกสูบแบบสควิชและท่อไอติแบบตั้งตรง

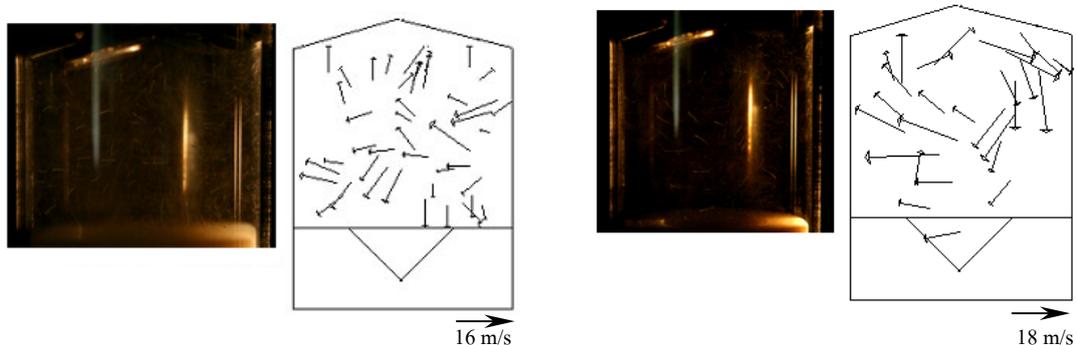
5.3 การวิเคราะห์ผลจากลูกสูบแบบทั่วไปที่นำมาทำการทดลอง

จากรูปที่ 5.19 และรูปที่ 5.20 ผลของการไหลที่ดีที่สุดเกิดขึ้นกับลูกสูบแบบสควิชที่ใช้ท่อไอดีแบบตั้งตรง ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์จากลูกสูบแบบสควิช ว่ามีลักษณะเป็นหลุม แล้วมีกรวยยื่นออกมาจึงทำการทดสอบในลูกสูบชนิดหลุมอีก 3 แบบ ได้แก่ ลูกสูบหลุมกรวย ลูกสูบหลุมเรียบ และลูกสูบหลุมโค้ง ด้วยท่อไอดีแบบตั้งตรง รูปที่ 5.21 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหลุมกรวย โดยท่อไอดีเป็นแบบตั้งตรง ที่ 180 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ ความเร็วการเปิดน้ำกล้อ $1/60$, $1/90$ และ $1/125$ sec. รูปที่ 5.21 (ง) แสดงภาพของ สนามเวกเตอร์รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบหลุมกรวย โดยท่อไอดีเป็นแบบตั้งตรง การไหลวนเกิดขึ้นมีรูปแบบรูปแบบ เกิดการไหลแบบ Tumble เป็นการหมุนที่เร็ว รูปที่ 5.22 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหลุมกรวย และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง เห็นเส้น การไหลที่ชัดเจน Tumble ที่เกิดบริเวณกึ่งกลางด้านบนกระบอกสูบ เส้นการไหลโดยรอบยังไม่เป็นระเบียบมากนักมีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 20 m/s และมีกรไหลวนแบบ Tumble ที่ 16.2

รูปที่ 5.23 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหลุมเรียบ โดยท่อไอดีเป็นแบบตั้งตรง ที่ 180 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ ความเร็วการเปิดน้ำกล้อ $1/60$, $1/90$ และ $1/125$ sec. รูปที่ 5.23 (ง) แสดงภาพของ สนามเวกเตอร์รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบหลุมเรียบ โดยท่อไอดีเป็นแบบตั้งตรง การไหลวนเกิดขึ้นมีรูปแบบรูปแบบ เกิดการไหลแบบ Tumble เป็นการหมุนที่เร็ว รูปที่ 5.24 รูป สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหลุมเรียบ และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง เห็นเส้น การไหลที่ชัดเจน Tumble ที่เกิดบริเวณกึ่งกลางด้านล่างกระบอกสูบ เส้นการไหลโดยรอบยังไม่เป็นระเบียบมากนักมีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 24 m/s และมีกรไหลวนแบบ Tumble ที่ 19.5 รูปที่ 5.25 (ก)-(ค) แสดงภาพถ่ายของอนุภาคและการกระจายความเร็ว ในลูกสูบแบบหลุมโค้ง โดยท่อไอดีเป็นแบบตั้งตรง ที่ 180 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ ความเร็วการเปิดน้ำกล้อ $1/60$, $1/90$ และ $1/125$ sec. รูปที่ 5.25 (ง) แสดงภาพของ สนามเวกเตอร์รวม และ สนามความเร็วการไหลที่ผ่านการ interpolate ในลูกสูบแบบหลุมกรวย โดยท่อไอดีเป็นแบบตั้งตรง การไหลวนเกิดขึ้นมีรูปแบบรูปแบบ เกิดการไหลแบบ Tumble เป็นการหมุนที่เร็ว รูปที่ 5.26 รูป สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหลุมโค้ง และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง เห็นเส้น การไหลที่ชัดเจน Tumble ที่เกิดบริเวณกึ่งกลางด้านบนกระบอกสูบ เส้นการไหลโดยรอบเป็นระเบียบมีค่าเฉลี่ยความเร็วรวม 27.7 m/s และมีกรไหลวนแบบ Tumble ที่ 21.9

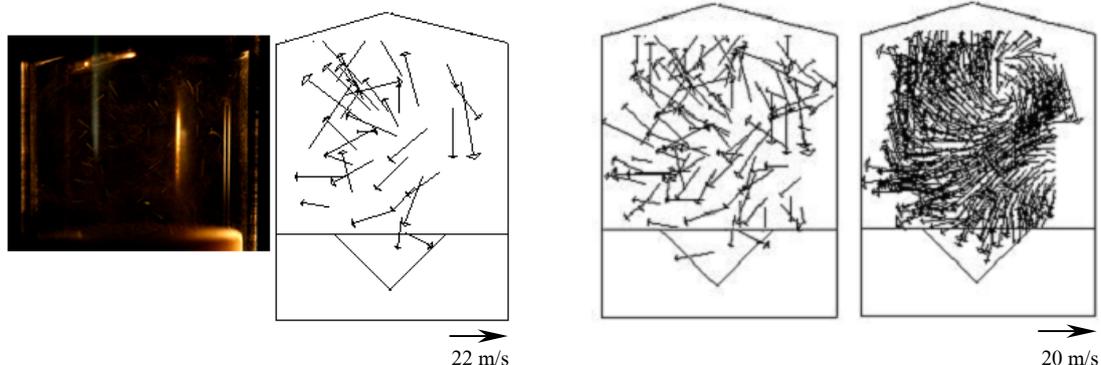
ปรากฏว่าลูกสูบที่นำมาทดลองเพิ่มเติมทั้ง 3 แบบ ดังรูปที่ 5.27 และ 5.28 แบบที่ให้ลักษณะการไหลเร็วและมีกรไหลวนแบบ Tumble ที่ดีได้แก่ ลูกสูบแบบหลุมโค้ง ซึ่งได้เส้น Streamline ที่ต่อเนื่องกันและมีจุดศูนย์กลางของ Tumble อยู่ที่บริเวณด้านบนของกระบอกสูบมี

อัตราการไหลวนแบบ Tumble สูงสุดที่ 21.9 และมีค่าเฉลี่ยความเร็วรวมสูงที่สุด 27.7 m/s นำลูกสูบแบบนี้ไปเป็นต้นแบบในการพัฒนาไส้ในเครื่องยนต์



ก) Exposure time 1/60 s.

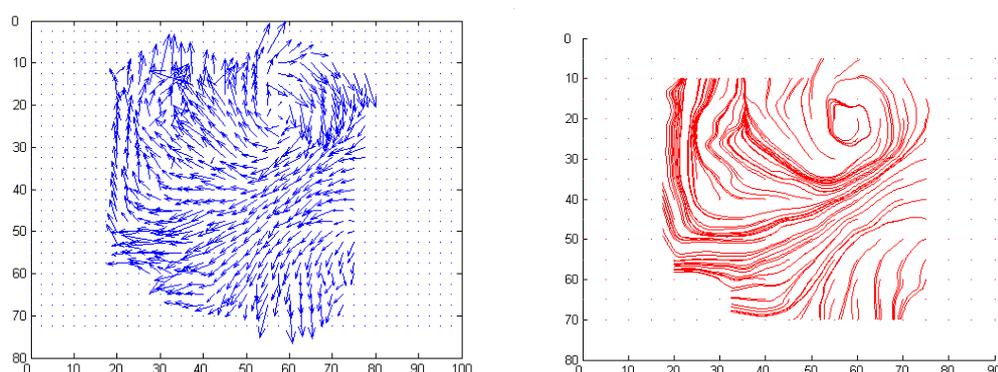
ข) Exposure time 1/90 s.



ค) Exposure time 1/125 s.

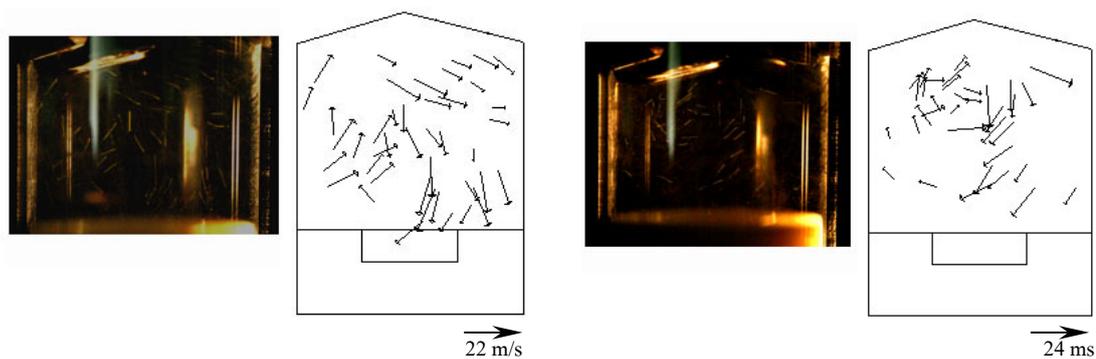
(ง) Measured and interpolated velocity fields

รูปที่ 5.21 particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหลุมกรวย และ ท่อไอ้ดัดตั้งตรง



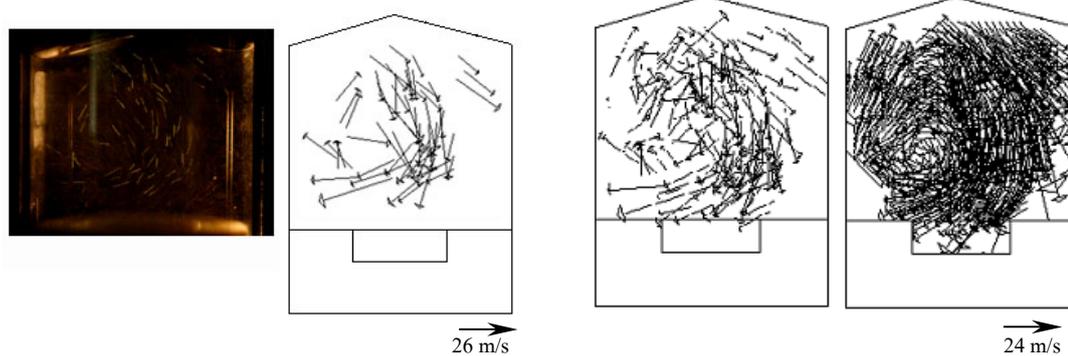
ก) สนามการไหลแสดงเป็น vector ความเร็ว ข) สนามการไหลแสดงเป็นเส้น Streamline

รูปที่ 5.22 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหลุมกรวย และ ท่อไอ้ดัดแบบตั้งตรง



ก) Exposure time 1/60 s.

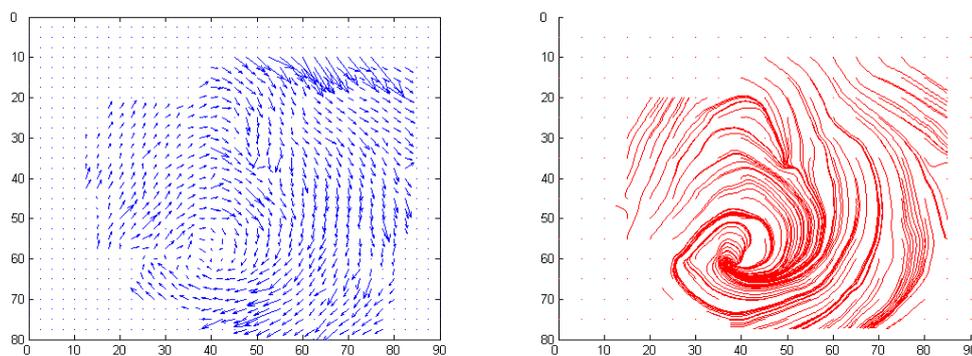
ข) Exposure time 1/90 s.



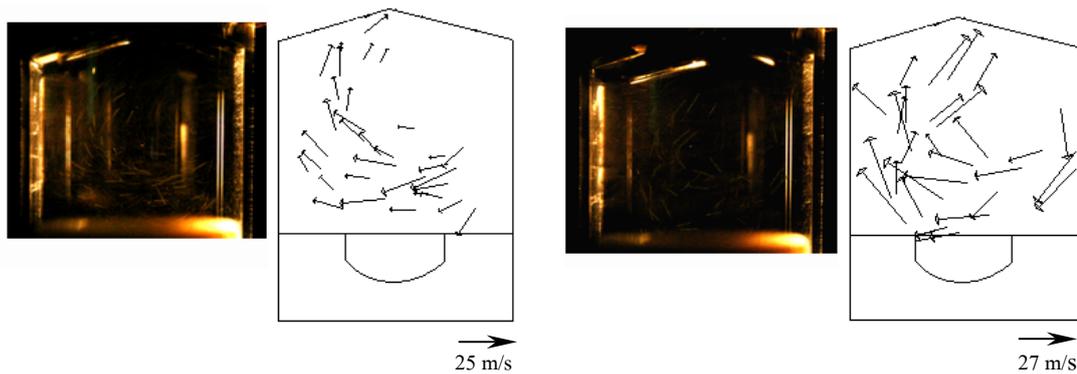
ค) Exposure time 1/125 s.

(ง) Measured and interpolated velocity fields

รูปที่ 5.23 particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหลุมเรียบ และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง

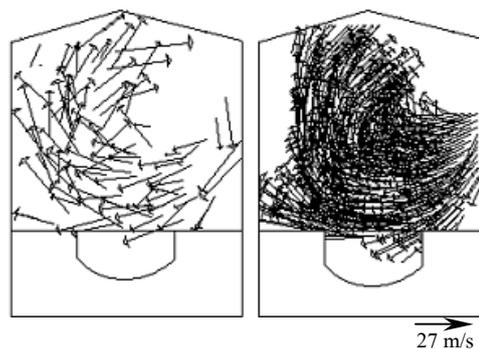
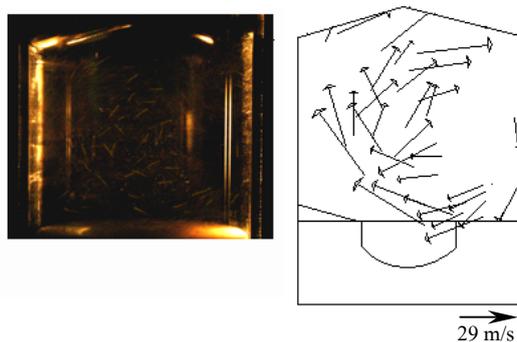


ก) สนามการไหลแสดงเป็น vector ความเร็ว ข) สนามการไหลแสดงเป็นเส้น Streamline
รูปที่ 5.24 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบ
แบบหลุมเรียบ และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง



ก) Exposure time 1/60 s.

ข) Exposure time 1/90 s.

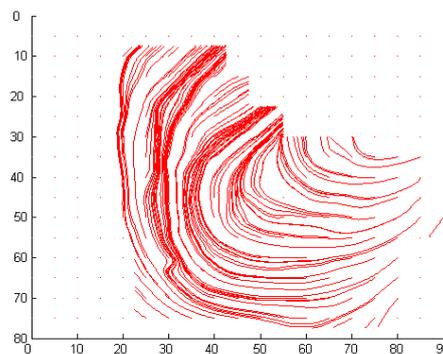
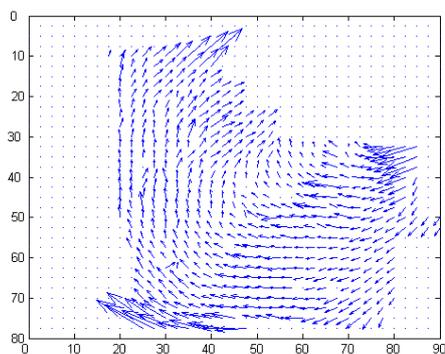


ค) Exposure time 1/125 s.

(ง) Measured and interpolated

velocity fields

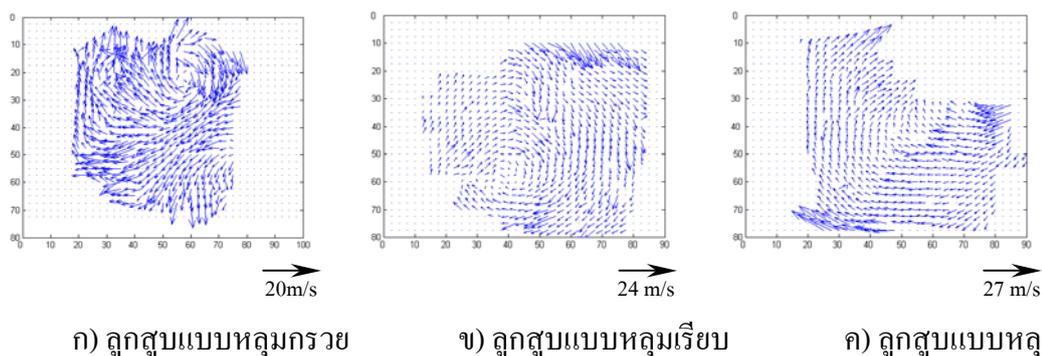
รูปที่ 5.25 particle path lines และ velocity field ของลูกสูบแบบหลุมโค้ง และท่อไอดีแบบตั้งตรง



ก) สนามการไหลแสดงเป็น vector ความเร็ว

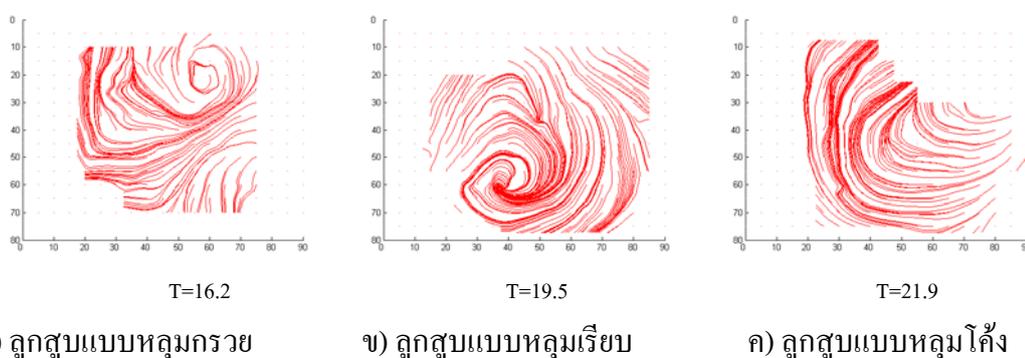
ข) สนามการไหลแสดงเป็นเส้น Streamline

รูปที่ 5.26 สนามการไหลภายในกระบอกสูบที่ได้จากการ Plot ด้วยโปรแกรม Matlab ของลูกสูบแบบหลุมโค้ง และ ท่อไอดีแบบตั้งตรง



โค้ง

รูปที่ 5.27 เปรียบเทียบ velocity fields ของลูกสูบแบบหลุมกรวยและท่อไอดีแบบตั้งตรง , ลูกสูบแบบหลุมเรียบและท่อไอดีแบบตั้งตรง และลูกสูบแบบหัวหลุมโค้งและท่อไอดีแบบตั้งตรง



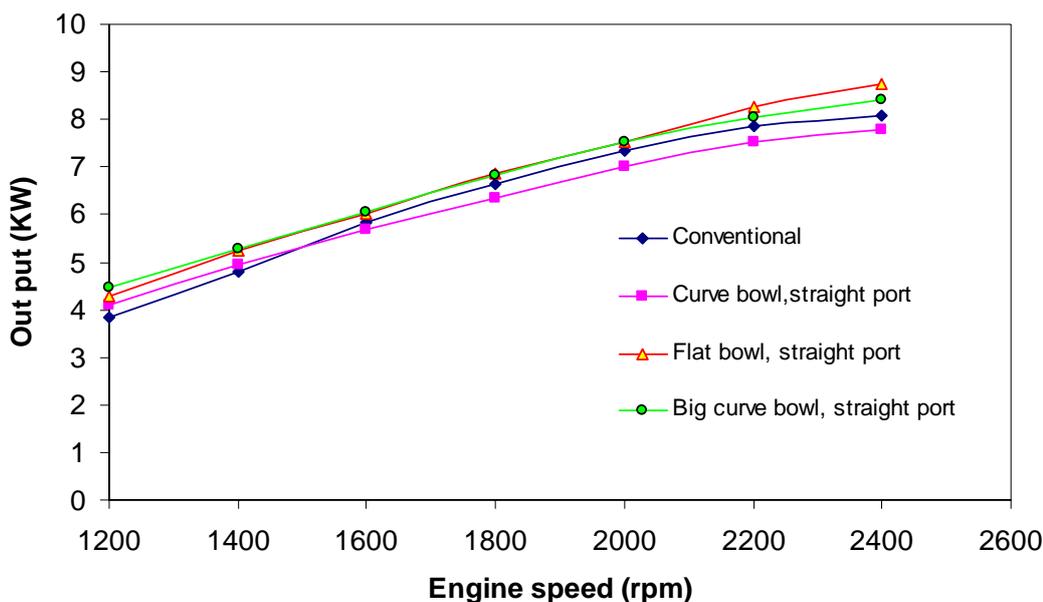
รูปที่ 5.28 เปรียบเทียบ Streamline ของลูกสูบแบบหลุมกรวยและท่อไอดีแบบตั้งตรง , ลูกสูบแบบหลุมเรียบ และท่อไอดีแบบตั้งตรง และลูกสูบแบบหัวหลุมโค้งและท่อไอดีแบบตั้งตรง

5.4 ผลการทดลองสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

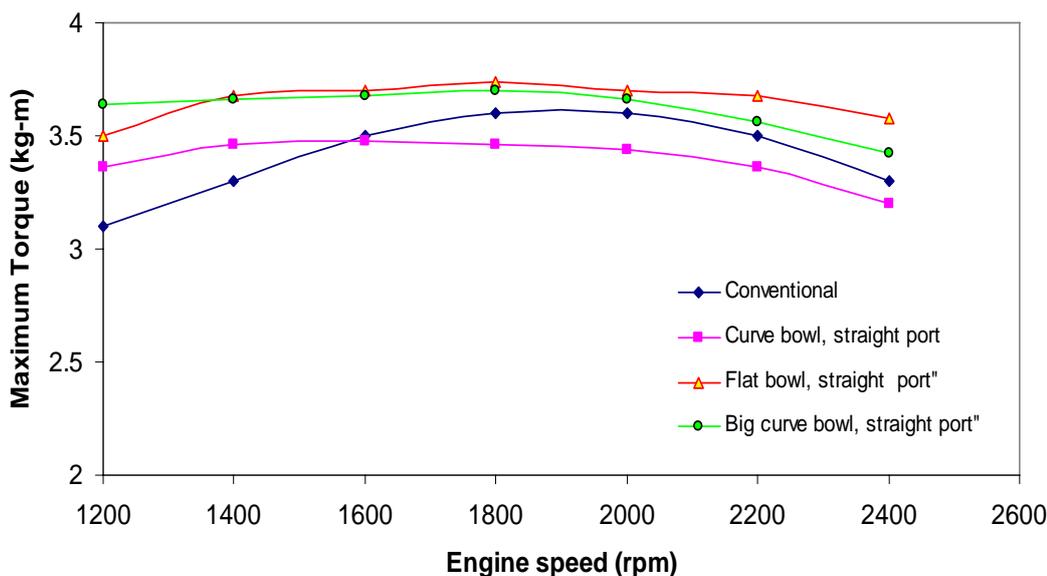
5.4.1 กำลังและแรงบิดเครื่องยนต์

พิจารณาจากรูปที่ 5.24 แสดงค่ากำลัง เปรียบเทียบกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ระหว่างลูกสูบเดิมกับลูกสูบที่ทำขึ้นมาทดลองใหม่ 2 แบบ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าลูกสูบแบบหลุมโค้งแบบที่ไม่คำนึงถึงมุมสเปรย์จะให้ค่าแรงม้าในช่วงรอบต่ำมากกว่าเครื่องยนต์เดิมเพียงเล็กน้อยแต่ในรอบปานกลางจนถึงรอบสูงแรงม้าที่ได้น้อยกว่าเครื่องยนต์เดิม เนื่องจากว่า ถึงแม้การไหลของอากาศจะดีขึ้นแต่ในจังหวะการฉีดเชื้อเพลิงมุมของการสเปรย์เปลี่ยนไปทำให้การเผาไหม้แย่งทำให้ได้แรงม้าสูงสุดที่ 7.8 KW ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้ลูกสูบหลุมเรียบที่มีการเว้ามุมของสเปรย์ จะให้แรงม้าสูงสุดที่ 8.7 KW ซึ่งมากกว่าเครื่องยนต์เดิมที่มีแรงม้าที่ 8.06 KW และการทดสอบลูกสูบหลุมโค้งกว้างก็ยังคงให้กำลังถึง 8.4 KW เนื่องจากการไหลที่เร็วขึ้นช่วยทำให้การเผาไหม้ดีขึ้นหลังจากจังหวะการฉีดเชื้อเพลิง ผลจากการทดสอบแรงบิดลูกสูบแบบหลุมโค้งรูปที่ 5.25 มีแรงบิดสูง

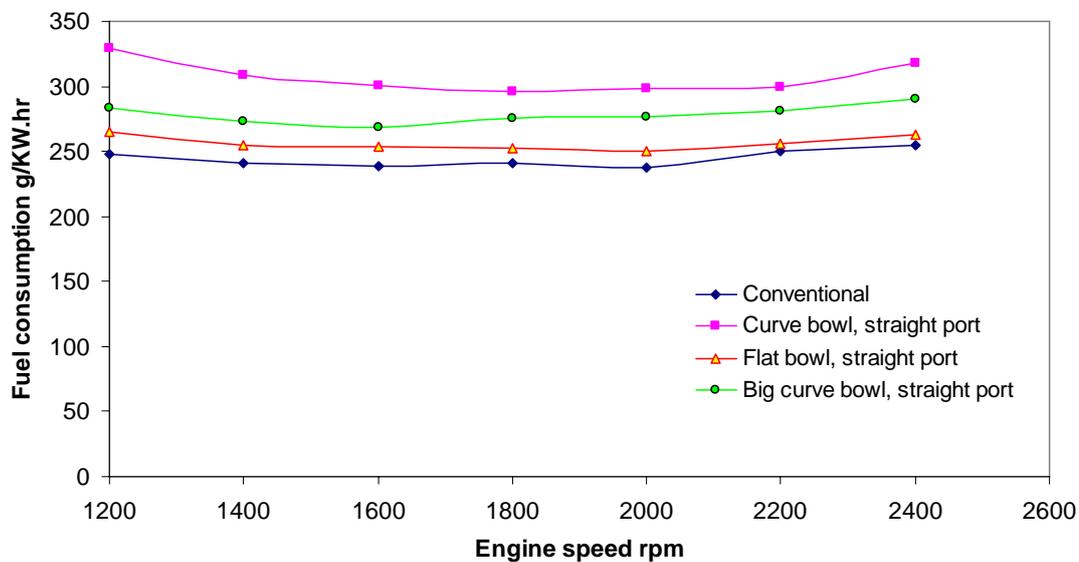
กว่าลูกสูบเดิมในช่วง 1200 รอบ/นาทีจนถึงช่วง 1600 รอบ/นาที หลังจากนั้นแรงบิดที่ได้คงที่จนถึงช่วง 2200 รอบ/นาที และตกลงในช่วง 2400 รอบ/นาที ซึ่งช่วง 1600 รอบ/นาทีขึ้นไปแรงบิดที่ได้ น้อยกว่าของลูกสูบเดิมมาก ส่วนลูกสูบแบบหลุมโค้งที่คำนึงถึงลักษณะการฉีดเชื้อเพลิงให้แรงบิด ที่ดีกว่าลูกสูบเดิมทุกความเร็วรอบ โดยลูกสูบเดิมมีแรงบิดสูงสุดที่ 3.6 kg.-m. และลูกสูบหลุมโค้ง ที่คำนึงถึงการฉีดมีแรงบิดสูงสุดอยู่ที่ 1800 รอบ/นาทีโดยแรงบิดสูงสุดเท่ากับ 3.8 kg.-m. ส่วนใน ลูกสูบหลุมโค้งกว้างให้แรงบิดสูงสุดที่ 3.7 kg.-m. ที่ 1800 รอบ/นาทีเช่นกัน



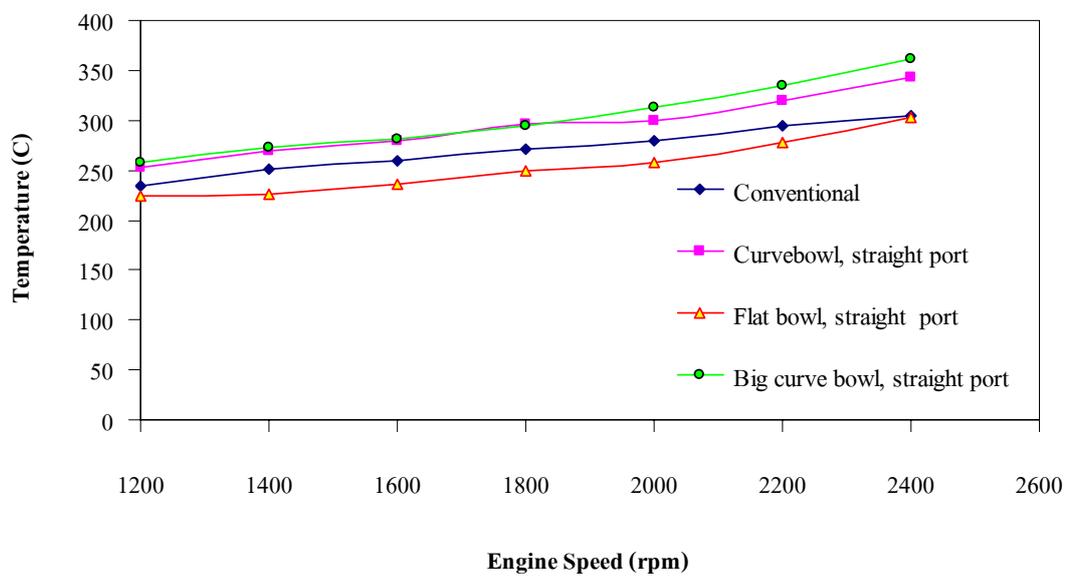
รูปที่ 5.24 กำลังกับความเร็วยรอบเครื่องยนต์



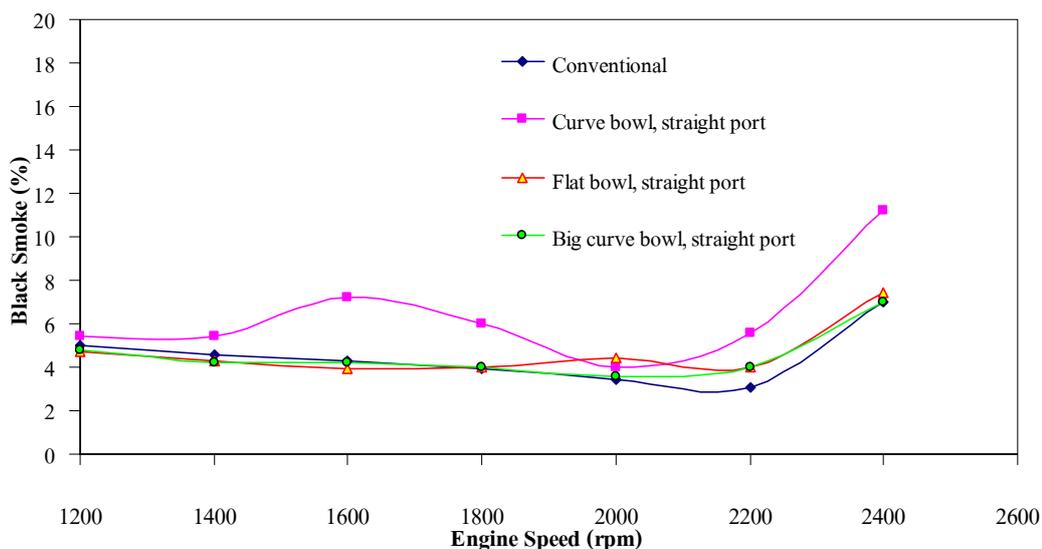
รูปที่ 5.25 แรงบิดกับความเร็วยรอบเครื่องยนต์



รูปที่ 5.26 อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์



รูปที่ 5.27 อุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบเครื่องยนต์



รูปที่ 5.28 เปอร์เซ็นต์ควันดำกับความเร็วรอบเครื่องยนต์

จากรูปที่ 5.26 อัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิงของลูกสูบแบบหลุมโค้ง มีอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิงสูงกว่าเครื่องยนต์เดิมมากเนื่องจากจังหวะการฉีดที่ไม่สามารถกระจายตัวได้เต็มที่ เนื่องจากชนหลุมบนหัวลูกสูบซึ่งมีหลุมที่แคบลง ส่วนลูกสูบแบบหลุมโค้งที่คำนึงถึงการฉีดเชื้อเพลิงมีอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิงใกล้เคียงกัน โดยจะมีอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าลูกสูบเดิมในช่วงรอบต่ำและมีอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิงใกล้เคียงกันในรอบสูงขึ้นและอุณหภูมิของไอเสียที่แสดงในรูปที่ 5.27 ทำให้ทราบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ลูกสูบแบบหลุมโค้ง มากกว่าลูกสูบเดิมเกิน 50 องศาเซลเซียส อันเนื่องมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ทำให้เชื้อเพลิงที่ยังไม่เผาไหม้หลุดออกมาเผาไหม้ภายนอกซึ่งทำให้อุณหภูมิไอเสียมากกว่าเครื่องเดิมมาก ส่วนในลูกสูบหลุมโค้งกว้าง มีอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิงสูงมารองจากลูกสูบหลุมโค้งที่ไม่คำนึงถึงการฉีด และมีอุณหภูมิไอเสียใกล้เคียงกับเครื่องยนต์เดิมจากโรงงาน ส่วนลูกสูบแบบหลุมโค้งที่คำนึงถึงการฉีดมีอุณหภูมิน้อยกว่าเครื่องยนต์เดิมอันเนื่องมาจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า ส่วนรูปที่ 5.28 เป็นผลของเปอร์เซ็นต์ควันดำที่วัดจากท่อไอเสีย เครื่องยนต์ที่ใช้ลูกสูบเดิมและลูกสูบแบบหลุมโค้งที่คำนึงถึงการฉีดมีค่าเปอร์เซ็นต์ควันดำที่ใกล้เคียงกัน แต่สำหรับลูกสูบแบบหลุมโค้งที่ไม่ได้คำนึงถึงการฉีดเชื้อเพลิงมีเปอร์เซ็นต์ควันดำมากที่สุด ซึ่งมาจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้เชื้อเพลิงไม่สามารถรวมตัวกับอากาศและเผาไหม้ได้ดังนั้นจึงมีเปอร์เซ็นต์ควันดำมาก