บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางธรรมชาติรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยผลิตยางส่งออกทั้งในรูปของน้ำยางข้น (concentrated latex) และยางดิบแห้งชนิดต่างๆ เช่น ยางแท่งเอสทีอาร์ (Standard Thai Rubber) ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoke Sheet) และยางแผ่นผึ่งแห้ง (Air Dryed Sheet) เป็นต้น[1] และเนื่องจากยางธรรมชาติมีสมบัติไม่ต้านทานน้ำมัน โดยจะบวมตัวหรือละลายได้เมื่อสัมผัสกับน้ำมันปิโตรเลียม ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติไม่มีขั้วเช่นเดียวกับน้ำมันปิโตรเลียมต่างๆ นอกจากนี้ ยางธรรมชาติยังมีความต้านทานโอโซน และแสงแดดค่อนข้างต่ำ ดังนั้น จึงได้มีการนำน้ำยางข้นมาดัดแปรด้วยกระบวนการอิพอกซิเดชัน (epoxidation) ให้เป็นยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ (epoxidized natural rubber, ENR) ซึ่งเป็นยางกึ่งสังเคราะห์ที่มีโครงสร้างทางเคมีที่สามารถต้านทานน้ำมันได้ดีขึ้น[2]

กระบวนการอิพอกซิเดชันดังกล่าวสามารถเปลี่ยนยางธรรมชาติให้เป็นวัสดุใหม่ที่มีสมบัติต่างไปจากเดิม โดยสมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของยาง ENR จะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณหมู่อิพอกไซด์ที่อยู่บนโมเลกุลของยางธรรมชาติ ซึ่งปัจจุบันนี้ได้มีการผลิตยาง ENR ในอุตสาหกรรม 2 รูปแบบ คือ ENR 25 และ ENR 50 โดยมีปริมาณหมู่อิพอกไซด์ 25 และ 50 โมลเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่ง ENR 50 มีความต้านทานน้ำมันเทียบได้กับยางไนไตรล์ และสามารถเกิด strain crystallization ได้ จึงทำให้มีความทนแรงดึง (tensile strength) และความล้า (fatigue) สูงกว่ายางสังเคราะห์ที่ไม่มี strain crystallization[3, 4]

ในปี ค.ศ. 1922 Pummer และ Burkard[5] ได้ทำการสังเคราะห์ยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ขึ้นเป็นครั้งแรกโดยใช้กรดเปอร์ออกซีคาร์บอกซิลิก แต่ผลิตผลที่ได้ในขณะนั้นยังมีคุณภาพไม่ดีพอและได้ผลิตผลในรูปที่เป็นของผสม เนื่องจากเกิดการแตกของวงแหวนอิพอกไซด์บางส่วนทำให้ผลิตผลที่ได้ไม่บริสุทธิ์ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1985 Gelling และคณะ[6, 7] ได้ทำการศึกษาพบว่าเมื่อควบคุมอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยา และสภาพความเป็นกรดของระบบการเกิดปฏิกิริยา เช่น เมื่อความเป็นกรดสูง และ/หรืออุณหภูมิที่ใช้สูง ผลิตผลยาง ENR ซึ่งมีวงแหวนอิพอกไซด์จะแตกออกไปทำให้ได้ผลิตผลอื่นๆ ที่ไม่ต้องการแทน แต่เมื่อใช้ภาวะของปฏิกิริยาไม่รุนแรงจะได้ผลิตผลยาง ENR ที่บริสุทธิ์เพียงชนิดเดียว ยาง ENR สามารถเตรียมได้โดยการดัดแปรโมเลกุลของยางธรรมชาติด้วยปฏิกิริยาอิพอกซิเดชันซึ่งสามารถทำใน 2 สถานะ คือ สถานะสารละลาย (solution

state) และในรูปของน้ำยาง (latex) ซึ่งปฏิกิริยาอิพอกซิเดชันในรูปน้ำยางมีความสะดวก ปลอดภัยจากตัวทำละลาย และประหยัดกว่าวิธีแรก จึงนิยมใช้วิธีนี้มากกว่า โดยทั่วไปที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ ใช้เปอร์แอซิดเป็นสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาอิพอกซิเดชัน โดยเปอร์แอซิดที่นิยมใช้ ได้แก่ กรดเปอร์–แอซีติก (peracetic acid) และกรดเปอร์ฟอร์มิก (performic acid) ส่วนอีกวิธีหนึ่งจะใช้กรดฟอร์มิก (formic acid) กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ที่เรียกว่า '*in situ*' epoxidation ทำปฏิกิริยากับยางธรรมชาติภายใต้ภาวะที่เหมาะสม[1]

งานวิจัยนี้ ได้ทำการสังเคราะห์ยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ด้วยวิธี '*in situ*' epoxidation โดยใช้กรดฟอร์มิก (formic acid) กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ทำปฏิกิริยากับยางธรรมชาติภายใต้ภาวะต่างๆ กัน แล้วทำให้เสถียรด้วย nonionic surfactant

การนำยาง ENR ไปใช้งานด้านวิศวกรรมจำเป็นต้องใช้สารตัวเติมเสริมแรง เช่น คาร์บอน–แบล็ก และซิลิกา ใส่เข้าไปในยางเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เช่น ความทนแรงดึง ความทนแรงฉีกขาด และความต้านทานการสึกหรอ เป็นต้น แต่ถ้าใส่ในปริมาณมากเกินไปอาจทำให้สมบัติเหล่านี้ลดลงได้เช่นกัน ส่วนการควบคุมต้นทุนการผลิตให้สามารถแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นๆ ในสภาวะตลาดปัจจุบัน อาจทำโดยการใส่สารตัวเติมที่มีราคาถูก เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งมีขนาดอนุภาคค่อนข้างใหญ่ ทำให้ไม่มีประสิทธิภาพในการเสริมแรง และเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สารตัวเติมต่างๆ กับยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ จึงจำเป็นต้องศึกษาผลของชนิดสารตัวเติมต่อสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ นอกจากนี้ ยังต้องเลือกใช้ระบบการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์ที่เหมาะสมซึ่งมี 3 ระบบ คือ conventional vulcanization (CV), efficient vulcanization (EV) และ semi–efficient vulcanization (semi–EV)

งานวิจัยนี้ ได้สังเคราะห์ยาง ENR ที่มีปริมาณหมู่อิพอกไซด์อยู่ในช่วง 35–40 โมลเปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลของระบบวัลคาไนซ์ระบบต่างๆ กับยางธรรมชาติและการผสมสารตัวเติมชนิดต่างๆ นอกจากนี้ การมีปริมาณหมู่อิพอกไซด์สูงมากเกินไปจะทำให้สูญเสียสมบัติบางอย่างไป เช่น มีเปอร์เซ็นต์การยืดต่ำ มีความว่องไวต่อความชื้นและตัวทำละลายที่มีขั้ว เป็นต้น นอกจากนี้ ได้นำยาง ENR ที่เตรียมได้ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ เช่น ความทนแรงดึง ความต้านทานการสึกหรอ และการทนน้ำมันปิโตรเลียม เป็นต้น เพื่อศึกษาผลของระบบวัลคาไนซ์และสารตัวเติมชนิดต่างๆ ในการเป็นแนวทางที่จะปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ และลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ยาง ENR ให้สามารถใช้งานได้หลากหลายขึ้น