

การตรวจเอกสาร

ทฤษฎี

1. ชนิดของยางที่ใช้ในกระบวนการผลิตยางรถยนต์

ยางเป็นสารจำพวกโพลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติความยืดหยุ่น (elasticity) มีความเหนียว (toughness) และความทนทานต่อการขัดสี (abrasion resistance) สูง มีคุณสมบัติเป็นฉนวน สามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำและอากาศได้ อีกทั้งยังมีความสามารถในการยึดติดกับวัสดุอื่นเช่น โลหะ และสิ่งทอ(เส้นใย ผ้าใบ ฯลฯ) ทำให้ยางเป็นวัสดุที่เหมาะสมในการผลิตยางรถยนต์ โดยใช้ส่วนผสมของยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ชนิดต่างๆ (เช่น ยางบิวไทล์ ยางบิวตาไดอีน ยางโพรพิลีนไดอีน และ ยางสไตรีนบิวตาไดอีน ฯลฯ) ในการผลิตโดยในยางรถยนต์แต่ละชนิดจะใช้ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์และวัสดุอื่นๆ ในการผสมแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสัดส่วนของส่วนประกอบของยางรถยนต์ประเภทต่าง ๆ (% โดยน้ำหนัก)

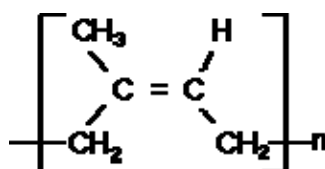
ส่วนประกอบของ ยางรถยนต์	รถยนต์นั่ง		รถยนต์บรรทุก	
	โครงสร้าง ธรรมดา	โครงสร้างเรเดียล	โครงสร้าง ธรรมดา	โครงสร้างเรเดียล
1. ยางธรรมชาติ	6	19	29	36
2. ยางสังเคราะห์	37	25	21	11
3. เขม่าถ่านดำ	27	25	25	23
4. สารประกอบเคมี	19	13	11	7
5. ผ้าใบ / เส้นยาง	7	7	10	1
6. เส้นลวดขอบ	4	5	4	4
7. โครงสร้างใบเหล็ก	-	6	-	18
รวม	100	100	100	100

ที่มา: ข้อมูลทางวิชาการยางพารา (2542) สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร

1.1 ยางธรรมชาติ (natural rubber, NR)

พงษ์ธร (2548) ได้มาจากการนำน้ำยางจากต้นยาง (Hevea Brazilliensis) นี้ไปผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยง (centrifuge) จนกระทั่งได้น้ำยางน้ำยางข้น (concentrated latex) เดิมกรด เพื่อให้อนุภาคน้ำยางจับตัวกันเป็นของแข็งแยกตัวจากน้ำ จากนั้นก็รีดยางให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องรีด (two-roll mill) และนำไปตากแดดเพื่อไล่ความชื้นก่อนจะนำไปอบรมควันที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 °C เป็นเวลา 3 วัน จะได้ผลผลิตเป็นยางแผ่นรมควัน

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมี คือ cis-1,4-polyisoprene และเนื่องจากส่วนประกอบของยางธรรมชาติเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นยางจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เฮกเซน เป็นต้น ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงกลดี นั่นคือมีความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) และความทนทานต่อการขัดสี (abrasion resistance) สูง



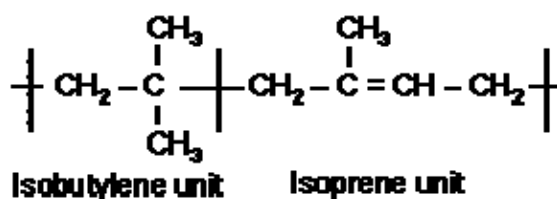
ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ

ที่มา: มหาวิทยาลัยมหิดล (2547)

ยางธรรมชาติมีความยืดหยุ่น (elasticity) สูง กล่าวคือเมื่อแรงภายนอกที่มากระทำหมดไป ยางก็จะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิมอย่างรวดเร็ว และมีคุณสมบัติด้านการเหนียวติดกัน (tack) กับวัสดุอื่นเช่นผ้าใบ และเหล็ก ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญในการผลิตยางรถยนต์ อย่างไรก็ตามยางดิบตามลำพังจะมีขีดจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลต่ำ และลักษณะทางกายภาพจะไม่เสถียรขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงแปลงอุณหภูมิมาก กล่าวคือยางจะอ่อนนิ่มและเหนียวเหนอะหนะเมื่อร้อน แต่จะแข็งเปราะเมื่ออุณหภูมิต่ำ เสื่อมสภาพเร็วภายใต้แสงแดด ออกซิเจน โอโซน และความร้อน มีประสิทธิภาพการทนต่อสารละลายไม่มีขั้ว น้ำมันและสารเคมีต่ำ ด้วยเหตุนี้การใช้ประโยชน์จากยางจำเป็นต้องมีการผสมยางกับสารเคมีต่างๆ เช่น กำมะถัน พวงเมมาดำ และสารตัวเร่งต่างๆ เป็นต้น

1.2 ยางบิวไทล์ (butyl rubber, IIR)

พงษ์ธร (2548) ยางบิวไทล์เป็นโคโพลิเมอร์ระหว่างโมโนเมอร์ของไอโซพรีน (isoprene) และไอโซบิวทิลีน (isobutylene) มีความทนต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากออกซิเจน โอโซน และความร้อน คงรูปด้วยกำมะถัน สูตรโครงสร้างของยางบิวไทล์แสดงในภาพที่ 2



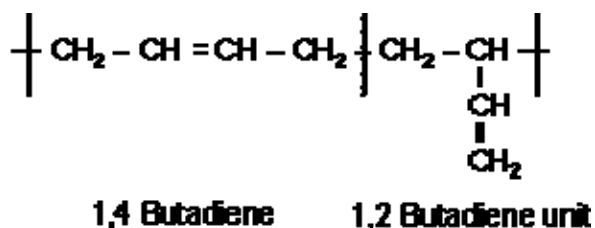
ภาพที่ 2 : สูตรโครงสร้างยางบิวไทล์

ที่มา: มหาวิทยาลัยมหิดล (2547)

โดยที่การคงรูปจะเกิดได้เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปริมาณของพันธะคู่ ถ้าเพิ่มปริมาณพันธะคู่ในโมเลกุลการคงรูปก็จะเกิดได้เร็ว ยางจะมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นสูงขึ้น แต่ความทนต่อโอโซนและสภาพอากาศจะด้อยลงนอกจากสมบัติการทนต่อออกซิเจน ความร้อนและสภาพอากาศแล้วยางบิวไทล์ยังมีความต้านทานต่อน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ได้ดีมาก ทนต่อกรดและด่าง รวมถึงทนต่อการถูกออกซิไดซ์โดยสารเคมีต่างๆ และสมบัติพิเศษอีกอย่างของยางบิวไทล์คือ มีการซึมผ่านของก๊าซต่ำมาก (ต่ำกว่ายางธรรมชาติประมาณ 8-10 เท่า) ทำให้ยางบิวไทล์เหมาะสมในการผลิตยางในรถยนต์ (liner) ในอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์

1.3 ยางบิวตาไดอิน (butadiene rubber, BR)

พงษ์ธร (2548) ยางบิวตาไดอินมีความทนทานต่อการขัดสี (abrasion resistance) สูงมากแต่มีความทนต่อแรงดึง (tensile strength) ค่อนข้างต่ำ จึงมักใช้ผสมกับยางธรรมชาติและยาง SBR เพื่อให้ได้ยางคงรูปที่มีสมบัติเชิงกลดีขึ้น ได้แก่ ความทนต่อการขัดสีดีขึ้น มีความยืดหยุ่นมากขึ้นและยางจะยังคงสมบัติความยืดหยุ่นที่อุณหภูมิต่ำ (good low temperature flexibility)

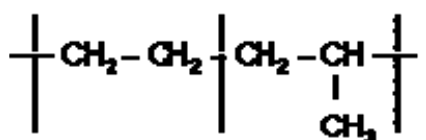


ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างของบิวตาไดอิน
ที่มา: มหาวิทยาลัยมหิดล (2547)

ด้วยเหตุนี้ ยางบิวตาไดอินจึงถูกใช้ร่วมกับยางธรรมชาติและยาง SBR ในการผลิตดอกยาง (tread) ของยางรถยนต์เพราะจะทำให้ดอกยางมีความทนทานต่อการขัดสีสูงขึ้น ความร้อนสะสมที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้งานก็ต่ำลง มีความต้านทานต่อการฉีกขาดในบริเวณร่อง (resistance to groove cracking) สูงขึ้น ทนต่อการเสื่อมเมื่อทำให้คงรูปเกินจุดสูงสุด (reversion resistance on overcure) และที่สำคัญยางชนิดนี้ยังช่วยให้ยางล้อรถมีสมบัติการต้านการหมุน (rolling resistance) ลดลง ทำให้ลดการสิ้นเปลืองน้ำมันขณะขับเคลื่อนรถ อย่างไรก็ตามการเติมยางบิวตาไดอินลงไปปริมาณมากเกินไปก็จะทำให้การเกาะถนนของล้อเสียไป โดยเฉพาะในถนนที่เปียก ด้วยเหตุนี้จึงต้องผสมยางบิวตาไดอินในการผลิต โครงยาง (carcass) แก้มยาง (sidewall) และยางบริเวณโครงลวด (bead compound)

1.4 ยางเอธิลีนโพรพิลีนไดอีนหรือยาง EPDM (ethylene-propylene diene rubber)

พงษ์ธร (2548) ยาง EPDM เป็นยางไม่มีขั้ว ดังนั้นจึงไม่ทนต่อน้ำมันหรือสารละลายที่ไม่มีขั้ว ค่าความทนต่อแรงดึงค่อนข้างต่ำและต้องอาศัยสารเสริมแรง (reinforcing filler) เข้าช่วย แต่สามารถที่จะเติมน้ำมันและสารตัวเติมได้มากซึ่งเป็นจุดเด่นของยางชนิดนี้



Ethylene unit Propylene unit

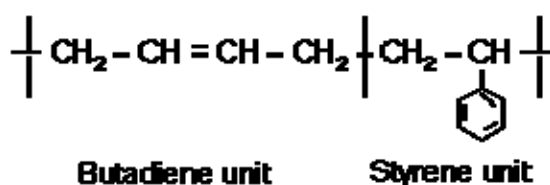
ภาพที่ 4 สูตรโครงสร้างของยาง EPDM

ที่มา: มหาวิทยาลัยมหิดล (2547)

เนื้องยาง EPDM มีพันธะคู่ในโมเลกุลน้อยมาก ดังนั้นจึงทนต่อการเสื่อมเนื่องจากสภาพอากาศ ออกซิเจน โอโซน แสงแดด และความร้อนได้ดี นอกจากนี้ยังทนต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากสารเคมี กรด และด่าง ได้ดีอีกด้วย ยางชนิดนี้ส่วนมากจึงนิยมใช้ในการผลิตยางชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น ยางขอบหน้าต่าง แก้มยางรถยนต์ (sidewall) ท่อยางของหม้อน้ำรถยนต์ (radiator hose) เป็นต้น ยาง EPDM ยังถูกใช้ในการผลิตท่อยางของเครื่องซักผ้า ฉนวนหุ้มสายเคเบิล และใช้ผสมกับพลาสติกเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการของพลาสติก เช่น เพิ่มความเหนียวและความทนต่อแรงกระแทก (impact resistance) เป็นต้น

1.5 ยางสไตรีนบิวตาไดอิน หรือยาง SBR (styrene-butadiene rubber)

พงษ์ธร (2548) ยาง SBR มีข้อดีเหนือกว่ายางธรรมชาติที่มีกระบวนการผลิตง่ายกว่า ประหยัดทั้งกำลังงานและเวลา ตลอดจนต้นทุนการผลิต อย่างไรก็ตามเนื่องจากยาง SBR มีพันธะคู่ อยู่ในโมเลกุล ดังนั้นมันจึงเสื่อมสภาพเร็วในสภาวะที่มีออกซิเจน โอโซน หรือแสงแดดเช่นเดียวกับ ยางธรรมชาติแต่ความยืดหยุ่น (elasticity) ของยาง SBR จะต่ำกว่า และมีความทนทานต่อน้ำมัน ใกล้เคียงกัน

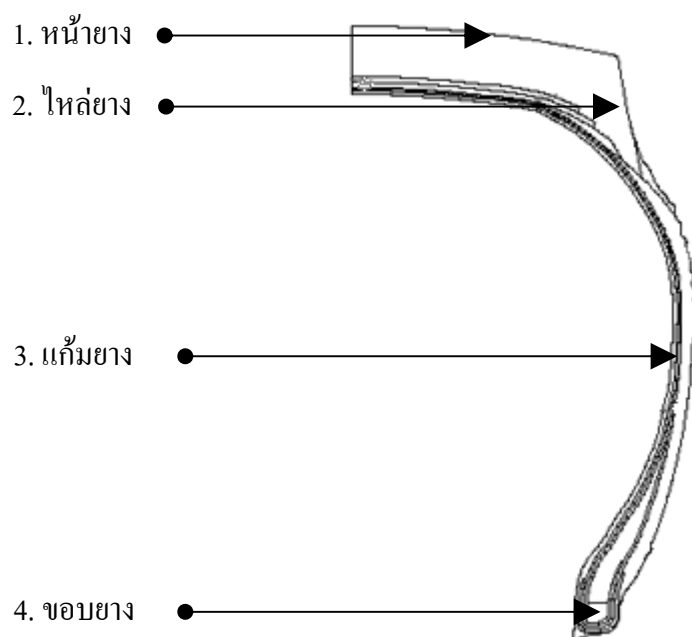


ภาพที่ 5 สูตรโครงสร้างของยาง SBR

ที่มา: มหาวิทยาลัยมหิดล (2547)

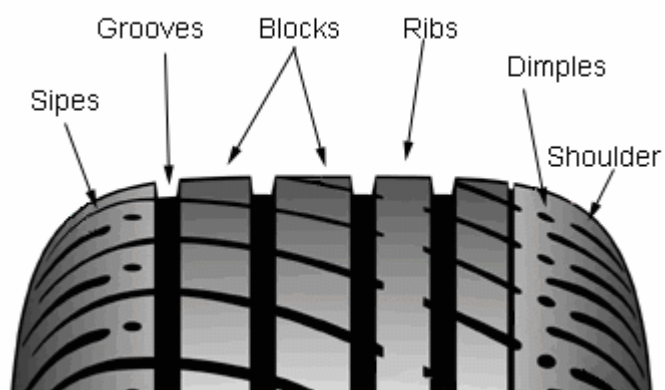
ยาง SBR ที่เสริมแรงด้วยสารเสริมแรง เช่น เขม่าดำ จะมีความทนต่อการขัดสีได้ดีกว่ายางธรรมชาติ แต่จะมีความทนต่อการฉีกขาดต่ำกว่า ยางชนิดนี้ส่วนมากจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยางยานพาหนะขนาดเล็ก โดยการผสมกับยางชนิดอื่นๆ เช่น ยางบิวตาไดอิน (BR) และยางธรรมชาติ (NR) สาเหตุที่ไม่สามารถใช้ยางชนิดนี้เพียงชนิดเดียวในการผลิตยางยานพาหนะได้เพราะว่ายางชนิดนี้จะทำให้เกิดความร้อนสะสมสูงในระหว่างการใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติและยางบิวตาไดอิน

2. โครงสร้างทั่วไปของยางรถยนต์



ภาพที่ 6 โครงสร้างยางรถยนต์

ที่มา: Toyo Tire & Rubber Co.,Ltd. (2001)



ภาพที่ 7 รายละเอียดโครงสร้างหน้ายางและไหล่ยาง

ที่มา: Longhurst (2006)

2.1 หน้ายางเป็นส่วนที่สัมผัสผิวดถนน วิสูตร (2549)แบ่งส่วนประกอบย่อยได้ 6 ส่วนดังนี้

2.1.1 ร่องเล็กบนดอกยาง (sipes) มีลักษณะเป็นร่องขนาดเล็กบนดอกยาง ทำหน้าที่เพิ่มความยืดหยุ่น (flexibility) และความสามารถในการยึดเกาะ (traction) ให้กับดอกยาง

2.1.2 ร่องยาง (groves) มีลักษณะเป็นร่องตามแนวหมุนของล้อ ทำหน้าที่ในการระบายน้ำและรีดโคลนจากผิวยาง สำหรับยางที่ใช้วิ่งบนพื้นถนนเปียก มีหิมะ หรือโคลน ร่องยางจะมีขนาดกว้างกว่ายางปกติ สำหรับยางที่ใช้วิ่งบนพื้นถนนแห้ง หรือใช้ในการแข่งขัน ร่องยางจะมีขนาดแคบกว่ายางปกติเพื่อเพิ่มแรงส่งตัว

2.1.3 ดอกยาง (block) เป็นส่วนที่สัมผัสพื้นผิวดถนน ทำหน้าที่ยึดเกาะถนน

2.1.4 คาดยาง (ribs) มีลักษณะเป็นยางแนวตรงคาดตามแนวหมุนของล้อ ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับยางรถยนต์

2.1.5 ไหล่ยาง (shoulder) เป็นส่วนด้านข้างติดกับหน้ายาง ทำหน้าที่ป้องกันโครงยางด้านข้างขณะเข้าโค้งด้วยความเร็ว มีช่องระบายความร้อน (dimples) เพื่อระบายความร้อนออกจากยาง

2.1.6 แก้มยาง ทำหน้าที่เพิ่มความยืดหยุ่น และทำให้เกิดความนุ่มนวลขณะขับขี่

2.1.7 ขอบยาง ทำหน้าที่รีดยางเข้ากับกะทะล้อ

3. ประเภทของยาง

ทนงศักดิ์ (2547) ยางรถยนต์สามารถแบ่งตามลักษณะการวางของแนวเส้นใยได้ 2 ประเภท คือ ยางธรรมดา (bias / cross-ply) และยางเรเดียล (radial)

3.1 โครงสร้างยางธรรมดา (bias / cross-ply)

โครงสร้างของยางจะประกอบด้วยชั้นผ้าใบไนลอน (nylon) วางซ้อนกัน โดยแต่ละชั้นจะทำมุม 30 องศากับแนวหมุนของล้อ และทำมุม 90 องศาต่อกับผ้าใบชั้นที่อยู่ติดกัน มีคุณสมบัตินุ่มนวล เกาะถนนและออกตัวได้ดี มีความแข็งแรงบริเวณแก้มยางสูง สามารถซ่อมแซมได้ แต่ดอกยางจะเสื่อมเร็วกว่ายางเรเดียล ซึ่งคุณสมบัตินี้สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มชั้นผ้าใบรัดแนวเส้นรอบวง (belt plies) โดยจะทำให้มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น เพราะชั้นผ้าใบจะช่วยรัดไม่ให้ดอกยางคืน ขณะสัมผัสกับผิวถนน แต่จะมีข้อเสียคือ จะวิ่งไม่เรียบในขณะความเร็วต่ำ

Body plies run diagonally throughout the tyre tread & sidewall. Damage from stakes will not "run" as it does in Radial tyres.

Some Bias Ply tyres also have "Belts" of fibreglass or other fibres to add rigidity to the tyre while also allowing a high level of flexibility for Off-road work.

Sidewalls are multi-layered to provide strength. Usually there are more than 6 plies in the carcass of the tyre, far more than the 2-3 of normal 4wd tyres.



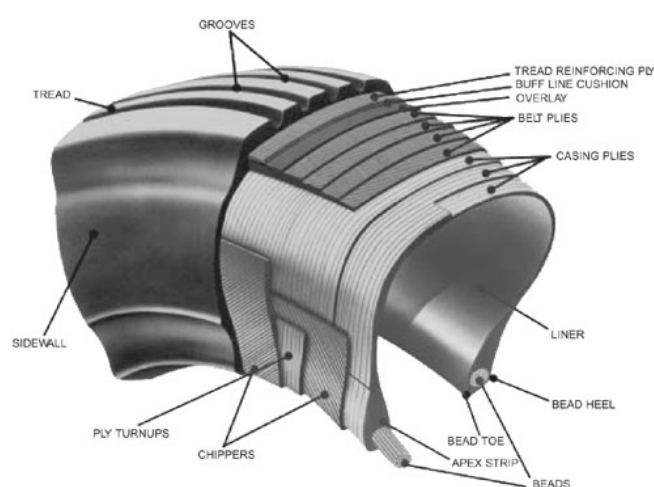
Image courtesy of Mickey Thompson

ภาพที่ 8 แนวการวางผ้าใบของยางธรรมดา (bias & bias belted)

ที่มา: Hutton (2004)

3.2 โครงสร้างยางเรเดียล (radial ply)

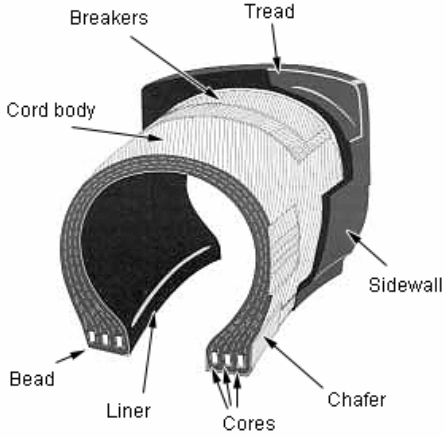
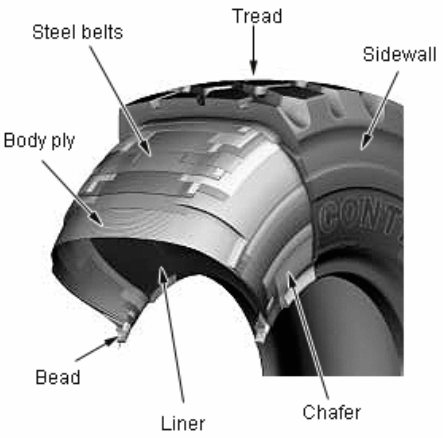
โครงสร้างยางเรเดียลอาจประกอบด้วยผ้าใบ 2 ชั้น (radial plies) หรือเส้นใยเหล็ก (steel cord) 1 ชั้นวางในแนวตั้งฉากกับแนวหมุนของล้อ และมีผ้าใบไนลอน (nylon) หรือ เส้นใยเหล็ก ทำมุม 10-12 องศา กับแนวหมุนของล้อ รัศตามแนวหมุนของล้อ ยางเรเดียลมีความคงทนและแข็งแรงกว่ายางธรรมดา เหมาะกับสภาพการใช้งานหนัก มีการระบายความร้อนที่ดี และประหยัดน้ำมันกว่าเมื่อเทียบกับยางธรรมดา แต่จะมีข้อเสียคือ ความนุ่มนวลในการขับขี่จะน้อยกว่ายางธรรมดา และไม่สามารถซ่อมแซมได้

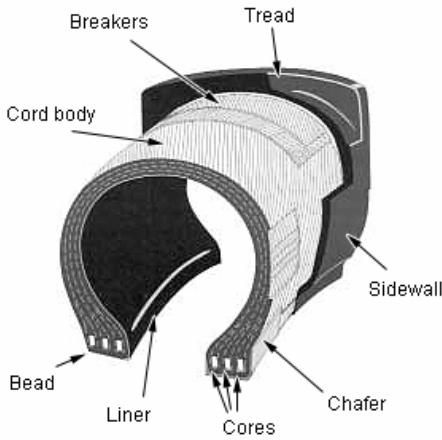
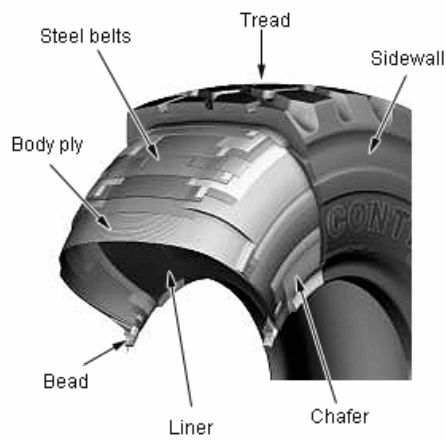


ภาพที่ 9 แนวการวางผ้าใบของยางเรเดียล (radial ply)

ที่มา: กู๊ดเยียร์ ประเทศไทย (2549)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบส่วนประกอบของยางธรรมชาติ(bias/ cross-ply) กับยางเรเดียล (radial ply)

Bias / cross-ply Construction. 	Radial Construction. 
ดอกยาง (tread) ทำหน้าที่ส่งถ่ายแรงขับจากล้อไปที่พื้นผลิตจากยางธรรมชาติ ผสมกับยางสังเคราะห์ เพื่อให้ทนต่อสภาพแรงเสียดทาน ความร้อน และลดแรงต้านการหมุน	
แก้มยาง (sidewall) ทำหน้าที่ป้องกัน โครงยางจากการกระแทกด้านข้างและทำให้การขับขึ้นนุ่มนวล	
ขอบยาง (chafer) ทำหน้าที่ป้องกันลวดยึดขอบยางจากการกระแทกด้านข้าง	ขอบยาง (chafer) ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงบริเวณลวดยึดของยาง ป้องกันการเปลี่ยนรูปของยางเรเดียลและช่วยส่งแรงจากกะทะล้อไปยังยางเรเดียล
ยางใน (liner) ปกคลุมด้านในของยางเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศออกจากตัวยาง	
ลวดยึดขอบล้อ (bead) ประกอบด้วยลวดเหล็กความยืดหยุ่นสูง (steel wire) เคลือบด้วยบรอนซ์ (bronze) และหุ้มด้วยยางอีกครั้ง ทำหน้าที่ยึดโครงสร้างของยางกับขอบล้อ ในยางธรรมชาติชนิดใช้กับถนนปิด (off road) อาจมี 2 ถึง 3 เส้น ในยางเรเดียลโดยปกติจะมีเพียงเส้นเดียว	
โครงยาง (cord body) ประกอบด้วยเสียใยในลอน ทำหน้าที่ควบคุมความดันภายในยาง และช่วยลดแรงกระแทกจากพื้นมายังตัวรถ และส่งถ่ายแรงจากยางไปที่ลวดยึดขอบล้อ	โครงยาง (cord body) ประกอบด้วยด้วยผ้าใบ 2 ชั้นหรือเส้นใยเหล็ก 1 ชั้นวางในแนวตั้งฉากกับแนวหมุนของล้อ ทำหน้าที่ควบคุมความดันภายในล้อ ช่วยลดแรงกระแทก และส่งถ่ายแรงจากเส้นใยเหล็ก(belts) ไปยังขอบลวดยึดขอบล้อ

Bias / cross-ply Construction. 	Radial Construction. 
ผ้าใบรัดแนวหมุน (breakers) ทำจากเส้นใยใน ล่อน ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับโครง ขาง และยืดอายุให้ดอกยาง	เส้นใยเหล็ก (steel belts) ทำจากเส้นใยเหล็ก โดยปรกติจะมี 1 ถึง 2 ชั้น กรณีชนิดใช้กับถนน ปืด (off road) อาจมีถึง 5 ชั้น ทำหน้าที่ช่วยรักษา ทิศทางการหมุนของยาง เพิ่มความแข็งแรง ให้กับโครงขางและยืดอายุให้ดอกยาง

ที่มา: Longhurst (2006)

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพของยางธรรมดา(bias/ cross-ply) กับยางเรเดียล (radial ply)

Efficiency	Bias/ Cross-Ply	Radial Ply
Vehicle Steadiness	✓	✗
Cut Resistance - Tread	✗	✓
Cut Resistance - Sidewall	✓	✗
Repairability	✓	✗
Self Cleaning	✓	✗
Traction	✗	✓
Heat Resistance	✗	✓
Wear Resistance	✗	✓
Floatation	✗	✓
Fuel Economy	✗	✓

ที่มา: Longhurst (2006)

4. ระบบการเผาไหม้ในอุตสาหกรรม

4.1 การเผาไหม้ในเตาเผาแบบตะกรับ (stoker firing)

กัญญา (2544) เตาเผาแบบตะกรับเป็นเตาเผาชนิดแรกที่มี ซึ่งถูกใช้มาร่วม 200 ปี และยังเป็นชนิดที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ทั้งในครัวเรือน และทางอุตสาหกรรม

ข้อดีของเตาเผาแบบตะกรับ คือ

- ก. มีให้เลือกหลายขนาด ตั้งแต่เล็กจนถึงใหญ่ (ไม่เกิน 181,440 kg/hr) ขนาดที่เหมาะสมที่สุดคือ ที่ติดตั้งกับหม้อไอน้ำ กำลังการผลิตไอน้ำไม่เกิน 45,000 kg/hr
- ข. ใช้เวลาในการจุดเตาสั้น และง่ายต่อการควบคุม
- ค. ไม่ต้องมีเครื่องบดถ่านหินทำให้ประหยัดเวลาและพลังงาน
- ง. ใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิดรวมทั้งถ่านหินที่ศักดิ์ต่างๆ เชื้อเพลิงชีวมวล และของเหลือทิ้งจากการเกษตรและอุตสาหกรรม โดยอาจป้อนเดี่ยวหรือผสม
- จ. สามารถควบคุมการปล่อยควันและการปลดปล่อยฝุ่นออกสู่บรรยากาศได้ง่าย โดยใช้เพียงอุปกรณ์กำจัดง่ายๆ เช่น ไซโคลน หรือ เครื่องดักฝุ่น เท่านั้น

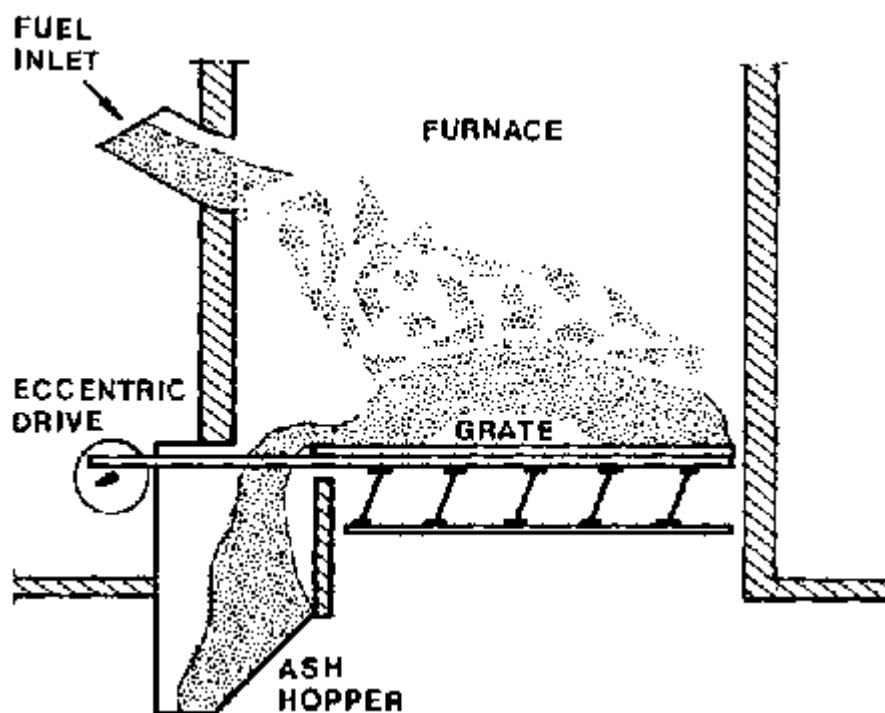
ข้อเสียของเตาเผาแบบตะกรับคือ

- ก. มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง เนื่องจากมีส่วนที่ต้องเคลื่อนไหวนขนาดใหญ่และสัมผัสกับความร้อนตลอดเวลา
- ข. ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก
- ค. อัตราการปล่อยความร้อนต่อปริมาตรต่ำกว่าเตาเผาชนิดอื่น

เตาเผาแบบตะกรับ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ ชนิดป้อนเหนือตะกรับ ชนิดป้อนใต้ตะกรับ ชนิดตะกรับเขย่าและมีน้ำหล่อเย็น และชนิดตะกรับเคลื่อนที่ด้วยโซ่ หรือสายพาน

4.1.1 เตาเผาชนิดป้อนเหนือตะกรับ (spreader stokers)

กัญจน (2544) เตาเผาชนิดป้อนเหนือตะกรับใช้อุปกรณ์สับัดถ่านหินให้กระจายเข้ามาเหนือเบดในการป้อนถ่านหิน ขนาดของถ่านหินที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 13-40 mm ถ่านหินขนาดเล็ก จะเผาไหม้ทันทีขณะแขวนลอย ถ่านหินขนาดใหญ่กว่าจะเผาไหม้บนเบด เนื่องจากการเผาไหม้ที่รวดเร็ว ทำให้เบดบาง โดยจะมีความหนาเพียง 5-10 cm สามารถเพิ่มอัตราการเผาไหม้ได้โดยการใช้ร่วมกับตะกรับเคลื่อนที่ได้ (traveling grate) สามารถใช้ได้กับ ถ่านหินได้เกือบทุกชนิด รวมทั้งเชื้อเพลิงชีวมวลด้วย โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ควรมีปริมาณเถ้าอย่างน้อย 8% (หลักอ้างอิงแห้ง) เนื่องจากจำเป็นต้องมีชั้นเถ้าปกคลุมผิวเพื่อป้องกันผิวตะกรับจากความร้อน เตาเผาชนิดป้อนเหนือตะกรับแสดงในภาพที่ 10



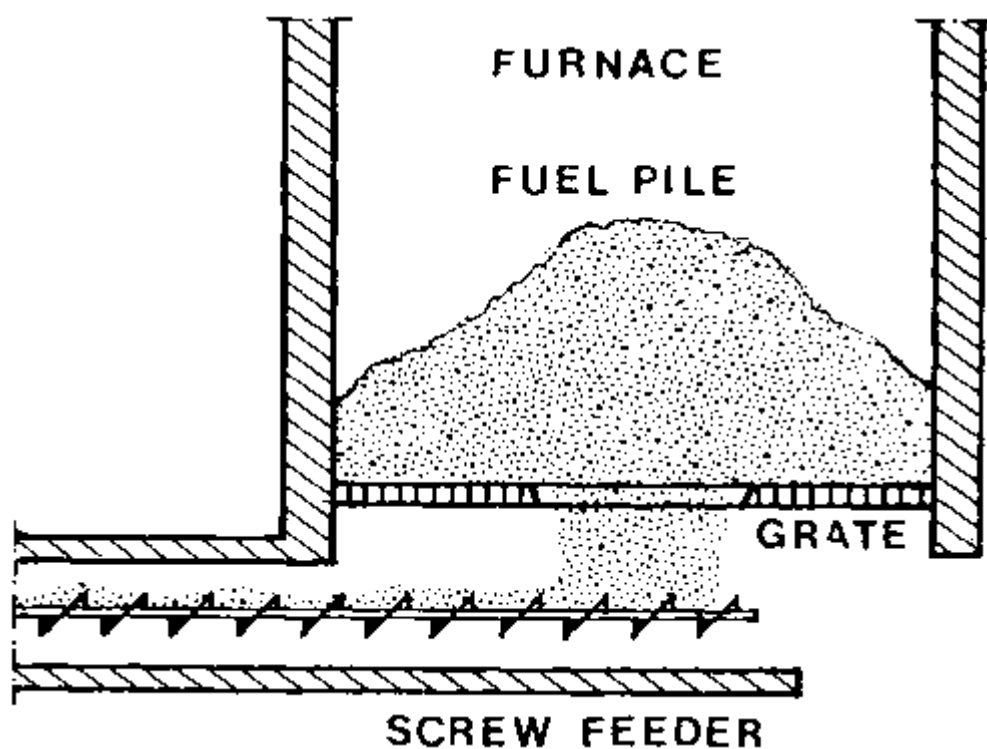
ภาพที่ 10 แสดงตัวอย่างเตาเผาชนิดป้อนเหนือตะกรับที่เคลื่อนที่ได้
ที่มา: Ekono (1980)

เตาเผาชนิดป้อนเหนือตะกรับสามารถใช้งานร่วมกับหม้อไอน้ำชนิดท่อน้ำที่กำลังการผลิตไอน้ำระหว่าง 34,000-180,000 kg/hr หรือ 80 MW ได้ดี มีการตอบสนองกับการปรับเปลี่ยนภาระของโหลดได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากปริมาณถ่านหินสะสมในเบคน้อย และสามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด

การใช้งานเตาเผาชนิดตะกรับป้อนเหนือเตามักพบปัญหา การสูญเสียคาร์บอนในรูปของคาร์บอนเบา (fly carbon) เนื่องจากถ่านหินบางส่วนแตกออกเป็นสะเก็ดเล็กๆ ขณะแขวนลอยอยู่เหนือเบค แล้วปลิวออกไปกับฟลูแก๊ส (ปริมาณถ่านเบาของเตาเผาชนิดป้อนเหนือตะกรับอยู่ที่ ระหว่าง 40-70% ของถ่านทั้งหมด) ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มอุปกรณ์นำถ่านเบาที่มีคาร์บอนเบาอยู่ด้วยกลับมาเผาใหม่

4.1.2 เตาเผาชนิดป้อนใต้ตะกรับ (underfeed stokers)

กัญจน (2544) เตาเผาชนิดป้อนใต้ตะกรับ โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 200-1,000 kW (จนถึง 13,600 kg/hr) ป้อนถ่านหินโดยใช้แท่งคั่น หรือสายพานเกลียว คั่นถ่านหินเข้าทางด้านล่างในแนวนอน ดังแสดงในภาพที่ 2 ถ่านหินถูกคั่นเข้าตะกรับเป็นกองพูน ถั่วที่เกิดขึ้นถูกคั่นให้ตกลงที่ช่องถั่วสะสมถั่วด้านข้าง โดยต้องนำถั่วออกเป็นระยะใช้พัดลมทำให้เกิดกระแสลมแรง ชนิดบังคับผ่านช่องอากาศเหนือเบด (tuyeres) มีข้อจำกัดคือต้องใช้ถ่านหินที่มีสมบัติเฉพาะ โดยขนาดของถ่านหินที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 25-40 mm มีร้อยละถั่วไม่เกิน 10 มีสมบัติเกาะกันเป็นก้อนต่ำ (weakly caking coals) อุณหภูมิถั่วหลอมเหลวที่เหมาะสม (ระหว่าง 1,200-1,260 °C)



ภาพที่ 11 เตาเผาชนิดป้อนใต้ตะกรับ

ที่มา: Ekono (1980)

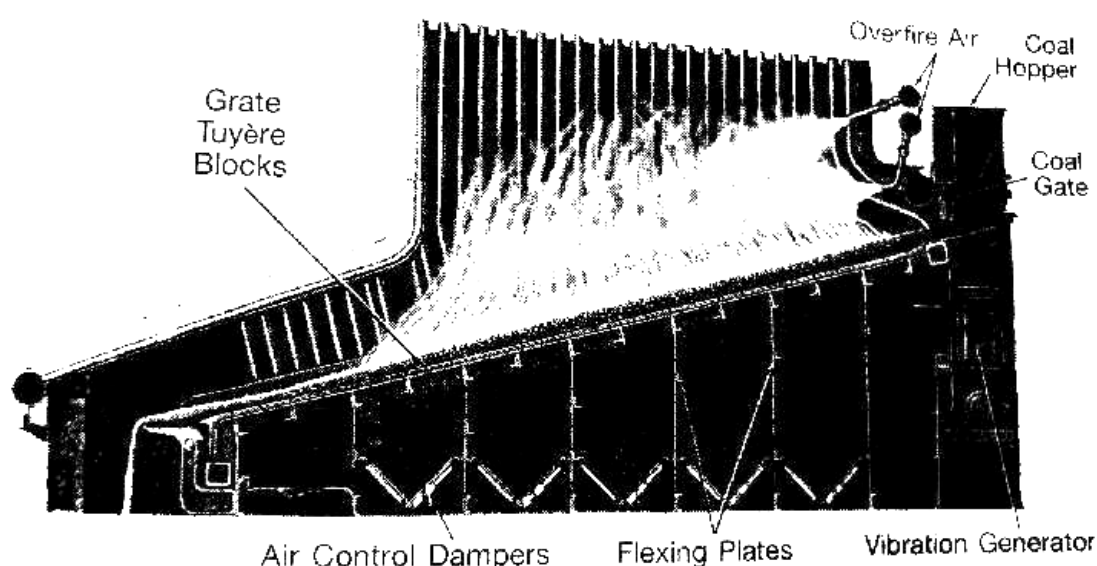
เตาเผาชนิดป้อนใต้ตะกรับมีโอกาสเกิดควันน้อยเนื่องจากถ่านหินได้รับความร้อนอย่างช้าๆ และปริมาณถั่วเบาน้อยกว่าชนิดป้อนเหนือตะกรับ แต่ก็เกิดการสูญเสียคาร์บอนในถั่วใต้ตะกรับ

การใช้งานเตาเผาชนิดป้อนใต้ตะกรับแบบแนวนอนมักพบปัญหา ถ่านหินบริเวณกลางตะกรับเกิดการเชื่อมเกาะกันและดึงถั่วที่อยู่รอบๆ เกาะสะสมเป็นก้อนใหญ่ (clinker

formation) ทำให้ขบวนการไหลของอากาศ และการเคลื่อนที่ของถ่านหินที่ป้อนเข้ามาแทนที่ ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ถ่านหินเฉพาะที่มีลักษณะเหมาะสม

4.1.3 ชนิดตะกรับเขย่าและมีน้ำหล่อเย็น (water-cooled vibrating-grate stokers)

กัญจนา (2544) เตาเผาชนิดตะกรับเขย่าและมีน้ำหล่อเย็น มีการป้อนถ่านหิน โดยอาศัยการเขย่าและแรงดึงดูดของโลกในการส่งถ่านหินให้ไหลไปตามแนวตะกรับเอียง โดยมีท่อน้ำเย็นช่วยในการส่งถ่ายความร้อนและระบายความร้อนให้ตะกรับ ดังแสดงในภาพที่ 12



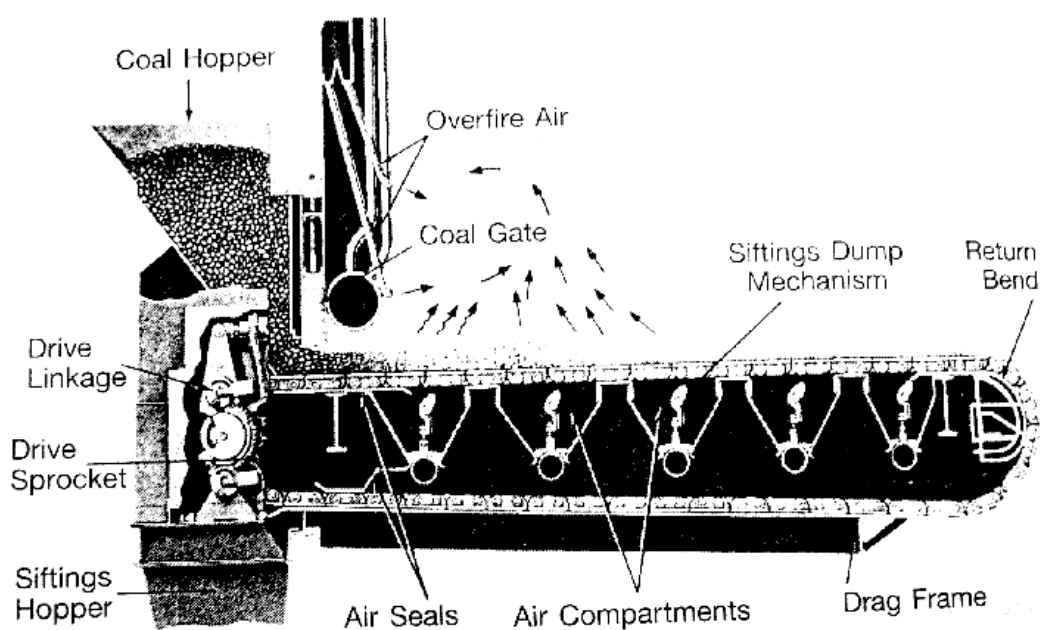
ภาพที่ 12 เตาเผาตะกรับเขย่าและมีน้ำหล่อเย็น

ที่มา: กัญจนา (2544)

เตาเผาชนิดตะกรับเขย่าและมีน้ำหล่อเย็น มีการเขย่าตะกรับซึ่งถูกตั้งให้เข้าจังหวะกับการป้อนถ่านหินและการอากาศป้อนเข้าที่ระดับตะกรับ มีผลให้ถ่านหินตกลงได้ตะกรับ ทำให้เบดโปร่ง ไม่เกิดคลิงเกอร์ อุณหภูมิสม่ำเสมอ ส่วนท่อน้ำหล่อเย็นเดินต่อกันเป็นชุดอยู่ใต้ตะกรับ และส่งไปยังระบบหมุนเวียนน้ำในหม้อไอน้ำ เพื่อระบายความร้อนให้ตะกรับ และผลิตน้ำร้อนเพื่อป้อนหม้อไอน้ำ ทำให้ได้การถ่ายโอนความร้อนดีกว่าชนิดอื่น สามารถใช้กับถ่านหินบิทูมินัสและลิกไนต์หลายชนิดทั้งที่มีร้อยละถ่านสูงและต่ำ แต่ไม่ควรให้อัตราการเผาไหม้สูงกว่า 400,000 Btu.ft²/hr เพราะการแผ่รังสีสูงทำให้ถ่านหินแตกเป็นสะเก็ดกลายเป็นคาร์บอนเบาออกไปกับฟลูแก๊ส

4.1.4 ชนิดตะกรับเคลื่อนที่ด้วยโซ่ หรือสายพาน (chain grate and traveling gate stokers)

กัญจน (2544) เตาตะกรับเคลื่อนที่ด้วยโซ่ หรือสายพาน ป้อนถ่านหินเข้าสู่พื้นตะกรับที่เคลื่อนที่ช้าๆ ตลอดเวลา โดยอัตราการเคลื่อนที่ของตะกรับสัมพันธ์กับระยะเวลาการเผาไหม้ มีการปรับความสูงของชั้นถ่านหินด้วยแผ่นบังคับความสูง (guillotine หรือ coal gate) ถ่านหินได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีที่หลังคาอิฐ ทนไฟ ทำให้ถูกไฟโรไลส์ และจุดไฟติดพร้อมกับปล่อยแก๊สที่เผาไหม้ได้และไอไฮโดรคาร์บอน ถ่านหินเผาไหม้จากด้านบนลงสู่ด้านล่างของเบด จนกระทั่งหมดไปทีความยาวประมาณสองในสามของตะกรับเคลื่อนที่จนสุดแล้วม้วนลงเข้าด้านล่างพร้อมกับถ่วงลงสู่ด้านล่าง ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 เตาเผาชนิดตะกรับเคลื่อนที่ด้วยโซ่
ที่มา: กัญจน (2544)

4.2 การเผาไหม้ในเตาเผาฟลูอิโดซ์เบด (fluidized bed combustor)

เบญจวรรณ (2537), นฤทัย (2537), ฤกษ์ยศ (2545) และกัญจนนา (2544) เตาเผาแบบฟลูอิโดซ์เบด ใช้หลักการการป้อนกระแสแก๊ส ผ่านด้านล่างของเบด (อาณาเขตที่มีปริมาณอนุภาคเม็ดของแข็งบรรจุอยู่โดยทั่วไปจะเป็นวัสดุเฉื่อยเช่น ทราช ถ้ำจากถ่านหิน และปูนขาว ฯลฯ) ที่ความเร็วระดับหนึ่งซึ่งพอที่จะดันให้เบดขยายตัวขึ้นจนทำให้อนุภาคอยู่ในสภาวะแขวนลอยและหมุนอยู่ในกระแสแก๊สอย่างสม่ำเสมอ โดยจะมีเชื้อเพลิงอยู่ในเบดเพียง 1-5% เท่านั้น ในสภาวะฟลูอิโดซ์อย่างสม่ำเสมอ อนุภาคของแข็งจะหมุนวนเวียนตามกระแสแก๊สหมุนวน และเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีการพาเป็นหลัก ทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทมวลและความร้อนที่พื้นผิวสูง มีผลให้เกิดปฏิกิริยาสูงมากและสม่ำเสมอตลอดช่วงหน้าตัดของเบด

ข้อดีของเตาเผาฟลูอิโดซ์เบดคือ

ก. เนื่องจากอนุภาคมีการหมุนวนอย่างสม่ำเสมอ และถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีการพาเป็นหลักทำให้สามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์ที่อุณหภูมิต่ำ (750-1,000 °C)

ข. เนื่องจากการเผาไหม้สมบูรณ์ทำให้สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด ทั้งถ่านหินและเชื้อเพลิงชีวมวล ที่มีความชื้นสูง

ค. เนื่องจากมีอุณหภูมิในการเผาไหม้ไม่สูง ทำให้มีอัตราการปล่อยแก๊สกลุ่มไนโตรเจนต่ำ

ง. สามารถติดตั้งอุปกรณ์นำถ่านที่มีเชื้อเพลิงติดออกไปกลับมาเผาไหม้ได้

จ. สามารถควบคุมอัตราการปลดปล่อยแก๊สมลพิษทั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และแก๊สกลุ่มไนโตรเจนออกไซด์ให้อยู่ในค่ามาตรฐาน โดยไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์กำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากฟลูแก๊ส

ข้อเสียของเตาเผาฟลูอิโดซ์เบดคือ

ก. ระยะเวลาเริ่มจุดเตามาก

ข. เกิดการสึกกร่อนภายในเตาจากการปะทะของอนุภาคและกระแส

ค. ระบบจัดการกับเถ้าใหญ่และขี้เถ้า

เตาฟลูอิโดซ์เบดสามารถลดการปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศโดยการเติมสารดูดซับเช่นหินปูน หรือ โดโลไมต์ (แร่ที่มีทั้ง CaCO_3 และ MgCO_3) พบว่าสามารถจัดไว้ได้ตั้งแต่ 80% ขึ้นไป ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เหมาะสม (800-850 °C) และสภาวะอากาศกินพอ โดยความหนาของเบดไม่ต่ำกว่า 1 m

ในปัจจุบันมีการใช้งานเตาเผาฟลูอิดซ์เบด ทั้งในขนาดใหญ่เช่นโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ ไปจนถึงใช้กับหม้อไอน้ำในอุตสาหกรรม หรือเตาเผาทำลายของเสีย เช่น ตะกอนจากน้ำทิ้ง อุตสาหกรรม

5. กระบวนการคาร์บอไนซ์ หรือ การไพโรไลส์ (Carbonization หรือ Pyrolysis)

คือกระบวนการให้ความร้อนตั้งแต่ 500°C ขึ้นไปแก่ถ่านหินในอุปกรณ์ปิดและจำกัดอากาศหรือควบคุมความดัน ทำให้เกิดการสลายตัวของถ่านหิน ให้สารระเหยโมเลกุลต่ำทั้งแก๊ส และของเหลว แก๊สที่ได้เรียกว่าแก๊สถ่านหินซึ่งให้ค่าความร้อนสูง มีองค์ประกอบสำคัญได้แก่ ไฮโดรเจน มีเทน อีเทน ไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว และ คาร์บอนมอนอกไซด์ การทำให้ถ่านหินสลายตัวนี้จะยังคงมีส่วนที่ยังคงสภาพเป็นของแข็งอยู่ เรียกว่าถ่านชาร์ (coal char) ถึงประมาณ 70 % ของน้ำหนักถ่านหินเริ่มต้น โดยถ่านชาร์ที่ได้จะมีคุณสมบัติไร้ควันในการเผาไหม้ เนื่องจากอุณหภูมิในช่วง $500 - 750^{\circ}\text{C}$ สามารถไล่ส่วนที่เป็นน้ำมันาร์ (ส่วนที่ทำให้เกิดควันดำในการเผาไหม้) ออกจากถ่านหินได้ ถ่านชาร์ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ถ่านเซมิโค้ก (semi-coke) หรือ เชื้อเพลิงไร้ควัน (smokeless fuel) ซึ่งยังคงมีสารระเหยที่ติดไฟได้อยู่ประมาณ 10 – 15% แต่เป็นส่วนที่ให้แก๊ส ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยด้านพลังงานหมุนเวียน

Natarjan et al. (1997) ได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลด้านพลังงานหมุนเวียนและพบว่าเปลือกข้าวมีศักยภาพในการใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนเนื่องจากการเพาะปลูกใน 75 ประเทศทั่วโลก และมีปริมาณเปลือกข้าว 80 ล้านตันต่อปี คิดเป็นพลังงาน 1.2×10^9 GJ (ค่าความร้อนจำเพาะของเปลือกข้าว 15 MJ/kg) เนื่องจากเปลือกข้าวมีความหนาแน่นและจุดหลอมของเถ้าต่ำจึงทำให้เกิดปัญหาการเกาะของเถ้าหลอมที่บริเวณผิวถ่ายโอนความร้อนในเตาเผาแบบตะกรับ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้เตาเผาแบบ fluidized bed gasifier ในการเผาไหม้เนื่องจากการกระจายความร้อนที่ดี ทำให้สามารถเผาไหม้ได้ที่อุณหภูมิภายในเตาต่ำ ช่วยลดปัญหาในการเกาะของเถ้าหลอมบนผิวถ่ายโอนความร้อนได้

Hoque and Bhattacharya (2001) ได้ทำการทดลองใช้เปลือกมะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในเตาแก๊สซิไฟเออร์ (gasifier) 2 ชนิดคือ fluidized bed และ spouted bed โดยทำการจดบันทึกค่าอุณหภูมิส่วนประกอบ (%v/v) ของแก๊สผลิตภัณฑ์ (H_2 , CO, CO_2 และ CH_4) และค่าความร้อนจำเพาะของแก๊สผลิตภัณฑ์ (Heating Value) โดยจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 800 – 1,200 K เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนประกอบ(%v/v) ของ H_2 และ CO ในแก๊สผลิตภัณฑ์จะมีมากขึ้น CO_2 ลดลง และ CH_4 ลดลงเล็กน้อย ค่าความร้อนจำเพาะ (Heating Value) และปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ (gas yield) จะเพิ่มขึ้น โดยเตา fluidized bed จะมีค่าอุณหภูมิสูงสุด ค่าความร้อนจำเพาะ และปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์สูงกว่า spouted bed เล็กน้อยในทุกช่วงอุณหภูมิ

2. งานวิจัยด้านการเผาไหม้

สุทธิโรจน์ (2546) ได้ทำการการจำลองการเผาไหม้มูลฝอยภายใต้สมดุลย์เคมี ด้วยเตาเผาแบบควบคุมอากาศซึ่งมีห้องเผาไหม้ 2 ห้อง เพื่อทำนายองค์ประกอบก๊าซจากการเผาไหม้ พบว่าช่วงอุณหภูมิเตาเผาแรกที่เหมาะสมคือ 700 - 800 °C ปริมาณอากาศที่จ่ายเข้าเตาเผาห้องแรก 40 - 50% ของปริมาณอากาศตามทฤษฎี ซึ่งจะช่วยให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงช่วยเผาต่ำที่สุด การเพิ่มอุณหภูมิห้องเผาไหม้แรกมีผลให้ก๊าซ CO_2 , S_2 และ CH_4 ลดลง ขณะที่ H_2O , CO เพิ่มขึ้นส่งผลให้ห้องเผา 2 มีก๊าซ CO เพิ่มขึ้น H_2 ลดลง การเพิ่มปริมาณอากาศในห้องเผาไหม้แรกพบว่าห้องเผาไหม้แรกเกิดก๊าซ CO , H_2 , CH_4 , H_2S และ H_2O ลดลงขณะที่ N_2 , CO_2 , NO เพิ่มขึ้นและห้องเผาไหม้ที่ 2 ปริมาณก๊าซ CO และ H_2 ลดลงแต่ถ้าเพิ่มปริมาณอากาศในห้องเผา 2 จะพบว่า CO_2 , H_2O , S_2O , HCl และ CO ลดลง N_2 , O_2 และ NO เพิ่มขึ้นในห้องเผาที่ 2

เดชะ (2535) ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นแห่งหนึ่งการวิเคราะห์สมรรถนะของเตาเผาเหล็ก ได้ทำโดยใช้กฎข้อที่ 1 และ 2 ทางเทอร์โมไดนามิกส์ นำผลการวิเคราะห์ไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าอุณหภูมิของไอเสียอยู่ในช่วง 550 ถึง 600 °C ซึ่งเหมาะสมสำหรับนำกลับมาใช้ประโยชน์จากการนำความร้อนจากไอเสียมาให้ความร้อนแก่น้ำมันเตาแทนการใช้ไฟฟ้า การอุ่นวัตถุดิบหรือการอุ่นอากาศที่ใช้ในการสันดาปก่อนนำเข้าเตาเผา การสูญเสียความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและรังสีความร้อนจะลดลงเมื่อได้รับการติดตั้งฉนวนกันความร้อนรอบตัวเตา นอกจากนี้ยังพบว่าสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเตาเผานี้จะให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดช่วง 70-80% การอุ่นอากาศโดยการนำความร้อนจากไอเสียจะสามารถประหยัดเชื้อเพลิงลงได้ ทำให้พลังงานที่สูญเสียออกไปกับไอเสียลดลงจากเดิม 11.9%

จิตพงษ์ (2536) ได้ศึกษาพฤติกรรมของเตาเผาขยะแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิง พร้อมทั้งนำความร้อนที่ได้จากการเผาเชื้อเพลิงไปใช้ประโยชน์โดยการไปอบขยะเปียกในอีกส่วนหนึ่งของเตาเผา ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้จะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิในเตาเผาไหม้ และความเข้มข้นของก๊าซมลพิษ CO และ NO_x และอัตราการระเหยน้ำในขยะเปียก คือ ถ่านปริมาณเชื้อเพลิงถ่านที่ใช้ในการเผาไหม้ 9 kg ก็จะทำให้อุณหภูมิเตาเผาไหม้สูงที่สุด 750 °C ความเข้มข้นของก๊าซมลพิษก็สูงขึ้น และเมื่อศึกษาผลของปริมาณถ่านต่ออัตราการระเหยของน้ำในขยะเปียกพบว่าอัตราการระเหยน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนถ่านที่ใช้

กุลยศ (2545) ได้ศึกษาเวลาเผาไหม้และอัตราเร็วของการเผาไหม้ของขยะชุมชนผสม ลิกไนต์ในฟลูอิดไชเบด การศึกษาดังกล่าวได้ศึกษาเวลาการเผาไหม้และอัตราเร็วการเผาไหม้ของ ลิกไนต์ขยะชุมชนและขยะชุมชนผสมลิกไนต์ในฟลูอิดไชเบดขนาดห้องปฏิบัติการที่ความดัน บรรยากาศโดยการทดลองแบบแบทช์(batch) และใช้ตะกั่วที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงขยะจริง

สมรัฐ (2539) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือการหา อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านผนังเตาเผาซึ่งถูกแบ่งเป็นอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเตาด้านที่สัมผัสก๊าซร้อนและผนังเตาด้านที่สัมผัสกับมูลฝอยในอีกส่วนหนึ่งเป็นการ หาอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนภายในเตาเผาซึ่งเป็นกลไกการถ่ายเทความร้อนที่โดดเด่นที่สุดโดยพัฒนาแบบจำลองที่ใช้โครงข่ายความต้านทางความร้อนแบบ 2 โซลผลที่ได้ จากการวิจัยสามารถนำไปใช้ออกแบบเตาเผามูลฝอยแบบหมุนให้มีความเหมาะสมในภาวะการทำงานแบบต่างๆ

สมรัฐ (2542) ได้ศึกษาการออกแบบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อแบบควบคุมอากาศขนาด 50 kg/hr การศึกษาดังกล่าวเป็นการออกแบบเตาเผาแบบควบคุมอากาศโดยแบ่งเป็น 2 ห้อง เตาเผาไหม้ แบ่งเป็น 2 ห้อง ห้องแรกเป็นห้องรองรับมูลฝอยและควบคุมให้เกิดการเผาไหม้ โดยจ่ายอากาศเพื่อ เผาไหม้ในปริมาณที่น้อยกว่าที่ต้องการทางทฤษฎี โดยออกแบบให้ทำงานที่ 760°C ซึ่งทำให้มูล ฝอยติดเชื้อเกิดการแตกตัวทางความร้อนก๊าซและสารระเหยที่เกิดขึ้นจะไหลเข้าไปทำการเผาไหม้ซ้ำ ในห้องเผาไหม้ที่ 2 โดยจะทำงานที่ $1,000^{\circ}\text{C}$ ซึ่งจะควบคุมการจ่ายอากาศสำหรับการเผาไหม้ใน ปริมาณที่มากกว่าที่ต้องการตามทฤษฎีเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์โดยมีเวลาที่ก๊าซไหลอยู่ใน ห้องเผาที่ 2 ประมาณ 2 วินาที

โกศล (2541) ได้การออกแบบเตาเผาขยะชุมชนขนาดเล็กแบบ 2 ห้องเผา และศึกษาตัวแปร ที่มีผลต่อการเผาไหม้และการปลดปล่อยก๊าซมลพิษเตาเผาขยะพบว่าอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ เป็นตัวแปรที่มีผลต่อการเผาไหม้ โดยอุณหภูมิภายในห้องเผาขึ้นอยู่กับปริมาณขยะ ปริมาณอากาศ ปริมาณเชื้อเพลิงช่วยเผาที่ป้อนเข้าเตาปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาขยะจะแปรผันตรงกับ ปริมาณอุณหภูมิภายในห้องเผาโดยก๊าซ CO จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิภายในห้องเผาทั้งสองเพิ่มขึ้น

กุล (2540) ได้ศึกษาเตาเผาขยะแบบหมุน โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนส่วนแรก ศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาและประยุกต์ใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขแบบไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์วิธีปริมาตร ส่วนที่ 2 เป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบความร้อนในเตาเผาขยะแบบหมุน ในการศึกษาครั้งนี้ไม่นำผลกระทบของเปลวไฟมาเกี่ยวข้องแต่พิจารณาผลกระทบของตัวแปรที่มีต่ออัตราการแผ่ความร้อนอันได้แก่อุณหภูมิก๊าซ/ขยะเชิงค่าการแพร่กระจายของขยะแข็ง/เตาเผา อัตราส่วนระหว่างความสูงขยะแข็งต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเตาด้านในค่าการฟุ้งกระจายเชิงความร้อนของเตาเผา พบว่า การกระจายอุณหภูมิของเตาเผาด้านใน ส่วนที่สัมผัสก๊าซมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นและค่อยๆลดต่ำ จนถึงผนังเตาด้านนอกในขณะที่การกระจายอุณหภูมิเตาเผาด้านใน ส่วนที่สัมผัสขยะแข็งจะมีจุดสูงสุด ณ จุดหนึ่งภายในผนังเตาและค่อยๆลดต่ำ แสดงถึงเตาเผาด้านใน ส่วนที่สัมผัสขยะแข็งมีการถ่ายเทความร้อนไปยังขยะแข็งเตาเผาด้านนอกผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณหาผลกระทบของตัวแปรต่ออัตราการแผ่ความร้อนพบว่าอัตราการแผ่ความร้อนมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิก๊าซ อุณหภูมิขยะเชิงค่าการแพร่กระจายของผนังเตา อัตราส่วนระหว่างความสูงขยะแข็งต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเตาด้านในแต่จะไม่ขึ้นกับความเร็วยรอบของเตาและค่าการฟุ้งกระจายเชิงความร้อนของผนังเตา

3. งานวิจัยด้านเตาอุตสาหกรรม

Bubla (1984) ได้ทำการศึกษาการเผาไหม้ของถ่านหิน (lignite) โดยผ่านกระบวนการฟลูอิดไอเซชัน ซึ่งมีทรายเป็นเบด พบว่ามีการสะสมของเถ้าภายในเบด ซึ่งจะทำให้การฟลูอิดไอส์ไม่ดี เนื่องจากความร้อนจะสูญเสียไปกับคาร์บอนและเถ้าที่ถูกพัดออกนอกเตา โดยเตาเผาฟลูอิดไอส์เบดสามารถใช้ได้ดีกับถ่านหินที่มีปริมาณเถ้าน้อยกว่า 40%

Davidson (1993) ได้ศึกษาการเผาไหม้ของถ่านหินในเตาฟลูอิดไอส์เบด โดยพบว่า มวลของถ่านหินที่ป้อนในเตาควรมีปริมาณไม่เกิน 5% ของมวลเบด เมื่อความเร็วอากาศในเตาอยู่ที่ 1 เมตรต่อวินาที อนุภาคเบดควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1 mm อนุภาคเบดที่เล็กกว่านี้จะมีปัญหาเรื่องการหลุดลอยของอนุภาค ส่วนอนุภาคที่ใหญ่กว่าจะมีปัญหาเรื่องการถ่ายเทความร้อนต่ำ

เบญจวรรณ (2537) ศึกษาอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงความเร็วของอากาศที่ใช้ในการฟลูอิไดซ์และการถ่ายเทความร้อนระหว่างเบดกับท่อนำรับความร้อน โดยได้พัฒนาเตาฟลูอิไดซ์เบดขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.45 \times 0.45 \text{ m}^2$ ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เช่นเดียวกับระบบใหญ่ พบว่าอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมอยู่ที่ 6:1 – 6.9:1 โดยมีมวล ที่ปริมาณอากาศเกินพอ 10-30% อุณหภูมิเบด 870-921 °C

นฤทัย (2537) ได้ศึกษาคูณลักษณะของถ่านหิน lignite จากเหมืองแม่เมาะและบ้านบางปู โดยการทดลองเผาในเตาฟลูอิไดซ์เบดแบบฟองอากาศ (bubbling fluidized bed) ที่ความเร็วอากาศ 1.25-3 เท่าของความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดซ์ อุณหภูมิเบด 700-800 °C ความสูงเบด 10-15 cm ขนาดของอนุภาคถ่านหิน 5-15 mm พบว่าอุณหภูมิวิกฤตติดไฟของถ่านหินอยู่ที่ 230-320 °C

BARDUCCI et al. (1999) ได้ทำการรวบรวมข้อมูลการใช้เครื่องจักรแก๊สซิไฟเออร์ (gasifier) ณ. เมือง ฟอเรนซ์ประเทศอิตาลี โดยพบว่ามีการใช้เครื่องจักรแก๊สซิไฟเออร์ 2 ชุดสลับกันผลิต LEG (low energy gas) จ่ายให้หม้อต้มไอน้ำ (boiler) เพื่อใช้ไอน้ำในการผลิตไฟฟ้า โดยหลังจากผ่านหม้อต้มไอน้ำแล้ว LEG จะถูกส่งไปใช้เป็นเชื้อเพลิงที่โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ซึ่งอยู่ติดกัน ขณะใช้งานพบปัญหามีอนุภาคซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนและทาร์ (tars) ซึ่งควบแน่นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 500 °C ไปเกาะที่ผนังของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนของหม้อต้มไอน้ำ ทำให้ประสิทธิภาพลดลง โดยปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มระบบทำความสะอาดแก๊สซึ่งประกอบด้วย centrifugal cyclone, axial cyclone, de-chlorination unit และ ceramic Filter

Saxena and Thomas (1995) ได้สร้างแบบจำลองการเผาไหม้ภายใต้ภาวะสมดุลเคมีในห้องเผาไหม้เดี่ยวเพื่อศึกษาองค์ประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ไม้โดยให้ไม้ปริมาณอากาศส่วนเกินอยู่ที่ 0.3-2 เท่า ความชื้นอยู่ที่ 6-15% และอุณหภูมิ 1,000-1,400 K จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มอากาศส่วนเกินจะทำให้ก๊าซ CO, CO₂, H₂O, H₂, NO₂, N₂, SO₂, SO₃ ลดลง ในขณะที่ NO, O₂ เพิ่มขึ้น การเพิ่มอุณหภูมิในห้องเผาไหม้จะทำให้ปริมาณ CO, H₂, N₂, NO₃ ลดลงแต่ปริมาณ CO₂, H₂O, NO, NO₂ และ SO₂ เพิ่มขึ้น

4. งานวิจัยด้านการนำยางรถยนต์มาใช้ประโยชน์

กัญญาณี (2545) ได้ศึกษาการผลิตท่อน้ำซึมจากผงยางรถยนต์กับพอลิเอทิลีนไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิในการขึ้นรูปขึ้นงานทดสอบขึ้นอยู่กัสมบัติทางความร้อนของพีวีซี และช่วงอุณหภูมิที่เอโซไดคาร์โบนาไมด์เกิดปฏิกิริยาสลายตัว โดยอุณหภูมิเหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปโดยวิธีการกดอัด คือ 210°C เป็นเวลา 4 นาที

Burrigoyne et al. (1976) ได้ศึกษาการนำผงยางรถยนต์มาใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อในยางรถยนต์ พบว่าการใช้ยางรถยนต์เป็นสารเพิ่มเนื้อจะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ความแข็งแรงดึงสูงสุด (ultimate tensile strength) เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (percent elongation at break) และความแข็งแรงฉีกขาด (tear strength) ของชิ้นงานลดลง การเติมผงยางสูงสุดทำได้ถึง 10 % โดยน้ำหนัก ซึ่งจะทำให้คุณสมบัติของยางยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

Accetta และ Vergnaud ได้ทำการพัฒนาวัสดุดูดซับเสียง โดยนำยางรถยนต์มาบดที่อุณหภูมิต่ำ (Cryogenic grinding) ให้มีขนาด $300-900\ \mu\text{m}$ ใช้กัมมะถัน 2 % โดยน้ำหนักเป็นสารเชื่อมโยง ขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 180°C ความดัน 10 MPa เป็นเวลา 10 นาที และทำการทดสอบการดูดซับเสียงที่ย่านความถี่ 200-4,000 Hz ด้วยชิ้นงานหนา 3 mm พบว่าสามารถใช้เป็นวัสดุป้องกันเสียงเทียบเคียงกับวัสดุมาตรฐานได้

Rajalingam et al. (1995) ได้ทำการพัฒนาวัสดุกันการกระแทกจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำผสมกับผงยางรถยนต์ที่ผลิตจากกระบวนการผลิต 3 ชนิด คือผงยางรถยนต์ที่ผลิตโดยวิธีการบดที่อุณหภูมิห้องแบบแห้ง (ambient grinding) แบบเปียก (wet ambient grinding) และการบดที่อุณหภูมิ -195°C พบว่าผงยางที่บดที่อุณหภูมิห้องทั้งชนิดแห้งและเปียกจะมีพื้นผิวขรุขระ ผงยางที่บดที่อุณหภูมิ -195°C มีลักษณะพื้นผิวเรียบ และจากการทดสอบคุณสมบัติด้านการกันการกระแทกพบว่าพอลิเอทิลีนผสมกับผงยางผ่านวิธีการบดที่อุณหภูมิห้องแบบเปียก มีคุณสมบัติกันการกระแทกได้ดีที่สุด