

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ระบบการจัดการ

ความหมายของระบบ (system) คือ ระเบียบเกี่ยวกับการรวมสิ่งต่างๆ ซึ่งมีลักษณะซับซ้อน ให้เข้าลำดับประสานเป็นอันเดียวกัน ตามหลักเหตุผลทางวิชาการ หรือหมายถึง ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติซึ่งมีความสัมพันธ์ประสานเข้ากัน โดนกำหนดรวมเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน หรือเป็นกระบวนการต่างๆ ที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันระหว่างกระบวนการต่างๆ ที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันระหว่างกระบวนการเหล่านั้นและเชื่อมต่อกันเพื่อทำงานใดงานหนึ่งให้บรรลุถึงเป้าหมาย หรือเป็นกลุ่มขององค์ประกอบต่างๆ ที่ทำงานร่วมกันเพื่อจุดประสงค์อันเดียว

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี [ม.ป.ป.] ให้ความหมายของการจัดการ (Management) ว่า คือ การทำให้กลุ่มบุคคลในองค์กรเข้ามาทำงานร่วมกันเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ร่วมกันขององค์กร การจัดการประกอบด้วย การวางแผนการจัดการองค์กร การสรรหาบุคลากร กำนานหรือการสั่งการ และควบคุมองค์กร หรือความพยายามที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ร่วมกัน การจัดการทรัพยากรประกอบด้วย การใช้งานและการจัดการวางทรัพยากรบุคคล ทรัพยากรการเงิน ทรัพยากรเทคโนโลยี และทรัพยากรธรรมชาติ ส่วน ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และอมรศักดิ์ บุญเรือง [5] ได้ให้ความหมายการจัดการ (Management) คือกระบวนการนำทรัพยากรการบริหารมาใช้ให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามขั้นตอนบริหาร และเมื่อประมวลความหมายและ คำว่า ระบบการจัดการ (Management System) จึงหมายถึง กระบวนการจัดการรูปแบบที่ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทั้งระบบของการผลิต กระบวนการที่ทำให้งานกิจกรรมต่างๆ สำเร็จลงได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล ด้วยคนและทรัพยากรขององค์กร หรือในอีกความหมายหนึ่งระบบการจัดการหมายถึง หน้าที่ต่างๆ ด้านการจัดการควบคุมการทำงาน ทั้งระบบการผลิต การจัดส่ง การจำหน่าย และการจัดการกับซากเศษเหลือทิ้ง

2.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับยางและยางรถยนต์

ยางเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีความยืดหยุ่น (Elasticity) มีความเหนียว (Toughness) มีความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion Resistance) สูง สามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำและอากาศได้ดี

ผู้ที่นำยางมาใช้ประโยชน์เป็นกลุ่มแรกๆ คือ ชาวอินเดียนแดงในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ เช่น นำเอายางมาทำรองเท้า ลูกบอล ทำผ้ากันฝน และทำถุงเก็บน้ำปากแคบ ในปี พ.ศ. 2313 โจเซฟ ปริสตี ได้พบว่า ยางสามารถบร่ายค่าของดินสอได้โดยที่กระดาษไม่เสีย จึงเรียกยางว่า ยางลบหรือตัวลบ

ยางสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมี คือ ซิส - 1, 4 - พอลิไอโซพรีน (Cis - 1, 4 - Polyisoprene) มีความยืดหยุ่น (Elasticity) สูง มีค่าความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) สูงมาก มีค่าความทนทานต่อการฉีก (Tear Strength) สูงมาก มีสมบัติเชิงพลวัต (Dynamic Properties) ที่ดีมีการสูญเสียพลังงานในรูปความร้อนต่ำในระหว่างการใช้งาน มีความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion Resistance) สูง มีความเป็นฉนวนไฟฟ้าสูงมาก มีสมบัติกระด้างกระดอน (Rebound Resilience) สูง มีช่วงอุณหภูมิการใช้งาน (Service Temperature) ตั้งแต่ 55 องศาเซลเซียส จนถึง 70 องศาเซลเซียส มีความทนทานต่อของเหลวและสารเคมียกเว้นของเหลวที่เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว และไม่ทนต่อของกรดไนตริกและกรดกำมะถันเข้มข้น ยางมีสมบัติว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน โดยมีแสงแดดหรือความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ไม่ทนต่อโอโซนและเสื่อมสภาพได้เมื่อสัมผัสโอโซนนานๆ

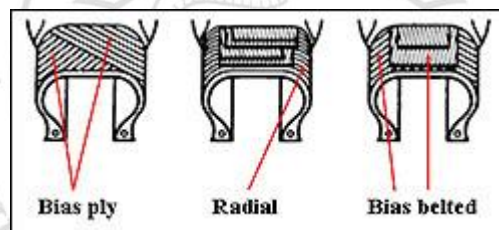
ยางสังเคราะห์ คือ ยางเทียมที่มีลักษณะทางเคมีและมีสมบัติคล้ายคลึงกับยางธรรมชาติ สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาเคมี ยางสังเคราะห์มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของมอนอเมอร์ที่เข้ามาทำปฏิกิริยากัน

ยางรถยนต์ คือ อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยยาง สารเคมี ฝ้ายใบ และเหล็กกล้า หรือวัสดุอื่นๆ เมื่อติดตั้งเข้ากับล้อรถยนต์และสูบลมแล้วสามารถรับน้ำหนักและทำให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้ ยางรถยนต์มีหน้าที่รับน้ำหนักรถยนต์และน้ำหนักบรรทุก ลดแรงกระแทกและสั่นสะเทือนจากพื้น เป็นตัวกลางถ่ายทอดพลังงานขับเคลื่อนการหยุดรถลงสู่พื้นผิวถนน และทำให้รถเปลี่ยนทิศทางได้ตามความประสงค์

ยางรถยนต์จำแนกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

ยางรถยนต์ชนิดผ้าใบเฉียง (Bias Ply Tire) เป็นยางรถยนต์ซึ่งชั้นของผ้าใบแผ่ขยายไปยังขอบลวดวางสลับกันทำมุมกับเส้นผ่าศูนย์กลาง ของดอกยางน้อยกว่า 90 องศา โดยชั้นผ้าใบทำจากเส้นใยในลอน มีความแข็งแรงทนทานไม่มากนัก อายุการใช้งานค่อนข้างต่ำ ราคาถูกนิยมใช้สำหรับงานระยะสั้นเฉพาะฤดูกาล เช่น การขนส่งพืชไร่ เป็นต้น

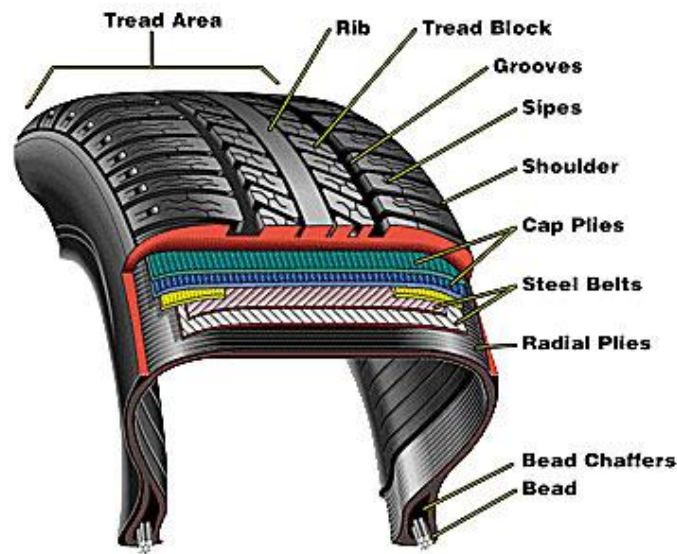
ยางเรเดียล (Radial) เป็นยางรถยนต์ที่ชั้นผ้าใบแผ่ขยายไปยังขอบลวดวางทำมุมกับเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกยางประมาณ 90 องศา ชั้นผ้าใบทำจากเส้นใยสังเคราะห์โพลีเอสเตอร์ ช่วยในการกักลมทำให้ยางประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องมียางในสำหรับช่วยการเก็บกักลม ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาโคนการเสริมเส้นลวดหรือใยเหล็กเข้าไปในโครงสร้างของยางและพัฒนารูปแบบของดอกยางให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น



รูป 2.1 แสดงโครงสร้างของยาง Bias Ply และ Radial [10]

ยางรถยนต์มีส่วนประกอบสำคัญ 5 ส่วน และหน้าที่ของแต่ละส่วน [10] มีดังนี้

1. ยางผสม ต้องมีส่วนผสมพื้นฐานเป็นยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์และต้องเจือปนด้วยสารป้องกันปฏิกิริยาของออกซิเจน
2. โครงยาง (Inner Liner) ประกอบด้วยผ้าใบชั้นเดียวหรือหลายชั้นและอาจจะเสริมด้วยวัสดุอื่นๆเช่น ลวด เรยอน เส้นใยชนิดอื่นๆ เป็นต้น ทำหน้าที่เก็บกักลม
3. ดอกยาง (Tread) ส่วนของยางรถยนต์ที่สัมผัสกับพื้นถนน ดอกยางทำจากส่วนผสมของยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ หรือทั้งสองอย่าง
4. ขอบลวด (Bead Wire) ประกอบด้วยลวดเหล็กกล้าชุบทองแดง ซึ่งอาจหุ้มด้วยผ้าใบฉาบยาง ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงในการยึดยางกับกระทะล้อ
5. แก้มยาง (Side Wall) คือ ส่วนที่อยู่ระหว่างยางกับขอบลวด ซึ่งทำจากวัสดุประเภทเดียวกับดอกยาง ทำหน้าที่ห่อหุ้มโครงชั้นผ้าใบ



รูป 2.2 ส่วนประกอบของยางรถยนต์ [10]

2.3 สถานการณ์ทั่วไปของยางรถยนต์เก่า ปัญหา และผลกระทบ

จำนวนรถยนต์ที่มีในปัจจุบันในประเทศไทย จากสถิติของกรมการขนส่งทางบก นับจากปี พ.ศ. 2538 มีจำนวนรถยนต์รวม 14,097,719 คัน เพิ่มขึ้นเป็น 25,618,447 คัน ในปี พ.ศ. 2550 และมีจำนวนรถที่จดทะเบียนสะสมเพิ่มขึ้นมากทุกปี โดยจำนวนสะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2557 รวมทั้งสิ้น 35,835,180 คัน (ตารางที่ 2.1) [14] และจังหวัดเชียงใหม่มีทั้งสิ้น 1,273,275 คัน (ตารางที่ 2.1) [14] หากเรานำตัวเลขในปี พ.ศ. 2557 มาประเมินทุกคน จะต้องมีการเปลี่ยนยางรถเมื่ออย่างเลื่อมคุณภาพ ซึ่งปกติไม่สามารถประมาณอายุการใช้งานของยางแต่ละเส้นได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน แต่โดยทั่วไปจะเปลี่ยนที่ประมาณ 50,000 - 60,000 กิโลเมตร ซึ่งสำหรับรถยนต์ในภาคการขนส่งจะเฉลี่ยประมาณ 6 เดือนต่อการเปลี่ยนยาง 1 ชุด ซึ่งยางเก่าที่เปลี่ยนนี้จะสามารถนำไปหล่อดอกเพื่อมาใช้ได้อีกประมาณ 3 เดือน จึงเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 9 เดือน ต่อหนึ่งชุด เปลี่ยน 6 - 10 เส้น รวมแล้วจะมียางทิ้งประมาณปีละ 10 เส้น ส่วนรถยนต์ทั่วไปเฉลี่ยจะเปลี่ยนยางที่อายุประมาณ 2 ปีครึ่ง รวมแล้วจะมียางเหลือในส่วนนี้อีกประมาณปีละ 40.0 ล้านเส้น น้ำหนักเฉลี่ยเส้นละ 6 กิโลกรัม ประมาณ 240,000 ตันต่อปี เมื่อรวมกันแล้วจะมายางเก่าทิ้งแล้วในแต่ละปีไม่ต่ำกว่า 550,000 ตัน (รูปที่ 2.3) ซึ่งไม่รวมถึงชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ที่เป็นยางจากโรงงานในภาคส่วนๆ อาทิ ยางรถยก รถใช้ในเมือง รถโกนชนิดเดินตาม และยังไม่ได้รวมถึงยางเก่าสะสมที่ทิ้งไว้เกือบล้นตามท้องถนน ตามบ่อขยะ ฝังไว้ใต้ดิน ตามร้านค้าและโรงงาน ซึ่งยางเก่าเหล่านี้เป็นปัญหาด้านการกำจัดเป็นอย่างยิ่ง ถึงแม้ส่วนหนึ่งจะนำไปเผาให้ความร้อนแก่อุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานปูนซีเมนต์ บ้างก็ถูกนำไปทำขยะรองเท้านี้ โตะ แก้ว แต่เมื่อเทียบกับยางที่เหลือทิ้งแล้ว เป็นการกำจัดในอัตราส่วนที่น้อยมาก และสุดท้ายนอกเหลือจากที่

ส่งไปเป็นเชื้อเพลิงให้แก่โรงปูนแล้ว ขางดัดแปลงเหล่านี้ก็เข้าสู่กระบวนการการเป็นขยะอยู่ดี ขางเหล่านี้ เป็นวัสดุย่อยสลายยาก อายุการย่อยสลายหลายร้อยปี อีกทั้งการกองขางตามที่ต่างๆ เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง เป็นแหล่งเชื้อโรค การย่อยสลายของขางสู่ธรรมชาติอันเกิดจากการเสียดสี ก็จะเกิดสิ่งปนเปื้อนต่อสภาพแวดล้อมตามไปด้วย หากไม่หาวิธีการกำจัดที่ดีมากำจัดขางเก่าเหล่านี้แล้ว ในอนาคตขางเหล่านี้จะเป็นปัญหาใหญ่ด้านสิ่งแวดล้อมเหมือนขยะพลาสติกในปัจจุบัน (รูปที่ 2.3)



รูป 2.3 รถยนต์ที่เพิ่มขึ้นและขางรถยนต์เก่าที่ทิ้งแล้วเพิ่มขึ้น [8]

ตารางที่ 2.1 จำนวนรถที่จดทะเบียนสะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2557 [14]

ประเภทรถ (Type of Vehicle)	รถยนต์ทั่วประเทศ (คัน)
รย. 1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน Sedan (Not More Than 7 Pass.)	7,284,259
รย. 2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน Microbus & Passenger Van	433,128
รย. 3 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล Van & Pick Up	5,954,226
รย. 4 รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล Motor Tricycle	1,611
รย. 5 รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด Interprovincial Taxi	3
รย. 6 รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน Urban Taxi	112,682
รย. 7 รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง Fixed Route Taxi	3,087
รย. 8 รถยนต์รับจ้างสามล้อ Motor Tricycle Taxi (Tuk Tuk)	20,436
รย. 9 รถยนต์บริการธุรกิจ Hotel Taxi	3,411
รย.10 รถยนต์บริการทัศนาจร Tour Taxi	2,924
รย.11 รถยนต์บริการให้เช่า Car For Hire	64
รย.12 รถจักรยานยนต์ Motorcycle	20,141,213
รย.13 รถแทรกเตอร์ Tractor	446,507
รย.14 รถบดถนน Road Roller	11,637
รย.15 รถใช้งานเกษตรกรรม Farm Vehicle	98,873
รย.16 รถพ่วง Automobile Trailer	3,255
รย.17 รถจักรยานยนต์สาธารณะ Public Motorcycle	164,495
รถโดยสารรวม Bus	144,773
รถบรรทุกรวม Truck	1,007,576
โดยรถขนาดเล็ก Small Rural Bus	1,020
รวมทั้งสิ้น	35,835,180

ตารางที่ 2.2 จำนวนรถที่จดทะเบียนสะสมในจังหวัดเชียงใหม่ ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2557 [14]

ประเภทรถ (Type of Vehicle)	รถยนต์ทั่วประเทศ (คัน)
รย. 1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน Sedan (Not More Than 7 Pass.)	260,383
รย. 2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน Microbus & Passenger Van	12,585
รย. 3 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล Van & Pick Up	216,024
รย. 4 รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล Motor Tricycle	54
รย. 5 รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด Interprovincial Taxi	-
รย. 6 รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน Urban Taxi	350
รย. 7 รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง Fixed Route Taxi	1
รย. 8 รถยนต์รับจ้างสามล้อ Motor Tricycle Taxi (Tuk Tuk)	1,142
รย. 9 รถยนต์บริการธุรกิจ Hotel Taxi	54
รย.10 รถยนต์บริการทัศนาจร Tour Taxi	-
รย.11 รถยนต์บริการให้เช่า Car For Hire	-
รย.12 รถจักรยานยนต์ Motorcycle	755,667
รย.13 รถแทรกเตอร์ Tractor	3,855
รย.14 รถบดถนน Road Roller	312
รย.15 รถใช้งานเกษตรกรรม Farm Vehicle	28
รย.16 รถพ่วง Automobile Trailer	17
รย.17 รถจักรยานยนต์สาธารณะ Public Motorcycle	397
รถโดยสารรวม Bus	5,826
รถบรรทุกรวม Truck	16,579
โดยรถขนาดเล็ก Small Rural Bus	1
รวมทั้งสิ้น	1,273,275

หากเราประเมินยางรถยนต์เก่าที่สะสมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 - 2550 โดยใช้สัดส่วนประเภทรถยนต์ปี พ.ศ. 2554 เราน่าจะมียางรถยนต์เก่าที่ทิ้งแล้วสะสมอยู่ไม่ต่ำกว่า 10 ล้านตัน ในส่วนเฉพาะของยางรถยนต์เก่าย้อนหลัง 15 ปี ที่ไม่ได้รวมยางรถและอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่างๆ ที่เป็นยางในภาคส่วนเกษตรและอุตสาหกรรม วิธีที่กำจัดอย่างเหล่านี้ในปัจจุบันก็ได้แก่ การนำไปเป็นเชื้อเพลิงในโรงงานซีเมนต์ นำมาประดิษฐ์ของใช้ในชีวิตประจำวัน การฝังกลบ และการแอบเผา

แต่ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการกำจัดที่ดีขึ้น โดยไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมและยังเกิดประโยชน์ โดยนำมาทำเป็นพลังงานแปรรูปในรูปของน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซ ซึ่งนอกจากจะเป็นการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังเป็นทางเลือกหนึ่งของการผลิตพลังงานหมุนเวียน นั่นคือ การนำยางรถยนต์เก่าเหล่านั้นมาแปรรูปในกระบวนการไพโรไลซิส ซึ่งวิธีนี้ได้มีการใช้แล้วในหลายประเทศ เช่น สาธารณรัฐประชาชนจีน เกาหลี ออสเตรเลีย มาเลเซีย อินโดนีเซีย สหรัฐอเมริกา และอีกหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย ได้มีการนำวิธีการนี้ใช้มาหลายปีแล้ว แต่ยังไม่ได้รับการส่งเสริมและพัฒนาเท่าที่ควรตลอดหลายปีที่ผ่านมา

2.4 กระบวนการไพโรไลซิส

ศิริรัตน์ จิตการคำ [8] ได้อธิบายถึง กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) คือ การให้ความร้อนแก่สารใดสารหนึ่งเพื่อย่อยโมเลกุลให้มีขนาดเล็กลงในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งได้ของเหลวออกมามีลักษณะคล้ายน้ำมันเตา แต่มีความใสมากกว่าและเป็นสีดำ ได้คาร์บอนแบล็ค และ ก๊าซติดไฟ (รูป 2.4)

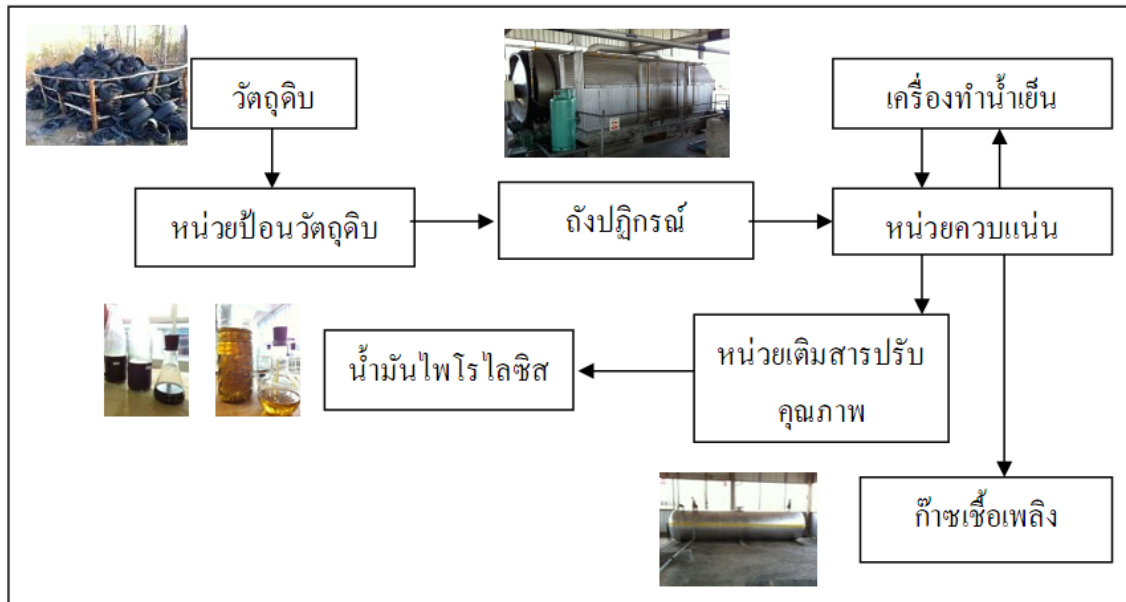


รูป 2.4 กระบวนการไพโรไลซิส [8]

ไพโรไลซิส เป็นกระบวนการเคมีความร้อน ในการเปลี่ยนโครงสร้างของแข็งให้เป็นก๊าซ ด้วยการเผาไหม้ของของแข็งที่เป็นเชื้อเพลิง เมื่อวัสดุมีการสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่ร้อนก็ผ่านความร้อนเกิดการสลายตัว และแปลงสภาพเป็นก๊าซติดไฟและถ่าน

กระบวนการไพโรไลซิส เป็นกระบวนการแตกตัวของสารที่มีโมเลกุลสูงด้วยกระบวนการทางความร้อน ภายใต้สภาวะปราศจากอากาศ โดยความร้อนที่ใช้เป็นความร้อนขนาดปานกลางที่อุณหภูมิ 450 - 600 องศาเซลเซียส โดยได้ผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดตามสถานะ คือ ก๊าซของแข็ง และของเหลว โดยก๊าซที่ได้ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4) จนถึงก๊าซโพรเพน (C_3H_8) ส่วนของเหลวที่ได้มีคุณลักษณะทั่วไปคล้ายน้ำมัน ซึ่งส่วนของของเหลวนี้นี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการจาก

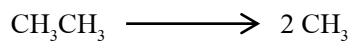
กระบวนการมากที่สุด สำหรับของแข็งที่ได้จากกระบวนการ คือ ถ่าน (Char) ซึ่งเป็นผงของคาร์บอน โมเลกุลขนาดเล็กที่เกิดจากปฏิกิริยาแตกตัว โดยอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ อัตราการให้ความร้อน อัตราการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการและชนิดของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต (รูป 2.5) [3]



รูป 2.5 แผนผังของระบบไพโรไลซิส [3]

สรุปได้ว่า ไพโรไลซิส คือ กระบวนการทางเคมีความร้อนโดยใช้ความร้อนเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาการแตกตัวของโมเลกุลสารโพลิเมอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าให้เล็กลง ในสภาวะที่ต้องไม่มีออกซิเจน [8] หรือสารอื่นใดเข้าร่วมในการทำปฏิกิริยา ในการแปลงยางรถยนต์เก่าให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ไพโรไลซิสเป็นวิธีการย่อยสลายรถยนต์เก่าที่หมดสภาพแล้ว นำมาสลายในเตาปฏิกรณ์จะปล่อยอากาศและก๊าซที่ไม่ต้องการทิ้งในช่วงแรก โดยใช้ความร้อนเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี และมีการเติมสารเร่งปฏิกิริยาประเภทเบสด้วยสาร Non - Hydrogen Phosphate Depressant เพื่อเร่งปฏิกิริยาเคมีร่วมกับกระบวนการไพโรไลซิส และเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันและก๊าซที่ได้ และเร่งการเกิดปฏิกิริยาให้เร็วขึ้น การแตกตัวเป็นกระบวนการของโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่มีความซับซ้อนหรือมีขนาดใหญ่ ให้แตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กๆ โดยการสลายพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน อัตราในการแตกตัวและผลิตภัณฑ์ที่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใส่เข้าไป การแตกตัวนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Pyrolysis ซึ่งเป็นการแตกตัวด้วยอุณหภูมิ (Thermal Cracking)

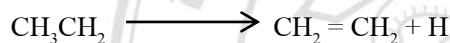
ปฏิกิริยาเริ่มต้น: Initial Reaction เมื่อโมเลกุลเดี่ยวแยกเป็นสองส่วนจะมีส่วนเล็กๆ ของโมเลกุลที่จะเข้าสู่ปฏิกิริยาเริ่มต้น ในการแตกตัวปฏิกิริยาเริ่มต้นจะเกี่ยวข้องกับการแตกตัวของพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนน้อยกว่าพันธะระหว่างคาร์บอนกับไฮโดรเจน



Hydrogen Abstraction เมื่อสารประกอบอิสระเคลื่อนที่อะตอมไฮโดรเจนจากโมเลกุล และเคลื่อนโมเลกุลที่สองไปเป็นสารประกอบอิสระ



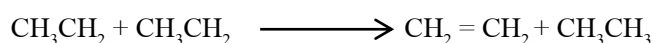
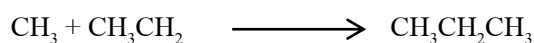
การจัดเรียงตัวใหม่ (Decomposition) เมื่อสารประกอบอิสระแตกตัวเป็นสองโมเลกุล Alkene และสารประกอบอิสระอื่นๆ



การเติม (Addition) การผันกลับของจัดเรียงตัวใหม่ ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนเป็นสายเดี่ยวหรือเป็นสารประกอบอิสระที่มีขนาดใหญ่ ในกระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปของ Aromatic



ปฏิกิริยาสิ้นสุด (Termination Reaction) เกิดขึ้นเมื่อสารประกอบอิสระทั้งสองปฏิกิริยากับตัวอื่น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่มีสารประกอบอิสระ 2 รูปแบบที่ได้หลังสิ้นสุดปฏิกิริยา คือ Recombination ที่เกิดจากการรวมตัวของสองโมเลกุลกลายเป็นโมเลกุลใหญ่ และ Disproportionation เกิดจากการเปลี่ยนรูปของอะตอมไฮโดรเจนเพื่อกลายเป็น Alkane และ Alkene



กระบวนการไพโรไลซิสจึงเป็นกระบวนการแตกตัวของสารจำพวกโพลีเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูงและขนาดใหญ่ ซึ่งในที่นี้คือ พลาสติกหรือยางรถยนต์ ด้วยกระบวนการทางเคมีความร้อนภายใต้สภาวะสูญญากาศ โดยความร้อนที่ใช้เป็นความร้อนที่อุณหภูมิ 300 - 600 องศาเซลเซียส โดยได้

ผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดตามสถานะ คือ ก๊าซ ของแข็ง และของเหลว โดยก๊าซที่ได้ประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) จะถึงก๊าซโพรเพน (C_3H_8) ซึ่งเป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่สามารถใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าหรือเดินเครื่องยนต์ได้ ส่วนของเหลวที่ได้มีคุณลักษณะทั่วไปคล้ายน้ำมันเทียบได้กับน้ำมันดิน เบนซิน ดีเซล และมีปริมาณของสารโมเลกุลใหญ่ เช่น ยางมะตอยผสมอยู่ในปริมาณน้อยมากจนถึงไม่มีเลย ซึ่งส่วนของเหลวนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการจากกระบวนการมากที่สุด สำหรับของแข็งที่ได้จากกระบวนการ คือ ถ่าน (Char) ซึ่งเป็นผงของคาร์บอน โมเลกุลขนาดเล็กที่เกิดจากปฏิกิริยาแตกตัวของสารโพลิเมอร์

2.5 การใช้ยางรถยนต์กับกระบวนการไพโรไลซิส

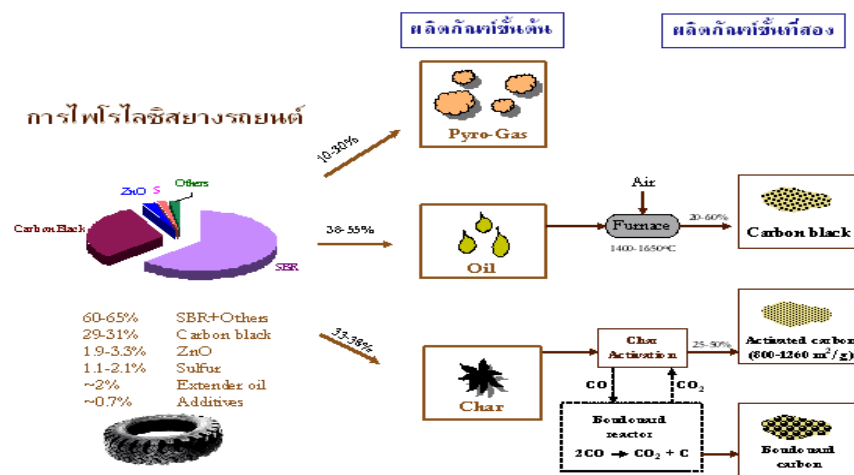
ยางรถยนต์มีไฮโดรคาร์บอน (ซึ่งเป็นองค์ประกอบประเภทเดียวกับสารประกอบในน้ำมัน) เป็นองค์ประกอบอยู่ถึงร้อยละ 50 - 60 ซึ่งแฝงตัวอยู่ในรูปของยางที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตยางรถยนต์ นับได้ว่ายางรถยนต์เป็นแหล่งพลังงานแหล่งใหญ่เลยทีเดียวได้ วิธีการที่จะเปลี่ยนยางรถยนต์ให้เป็นพลังงานแปรรูปที่มีค่าความร้อนที่สูงกว่า อย่างเช่นก๊าซเชื้อเพลิงและน้ำมัน คือกระบวนการที่เรียกรวมกันว่า พีจีแอล (PGL Process) ซึ่งย่อมาจากกระบวนการย่อย 3 กระบวนการ คือกระบวนการไพโรไลซิส กระบวนการก๊าซซิฟิเคชัน และกระบวนการลิกวิเฟรคชัน โดยกระบวนการทั้งสาม มีความเหมือนกันก็คือ เป็นกระบวนการที่เราให้ความร้อนแก่สารใดสารหนึ่งเพื่อย่อยสลายโมเลกุลของสารนั้นให้มีขนาดเล็กลงในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนหรือออกซิเจนน้อย แต่ด้วยกระบวนการผลิตและสถานะที่แตกต่างกัน ทำให้การไพโรไลซิสจะให้ก๊าซและน้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์ กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันจะให้ก๊าซสังเคราะห์ (ไฮโดรเจนรวมกับคาร์บอนมอนอกไซด์) และการทำลิกวิเฟรคชันนั้นจะมีการเติมตัวทำละลายเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ด้วย เพื่อวัตถุประสงค์ในการผลิตน้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์หลัก

สถานะที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ในกระบวนการไพโรไลซิส การไพโรไลซิสยางรถยนต์เก่าจะได้ น้ำมันประมาณร้อยละ 35 - 55 เป็นก๊าซประมาณร้อยละ 10 - 30 ส่วนที่เหลือเป็นคาร์บอนแบล็ค น้ำมันที่ได้จะประกอบไปด้วยน้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และน้ำมันหนักผสมรวมกันอยู่ ส่วนก๊าซที่ได้มีองค์ประกอบคล้ายก๊าซธรรมชาติ แต่มีอัตราส่วนขององค์ประกอบที่แตกต่างกันออกไป

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง คือ

- ธรรมชาติของสารตั้งต้น
- ความเข้มข้นของสารตั้งต้น
- พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น
- อุณหภูมิ
- ตัวเร่งปฏิกิริยา

อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยดังกล่าว จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยานั้นเป็นผลเนื่องจากสารตั้งต้นเท่านั้น ไม่เกี่ยวข้องกับสารผลิตภัณฑ์ การที่ทราบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไรบ้าง ทำให้สามารถควบคุมความเร็วของปฏิกิริยาได้ สามารถจะทำให้เกิดเร็วหรือเกิดช้า (รูปที่ 2.6)



รูป 2.6 การไพโรไลซิสยางรถยนต์ [8]

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสยางรถยนต์เก่าประกอบไปด้วย

- ลวดเหล็ก ประมาณร้อยละ 10 - 12
- น้ำมันไพโรไลซิส สีน้ำตาลดำ ประมาณร้อยละ 35 - 55
- ผงถ่านคาร์บอน ประมาณร้อยละ 20 - 30
- ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซเชื้อเพลิง

คาร์บอนหรือชาร์ที่ได้สามารถนำไปผลิตเป็น ผงถ่านคาร์บอน คาร์บอนแบล็ค หรือแอคติเวทเต็ดคาร์บอนได้ ซึ่งจะได้แอคติเวทเต็ดคาร์บอนที่มีคุณภาพดีในด้านการดูดซับสี น้ำมันสามารถปรับคุณภาพให้เป็นน้ำมันดีเซลหรือเบนซินได้ (รูป 2.7)



รูป 2.7 ผลผลิตที่ได้จากการไพโรไลซิสยางรถยนต์เก่า [3]

2.6 การแปรรูปให้เป็นยางผง

การรีไซเคิลโดยการแปรรูปขยะยางให้เป็นยางผงเพื่อนำไปใช้งานในหลากหลายรูปแบบถือเป็นวิธีที่ได้ยอมรับกันในวงกว้างเพราะวิธีการนี้สามารถทำได้ค่อนข้างง่ายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากขนาดและรูปร่างของยางผงขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ในการบดดังนั้นหัวใจสำคัญของการรีไซเคิลจึงอยู่ที่เทคนิคการเตรียมยางผงซึ่งต้องเป็นเทคนิคที่ดีและมีต้นทุนต่ำ

2.6.1 กระบวนการผลิตยางผง

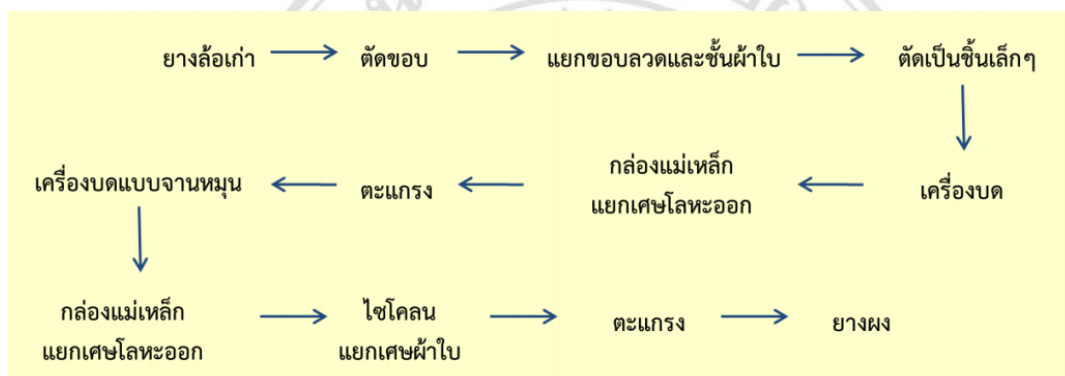
กระบวนการผลิตยางผงแบ่งตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

- การทำยางผงจากเศษยาง ดังรูป 2.8



รูป 2.8 วิธีทำยางผงจากเศษยาง [12]

- การทำยางผงจากยางรถยนต์เก่า ดังรูป 2.9



รูป 2.9 วิธีทำยางผงจากยางรถยนต์เก่า [12]

2.6.2 เครื่องบดที่ใช้สำหรับการผลิตยางผง

โดยทั่วไปเครื่องมือที่ใช้ในการบดยางให้มีขนาดเล็กลงมีหลายประเภท ซึ่งขนาดของยางที่ได้จากการบดขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ใช้ ตัวอย่างเครื่องบดต่างๆ แสดงดังรูป 2.10

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.10 ตัวอย่างเครื่องบดยางชนิดต่างๆ [12]

2.6.3 วิธีการบดยาง

วิธีการบดยางเพื่อให้ได้ยางผงแบ่งออกเป็น 2 วิธีหลัก คือ การบดที่อุณหภูมิห้อง และการบดที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งยางผงที่ได้แต่ละวิธีจะให้ขนาดอนุภาค โครงสร้าง และการกระจายตัวของอนุภาคยางผงแตกต่างกัน ดังนี้

การบดที่อุณหภูมิห้อง คือการบดเศษยางให้เป็นขนาดเล็กๆ ที่อุณหภูมิห้องโดยใช้เครื่องบดที่มีการเจาะร่อง (Cracker mill) เครื่องแกรนูลเตอร์ (Granulator) เครื่องฟัลเวอร์ไรเซอร์ (Pulverizer) รวมถึงเครื่องบดแบบ 2 ลูกกลิ้ง (Two - roll mill) ซึ่งขนาดอนุภาคและการกระจายตัวของอนุภาคยางผงที่ได้จากกระบวนการนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของการนำไปผ่านเครื่องบด โดยทั่วไปกระบวนการบดด้วยวิธีนี้จะได้ยางผงที่มีขนาดใหญ่ออยู่ในช่วง 0.5 - 1.5 มิลลิเมตร (ไม่เกิน 40 เมช) และมีพื้นที่ผิวไม่เรียบค่อนข้างขรุขระ หากต้องการขนาดเล็กจะต้องนำไปผ่านเครื่องบดซ้ำหลายรอบ

การบดที่อุณหภูมิต่ำ คือกระบวนการบดเชิงกลภายใต้อุณหภูมิต่ำ โดยขั้นตอนของการบดด้วยวิธีนี้เริ่มจากการนำเศษยาง (ควรมีขนาดเล็กกว่า 3 นิ้ว) มาทำให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว โดยการแช่ในไนโตรเจนเหลวจนกระทั่งยางแข็งเปราะคล้ายแก้ว แล้วนำไปบดด้วยเครื่องมือที่ทำให้เกิดอัตราเร็วของความเครียดสูง เช่น เครื่องบดแบบกระแทก (Impact mill) เพื่อให้ยางมีขนาดเล็กลง ยางผงที่ผ่านการบดที่อุณหภูมิต่ำจะได้ยางผงที่มีขนาดเล็กกว่าวิธีบดที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งจะมีขนาด 20 - 30 เมช และมีพื้นที่ผิวก่อนข้างเรียบ แต่จะมีต้นทุนสูงเนื่องจากการใช้ในไนโตรเจนเหลวในปริมาณมาก

2.6.4 การนำยางผงไปใช้ประโยชน์

ปัจจุบันมีการนำยางผงที่ได้จากการรีไซเคิลไปประยุกต์ใช้งานในหลากหลายรูปแบบ ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่

อุตสาหกรรมยาง ใช้ยางผงเป็นสารตัวเติมแบบไม่เสริมแรงทั้งในอุตสาหกรรมยางรถยนต์เก่า และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น แผ่นยางและบล็อกยางปูพื้น พรมปูพื้น ยางบังโคลน ท่อยาง ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิต แต่เนื่องจากยางผงมีขนาดอนุภาคค่อนข้างใหญ่เมื่อเทียบกับเขม่าดำหรือซิลิกา ดังนั้นการเติมลงไปยางอาจทำให้สมบัติเชิงกลของยางด้อยลง ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของยางผงต้องเข้ากันได้กับยางที่ใช้
- ขนาดของอนุภาคยางผงควรมีขนาดเล็ก เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพในการเสริมแรงสูงขึ้น
- ปริมาณยางผงที่เติมลงไปจะมีผลต่อสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ เช่น ความทนต่อแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาด และความต้านทานต่อการขาด

อย่างไรก็ตามยางผงมีความแข็งสูงกว่ายางดิบค่อนข้างมากเนื่องจากการผ่านการวัลคาไนซ์แล้ว การเติมยางผงลงไปในสูตรยางจะทำให้ยางคอมพาวด์มีความหนืดสูงขึ้น มีฟองอากาศน้อยลง มีการบวมตัวหลังเอ็กซ์ทรูดผ่านดายหรือหลังรีดคลดลง

งานวิศวกรรมโยธา มีการนำยางผงไปใช้ในงานวิศวกรรมโยธามากหลายรูปแบบตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานสำคัญ คือ การนำไปผสมกับยางมะตอยเพื่อปูพื้นถนน ซึ่งจะช่วยให้พื้นผิวถนนมีความยืดหยุ่นมากขึ้น และเมื่อใช้งานที่มีอุณหภูมิสูงสามารถลดปัญหาการเกิดร่องหรือหลุมบนพื้นผิวถนน มีการรายงานว่า การเติมยางผงลงไปยางมะตอยประมาณ 20% จะช่วยให้ยางมะตอยมีความทนต่อการล้าตัวสูงขึ้น 2 - 3 เท่า

ขนาดของยางพวงที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ (จำนวนรูต่อพื้นที่ตะแกรง
หนึ่งตารางนิ้วเท่ากับเมช) แสดงดังตารางที่ 2.2 [12]

การใช้งาน	ขนาดยางพวง
ผสมยางมะตอย	40 - 100 เมช
ทำพื้นลานกีฬา	1/4" - 40 เมช
ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยานยนต์	10 - 40 เมช
ยางล้อย	80 - 100 เมช
งานก่อสร้าง	10 - 40 เมช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved