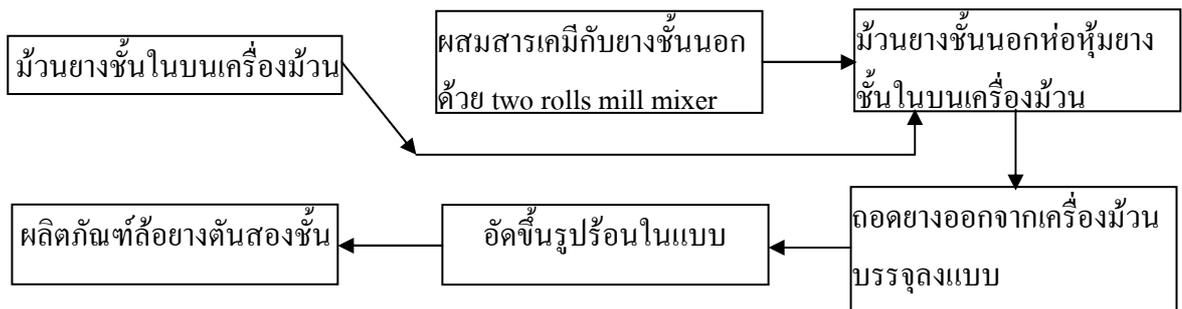


## บทที่ 2

### วิธีการผลิตที่ทำให้ยางชั้นในของล้อยางตันคงรูป

#### 2.1 การผลิตยางล้อตัน

กระบวนการผลิตยางล้อตันในโรงงานที่ร่วมวิจัยมีขั้นตอนหลักดังนี้



รูปที่ 2.1 แสดงผังการผลิตล้อยางตันสองชั้น

ขั้นตอนดังกล่าวสามารถอธิบายโดยละเอียดได้ดังนี้

1. นำยางชั้นในมาม้วนด้วยเครื่องพันยางให้ได้น้ำหนักและรูปทรงที่ต้องการ ดัง

รูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องม้วนยาง

2. นำยางชั้นในที่ได้มาพันทับด้วยยางชั้นนอกครั้งแรก โดยจะพันให้กว้างกว่าความกว้างของยางชั้นใน เพื่อจะหุ้มตรงบริเวณขอบของยาง ดังรูปที่ 2.3 จากนั้นนำยางทั้งหมดออกจากเครื่องมือ
3. ตัดแต่งขอบของล้อยางให้ขอบเสมอกัน และกดยางชั้นนอกให้ติดกับยางชั้นใน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 การพันยางชั้นในด้วยเครื่องมือหมุนยาง

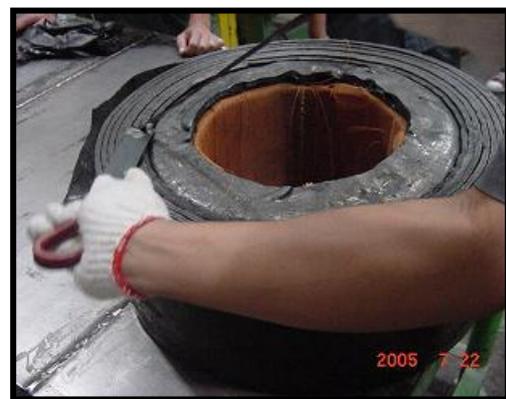


รูปที่ 2.4 ตัดแต่งขอบของล้อยางให้เสมอ

4. นำล้อยางขึ้นเครื่องมือหมุนยางอีกครั้ง จากนั้นพันยางชั้นนอกครั้งสุดท้าย โดยตัดยางชั้นนอกให้มีขนาดความกว้างเท่ากับความกว้างของล้อยางที่ได้มาจากข้อ 3.) และพันจนได้น้ำหนักตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.5
5. นำล้อยางที่ได้มาแต่งขอบให้เสมอกัน และทิ้งไว้ประมาณ 8 ชั่วโมง ดังรูปที่ 2.6 ก่อนนำไปอัด



รูปที่ 2.5 พันทับด้วยยางชั้นนอกครั้งสุดท้าย



รูปที่ 2.6 ตัดแต่งขอบของล้อยางครั้งสุดท้าย

6. อุ่นแม่พิมพ์ให้ได้อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส ทำความสะอาดแม่พิมพ์นำล้อยางมาวางในแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 2.7 ใช้เวลาในการอัด 130 นาที

7. เมื่อถึงเวลาที่กำหนดนำยางออกจากแม่พิมพ์แล้วใช้กรรไกรตัดส่วนที่ล้นออกให้หมดดังรูปที่ 2.8 เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตล้อยางต้นจะได้ล้อยางดังรูป 2.9



รูปที่ 2.7 นำล้อยางใส่ในแม่พิมพ์



รูปที่ 2.8 ตัดส่วนที่ล้นออกจากล้อ



รูปที่ 2.9 ล้อที่เสร็จสมบูรณ์

ปัญหาที่เป็นประเด็นสำหรับงานวิจัยนี้คือมีรายงานจากผู้ใช้งานล้อยางต้นที่ผลิตภายในประเทศว่ามีการกระดอนและสิ้นสະเทือนขณะบรรทุก ทำให้สัมภาระที่บรรทุกตกหล่นจึงได้

ทำการตัดตัวอย่างต้นตรวจสอบ พบว่า หน้าตัดของยางชั้นในไม่มีความคงรูป ไม่สมมาตรรอบแกนหมุน และไม่สมมาตรระหว่างด้านซ้ายและขวา ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ซึ่งตามความเป็นจริงแนวยางชั้นในที่ติดกับชั้นนอกควรเป็นแนวตรง เหตุดังกล่าวน่าจะทำให้ตัวอย่างขาดสมดุลงแรงเหวี่ยงเนื่องจากการกระจายมวลที่ไม่เท่ากัน การแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงต้องเริ่มจากการม้วนยางหรือวิธีการสร้างรูปยางชั้นในให้คงรูปก่อน เพื่อความคงรูปและกระจายมวลมากขึ้นก่อนการอบ



รูปที่ 2.10 แสดงความไม่สมมาตรของหน้าตัดยางชั้นใน

จากการไปศึกษากระบวนการผลิตในสถานประกอบการ พบสาเหตุที่ทำให้เกิดความไม่คงรูปและไม่สมมาตรของยางชั้นใน 2 สาเหตุ ดังนี้

1) วิธีการม้วนยางยังมีความยุ่งยากค่อนข้างมาก ดังแสดงการทำงานในรูปที่ 2.11 ตั้งแต่การใช้มือหมุนเครื่องให้ยางม้วนไปบนเครื่องและการประคองยางให้ตั้งขณะม้วนเพื่อให้ยางแน่นขึ้นระหว่างชั้นขณะม้วนนั้นอาจทำให้เกิดความเมื่อยล้า การทำงานที่ไม่สัมพันธ์กันระหว่างคนหมุนกับคนประคอง อาจเกิดความผิดพลาดและยากในการควบคุมยางชั้นในให้แน่นได้



รูปที่ 2.11 แสดงการม้วนขึ้นรูปล้อยางชั้นในด้วยเครื่องม้วนแบบเก่า



รูปที่ 2.12 แสดงรูปเครื่องม้วนยางแบบเก่า

2) แกนกลางที่เป็น โครงสร้างรับน้ำหนักของเครื่องม้วนแบบเก่าไม่มีความแข็งแรงพอที่จะรองรับน้ำหนักของยางที่เพิ่มมากขึ้นจากการม้วนหรือการเปลี่ยนขนาดของยางตามการผลิตได้ ทำให้ปลายท่อของเครื่องม้วนยางเกิดการยุบตัวและ โกงส่งผลให้ยางชั้นในไม่กลมขณะม้วน

ความไม่สมมาตรของหน้าตัดยางชั้นในดังกล่าวอาจส่งผลต่อแรงเหวี่ยง อันเนื่องมาจากการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอของมวล

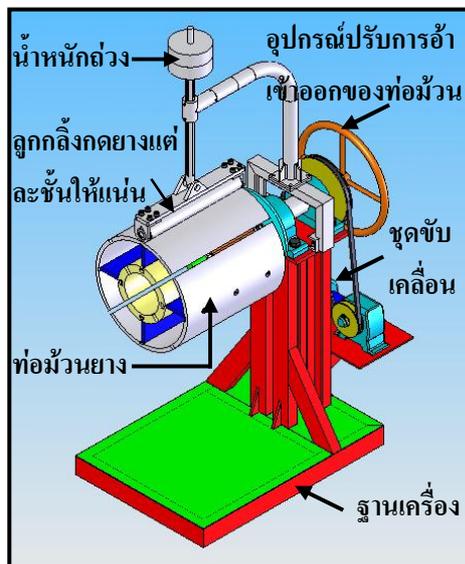
## 2.2 เครื่องม้วนยางแบบใหม่

เนื่องจากเครื่องม้วนยางแบบเก่ามีปัญหาตามที่กล่าวมาข้างต้นในแง่ของการควบคุมการทำงานจึงได้มีการพัฒนาและสร้างใหม่ โดยมีลักษณะทั่วไปของเครื่องดังนี้

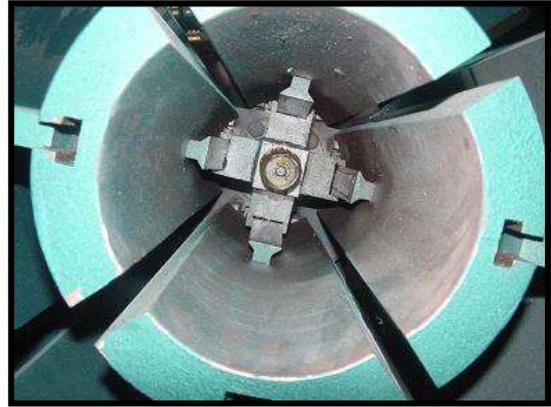
2.2.1 เครื่องม้วนยางตัวใหม่ดังรูปที่ 2.13 มีขนาดรูปทรงคล้ายเครื่องเดิมแต่ ออกแบบให้สะดวกในการใช้งานคือ เครื่องม้วนตัวใหม่ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังในการหมุน ใช้สวิทช์เท้า (foot switch) ควบคุมการหมุนและหยุดหมุนรวมถึงการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์

2.2.2 คัดแปลงระบบกลไกการเข้าออกและเพิ่มความแข็งแรงของแกนกลางของท่อความกลมที่ใช้ม้วนยาง เนื่องจากเครื่องม้วนตัวเก่าแกนใช้ต้นให้ท่อม้วนยางเข้าออก มีระยะคลอนมากทำให้การเข้าของท่อม้วนยางไม่สม่ำเสมอ และช่องว่างระหว่างท่อแต่ละชั้นมีระยะห่างมากเกินไปจึงทำให้ท่อม้วนยางไม่กลม ดังรูปที่ 2.14

2.2.3 ออกแบบและพัฒนาให้เครื่องม้วนยางหนึ่งตัวสามารถม้วนยางได้ทุกขนาด เครื่องม้วนยางตัวเก่าหนึ่งตัวสามารถม้วนยางได้แค่สองขนาด แต่สำหรับเครื่องตัวใหม่สามารถม้วนยางได้ทุกขนาด โดยใช้ท่อที่มีขนาดเล็กที่สุดเป็นตัวหลัก และทำร่องตัว T ไว้ด้านบนท่อดังกล่าวสามารถนำท่อขนาดอื่นๆมาใส่สำหรับม้วนยางขนาดใหญ่ขึ้น ดังรูปที่ 2.15



ก) เครื่องม้วนยางแบบใหม่ที่ออกแบบไว้ ข) เครื่องม้วนยางแบบใหม่ที่สร้างเสร็จแล้ว  
รูปที่ 2.13 แสดงเครื่องม้วนยางแบบใหม่



ก) เครื่องม้วนตัวเก่า

ข) เครื่องม้วนตัวใหม่

รูปที่ 2.14 เปรียบเทียบแกนกลางและลักษณะแขนที่ใช้ยึดท่อม้วนยางและช่องว่างระหว่างท่อแต่ละชั้น



รูปที่ 2.15 ลักษณะร่องตัว T และการติดตั้ง  
ท่อม้วนขนาดที่ใหญ่กว่า

รูปที่ 2.16 ลูกกลิ้งที่ใช้รีดยางชั้นในให้แน่น

2.2.4 เครื่องม้วนยางตัวใหม่มีลูกกลิ้งกดยางขณะม้วนดังรูปที่ 2.16 ลูกกลิ้งช่วยรีดยางชั้นในในแต่ละชั้นขณะม้วนให้แนบสนิทกัน เป็นการลดช่องว่างอากาศระหว่างชั้นของยางชั้นใน ทำให้ล้อยางที่ได้มีความแน่นมากขึ้นลดช่องอากาศระหว่างชั้นยาง ไม่ต้องใช้คนดึงประกอยยางเป็นการช่วยลดคนงานลงได้

### 2.3 วิธีการผลิตล้อยางต้นเพื่อควบคุมยางชั้นในให้มีความคงรูปและสม่ำเสมอ

นอกจากการออกแบบสร้างเครื่องม้วนยางใหม่แล้วทางโรงงานได้มีการปรับปรุงวิธีการผลิตล้อยางต้นขึ้นใหม่ เพื่อให้สามารถผลิตล้อยางต้นให้มีความคงรูปและสมมาตรรอบแกนหมุนของยางชั้นในมากขึ้น โดยมีวิธีการในการผลิตดังนี้

- วิธีการที่ 1 คือ ล้อยางต้นที่ควบคุมการม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องม้วนแบบเก่า ก่อนการนำไปพันกับยางชั้นนอกแล้วนำไปอบให้ยางสุกพร้อมกัน

- วิธีการที่ 2 คือ ล้อยางต้นที่ควบคุมการม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องม้วนที่สร้างขึ้นใหม่อย่างเดียว ก่อนการนำไปพันกับยางชั้นนอกแล้วนำไปอบให้ยางสุกพร้อมกัน

- วิธีการที่ 3 คือ ล้อยางต้นที่ควบคุมการม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องม้วนที่สร้างขึ้นใหม่แล้วอัดเย็นยางชั้นในด้วยแม่พิมพ์ตัวในที่จัดทำขึ้นก่อน เรียกว่าวิธีการพรีฟอร์ม (pre-form) ก่อนการนำไปพันกับยางชั้นนอกแล้วนำไปอบให้ยางสุกพร้อมกัน

- วิธีการที่ 4 คือ ล้อยางต้นที่ควบคุมการม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องม้วนที่สร้างขึ้นใหม่แล้วขึ้นรูปยางชั้นในด้วยการอบร้อน เป็นการอบกึ่งสุกในแม่พิมพ์ตัวในก่อน เรียกว่าวิธีการพรีเคียว (pre-cure) ก่อนการนำไปพันกับยางชั้นนอกแล้วนำไปอบให้ยางสุกพร้อมกัน

- วิธีการที่ 5 คือ การผลิตล้อยางต้นให้มีความคงรูปที่ต่ำ ผลิตให้ล้อยางต้นไม่สมดุล (Unbalance) เพื่อนำมาศึกษาเปรียบเทียบกับล้อยางต้นที่ผลิตด้วยวิธีการอื่นๆ และใช้ทดสอบเครื่องทดสอบความสมดุลแรงเหวี่ยงรอบแกนหมุนของล้อยางต้น ที่สร้างขึ้นมาในงานวิจัยนี้ว่าจะสามารถตรวจแยกล้อยางที่มีคุณภาพกับไม่มีคุณภาพในแง่ของสมดุลการหมุนได้หรือไม่ โดยแต่ละวิธีการผลิตมีรายละเอียดในการผลิตดังต่อไปนี้

วิธีการที่ 1 การผลิตล้อยางต้นที่ควบคุมการม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องม้วนแบบเก่าก่อนนำไปพันกับยางชั้นนอกแล้วนำไปอบให้ยางสุกพร้อมกัน

ขั้นตอนในการผลิตล้อยางต้นด้วยวิธีการที่ 1 สามารถอธิบายโดยละเอียดได้ดังนี้

1. นำยางชั้นในมาม้วนด้วยเครื่องพันยางแบบเก่าให้ได้น้ำหนักและรูปทรงที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.11

2. นำไปซังให้ได้น้ำหนักตามที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 2.17

3. นำยางชั้นในที่ได้ม้วนขึ้นรูปและผ่านการตรวจสอบน้ำหนักแล้วมาพันทับด้วยยางชั้นนอกครั้งแรก โดยจะพันให้กว้างกว่าความกว้างของยางชั้นใน เพื่อจะหุ้มตรงบริเวณขอบของยาง ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.17 นำยางชั้นในที่ผ่านการม้วนขึ้นรูปมาซึ่งให้ได้น้ำหนักตามที่กำหนด



รูปที่ 2.18 แสดงการพันทับยางชั้นในด้วยยางชั้นนอกครั้งแรก

4. นำล้อยางชั้นเครื่องม้วนอีกครั้ง จากนั้นพันยางชั้นนอกครั้งสุดท้าย โดยตัดยางชั้นนอกให้มีขนาดความกว้างเท่ากับความกว้างของล้อยที่ได้มาจากข้อ 3.) ดังแสดงในรูปที่ 2.19 และพันจนได้น้ำหนักตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.20

5. นำล้อยางที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปเสร็จสิ้นแล้ว ทิ้งไว้ประมาณ 8 ชั่วโมง ดังรูปที่ 2.21 ก่อนนำไปอบ

6. อุ่นแม่พิมพ์ให้ได้อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส ทำความสะอาดแม่พิมพ์ นำล้อยางมาวางในแม่พิมพ์ตัวล่าง ดังรูปที่ 2.22 และเลื่อนแม่พิมพ์ตัวบนเข้าประกบ ดังรูปที่ 2.23 ใช้เวลาในการอัด 130 นาที



รูปที่ 2.19 แสดงการพันทับยางชั้นนอกครั้งสุดท้าย



รูปที่ 2.20 นำล้อยางที่ผ่านการม้วนขึ้นรูปมาซึ่งให้ได้น้ำหนักตามที่กำหนด



รูปที่ 2.21 แสดงการเก็บตัวอย่างที่ม้วนขึ้นรูปแล้วก่อนนำไปอบ



รูปที่ 2.22 นำตัวอย่างมาวางในแม่พิมพ์ตัวล่าง      รูปที่ 2.23 แสดงการประกบกันของแม่พิมพ์ตัวบนและตัวล่าง

7. เมื่อถึงเวลาที่กำหนดนำยางออกมาจากแม่พิมพ์แล้วใช้กรรไกรตัดส่วนที่สั้นออกให้หมดดังรูปที่ 2.8 เป็นการเสร็จสิ้นวิธีการผลิตตัวอย่างต้นด้วยวิธีที่ 1 จะได้ล้อยังรูปที่ 2.9 วิธีการที่ 2 การผลิตตัวอย่างต้นที่ควบคุมการม้วนยางขึ้นในด้วยเครื่องม้วนที่สร้างขึ้นใหม่อย่างเดียวก่อนการนำไปพันกับยางชั้นนอกแล้วนำไปอบให้ยางสุกพร้อมกัน

ขั้นตอนในการผลิตตัวอย่างต้นด้วยวิธีการที่ 2 สามารถอธิบายโดยละเอียดได้ดังนี้

1. นำยางชั้นในมาม้วนด้วยเครื่องพันยางแบบใหม่ให้ได้น้ำหนักและรูปทรงที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงการม้วนขึ้นรูปยางชั้นในด้วย  
เครื่องม้วนแบบใหม่



รูปที่ 2.25 แสดงการพันทับยางชั้นนอกครั้ง  
สุดท้าย

2. ในขั้นตอนการผลิตนี้ทำการผลิตเช่นเดียวกับ ขั้นตอนที่ 2.) และ 3.) ของวิธีการ  
ผลิตที่ 1

3. นำล้อยางขึ้นเครื่องม้วนยางแบบใหม่อีกครั้ง จากนั้นพันยางชั้นนอกครั้งสุดท้าย  
โดยตัดยางชั้นนอกให้มีขนาดความกว้างเท่ากับความกว้างของล้อยางชั้นใน และพันจนได้น้ำหนัก  
ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.25

4. ในขั้นตอนการผลิตนี้ทำการผลิตเช่นเดียวกับ ขั้นตอนที่ 5.), 6.) และ 7.) ของ  
วิธีการผลิตที่ 1

วิธีการที่ 3 การผลิตล้อยางต้นที่ควบคุมการม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องม้วนที่สร้างขึ้นใหม่แล้วอัดขึ้น  
ยางชั้นในด้วยแม่พิมพ์ตัวในที่จัดทำขึ้นก่อน เรียกว่าวิธีการพรีฟอร์ม (pre-form) ก่อนการนำไปพันกับ  
ยางชั้นนอกแล้วนำไปอบให้ยางสุกพร้อมกัน

1. ในขั้นตอนการผลิตนี้ทำการผลิตเช่นเดียวกับ ขั้นตอนที่ 1.) ของวิธีการผลิต  
ที่ 2 และ ขั้นตอนที่ 2.) ของวิธีการที่ 1 ก็จะได้ยางชั้นในที่ผ่านการม้วนขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว ดังแสดง  
ในรูปที่ 2.26

2. ในการผลิตล้อยางต้นด้วยวิธีการที่ 3 ได้มีการสร้างแม่พิมพ์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการ  
อัดยางชั้นใน ดังแสดงในรูปที่ 2.27 นำยางชั้นในที่ม้วนบนเครื่องม้วนยางแบบใหม่ไปวางลงใน  
แม่พิมพ์ตัวล่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.28

3. อัดแม่พิมพ์ตัวบนประกบกับแม่พิมพ์ตัวล่างด้วยไฮดรอลิก ดังแสดงในรูปที่ 2.29 ทิ้งไว้สักครู่โดยไม่ต้องใช้ความร้อนอบยางชั้นใน อัดยางเสร็จแล้วแยกแม่พิมพ์ออกจากกันนำยางชั้นในออกจากแม่พิมพ์ ซึ่งจะเห็นว่ายางชั้นในที่ผ่านการอัดในแม่พิมพ์จะมีขนาดเล็กลงและมีความหนาแน่นกว่าเดิมดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.26 แสดงล้อยางชั้นในที่ม้วนขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว



ก) แม่พิมพ์ตัวล่าง



ข) แม่พิมพ์ตัวบน

รูปที่ 2.27 แสดงแม่พิมพ์ที่ใช้ในการอัดยางชั้นใน



รูปที่ 2.28 แสดงการนำยางในวางในแม่พิมพ์  
ตัวล่าง



รูปที่ 2.29 แสดงการอัดยางชั้นใน



รูปที่ 2.30 แสดงยางชั้นในที่ไม่ได้อัดกับยางชั้นในที่ได้อัด

4. ในขั้นตอนการผลิตนี้ทำการผลิตเช่นเดียวกับ ขั้นตอนที่ 3.) ของวิธีการที่ 1 และ  
ขั้นตอนที่ 3.), 4.) ของวิธีการที่ 2

วิธีการที่ 4 การผลิตล้อยางตันที่ควบคุมการม้วนยางชั้นในด้วยเครื่องม้วนที่สร้างขึ้นใหม่แล้วขึ้นรูป  
ยางชั้นในด้วยการอบร้อน เป็นการอบกึ่งสุกในแม่พิมพ์ตัวในก่อน เรียกว่า วิธีการพรีเคียว (pre-cure)  
ก่อนการนำไปพันกับยางชั้นนอกแล้วนำไปอบให้ยางสุกพร้อมกัน

ขั้นตอนในการผลิตล้อยางตันด้วยวิธีการที่ 4 สามารถอธิบายโดยละเอียดได้ดังนี้

1. ในขั้นตอนการผลิตล้อยางตันของวิธีการที่ 4 นี้ทำการผลิตเช่นเดียวกับขั้นตอน  
ที่ 1.) และ 2.) ของวิธีการที่ 3

2. อัดแม่พิมพ์ตัวบนประกบกับแม่พิมพ์ตัวล่างด้วยไฮดรอลิก โดยใช้แม่พิมพ์เดียวกันกับที่ใช้อัดยางชั้นใน ในการผลิตล้อยางต้นในวิธีการที่ 3 แล้วให้ความร้อนอบยางชั้นในที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เป็นการอบทิ้งสุกจากนั้นแยกแม่พิมพ์ออกจากกัน ทำการกระทุ้งยางจากด้านล่างให้ยางชั้นในหลุดออกจากแม่พิมพ์

3. ในขั้นตอนการผลิตนี้ทำการผลิตเช่นเดียวกับ ขั้นตอนที่ 4.) ของวิธีการที่ 3  
วิธีการที่ 5 การผลิตล้อยางต้นให้มีคุณภาพที่ต่ำ ผลิตให้ล้อยางต้นไม่สมดุล (Unbalance)

การผลิตล้อยางต้นด้วยวิธีการที่ 5 นี้ผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบ กระบวนการวิธีการและเครื่องทดสอบความสมดุลแรงเหวี่ยงรอบแกนหมุนล้อยางต้นที่ได้มีการสร้างชิ้นในงานวิจัยนี้ ว่าสามารถตรวจวัดความไม่สมดุลการหมุน (Rotating Unbalance) ของล้อยางต้น ได้หรือไม่ และใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบกับล้อยางต้นที่ผลิตด้วยวิธีการอื่นๆ โดยขั้นตอนหลักๆในการผลิตล้อยางต้นด้วยวิธีการที่ 5 สามารถอธิบายให้ละเอียดได้ดังนี้

1. ม้วนขึ้นรูปยางชั้นใน ให้ไม่มีความสม่ำเสมอระหว่างชั้นดังแสดงในรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 แสดงยางชั้นในที่ม้วนให้ไม่มีความสม่ำเสมอระหว่างชั้น

2. ในขั้นตอนการผลิต นี้ทำการผลิตเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 2.), 3.), 4.), 5.), 6.) และ 7.) ของวิธีการที่ 1