บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

การทดลองนั้นแบ่งข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ของก๊าซไฮโดรคาร์บอน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งในการวิเคราะห์นั้นจะทำการวิเคราะห์ทีละส่วนของข้อมูล ซึ่งในส่วนแรกจะเป็นการวิเคราะห์ผลของข้อมูลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และในส่วนที่สองนั้นจะเป็นการวิเคราะห์ผลของข้อมูลของก๊าซไฮโดรคาร์บอน

4.1 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

4.1.1. ผลที่ได้จากการทดลอง

จากตารางที่ 4.1 เป็นค่าของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้ในท่อไอเสียที่ไม่ได้ติดอุปกรณ์ ซึ่งทำการเก็บค่าทั้งหมด 4 ครั้ง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากการใส่อุปกรณ์ที่ช่วยลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของท่อเปล่า

ครั้งที่	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (vol%)
1	2.46
2	2.39
3	2.73
4	2.55
ค่าเฉลี่ย	2.5325

จากตารางที่ 4.2 เป็นค่าที่วัดได้โดยเครื่องวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ที่ติดอุปกรณ์ลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งการเก็บค่าจะเรียงตามลำดับการทดลองที่ได้ผ่านการสุ่มการเก็บค่าของข้อมูลโดยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของท่อที่ติดอุปกรณ์

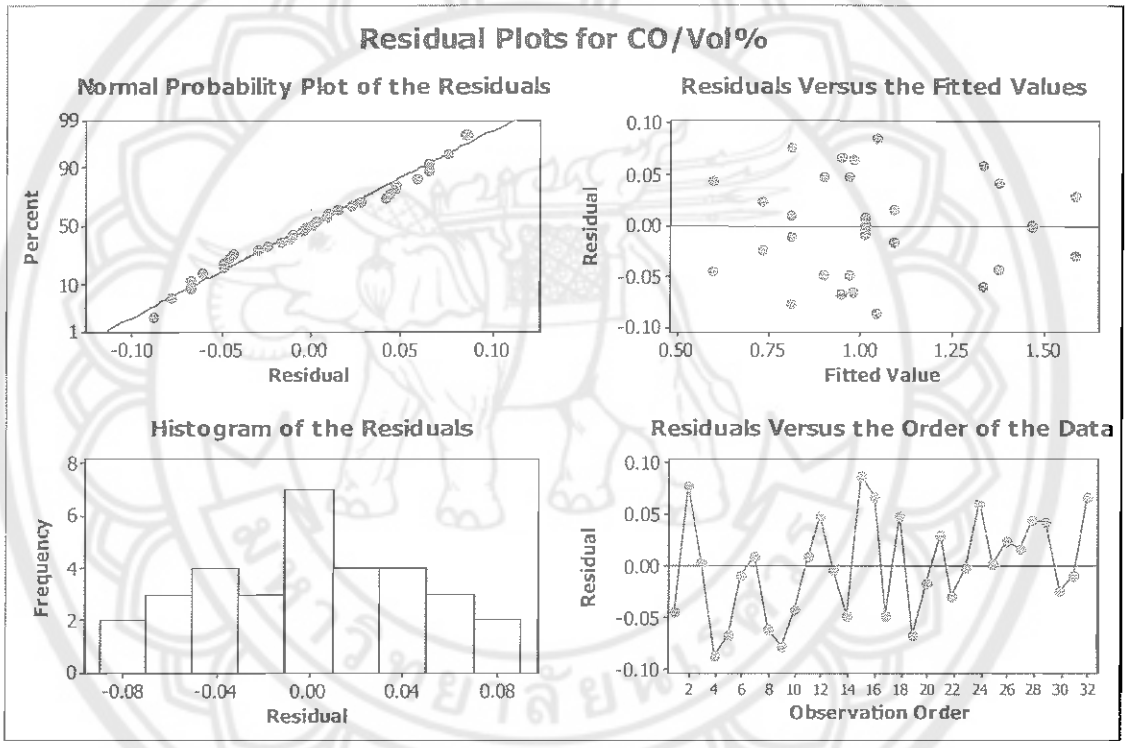
ลำดับการทดลอง	พื้นที่ที่เอาออก	ชนิดของตัวกรอง	จำนวนลูกของตัวกรอง	vol%
1	10%	Scottbite	2	0.558
2	30%	Couper wire	1	0.892
3	10%	stanless fibre	2	1.02
4	30%	stanless fibre	1	0.962
5	30%	Scottbite	2	0.918
6	10%	Couper wire	2	0.806
7	10%	Couper wire	2	0.826
8	30%	Couper wire	2	1.28
9	30%	Couper wire	1	0.738
10	30%	Iron wire	2	1.34
11	10%	stanless fibre	1	1.026
12	10%	Scottbite	1	1.022
13	10%	stanless fibre	2	1.013
14	10%	Scottbite	1	0.926
15	30%	stanless fibre	1	1.136
16	30%	Scottbite	2	1.05
17	30%	Iron wire	1	0.854
18	30%	Iron wire	1	0.95
19	10%	Couper wire	1	0.888
20	10%	Iron wire	2	1.077
21	30%	Scottbite	1	1.616
22	30%	Scottbite	1	1.558
23	30%	stanless fibre	2	1.467
24	30%	Couper wire	2	1.401
25	30%	stanless fibre	2	1.47
26	10%	Iron wire	1	0.756
27	10%	Iron wire	2	1.109
28	10%	Scottbite	2	0.648
29	30%	Iron wire	2	1.425
30	10%	Iron wire	1	0.709
31	10%	stanless fibre	1	1.008
32	10%	Couper wire	1	1.021

4.1.2 การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลของค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของท่อที่ติดอุปกรณ์ที่ได้เก็บมานั้น ตามตารางที่ 4.2 จะวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งการวิเคราะห์นั้นจะให้ผลการวิเคราะห์ออกเป็นดังต่อไปนี้

4.1.2.1. การวิเคราะห์ผลจากกราฟ

รูปที่ 4.1 ดังที่แสดงด้านล่างนี้ เป็นรูปแผนภูมิกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ



รูป 4.1 แผนภูมิกราฟแสดงส่วนตกค้างของข้อมูลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

แผนภูมินี้เป็นการนำส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ได้จากการเก็บข้อมูลนำมาวิเคราะห์ดูว่า ข้อมูลที่ได้เก็บมานั้นมีความน่าเชื่อถือหรือว่าพอเพียงต่อการวิเคราะห์โดยวิธีการปกติ หรือว่าจะต้องทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีขั้นสูงกว่า ซึ่งในรูป 4.1 นี้จะแสดงถึงการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

1. Normal Probability Plot of the Residuals เป็นกราฟที่แสดงค่าการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residuals) ว่ามีการกระจายตัวเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งจะเห็นได้จากการที่จุดบนกราฟเรียงตัวกันเป็นลักษณะเส้นตรง และมีการกระจายตัวที่หนาแน่นบริเวณใกล้ๆ ศูนย์ จึงกล่าวได้ว่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

2. Residuals Versus the Fitted Values เป็นกราฟที่ใช้ตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้เก็บมานั้นมีการกระจายตัวของส่วนตกค้างในแต่ละช่วงของข้อมูลนั้นเป็นอย่างไร ซึ่งควรมีการกระจายตัวใกล้ๆกัน มีรูปแบบที่เห็นได้ชัดและลักษณะของกราฟควรมีการการจายตัวแบบสุ่มรอบค่า 0

3. Histogram of the Residuals เป็นกราฟที่ใช้ตรวจสอบว่าส่วนตกค้างนั้นมีการกระจายตัวที่เป็นปกติหรือไม่ ซึ่งกราฟฮิสโตแกรมนั้นควรจะมีรูปทรงสมมาตรเป็นรูประฆังคว่ำ และมีการกระจายตัวแบบสุ่มรอบค่า 0

4. Residuals Versus the Order of the Data เป็นกราฟที่ใช้ตรวจสอบดูว่าส่วนตกค้างนั้นขึ้นอยู่กับเวลาที่เปลี่ยนไปในการเก็บข้อมูลหรือไม่ ซึ่งบนกราฟนี้ไม่ควรปรากฏลักษณะของแนวโน้มหรือรูปแบบใด ๆ อย่างชัดเจน ซึ่งควรจะมีการกระจายตัวที่ขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอ

ดังนั้น จากการวิเคราะห์นี้ จะกล่าวได้ว่าข้อมูลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้นำมาวิเคราะห์นั้น สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้ผลที่ถูกต้อง เชื่อถือได้

4.1.2.2 การวิเคราะห์ผลจากค่าที่อ่านได้จากโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากตารางที่ 4.3 จะเป็นตารางที่แสดงถึงค่าผลการวิเคราะห์ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งทำการวิเคราะห์ปัจจัยหลักและอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยว่ามีผลต่อการลดลงของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่อยู่ในท่อไอเสียรถจักรยานยนต์ ที่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าผลการวิเคราะห์ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ปัจจัย	DF	SS	MS	F	P
พื้นที่ที่เจาะรูออก	1	0.67396	0.67396	148.86	0.000
ชนิดของตัวกรอง	3	0.10401	0.03467	7.66	0.002
จำนวนลูกของตัวกรอง	1	0.05662	0.05662	12.50	0.003
พื้นที่ที่เจาะรูออก*ชนิดของตัวกรอง	3	0.011664	0.03888	8.59	0.001
พื้นที่ที่เจาะรูออก* จำนวนลูกของตัวกรอง	1	0.11810	0.11810	26.08	0.000
ชนิดของตัวกรอง*จำนวนลูกของตัวกรอง	3	0.93403	0.31134	68.77	0.000
พื้นที่ที่เจาะรูออก*ชนิดของตัวกรอง* จำนวนลูกของตัวกรอง	3	0.22466	0.07489	16.54	0.000
Error	16	0.07244	0.00453		
Total	31	2.30046			

หมายเหตุ DF = Degree of Freedom

SS = Sum of Squares

MS = Mean Square
F = F-Value
P = P-Value

การแปลผลสำหรับการทดลองนี้ จะพิจารณาความน่าจะเป็นทางสถิติหรือเรียกว่าค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบ ค่า P-value คือ ความน่าจะเป็นทางสถิติของพื้นที่ใต้โค้ง (Normal Curve) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

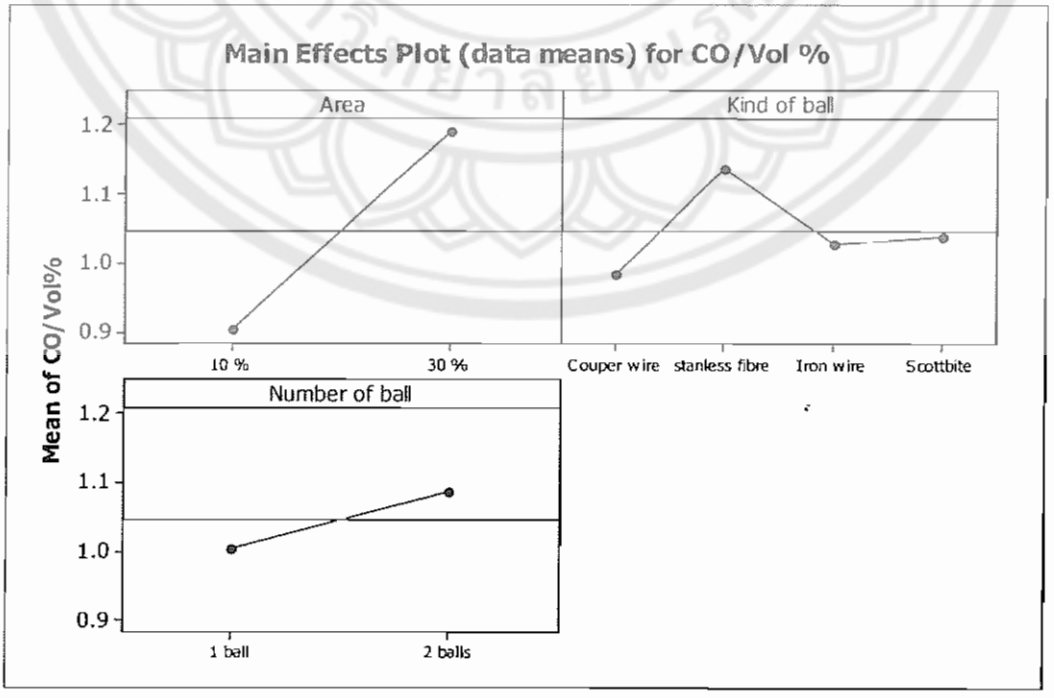
1. ถ้าค่า P-value มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับระดับนัยสำคัญ 0.05 จะยอมรับว่าข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 95% Confidence Interval

2. ถ้าค่า P-value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จะปฏิเสธว่าข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 95% Confidence Interval

ดังนั้น ข้อมูลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้วิเคราะห์ผ่านกระบวนการนี้ จะสรุปได้ว่าปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย คือ พื้นที่ที่เอาออกของหน้าตัดของอุปกรณ์ (Area) ชนิดของลูกไส้กรอง (Kind of ball) และจำนวนลูกไส้กรอง (Number of ball) นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 95% Confidence Interval

4.1.2.3 การวิเคราะห์ผลของปัจจัยหลัก (Main Effects)

Main Effects เป็นผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบ (Response) ที่เกิดจากการเปลี่ยนระดับของปัจจัยนั้น ๆ ซึ่งเป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ระดับต่างๆ ของปัจจัยนั้น ๆ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ จะได้ดังรูป 4.2ดังต่อไปนี้



รูป 4.2 แผนภูมิแสดงผลของปัจจัยหลัก

จากรูป 4.2 จะสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้คือ

Main Effects Plot (data means) for CO/ppm

ในการวิเคราะห์นั้นถ้าพิจารณาในส่วนของปัจจัยหลัก (Main Effect) ในส่วนของ

1. พื้นที่ที่เจาะรูออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ (Area) ที่ 10% และ 30%

จะพบว่าเมื่อทำการวัดค่า CO ที่ 10% จะให้ค่าที่ต่ำกว่า ที่พื้นที่ 30% ดังรูปภาพ ซึ่งหมายความว่า เมื่อเพิ่มพื้นที่ที่เจาะรูของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ขึ้น จะทำให้ค่าของ CO เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งในกรณีนี้เราจะสรุปได้ว่าในส่วนของปัจจัยพื้นที่นั้น พื้นที่หน้าตัดที่เจาะรูออกที่ระดับ 10% จะให้ผลที่ดีกว่า ระดับ 30%

2. ชนิดของลูกบอล (Kind of ball)

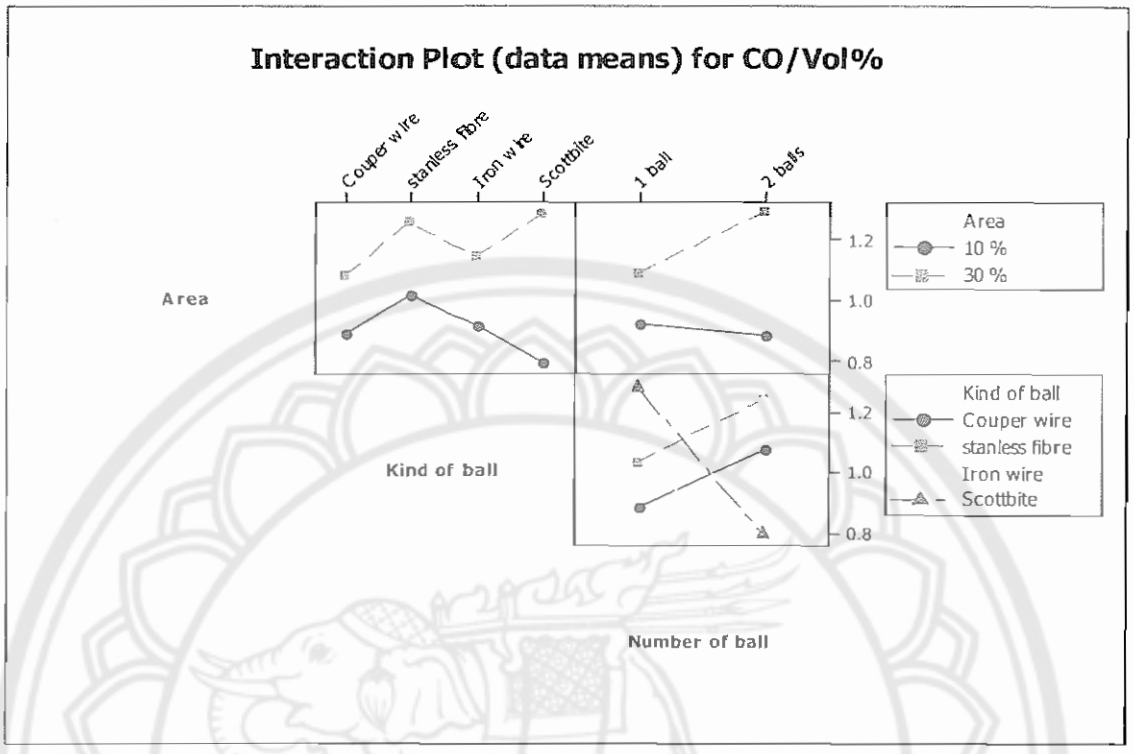
ในการทดสอบซึ่งมี 4 ระดับ ซึ่งได้แก่ ลวดทองแดง(Copper wire) ฝอยขัดหม้อ (Stan less fiber) เส้นลวด (Iron wire) และ สก็อตไบท์ (Scottbite) จะพบว่าถ้าหากเลือกใช้ ฝอยขัดหม้อจะทำให้ ค่าของ CO ที่วัดได้นั้นมีค่ามากที่สุด ซึ่งหมายถึงฝอยขัดหม้อนั้นช่วยลด CO ได้น้อยที่สุด ส่วนลวดทองแดงนั้นจะลด CO ได้ดีที่สุด ซึ่งเรียงวัสดุสามารถลด CO ได้จากมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ ลวดทองแดง เส้นลวด สก็อตไบท์ และ ฝอยขัดหม้อ ดังนั้นจะกล่าวได้ว่า หากพิจารณาเฉพาะชนิดของลูกบอลเพียงอย่างเดียวนั้น ควรที่จะเลือกใช้ ลวดทองแดงทำไส้กรอง ซึ่งจะช่วยลด CO ได้มากที่สุด

3. จำนวนลูกบอล (Number of ball)

ในการพิจารณาปัจจัยในส่วนของจำนวนของลูกบอลหรือจำนวนไส้กรองนั้น ซึ่งมีอยู่ 2 ระดับ คือ 1 ลูก กับ 2 ลูก จากผลที่ได้จากแผนภูมิรูปภาพจะกล่าวได้ว่า ถ้าหากเราเลือกใช้จำนวนไส้กรองเพียง 1 ลูกนั้นจะทำให้ได้ค่า CO ที่วัดได้นั้น ต่ำที่สุด ซึ่งหมายความว่าถ้าหากเราพิจารณาเฉพาะปัจจัยเดียวคือจำนวนไส้กรองที่จะใช้ เพื่อให้ได้ค่า CO ที่วัดได้นั้นต่ำที่สุด นั้นควรเลือกใช้เพียงแค่ 1ลูก

4.1.2.4 การวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นจากการมีอันตรกริยา (Interaction)

การมีอันตรกริยา เป็นผลตอบของปัจจัยหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับของปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ จะได้ดังรูป 4.3



รูป 4.3 แผนภูมิแสดงอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย

Interaction Plot (data means) for CO/ppm

ในการวิเคราะห์อันตรกริยานั้น ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย นั้นเราจะพิจารณาได้ดังนี้คือ

1. ในส่วนของอันตรกริยาระหว่าง Area กับ Kind of ball นั้นจากแผนภูมิรูปภาพเราจะกล่าวได้ว่า หากใช้ไส้สก็อตไบท์ที่ พื้นที่ที่เจาะรูออกที่ 10% ของอุปกรณ์ จะทำให้ได้ค่า CO จากการวัดค่าต่ำที่สุด

2. พิจารณาในส่วนของอันตรกริยาระหว่าง Area กับ Number of ball นั้นจากแผ่นภูมิรูปภาพที่ จะกล่าวได้ว่าค่า CO ที่วัดได้จากการวัดนั้นมีผลดังนี้คือ Area ที่ 10% และ Number of ball ที่ 2 ลูก นั้นจะให้ค่า CO ต่ำที่สุด ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด แต่เมื่อใช้ Area ที่ 30 % และ Number of ball ที่ 2 ลูก จะให้ค่า CO ที่สูงสุด ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ดีที่สุด

3. พิจารณาอันตรกริยาระหว่าง Number of ball กับ Kind of ball จะได้ผลดังนี้คือ หากเลือกใช้สก็อตไบท์ที่ 2 ลูก จะทำให้ค่า CO ที่วัดผ่านอุปกรณ์นั้นได้ค่าที่ต่ำที่สุด ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะสามารถเรียงค่าของการเลือกใช้ที่ให้ผลที่ดีที่สุดไปหาน้อยที่สุดได้ดังนี้คือ

- สก็อตไบท์ 2 ลูก
- เส้นลวด 1 ลูก

- ลวดทองแดง 1 ลูก
- ฝอยขัดหม้อ 1 ลูก
- ลวดทองแดง 2 ลูก
- เส้นลวด 2 ลูก
- ฝอยขัดหม้อ 2 ลูก
- สก็อตไบท์ 1 ลูก

ดังนั้น หากพิจารณาในส่วนของค่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ควรที่จะเลือกใช้วัสดุเพื่อทีจะทำอุปกรณ์ลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งที่ได้ทำการพิจารณานั้นมีอยู่ 3 ปัจจัย ได้แก่ พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ (Area) ชนิดของไส้กรอง (Kind of ball) และจำนวนของลูกไส้กรอง (Number of ball) ซึ่งจะเรียงค่าที่ดีที่สุดจำนวน 5 ลำดับ จากมากไปน้อยที่ได้จากการทำการทดลอง ดังนี้ คือ

1. พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ใช้ 10% ชนิดไส้กรองใช้ สก็อตไบท์ และจำนวนลูกไส้กรองใช้ 2 ลูก
2. พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ใช้ 10% ชนิดไส้กรองใช้เส้นลวด และจำนวนลูกไส้กรองใช้ 1 ลูก
3. พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ใช้ 30% ชนิดไส้กรองใช้ลวดทองแดง และจำนวนลูกไส้กรองใช้ 1 ลูก
4. พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ใช้ 10% ชนิดไส้กรองใช้ลวดทองแดง และจำนวนลูกไส้กรองใช้ 2 ลูก
5. พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ใช้ 30% ชนิดไส้กรองใช้เส้นลวด และจำนวนลูกไส้กรองใช้ 1 ลูก

4.2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HCC)

4.2.1 ผลที่ได้จากการทดลอง

จากตารางที่ 4.4 เป็นค่าของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่วัดได้ในท่อไอเสียที่ไม่ได้ติดอุปกรณ์ ซึ่งทำการเก็บค่าทั้งหมด 4 ครั้ง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากการใส่อุปกรณ์ที่ช่วยลดก๊าซไฮโดรคาร์บอน

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนของท่อเปล่า

ครั้งที่	ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (ppm)
1	10053
2	10107
3	10088
4	10016
ค่าเฉลี่ย	10066

จากตารางที่ 4.5 เป็นค่าของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่วัดได้ในท่อไอเสียรถจักรยานยนต์ที่ได้ทำการทดลอง ที่ได้ทำการติดอุปกรณ์ ซึ่งการเก็บค่าจะเรียงตามลำดับการทดลองที่ได้ผ่านการสุ่มการเก็บค่าของข้อมูลโดยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนของท่อที่ติดอุปกรณ์

ลำดับการทดลอง	พื้นที่ที่เอาออก	ชนิดของตัวกรอง	จำนวนลูกของตัวกรอง	ppm
1	10%	Scottbite	2	4419.2
2	30%	Couper wire	1	3990
3	10%	stanless fibre	2	5224.67
4	30%	stanless fibre	1	6407.2
5	30%	Scottbite	2	3822.4
6	10%	Couper wire	2	3979.2
7	10%	Couper wire	2	4156
8	30%	Couper wire	2	4602.8
9	30%	Couper wire	1	4136.4
10	30%	Iron wire	2	4874.2
11	10%	stanless fibre	1	5052
12	10%	Scottbite	1	4652.3
13	10%	stanless fibre	2	5413
14	10%	Scottbite	1	4771.5
15	30%	stanless fibre	1	6529.4
16	30%	Scottbite	2	4045.44
17	30%	Iron wire	1	4026.51
18	30%	Iron wire	1	4183.4
19	10%	Couper wire	1	4212.6
20	10%	Iron wire	2	4433.6
21	30%	Scottbite	1	3683.8

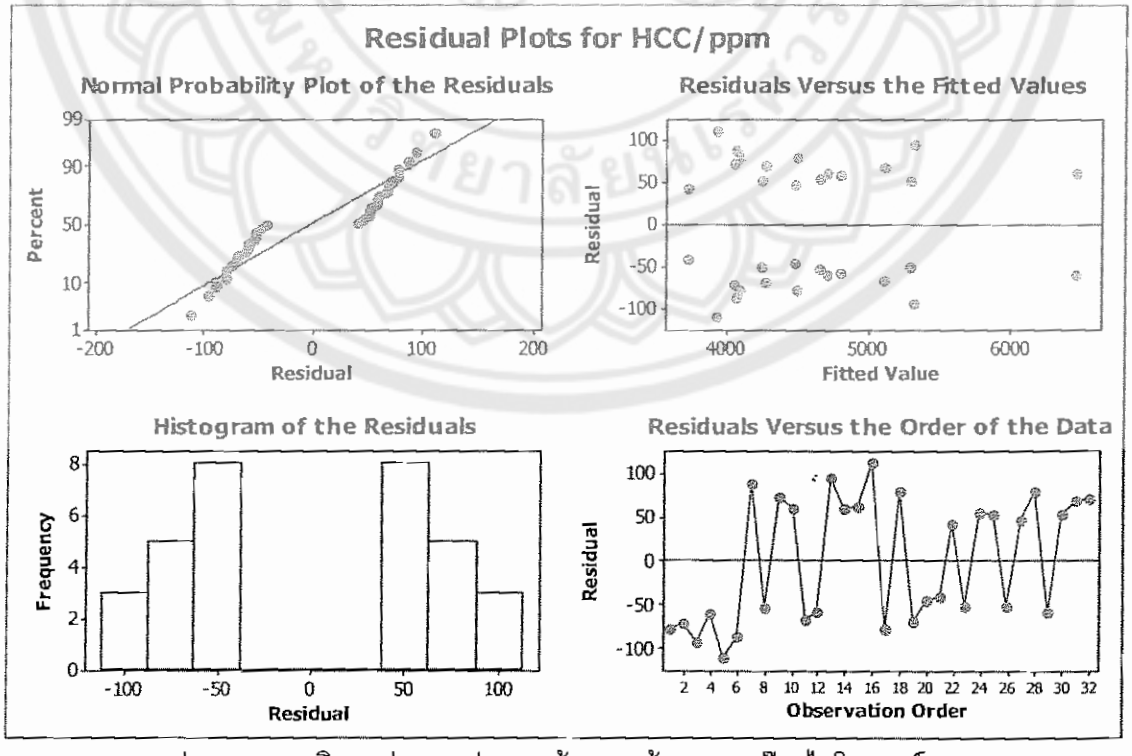
22	30%	Scottbite	1	3767.8
23	30%	stanless fibre	2	5238.11
24	30%	Couper wire	2	4712
25	30%	stanless fibre	2	5342.94
26	10%	Iron wire	1	4197.8
27	10%	Iron wire	2	4527.69
28	10%	Scottbite	2	4578.08
29	30%	Iron wire	2	4755.47
30	10%	Iron wire	1	4302.6
31	10%	stanless fibre	1	5187.63
32	10%	Couper wire	1	4354.26

4.2.2 การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลของค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนของท่อที่ติดอุปกรณ์ที่ได้เก็บมานั้น ตามตารางที่ 4.5 จะวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งการวิเคราะห์นั้นจะให้ผลการวิเคราะห์ออกเป็นดังต่อไปนี้

4.2.2.1. การวิเคราะห์ผลจากกราฟ

รูปที่ 4.4 ดังที่แสดงด้านล่างนี้ เป็นรูปแผนภูมิกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ



รูป 4.4 แผนภูมิกราฟแสดงส่วนตกค้างของข้อมูลของก๊าซไฮโดรคาร์บอน

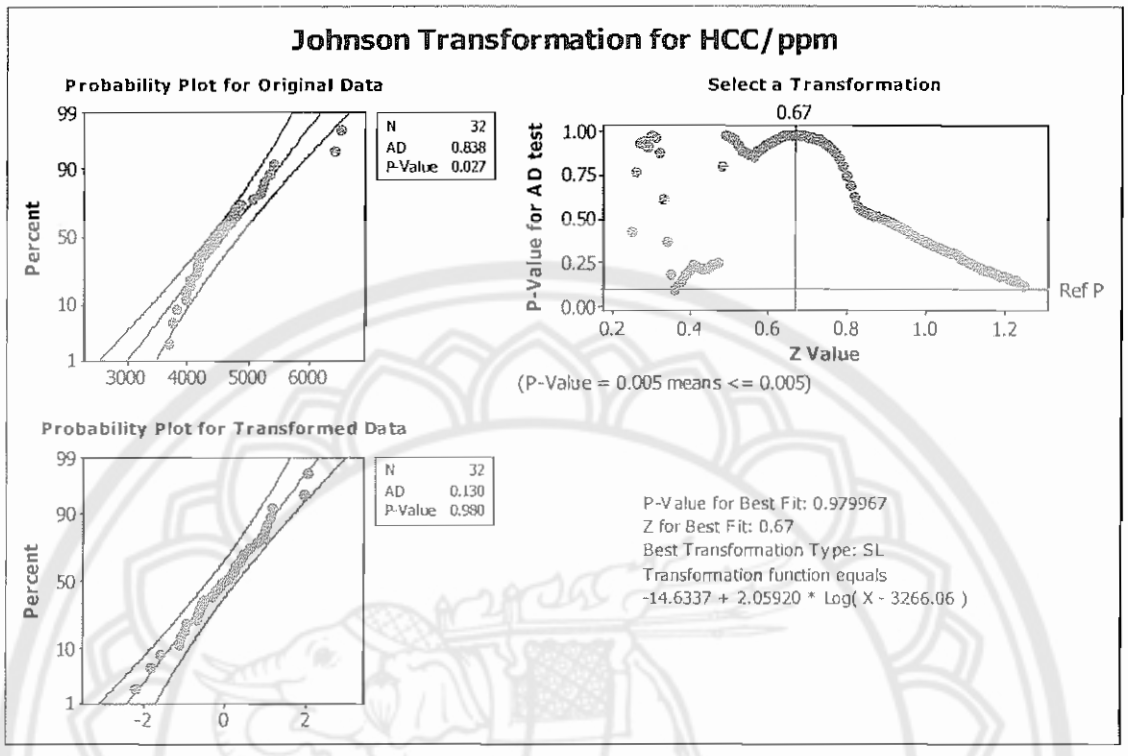
แผนภูมินี้เป็นการนำส่วนตกค้างของข้อมูลของก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยปกติ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ข้อมูลที่ได้เก็บมานั้นไม่สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือหรือว่าพอเพียงต่อการวิเคราะห์โดยวิธีการปกติ จะต้องทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีขั้นสูงกว่า ซึ่งในรูป 4.4 นี้จะแสดงถึงการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง

1. Normal Probability Plot of the Residuals เป็นกราฟที่แสดงค่าการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residuals) ว่ามีการกระจายตัวเป็นแบบปกติหรือไม่ จะพบว่ามีการกระจายตัวไม่เป็นลักษณะเส้นตรง และไม่มีการกระจายตัวที่หนาแน่นบริเวณใกล้ ๆ

2. Histogram of the Residuals เป็นกราฟที่ใช้ตรวจสอบว่าส่วนตกค้างนั้นมีการกระจายตัวที่เป็นปกติหรือไม่ ซึ่งกราฟฮิสโตแกรมนั้นควรจะมีรูปทรงสมมาตรเป็นรูประฆังคว่ำ และมีการกระจายตัวแบบสุ่มรอบค่าศูนย์ จากการวิเคราะห์ พบว่ากราฟฮิสโตแกรมนั้น มีการกระจายตัวเป็นรูปไม่เหมือนกับรูประฆังคว่ำ และมีค่าบริเวณใกล้ๆ ศูนย์หายไป

ดังนั้น จากการวิเคราะห์นี้ จะกล่าวได้ว่าข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์นั้น ไม่สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้ผลที่ถูกต้อง เชื่อถือได้ โดยวิธีปกติทั่วไป จึงจำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนรูปของชุดข้อมูลเพื่อให้การวิเคราะห์นั้นมีความถูกต้องมากขึ้น ซึ่งจะใช้วิธีการของจอห์นสัน (Johnson Transformation) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด หลังจากทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่น ๆ ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ จะแสดงค่าที่ได้ถูกเปลี่ยนรูปข้อมูล เพื่อที่จะสามารถที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป



รูป 4.5 ตารางค่า p-value ของ Johnson Transformation

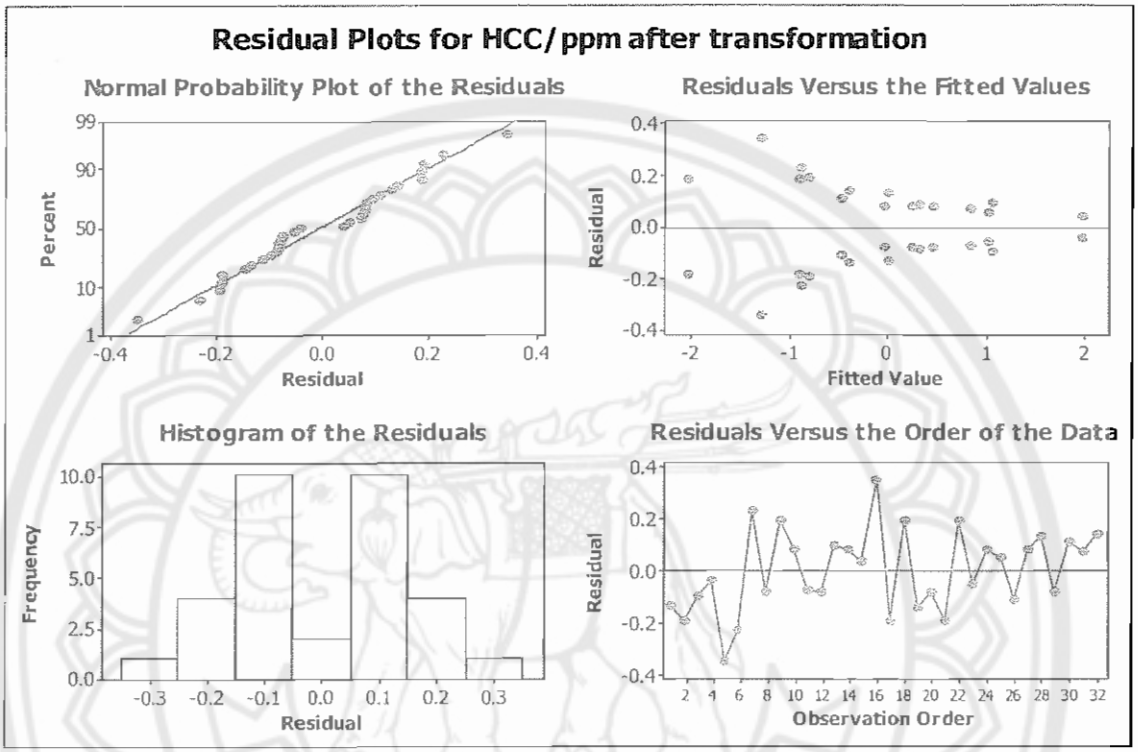
จากรูป 4.5 จะแสดงให้เห็นถึงค่า p-value ที่ได้จากการเปลี่ยนรูปข้อมูล เพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งค่า p-value ที่ได้นั้น คือ 0.97967 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า p-value ที่เป็นพื้นฐาน คือ 0.10 พบว่ามีค่ามากกว่า และ ฟังก์ชั่นที่เหมาะสมที่สุด ที่นำมาใช้ในการเปลี่ยนรูปของข้อมูล คือ ฟังก์ชั่น SL ดังนั้น จากรูป 4.5 มีความเหมาะสม จึงทำการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลชุดนี้ต่อไป

ฟังก์ชั่นการเปลี่ยนรูปข้อมูลของจอห์นสัน ที่โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ ได้ทำการเลือกขึ้นมานั้น จะทำการเปลี่ยนรูปข้อมูลของค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนดังตารางที่ 4.6 ซึ่งเป็นค่าของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่ได้ทำการเปลี่ยนรูปข้อมูล

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนของท่อที่ติดอุปกรณ์หลังการทำ transformation

ลำดับการทดลอง	พื้นที่ที่เอาออก	ชนิดของตัวกรอง	จำนวนลูกของตัวกรอง	ค่า ppm หลังการทำ transformation
1	10%	Scottbite	2	-0.11578
2	30%	Couper wire	1	-1.0744
3	10%	stanless fibre	2	0.97507
4	30%	stanless fibre	1	1.94774
5	30%	Scottbite	2	-1.61665
6	10%	Couper wire	2	-1.10536
7	10%	Couper wire	2	-0.64929
8	30%	Couper wire	2	0.18846
9	30%	Couper wire	1	-0.69515
10	30%	Iron wire	2	0.56909
11	10%	stanless fibre	1	0.78503
12	10%	Scottbite	1	0.26333
13	10%	stanless fibre	2	1.16413
14	10%	Scottbite	1	0.4332
15	30%	stanless fibre	1	2.02633
16	30%	Scottbite	2	-0.92246
17	30%	Iron wire	1	-0.97309
18	30%	Iron wire	1	-0.58685
19	10%	Couper wire	1	-0.52233
20	10%	Iron wire	2	-0.09022
21	30%	Scottbite	1	-2.20665
22	30%	Scottbite	1	-1.82936
23	30%	stanless fibre	2	0.98916
24	30%	Couper wire	2	0.35016
25	30%	stanless fibre	2	1.09581
26	10%	Iron wire	1	-0.55478
27	10%	Iron wire	2	0.06938
28	10%	Scottbite	2	0.15002
29	30%	Iron wire	2	0.41115
30	10%	Iron wire	1	-0.33529
31	10%	stanless fibre	1	0.93576
32	10%	Couper wire	1	-0.23514

ซึ่งหลังจากนั้น จะทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป จากรูปที่ 4.6 ด้านล่างนี้ จะเป็นรูปกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ



รูป 4.6 แผนภูมิกราฟแสดงส่วนตกค้างของข้อมูลของก๊าซไฮโดรคาร์บอน

แผนภูมินี้เป็นการนำส่วนตกค้างของข้อมูลของก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่ได้จากการแปลงข้อมูลนำมาวิเคราะห์ดูว่า ข้อมูลที่ได้เก็บมานั้นมีความน่าเชื่อถือหรือว่าพอเพียงต่อการวิเคราะห์โดยวิธีการปกติ หรือว่าจะต้องทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีขั้นสูงกว่า ซึ่งในรูป 4.6นี้จะแสดงถึงการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

1. Normal Probability Plot of the Residuals เป็นกราฟที่แสดงค่าการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residuals) ว่ามีการกระจายตัวเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งจะเห็นได้จากการที่จุดบนกราฟเรียงตัวกันเป็นลักษณะเส้นตรงที่ดีกว่าแบบที่ยังไม่ได้ทำการเปลี่ยนรูปข้อมูลของจอห์นสัน ซึ่งแบบที่ยังไม่ได้เปลี่ยนรูปข้อมูล จะมีลักษณะกราฟที่ไม่ต่อเนื่องกัน

2. Residuals Versus the Fitted Values เป็นกราฟที่ใช้ตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้เก็บมานั้นมีการกระจายตัวของส่วนตกค้างในแต่ละช่วงของข้อมูลนั้นเป็นอย่างไร ซึ่งควรมีการกระจายตัวใกล้ๆกัน ซึ่งจากกราฟหลังจากการเปลี่ยนรูปข้อมูล จะเห็นว่าจุดในละช่วงมีลักษณะกระจายตัวใกล้ๆกัน

3. Histogram of the Residuals เป็นกราฟที่ใช้ตรวจสอบว่าส่วนตกค้างนั้นมีการกระจายตัวที่เป็นปกติหรือไม่ ซึ่งกราฟฮิสโตแกรมนั้นควรจะมีรูปทรงสมมาตรคล้ายรูประฆังคว่ำ และมีการกระจายตัวแบบสุ่มรอบค่า 0 โดยจากกราฟจะเห็นว่า กราฟมีลักษณะคล้ายรูประฆังคว่ำมากกว่าตอนที่ยังไม่ได้ทำการเปลี่ยนรูปข้อมูล

4. Residuals Versus the Order of the Data เป็นกราฟที่ใช้ตรวจสอบดูว่าส่วนตกค้างนั้นขึ้นอยู่กับเวลาที่เปลี่ยนไปในการเก็บข้อมูลหรือไม่ ซึ่งบนกราฟนี้ไม่ควรปรากฏลักษณะของแนวโน้มหรือรูปแบบใด ๆ อย่างชัดเจน ซึ่งควรจะมีการกระจายตัวที่ขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอ โดยจากกราฟหลังจากการเปลี่ยนรูปข้อมูล จะเห็นว่าจุดมีลักษณะกระจายตัวที่ขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอ

ดังนั้นหลังจากการเปลี่ยนรูปข้อมูล จะกล่าวได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการเปลี่ยนรูปข้อมูลนั้นทำให้การกระจายตัวของส่วนตกค้าง มีลักษณะที่เป็นแบบปกติ

4.2.2.2 การวิเคราะห์ผลจากค่าที่อ่านได้จากโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากตารางที่ 4.7 จะเป็นตารางที่แสดงถึงค่าผลการวิเคราะห์ของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งทำการวิเคราะห์ปัจจัยหลักและอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย ว่ามีผลต่อการลดลงของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในท่อไอเสียรถจักรยานยนต์ ที่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงค่าผลการวิเคราะห์ของก๊าซไฮโดรคาร์บอน

ปัจจัย	DF	SS	MS	F	P
พื้นที่ที่เจาะรูออก	1	0.3816	0.3816	8.10	0.012
ชนิดของตัวกรอง	3	18.5550	6.1850	131.25	0.000
จำนวนลูกของตัวกรอง	1	0.5213	0.5213	11.06	0.004
พื้นที่ที่เจาะรูออก*ชนิดของตัวกรอง	3	7.1137	2.3712	50.32	0.000
พื้นที่ที่เจาะรูออก* จำนวนลูกของตัวกรอง	1	0.7284	0.7284	15.46	0.001
ชนิดของตัวกรอง*จำนวนลูกของตัวกรอง	3	1.5040	0.5013	10.64	0.000
พื้นที่ที่เจาะรูออก*ชนิดของตัวกรอง* จำนวนลูกของตัวกรอง	3	2.2346	0.7449	15.81	0.000
Error	16	0.7540	0.0471		
Total	31	31.7926			
S = 0.217082 R-Sq = 97.63%					

หมายเหตุ DF = Degree of Freedom

SS = Sum of Squares

MS = Mean Square

F = F-Value
P = P-Value

การแปลผลสำหรับการทดลองนี้ จะพิจารณาความน่าจะเป็นทางสถิติหรือเรียกว่าค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบ ค่า P-value คือ ความน่าจะเป็นทางสถิติของพื้นที่ใต้โค้ง (Normal Curve) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

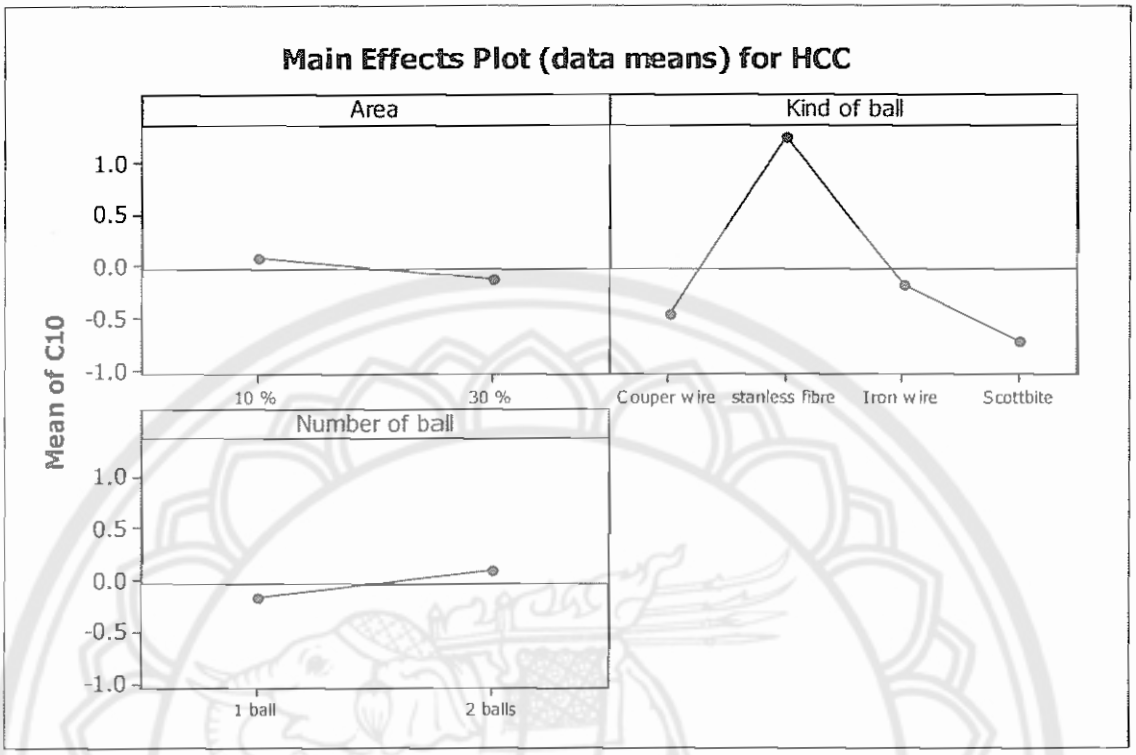
1. ถ้าค่า P-value มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับระดับนัยสำคัญ 0.05 จะยอมรับว่าข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 95% Confidence Interval

2. ถ้าค่า P-value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จะปฏิเสธว่าข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 95% Confidence Interval

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ ของปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของก๊าซไฮโดรคาร์บอนจะสรุปได้ว่าปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย คือ พื้นที่ที่เอาออกของหน้าตัดของอุปกรณ์ (Area) ชนิดของลูกไส้กรอง (Kind of ball) และจำนวนลูกไส้กรอง (Number of ball) นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อการลดลงของก๊าซไฮโดรคาร์บอนในท่อไอเสียรถจักรยานยนต์ที่ 95% Confidence Interval

4.2.2.3 การวิเคราะห์ผลของปัจจัยหลัก (Main Effects)

Main Effects เป็นผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบ (Response) ที่เกิดจากการเปลี่ยนระดับของปัจจัยนั้น ๆ ซึ่งเป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ระดับต่างๆ ของปัจจัยนั้น ๆ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ จะได้ดังรูป 4.7ดังต่อไปนี้



รูป 4.7 แผนภูมิแสดงผลของปัจจัยหลัก

จากรูป 4.7จะสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้คือ

Main Effects Plot (data means) for HCC/ppm

ในการวิเคราะห์นั้นถ้าพิจารณาในส่วนของปัจจัยหลัก (Main Effect) ในส่วนของ

1. พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ (Area) ที่ 10% และ 30%

จะพบว่าเมื่อทำการวัดค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่ผ่านอุปกรณ์และไส้กรอง ที่ 10% จะให้ค่าที่สูงกว่า ที่พื้นที่ 30% ดังรูปภาพ ซึ่งหมายความว่า เมื่อเพิ่มพื้นที่ที่เจาะรูของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ขึ้น จะทำให้ค่าของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่วัดได้นั้น มีการลดลง ซึ่งในกรณีนี้เราจะสรุปได้ว่าในส่วนของปัจจัยพื้นที่ที่เอาออกของหน้าตัดของอุปกรณ์นั้น พื้นที่หน้าตัดที่เจาะรูออกที่ระดับ 30% จะให้ผลที่ดีกว่า ระดับ 10%

2. ชนิดของลูกบอล (Kind of ball)

ในการทดสอบซึ่งมี 4 ระดับ ซึ่งได้แก่ ลวดทองแดง(Copper wire) ฝอยขัดหม้อ (Stan less fiber) เส้นลวด (Iron wire) และ สก็อตไบท์ (Scottbite) จะพบว่าถ้าหากเลือกใช้ ฝอยขัดหม้อจะทำให้ ค่าของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่วัดได้นั้นมีค่ามากที่สุด ซึ่งหมายถึงฝอยขัดหม้อนั้นช่วยลดก๊าซไฮโดรคาร์บอนได้น้อยที่สุด ส่วนสก็อตไบท์นั้นจะลดก๊าซไฮโดรคาร์บอนได้ดีที่สุด ซึ่งสามารถเรียงวัสดุสามารถลดก๊าซไฮโดรคาร์บอนได้จากมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ สก็อตไบท์ ลวดทองแดง เส้นลวด

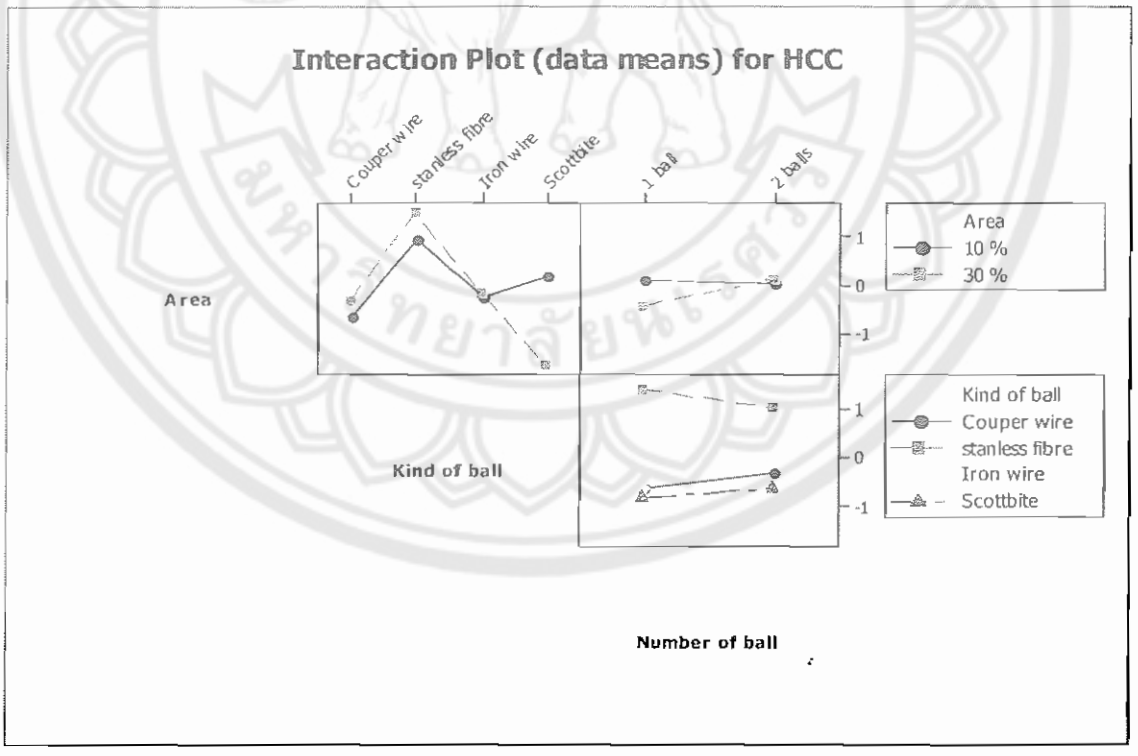
และ ฝอยขัดหม้อ ดังนั้นจะกล่าวได้ว่า หากพิจารณาเฉพาะชนิดของลูกบอลเพียงอย่างเดียวนั้น ควรที่จะเลือกใช้ สก็อตไบท์ทำไส้กรอง ซึ่งจะช่วยลดก๊าซไฮโดรคาร์บอนได้มากที่สุด

3. จำนวนลูกบอล (Number of ball)

ในการพิจารณาปัจจัยในส่วนของจำนวนของลูกบอลหรือจำนวนไส้กรองนั้น ซึ่งมีอยู่ 2 ระดับ คือ 1 ลูก กับ 2 ลูก จากผลที่ได้จากแผนภูมิรูปภาพจะกล่าวได้ว่า ถ้าหากเราเลือกใช้จำนวนไส้กรองเพียง 1 ลูกนั้นจะทำให้ได้ค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่วัดได้นั้น ต่ำที่สุด ซึ่งหมายความว่าถ้าหากเราพิจารณาเฉพาะปัจจัยเดียวคือจำนวนไส้กรองที่จะใช้ ควรเลือกใช้เพียงแค่ 1ลูกเพื่อให้ได้ค่าของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่วัดได้นั้นต่ำที่สุด

4.2.2.4 การวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นจากการมีอัตรกริยา (Interaction)

การมีอันตรกริยา เป็นผลตอบของปัจจัยหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับของปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ จะได้ดังรูป 4.8



รูป 4.8 แผนภูมิแสดงอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย

Interaction Plot (data means) for HCC/ppm

ในการวิเคราะห์อันตรกริยานั้น ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย นั้นเราจะพิจารณาได้ดังนี้คือ

1. ในส่วนของอันตรกิริยาระหว่าง Area กับ Kind of ball นั้นจากแผนภูมิรูปภาพเราจะกล่าวได้ว่า หากใช้ไส้สก็อตไบท์ที่ พื้นที่ที่เจาะรูออกที่ 30% ของอุปกรณ์ จะทำให้ได้ค่าของก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่ำที่สุด

2. และหากพิจารณาในส่วนของอันตรกริยาระหว่าง Area กับ Number of ball นั้นจากแผ่นภูมิรูปภาพที่ จะกล่าวได้ว่าค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่วัดได้จากการวัดนั้นมีผลดังนี้คือ Area ที่ 30% และ Number of ball ที่ 1 ลูก นั้นจะให้ค่าของก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่ำที่สุด ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด แต่เมื่อใช้ Area ที่ 30 % และ Number of ball ที่ 2 ลูก จะให้ค่าของก๊าซไฮโดรคาร์บอนสูงสุด ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ดีที่สุด

3. และหากพิจารณาอันตรกริยาระหว่าง Number of ball กับ Kind of ball จะได้ผลดังนี้คือ หากเลือกใช้สก็อตไบท์ที่ 1 ลูก จะทำให้ค่าของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่วัดผ่านอุปกรณ์นั้นได้ค่าที่ต่ำที่สุด ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะสามารถเรียงค่าของการเลือกใช้ที่ให้ผลที่ดีที่สุดไปหาน้อยที่สุดได้ดังนี้คือ

- สก็อตไบท์ 1 ลูก
- ลวดทองแดง 1 ลูก
- เส้นลวด 1 ลูก
- สก็อตไบท์ 2 ลูก
- ลวดทองแดง 2 ลูก
- เส้นลวด 2 ลูก
- ฝอยขัดหม้อ 2 ลูก
- ฝอยขัดหม้อ 1 ลูก

ดังนั้น หากพิจารณาในส่วนของค่า ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ควรที่จะเลือกใช้วัสดุเพื่อทีจะทำอุปกรณ์ลดก๊าซไฮโดรคาร์บอน ซึ่งที่ได้ทำการพิจารณานั้นมีอยู่ 3 ปัจจัย ได้แก่ พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ (Area) ชนิดของไส้กรอง (Kind of ball) และจำนวนของลูกไส้กรอง (Number of ball) ซึ่งจะเรียงค่าที่ดีที่สุดจำนวน 5 ลำดับ จากมากไปน้อยที่ได้จากการทำการทดลอง ดังนี้ คือ

1. พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ใช้ 30% ชนิดไส้กรองใช้สก็อตไบรท์ และจำนวนลูกไส้กรองใช้ 1 ลูก

2. พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ใช้ 30% ชนิดไส้กรองใช้สก็อตไบรท์ และจำนวนลูกไส้กรองใช้ 2 ลูก

3. พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ใช้ 30% ชนิดไส้กรองใช้ลวดทองแดง และจำนวนลูกไส้กรองใช้ 1 ลูก

4. พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ใช้ 10% ชนิดไส้กรองใช้ลวดทองแดง และจำนวนลูกไส้กรองใช้ 2 ลูก

5. พื้นที่ที่เอาออกของพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ใช้ 10% ชนิดไส้กรองใช้เส้นลวด และจำนวนลูกไส้กรองใช้ 1 ลูก