

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและการอภิปรายผล

#### 5.1 ผลการตรวจสอบหน้าตัดยางชั้นในของล้อยางตันตัวอย่างขนาดใหญ่งานจริงที่ทดลองผลิตในโรงงาน

การตรวจสอบหน้าตัดยางชั้นในของล้อยางตันที่ทดลองผลิตในโรงงานมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อตรวจสอบความคงรูปและสมมาตรของหน้าตัดยางชั้นในของล้อยางตันที่ทดลองผลิตแต่ละวิธีการผลิต ที่คิดค้นวิธีการม้วนขึ้นรูปล้อยางวิธีใหม่ในงานวิจัยนี้ เพื่อตรวจสอบว่าสามารถปรับปรุงให้ยางชั้นในของล้อยางตันมีความคงรูปขึ้นหรือไม่

รายละเอียดของวิธีการที่ใช้ในการควบคุมยางชั้นในมีดังนี้

- วิธีการที่ 1 คือ ล้อยางตันที่ควบคุมการม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องมือแบบเก่า
- วิธีการที่ 2 คือ ล้อยางตันที่ควบคุมการม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องมือที่ออกแบบ

และสร้างใหม่

- วิธีการที่ 3 ล้อยางตันที่ควบคุมการม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องมือที่สร้างขึ้นใหม่แล้วอัดเยื้องยางชั้นในด้วยแม่พิมพ์ก่อนเรียกว่าวิธีการพรีฟอร์ม (pre-form) ก่อนการนำไปพันกับยางนอกแล้วนำไปอบให้ยางสุกพร้อมกัน วิธีการนี้มีส่วนคล้ายกับการทำพรีเคียว (pre-cure)

- วิธีการที่ 4 ล้อยางตันที่ควบคุมการม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องมือที่สร้างขึ้นใหม่แล้วอัดร้อนยางชั้นในเป็นการอบถึงสุกด้วยแม่พิมพ์ก่อนเรียกว่าวิธีการพรีเคียว (pre-cure) ก่อนนำไปพันกับยางนอกแล้วนำไปอบให้ยางสุกพร้อมกัน

เมื่อนำล้อยางตันมาตัดเพื่อตรวจสอบความสมมาตรของยางชั้นใน สามารถแสดงหน้าตัดของล้อยางตันในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงตัวอย่างหน้าตัดของล้อยางตัน

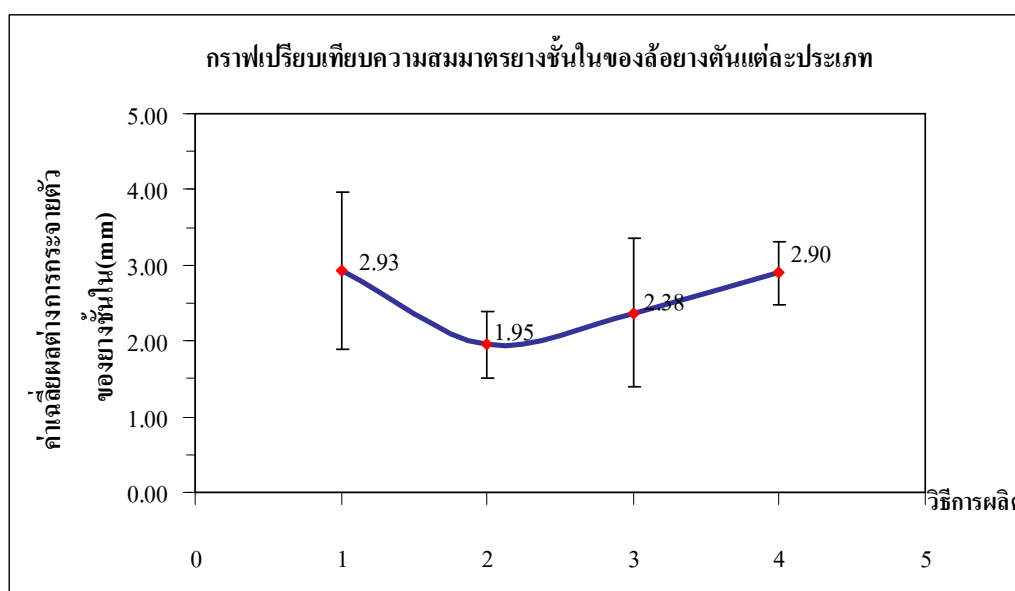
### 5.1.1 ผลการตรวจสอบความสมมาตรของหน้าตัดยางชั้นในของล้อยางตัวอย่าง ขนาดใช้งานจริงที่ทดลองผลิตในโรงงาน

ตารางที่ 5.1 เป็นตารางสรุปความคงรูปในค่าของความต่างระหว่างด้านซ้ายและด้านขวาของหน้าตัดยางในที่หน้าตัดต่างๆ และความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละวิธีการ

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยของผลต่างและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของล้อยางในแต่ละวิธีการ

วิธีการผลิตที่	1	2	3	4
หน้าตัดตำแหน่งที่ 1 (mm)	1.6	1.7	1.5	2.8
หน้าตัดตำแหน่งที่ 3 (mm)	4.0	2.6	1.8	3.0
หน้าตัดตำแหน่งที่ 5 (mm)	2.7	1.8	3.7	2.4
หน้าตัดตำแหน่งที่ 7 (mm)	3.4	1.7	2.5	3.4
ค่าเฉลี่ยของผลต่าง (mm)	2.93	1.95	2.38	2.90
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.03	0.44	0.98	0.42

รูปที่ 5.2 เป็นการนำค่าเฉลี่ยของผลต่างมาเสนอเป็นกราฟโดยแกนนอนบอกถึงวิธีการผลิตตามลำดับส่วนแกนตั้งบอกระดับความสมมาตรด้านซ้ายและขวาในเชิงค่าเฉลี่ยผลต่าง



รูปที่ 5.2 ผลของวิธีการผลิตต่อความสมมาตรของยางชั้นในของล้อยางต้น

จากผลการทดสอบความสมมาตรในตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 พบว่าลื้อที่ผลิตด้วยการผลิตด้วยเครื่องม้วนแบบใหม่ มีความสม่ำเสมอของหน้าตัดดีกว่าการผลิตด้วยเครื่องม้วนแบบเก่า โดยพิจารณาได้จากค่าเฉลี่ยของผลต่างของระยะจากจุดอ้างอิงในแต่ละองศาบนหน้าตัดของลื้อ ยางตัน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าต่ำ แต่วิธีการผลิตที่ทำพรีฟอร์ม (Pre-form) และทำพรีเคียว (Pre-cure) ยางชั้นในมีความยุ่งยากในการผลิตมากขึ้น

### 5.1.2 ผลการทดสอบความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างยางชั้นในและยางชั้นนอก

ตารางที่ 5.2 เป็นตารางเป็นตารางบันทึกผลการทดสอบแรงดึงของการยึดติดกันระหว่างยางชั้นนอกกับยางชั้นในและแสดงผลการคำนวณหาพื้นที่ของรอยต่อ

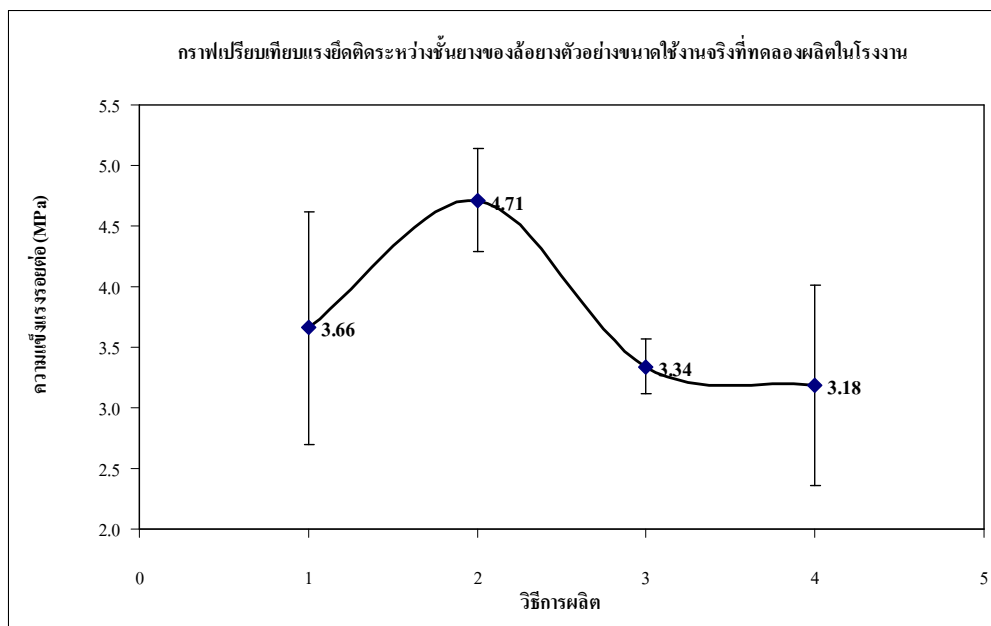
ตารางที่ 5.2 ตารางบันทึกผลการทดสอบแรงดึงและการคำนวณหาพื้นที่

หมายเลข	ความกว้าง (มม.)	ความหนา รอยต่อ(มม.)	พื้นที่รอยต่อ (มม. <sup>2</sup> )	แรงดึงขาด (นิวตัน)	ความแข็งแรงรอยต่อ (เมกะปาสกาล)
1-1-4	40.85	9.30	379.91	1365.74	3.595
2-1-2	41.33	8.55	353.33	1720.90	4.871
3-1-4	39.65	10.20	404.43	1290.67	3.191
4-1-2	40.15	9.10	365.37	1106.49	3.028
1-2-2	39.70	9.08	360.28	1360.87	3.777
2-2-4	39.03	8.95	349.27	1665.99	4.770
3-2-2	39.90	11.00	438.90	1461.65	3.330
4-2-2	40.78	10.90	444.45	1467.91	3.303
1-3-2	31.20	10.85	338.52	1495.71	4.418
2-3-2	31.25	10.05	314.06	1539.49	4.902
3-3-2	40.00	10.13	405.00	1242.02	3.067
4-3-2	39.78	10.58	420.62	1047.41	2.490
1-5-2	40.08	9.05	362.68	1606.22	4.429
2-5-2	39.93	9.25	369.31	1468.60	3.977
3-5-2	40.80	10.43	425.34	1501.96	3.531

ตารางที่ 5.2 ตารางบันทึกผลการทดสอบแรงดึงและการคำนวณหาพื้นที่ (ต่อ)

หมายเลข	ความกว้าง (มม.)	ความหนา รอยต่อ(มม.)	พื้นที่รอยต่อ (มม. <sup>2</sup> )	แรงดึงขาด (นิวตัน)	ความแข็งแรงรอยต่อ (เมกะปาสคาล)
4-5-2	31.93	9.80	312.87	799.29	2.555
1-7-2	40.18	7.30	293.28	610.93	2.083
2-7-4	32.45	7.63	247.43	1248.28	5.045
3-7-2	39.38	10.03	394.73	1417.86	3.592
4-7-2	30.68	8.68	266.11	1205.88	4.532

หมายเหตุ : หมายเลข 1-1-4 มีความหมายดังนี้  
 เลข 1 (ตัวที่1) คือ ล้อที่ 1 ใช้เครื่องมือวางแบบเก่า  
 เลข 1 (ตัวที่2) คือ ตำแหน่งหน้าตัดที่ 1  
 เลข 4 (ตัวที่3) คือ จำนวนครั้งที่ตัดชิ้นงาน (ขึ้นทดลอง 1 ชิ้น อาจจะต้องตัดหลายครั้ง)  
 ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดติดสูงสุดระหว่างยางชั้นในและยางชั้นนอกตามล้อที่ผลิตด้วยวิธีการต่างกัน



รูปที่ 5.3 ความแข็งแรงยึดติดของแต่ละวิธีการผลิต

จากรูปที่ 5.3 แสดงความแข็งแรงยึดติดในรูปของกราฟ แกนนอนเป็นล้อยที่ 1 ล้อยที่ 2 ล้อยที่ 3 และล้อยที่ 4 ตามลำดับ แกนตั้งเป็นความแข็งแรงในการยึดติดเฉลี่ย เมื่อพิจารณาผลการทดสอบแรงดึงเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงบริเวณผิวสัมผัสระหว่างยางชั้นนอกและชั้นใน จากข้อมูลพบว่าล้อยที่ 2 มีความแข็งแรงที่รอยต่อระหว่างยางชั้นในกับยางชั้นนอกดีกว่าล้อยประเภทอื่นๆ ซึ่งเป็นผลมาจากวิธีการม้วนยางที่ใช้เครื่องมือม้วนยางแบบใหม่ ที่มีการทำให้การม้วนยางแต่ละชั้นแนบสนิทโดยไม่มีเกิดช่องว่างระหว่างชั้นของยางที่ส่งผลให้เกิดการไหลของยางที่ไม่สม่ำเสมอและผิดปกติ

จากการที่ได้ทำการทดลองผลิตล้อยอย่างต้นด้วยวิธีการผลิตทั้ง 4 วิธีการและนำล้อยมาทำการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า การผลิตล้อยด้วยเครื่องมือม้วนแบบใหม่ ที่ได้มีการคิดค้นขึ้นนั้นทำให้ล้อยอย่างต้นมีความสม่ำเสมอและคงรูปของยางชั้นในมากขึ้นกว่าวิธีการผลิตด้วยเครื่องมือม้วนแบบเก่า

## 5.2 ผลการทดสอบความกลมล้อยอย่างต้น

การทดสอบความกลมของล้อยอย่างต้นมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของล้อยอย่างต้น เพราะความกลมของล้อยอย่างเกี่ยวข้องกับคุณภาพของล้อยอย่างโดยตรง ล้อยอย่างต้นที่ขาดความกลมเมื่อล้อยอย่างหมุนจะทำให้เกิดการหมุนที่ไม่สมดุลและเกิดการกระดอนเมื่อล้อยอย่างกลิ้งไปบนพื้นจะส่งผลทำให้เกิดการสั่นสะเทือน การทดสอบความกลมของล้อยอย่างต้นในงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคการวัดแบบสัมผัสเชิงกล (Mechanical contact measurement methods) โดยการทดสอบความกลมของล้อยอย่างต้นมีขั้นตอนและผลการทดสอบดังนี้

ในการทดสอบความกลมของล้อยอย่างต้น มีล้อยอย่างตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบจำนวน 23 เส้น ซึ่งมีความแตกต่างกัน ในส่วนของวิธีการผลิตและยี่ห้อ มีขนาดที่เท่ากัน คือ ขนาด 6.00-9 rim 4 ทำการวัดรัศมีของล้อยอย่างต้น และบันทึกข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการขันบีบกระทะล้อยที่ค่าต่างๆกัน คือ 0 lb-ft, 20 lb-ft, 40 lb-ft, 60 lb-ft และ 80 lb-ft กับค่ารัศมีของล้อยอย่างต้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามแนวเส้นรอบวงและจะนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาเสนอในรูปแบบต่างๆดังนี้

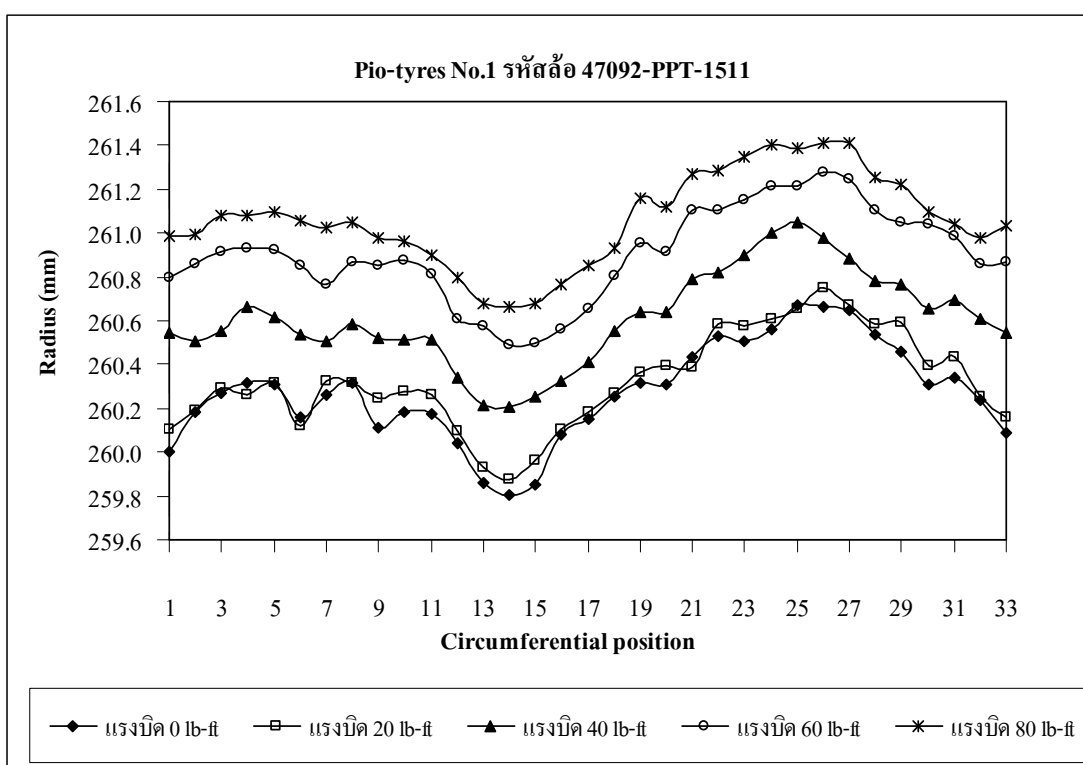
- นำข้อมูลความกลมของล้อยที่แรงขันบีบกระทะล้อยที่ค่าต่าง ๆ มาแสดงในรูปของกราฟ

- นำข้อมูลความกลมของล้อยที่แรงขันบีบกระทะล้อยที่ค่าต่างๆมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

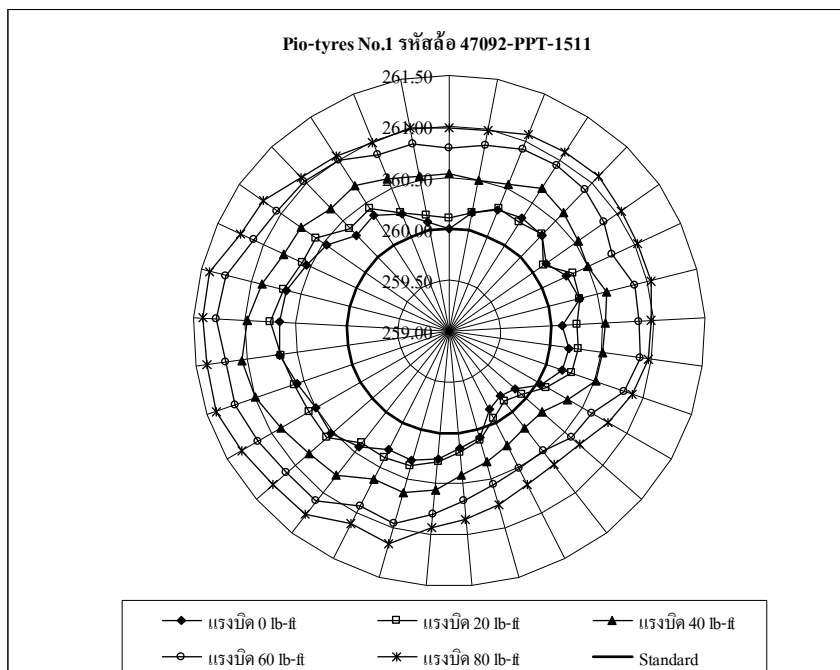
- นำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของค่ารัศมีล้อยางต้นที่แรงขันบีบ  
ค่าต่าง ๆ มาแสดงในรูปกราฟ

### 5.2.1 การตรวจสอบความกลมของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 1 (ใช้เครื่องมือยาง แบบเก่า)

รูปที่ 5.4-5.6 เป็นข้อมูลของความกลมในรูปของรัศมีของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการ  
ที่ 1 ที่จุดต่างๆ ตามแนวเส้นรอบวงล้อและแรงขันบีบ (Clamping force) กระดาษล้อที่ค่าต่างๆ  
จำนวน 3 เส้น ตามลำดับ โดยวัดด้วยเครื่องทดสอบความกลมของล้อยางที่ใช้ลูกกลิ้งช่วยวัดตามที่  
ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1.42



รูปที่ 5.4 ก.) ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 1 ผลิตด้วยวิธีการที่ 1 ที่แรงบีบ ชั้น  
กระดาษล้อต่างๆ

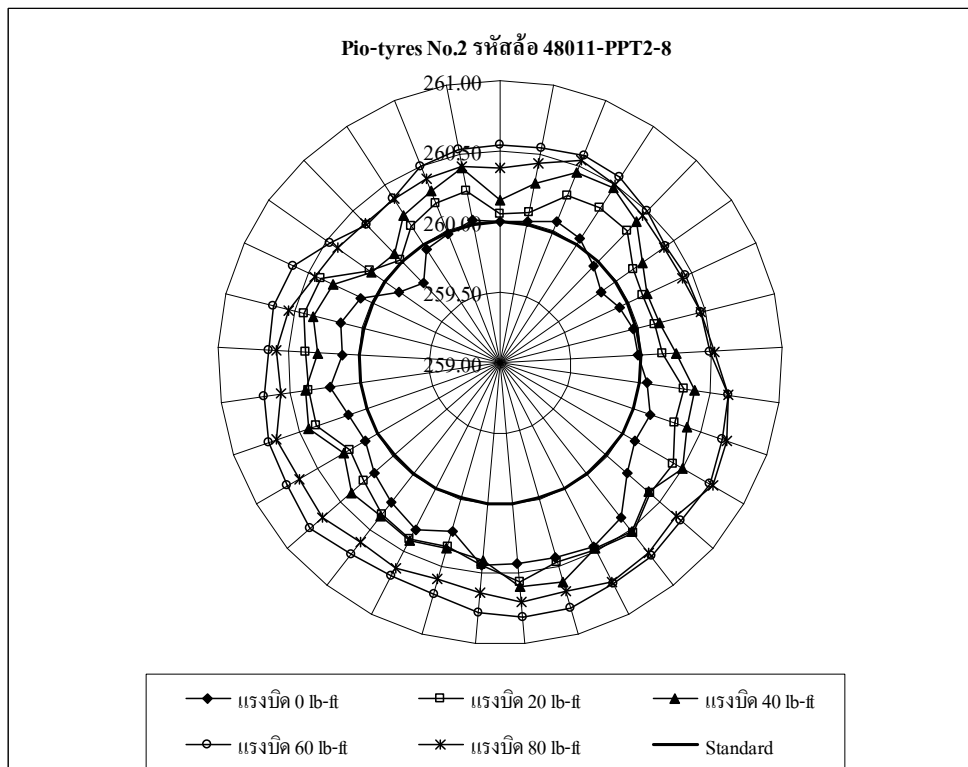
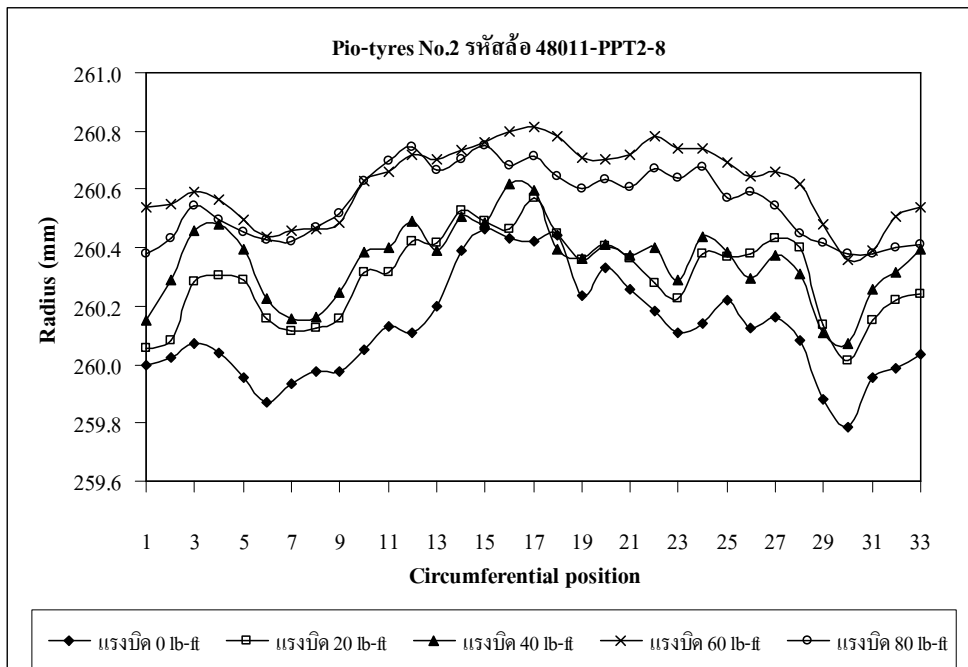


รูปที่ 5.4 ข.) ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 1 ผลิตด้วยวิธีการที่ 1 ที่แรงบีบ ชั้น  
กระทะล้อต่างๆ

สำหรับตารางที่ 5.3-5.5 เป็นการสรุปค่าต่างๆจากการวัดความกลมของล้อยางต้นที่ผลิตด้วยวิธีการ  
ที่ 1

ตารางที่ 5.3 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 1 ผลิตด้วยวิธีการที่ 1  
ที่แรงบีบชั้นกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.671	259.803	260.26976	0.226586
20 ft-lb	260.753	259.872	260.31982	0.220737
40 ft-lb	261.052	260.203	260.60897	0.216039
60 ft-lb	261.275	260.486	260.90052	0.213805
80 ft-lb	261.41	260.664	261.06006	0.213204

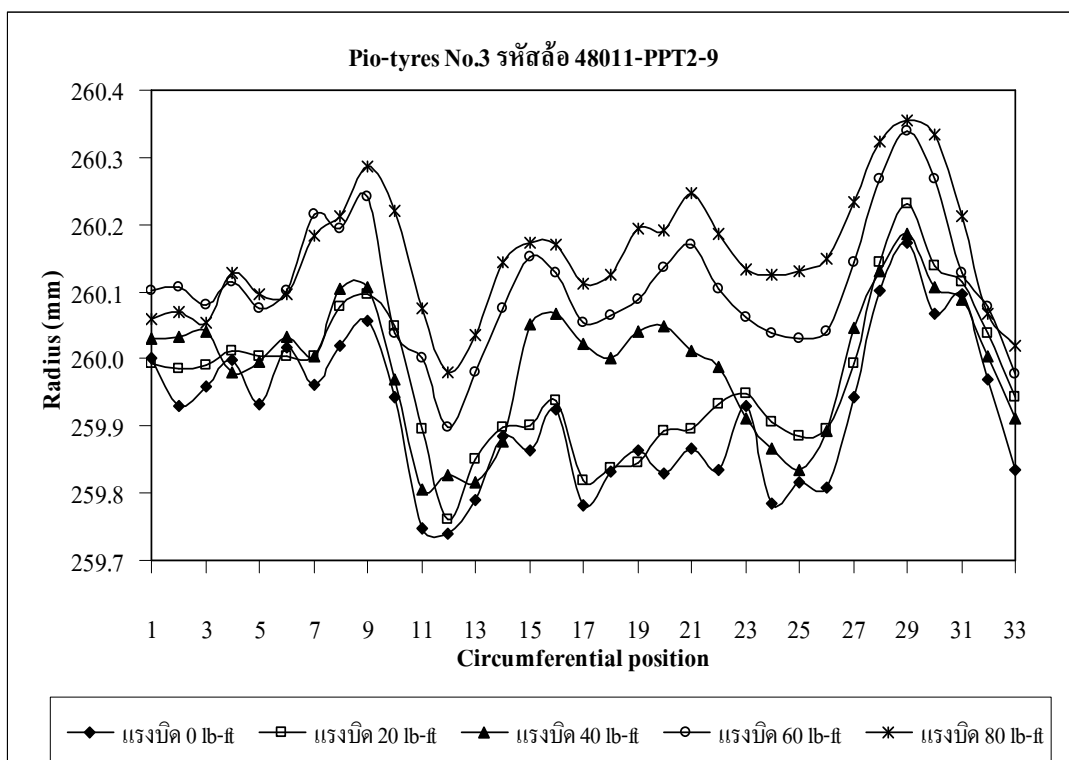


รูปที่ 5.5 ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 2 ผลิตด้วยวิธีการที่ 1 ที่แรงบีบขัน  
 กระทะล้อต่างๆ

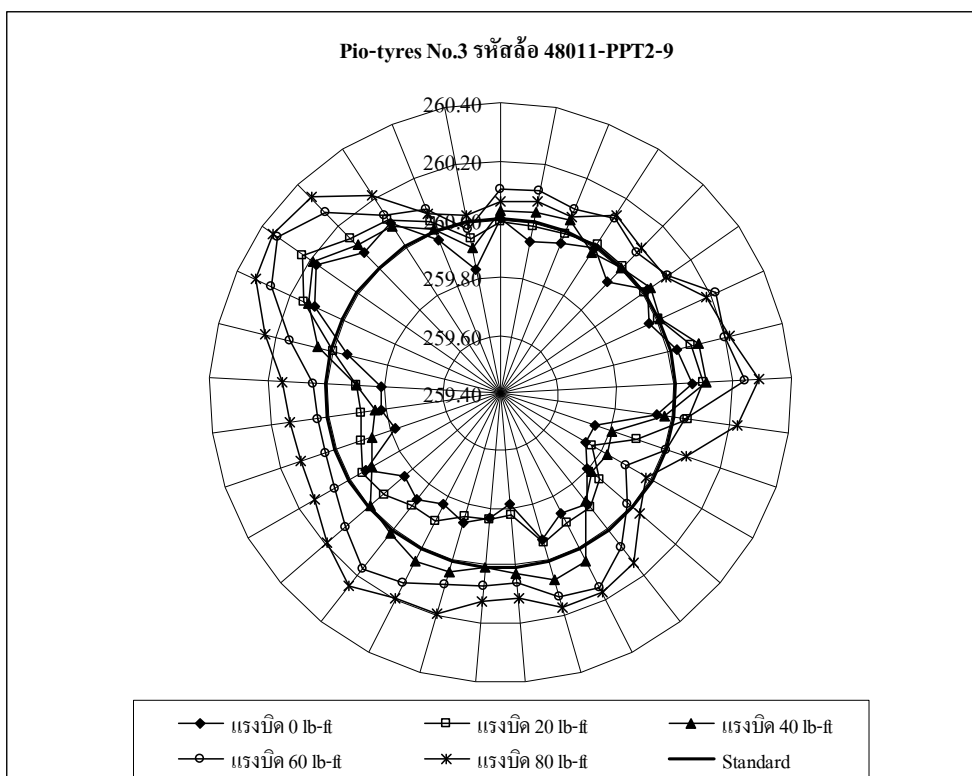


ตารางที่ 5.4 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 2 ที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 1 ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.463	259.788	260.12036	0.17681908
20 ft-lb	260.568	260.014	260.30009	0.14377225
40 ft-lb	260.62	260.073	260.35261	0.13105269
60 ft-lb	260.815	260.356	260.62027	0.12843609
80 ft-lb	260.75	260.377	260.55588	0.12087151



รูปที่ 5.6 ก.) ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 3 ผลิตด้วยวิธีการที่ 1 ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ



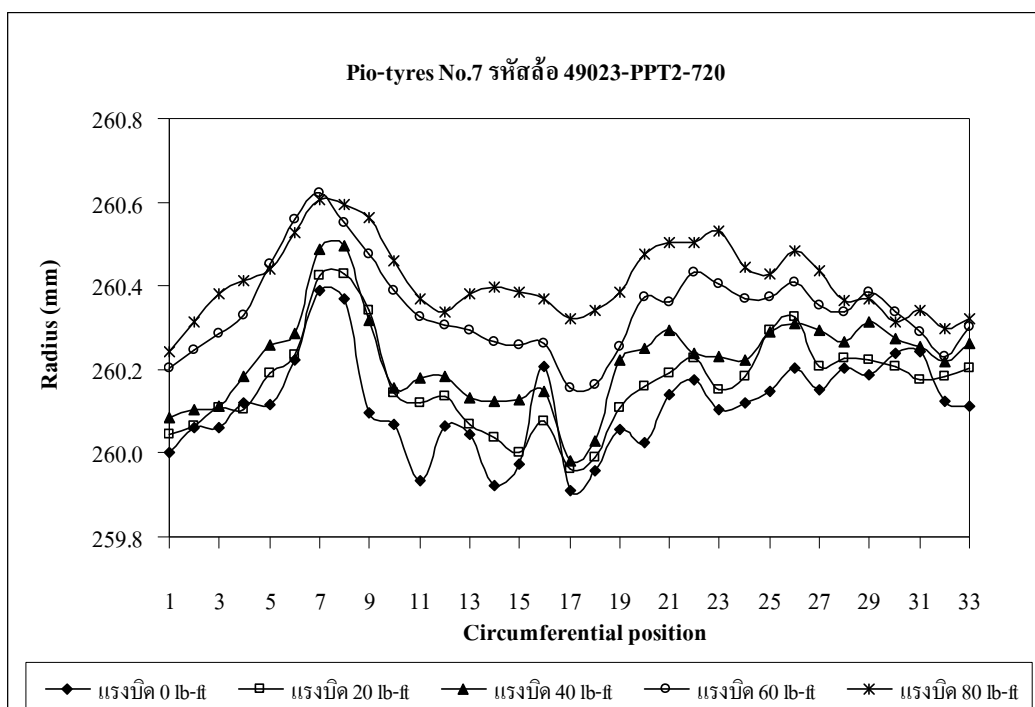
รูปที่ 5.6 ข.) ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 3 ผลิตด้วยวิธีการที่ 1 ที่แรงบีบขัน  
กระทะล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.5 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 3 ผลิตด้วยวิธีการที่ 1  
ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

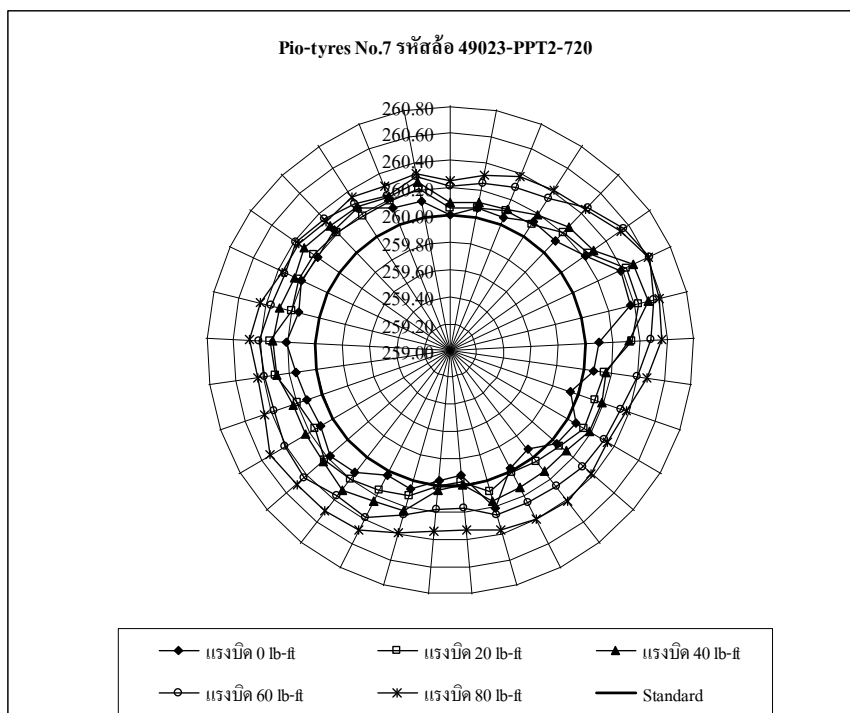
Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.173	259.739	259.918273	0.11016019
20 ft-lb	260.23	259.76	259.967152	0.10519925
40 ft-lb	260.185	259.806	259.994848	0.09697168
60 ft-lb	260.338	259.898	260.105758	0.091964
80 ft-lb	260.356	259.98	260.155303	0.09098712

## 5.2.2 การตรวจสอบความกลมของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 2 (ใช้เครื่องมือวางแบบใหม่)

รูปที่ 5.7-5.8 เป็นข้อมูลของความกลมในรูปของรัศมีของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 2 ที่จุดต่างๆตามแนวเส้นรอบวงล้อ และแรงขันบีบ (Clamping force) กระดาษล้อที่ค่าต่างๆจำนวน 2 เส้น ตามลำดับ โดยวัดด้วยเครื่องทดสอบความกลมของล้อยางที่ใช้ลูกกลิ้งช่วยวัดตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1.42



รูปที่ 5.7 ก.) ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 7 ผลิตด้วยวิธีการที่ 2 ที่แรงบีบขันกระดาษล้อต่างๆ

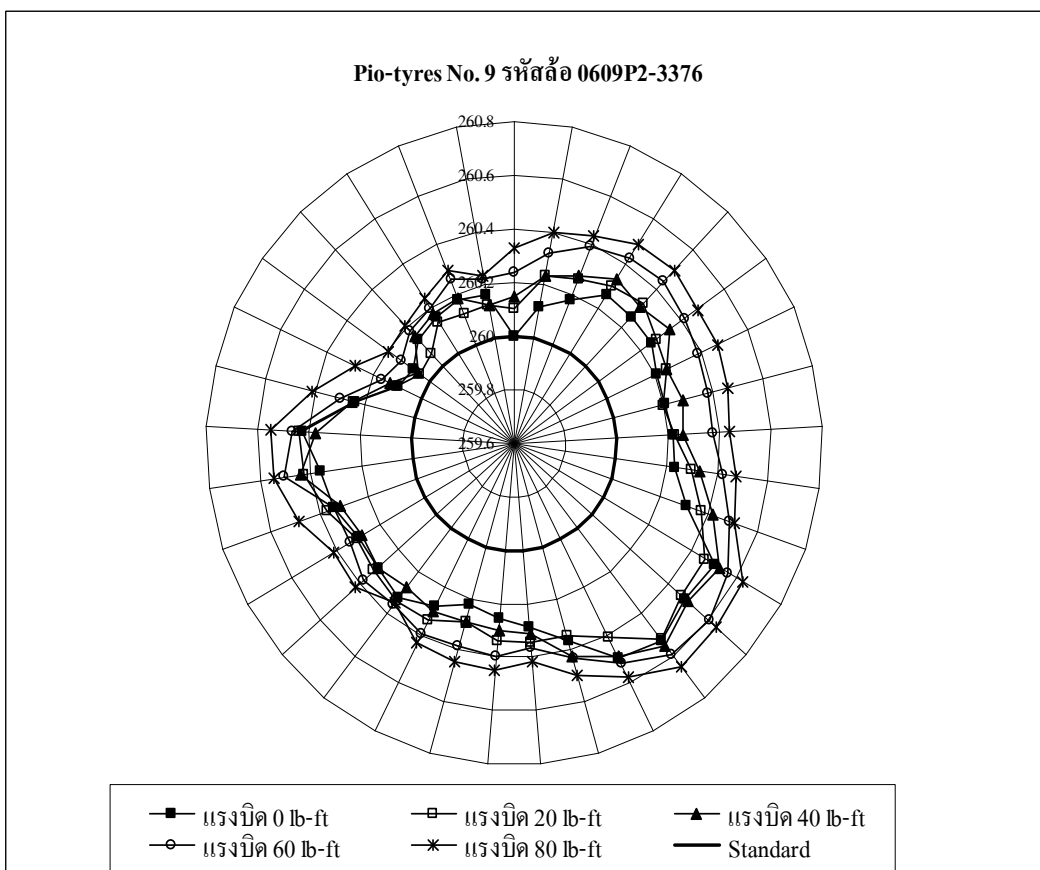
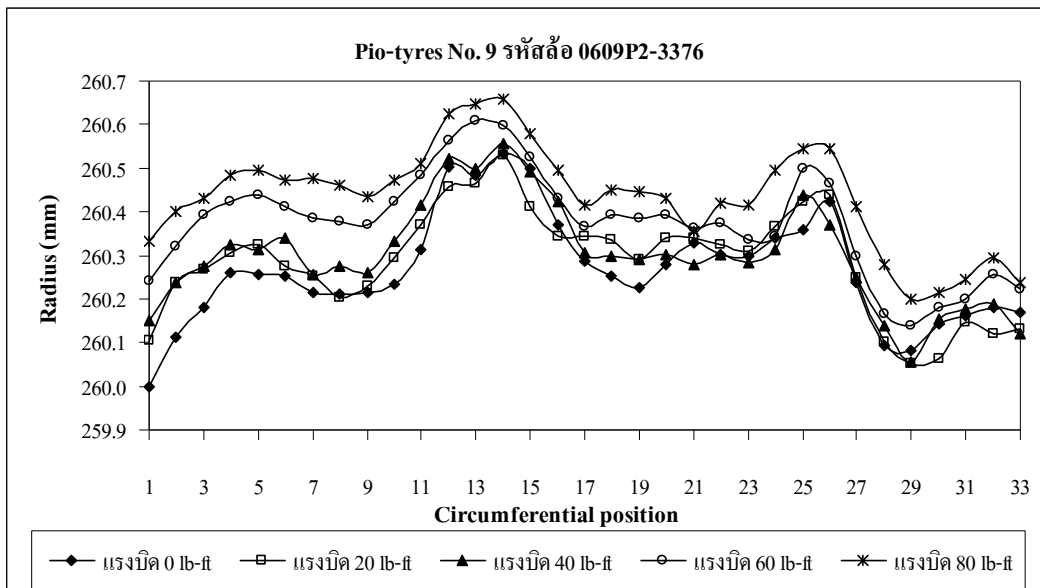


รูปที่ 5.7 ข.) ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 7 ผลิตด้วยวิธีการที่ 2 ที่แรงบีบขัน  
 กระทะล้อต่างๆ

สำหรับตารางที่ 5.6-5.7 เป็นการสรุปค่าต่างๆจากการวัดความกลมของล้อยางต้น  
 ที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 2

ตารางที่ 5.6 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 7 ผลิตด้วยวิธีการที่ 2  
 ที่แรงขันบีบกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.389	259.912	260.113	0.11398984
20 ft-lb	260.43	259.962	260.168	0.11226747
40 ft-lb	260.494	259.981	260.222	0.10883689
60 ft-lb	260.623	260.156	260.344	0.10754567
80 ft-lb	260.607	260.242	260.413	0.08951028



รูปที่ 5.8 ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 9 ผลิตด้วยวิธีการที่ 2 ที่แรงบีบขัน กระดาษล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.7 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 9 ผลิตด้วยวิธีการที่ 2 ที่แรงขันบีบกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.534	260.000	260.267	0.125699296
20 ft-lb	260.531	260.053	260.286	0.121470449
40 ft-lb	260.556	260.057	260.301	0.118359233
60 ft-lb	260.609	260.137	260.375	0.118156928
80 ft-lb	260.659	260.199	260.435	0.117521603

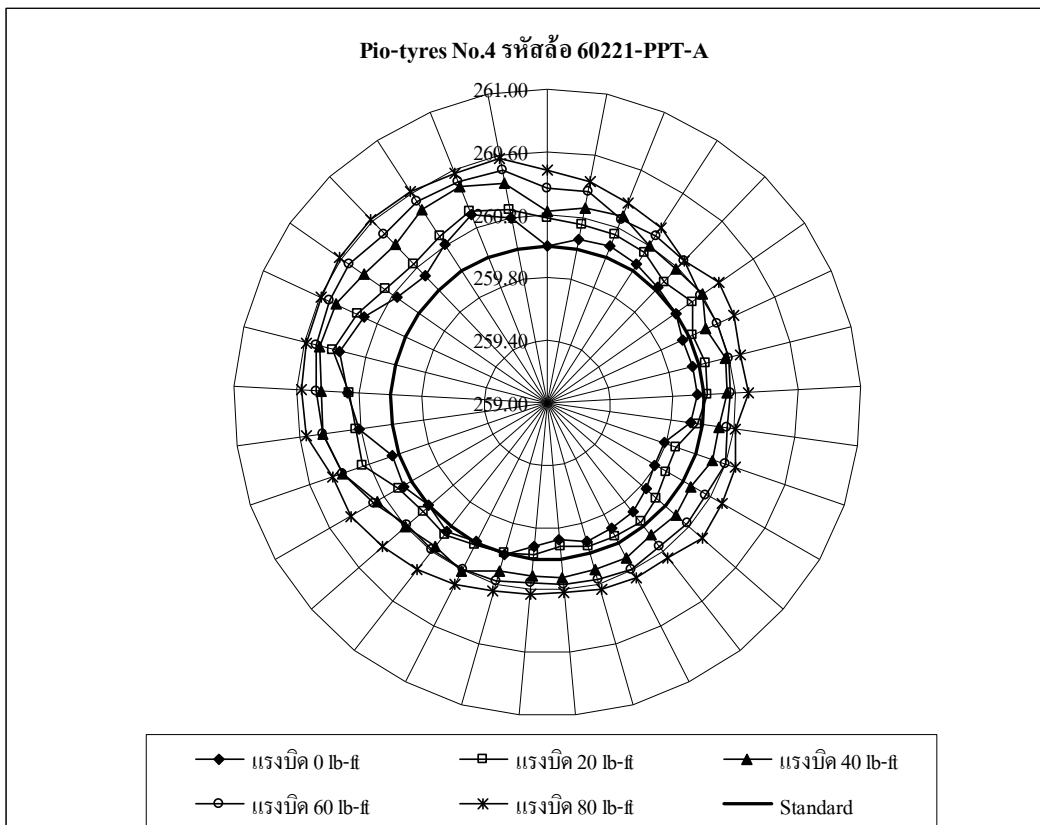
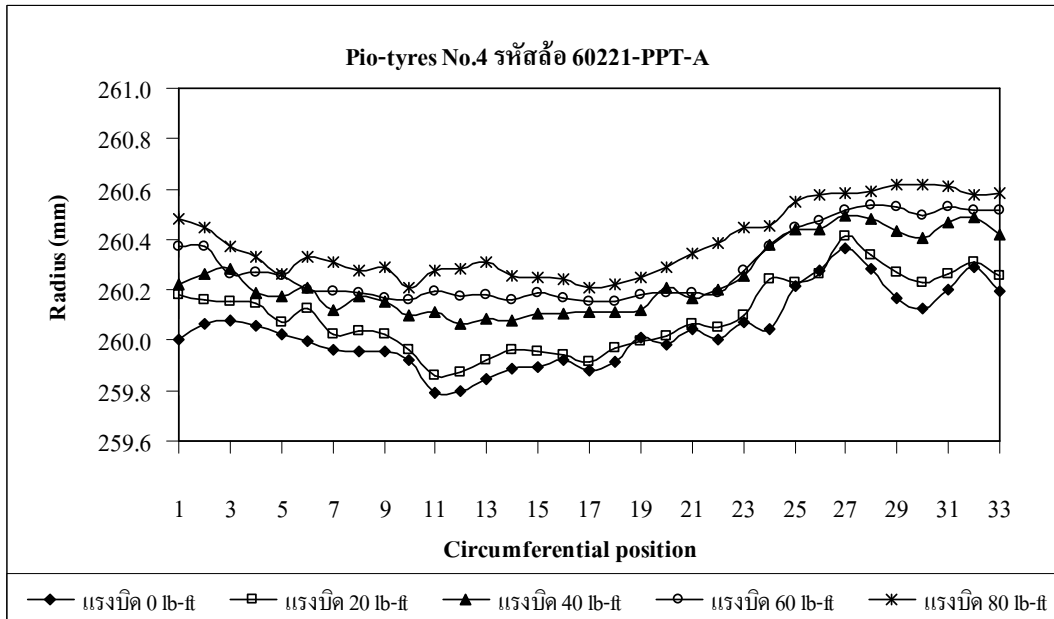
**5.2.3 ผลการตรวจสอบความกลมของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 3 (ใช้เครื่องมือวางแบบใหม่ + พร็อพอร์ม)**

รูปที่ 5.9-5.10 เป็นข้อมูลของความกลมในรูปของรัศมีของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 3 ที่จุดต่างๆตามแนวเส้นรอบวงล้อ และแรงขันบีบ (Clamping force) กระทะล้อที่ค่าต่างๆจำนวน 2 เส้น ตามลำดับ โดยวัดด้วยเครื่องทดสอบความกลมของล้อยางที่ใช้ลูกกลิ้งช่วยวัดตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1.42

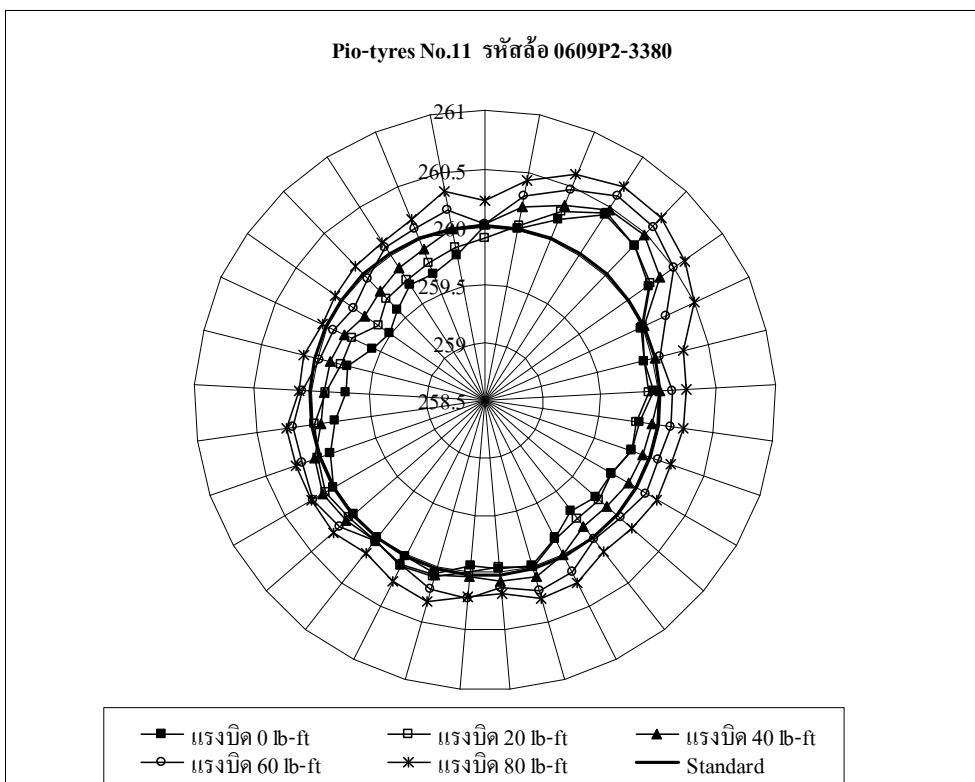
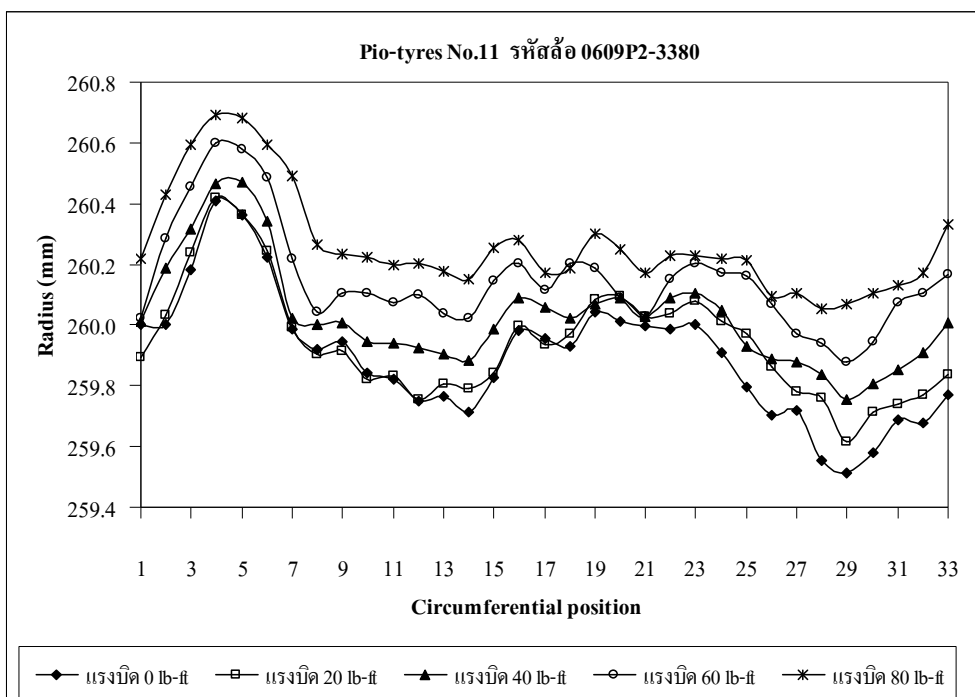
สำหรับตารางที่ 5.8-5.9 เป็นการสรุปค่าต่างๆจากการวัดความกลมของล้อยางต้นที่ผลิตด้วยวิธีการ ที่ 3

ตารางที่ 5.8 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 4 ผลิตด้วยวิธีการที่ 3 ที่แรงขันบีบกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.367	259.790	260.036	0.14794346
20 ft-lb	260.411	259.862	260.101	0.14610739
40 ft-lb	260.497	260.067	260.244	0.14546351
60 ft-lb	260.534	260.151	260.296	0.14436276
80 ft-lb	260.620	260.210	260.389	0.14244343



รูปที่ 5.9 ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 4 ผลิตด้วยวิธีการที่ 3 ที่แรงบีบขัน กระหะล้อต่างๆ



รูปที่ 5.10 ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 11 ผลิตด้วยวิธีการที่ 3 ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ



ตารางที่ 5.9 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 11 ผลิตด้วยวิธีการที่ 3 ที่แรงขันบีบกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.407	259.512	259.896	0.2101534
20 ft-lb	260.419	259.617	259.944	0.18579075
40 ft-lb	260.470	259.757	260.027	0.17122687
60 ft-lb	260.597	259.880	260.150	0.16910527
80 ft-lb	260.693	260.052	260.264	0.16874037

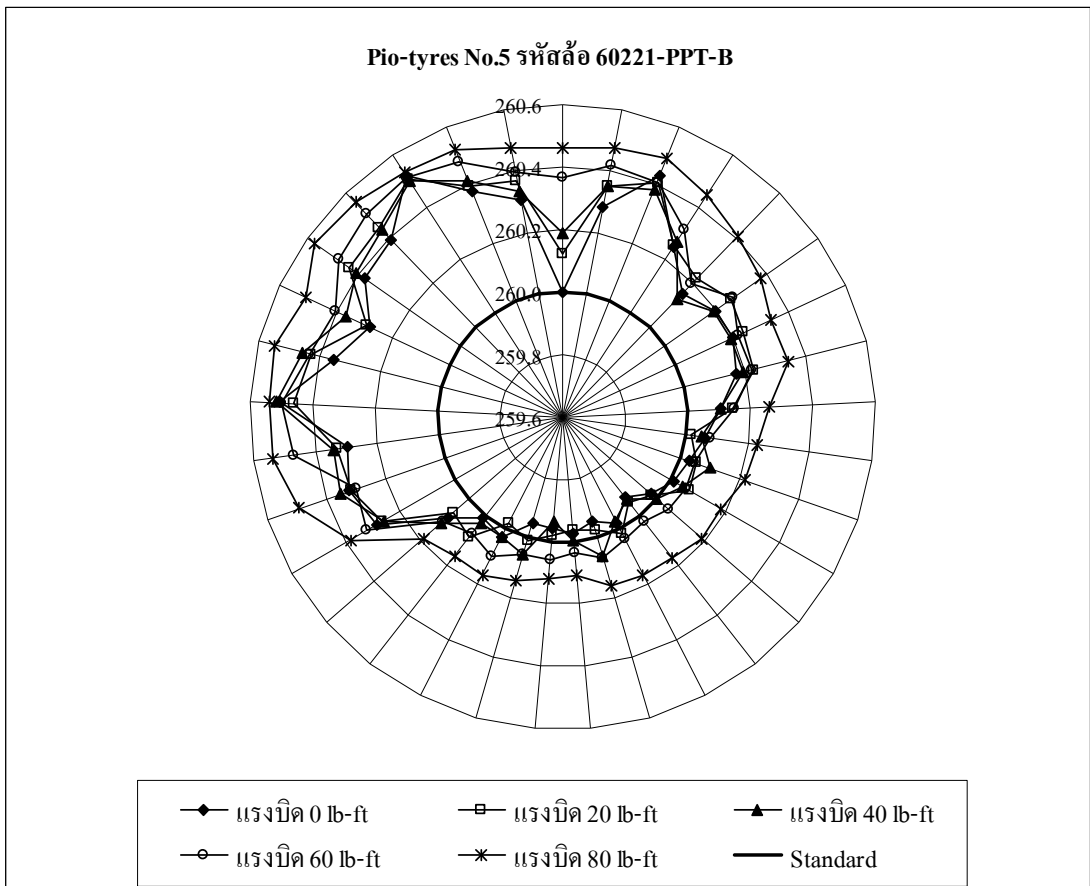
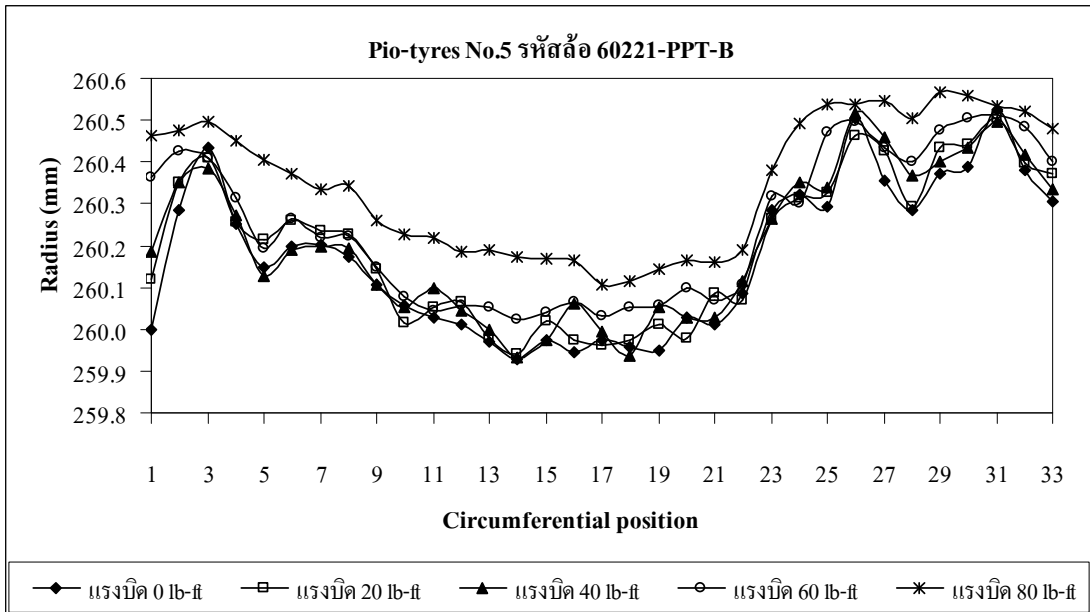
#### 5.2.4 การตรวจสอบความกลมของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 4 (ใช้เครื่องมือวางแบบใหม่ + ฟรีเดียว)

รูปที่ 5.11-5.12 เป็นข้อมูลของความกลมในรูปของรัศมีของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 4 ที่จุดต่างๆตามแนวเส้นรอบวงล้อ และแรงขันบีบ (Clamping force) กระทะล้อที่ค่าต่างๆ จำนวน 2 เส้น ตามลำดับ โดยวัดด้วยเครื่องทดสอบความกลมของล้อยางที่ใช้ลูกกลิ้งช่วยวัดตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1.42

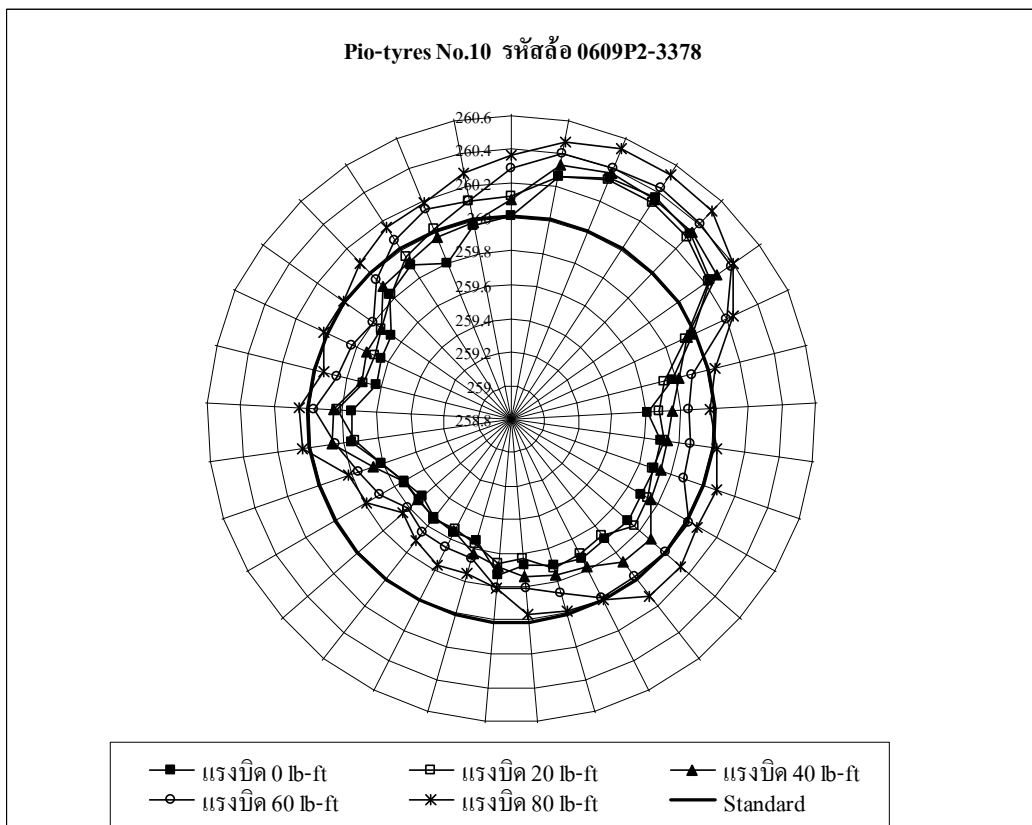
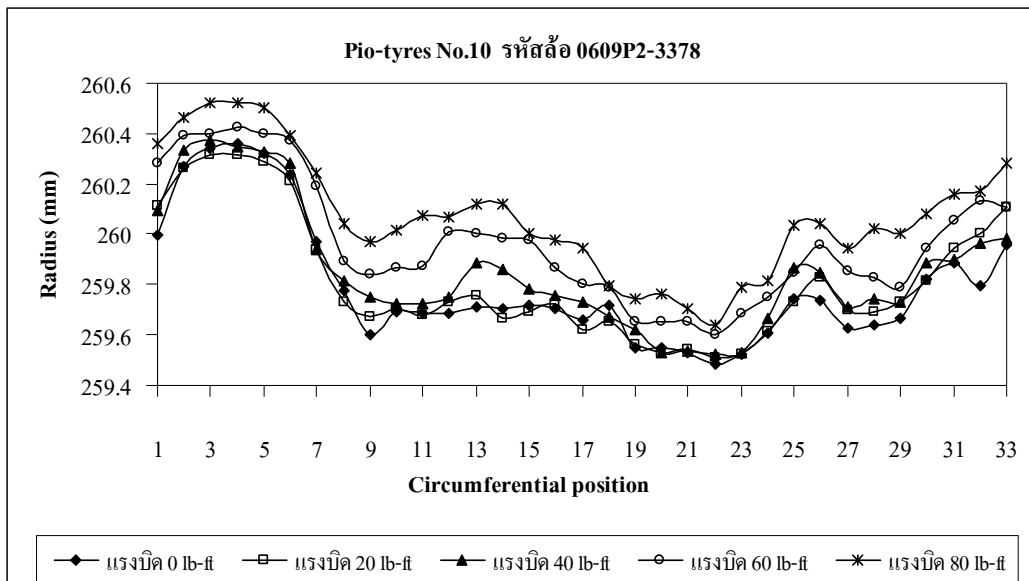
สำหรับตารางที่ 5.10-5.11 เป็นการสรุปค่าต่างๆจากการวัดความกลมของล้อยางต้นที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 4

ตารางที่ 5.10 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 5 ผลิตด้วยวิธีการที่ 4 ที่แรงขันบีบกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.525	259.927	260.174	0.180385
20 ft-lb	260.505	259.943	260.200	0.178559
40 ft-lb	260.518	259.932	260.203	0.177594
60 ft-lb	260.515	260.022	260.247	0.177037
80 ft-lb	260.567	260.105	260.347	0.161708



รูปที่ 5.11 ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 5 ผลิตด้วยวิธีการที่ 4 ที่แรงบีบขึ้น กระดาษล้อต่างๆ



รูปที่ 5.12 ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 10 ผลิตด้วยวิธีการที่ 4 ที่แรงบีบขัน  
กระทะล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.11 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 10 ผลิตด้วยวิธีการที่ 4 ที่แรงขันบีบกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.362	259.484	259.796	0.2515945
20 ft-lb	260.316	259.513	259.816	0.2486969
40 ft-lb	260.372	259.521	259.854	0.2449386
60 ft-lb	260.424	259.604	259.967	0.2415537
80 ft-lb	260.522	259.641	260.071	0.2398876

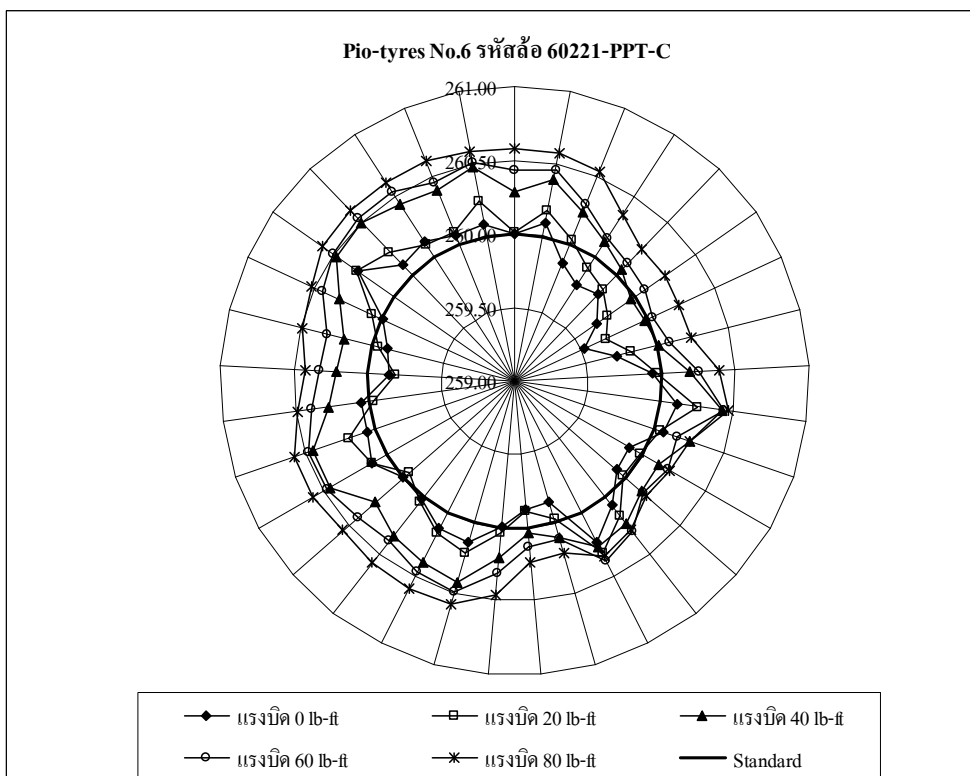
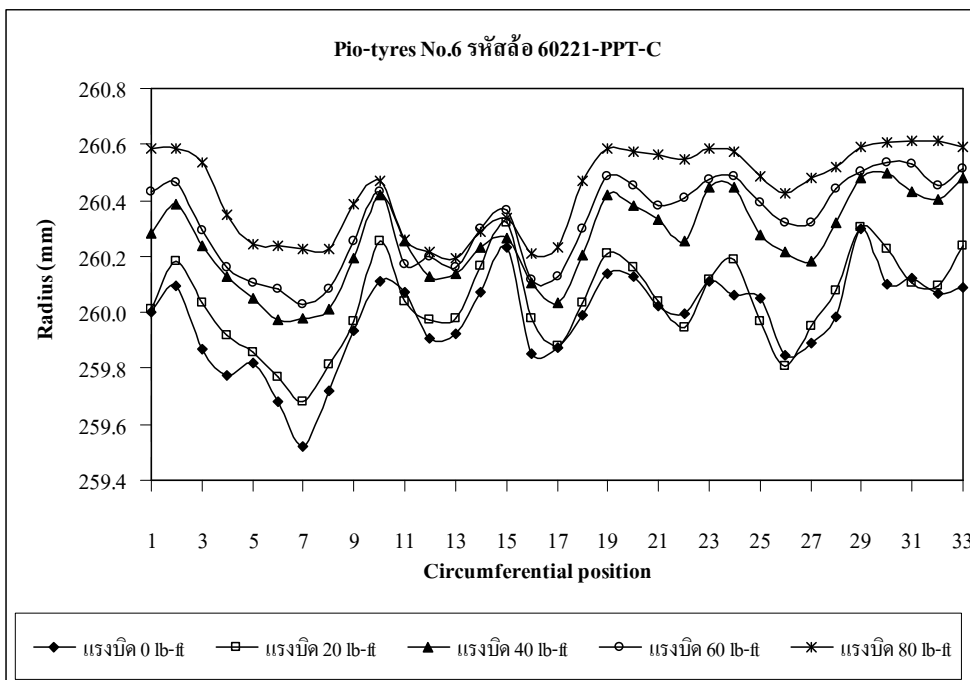
5.2.5 การตรวจสอบความกลมของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 5 (ล้อที่ตั้งใจทำให้มีคุณภาพต่ำ)

รูปที่ 5.13-5.14 เป็นข้อมูลของความกลมในรูปของรัศมีของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 5 ที่จุดต่างๆตามแนวเส้นรอบวงล้อ และแรงขันบีบ (Clamping force) กระทะล้อที่ค่าต่างๆ จำนวน 2 เส้น ตามลำดับ โดยวัดด้วยเครื่องทดสอบความกลมของล้อยางที่ใช้ลูกกลิ้งช่วยวัดตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1.42

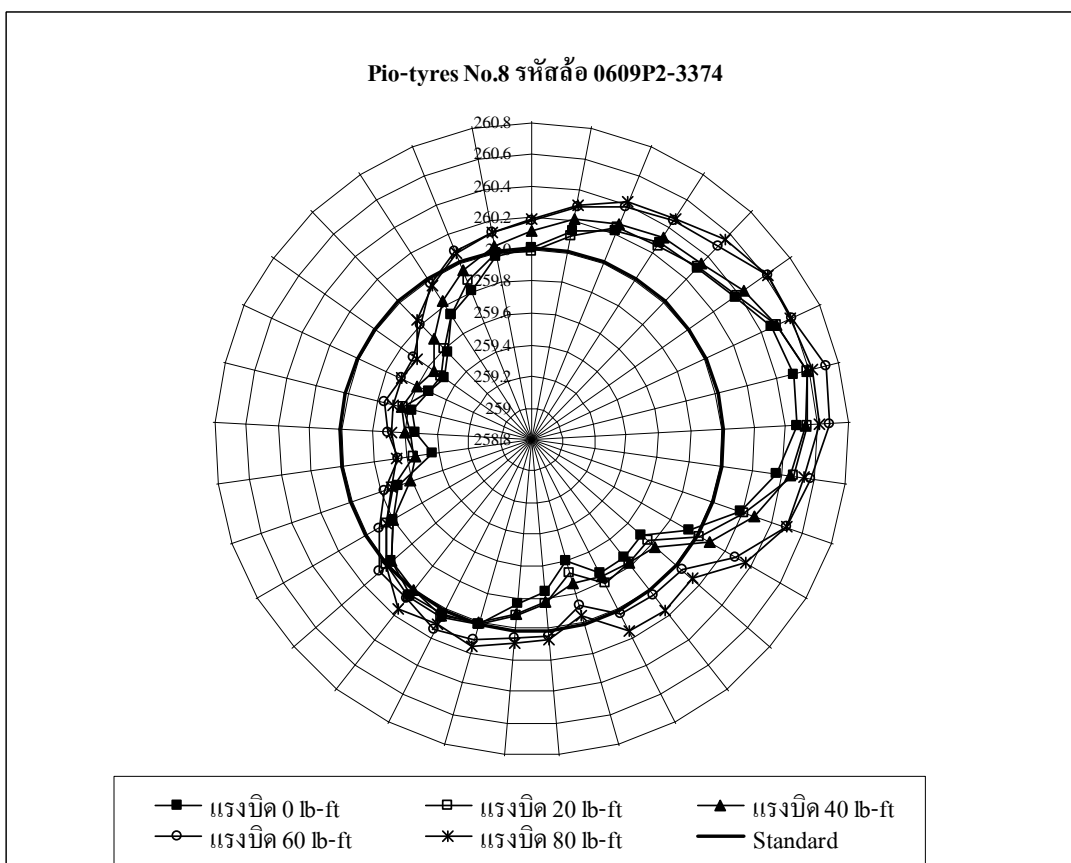
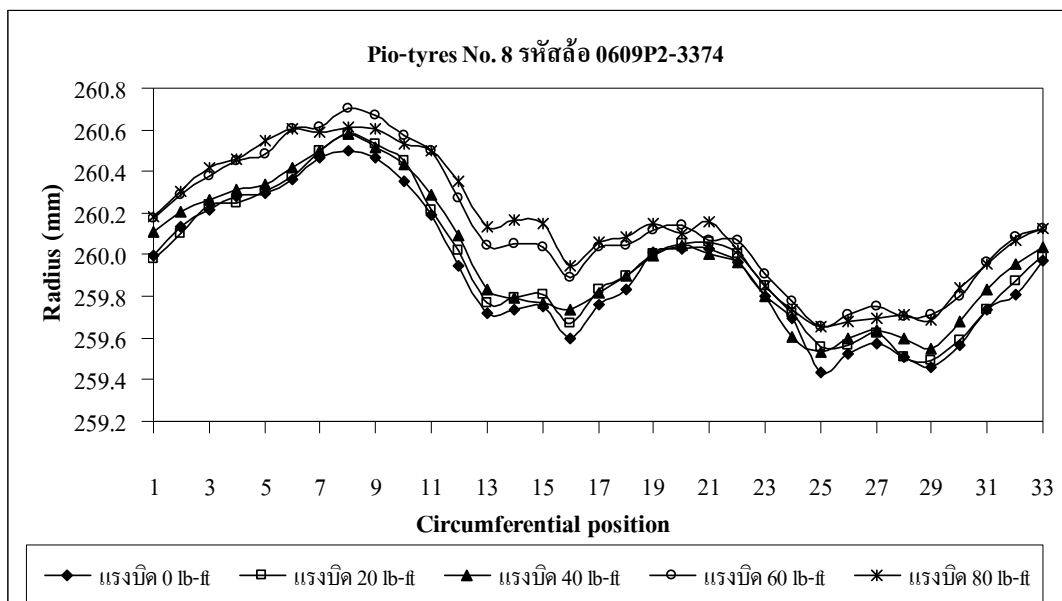
สำหรับตารางที่ 5.12-5.13 เป็นการสรุปค่าต่างๆจากการวัดความกลมของล้อยางต้นที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 5

ตารางที่ 5.12 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 6 ผลิตด้วยวิธีการที่ 5 ที่แรงขันบีบกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.297	259.524	259.981	0.1633646
20 ft-lb	260.32	259.68	260.039	0.1582127
40 ft-lb	260.499	259.972	260.260	0.1555714
60 ft-lb	260.533	260.027	260.326	0.1545206
80 ft-lb	260.614	260.193	260.436	0.1534972



รูปที่ 5.13 ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 6 ผลิตด้วยวิธีการที่ 5 ที่แรงบีบขึ้น กระดาษล้อต่างๆ



รูปที่ 5.14 ความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 8 ผลิตด้วยวิธีการที่ 5 ที่แรงบีบขัน  
กระทะล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.13 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 8 ผลิตด้วยวิธีการที่ 5 ที่แรงขันน๊อตกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.501	259.435	259.931	0.315878
20 ft-lb	260.582	259.494	259.969	0.312111
40 ft-lb	260.585	259.537	259.993	0.310834
60 ft-lb	260.701	259.652	260.133	0.309182
80 ft-lb	260.616	259.655	260.142	0.308058

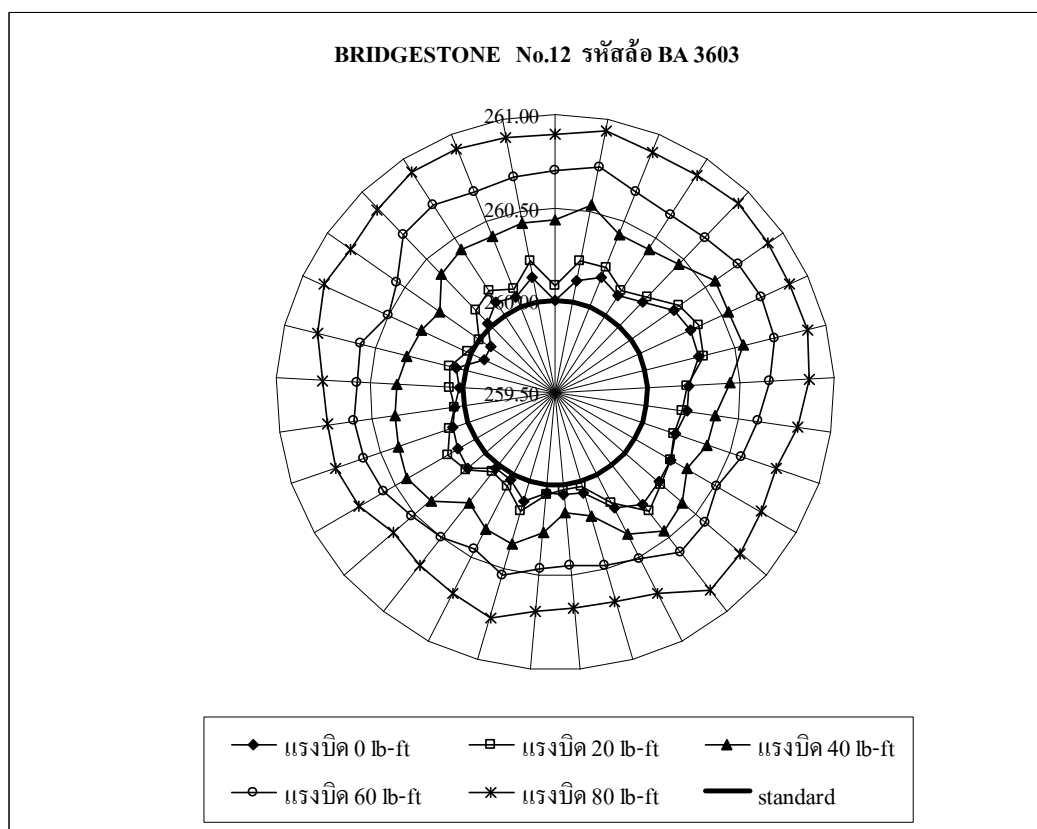
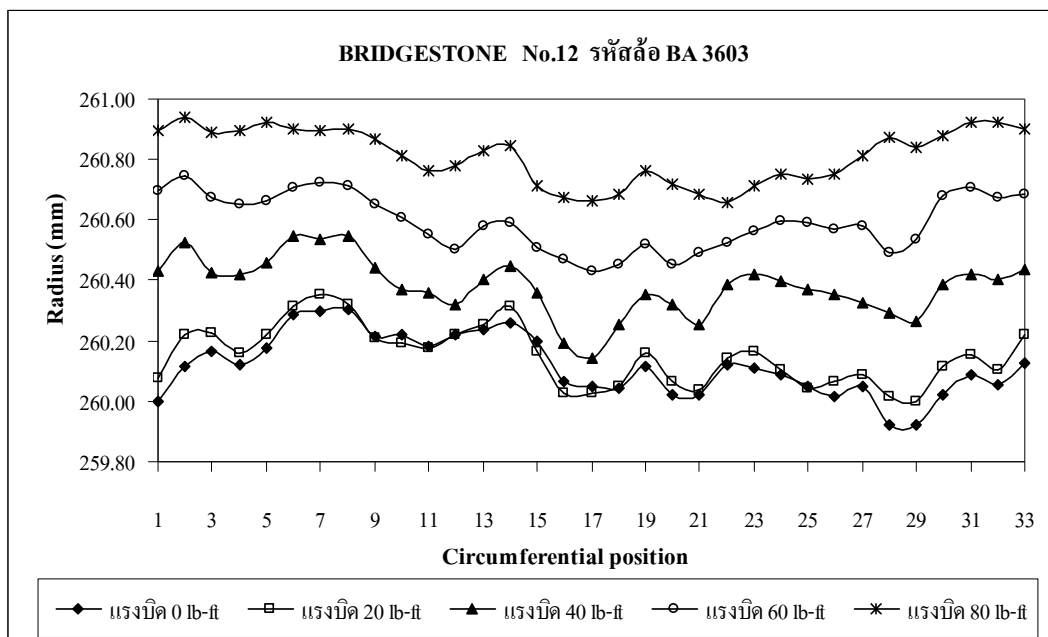
#### 5.2.6 การตรวจสอบความกลมของล้อยางมาตรฐานยี่ห้ออื่นๆ

รูปที่ 5.15-5.26 เป็นข้อมูลของความกลมในรูปของรัศมีของล้อยางมาตรฐานที่จุดต่างๆ ตามแนวเส้นรอบวงล้อ และแรงขันน๊อต (Clamping force) กระทะล้อที่ค่าต่างๆจำนวน 12 เส้นตามลำดับ โดยวัดด้วยเครื่องทดสอบความกลมของล้อยางที่ใช้ลูกกลิ้งช่วยวัดตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1.42

สำหรับตารางที่ 5.14-5.25 เป็นการสรุปค่าต่างๆจากการวัดความกลมของล้อยางต้นที่เป็นกลุ่มล้อยางมาตรฐาน

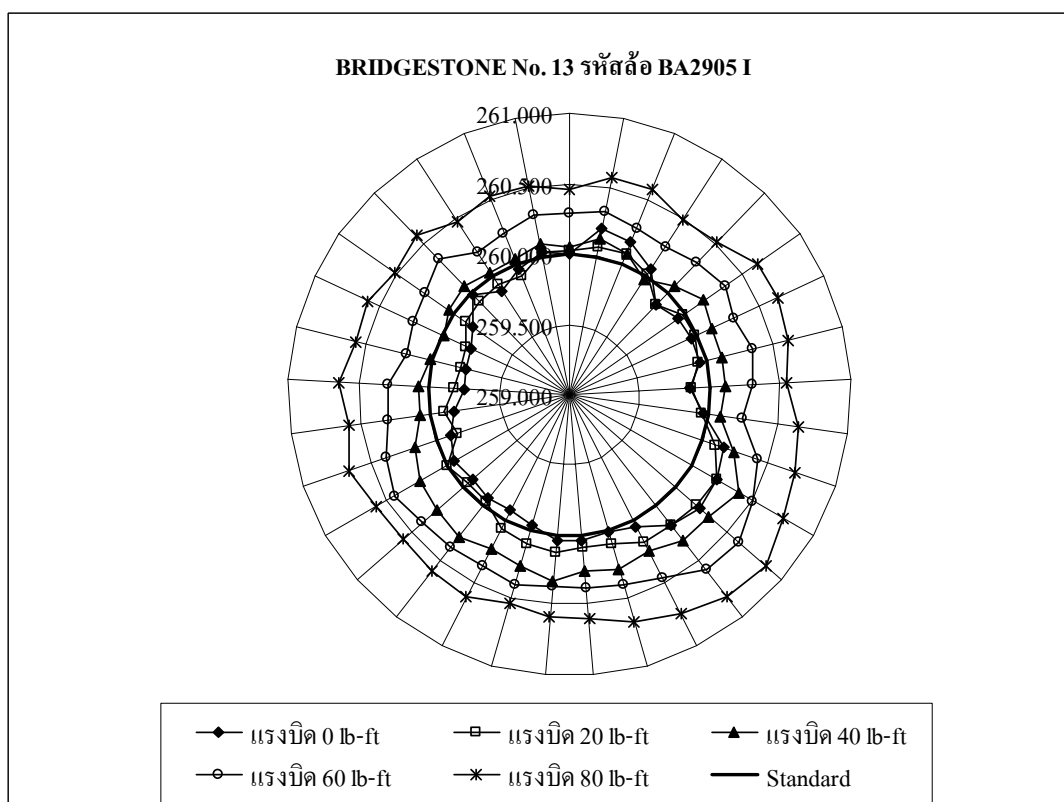
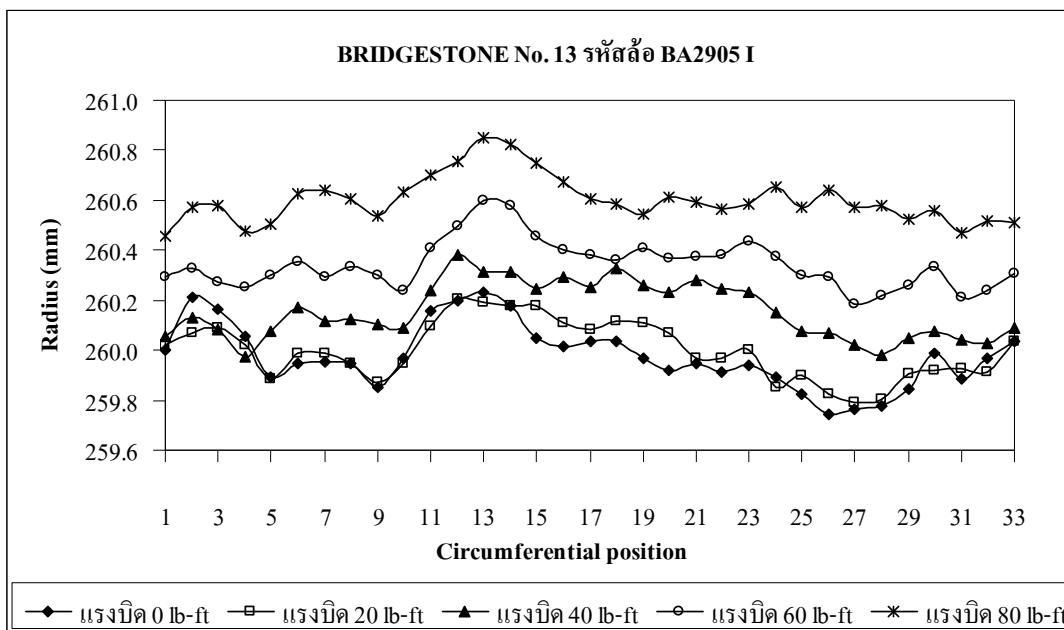
ตารางที่ 5.14 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Bridgestone 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 12 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงขันน๊อตกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.303	259.919	260.11706	0.1021188
20 ft-lb	260.354	259.999	260.15185	0.0967833
40 ft-lb	260.546	260.145	260.13445	0.0939668
60 ft-lb	260.743	260.431	260.59285	0.091287
80 ft-lb	260.939	260.658	260.81164	0.0903717



รูปที่ 5.15 ความกลมของล้อยาง Bridgestone 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 12 เป็นล้อมาตรฐาน ที่แรงบิด  
 ชั้นกระทะล้อต่างๆ

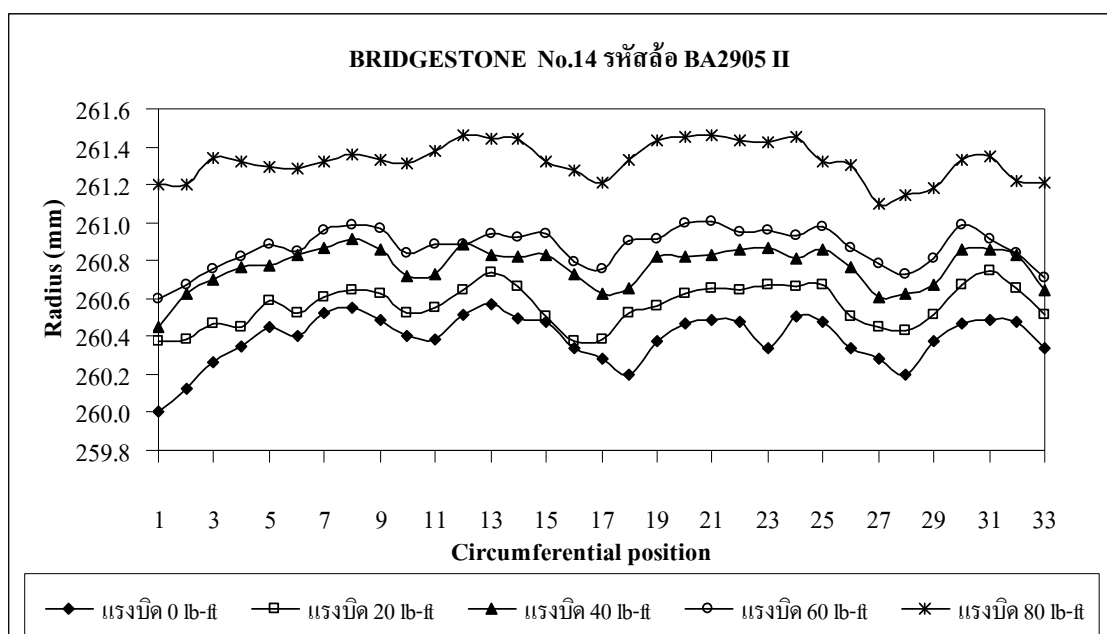




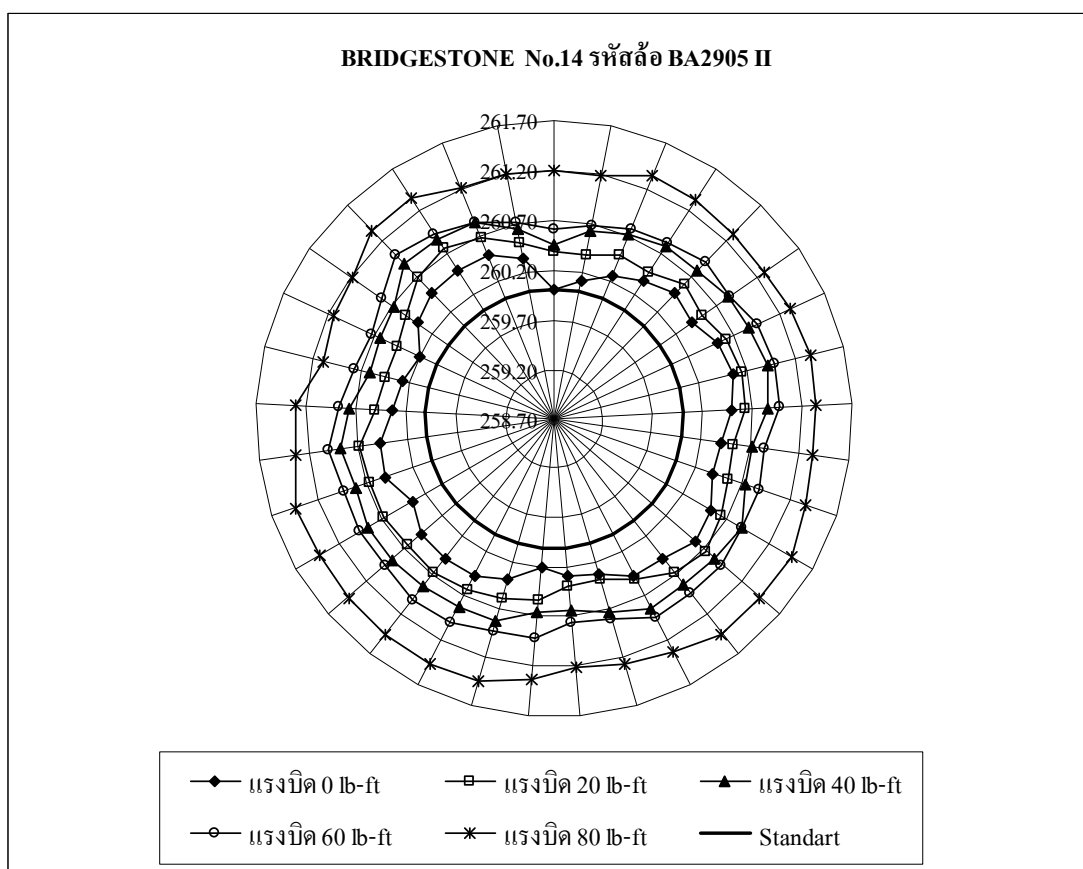
รูปที่ 5.16 ความกลมของล้อยาง Bridgestone 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 13 เป็นล้อมาตรฐาน ที่แรงบีบ  
 ชั้นกระทะล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.15 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Bridgestone 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 13 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.229	259.744	259.978	0.129000
20 ft-lb	260.208	259.793	259.999	0.115487
40 ft-lb	260.384	259.971	260.155	0.111197
60 ft-lb	260.601	260.188	260.344	0.097224
80 ft-lb	260.854	260.453	260.602	0.093544



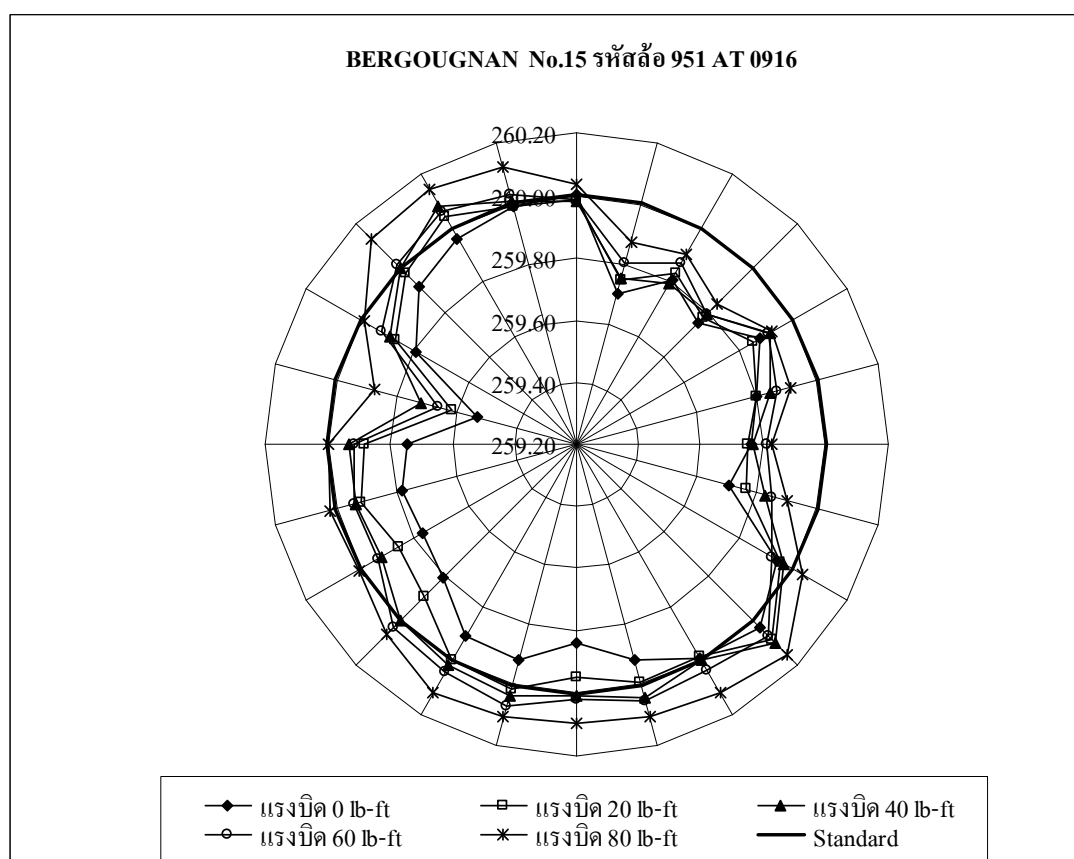
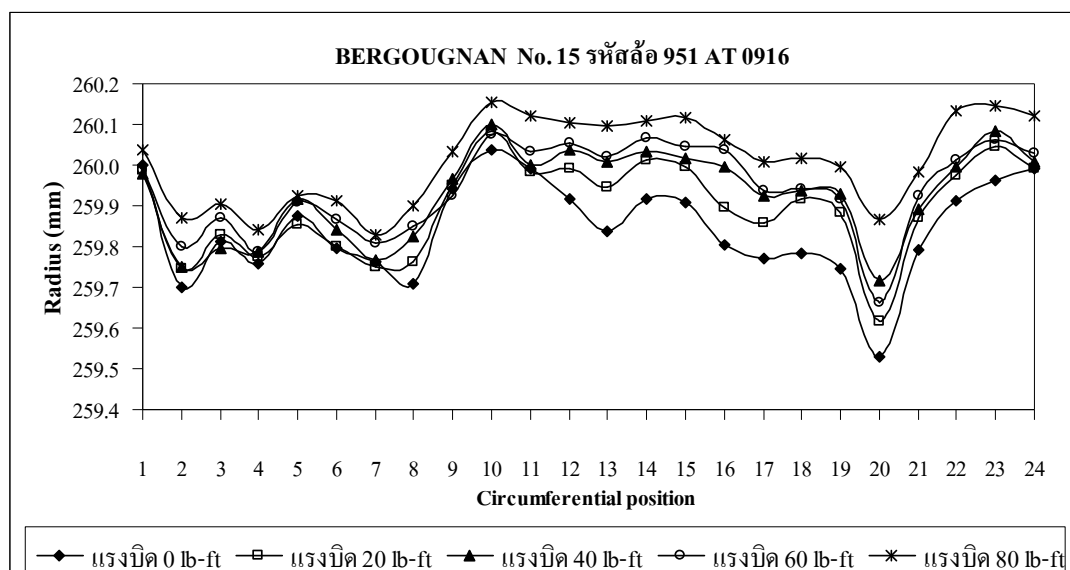
รูปที่ 5.17 ก). ความกลมของล้อยาง Bridgestone 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 14 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ



รูปที่ 5.17 ข). ความกลมของล้อยาง Bridgestone 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 14 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.16 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Bridgestone 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 14 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

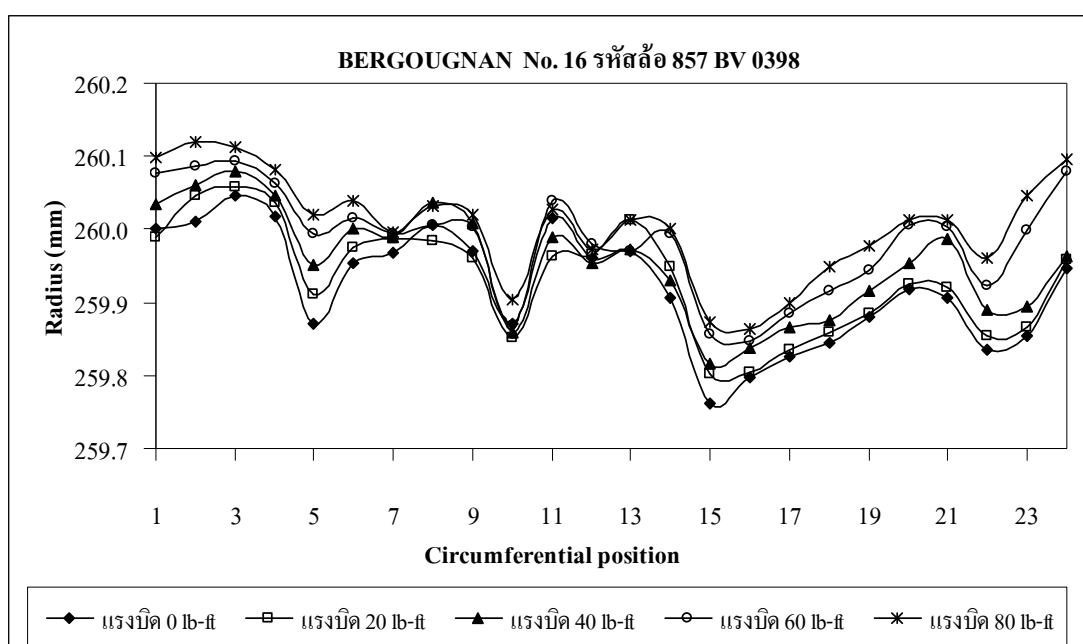
Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.573	260.000	260.391	0.129819
20 ft-lb	260.742	260.376	260.563	0.106996
40 ft-lb	260.918	260.450	260.767	0.106675
60 ft-lb	261.010	260.601	260.870	0.102454
80 ft-lb	261.460	261.100	261.323	0.098580



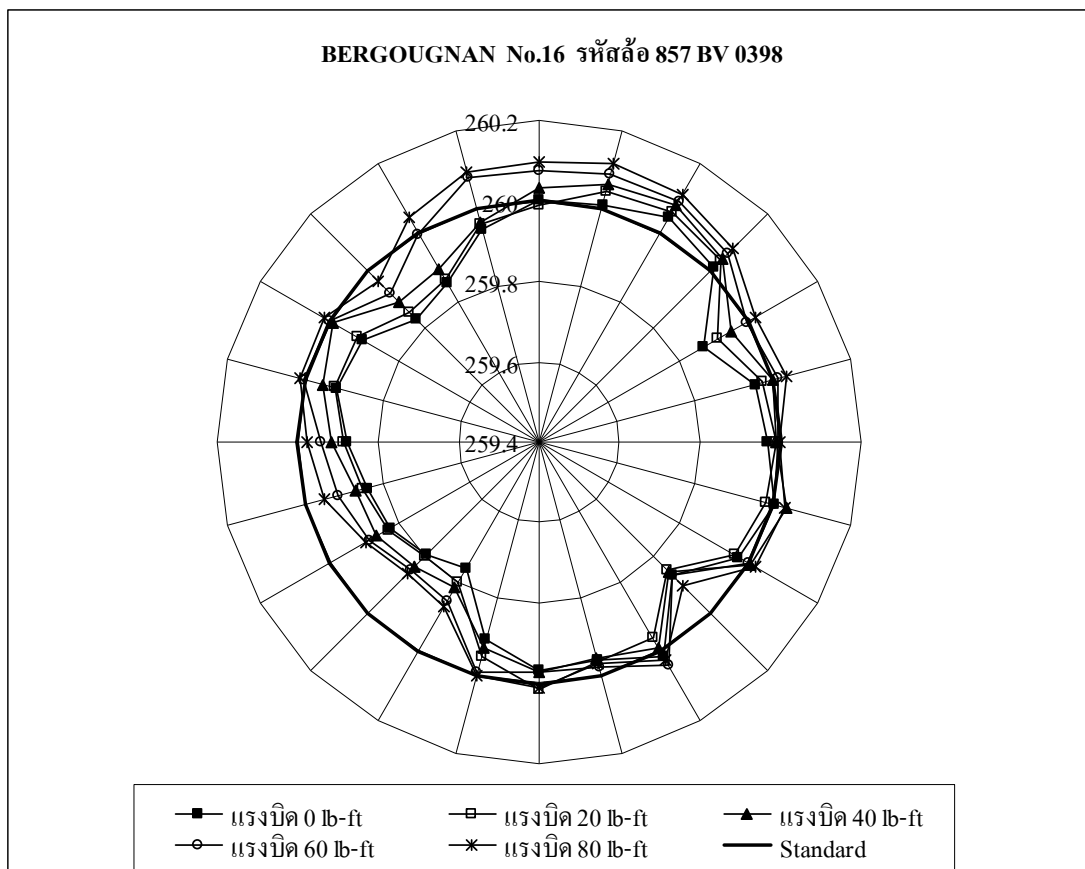
รูปที่ 5.18 ความกลมของล้อยาง Bergougnan 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 15 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบิด  
ชั้นกระทะล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.17 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Bergougnan 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 15 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.037	259.529	259.844	0.119431
20 ft-lb	260.084	259.617	259.896	0.114269
40 ft-lb	260.099	259.717	259.930	0.109668
60 ft-lb	260.073	259.664	259.943	0.107971
80 ft-lb	260.400	259.938	260.011	0.107091



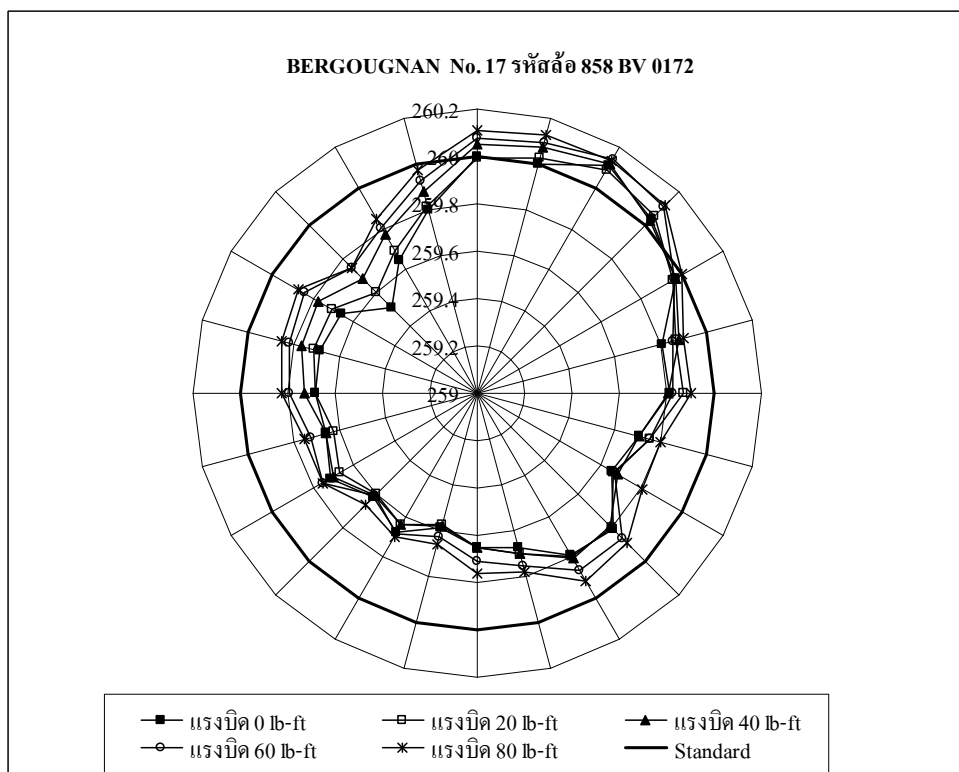
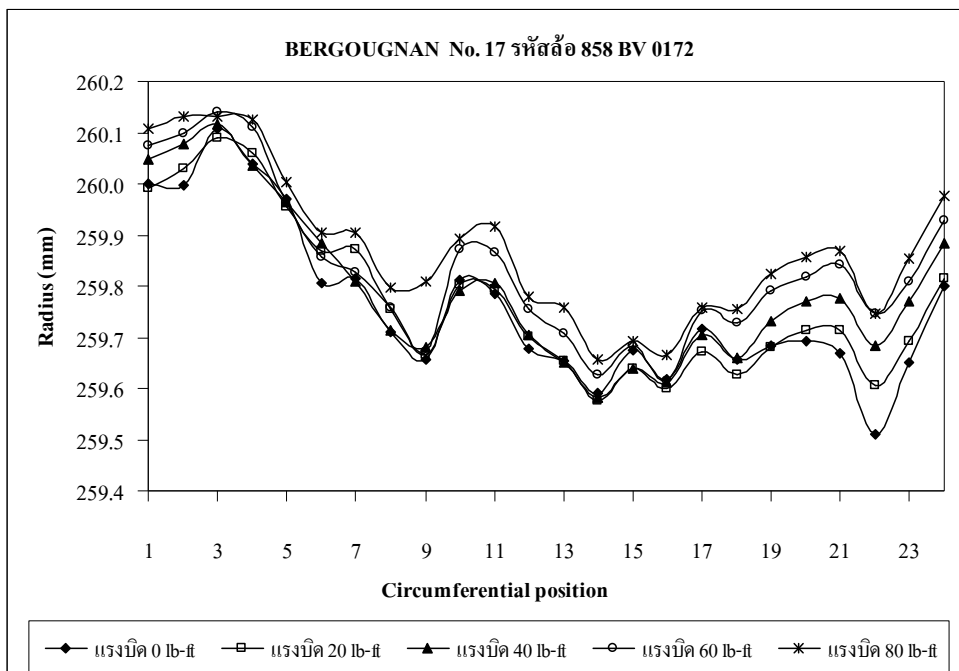
รูปที่ 5.19 ก.) ความกลมของล้อยาง Bergougnan 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 16 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ



รูปที่ 5.19 ข.) ความกลมของล้อยาง Bergougnan 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 16 เป็นล้อมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.18 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Bergougnan 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 16 เป็นล้อมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

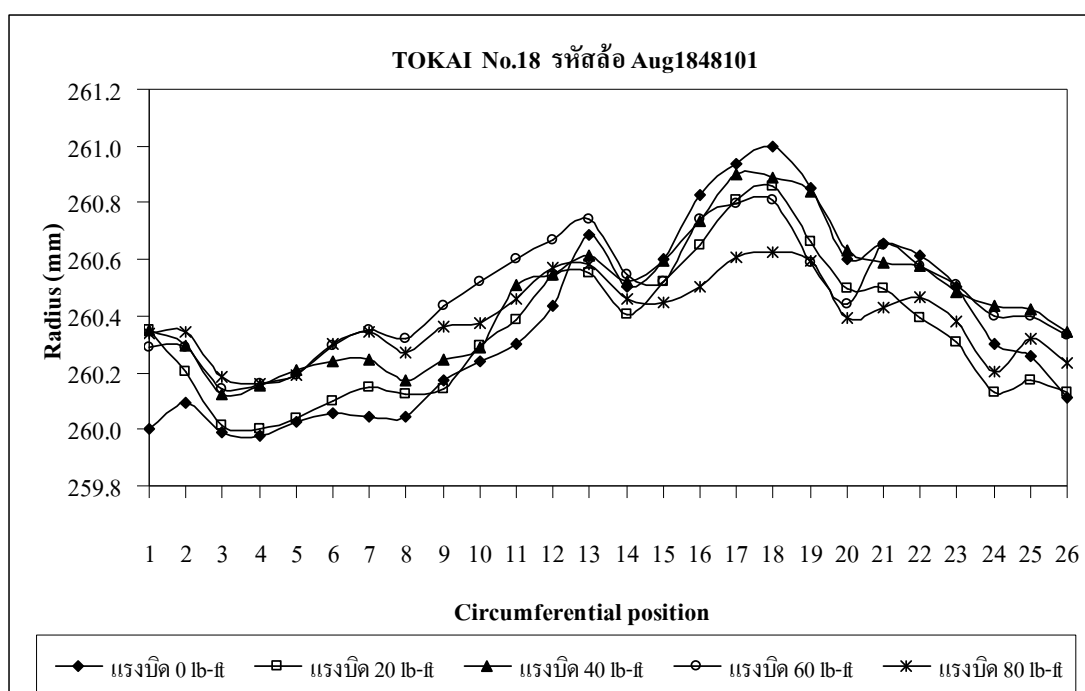
Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.046	259.763	259.922	0.077855
20 ft-lb	260.058	259.802	259.933	0.074790
40 ft-lb	260.079	259.817	259.954	0.073059
60 ft-lb	260.094	259.848	259.985	0.072517
80 ft-lb	260.120	259.864	260.005	0.071448



รูปที่ 5.20 ความกลมของล้อยาง Bergougan 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 17 เป็นล้อมาตรฐาน ที่แรงบิด  
 ชั้นกระทะล้อต่างๆ

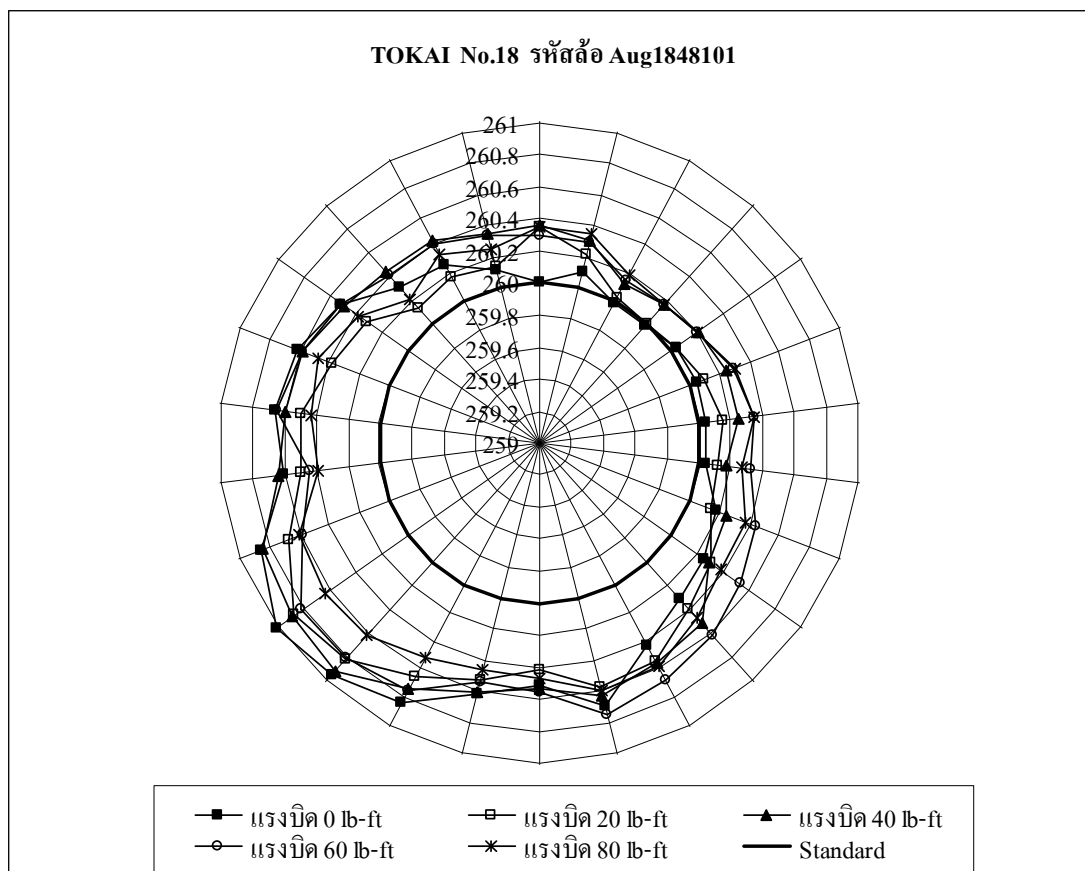
ตารางที่ 5.19 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Bergougnan 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 17 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.108	259.509	259.762	0.156084
20 ft-lb	260.089	259.576	259.774	0.154478
40 ft-lb	260.1155	259.583	259.796	0.154105
60 ft-lb	260.14	259.616	259.835	0.150539
80 ft-lb	260.132	259.657	259.872	0.145097



รูปที่ 5.21 ก.) ความกลมของล้อยาง Tokai 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 18 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

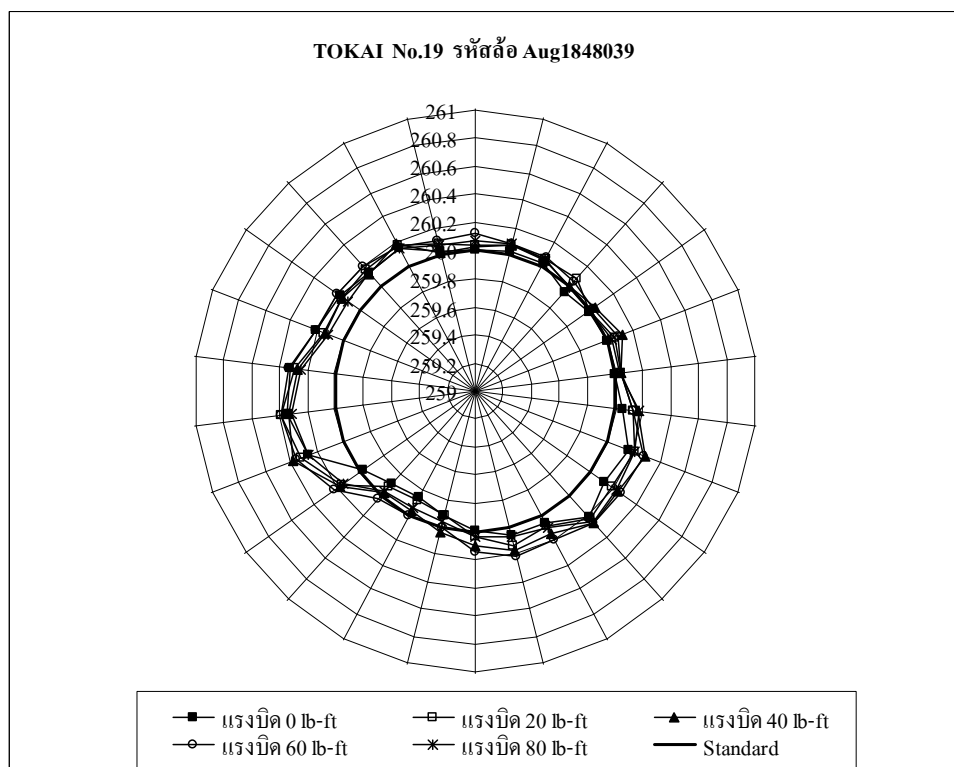
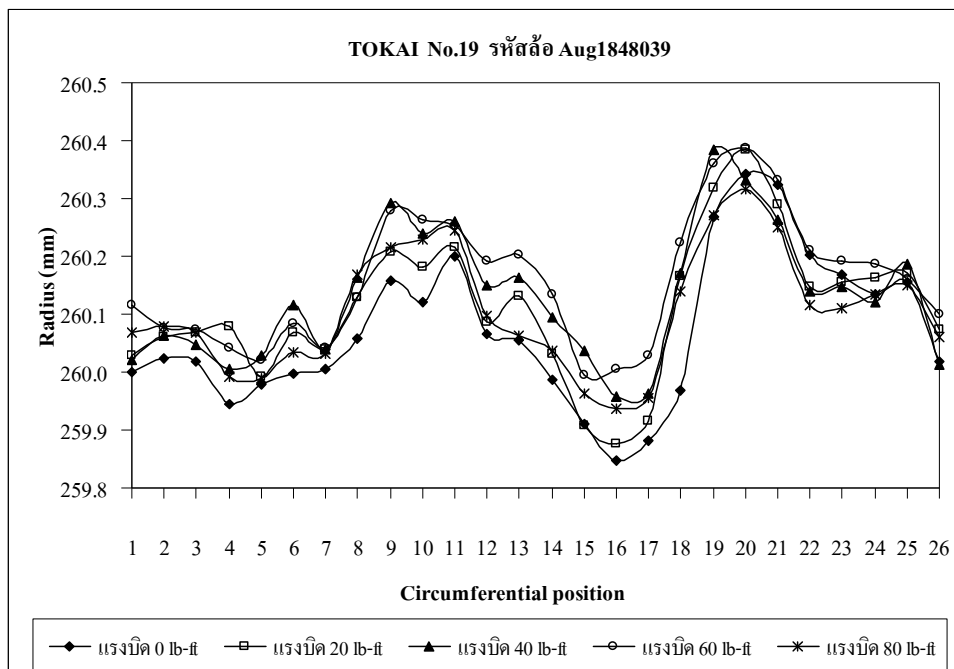




รูปที่ 5.21 ข.) ความกลมของล้อยาง Tokai 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 18 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขัน  
กระทะล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.20 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Tokai 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 18 เป็นล้อยางมาตรฐาน  
ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

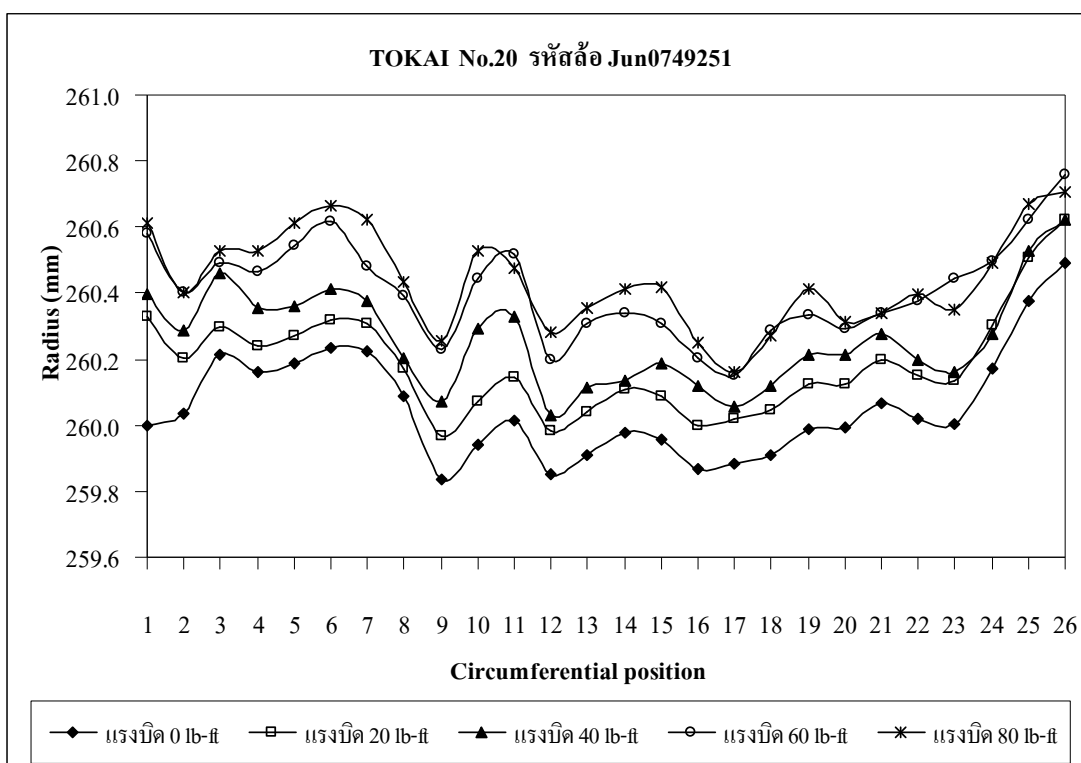
Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.996	259.975	260.378	0.323814
20 ft-lb	260.859	260.002	260.344	0.244647
40 ft-lb	260.901	260.121	260.460	0.226658
60 ft-lb	260.808	260.145	260.473	0.193510
80 ft-lb	260.627	260.160	260.391	0.138444



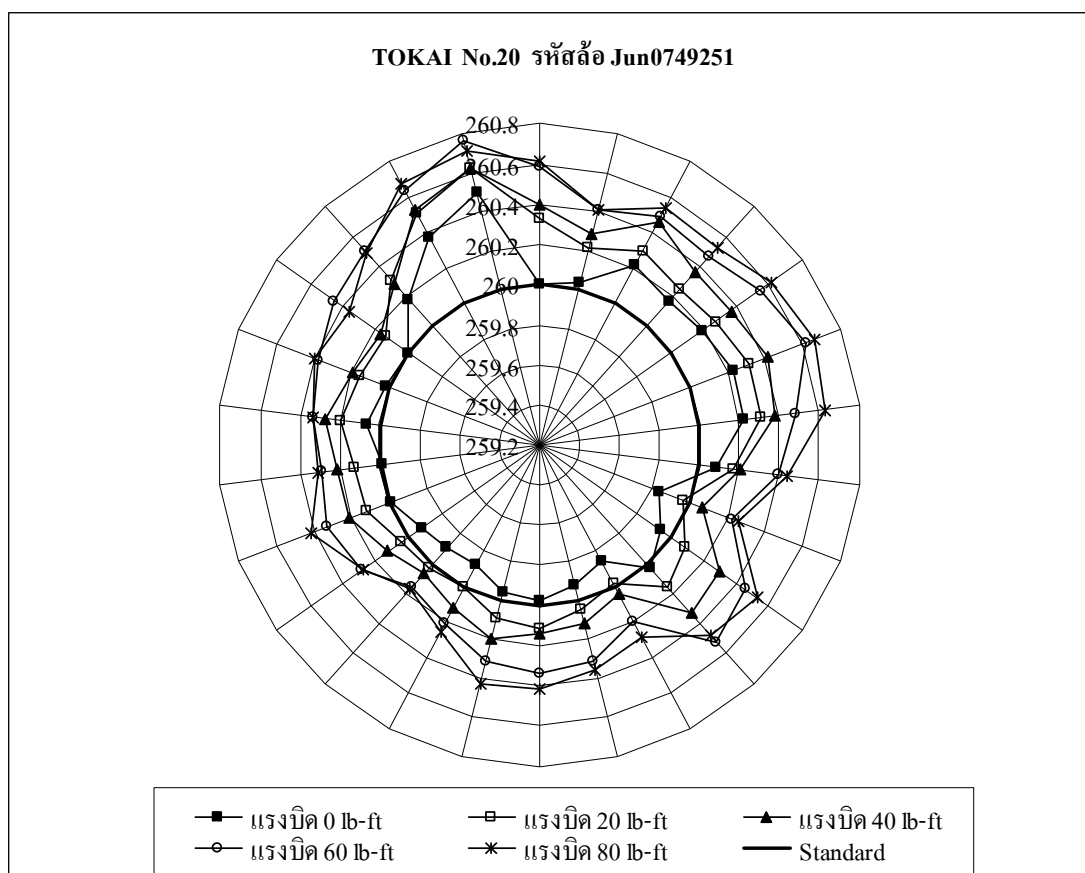
รูปที่ 5.22 ความกลมของล้อ Tokai 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 19 เป็นล้อมาตรฐาน ที่แรงบีบขัน  
 กระทะล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.21 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Tokai 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 19 เป็นล้อยางมาตรฐาน  
ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.343	259.846	260.071	0.12939
20 ft-lb	260.385	259.877	260.111	0.12083
40 ft-lb	260.385	259.958	260.131	0.11412
60 ft-lb	260.386	259.996	260.157	0.11092
80 ft-lb	260.317	259.937	260.105	0.10359



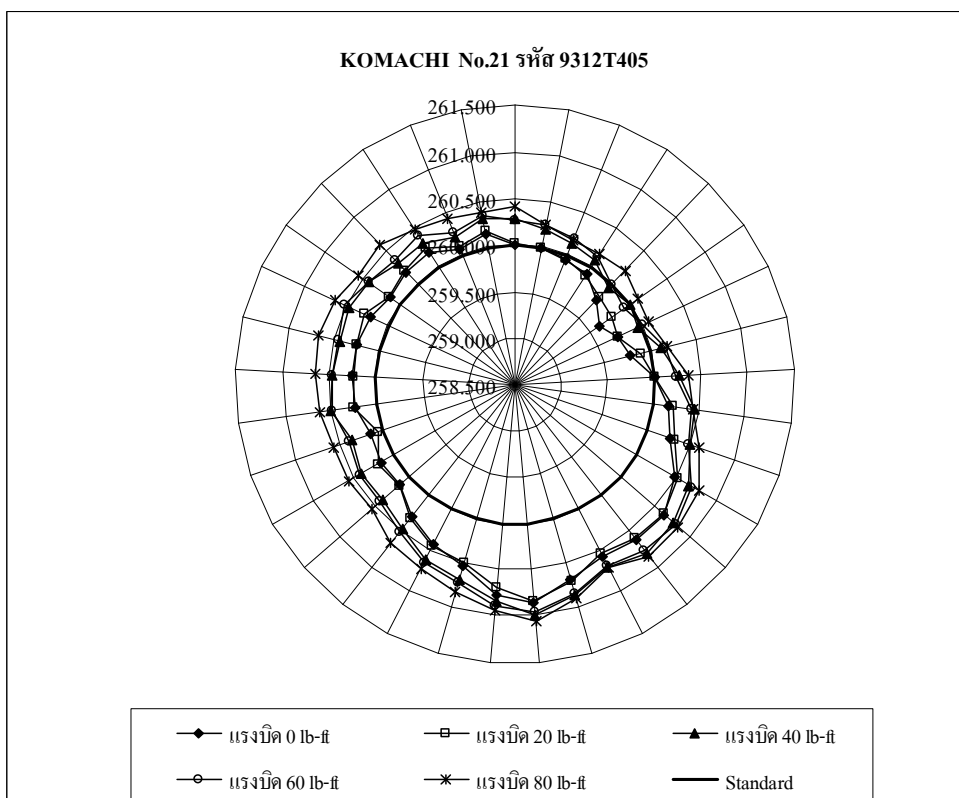
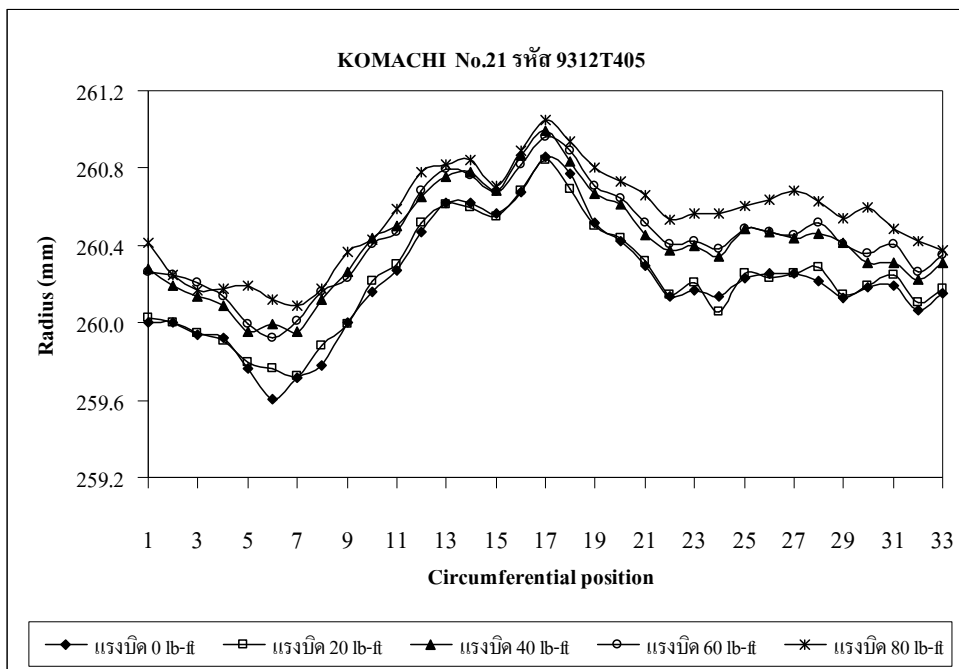
รูปที่ 5.23 ก.) ความกลมของล้อยาง Tokai 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 20 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขัน  
กระทะล้อต่างๆ



รูปที่ 5.23 ข.) ความกลมของล้อยาง Tokai 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 20 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขัน  
กระทะล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.22 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Tokai 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 20 เป็นล้อยางมาตรฐาน  
ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

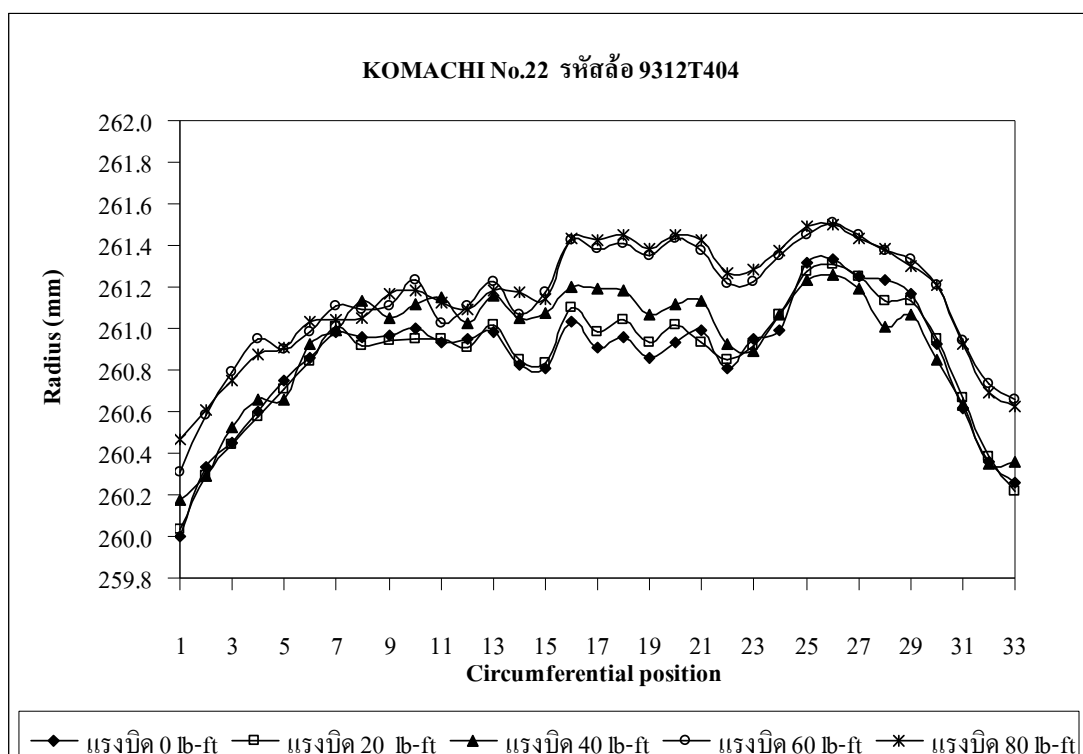
Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.491	259.835	260.054	0.162670
20 ft-lb	260.623	259.967	260.183	0.156950
40 ft-lb	260.623	260.033	260.408	0.148923
60 ft-lb	260.757	260.148	260.408	0.148557
80 ft-lb	260.706	260.161	260.442	0.147402



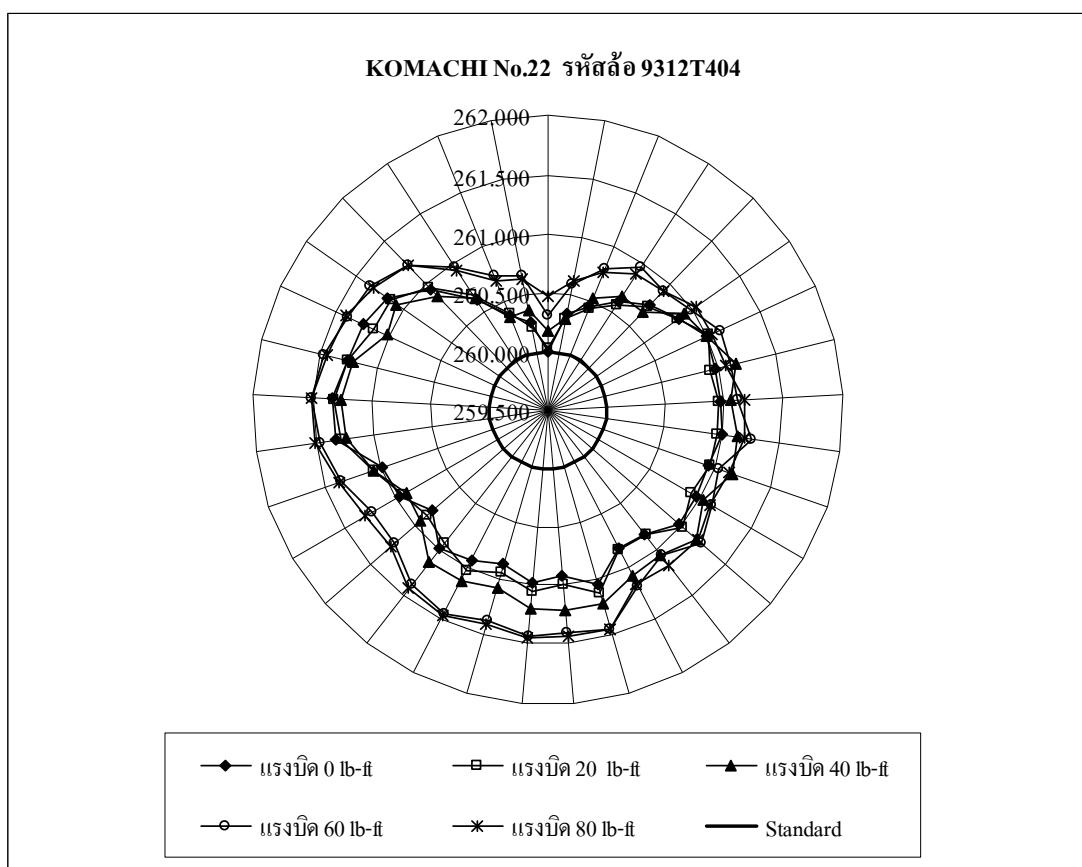
รูปที่ 5.24 ความกลมของล้อยาง Komachi 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 21 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขัน กระดาษล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.23 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Komachi 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 21 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.860	259.604	260.215	0.305460
20 ft-lb	260.840	259.725	260.230	0.284313
40 ft-lb	260.994	259.951	260.418	0.258908
60 ft-lb	260.963	259.926	260.437	0.258908
80 ft-lb	261.050	260.090	260.541	0.253591



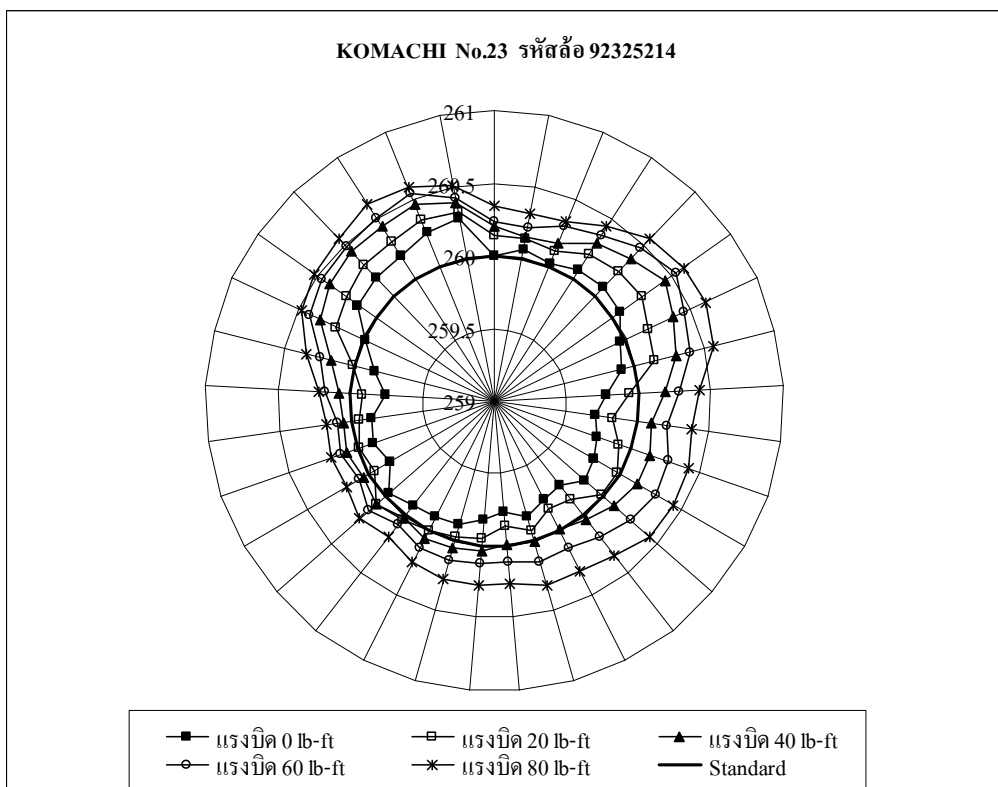
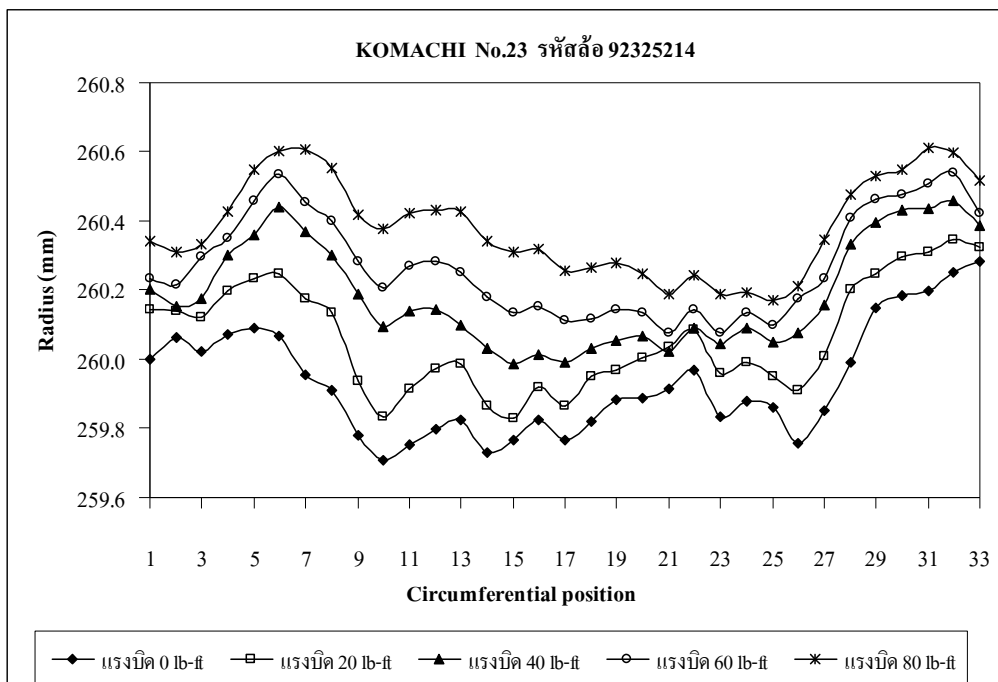
รูปที่ 5.25 ก.) ความกลมของล้อยาง Komachi 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 22 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ



รูปที่ 5.25 ข.) ความกลมของล้อยาง Komachi 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 22 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่แรงบีบ  
ชั้นกระทะล้อต่างๆ

ตารางที่ 5.24 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Komachi 6.00-9 ล้อที่ 22 เป็นล้อยางมาตรฐาน ที่  
แรงบีบชั้นกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	261.334	260.000	260.858	0.3028
20 ft-lb	261.308	260.033	260.931	0.3019
40 ft-lb	261.256	260.172	260.931	0.3008
60 ft-lb	261.506	260.307	261.136	0.2849
80 ft-lb	261.502	260.463	261.146	0.2845



รูปที่ 5.26 ความกลมของล้อยาง Komachi 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 23 เป็นล้อมาตรฐาน ที่แรงบีบขัน กระดาษล้อต่างๆ



ตารางที่ 5.25 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยาง Komachi 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 23 เป็นล้อยาง  
มาตรฐานที่แรงบีบขันกระทะล้อต่างๆ

Clamping Force	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)	SD.
Not-clamping	260.285	259.707	259.934	0.16017
20 ft-lb	260.348	259.830	260.064	0.15532
40 ft-lb	260.461	259.988	260.185	0.15430
60 ft-lb	260.538	260.075	260.272	0.14739
80 ft-lb	260.611	260.173	260.383	0.13944

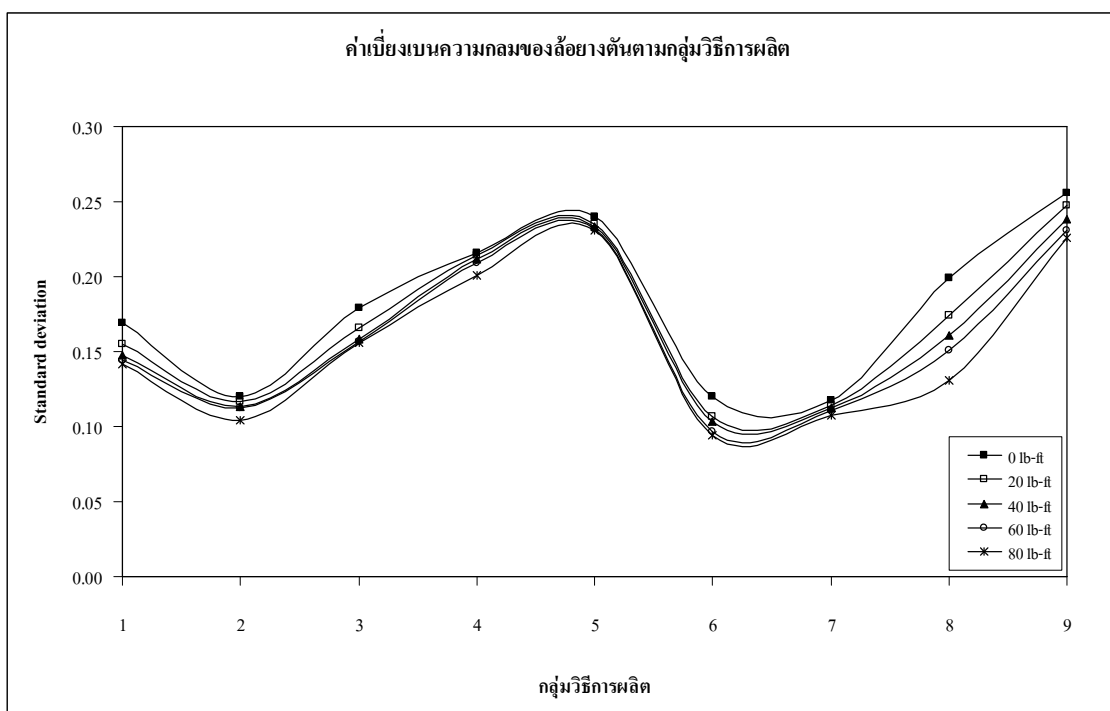
ผลจากการนำค่ารัศมีของล้อยางต้นตามเส้นรอบวงที่แรงขันบีบกระทะล้อต่าง ๆ  
กัน ทั้ง 23 เส้น ที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัยนี้ มาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)  
จะได้ค่า ดังแสดงในตารางที่ 5.26

ตารางที่ 5.26 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของรัศมีล้ออย่างตัน

ยี่ห้อ	รหัสล้อ	No.	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
			0 lb-ft	20 lb-ft	40 lb-ft	60 lb-ft	80 lb-ft
Pio-tyres	47092-PPT-1511	1	0.2266	0.2207	0.2160	0.2138	0.2132
Pio-tyres	48011-PPT2-8	2	0.1768	0.1438	0.1311	0.1284	0.1209
Pio-tyres	48011-PPT2-9	3	0.1102	0.1052	0.0970	0.0920	0.0910
Pio-tyres	60221-PPT-A	4	0.1479	0.1461	0.1455	0.1444	0.1424
Pio-tyres	60221-PPT-B	5	0.1804	0.1786	0.1776	0.1770	0.1617
Pio-tyres	60221-PPT-C	6	0.1634	0.1582	0.1556	0.1545	0.1535
Pio-tyres	49023-PPT2-270	7	0.1140	0.1123	0.1088	0.1075	0.0895
Pio-tyres	0609P2-3374	8	0.3159	0.3121	0.3108	0.3091	0.3081
Pio-tyres	0609P2-3376	9	0.1257	0.1215	0.1184	0.1182	0.1175
Pio-tyres	0609P2-3378	10	0.2516	0.2487	0.2449	0.2416	0.2399
Pio-tyres	0609P2-3380	11	0.2102	0.1858	0.1712	0.1691	0.1687
BRIDGESTONE	BA3603	12	0.1021	0.0968	0.0940	0.0913	0.0904
BRIDGESTONE	BA2905 I	13	0.1290	0.1155	0.1112	0.0972	0.0935
BRIDGESTONE	BA2905 II	14	0.1298	0.1070	0.1067	0.1025	0.0986
BERGOUGNAN	951 AT 0916	15	0.1194	0.1143	0.1097	0.1080	0.1071
BERGOUGNAN	857 BV 0398	16	0.0779	0.0748	0.0731	0.0725	0.0714
BERGOUGNAN	858 BV 0172	17	0.1561	0.1545	0.1541	0.1505	0.1451
TOKAI	AUG1848101	18	0.3238	0.2446	0.2267	0.1935	0.1384
TOKAI	AUG1848039	19	0.1294	0.1208	0.1141	0.1109	0.1036
TOKAI	JUN0749251	20	0.1627	0.1570	0.1489	0.1486	0.1474
KOMACHI	9312T405	21	0.3055	0.2843	0.2589	0.2589	0.2536
KOMACHI	9312T404	22	0.3028	0.3019	0.3008	0.2849	0.2845
KOMACHI	92325214	23	0.1602	0.1553	0.1543	0.1474	0.1394

ตารางที่ 5.27 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของรัศมีล้อยางต้นตามกลุ่มวิธีการผลิต

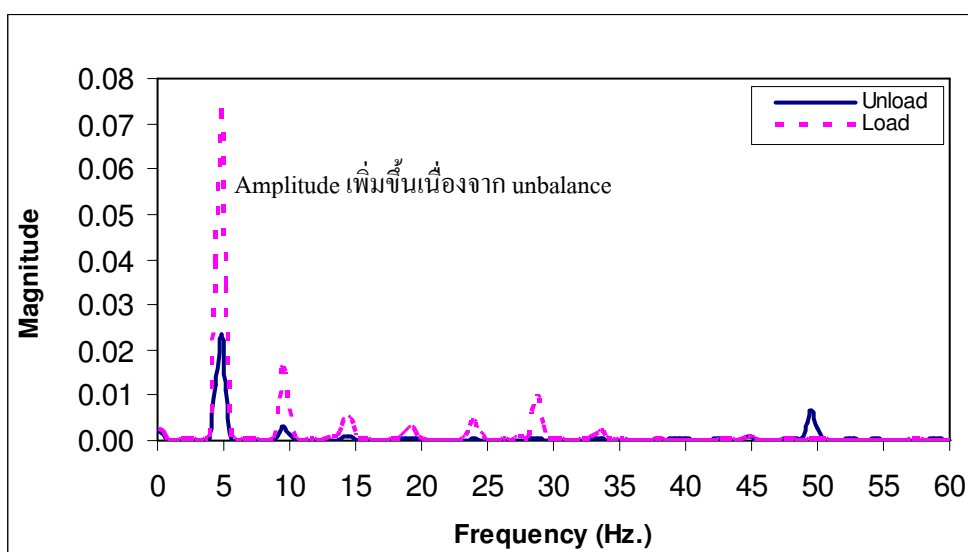
กลุ่ม	วิธีการผลิต	No.ล้อ	0 lb-ft	20 lb-ft	40 lb-ft	60 lb-ft	80 lb-ft
1	เครื่องม้วนเก่า	1,2,3	0.1693	0.1547	0.1473	0.1445	0.1416
2	เครื่องม้วนใหม่	7,9	0.1200	0.1166	0.1134	0.1128	0.1038
3	เครื่องม้วนใหม่+pre-form	4,11	0.1790	0.1661	0.1582	0.1567	0.1557
4	เครื่องม้วนใหม่+pre-cure	5,10	0.2162	0.2138	0.2113	0.2095	0.2009
5	ผลิตให้ไม่สมดุล	6,8	0.2397	0.2351	0.2333	0.2318	0.2307
6	ล้อมาตรฐาน(Bridgestone)	12,13,14	0.1203	0.1065	0.1037	0.0967	0.0945
7	ล้อมาตรฐาน (Bergougnan)	15,16,17	0.1177	0.1143	0.1123	0.1107	0.1077
8	ล้อมาตรฐาน(Tokai)	18,19,20	0.1993	0.1741	0.1605	0.1510	0.1307
9	ล้อมาตรฐาน(Komachi)	21,22,23	0.2560	0.2471	0.2381	0.2305	0.2258



รูปที่ 5.27 ค่าเบี่ยงเบนความกลมของล้อยางต้นที่แรงขับบีบกระทะล้อต่างกันแบ่งตามกลุ่มผลิต

### 5.3 ผลการตรวจสอบสมดุลแรงเหวี่ยงรอบแกนหมุนของล้อยางตันในรูปการสั่นสะเทือน

จากการศึกษาความสมดุลแรงเหวี่ยงรอบแกนหมุนของล้อยางตันโดยตรวจวัดการเคลื่อนที่แกว่งของเครื่องทดสอบสมดุลแรงเหวี่ยงรอบแกนหมุน เมื่อนำค่าการสั่นสะเทือนในรูปของการเคลื่อนที่ของแกนเพลามาแสดงบนโดเมนความถี่ ในขณะที่ไม่มีล้อยางตันประกอบกับเครื่องทดสอบ (base line) และเมื่อมีล้อยางตัน ประกอบเข้ากับเครื่องทดสอบ มาแสดงผลรวมกัน สามารถเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 5.28 จะเห็นว่าค่าของการสั่นสะเทือนจะมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่ความถี่ 4.8 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ของระบบ และเกิดขึ้นที่หนึ่งเท่าของความเร็วรอบของการหมุน (1 x RPM) ค่าการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นนี้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเกิดจากการหมุนที่ไม่สมดุล [20, 21] อันอาจเป็นสาเหตุมาจากมวลของล้อยางตันกระจายไม่สม่ำเสมอ พื้นที่หน้าตัดของยางชั้นในไม่คงรูป ไม่สมมาตรรอบแกนหมุน สาเหตุเกิดขึ้นมาจากกระบวนการผลิต ซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนของการม้วนขึ้นรูปล้อยางชั้นในและชั้นนอกก่อนการอบล้อยาง รวมถึงการที่ไม่สามารถควบคุมให้ยางชั้นในมีความคงรูปและสมมาตรได้ในขณะทำการอบล้อยางตัน ส่วนค่าการสั่นสะเทือนที่ความถี่อื่นๆ เกิดขึ้นน้อย



รูปที่ 5.28 แสดงค่าสั่นสะเทือนของแกนเพลของเครื่องทดสอบขณะไม่มีภาระและมีภาระบนโดเมนความถี่

### 5.3.1 การตรวจสอบสมมูลแรงเหวี่ยงของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 1 (ใช้เครื่องมือยางแบบเก่า)

สำหรับผลการตรวจสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 1 ซึ่งมีทั้งหมด 3 เส้นสามารถแสดงค่า การเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั้นสะเทือน ดังแสดงในตารางที่ 5.28 – 5.30 นำค่าการเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั้นสะเทือนทั้งในแนวนอน และแนวตั้ง มาหาการกระจัด (Displacement) โดยแทนค่าในสมการ (5.1) ค่าการกระจัด (Displacement) คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$S = \sqrt{(S_x^2 + S_y^2)} \quad (5.1)$$

เมื่อ	$S$	การกระจัดของแกนเพลลา
	$S_x$	ระยะการเคลื่อนที่ของแกนเพลลาในแนวนอน
	$S_y$	ระยะการเคลื่อนที่ของแกนเพลลาในแนวตั้ง

นำค่าการเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั้นสะเทือนมาแทนค่าในสมการ 5.1 จะได้ระยะการกระจัดของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบ (S) ดังแสดงในตารางที่ 5.28-5.30

ตารางที่ 5.28 แสดงผลการทดสอบสมดุการแรงเหวี่ยงของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 1  
เป็นล้อ ยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 1

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.296072	0.185842	0.349565
	2	0.288786	0.185308	0.343127
	3	0.288500	0.184106	0.342239
	4	0.284418	0.182351	0.337854
	5	0.280584	0.189523	0.338595
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.278314	0.200109	0.342786
	2	0.286039	0.197668	0.347694
	3	0.278219	0.198449	0.341742
	4	0.286535	0.194539	0.346335
	5	0.282758	0.199327	0.345953
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.285009	0.196542	0.346207
	2	0.287050	0.192937	0.345865
	3	0.281938	0.190458	0.340240
	4	0.279058	0.195512	0.340732
	5	0.280946	0.190133	0.339237
<b>Max</b>		0.296072	0.200109	0.349565
<b>Min</b>		0.278219	0.182351	0.337854
<b>Average</b>		0.284282	0.192187	0.343211

ตารางที่ 5.29 แสดงผลการทดสอบสมดุการแรงเหวี่ยงของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 2 เป็นล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 1

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.240795	0.200571	0.313386
	2	0.237458	0.210353	0.317229
	3	0.238792	0.209456	0.317637
	4	0.240624	0.213786	0.321876
	5	0.236408	0.213118	0.318290
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.243752	0.213080	0.323756
	2	0.239136	0.212794	0.320105
	3	0.242054	0.209132	0.319885
	4	0.234043	0.208588	0.313505
	5	0.238926	0.210620	0.318507
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.292200	0.279020	0.404021
	2	0.292181	0.273126	0.399959
	3	0.285925	0.273412	0.395610
	4	0.292468	0.275606	0.401866
	5	0.287966	0.279230	0.401116
<b>Max</b>		0.292468	0.279230	0.404021
<b>Min</b>		0.234043	0.200571	0.313386
<b>Average</b>		0.256182	0.232126	0.345783

ตารางที่ 5.30 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 3 เป็นล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 1

เครื่องที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.2353776	0.1863759	0.3002309
	2	0.2389829	0.1863759	0.3030657
	3	0.24007	0.1878441	0.3048262
	4	0.2455441	0.1853647	0.3076556
	5	0.23801	0.1843729	0.3010683
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.2376282	0.1846206	0.3009185
	2	0.2348053	0.1867188	0.2999957
	3	0.24934	0.1907247	0.3139209
	4	0.2404706	0.1852312	0.3035403
	5	0.2367129	0.1851547	0.300525
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.2406424	0.1922888	0.308032
	2	0.2492447	0.1943871	0.3160842
	3	0.2431218	0.1904194	0.3088167
	4	0.2483865	0.1905718	0.313071
	5	0.2450676	0.1895418	0.3098132
<b>Max</b>		0.24934	0.194387	0.316084
<b>Min</b>		0.234805	0.184373	0.299996
<b>Average</b>		0.24156	0.187999	0.306104

### 5.3.2 การตรวจสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 2 (ใช้เครื่องมือยางแบบใหม่)

สำหรับผลการตรวจสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 2 ซึ่งมีทั้งหมด 2 เส้น สามารถแสดงค่า การเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั่นสะเทือน ดังแสดง



ในตารางที่ 5.31 – 5.32 นำค่าการเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั่นสะเทือนทั้งในแนวนอน และแนวตั้ง มาหาการกระจัด (Displacement) โดยแทนค่าในสมการ (5.1) จะได้ระยะการกระจัดของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 5.31-5.32

ตารางที่ 5.31 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 7 เป็นล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 2

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.2705135	0.1391482	0.3042036
	2	0.2654018	0.1294200	0.2952755
	3	0.2741000	0.1314035	0.3039699
	4	0.2737947	0.1516418	0.3129837
	5	0.2730506	0.1328153	0.3036388
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.2753588	0.1302594	0.3046145
	2	0.2705524	0.1299735	0.3001528
	3	0.2722500	0.1263682	0.3001483
	4	0.2679582	0.1248806	0.2956295
	5	0.2759500	0.1323194	0.3060340
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.2784488	0.1325865	0.3084038
	2	0.2700371	0.1238506	0.2970841
	3	0.2779724	0.1235265	0.3041832
	4	0.2785065	0.1295729	0.3071726
	5	0.2865371	0.1283900	0.3139864
<b>Max</b>		0.2865371	0.1516418	0.3139864
<b>Min</b>		0.2654018	0.1235265	0.2952755
<b>Average</b>		0.2740288	0.1310771	0.3038320

ตารางที่ 5.32 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 9 เป็นล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 2

เครื่องที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.2239712	0.1541588	0.2718971
	2	0.2301129	0.1472729	0.2732056
	3	0.2265824	0.1582788	0.2763906
	4	0.2303229	0.1500388	0.2748823
	5	0.2314676	0.1512218	0.2764874
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.2417106	0.1878824	0.3061434
	2	0.2362935	0.1865665	0.3010676
	3	0.2452012	0.1811871	0.3048809
	4	0.2408329	0.1813206	0.3014592
	5	0.2354159	0.1791271	0.2958161
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.2250582	0.1793565	0.2877846
	2	0.2309335	0.1799282	0.2927532
	3	0.2283394	0.1830182	0.2926338
	4	0.2376859	0.1833235	0.3001701
	5	0.2290829	0.17949	0.2910252
<b>Max</b>		0.245201	0.187882	0.306143
<b>Min</b>		0.223971	0.147273	0.271897
<b>Average</b>		0.232867	0.172145	0.289773

### 5.3.3 การตรวจสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 3 (ใช้เครื่องมือยางแบบใหม่+ฟรีฟอร์ม)

สำหรับผลการตรวจสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 3 ซึ่งมีทั้งหมด 2 เส้น สามารถแสดงค่าการเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั่นสะเทือน ดังแสดง

ในตารางที่ 5.33 – 5.34 นำค่าการเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั่นสะเทือนทั้งในแนวนอน และแนวตั้ง มาหาการกระจัด (Displacement) โดยแทนค่าในสมการ (5.1) จะได้ระยะการกระจัดของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบดังแสดงในตารางที่ 5.33 - 5.34

ตารางที่ 5.33 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 ล้อที่ 4 ที่เป็นล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 3

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.249340	0.203905	0.322099
	2	0.253308	0.207415	0.327392
	3	0.255044	0.205450	0.327501
	4	0.250179	0.203028	0.322196
	5	0.247395	0.202341	0.319603
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.232631	0.187939	0.299063
	2	0.237094	0.181378	0.298516
	3	0.230895	0.182389	0.294242
	4	0.243160	0.181016	0.303139
	5	0.238258	0.182923	0.300379
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.260594	0.246269	0.358549
	2	0.261014	0.246689	0.359143
	3	0.261147	0.249512	0.361184
	4	0.272039	0.241844	0.363996
	5	0.267232	0.249474	0.365582
<b>Max</b>		0.272039	0.249512	0.365582
<b>Min</b>		0.230895	0.181016	0.294242
<b>Average</b>		0.250622	0.211438	0.328172

ตารางที่ 5.34 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 11 เป็นล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 3

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.201273	0.156829	0.255159
	2	0.205755	0.158928	0.259987
	3	0.200625	0.156391	0.254379
	4	0.202723	0.156467	0.256083
	5	0.200568	0.156047	0.254122
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.189315	0.139015	0.234873
	2	0.189772	0.136001	0.233473
	3	0.189105	0.135276	0.232509
	4	0.194007	0.135562	0.236677
	5	0.196468	0.134647	0.238179
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.189143	0.142945	0.237083
	2	0.192920	0.136249	0.236182
	3	0.200931	0.137909	0.243705
	4	0.201179	0.138691	0.244353
	5	0.195304	0.137394	0.238790
<b>Max</b>		0.205755	0.158928	0.259987
<b>Min</b>		0.189105	0.134647	0.232509
<b>Average</b>		0.196606	0.143890	0.243704

#### 5.3.4 การตรวจสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 4 (ใช้เครื่องมือยางใหม่+ฟรีเคียว)

สำหรับผลการตรวจสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 4 ซึ่งมีทั้งหมด 2 เส้น สามารถแสดงค่า การเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั่นสะเทือน ดังแสดง

ในตารางที่ 5.35 – 5.36 นำค่าการเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั่นสะเทือนทั้งในแนวนอน และแนวตั้ง มาหาการกระจัด (Displacement) โดยแทนค่าในสมการ (5.1) จะได้ระยะการกระจัดของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 5.35 – 5.36

ตารางที่ 5.35 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 5 ที่เป็นล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 4

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.249340	0.203905	0.322099
	2	0.253308	0.207415	0.327392
	3	0.255044	0.205450	0.327501
	4	0.250179	0.203028	0.322196
	5	0.247395	0.202341	0.319603
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.232631	0.187939	0.299063
	2	0.237094	0.181378	0.298516
	3	0.230895	0.182389	0.294242
	4	0.243160	0.181016	0.303139
	5	0.238258	0.182923	0.300379
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.260594	0.246269	0.358549
	2	0.261014	0.246689	0.359143
	3	0.261147	0.249512	0.361184
	4	0.272039	0.241844	0.363996
	5	0.267232	0.249474	0.365582
<b>Max</b>		0.272039	0.249512	0.365582
<b>Min</b>		0.230895	0.181016	0.294242
<b>Average</b>		0.250622	0.211438	0.328172

ตารางที่ 5.36 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 10 เป็นล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 4

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.23454	0.18573	0.29917
	2	0.23339	0.17804	0.29355
	3	0.22950	0.19198	0.29921
	4	0.23708	0.16585	0.28933
	5	0.24326	0.20713	0.31949
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.24081	0.14531	0.28126
	2	0.23736	0.14479	0.27804
	3	0.24266	0.14641	0.28341
	4	0.24173	0.14504	0.28190
	5	0.24127	0.14617	0.28209
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.22811	0.14151	0.26844
	2	0.22777	0.14208	0.26845
	3	0.23799	0.17151	0.29335
	4	0.23187	0.13434	0.26797
	5	0.23584	0.13764	0.27306
<b>Max</b>		0.24326	0.20713	0.31949
<b>Min</b>		0.22777	0.13434	0.26797
<b>Average</b>		0.23621	0.15890	0.28525

### 5.3.5 การตรวจสอบความกลมของล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 5 (ล้อที่ตั้งใจทำให้มีคุณภาพต่ำ)

สำหรับผลการตรวจสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 5 ซึ่งมีทั้งหมด 2 เส้น สามารถแสดงค่า การเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั่นสะเทือน ดังแสดง

ในตารางที่ 5.37 – 5.38 นำค่าการเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการ สั่นสะเทือนทั้งในแนวนอน และแนวตั้งมาหาการกระจัด (Displacement) โดยแทนค่าในสมการ (5.1) จะได้ระยะการกระจัดของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 5.37 – 5.38

ตารางที่ 5.37 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 6 เป็นล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 5

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.240367	0.302996	0.386760
	2	0.294565	0.305133	0.424117
	3	0.298228	0.305915	0.427228
	4	0.291647	0.304026	0.421296
	5	0.288652	0.302901	0.418413
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.293478	0.294661	0.415878
	2	0.291495	0.293592	0.413722
	3	0.298743	0.295748	0.420374
	4	0.289072	0.296587	0.414157
	5	0.291571	0.293745	0.413884
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.291323	0.306601	0.422934
	2	0.290846	0.298934	0.417076
	3	0.297980	0.301642	0.424005
	4	0.296454	0.299448	0.421372
	5	0.289472	0.298705	0.415955
<b>Max</b>		0.298743	0.306601	0.427228
<b>Min</b>		0.240367	0.293592	0.386760
<b>Average</b>		0.289593	0.300042	0.417145

ตารางที่ 5.38 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง Pio-tyres 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 8 เป็นล้อยางที่ผลิตด้วยวิธีการที่ 5

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.29327	0.28161	0.40659
	2	0.29830	0.28213	0.41059
	3	0.28724	0.28213	0.40262
	4	0.28922	0.28581	0.40662
	5	0.29104	0.29333	0.41321
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.29682	0.29252	0.41674
	2	0.29706	0.28409	0.41104
	3	0.29497	0.28837	0.41251
	4	0.29611	0.28696	0.41234
	5	0.29285	0.28882	0.41131
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.30429	0.28863	0.41941
	2	0.30855	0.28112	0.41741
	3	0.31288	0.28907	0.42598
	4	0.30124	0.32075	0.44003
	5	0.30551	0.28850	0.42020
<b>Max</b>		0.31288	0.32075	0.44003
<b>Min</b>		0.28724	0.28112	0.40262
<b>Average</b>		0.29796	0.28892	0.41511

### 5.3.6 การตรวจสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยางมาตรฐานยี่ห้ออื่นๆ

สำหรับผลการตรวจสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงล้อยางมาตรฐาน ซึ่งมีทั้งหมด 12 เส้น สามารถแสดงค่า การเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั่นสะเทือน ดังแสดงในตารางที่ 5.39 – 5.50 นำค่าการเคลื่อนที่ของแกนเพลลาในรูปของการสั่นสะเทือนทั้งในแนวนอน



และแนวตั้ง มาหาการกระจัด (Displacement) โดยแทนค่าในสมการ (5.1) จะได้ระยะการกระจัดของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 5.39 – 5.50

ตารางที่ 5.39 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง BRIDGESTONE 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 12 ซึ่งเป็นล้อมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.260060	0.138022	0.294417
	2	0.262845	0.138442	0.297075
	3	0.260861	0.140712	0.296392
	4	0.263894	0.140288	0.298866
	5	0.263302	0.138689	0.297595
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.248501	0.133501	0.282091
	2	0.253708	0.135809	0.287771
	3	0.255482	0.136782	0.289794
	4	0.255234	0.137755	0.290036
	5	0.263494	0.139300	0.298049
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.252373	0.142009	0.289584
	2	0.257256	0.145499	0.295551
	3	0.256149	0.140654	0.292226
	4	0.263512	0.138442	0.297666
	5	0.253346	0.146491	0.292650
<b>Max</b>		0.263894	0.146491	0.298866
<b>Min</b>		0.248501	0.133501	0.282091
<b>Average</b>		0.258001	0.139493	0.293317

ตารางที่ 5.40 แสดงผลการทดสอบสมดุกลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง BRIDGESTONE 6.00-9 Rim 4  
 ล้อที่ 13 ซึ่งเป็นล้อยางมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.222904	0.113588	0.250176
	2	0.225689	0.118412	0.254866
	3	0.220348	0.111662	0.247026
	4	0.217296	0.107580	0.242468
	5	0.223801	0.105711	0.247510
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.222847	0.104566	0.246160
	2	0.220005	0.101266	0.242192
	3	0.228264	0.101266	0.249719
	4	0.222942	0.101858	0.245109
	5	0.221874	0.101667	0.244058
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.224278	0.102888	0.246752
	2	0.223228	0.105348	0.246838
	3	0.227921	0.101552	0.249521
	4	0.221741	0.110403	0.247705
	5	0.222332	0.100026	0.243797
<b>Max</b>		0.228264	0.118412	0.254866
<b>Min</b>		0.217296	0.100026	0.242192
<b>Average</b>		0.223031	0.105853	0.246926

ตารางที่ 5.41 แสดงผลการทดสอบสมดุกลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง BRIDGESTONE 6.00-9 Rim 4  
 ล้อที่ 14 ซึ่งเป็นล้อยางมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.2608612	0.1438971	0.2979176
	2	0.26439	0.1436488	0.3008938
	3	0.2576182	0.1386324	0.292551
	4	0.2642565	0.136	0.2971994
	5	0.2539559	0.1382888	0.2891667
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.2687576	0.1406159	0.3033208
	2	0.2694829	0.1367824	0.3022093
	3	0.2662018	0.1360765	0.2989652
	4	0.2634741	0.1386324	0.2977206
	5	0.2605747	0.1371829	0.2944798
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.2643706	0.1372782	0.2978878
	2	0.2708176	0.1404635	0.3050774
	3	0.2644471	0.1471206	0.3026164
	4	0.2657441	0.1383465	0.2995992
	5	0.2686435	0.1403682	0.3031049
<b>Max</b>		0.270818	0.147121	0.305077
<b>Min</b>		0.253956	0.136	0.289167
<b>Average</b>		0.26424	0.139556	0.298847

ตารางที่ 5.42 แสดงผลการทดสอบสมดุกลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง BERGOUGNAN 6.00-9 Rim 4  
 ล้อที่ 15 ซึ่งเป็นล้อยางมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.296129	0.190553	0.352141
	2	0.307288	0.183972	0.358151
	3	0.299868	0.184659	0.352165
	4	0.304999	0.186585	0.357545
	5	0.310550	0.184487	0.361216
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.302501	0.191201	0.357861
	2	0.306106	0.180901	0.355564
	3	0.306144	0.175732	0.352995
	4	0.300898	0.176705	0.348947
	5	0.307956	0.178460	0.355928
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.304198	0.180081	0.353505
	2	0.306144	0.181607	0.355956
	3	0.304103	0.178479	0.352609
	4	0.302825	0.174759	0.349634
	5	0.306258	0.180062	0.355269
<b>Max</b>		0.310550	0.191201	0.361216
<b>Min</b>		0.296129	0.174759	0.348947
<b>Average</b>		0.304398	0.181883	0.354632

ตารางที่ 5.43 แสดงผลการทดสอบสมดุการแรงเหวี่ยงของล้อยาง BERGOUGNAN 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 16 ซึ่งเป็นล้อยางมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.263398	0.177983	0.317894
	2	0.259659	0.175408	0.313354
	3	0.263035	0.181073	0.319335
	4	0.262406	0.180024	0.318222
	5	0.265592	0.183171	0.322631
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.250695	0.125509	0.280358
	2	0.244954	0.129725	0.277184
	3	0.244529	0.127379	0.275717
	4	0.245392	0.129401	0.277420
	5	0.248769	0.133006	0.282093
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.240967	0.130679	0.274121
	2	0.242531	0.128218	0.274338
	3	0.239289	0.127055	0.270928
	4	0.245316	0.124918	0.275290
	5	0.243619	0.126063	0.274303
<b>Max</b>		0.265592	0.183171	0.322631
<b>Min</b>		0.239289	0.124918	0.270928
<b>Average</b>		0.250677	0.145307	0.290213

ตารางที่ 5.44 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง BERGOUGNAN 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 17 ซึ่งเป็นล้อยางมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.244152	0.218211	0.327454
	2	0.252011	0.218764	0.333717
	3	0.248692	0.217085	0.330112
	4	0.240509	0.218459	0.324913
	5	0.244038	0.219851	0.328464
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.261185	0.220137	0.341582
	2	0.311752	0.224524	0.384188
	3	0.263703	0.219069	0.342827
	4	0.253308	0.221739	0.336650
	5	0.263799	0.225345	0.346944
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.255082	0.218325	0.335757
	2	0.256150	0.215006	0.334426
	3	0.255005	0.218039	0.335513
	4	0.256646	0.222579	0.339718
	5	0.256417	0.222674	0.339608
<b>Max</b>		0.311752	0.225345	0.384188
<b>Min</b>		0.240509	0.215006	0.324913
<b>Average</b>		0.257496	0.219987	0.338791

ตารางที่ 5.45 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง TOKAI 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 18 ซึ่งเป็นล้อยางมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.313850	0.177544	0.360588
	2	0.316368	0.167358	0.357907
	3	0.319744	0.167625	0.361019
	4	0.315948	0.169419	0.358505
	5	0.321003	0.172985	0.364646
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.319591	0.179795	0.366695
	2	0.318695	0.183744	0.367870
	3	0.321251	0.181111	0.368786
	4	0.318199	0.173291	0.362326
	5	0.318561	0.175675	0.363790
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.316883	0.174187	0.361602
	2	0.317684	0.173710	0.362075
	3	0.320755	0.176953	0.366328
	4	0.319706	0.177144	0.365502
	5	0.320335	0.172756	0.363950
<b>Max</b>		0.321251	0.183744	0.368786
<b>Min</b>		0.313850	0.167358	0.357907
<b>Average</b>		0.318571	0.174886	0.363439

ตารางที่ 5.46 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง TOKAI 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 19 ซึ่งเป็นล้อยางมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.248367	0.199766	0.318736
	2	0.263951	0.204325	0.333795
	3	0.262158	0.201349	0.330558
	4	0.254891	0.197706	0.322578
	5	0.258820	0.211001	0.333930
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.343301	0.242912	0.420549
	2	0.330884	0.219469	0.397053
	3	0.336682	0.222502	0.403562
	4	0.341164	0.221549	0.406788
	5	0.336224	0.223799	0.403897
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.336510	0.218840	0.401410
	2	0.340554	0.222922	0.407028
	3	0.334298	0.214510	0.397202
	4	0.337044	0.218039	0.401422
	5	0.343758	0.224982	0.410837
<b>Max</b>		0.343758	0.242912	0.420549
<b>Min</b>		0.248367	0.197706	0.318736
<b>Average</b>		0.311240	0.216245	0.379290



ตารางที่ 5.47 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง TOKAI 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 20 ซึ่งเป็นล้อมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.261185	0.148551	0.300475
	2	0.260499	0.157554	0.304439
	3	0.266393	0.155685	0.308550
	4	0.272287	0.157478	0.314547
	5	0.267442	0.155742	0.309485
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.267652	0.154388	0.308987
	2	0.268301	0.148666	0.306736
	3	0.264638	0.147216	0.302830
	4	0.264485	0.149257	0.303694
	5	0.276025	0.150573	0.314424
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.278524	0.166996	0.324751
	2	0.281557	0.166099	0.326900
	3	0.282415	0.167263	0.328231
	4	0.277246	0.163906	0.322073
	5	0.277838	0.166386	0.323849
<b>Max</b>		0.282415	0.167263	0.328231
<b>Min</b>		0.260499	0.147216	0.300475
<b>Average</b>		0.271099	0.157051	0.313331

ตารางที่ 5.48 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง KOMACHI 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 21 ซึ่งเป็นล้อยางมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.3288806	0.2226935	0.3971836
	2	0.3194771	0.2173141	0.386382
	3	0.3284035	0.2138806	0.3919104
	4	0.3286882	0.2173718	0.394064
	5	0.3261529	0.2155976	0.3909707
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.3219376	0.2103329	0.3845566
	2	0.3214794	0.2131753	0.3857366
	3	0.32003	0.2171041	0.3867213
	4	0.3226812	0.2118588	0.3860146
	5	0.3287471	0.2112676	0.3907795
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.3226812	0.2159412	0.3882702
	2	0.3258288	0.2147965	0.3902588
	3	0.3273735	0.2166659	0.3925781
	4	0.3238447	0.2145482	0.3884667
	5	0.3278694	0.2154829	0.3923407
<b>Max</b>		0.328881	0.222694	0.397184
<b>Min</b>		0.319477	0.210333	0.384557
<b>Average</b>		0.324938	0.215202	0.389749

ตารางที่ 5.49 แสดงผลการทดสอบสมมูลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง KOMACHI 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 22 ซึ่งเป็นล้อยางมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.327223	0.297695	0.442377
	2	0.318411	0.285068	0.427375
	3	0.323541	0.297276	0.439377
	4	0.321062	0.287853	0.431208
	5	0.317266	0.289074	0.429210
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.333859	0.309596	0.455315
	2	0.341202	0.323596	0.470249
	3	0.339333	0.324359	0.469421
	4	0.345475	0.323788	0.473489
	5	0.342214	0.319000	0.467837
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.350511	0.328155	0.480150
	2	0.343701	0.325218	0.473178
	3	0.346544	0.331226	0.479378
	4	0.351502	0.333306	0.484403
	5	0.346181	0.330063	0.478312
<b>Max</b>		0.351502	0.333306	0.484403
<b>Min</b>		0.317266	0.285068	0.427375
<b>Average</b>		0.336535	0.313685	0.460085

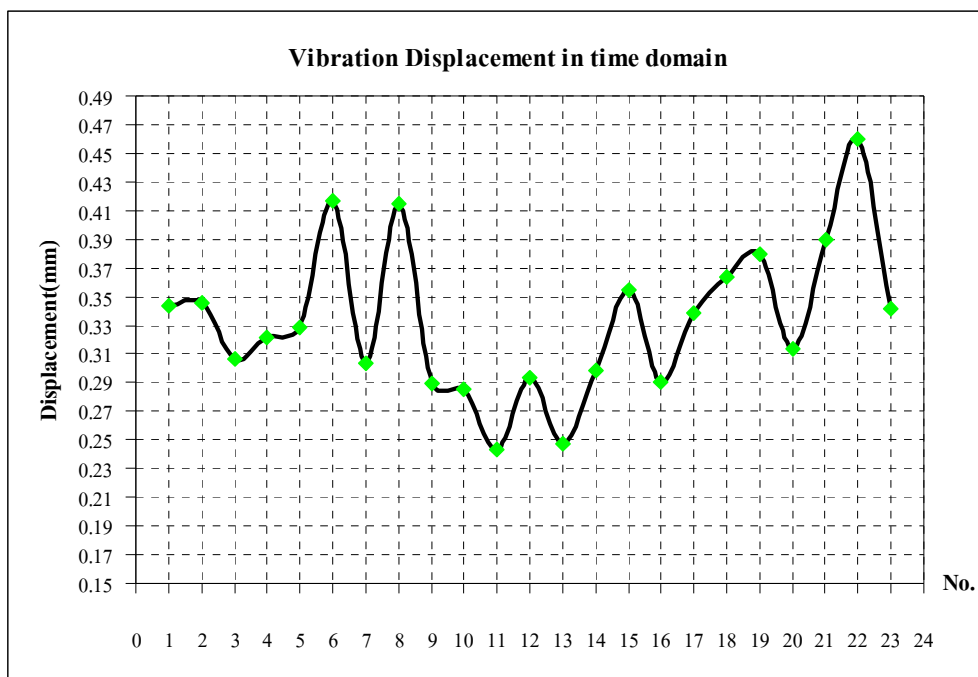
ตารางที่ 5.50 แสดงผลการทดสอบสมดุกลการแรงเหวี่ยงของล้อยาง KOMACHI 6.00-9 Rim 4 ล้อที่ 23 ซึ่งเป็นล้อยางมาตรฐาน

ครั้งที่		Peak to Peak( mm)		
		Sx	Sy	S.
ประกอบล้อครั้งที่ 1	1	0.241062	0.196695	0.311126
	2	0.253613	0.191850	0.318003
	3	0.251228	0.194368	0.317639
	4	0.253288	0.192804	0.318321
	5	0.255749	0.192422	0.320053
ประกอบล้อครั้งที่ 2	1	0.276598	0.227652	0.358234
	2	0.276598	0.228835	0.358987
	3	0.271199	0.228186	0.354427
	4	0.269216	0.221625	0.348705
	5	0.267575	0.223609	0.348708
ประกอบล้อครั้งที่ 3	1	0.264791	0.223246	0.346342
	2	0.277818	0.227424	0.359033
	3	0.276655	0.227919	0.358448
	4	0.274881	0.228530	0.357471
	5	0.271886	0.223685	0.352075
<b>Max</b>		0.277818	0.228835	0.359033
<b>Min</b>		0.241062	0.191850	0.311126
<b>Average</b>		0.265477	0.215257	0.341838

ตารางที่ 5.51 ค่าการเคลื่อนที่ของแกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั้นสะเทือนของล้อยาง  
ต้น

Code	Average		
	$S_x$ (mm)	$S_y$ (mm)	$S$ (mm)
No.1	0.28428192	0.19218694	0.3432114
No.2	0.25618184	0.23212612	0.3457832
No.3	0.24156031	0.18799949	0.3061043
No.4	0.28834965	0.14171161	0.3213505
No.5	0.25062192	0.21143796	0.3281722
No.6	0.28959284	0.30004231	0.4171446
No.7	0.27402878	0.13107710	0.3038320
No.8	0.26419913	0.19309242	0.4151062
No.9	0.23286741	0.17214475	0.2897731
No.10	0.23621200	0.15890306	0.2852497
No.11	0.19660584	0.14389016	0.2437036
No.12	0.25800114	0.13949306	0.2933174
No.13	0.22303125	0.10585290	0.2469265
No.14	0.26423973	0.13955561	0.2988473
No.15	0.30439780	0.18188294	0.3546325
No.16	0.25067678	0.14530737	0.2902125
No.17	0.25749647	0.21998722	0.3387915
No.18	0.31857145	0.17488647	0.3634391
No.19	0.31124035	0.21624478	0.3792896
No.20	0.27109918	0.15705075	0.3133312
No.21	0.32493835	0.21520208	0.3897489
No.22	0.33653490	0.31368494	0.4600851
No.23	0.26547710	0.21525675	0.3418382

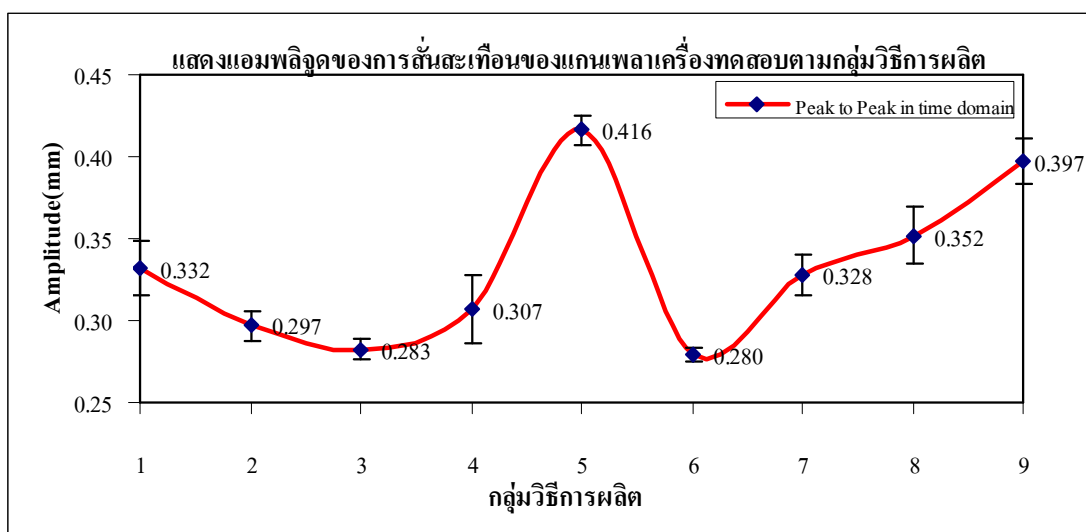
นำค่าการกระจัดเฉลี่ยของแต่ละล้อจากตารางที่ 5.51 มาพล็อตกราฟดังแสดงในรูปที่ 5.29



รูปที่ 5.29 แสดงผลค่าการกระจัดการเคลื่อนที่แกนนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปแบบของการสั่นสะเทือน (Vibration Displacement) ของล้อยางต้นตามหมายเลขล้ออ้างอิงจากตารางที่ 4.5

ตารางที่ 5.52 ค่าการเคลื่อนที่ของแกนนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปการสั่นสะเทือนของล้อยางต้นตามกลุ่มวิธีการผลิต

กลุ่ม	วิธีการผลิต	No.ล้อ	S(mm)	SD.
1	เครื่องม้วนแบบเก่า	1,2,3	0.3317	0.0164
2	เครื่องม้วนแบบใหม่	7,9	0.2968	0.0089
3	เครื่องม้วนแบบใหม่+pre-form	4,11	0.2825	0.0065
4	เครื่องม้วนแบบใหม่+pre-cure	5,10	0.30671	0.0205
5	ผลิตให้ไม่สมดุล	6,8	0.4161	0.0093
6	ล้อมาตรฐาน (Bridgestone)	12,13,14	0.2797	0.0042
7	ล้อมาตรฐาน (Bergougnan)	15,16,17	0.3279	0.0127
8	ล้อมาตรฐาน (Tokai)	18,19,20	0.3520	0.0170
9	ล้อมาตรฐาน (Komachi)	21,22,23	0.3972	0.0143



รูปที่ 5.30 แสดงผลค่าการกระจัดการเคลื่อนที่แกนเพลลาของเครื่องทดสอบในรูปของการสั่นสะเทือนของล้ออย่างต้นตามกลุ่มวิธีการผลิต

#### 5.4 ผลการตรวจสอบหน้าตัดยางชั้นในของล้ออย่างต้น

การตรวจสอบหน้าตัดยางชั้นในของล้ออย่างต้น มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อตรวจสอบความคงรูปและสมมาตรของหน้าตัดยางชั้นใน ของล้ออย่างต้นแต่ละวิธีการผลิต โดยในหัวข้อนี้จะนำล้ออย่างต้นที่ได้มีการผลิตจริง ในสายการผลิตของโรงงานและผ่านการทดสอบความกลม การทดสอบสมดุลการหมุนแล้วรวมไปถึงล้ออย่างต้นมาตรฐาน ในแต่ละวิธีการผลิตจะเลือกล้ออย่างต้นเพียงข้างล้อมาตัดเพื่อตรวจสอบ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.53

ตารางที่ 5.53 รายการของล้ออย่างต้นที่ตัดตรวจสอบหน้าตัดยางชั้นใน

กลุ่ม	ยี่ห้อ	วิธีการผลิต	หมายเลขล้อที่เลือกตัด
1	Pio-tyres	เครื่องม้วนแบบเก่า	3
2	Pio-tyres	เครื่องม้วนแบบใหม่	9
3	Pio-tyres	เครื่องม้วนแบบใหม่+พรีฟอร์ม	4,11
4	Pio-tyres	เครื่องม้วนแบบใหม่+พรีเคียว	5,10
5	Pio-tyres	ผลิตให้ไม่สมดุล	6,8
6	Bridgestone	ล้อมาตรฐาน	13

### 5.4.1 ผลการตรวจสอบความสมมาตรของหน้าตัดยางชั้นใน

ผลการตรวจสอบความสมมาตรของหน้าตัดยางชั้นในของล้อยางตัน แสดงดังตารางที่ 5.54

ตารางที่ 5.54 แสดงค่าเฉลี่ยผลต่างของระยะจากจุดกึ่งกลางถึงขอบยางชั้นในระหว่างด้านซ้ายและด้านขวา (อ้างอิงกลุ่มวิธีการผลิตจากตารางที่ 5.53)

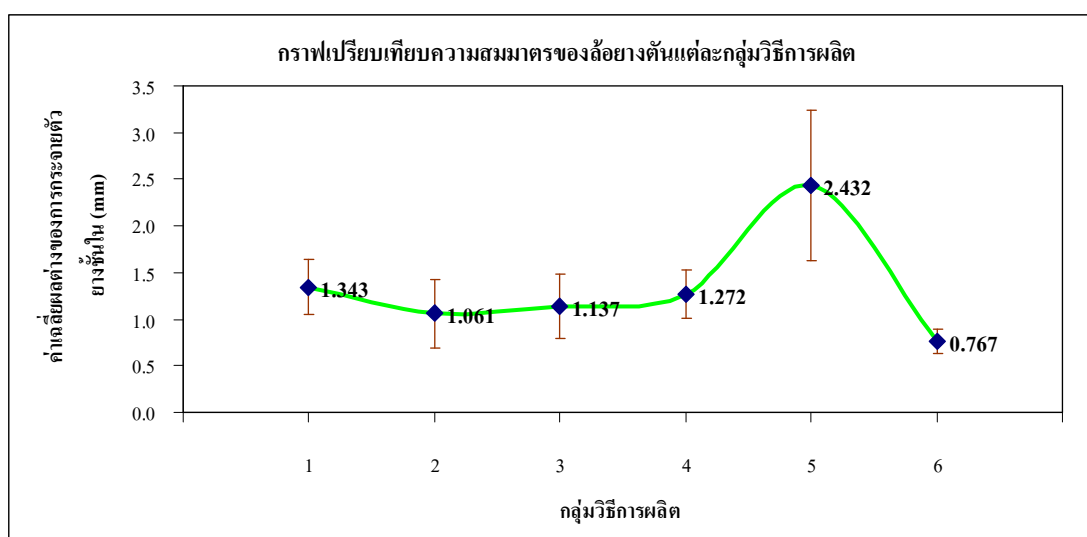
กลุ่มที่ 1	No.3	หน้าตัดตำแหน่งที่	4	7	8	11	12	15	16
		ผลต่างด้านซ้ายและขวา	1.439	1.372	1.161	0.861	1.817	1.456	1.294
กลุ่มที่ 2	No.9	หน้าตัดตำแหน่งที่	1	3	5	7	10	12	15
		ผลต่างด้านซ้ายและขวา	1.506	0.878	1.028	0.594	1.567	1.139	0.717
กลุ่มที่ 3	No.4	หน้าตัดตำแหน่งที่	3	4	5	8	9	12	16
		ผลต่างด้านซ้ายและขวา	1.794	0.767	1.206	0.989	0.689	1.017	0.717
	No.11	หน้าตัดตำแหน่งที่	1	2	7	9	13	14	16
		ผลต่างด้านซ้ายและขวา	1.317	1.850	1.206	1.094	0.911	1.183	1.172
กลุ่มที่ 4	No.5	หน้าตัดตำแหน่งที่	1	2	5	7	10	11	15
		ผลต่างด้านซ้ายและขวา	1.139	1.117	1.172	1.000	1.089	0.972	1.144
	No.10	หน้าตัดตำแหน่งที่	5	9	10	11	12	14	15
		ผลต่างด้านซ้ายและขวา	1.678	0.594	1.194	1.611	1.461	1.750	1.883
กลุ่มที่ 5	No.6	หน้าตัดตำแหน่งที่	2	6	9	10	13	14	16
		ผลต่างด้านซ้ายและขวา	1.54	1.43	2.98	2.76	2.57	3.59	3.73
	No.8	หน้าตัดตำแหน่งที่	3	7	9	11	13	14	16
		ผลต่างด้านซ้ายและขวา	3.194	1.517	1.150	2.411	2.350	2.761	2.072
กลุ่มที่ 6	No.13	หน้าตัดตำแหน่งที่	1	2	6	7	9	10	14
		ผลต่างด้านซ้ายและขวา	0.694	0.639	0.994	0.861	0.639	0.722	0.817

ผลการตรวจสอบหน้าตัดของยางชั้นในของล้อยางตันในตารางที่ 5.54 นำมาหาค่าเฉลี่ยตามวิธีการผลิตดังแสดงผลในตารางที่ 5.55 และนำค่าในตารางที่ 5.55 มาเขียนกราฟ แสดงในรูปที่ 5.31



ตารางที่ 5.55 แสดงค่าเฉลี่ยของผลต่างและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของล้อยางตันตามกลุ่มวิธีการผลิต

วิธีการที่	ค่าเฉลี่ยผลต่าง	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	1.343	0.293
2	1.061	0.372
3	1.137	0.340
4	1.272	0.257
5	2.432	0.803
6	0.767	0.131



รูปที่ 5.31 แสดงผลการตรวจสอบความสมมาตรของหน้าตัดยางชั้นในของแต่ละวิธีการผลิต