หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

โรงงานตัวอย่างและข้อมูลก่อนการปรับปรุง

3.1. ลักษณะและชนิดของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่างประกอบไปด้วย ยางรถยนต์นั่ง ยางรถบรรทุก ยางรถแทรกเตอร์ ยางใน ยางรอง และยางรถจักรยานยนต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1 โดยผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานนี้คือ ยางรถยนต์นั่งและยางรถบรรทุก ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงขอกล่าวถึงรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ทั้งสองนี้เป็นหลัก

การแบ่งประเภทของยางรถยนต์ จะแบ่งตามความแตกต่างของโครงสร้างชั้นใน ซึ่งแบ่งได้เป็น ยางผ้าใบธรรมดาหรือยางไบแอส (Bias tire) และยางเรเดียล (Radial tire)

ยางไบแอส (Bias tire) หรือ ยางผ้าใบธรรมดา หมายถึง ยางรถยนต์ที่มีโครงสร้างชั้นในประกอบด้วยผ้าใบที่มีลักษณะเรียงทำมุม 45-64 องศา กับแนวรัศมีหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นยางนั้น ลักษณะชั้นผ้าใบจะเรียงทำมุมซึ่งกันและกันตลอด โดยจำนวนผ้าใบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่ต้องการใช้งาน ยางไบแอสนี้ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาใช้ก่อนยางเรเดียล เนื่องจากการปูชั้นผ้าใบทำให้มุม 45-64 องศา นี้จะช่วยให้ยางรถยนต์มีความแข็งแรงมากขึ้น แต่ก็ไม่ให้ความนุ่มนวลในการขับขี่ ดังนั้น โครงสร้างแบบนี้จึงนิยมใช้สร้างยางรถยนต์ที่ต้องบรรทุกน้ำหนักมากๆ แต่ไม่ต้องการความเร็วสูง

ยางเรเดียล (Radial tyre) หมายถึง ยางรถยนต์ที่มีโครงสร้างชั้นในประกอบด้วยชั้นผ้าใบที่มีเส้นใยไนลอนหรือเรยอน เรียงทำมุม 90 องศากับเส้นรอบวง หรือศูนย์องศา กับแนวรัศมีของยางรถยนต์ จึงเรียกว่ายางเรเดียลนั่นเอง คือ เส้นใยจะมีการกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปตามแนวรัศมี โดยปกติแล้วเส้นยางเรเดียลเหมาะกับยางที่ต้องการความเร็วสูง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กับรถยนต์โดยสารนั่นเอง การที่ยางเรเดียลมีโครงสร้างแบบนี้ทำให้แก้มยางนิ่ม ซึ่งมีผลทำให้การทรงตัวด้านข้างต่ำมากในขณะขับขี่ทางโค้งหรือเปลี่ยนทิศทางอาจทำให้เกิดการเสียหลักได้ง่าย ดังนั้น จึงต้องมีส่วนที่แข็งแรงและสามารถเกาะถนนได้มาชดเชยกัน ส่วนที่มาชดเชยที่เรียกว่า สเต็บิไลเซอร์

ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนและชนิดของผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่าง

ผลิตภัณฑ์	ชนิด	ตระกูล	จำนวนขนาดยาง	ขนาดยางรวม
1. ยางเรเดียล	รถยนต์นั่ง	M 22	16	
		SPORTEX	1	
		RRA	7	
		FW	12	72
		MT	15	
		MC	14	
		CTR	3	
	ยางรถบรรทุก	MT	2	
		ST 2000	2	
2. ยางไบแอส	ยางรถบรรทุก	ATS	2	
		EMR	2	
		EM	1	
		AS	15	
		MS	6	
		HW	23	
		HWS	12	80
		SP	4	
	ยางรถแทรกเตอร์	FT	6	
		GD	2	
	ยางรถยนต์ที่ใช้ในสำหรับวิ่งในทะเลทราย	DT	6	
		RC	1	
		IL	4	
3. ยางใน	-	-	54	54
4. ยางรอง	-	-	10	10
5. ยางรถจักรยานยนต์	-	M 35	13	
		M 45	5	25
		M 85	7	

พลาย (Stabilizer ply) ซึ่งทำหน้าที่รัดหน้ายาง ในยางเรเดียลรุ่นแรกๆ ชั้นสเตบิไลเซอร์พลาย นี้เป็นผ้าใบที่ทำจากเส้นใยเรยอนซึ่งให้ผลดีและมีกำลังวัสดุสูงกว่าไนลอน แต่เส้นใยเรยอนมีข้อเสียคือ สามารถดูดความชื้นได้ ซึ่งทำให้ยางแยกออกจากเส้นใยในขณะทำการอบ ดังนั้น ในกระบวนการผลิตขั้นตอนนี้จะต้องมีการควบคุมความชื้นอย่างมาก โดยเฉพาะการผลิตยางในประเทศไทยซึ่งมีความชื้นในอากาศสูง การใช้เรยอนเป็นสเตบิไลเซอร์พลายจึงมีความยุ่งยากมาก ดังนั้น บางแห่งจึงใช้เส้นใยโพลิเอสเตอร์แทน

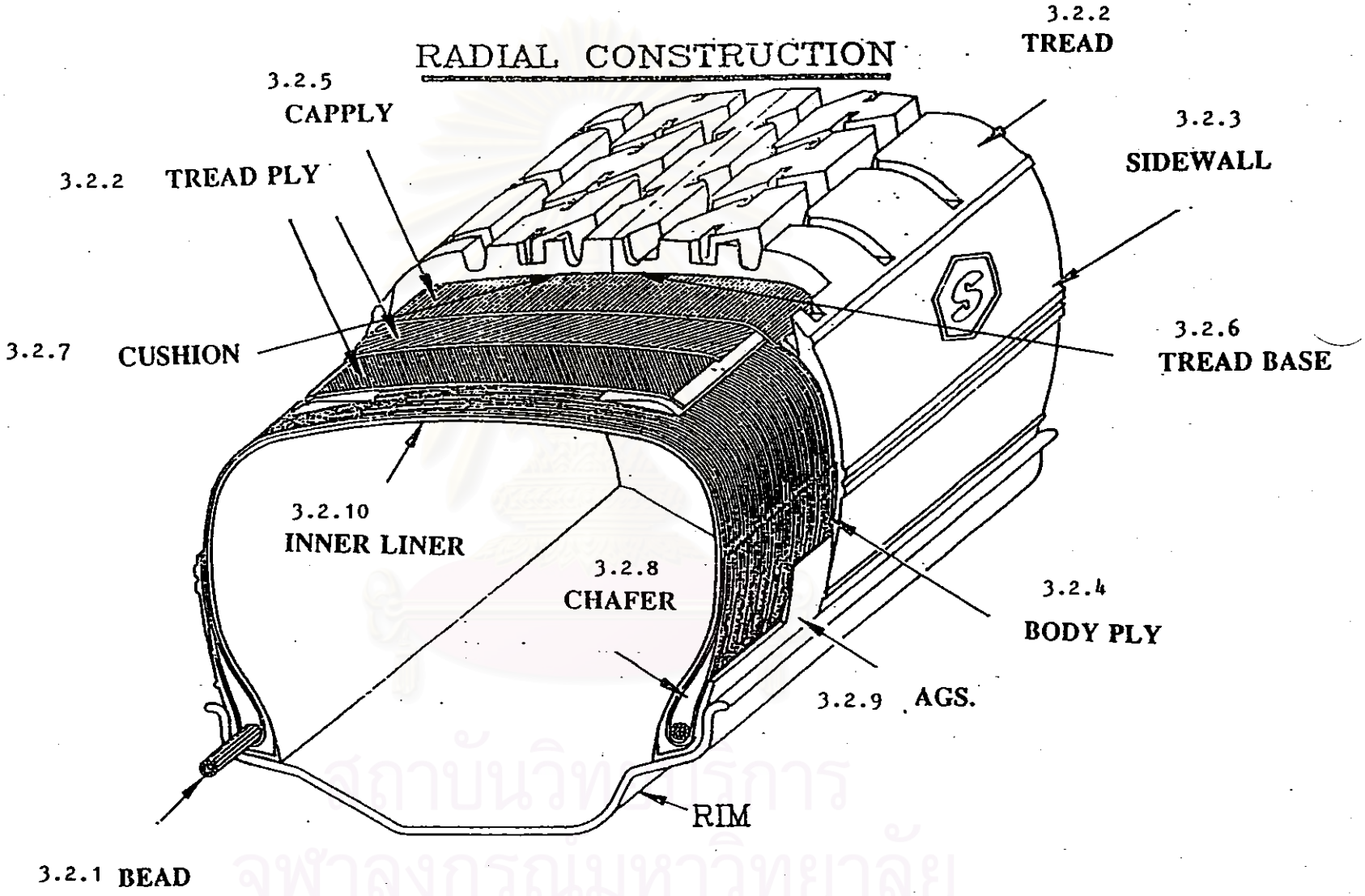
ยางเรเดียลที่ใช้ผ้าใบเป็นสเตบิไลเซอร์พลายนี้ ยังมีการเกาะถนนไม่ดีนักอีกทั้งดอกยางยังไม่มีความแข็งแรงพอ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเพื่อให้ดอกยางและหน้ายางมีความแข็งแรงเป็นพิเศษ โดยใช้เส้นลวดในการทำสเตบิไลเซอร์พลายแทนที่ผ้าใบ โดยโครงสร้างเส้นลวดนี้เรียกว่า เข็มขัดรัดหน้ายาง (Steel belt)

3.2. ส่วนประกอบของยางรถยนต์

ในยางรถยนต์แต่ละชนิดจะมีโครงสร้างภายในที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการนำยางรถยนต์นั้นไปใช้งาน แต่ยางรถยนต์ทุกชนิดจะมีโครงสร้างพื้นฐานที่คล้ายกันดังรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1. ขอบยาง (Bead)

ขอบยางเป็นส่วนประกอบของยางรถยนต์ที่อยู่ติดกับกะทะล้อ ทำหน้าที่รักษารูปร่างของยางรถยนต์และเป็นส่วนที่ทำให้ยางติดกับกะทะล้อ รวมทั้งยังช่วยป้องกันไม่ให้อากาศภายในยางรถยนต์รั่วออกที่บริเวณรอยต่อระหว่างยางกับกะทะล้อ เส้นลวดพวกนี้ถูกเคลือบด้วยยางก่อนจะนำมาประกอบเป็นขอบลวด และจากนั้นจะถูกนำมาหุ้มด้วยยางที่แข็งแรง (Bead filler) ซึ่งเป็นส่วนที่ช่วยรองรับน้ำหนักที่ตกลงมาจากขอบยาง และช่วยให้ชั้นผ้าใบในส่วนที่พับอยู่ได้รูปทรง เส้นลวดที่ที่ใช้ทำขอบยางนี้ เป็นลวดเหล็กที่ถูกฉาบด้วยทองแดงหรือทองเหลือง เพื่อป้องกันการเกิดสนิม



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของยางรถยนต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2. หน้ายาง (Tread)

หน้ายาง คือ ยางส่วนนอกหรือดอกยาง เป็นส่วนนอกสุดของยางที่สัมผัสถนน ยางส่วนนี้จะทำให้เกาะกับถนน ดังนั้นเนื้อยางที่ใช้ทำหน้ายางจึงต้องเป็นส่วนผสมที่ให้ความแข็งแรงและทนทานต่อการเสียดสีสึกกร่อนสูง วิศกรจะต้องออกแบบยางให้มีการเกาะถนนดีและมีความเหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะอย่าง ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ยางประเภทหนึ่ง ๆ จะแบ่งออกเป็นหลายแบบ ขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อยาง ดอกยาง และขนาดยาง

3.2.3. แก้มยาง (Sidewall)

แก้มยางเป็นส่วนนอกสุดของยางที่อยู่ระหว่างขอบยางและหน้ายาง คุณสมบัติของแก้มยาง คือ ต้องมีความคงทนต่อสภาพอากาศและแสงแดด เนื้อยางที่ใช้ทำแก้มยางนี้อาจเป็นยางชนิดแข็งหรืออ่อนก็ได้แต่ยางชนิดอ่อนจะทำให้แก้มยางมีความยืดหยุ่นได้มากกว่าจึงสามารถรับแรงกระแทกจากพื้นถนนที่ขรุขระได้และยังช่วยป้องกันกระเทือนได้ดีอีกด้วย นอกจากนี้แก้มยางยังเป็นส่วนที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับยางเส้นนั้น ๆ รายละเอียดที่อยู่บนแก้มยาง ได้แก่ เครื่องหมายการค้า ชื่อเรียก ขนาดของยาง ฯลฯ

3.2.4. โครงชั้นใน (Carcass หรือ Body)

โครงชั้นใน คือ เส้นไนลอนที่ฉาบยางซ้อนกันเป็นชั้น ซึ่งส่วนนี้จะเป็นโครงสร้างของยางทั้งเส้น ความแข็งแรงทนทานนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นผ้าใบของไนลอน ผ้าใบที่ใช้กันในตอนแรกเป็นผ้าใบที่ทำด้วยฝ้ายต่อมานิยมใช้เรยอนและไนลอนแทน แต่เนื่องจากเรยอนดูดความร้อนได้ดี ทำให้ยางไม่ฉาบแน่น เป็นสาเหตุให้ยางบวมภายหลังการอบ ปัจจุบันจึงนิยมใช้ไนลอนมากที่สุด ผ้าใบที่ฉาบยางแล้วจะนำไปตัดให้ได้ขนาดเป็นแถบพอเหมาะกับขนาดล้อ เพื่อนำมาประกอบเป็นยางรถยนต์ต่อไป

3.2.5. ผ้าใบรัดหน้ายาง (Cap Ply)

ผ้าใบรัดหน้ายางเป็นชั้นผ้าใบที่มีอยู่เฉพาะในยางเรเดียลเสริมใยเหล็ก โดยอยู่ระหว่างหน้ายางกับสเตบิไลเซอร์พลายที่เป็นใยเหล็ก ผ้าใบชั้นนี้ช่วยรัดสเตบิไลเซอร์พลายให้อยู่เฉพาะหน้า

ยางและมิให้ใยเหล็กนี้ทำความเสียหายแก่หน้ายาง ผ้าใบรัดหน้ายางเป็นผ้าใบเช่นเดียวกับโครงสร้างชั้นในแต่ไม่ได้ทำหน้าที่ในการรับน้ำหนัก จึงไม่จัดรวมอยู่ในโครงชั้นใน

3.2.6. ส่วนช่วยระบายความร้อน (Tread Base)

ส่วนช่วยระบายความร้อน เป็นยางที่อยู่บริเวณไหล่ของหน้ายางรถยนต์ ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากหน้ายาง เนื่องจากบริเวณไหล่ของหน้ายางไบแอสเป็นส่วนที่หนาที่สุดของยาง จึงสะสมความร้อนไว้มากที่สุดและจำเป็นต้องมีส่วนที่มาช่วยในการระบายความร้อน เพื่อป้องกันการระเบิดของยางในขณะวิ่ง

3.2.7 คูชั่น (Cushion)

คูชั่น คือ ส่วนของยางซึ่งเป็นแผ่นบาง ๆ เสริมติดไว้ใต้ดอกยาง เพื่อให้ดอกยางเกาะติดกับโครงชั้นในได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.2.8 เชฟเฟอร์ (Chafer)

เชฟเฟอร์ เป็นชั้นผ้าใบที่ใช้หุ้มขอบยางให้กระชับยิ่งขึ้น เนื่องจากแก้มยางและขอบยางเป็นส่วนที่รับน้ำหนักมากส่วนหนึ่ง น้ำหนักส่วนนี้อาจทำให้ยางหลุดจากขอบกะทะล้อได้ จึงต้องมีเชฟเฟอร์มาเพิ่มความแข็งแรงแก่ขอบยางและแก้มยาง

3.2.9. ยางป้องกันการเสียดสี (Abrasion Gum Strip หรือ AGS.)

ยางป้องกันการเสียดสี เป็นส่วนของยางที่นำมาเสริมบริเวณขอบยาง เพื่อป้องกันการสึกกร่อนเนื่องจากการเสียดสีของขอบยาง ยางที่นำมาใช้ทำยางป้องกันการเสียดสีนี้ต้องมีคุณสมบัติทนต่อการเสียดสีได้ดี

3.2.10. ยางแทนยางใน (Inner Liner)

ยางแทนยางใน คือ ส่วนของยางในชั้นในสุด ซึ่งต้องมีในยางรถยนต์ชนิดที่ไม่ใช้ยางใน โดยยางที่ใช้ทำจะเป็นยางสังเคราะห์ประเภท ฮาโลบิวทิล หรือ ยางโบรโมบิวทิล ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการรั่วซึมของอากาศได้ดีมาก ยางแทนยางในนี้จะช่วยให้อากาศอยู่ในยางรถยนต์ได้มากและนานขึ้น จึงไม่จำเป็นต้องมีการสูบลมบ่อย ๆ และยังมิให้อากาศผ่านเข้าไปถึงชั้นในของใยเหล็กซึ่งอาจทำให้เกิดสนิมได้ง่าย นอกจากนี้การใช้ยางแทนยางในยังช่วยป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายจากการระเบิดอีกด้วย

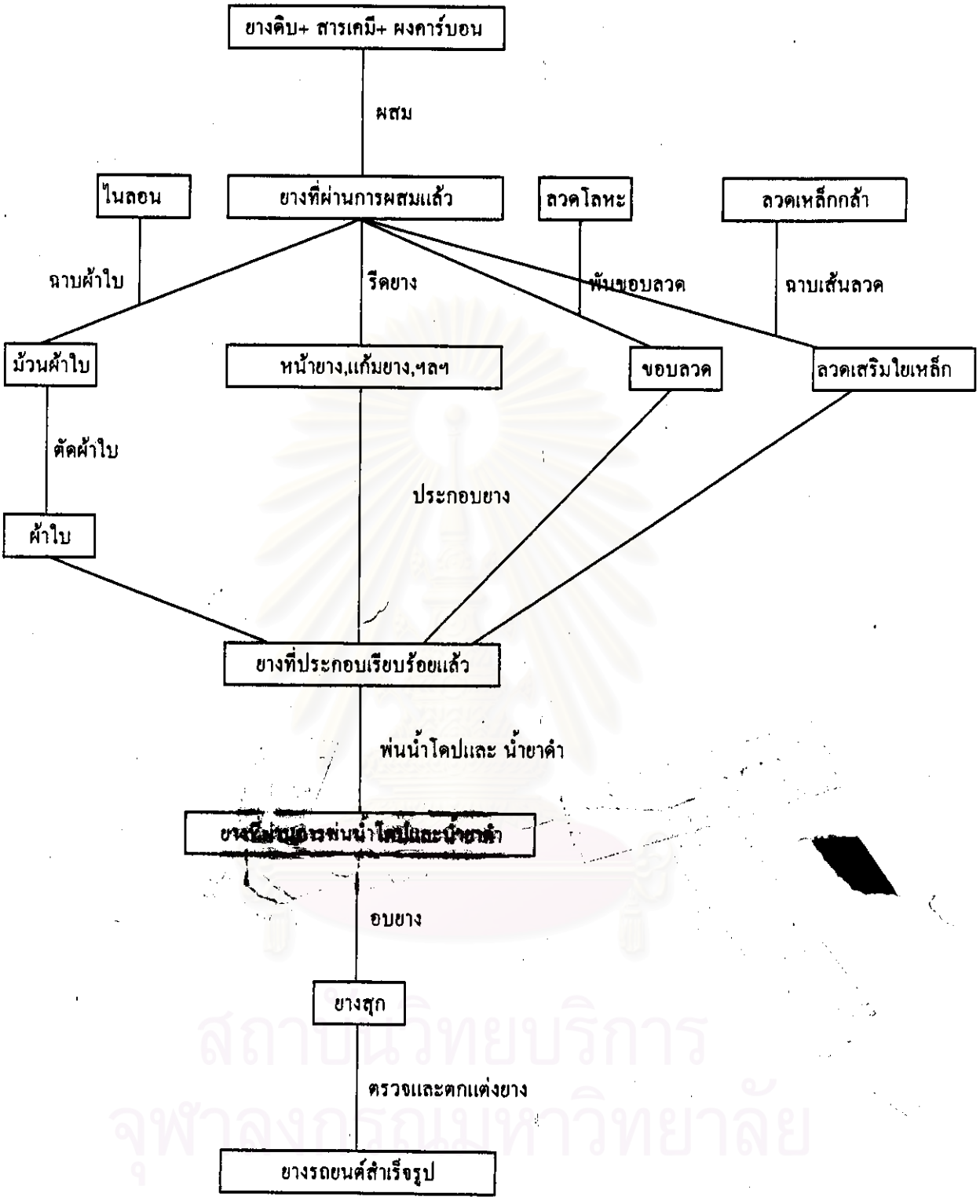
3.3. ขั้นตอนในการผลิตยางรถยนต์

ในยางรถยนต์เส้นหนึ่ง ๆ จะมียางดิบที่ผสมกับพวกเคมีภัณฑ์อยู่ 85% ส่วนผสมจะแตกต่างกันแล้วแต่สภาพการใช้งานของแต่ละส่วน โดยทั่วไปส่วนผสมจะประกอบด้วย 50% ของยางธรรมชาติและเคมีภัณฑ์ นอกนั้นเป็นยางสังเคราะห์ สำหรับ 15% ที่เหลือเป็นพวกไนลอน สำหรับทำโครงชั้นในและเส้นลวดสำหรับทำขอบล้อและเรยอนสำหรับทำโครงสร้างรับแรง

ขั้นตอนต่างในการผลิตยางรถยนต์มีหลายขั้นตอน ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 โดยมีลำดับดังนี้

1. การผสมยาง
2. การรีดยาง
3. การเคลือบยางลงบนผ้าใยไนลอน
4. การตัดผ้าใบไนลอน
5. การทำขอบยาง
6. การทำเส้นลวดเสริมใยเหล็ก
7. การประกอบยางรถยนต์
8. การพ่นน้ำโดป (Dope) ที่ท้องยาง
9. การพ่นน้ำยาดำ (Blemish) ที่แก้มยาง
10. การอบยาง
11. การตรวจและตกแต่งยาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 แสดง กรรมวิธีการผลิตยางรถยนต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.1 การผสมยาง (Mixing)

จากสูตรของการผสมยาง จะกำหนดอัตราส่วนของวัตถุดิบและเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ ไว้ การผสมยางทำได้ 2 วิธีคือ

1. การผสมในเครื่องผสมบานบูรี (Banbury Mixer)
2. การผสมบนลูกกลิ้ง (Mill)

การผสมยางส่วนใหญ่จะทำการผสมในเครื่องบานบุรี เนื่องจากใช้เวลาในการผสมน้อยกว่า และสามารถผสมยางในปริมาณที่มากกว่า ซึ่งในบานบุรีมีการควบคุมกระบวนการผสมยางได้ 4 วิธี

- การใช้เวลา (Timer) วิธีนี้ไม่เหมาะสมในกรณีที่บานบุรีมีอุณหภูมิสูง ซึ่งจะทำให้ยางที่ผสมได้รับความร้อนมากเกินไปอาจทำให้ยางไหม้ (Lumpy)
- การใช้อุณหภูมิ (Temperature) ในกรณีที่อุณหภูมิคงที่ วิธีนี้จะเหมาะสม แต่ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้ยางผสมกันไม่ดี
- การใช้กำลังงานควบคุม (Power) วิธีนี้จะได้ผลดีเมื่อการควบคุมด้วยอุณหภูมิไม่ได้ผล คือ เหมาะที่จะดำเนินการในช่วงอุณภูมิบานบุรีสูง
- การใช้พลังงานควบคุม (Energy) วิธีนี้มีประสิทธิภาพดีพอ ๆ กับการใช้อุณหภูมิในการควบคุม

เมื่อผสมยางจนถึงจุดที่กำหนดแล้วประตูของเครื่องผสม (Gate) ก็จะเปิดออก และยางจะตกลงมาจากบานบุรีลงสู่ลูกกลิ้งด้านล่าง ขั้นตอนการผสมยางมี 3 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอนการผสมยางขั้นตอนแรก (Master Batch)
- ขั้นตอนการบดยางให้นิ่มลง (Remill)
- ขั้นตอนการผสมยางขั้นตอนสุดท้าย (Final Step)

การผสมยางขั้นตอนแรก เป็นการผสมยางดิบซึ่งอาจจะเป็นยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ หรือในบางสูตรมียางทั้งสองชนิดผสมกันให้เข้ากันกับสารเคมี แต่จะไม่รวมถึงสารวัลคาไนซ์ ตัวเร่งปฏิกิริยา สารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยา รีทาร์เดอร์ ซึ่งถ้าผสมสารเหล่านี้ในขั้นตอนนี้จะทำให้ยางสุกก่อนที่จะนำไปใช้งาน รวมทั้งอุณหภูมิในการผสมยางจะต้องควบคุมไม่ให้มากเกินไป คือ

ประมาณ 300°F ในกรณีที่สารเคมีที่จะเติมมีอยู่มากก็จะทำการผสมยางขั้นตอนแรกซ้ำอีก โดยการแบ่งสารเคมีครึ่งหนึ่งเข้าไปผสมก่อน จากนั้นจะนำยางที่ผ่านการผสมนี้มาผสมอีกครั้งหนึ่ง โดยการเติมสารเคมีส่วนที่เหลือมาผ่านกระบวนการในครั้งที่สองนี้

การบดยางให้นิ่มลง เป็นกระบวนการต่อจากการผสมยางในขั้นตอนแรก ซึ่งในยางบางสูตรอาจจะไม่ต้องทำขั้นตอนนี้ เพียงแต่ทำให้ยางนิ่มพอเหมาะก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการผสมต่อไป อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 250-300° F

การผสมยางขั้นตอนสุดท้าย เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผสมยาง ขั้นตอนนี้จะใส่สารวัลคาไนซ์รวมทั้งตัวเร่งปฏิกิริยา สารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยา และรีทาร์เดอร์ อาจใส่ทุกตัวหรือใส่เฉพาะบางตัวขึ้นอยู่กับสูตรของยางแต่ละสูตร ซึ่งสารที่ใส่ลงไปนั้นจะเป็นสารสำคัญที่ทำให้ยางถูกวัลคาไนซ์ ขั้นตอนนี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิให้แน่นอน มิฉะนั้นยางจะสุกก่อนจะนำไปใช้งาน อุณหภูมิในการอบยางไม่ควรเกิน 220°F

ยางที่ผ่านการผสมในบานบุรี จะถูกนำไปบดในลูกกลิ้งก่อน แล้วจึงถูกส่งไปตามสายพาน ในช่วงที่อยู่บนสายพานยางจะถูกฉีดด้วยน้ำสบู่ เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิของยางที่ผสมแล้วไม่ให้ร้อนเกินไป และมีการเป่าลมเพื่อให้น้ำสบู่แห้ง น้ำสบู่นี้จะช่วยให้ยางไม่ติดกัน ซึ่งง่ายต่อการนำยางไปใช้ในขั้นตอนอื่นต่อไป

3.3.2 การรีดยาง (Extrusion)

ยางที่ผ่านการผสมจะถูกนำมารีดยาง (Extrude) เพื่อจะออกมาเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น หน้ายาง แก้มยาง ฯลฯ

เครื่องรีดยางที่ใช้มี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องรีดยางแบบร้อน (Hot Feed Extruder) คือ เครื่องรีดยาง ที่ต้องมีการอุ่นยาง โดยการผ่านลูกกลิ้ง แล้วตัดเป็นแผ่นก่อนเข้าเครื่องรีดยาง

2. เครื่องรีดยางแบบเย็น (Cold Feed Extruder) คือ เครื่องรีดยาง ที่ไม่ต้องมีการอุ่นยางก่อนนำยางผ่านเข้าเครื่องรีดยาง แต่ภายในเครื่องรีดยางสามารถตั้งอุณหภูมิในการอุ่นยางได้

เครื่องรีดยางที่ใช้รีดหน้ายาง เรียกว่า เครื่องรีดยางสองหัว (Dual Head Tuber) ซึ่งเป็นเครื่องรีดยางแบบเย็น โดยยางจะถูกอุ่นภายในตัวเครื่องเอง ภายในตัวเครื่องจะมีระบบหล่อเย็นอยู่ที่หัวเพื่อป้องยางสุกตัว อุณหภูมิที่ยางถูกรีดออกมาจะอยู่ในช่วงที่กำหนด เพราะถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปยางจะถูกรีดไม่ออก ถ้าสูงเกินไปยางจะไหม้ ยางที่ออกจากหัวรีดจะผ่านมาตามสายพาน จากนั้นยางจะถูกเคลือบด้วยคูชั่นและแผ่นช่วยระบายความร้อน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่รองใต้หน้ายาง เพื่อให้ยางติดกับผ้าใบได้ดียิ่งขึ้น ยางที่ผ่านการรีดจะถูกฉีดด้วยน้ำเพื่อให้ยางเย็นลงตัวก่อนจะถูกตัดตามขนาดความยาวที่กำหนดและจัดเก็บ

3.3.3. การเคลือบยางลงบนผ้าใบ (Calendering)

ผ้าใบที่ใช้ในการผลิตเป็นไนลอน ซึ่งเป็นเส้นใยทางวิทยาศาสตร์ โดยทำหน้าที่เป็นโครงยางที่ทำให้ส่วนต่างๆ ของยางรถยนต์ยึดติดกันได้ การเคลือบยางกับผ้าใบจะกระทำด้วยเครื่อง ฉาบผ้าใบ (Calender machine) ซึ่งเป็นแบบ 3 ลูกกลิ้ง จึงไม่สามารถฉาบยางลงบนผ้าใบครั้งละ 2 หน้าได้ ยางที่ต้องนำมาเคลือบต้องผ่านการควบคุมอย่างดีจากห้องทดลอง

การเคลือบผ้าใบจะเริ่มต้นด้วยการขึงผ้าใบให้ตึงที่สุด จากนั้นจะถูกส่งมาที่ลูกกลิ้ง 3 ตัว เรียงตัวในแนวดิ่ง ยางที่ใช้จะถูกบดบนลูกกลิ้ง และถูกอัดด้วยความดันให้ยางแทรกเข้าไปตามร่องของผ้าใบที่ลูกกลิ้งล่าง ความดันที่ใช้ประมาณ 800-1000 psi.

3.3.4. การตัดผ้าใบ (Stock Cutting)

ผ้าใบที่ถูกเคลือบด้วยยางแล้ว จะถูกนำมาตัดด้วยเครื่องอัตโนมัติ ซึ่งสามารถตั้งมุมที่จะตัดตามต้องการได้ มุมของผ้าใบ (Bias Angle) จะมีผลเกี่ยวกับการทรงตัวของยาง จึงต้องคำนึงถึงเรื่องมุมเป็นสำคัญ ซึ่งมุมผ้าใบของยางเรเดียลจะตัดตั้งฉากกับผ้าใบ ส่วนผ้าใบของยางไบแอส จะตัดทำมุม 45-60 องศากับผ้าใบ

3.3.5. การทำขอบยาง (Bead Winding)

ขอบยางเปรียบเสมือนจุดศูนย์กลางของยาง เป็นแกนให้กับยางทั้งเส้น ถ้าขอบยางเกิดการเสียหาย อาจทำให้เกิดการเสียชีวิตได้ ส่วนนี้จึงเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เส้นลวดที่ทำขอบยางเป็นเส้น

ลวดที่มีความเหนียวแน่นเป็นพิเศษ เส้นลวดนี้จะถูกฉาบด้วยทองแดง และยางอีกชั้นหนึ่งจากเครื่องรีดยางเล็ก ๆ แล้วถูกม้วนพันเข้ามาด้วยวงล้อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตามที่กำหนดจนครบรอบที่ต้องการ ก็จะถูกตัดออกโดยอัตโนมัติ

3.3.6. การทำเส้นลวดเสริมใยเหล็ก (Steeled Belt)

ลวดเสริมใยเหล็กนี้ จะมีเฉพาะในยางเรเดียลเท่านั้น โดยขั้นตอนในการผลิตจะเริ่มจากการนำเส้นลวดเหล็กกล้าที่มีความแข็งแรงสูง ซึ่งผ่านการควบคุมความชื้นมาร้อยผ่านแม่พิมพ์ ให้เรียงตัวเป็นระเบียบ แล้วฉาบด้วยยาง หลังจากนั้นนำมาตัดให้ได้ความกว้างตามที่ต้องการ โดยการตัดเส้นลวดเสริมใยเหล็กนี้จะตัดเป็นมุมเฉียง ประมาณ 63-71 องศา

3.3.7. การประกอบยาง (Tire Assembly)

เมื่อส่วนประกอบต่าง ๆ ถูกตระเตรียมเรียบร้อยแล้ว ก็ถึงขั้นตอนการนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกันเป็นยางรถยนต์ ซึ่งจะแบ่งเป็น การประกอบยางไบแอส และ การประกอบยางเรเดียล

การประกอบยางไบแอส มีขั้นตอนในการประกอบดังรูปที่ 3.3 ดังนี้

1. ทาน้ำยา เพื่อให้ผ้าใบยึดเกาะกับขอบถัง (Drum)
2. ปูผ้าใบ
3. ใส่ขอบลวด
4. รีดพับผ้าใบ
5. ปูผ้าใบที่เหลือ
6. ปู หน้ายาง และ แก้มยาง
7. รีดยางตลอดถัง และนำยางออกจากถัง

การประกอบยางเรเดียล มีการประกอบ 2 ขั้นตอน ดังรูปที่ 3.4 และ 3.5

ขั้นตอนที่ 1 1. ปูยางแทนยางใน
2. ปูผ้าใบ

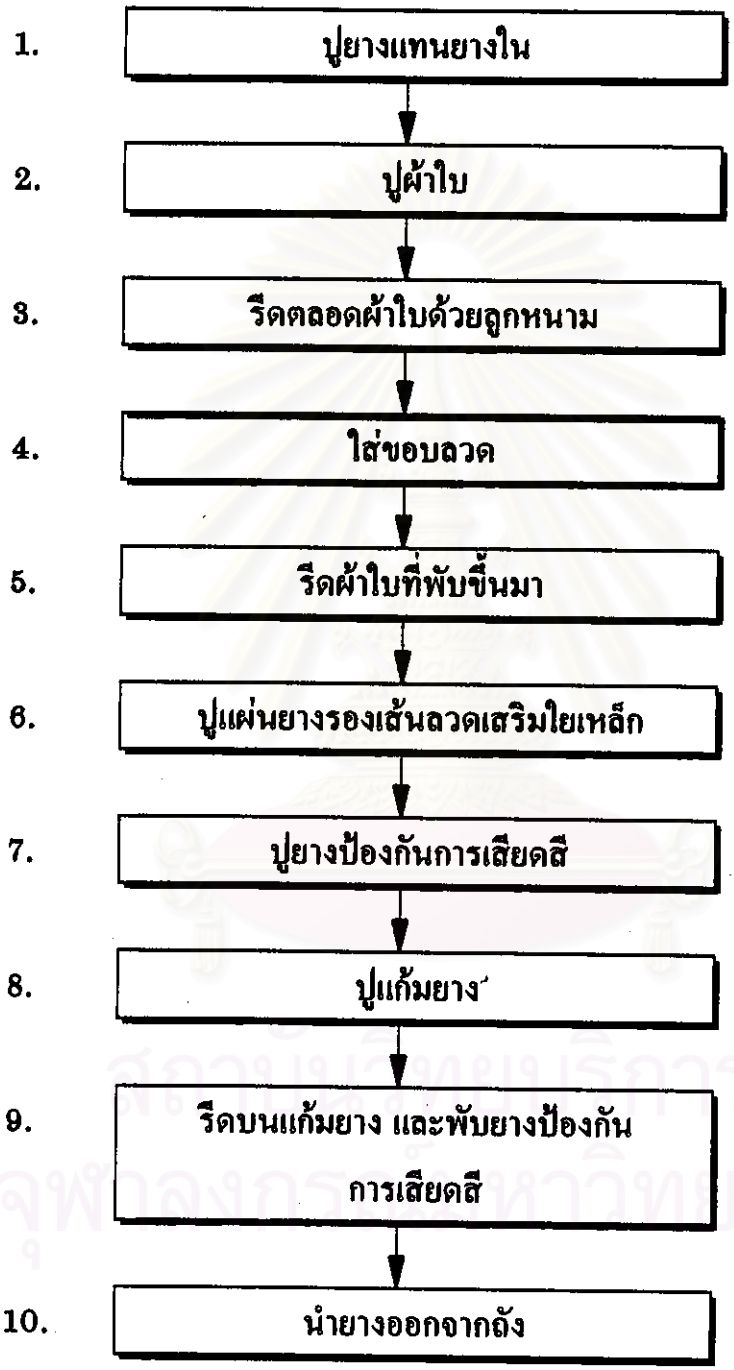
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการสร้างยางไบแอส

รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการสร้างยางไบแอส

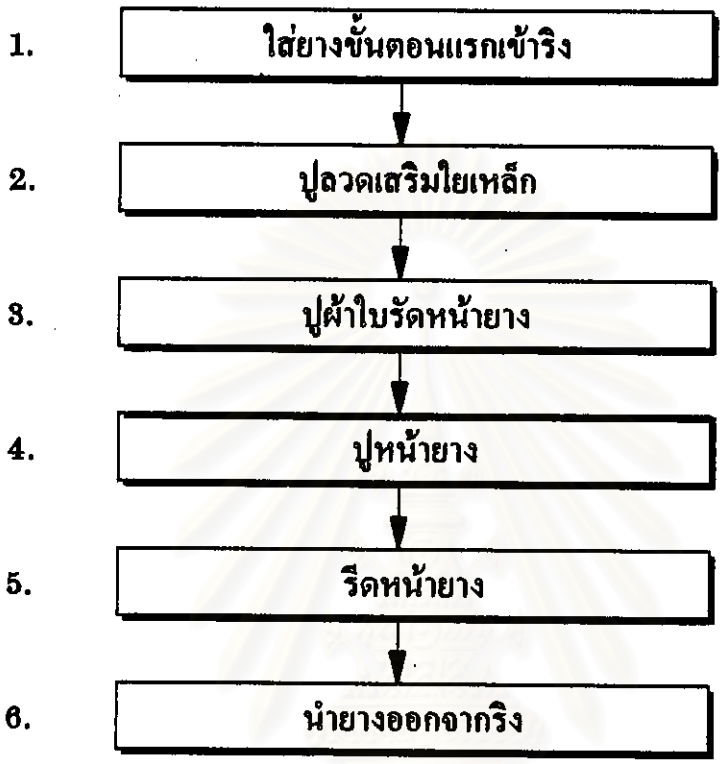
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการสร้างยางเรเดียลขั้นตอนแรก



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการสร้างยางเรเดียลขั้นตอนแรก

ขั้นตอนการสร้างยางเรเดียลขั้นตอนที่สอง



รูปที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการสร้างยางเรเดียลขั้นตอนที่สอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17919027

3. รีดตลอดผ้าใบ ด้วยลูกหนาม
4. ใส่ขอบลวด
5. รีดผ้าใบที่พับขึ้นมา
6. ปูแผ่นยางรองเส้นลวดเสริมใยเหล็ก (TPI.)
7. ปูยางป้องกันการเสียดสี
8. ปูแก้มยาง
9. รีดแก้มยาง และพับยางป้องกันการเสียดสี
10. นำยางออกจากถัง

ขั้นตอนที่ 2
1. ใส่ยางขั้นตอนแรกเข้าริง
2. ปูลวดเสริมใยเหล็ก
3. ปูผ้าใบรัดหน้ายาง
4. ปูหน้ายาง
5. รีดหน้ายาง
6. นำยางออกจากริง

3.3.8. การอบยางให้สุก

การอบยาง เป็นการนำยางที่ผ่านการประกอบเรียบร้อยแล้ว มาทำให้เกิดปฏิกริยาวัลคาไนเซชั่นโดยการอบให้สุก ยางก่อนที่จะเข้าอบต้องทาด้วยน้ำโคปซึ่งเป็นสารหล่อลื่นบริเวณภายในท้องยาง เพื่อป้องกันการติดกันของยางกับแบลดเดอร์ (Bladder) ในขณะทำการอบ ยางที่ผ่านการอบแล้วจะมีความแข็งแรงมากขึ้น คุณสมบัติต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปจากเมื่อเป็นยางดิบ สิ่งที่ทำให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์ คือ ความร้อน ออกซิเจน และแสงอาทิตย์ แต่ที่ใช้ในการผลิตนี้ คือ ความร้อนจากไอน้ำ

3.4. สภาพทั่วไปของปัญหาก่อนการปรับปรุง

ปัญหาในการผลิตยางของโรงงานนี้คือมีต้นทุนการผลิตที่สูง โดยมีสาเหตุหลักจากยางเสียที่พบหลังจากการอบยางแล้วที่แผนกตรวจและตกแต่งยางดังนี้

1. ปัญหาการมีลมขังในยาง (Separation)
2. ปัญหายางขาดความสมดุลย์ (Runout over specification)
3. ปัญหาขอบลวดหักงอ (Kink bead)
4. ปัญหาแบลดเดอร์พับใต้ท้องยาง (Pinch bladder)
5. ปัญหาแก้มยางแตก (Crack sidewall)
6. ปัญหาแบลดเดอร์รั่วขณะอบยาง (Bladder leak)
7. ปัญหาเส้นผ้าใบแยก (Spread cord)
8. ปัญหามีสิ่งแปลกปลอมปะปนในยาง (FM.)
9. ปัญหายางเสียรูป (Deformation)
10. ปัญหาการอบยางผิดแบบ (Wrong mold)

ซึ่งจากการเก็บข้อมูลของยางเสียตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤษภาคม 2540 ของยางเรเดียลและยางไบแอสแสดงได้ดังตารางที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ โดยมีสัดส่วนของยางเสีย 0.997% ของยอดผลิตทั้งหมดสำหรับยางเรเดียลและ 0.032% จากยอดผลิตสำหรับยางไบแอส ซึ่งจากข้อมูลยางเสียข้างต้นเมื่อนำมาวิเคราะห์โดยใช้ผังพาเรโต จะแสดงได้ดังรูปที่ 3.6 และ 3.7 (รายละเอียดของยางเสียในแต่ละเดือนจะแสดงได้ดังภาคผนวก ก.) โดยชนิดของยางเสียส่วนใหญ่ของยางเรเดียลคือ ปัญหามีลมขังในยาง (Separation), ปัญหายางขาดความสมดุลย์ (Runout Over Specification) และขอบลวดหักงอ (Kink Bead) ขณะที่ยางเสียส่วนใหญ่ในยางไบแอส คือปัญหาขอบลวดหักงอ และปัญหาแบลดเดอร์รั่วในขณะอบยาง (Bladder Leak) ซึ่งจากการศึกษาวิจัยนี้จะมุ่งแก้ปัญหาหลักข้างต้นเป็นสำคัญเพื่อลดปัญหาด้านต้นทุนในการผลิตของโรงงานแห่งนี้

3.5 การวิเคราะห์หาปัจจัยทางคุณภาพ

แนวทางการวิเคราะห์ปัญหายางเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตนี้จะใช้เครื่องมือทางคุณภาพ 4 อย่าง ค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของข้อบกพร่อง โดยมุ่งเน้นที่จะควบคุมปัจจัยทางคุณภาพเพื่อลดยางเสีย ซึ่งเครื่องมือทางคุณภาพดังกล่าว ได้แก่

1. แผนผังแสดงเหตุและผล (Causes and Effects diagram)
2. แผนภาพต้นไม้ (Tree diagram)
3. แผนภาพความสัมพันธ์ (Relatiom diagram)

ตารางที่ 3.2 แสดงจำนวนยางเสียของยางเรเดียลตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤษภาคม 2540 จากยอดผลิต 546,620 เส้น

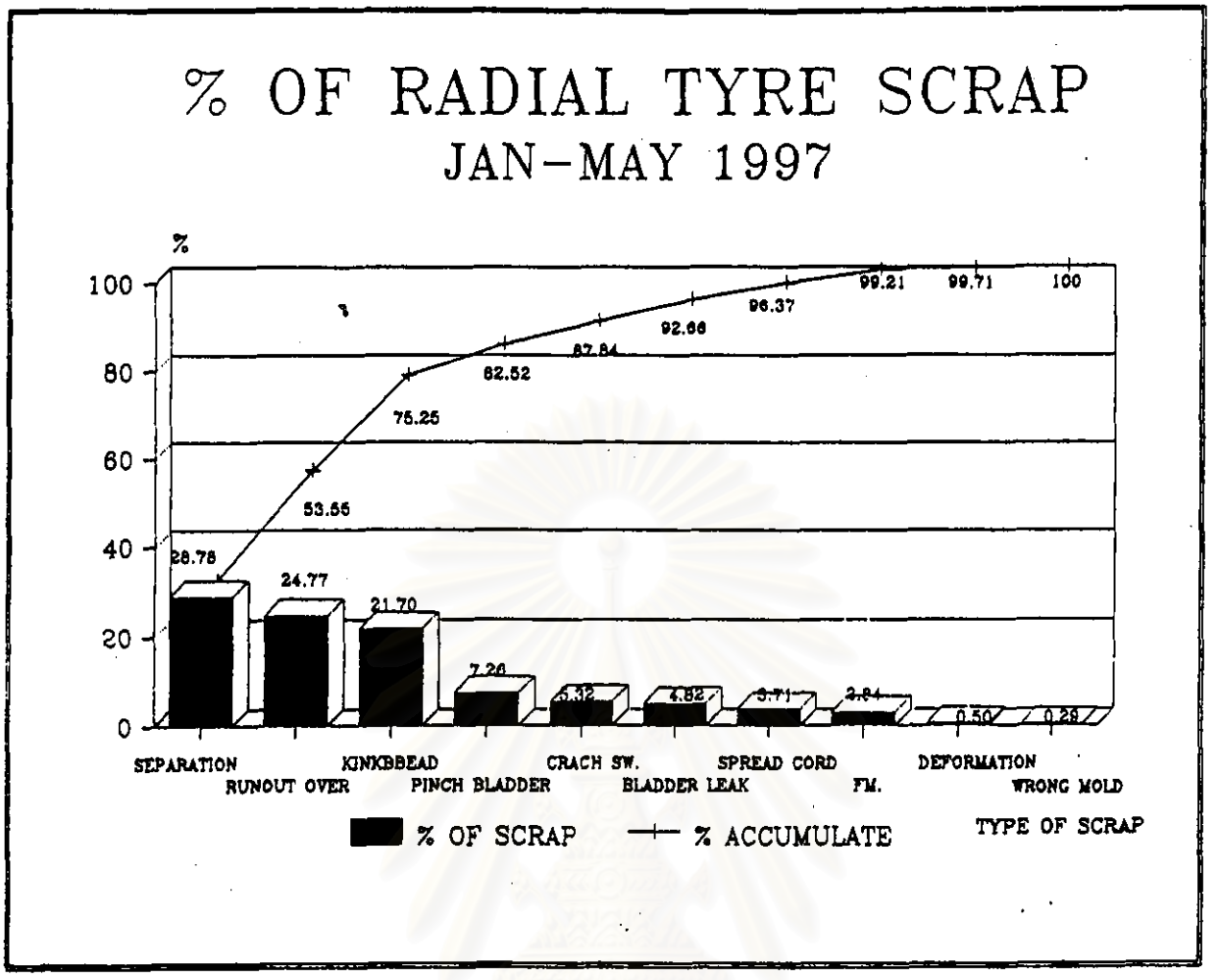
ชนิดของยางเสีย	จำนวน(เส้น)	%	% สะสม	% จากยอดผลิต
1. SEPARATION	1569	28.78	28.78	0.287
2. RUNOUT OVER SPEC.	1350	24.77	53.55	0.247
3. KINK BEAD	1183	21.70	75.25	0.216
4. PINCH BLADDER	396	7.26	82.52	0.072
5. CRACK SIDEWALL	290	5.32	87.84	0.053
6. BLADDER LEAK	263	4.82	92.66	0.048
7. SPREAD CORD	202	3.71	96.37	0.037
8. FM. (FOREIGN MAT'L)	155	2.84	99.21	0.028
9. DEFORMATION	27	0.50	99.71	0.005
10. WRONG MOLD	16	0.29	100.00	0.003
รวม	5451	100.00		0.997

แหล่งข้อมูล : แผนกตรวจและตกแต่งยาง

ตารางที่ 3.3 แสดงจำนวนยางเสียของยางไบแอสตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤษภาคม 2540 จากยอดผลิต 211,344 เส้น

ชนิดของยางเสีย	จำนวน(เส้น)	%	% สะสม	% จากยอดผลิต
1. KINK BEAD	42	62.69	62.69	0.020
2. BLADDER LEAK	16	23.88	86.57	0.008
3. FM. (FOREIGN MAT'L)	6	8.96	95.52	0.003
4. WRONG MOLD	3	4.48	100.00	0.001
รวม	67	100		0.032

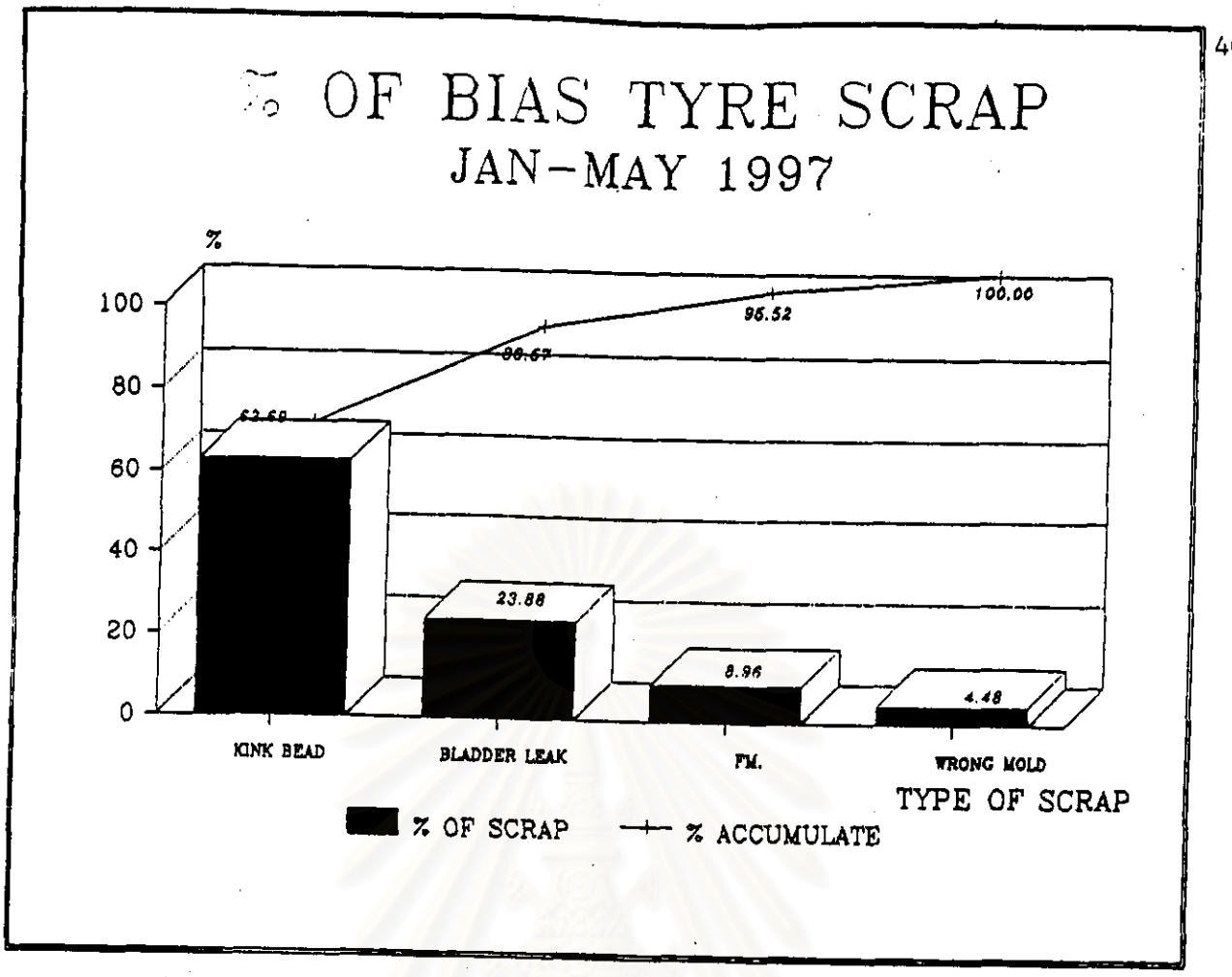
แหล่งข้อมูล : แผนกตรวจและตกแต่งยาง



แหล่งข้อมูล : แผนกตรวจและตกแต่งยาง

รูปที่ 3.6 ผังพาเรโตแสดงชนิดของยางเสียสำหรับยางเรเดียลตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤษภาคม 2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แหล่งข้อมูล : แผนกตรวจและตกแต่งยาง

รูปที่ 3.7 ผังพาเรโตแสดงชนิดของยางเสียสำหรับยางไบแอสตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤษภาคม 2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (Failure Mode and Effects Analysis หรือ FMEA)

แผนภาพความสัมพันธ์, แผนผังแสดงเหตุและผล และแผนภาพต้นไม้ เป็นเครื่องมือทางคุณภาพที่ใช้หาสาเหตุของปัญหา โดยยึดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเป็นหลักแล้วหาปัจจัยที่มีผลกระทบกับข้อบกพร่องนั้น ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ปัจจัยด้านมนุษย์, ขั้นตอนการทำงาน, วัสดุ หรือเครื่องจักร เป็นต้น ส่วนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิตจะหาสาเหตุของปัญหาโดยยึดขั้นตอนการผลิตเป็นหลัก แล้ววิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตแต่ละขั้นตอน เพื่อพิจารณาว่าข้อบกพร่องนั้น ๆ เกิดที่ขั้นตอนการผลิตใดบ้างแล้วจึงหาแนวทางแก้ไขตามขั้นตอนการผลิตนั้น ซึ่งการนำเครื่องมือทางคุณภาพต่าง ๆ มาช่วยแก้ปัญหาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 แผนภาพแสดงเหตุและผล (Causes and Effects Diagram)

หลังจากที่ได้แผนภาพความสัมพันธ์ที่ระบุถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดยางเสียแล้ว ก็ทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัจจัยของยางเสีย โดยแบ่งสาเหตุดังกล่าวออกเป็น 5 ชนิดหลัก (5 M) คือ มนุษย์ (Man), วัตถุดิบ (Material), เครื่องจักร (Machine) ขั้นตอนการทำงาน (Method) และการวัด (Measurement) โดยรายละเอียดของแผนภาพแสดงเหตุและผลของยางเสียนั้นแสดงในภาคผนวก ข.

3.5.2 แผนภาพต้นไม้ (Tree Diagram)

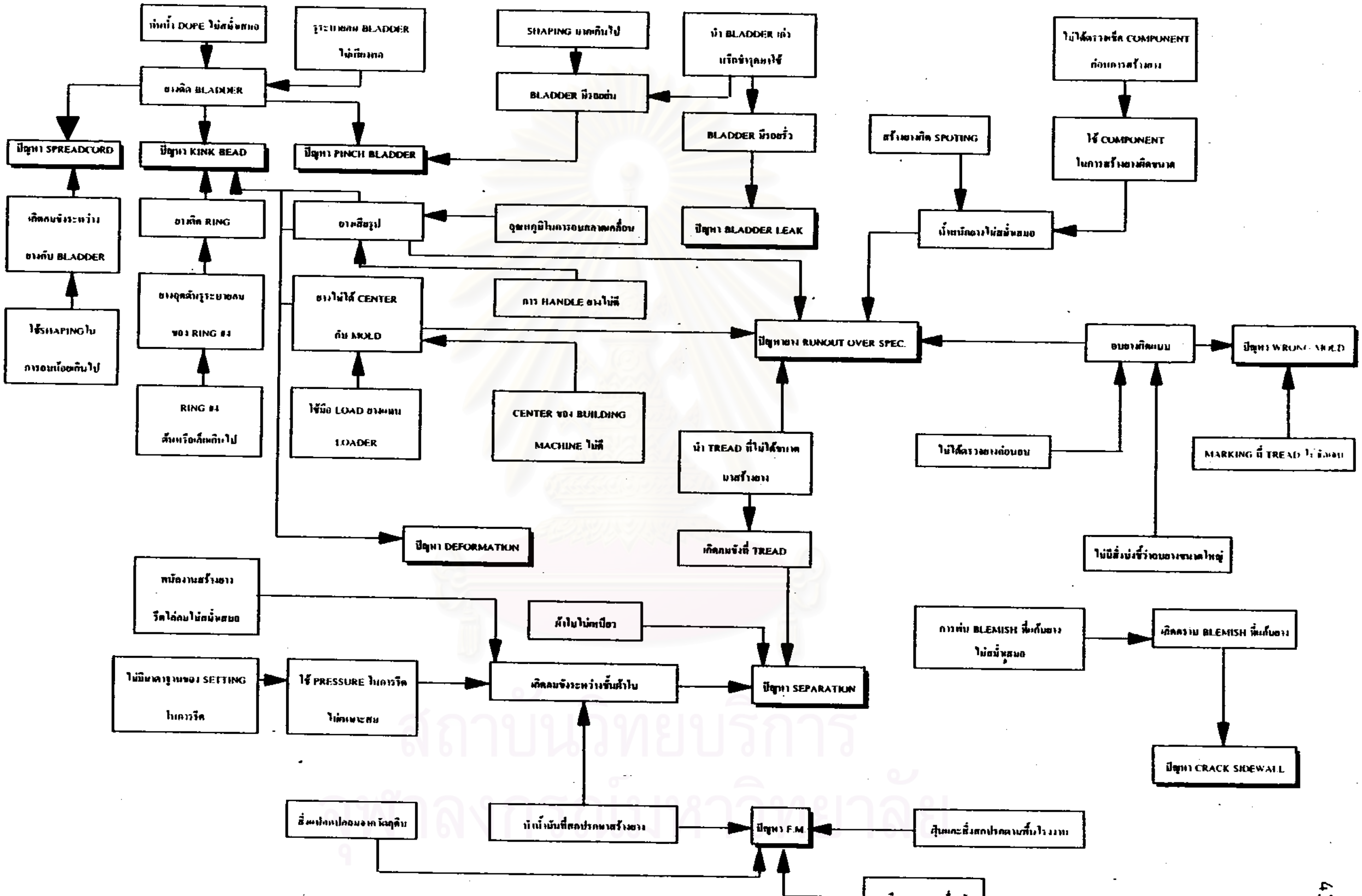
แผนภาพต้นไม้ จะใช้สำหรับแตกปัญหาหลักออกเป็นปัญหาย่อย เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และค้นหาสาเหตุที่เป็นรากเหง้าของปัญหา โดยการวิเคราะห์แผนภาพต้นไม้นี้ จะนำข้อมูลจากการวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพความสัมพันธ์ และแผนภาพแสดงเหตุและผลก่อนหน้านี้มาช่วยในการเขียนแผนภาพต้นไม้ ซึ่งแผนภาพต้นไม้แสดงรากเหง้าของปัญหายางเสียนี้จะแสดงได้ภาคผนวก ค.

3.5.3 แผนภาพความสัมพันธ์ (Relation Diagram)

จากการร่วมกันระดมสมองของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเพื่อค้นหาปัจจัยและสาเหตุของยางเสียทั้งยางเรเดียลและยางไบแอส สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9 ตามลำดับโดยทิศทางของลูกศรจะออกจากสาเหตุไปหาผลลัพธ์ ซึ่งเป็นปัญหาของยางเสียแต่ละชนิด

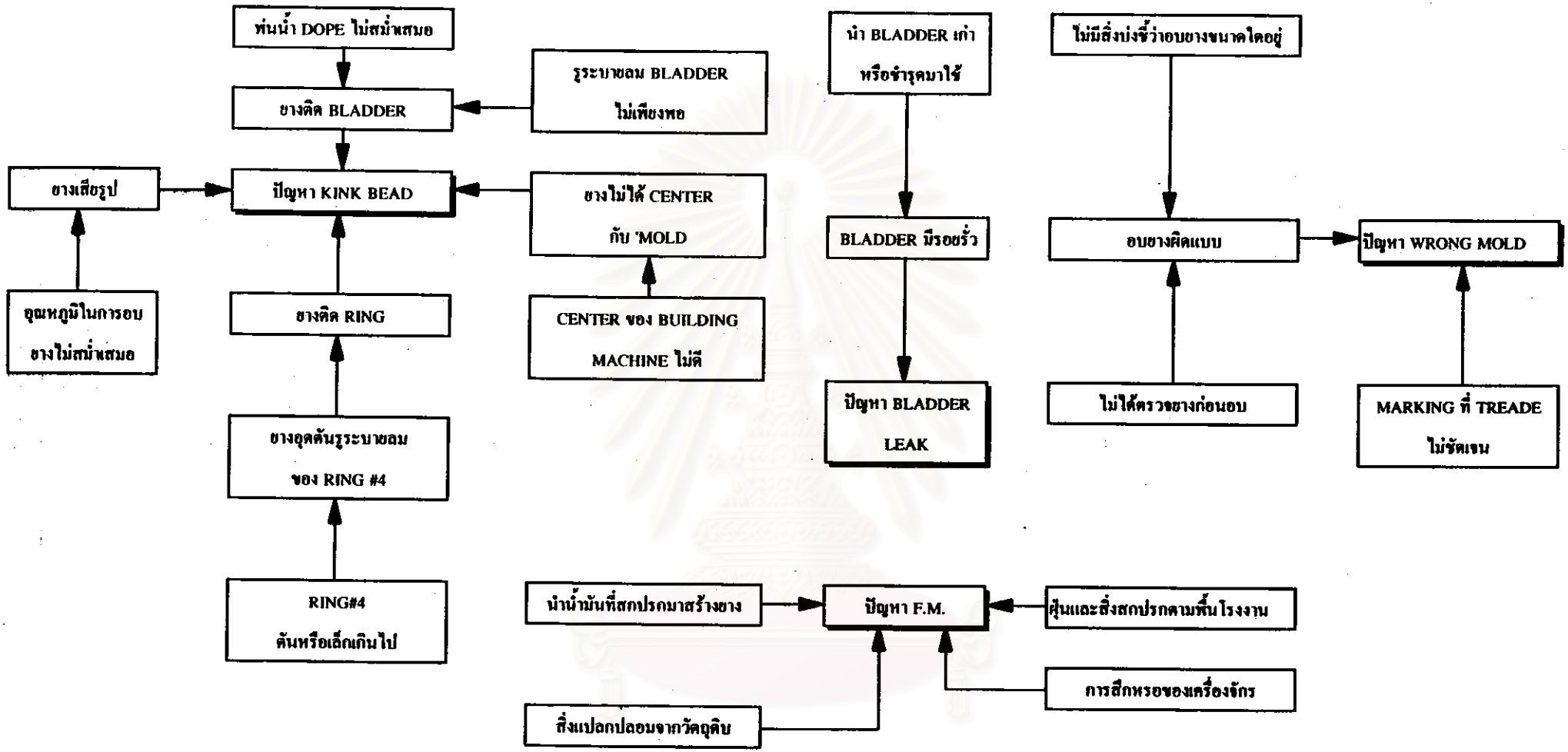
3.5.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (Failure Mode and Effects Analysis หรือ FMEA)

ในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิตนี้ จะให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่าน (Stamatis, 1995:184) ซึ่งประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงานควบคุมคุณภาพ หน่วยงานในสายการผลิตที่เกี่ยวข้อง หน่วยงานวิจัยและพัฒนา และหน่วยงานทางวิศวกรรม ที่มีอายุงานมากกว่า 5 ปีขึ้นไป หน่วยงานละ 1 ท่าน มาให้คะแนนของ ความรุนแรงของข้อบกพร่อง (Severity), การเกิดขึ้นของสาเหตุของข้อบกพร่อง (Occurrence) และความสามารถในการตรวจพบยางเสียจากการควบคุมกระบวนการ (Detection) และคำนวณหาค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number หรือ RPN) ของแต่ละปัจจัยที่มีผลกระทบต่อยางเสียพร้อมทั้งเสนอแนวทางแก้ไขดังตารางที่ 3.4 ซึ่งเป็นตารางวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต ซึ่งตารางที่ 3.4 นี้จะลำดับกระบวนการผลิตจากก่อนไปหลัง คือ จากการผสมยางไปยังตรวจและตกแต่งยาง และลำดับตามค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) จากมากไปหาน้อย ซึ่งค่าความรุนแรง (S), การเกิดของสาเหตุของความบกพร่อง (O), และความสามารถในการตรวจพบยางเสียจากกระบวนการควบคุม (D) ในตารางนี้เป็นค่าเฉลี่ยจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 4 ท่าน ส่วนคะแนนแต่ละท่าน จะแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ง. ซึ่งค่า RPN จากตารางที่ 3.4 นี้ จะใช้เป็นค่าในการประเมินผลหลังจากการปรับปรุงเพื่อลดโอกาสการเกิดยางเสียในกระบวนการผลิตต่อไป โดยจะเน้นการแก้ไขข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไป (Stamatis, 1995:39)



รูปที่ 3.8 แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ของสาเหตุการเกิดยางเสียสำหรับยางเรเดียล

43



รูปที่ 3.9 แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ของสาเหตุการเกิดยางเสียสำหรับยางไบแอส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต

กระบวนการ	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S.	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O.	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D.	RPN	ปฏิบัติการเสนอแนะ	ผลการปฏิบัติ				
										ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S.	O.	D.	RPN.
การนำวัตถุดิบมาเข้าเครื่องผสมยาง	การมีสิ่งแปลกปลอมปะปนในยางดิบ	สิ่งแปลกปลอมอาจก่อให้เกิดลมขังในยางจนยางระเบิดขณะใช้งาน	9	สิ่งแปลกปลอมปะปนมาจากวัตถุดิบ	2	คัดเลือกผู้ผลิตที่ได้มาตรฐาน	2	36	ไม่มี					
				การสึกหรอของเครื่องผสมยาง ทำให้มีเศษโลหะปนในเนื้อยาง	1	ใช้เครื่องทดสอบโลหะ (Metal Detector) ตรวจสอบยางก่อนนำไปใช้งาน	3	27	ไม่มี					
การรีดหน้ายางที่เครื่องรีดยาง	ขนาดความยาวของหน้ายางผิดจากข้อกำหนด	ค่าความสมดุลย์ของยางไม่ได้ตามมาตรฐาน	6	เกิดจากการหดตัวตามธรรมชาติของยาง	6	ตรวจสอบความยาวของหน้ายาง 3 เส้นทุกครั้งที่เปลี่ยนขนาดโดยพนักงานจัดเก็บยาง หากพบว่าผิดจากข้อกำหนดก็ตรวจ 100%	3	108	ศึกษาคุณสมบัติการหดตัวของยางในแต่ละสูตร					
				การตั้งค่าในการรีดยางผิดพลาด	4	พนักงานรีดยางจะบันทึกข้อมูลในการตั้งค่าการรีด	2	48	ไม่มี					
				ความคลาดเคลื่อนของเครื่องรีดยางในการตัดหน้ายาง	2	ตรวจสอบความยาวของหน้ายาง 3 เส้นทุกครั้งที่เปลี่ยนขนาดโดยพนักงานจัดเก็บยาง หากพบว่าผิดจากข้อกำหนดก็ตรวจ 100%	3	36	ไม่มี					
				ความคลาดเคลื่อนของตลับเมตรที่ใช้วัดหน้ายาง	2	สอบเทียบตลับเมตรโดยหน่วยงานทางวิศวกรรม	1	12	ไม่มี					

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (ต่อ)

กระบวนการ	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S.	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O.	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D.	RPN	ปฏิบัติการเสนอแนะ	ผลการปฏิบัติ				
										ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S.	O.	D.	RPN.
การนำเส้นใยสังเคราะห์มาฉาบเป็นผ้าใบ	การใช้แรงขึงเส้นผ้าใบก่อนฉาบยางมากเกินไป	เส้นผ้าใบแยก ซึ่งรอยแยกนี้อาจทำให้ยางระเบิดได้	9	ความคลาดเคลื่อนจากแรงดึงของพนักงาน	2	สุ่มวัดระยะห่างของเส้นผ้าใบหลังจากผ่านการฉาบผ้าใบแล้ว	3	54	ไม่มี					
การตัดผ้าใบ	การเกิดสิ่งแปลกปลอมปะปนในผ้าใบ	สิ่งแปลกปลอมนี้อาจก่อให้เกิดลมขังในยางจนยางระเบิดขณะใช้งาน	9	ผ้าใบสัมผัสกับเศษฝุ่นบนเครื่องจักร	1	กำหนดให้มีการทำความสะอาดเครื่องจักรหลังการทำงานทุกกะ	1	9	ไม่มี					
	การตั้งมีดของเครื่องตัดผ้าใบเอียง	ขนาดของผ้าใบไม่สม่ำเสมอทำให้ค่าความสมดุลย์ของยางไม่ได้ตามมาตรฐาน	6	ใบมีดในการตัดผ้าใบเอียงไม่ได้ตามมาตรฐาน	1	ให้พนักงานควบคุมเครื่องตัดผ้าใบสุ่มวัดขนาดของผ้าใบ	2	12	ไม่มี					
				ความคลาดเคลื่อนของตลับเมตรที่ใช้วัดความกว้างของผ้าใบ	2	สอบเทียบตลับเมตรโดยหน่วยงานทางวิศวกรรม	1	12	ไม่มี					
การพันขอบลวด	ขอบลวดของยางที่ได้จากการพันขอบลวดไม่ได้ตามมาตรฐาน	ขอบลวดของยางเสียรูปทำให้ยางบิดเบี้ยว	8	ขอบล้อของเครื่องพันขอบลวดเอียง	3	ให้พนักงานในฝ่ายวิศวกรรมสอบเทียบขอบล้อของเครื่องพันขอบลวด	3	72	ไม่มี					
				ความคลาดเคลื่อนของเวอร์เนียที่ใช้วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของขอบลวด	2	สอบเทียบเวอร์เนียโดยหน่วยงานทางวิศวกรรม	1	16	ไม่มี					

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (ต่อ)

กระบวนการ	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S.	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O.	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D.	RPN	ปฏิบัติการเสนอแนะ	ผลการปฏิบัติ				
										ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S.	O.	D.	RPN.
การพันขอบลวด (ต่อ)	มีเศษลวดปะปนในยาง	เศษลวดที่ปะปนในยางนี้อาจก่อให้เกิดลมขังในยางจนยางระเบิดขณะใช้งาน	9	เศษลวดเกิดจากการตัดของเครื่องพันขอบลวด	3	ให้พนักงานเก็บเศษลวดและทิ้งในภาชนะที่จัดไว้	2	54	ไม่มี					
การฉาบเส้นลวด	เกิดเศษโลหะปะปนมาจากยางที่ผ่านการผสมก่อนการเข้าเครื่องฉาบเส้นลวด	สิ่งแปลกปลอมอาจก่อให้เกิดลมขังในยางจนยางระเบิดขณะใช้งาน	9	การสึกหรอของเครื่องผสมยาง ทำให้มีเศษโลหะปนในเนื้อยาง	1	ใช้เครื่องทดสอบโลหะ (METAL DETECTOR) ตรวจสอบยางก่อนนำไปใช้งาน	3	27	ไม่มี					
	การตั้งมีดของเครื่องตัดเส้นลวดเอียง	ขนาดของลวดเสริมใยเหล็กไม่สม่ำเสมอทำให้ค่าความสมดุลย์ไม่ได้ตามมาตรฐาน	6	ใบมีดในการตัดลวดโลหะเอียงไม่ได้ตามมาตรฐาน	1	ให้พนักงานควบคุมเครื่องฉาบเส้นลาดสุ่มวัดขนาดของลวดเสริมใยเหล็ก	2	12	ไม่มี					
				ความคลาดเคลื่อนของตลับเมตรที่ใช้วัดความกว้างของลวดเสริมใยเหล็ก	2	สอบเทียบตลับเมตรโดยหน่วยงานทางวิศวกรรม	1	12	ไม่มี					

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (ต่อ)

กระบวนการ	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S.	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O.	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D.	RPN	ปฏิบัติการเสนอแนะ	ผลการปฏิบัติ				
										ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S.	O.	D.	RPN.
การนำชิ้นส่วนมาประกอบเป็นยางรถยนต์	ขอบลวดของยางที่ได้จากการประกอบเอียง	ขอบลวดของยางเสียรูปทำให้ยางบิดเบี้ยว	8	การจัดวางยางไม่ดี	6	การสร้างยางในขั้นตอนแรกนี้ จะพยายามนำยางไปสร้างตามหลัก first in first out	7	336	เปลี่ยนรถใส่ยางขั้นตอนแรกจากแบบนอนเป็นแบบแขวนเพื่อป้องกันการเสียรูป					
				เครื่องจักรที่ใช้ในการสร้างยาง มีศูนย์กลางคลาดเคลื่อน	5	หน่วยงานควบคุมคุณภาพสุ่มตรวจเครื่องสร้างยางสัปดาห์ละ 1 เครื่อง หากพบว่าคลาดเคลื่อนก็จะแจ้งให้ต้นสังกัดแก้ไข	8	320	ให้พนักงานเปลี่ยนโครงสร้างยางบันทึกค่าที่ได้จากการปรับแต่ง					
				อุปกรณ์ที่ใช้ตั้งศูนย์ของเครื่องจักรคลาดเคลื่อน	2	สอบเทียบอุปกรณ์ในการตั้งศูนย์โดยหน่วยงานทางวิศวกรรม	1	16	ไม่มี					
	การเกิดสิ่งแปลกปลอมปะปนในขณะสร้างยาง	สิ่งแปลกปลอมนี้อาจก่อให้เกิดลมขังจนระเบิดในขณะใช้งานได้	9	การใช้น้ำมันที่มีสิ่งสกปรกเจือปนไปใช้ในการสร้างยาง	9	พนักงานสร้างยางจะเปลี่ยนน้ำมันที่ใช้ในการสร้างยางวันละ 1 ครั้ง	4	324	เพิ่มรอบในการเปลี่ยนน้ำมันจากเดิมวันละครั้งเป็นกะละครั้งแทน เพื่อป้องกันมิให้เกิดการสะสมของเศษตะกอน					
				ผ้าใบสกปรก	3	พนักงานสร้างยางตรวจสอบสภาพของผ้าใบก่อนการสร้างยาง	3	81	ไม่มี					

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (ต่อ)

กระบวนการ	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S.	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O.	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D.	RPN	ปฏิบัติการเสนอแนะ	ผลการปฏิบัติ				
										ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S.	O.	D.	RPN.
การนำชิ้นส่วนมาประกอบเป็นยางรถยนต์ (ต่อ)	การเกิดสิ่งแปลกปลอมปะปนในขณะสร้างยาง	สิ่งแปลกปลอมนี้อาจก่อให้เกิดลมขังจนระเบิดในขณะใช้งานได้	9	เกิดคราบตะกอนติดที่ข้างกระป๋องน้ำมัน	2	ให้พนักงานสร้างยางหมั่นตรวจสอบและล้างกระป๋องน้ำมัน	3	54	ไม่มี					
	การเกิดลมขังขณะสร้างยาง	การเกิดลมขังในยางอาจทำให้ยางระเบิดได้	10	การรีดไล่ลมในระหว่างสร้างยางไม่สม่ำเสมอ	8	ให้พนักงานสร้างยางช่วยรีดไล่ลม	4	320	ตั้งโปรแกรมให้เครื่องจักรในการรีดไล่ลมทั้งหมด					
				ระยะในการรีดไม่เหมาะสม	6	ใช้การลองผิดลองถูกในการตั้งระยะรีด	5	300	จัดทำตารางกำหนดระยะในการรีดของยางแต่ละขนาด					
				ผ้าใบไม่เหนียว	3	ให้พนักงานสร้างยางทาน้ำมันช่วยเพิ่มความเหนียว	3	90	ไม่มี					
				ความคลาดเคลื่อนของมาตรวัดความดัน	2	สอบเทียบมาตรวัดความดันโดยหน่วยงานทางวิศวกรรม	1	20	ไม่มี					
	การประกอบชิ้นส่วนผิดจากข้อกำหนด	ค่าความสมดุลย์ของยางไม่ได้ตามมาตรฐาน	6	การปรับแต่งเครื่องจักรที่ใช้ในการสร้างยางไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ตำแหน่งของชิ้นส่วนคลาดเคลื่อน	8	หน่วยงานควบคุมคุณภาพสุ่มตรวจเครื่องสร้างยางสัปดาห์ละ 1 เครื่อง หากพบว่าคลาดเคลื่อนก็จะแจ้งให้ต้นสังกัดแก้ไข	6	288	ให้พนักงานสร้างยางตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นส่วนประกอบทุกต้นกะ					

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (ต่อ)

กระบวนการ	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S.	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O.	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D.	RPN	ปฏิบัติการเสนอแนะ	ผลการปฏิบัติ				
										ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S.	O.	D.	RPN.
การนำชิ้นส่วนมาประกอบเป็นยางรถยนต์ (ต่อ)	การประกอบชิ้นส่วนผิดจากข้อกำหนด	ค่าความสมดุลย์ของยางไม่ได้ตามมาตรฐาน	6	ไม่มีการตรวจสอบชิ้นส่วนประกอบ ทำให้มีการนำชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักไม่สม่ำเสมอมาสร้างยาง	5	พนักงานสร้างยางตรวจสอบชิ้นส่วนประกอบจากป้าย (TAG) เท่านั้น	7	210	ให้พนักงานสร้างยางตรวจสอบขนาดของชิ้นส่วนประกอบทุกต้นม้วนและบันทึกข้อมูลจากการตรวจสอบ					
				การสร้างยางจะอาศัยพนักงานสร้างยางเป็นผู้หารอยต่อของชิ้นส่วนประกอบโดยการอ้างอิงจากมาตรฐาน โดยตำแหน่งที่ได้จะเป็นเพียงตำแหน่งคร่าว ๆ	8	หน่วยงานควบคุมคุณภาพสุ่มตรวจยางที่ผ่านจากการสร้าง หากพบว่าผิดจากมาตรฐานก็จะแจ้งให้แก้ไข	4	192	ติดตั้งเครื่องจักรให้สามารถหารอยต่อได้โดยอัตโนมัติ					
				อุปกรณ์ที่ใช้วัดรอยต่อของชิ้นส่วนประกอบคลาดเคลื่อน	2	สอบเทียบอุปกรณ์ในการตั้งศูนย์โดยหน่วยงานทางวิศวกรรม	1	12	ไม่มี					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (ต่อ)

กระบวนการ	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S.	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O.	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D.	RPN	ปฏิบัติการเสนอแนะ	ผลการปฏิบัติ				
										ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S.	O.	D.	RPN.
การพ่นน้ำ dope ใต้ท้องยาง	น้ำ dope ที่พ่นไม่ทั่วท้องยาง	เกิดการหักงอของขอบลวดบริเวณที่ไม่มีน้ำ dope และทำให้ยางเสียรูป	8	การพ่นน้ำdope โดยใช้คนพ่น ทำให้บริเวณท้องยางมีน้ำ dope ไม่สม่ำเสมอ	7	ตรวจดูการกระจายของน้ำ dope ด้วยตาเปล่าอย่างคร่าว ๆ	8	448	เปลี่ยนมาใช้เครื่อง Automatic Doping Machine แทนการพ่นด้วยมือ					
				หัวพ่นน้ำ dope อุดตัน	3	ให้พนักงานพ่นน้ำ dope ตรวจดูหัวพ่นเป็นระยะ หากพบว่าอุดตันก็ให้เจาะรูเอาเศษตะกอนที่อุดตันออก	3	72	ไม่มี					
				น้ำ dope หมดอายุ	2	ใช้น้ำ dope แบบ first in first out	4	64	ไม่มี					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (ต่อ)

กระบวนการ	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S.	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O.	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D.	RPN	ปฏิบัติการเสนอแนะ	ผลการปฏิบัติ				
										ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S.	O.	D.	RPN.
การพ่น blemish ที่แก้มยาง	blemish ที่พ่นไม่ทั่วแก้มยาง	ทำให้แก้มยางแตกบริเวณที่ไม่มี blemish	3	การพ่น blemish โดยใช้คนพ่น ทำให้บริเวณแก้มยางมี blemish ไม่สม่ำเสมอ	5	ตรวจดูการกระจายของ blemish ด้วยตาเปล่าอย่างคร่าว ๆ	4	60	ไม่มี					
				หัวพ่นน้ำ blemish อุดตัน	3	ให้พนักงานพ่นน้ำ blemish ตรวจดูหัวพ่นเป็นระยะ หากพบว่าอุดตันก็ให้เจาะรูเอาเศษตะกอนที่อุดตันออก	4	36	ไม่มี					
				น้ำ blemish หมดอายุ	2	ใช้น้ำ blemish แบบ first in first out	5	30	ไม่มี					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (ต่อ)

กระบวนการ	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S.	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O.	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D.	RPN	ปฏิบัติการเสนอแนะ	ผลการปฏิบัติ				
										ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S.	O.	D.	RPN.
การนำยางเข้าโมลอบ	แบลดเดอร์ที่ใช้ในการอบรั่ว	ยางเสียรูป ท้องยางฉีกขาด และ ยางไม่สุกตัว	9	bladder ที่ใช้ในการอบหมดอายุ	9	พนักงานเปลี่ยนโมลจะทำการเปลี่ยนแบลดเดอร์เมื่อพบปัญหาดังกล่าว	6	486	เก็บข้อมูลของอายุแบลดเดอร์(bladder life) เพื่อเป็นข้อมูลในการเปลี่ยน bladder ก่อนหมดอายุ ซึ่งสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้					
				bladder มีตำหนิ	2	พนักงานเปลี่ยนโมลจะทำการตรวจสอบแบลดเดอร์ ก่อนนำเข้าประกอบกับโมล	3	54	ไม่มี					
	ยางติดโมลขณะโมลเปิด	ทำให้ขอบลวดหักงอ เกิดการเสียรูป และค่าความสมดุลย์ไม่ได้ตามมาตรฐาน	8	การใช้คนใส่ยางลงบนโมล ทำให้มีโอกาสที่ยางเอียงติดโมล	6	ตรวจดูด้วยสายตาไม่ให้ยางเอียงก่อนปิดโมล	5	240	ติดตั้ง loader ในการใส่ยางให้ครบทุก press จะทำให้การใส่ยางถูกต้องมากขึ้น					
				เครื่องหมายบนหน้ายาง (tread mark) ไม่ชัดเจน ทำให้นำยางผิดขนาดมาอบ ยางจึงติดโมล	5	ตรวจดู marking ที่หน้ายางก่อนนำยางเข้าโมลอบทุกเส้น	5	200	เพิ่มความเข้มข้นของสีที่อยู่บนหน้ายางให้ชัดเจน และสร้างตารางสีของยางชนิดต่าง ๆ ติดไว้ที่หน้าโมล					

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (ต่อ)

กระบวนการ	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S.	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O.	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D.	RPN	ปฏิบัติการเสนอแนะ	ผลการปฏิบัติ				
										ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S.	O.	D.	RPN.
การนำยางเข้าโมลอบ (ต่อ)	ยางติดโมลขณะโมลเปิด	ทำให้ขอบลวดหักงอ เกิดการเสียรูปและค่าความสมดุลย์ไม่ได้ตามมาตรฐาน	8	เกิดลมขังในช่องของแบลดเดอร์ ขณะอบ	5	ตรวจดูลักษณะภายนอกของแบลดเดอร์ก่อนอบ	5	200	เพิ่มร่องระบายลมของแบลดเดอร์ให้มากขึ้นเพื่อป้องกันลมขังที่ผิวของแบลดเดอร์					
				ระบบควบคุมหม้อน้ำไม่สมบูรณ์ ทำให้อุณหภูมิในการอบยางไม่สม่ำเสมอ ยางจึงติดโมลเนื่องจากไม่สุกตัว	2	ตรวจสอบอุณหภูมิในการอบจาก chart โดยพนักงานในฝ่ายวิศวกรรมทุก ๆ 2 ชั่วโมง	3	48	ไม่มี					
	การใช้ shaping ในการอบยางมากเกินไป	เกิดรอยพับที่แบลดเดอร์ ทำให้ท้องยางฉีกขาดขณะใช้งาน	9	ไม่มีมิเตอร์ในการบอกค่า shaping ที่ใช้ในการอบยาง	4	ใช้การลองผิดลองถูกในการปรับแต่งค่า shaping หากพบปัญหาดังกล่าว ก็จะลด shaping ลง	6	216	ติดตั้งมิเตอร์ที่จะบอกค่า shaping ที่ใช้เพื่อจะได้ปรับแต่งได้อย่างถูกต้อง					
				พนักงานเปลี่ยนโมลตั้งค่า shaping ผิดจากข้อกำหนด	2	หัวหน้างานสุ่มตรวจค่า shaping ในการอบ	4	72	ไม่มี					
				ความดันจากหม้อน้ำไม่สม่ำเสมอ	3	พนักงานอบยางตรวจสอบค่าความดันจาก chart ขณะอบยาง	2	54	ไม่มี					

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (ต่อ)

กระบวนการ	ข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S.	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O.	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D.	RPN	ปฏิบัติการเสนอแนะ	ผลการปฏิบัติ				
										ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	S.	O.	D.	RPN.
การนำยางเข้าโมลอบ (ต่อ)	การใช้ shaping ในการอบยางน้อยเกินไป	เส้นผ้าใบแยก ซึ่งรอยแยกนี้อาจทำให้ยางระเบิดได้	9	ไม่มีมิเตอร์ในการบอกค่า shaping ที่ใช้ในการอบยาง	4	ใช้การลองผิดลองถูกในการปรับแต่งค่า shaping หากพบปัญหาดังกล่าว ก็จะเพิ่ม shaping มากขึ้น	6	216	ติดตั้งมิเตอร์ที่จะบอกค่า shaping ที่ใช้เพื่อจะได้ปรับแต่งได้อย่างถูกต้อง	ยังไม่มีการแก้ไขเนื่องจากไม่คุ้มค่ากับการลงทุนในสภาวะปัจจุบัน				
				พนักงานเปลี่ยนโมลตั้งค่า shaping ผิดจากข้อกำหนด	2	หัวหน้างานสุ่มตรวจค่า shaping ในการอบ	4	72	ไม่มี					
				ความดันจากหม้อน้ำไม่สม่ำเสมอ	3	พนักงานอบยางตรวจสอบค่าความดันจาก chart ขณะอบยาง	2	54	ไม่มี					
การตรวจและตกแต่งยาง	การวางยางหลังการตรวจสอบแต่ละแถวสูงเกินไป	ยางเสียรูปและค่าความสมดุลย์ไม่ได้ตามมาตรฐาน	6	เกิดจากน้ำหนักของยางที่กดทับกัน ทำให้ยางเส้นล่างเกิดการเสียรูป	2	กำหนดขนาดความสูงของยางที่วางซ้อนทับกันในแต่ละแถวไม่เกิน 10 เส้น แล้วให้พนักงานควบคุมคุณภาพสุ่มตรวจสอบ	4	48	ไม่มี					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย