

การปรับปรุงการออกแบบเพื่อแก้ปัญหารอยดำบนกระจกมองหลังของรถยนต์อีโคคาร์

Design Improvement for Solving Black Spots Defect on the Rear-view Mirror in an Eco-car

คุณาวุฒิ วิบูลย์พันธุ์¹ และ ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส^{1,2,*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

²ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีพลังงานขั้นสูง (Research Center for Advanced Energy Technology)

1771/1 ถ.พัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

โทร 0-2763-2600 ต่อ2920 โทรสาร 0-2763-2600 ต่อ 2900 * E-mail: nuttapol@tni.ac.th

บทคัดย่อ

นับตั้งแต่รถยนต์อีโคคาร์ได้เปิดตัวออกสู่ตลาดในประเทศไทยก็ได้รับความนิยมอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีราคาถูก และยังมีประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ก็มักจะมีการตั้งคำถามเกี่ยวกับเรื่องคุณภาพของตัวรถอยู่เสมอ ในงานวิจัยนี้ได้หยิบยกปัญหาการเกิดรอยดำดำบนกระจกมองหลังของรถยนต์อีโคคาร์รุ่นหนึ่ง ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการใช้งานไประยะเวลาประมาณ 2 เดือน จากการศึกษาโครงสร้างภายในของชุดกระจกมองหลังและลักษณะของรอยดำดำที่เกิดขึ้น ตลอดจนการใช้เทคนิค Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) เพื่อยืนยันผลการตรวจสอบพบว่าสาเหตุของปัญหาเกิดจากการใช้ก๊อปปี้โฟมยาง Ethylene propylene diene monomer (EPDM) เป็นวัสดุรองรับกระจกเนื่องจากธาตุกำมะถันที่เป็นส่วนประกอบใน EPDM ได้ทำปฏิกิริยากับโลหะเงินซึ่งเคลือบอยู่ด้านหลังแผ่นกระจก ก่อให้เกิดรอยดำสีน้ำตาล ดังนั้นเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเสนอให้มีการออกแบบโครงสร้างของกระจกมองหลังใหม่โดยใช้สลักพลาสติกในการรองรับกระจกแทนการใช้ก๊อปปี้โฟมยาง EPDM ซึ่งหลังการแก้ไขปัญหาก็ไม่มีปัญหารอยดำดำเกิดขึ้นอีกตลอดระยะเวลา 4 เดือน นับจากวันที่เริ่มใช้กระจกมองหลังแบบใหม่ในสายการผลิต

คำสำคัญ : กระจกมองหลัง, รอยดำดำ, รถยนต์อีโคคาร์, โฟมยาง EPDM

Abstract

Since launched to the domestic market in 2010, Eco-cars have been phenomenon and have become popular among car users in Thailand due to their inexpensive cost and low fuel consumption. However, a suspicion corresponded to the Eco-car's low cost, which is always questioned by the customers, is the quality of their components. This research focuses on the investigation and solution of black spots defect on the rear-view mirror in a model of Eco-car, which reveals at about 2 months after being sold. The results from

initial inspection on the physical structure of the rear-view mirror and the appearance of the black spots defect, and Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) technique confirmed that the root cause of the defect is the use of Ethylene propylene diene monomer (EPDM) foam as the support of the mirror plate. Sulfur, a composition in EPDM foam, reacted with silver coated on the back of the mirror plate and formed silver sulfide (Ag_2S), a black-colored compound. In order to solve the problem, a new design of the rear-view mirror was proposed in which EPDM foams were replaced by plastic ribs as the mirror plate's support. The success in the improvement has been proved that there is no claim of the modified rear-view mirrors in 4 months after the implementation of the new design.

Keywords: Rear-view mirror, Black spots, Eco-car, EPDM foam

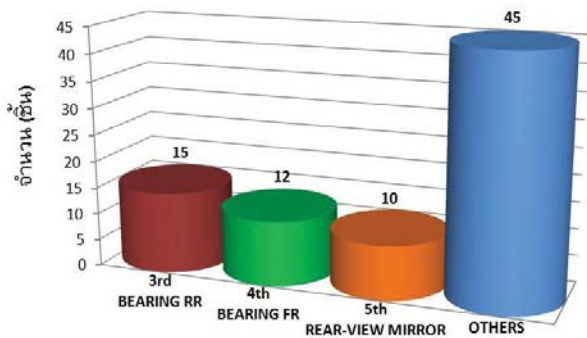
1. บทนำ

ประเทศไทยได้เริ่มโครงการสนับสนุนการใช้อีโคคาร์ ซึ่งเป็นรถยนต์ขนาดเล็กที่มีปริมาตรกระบอกสูบไม่เกิน 1,300 ซีซี สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน และไม่เกิน 1,400 ซีซี สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล[1] ตั้งแต่ปี พ.ศ.2546 และมีบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ตอบรับเข้าร่วมโครงการจำนวนมาก จนกระทั่งปี พ.ศ.2553 ได้เริ่มมีการเปิดตัวอีโคคาร์ออกสู่ตลาด นับตั้งแต่เปิดตัวก็ได้รับความนิยมอย่างสูงจากผู้บริโภค ด้วยเหตุผลที่อีโคคาร์มีเครื่องยนต์ขนาดเล็ก ทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ อีกทั้งยังปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่า 120 กรัม/กิโลเมตรด้วย[1] นอกจากนี้ยังมีราคาจำหน่ายที่ต่ำ เริ่มต้นเพียง 3 แสนกว่าบาทเท่านั้น

ด้วยเหตุผลที่อีโคคาร์มีราคาประหยัด ทำให้ผู้บริโภคบางส่วนมักจะตั้งคำถามเกี่ยวกับเรื่องคุณภาพของตัวรถอยู่เสมอ บริษัทผู้ผลิตรถยนต์รายหนึ่งได้ตอบรับเข้าร่วมโครงการอีโคคาร์เช่นกัน และทันทีที่เปิดตัวอีโคคาร์ของพวกเขาออกสู่ตลาด ก็ได้รับการตอบรับจากผู้บริโภคเป็นอย่างดี จนทำให้อีโคคาร์ของบริษัทดังกล่าวมียอดจำหน่ายอันดับต้นๆ

แม้กระนั้นบริษัทผู้ผลิตก็ไม่ละเลยที่จะควบคุมคุณภาพให้ได้มาตรฐาน และมีความทนทานในการใช้งาน เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคที่สนใจจะซื้ออีโคคาร์ บริษัทจึงมีหน่วยงานที่คอยตรวจสอบเพื่อควบคุมคุณภาพของอีโคคาร์ทั้งก่อนเปิดตัวออกสู่ตลาดและหลังจำหน่ายให้กับลูกค้าไปแล้ว เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น หน่วยงานดังกล่าวจะรายงานปัญหาไปยังโรงงานประกอบ ผู้ผลิตชิ้นส่วน และฝ่ายออกแบบ เพื่อให้แต่ละฝ่ายร่วมกันวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และแก้ไขปัญหาดังกล่าวไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำอีกในอนาคต

ปัญหาหนึ่งทีพบในอีโคคาร์ของบริษัทแห่งนี้คือปัญหารอยดำบนกระจกมองหลัง เกิดขึ้นหลังจากการใช้งานไปเพียงประมาณ 2 เดือน ซึ่งถือเป็นปัญหาที่จะส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้าและความเชื่อมั่นของลูกค้าที่มีต่อบริษัทได้ในอนาคต เนื่องจากเป็นปัญหาที่ติดอันดับ 1 ใน 5 ของปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุดของรถยนต์รุ่นดังกล่าว (ดังรูปที่ 1) จึงต้องเร่งหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขปัญหาย่างรวดเร็วซึ่งผู้วิจัยได้มีส่วนร่วมในกระบวนการดังกล่าว ของแผนกดูแลความพึงพอใจของลูกค้าของบริษัทนี้



หมายเหตุ : เนื่องจากปัญหาอันดับที่ 1 และ 2 เป็นปัญหาที่จะส่งผลกระทบต่อภาพลักษณ์ของบริษัทได้หากมีการเปิดเผยข้อมูล ผู้วิจัยจึงนำไปรวมกับปัญหาอื่นๆ ไว้ในส่วนของ OTHERS

รูปที่ 1 กราฟปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นอันดับที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับของรถยนต์รุ่นดังกล่าว

2. การตรวจสอบและตั้งสมมติฐานเบื้องต้น

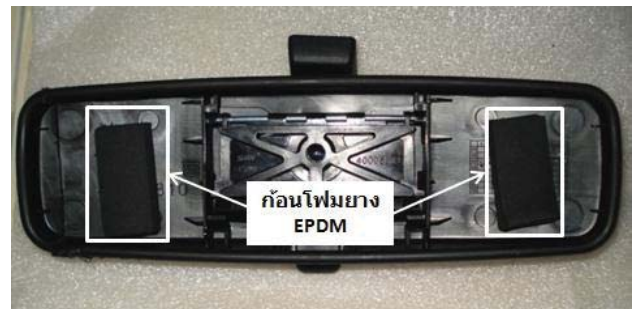
2.1 การตรวจสอบทางกายภาพ

จากตัวอย่างชุดกระจกมองหลังที่ได้รับ จะพบว่ารอยดำดังกล่าวมีลักษณะคล้ายสีเหลืองมีขนาดประมาณ 4x2 ตารางเซนติเมตร เกิดขึ้นทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของแผ่นกระจกเงาของชุดกระจกมองหลัง (ดังแสดงในรูปที่ 2) โดยที่รอยดำดังกล่าวไม่สามารถใช้น้ำยาหรือสารเคมีเพื่อเช็ดทำความสะอาดได้ เนื่องจากรอยดำนั้น เกิดขึ้นภายในเนื้อของกระจกเงา จึงเริ่มต้นการตรวจสอบทางกายภาพโดยถอดแผ่นกระจกเงาออกจากชุดกระจกมองหลังเพื่อดูโครงสร้างภายในของชุดกระจกมองหลัง



รูปที่ 2 ลักษณะของรอยดำที่เกิดขึ้นบนกระจกมองหลัง

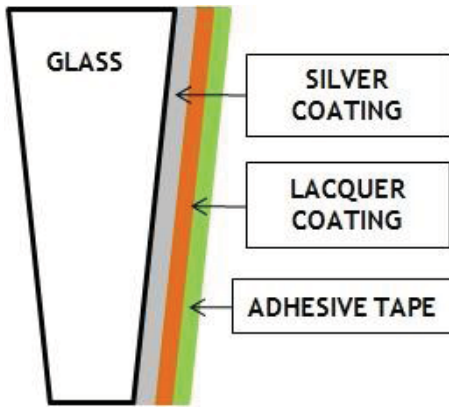
เมื่อพิจารณาโครงสร้างภายในของชุดกระจกมองหลังจะพบว่ามีก้อนโฟมยาง EPDM ทำหน้าที่รองรับแผ่นกระจกเงาอยู่ตรงบริเวณด้านซ้ายและด้านขวาของกระจกเงา (ดังแสดงในรูปที่ 3) ซึ่งเป็นบริเวณเดียวกันกับที่เกิดรอยดำขึ้นบนกระจกเงา จึงตั้งข้อสันนิษฐานเบื้องต้นว่ารอยดำดังกล่าวเกิดจากก้อนโฟมยาง EPDM



รูปที่ 3 ลักษณะตำแหน่งของก้อนโฟมยาง EPDM ซึ่งติดตั้งอยู่ในชุดกระจกมองหลัง

2.2 การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี

หลังจากการตรวจสอบทางกายภาพแล้วจึงตรวจสอบในขั้นต่อไป เริ่มจากการพิจารณาถึงสารต่างๆที่ถูกเคลือบไว้ด้านหลังแผ่นกระจกเงาจะพบว่า ชั้นแรกเคลือบด้วยโลหะเงิน เพื่อให้กระจกใสกลายเป็นกระจกเงา ชั้นที่สองเคลือบด้วยสีเคลือบซึ่งจะช่วยให้โลหะเงินที่เคลือบอยู่ในชั้นแรกไม่หลุดร่อน และชั้นสุดท้ายจะปิดด้วยสติกเกอร์สีขาวซึ่งจะระบุรายละเอียดเกี่ยวกับการผลิต(ดังแสดงในรูปที่ 4)



รูปที่ 4 สารที่เคลือบหลังแผ่นกระจกเงาในชั้นต่างๆ

เมื่อนำก้อนโฟมยาง EPDM มาวิเคราะห์หาส่วนประกอบที่อาจจะทำให้ปฏิกิริยากับสารที่เคลือบหลังแผ่นกระจกจะพบว่าในกระบวนการผลิตโฟม EPDM จะมีการเติมสารซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ 5 ชนิดคือ Carbon Black, ZnO, Stearic Acid, CBS (N-Cyclohexyl-2-benzothiazyl-sulfenamide), Paraffinic Oil และอีกหนึ่งชนิดคือ กำมะถัน ซึ่งใช้ในกระบวนการการวัลคาไนเซชันเพื่อทำให้โฟมยาง EPDM แข็งตัวและยืดหยุ่นได้ดี [2]

3. ขั้นตอนการทดลอง

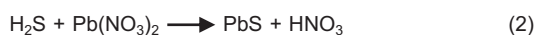
3.1 ขั้นตอนการทดลองทางเคมีด้วยเทคนิคเบื้องต้น

จากการตั้งสมมติฐานเบื้องต้นว่ารอยดำดังกล่าวเกิดจากก้อนโฟมยาง EPDM ซึ่งจะปล่อยสารบางชนิดออกมาทำปฏิกิริยากับโลหะเงินซึ่งเคลือบอยู่ด้านหลังของกระจกเงา เมื่อพิจารณาจากการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีจะพบว่ามีส่วนตัวเดียวที่จะทำปฏิกิริยากับโลหะเงินแล้วเกิดเป็นสีดำคือ กำมะถัน จึงทำการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังกล่าวว่ารอยดำคือ ซิลเวอร์ซัลไฟด์ (Ag_2S) จริงหรือไม่

การทดลองเริ่มจากการลอกรอยดำออกจากกระจกเงา แล้วนำไปละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสม [3] จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ลงไปทำปฏิกิริยากับสารละลายดังกล่าว ซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซไดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ขึ้นดังปฏิกิริยาที่ 1



นำหลอดทดลองไปอุ่นในน้ำเดือด จากนั้นหยดสารละลายเลด(II)ไนเตรต ($Pb(NO_3)_2$) ลงบนกระดาษกรองแล้วนำไปอังบนหลอดทดลองดังกล่าว ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ดังปฏิกิริยาที่ 2



จากปฏิกิริยาเมื่อก๊าซไดไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำปฏิกิริยากับสารละลายเลด(II)ไนเตรต จะเกิดตะกอนดำของเลดซัลไฟด์ (PbS) ขึ้นบนกระดาษกรองเป็นการยืนยันว่ารอยดำเกิดจากซัลไฟด์ไอออนจริง

แต่จากผลการทดลองที่ได้ รอยดำที่เกิดขึ้นไม่ค่อยชัดเจน เป็นผลมาจากการที่มีตัวอย่างรอยดำในปริมาณน้อย ทำให้ความเข้มข้นของซัลไฟด์ไอออนน้อยลงไปด้วย จึงต้องอาศัยการทดลองที่ละเอียดกว่าในขั้นตอนต่อไป

3.2 ขั้นตอนการทดลองทางเคมีด้วยเทคนิค EDX

หลังจากตรวจสอบตัวอย่างชุดกระจกมองหลังทั้งทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี รวมทั้งทำการทดลองทางเคมีเบื้องต้นแล้ว จึงทำการเก็บตัวอย่างแผ่นกระจกเงา โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณีคือ

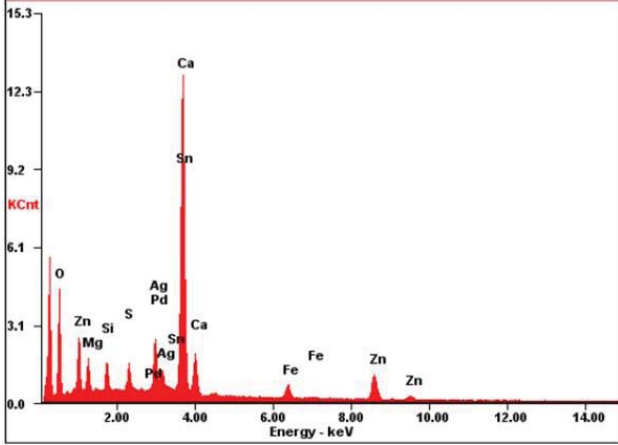
- กระจกเงาที่มีรอยดำ
- กระจกเงาที่ไม่มีรอยดำ
- กระจกเงาที่ไม่มีรอยดำและไม่มีสารเคลือบสี

จากนั้นจึงนำตัวอย่างทั้ง 3 กรณี ไปทดสอบด้วยเทคนิค Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) เพื่อตรวจสอบชนิดและปริมาณของธาตุที่อยู่ในตัวอย่างในแต่ละกรณี เทคนิค EDX จะอาศัยรังสีเอกซ์เข้าไปชนสารตัวอย่าง รังสีเอกซ์จะทำให้อิเล็กตรอนในวงในสุดของอะตอมของธาตุหลุดออกไปอิเล็กตรอนในวงถัดมาจะเข้ามาแทนที่และคายพลังงานส่วนเกินออกมาในลักษณะของเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ ซึ่งจะมีค่าพลังงานเป็นค่าเฉพาะของตัวของธาตุนั้นเป็นพื้นฐานการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และความเข้มข้นของเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ที่เกิดขึ้นจะเป็นพื้นฐานการวิเคราะห์เชิงปริมาณ [4] เมื่อได้ผลการทดสอบจึงนำชนิดและปริมาณของธาตุมาเปรียบเทียบความแตกต่างกันในแต่ละกรณี

4. ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง

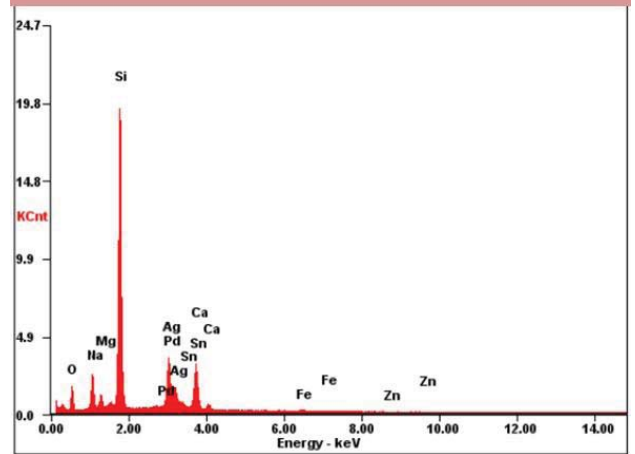
เมื่อพิจารณาผลการทดสอบจากเทคนิค EDX ดังรูปที่ 5, 6 และ 7 แสดงผลการทดสอบด้วยวิธี EDX ของชิ้นส่วนตัวอย่างของกรณีกระจกเงาที่มีรอยดำ, กรณีกระจกเงาที่ไม่มีรอยดำ และกรณีกระจกเงาที่ไม่มีรอยดำและไม่มีสารเคลือบสีตามลำดับ ซึ่งเป็นกราฟแสดงผลการทดสอบเชิงคุณภาพพบว่าทั้งกระจกที่มีรอยดำและไม่มีรอยดำจะมีองค์ประกอบของกำมะถันเป็นส่วนประกอบ

ผลทดสอบของตัวอย่างกระจกเงาที่มีรอยดำ



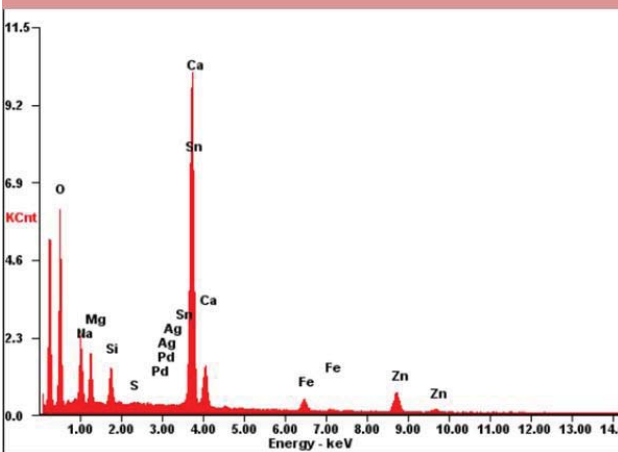
รูปที่ 5 กราฟผลทดสอบของตัวอย่างกระจกเงาที่มีรอยดำ

ผลทดสอบของตัวอย่างกระจกเงาที่ไม่มีรอยดำและไม่มีการเคลือบสี



รูปที่ 7 กราฟผลทดสอบของตัวอย่างกระจกเงาที่ไม่มีรอยดำและไม่มีการเคลือบสี

ผลทดสอบของตัวอย่างกระจกเงาที่ไม่มีรอยดำ



รูปที่ 6 กราฟผลทดสอบของตัวอย่างกระจกเงาที่ไม่มีรอยดำ

จากนั้นจึงพิจารณาผลการทดสอบเชิงปริมาณ ดังตารางที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งเป็นผลการทดสอบด้วยวิธี EDX ของชิ้นส่วนตัวอย่างของกรณีกระจกเงาที่มีรอยดำ, กรณีกระจกเงาที่ไม่มีรอยดำ และกรณีกระจกเงาที่ไม่มีรอยดำและไม่มีการเคลือบสีตามลำดับ จะพบว่าปริมาณกำมะถันในกรณีกระจกเงาที่มีรอยดำ จะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีกระจกเงาที่ไม่มีรอยดำ โดยมีร้อยละโดยน้ำหนักเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 0.17 เป็น ร้อยละ 1.88 และร้อยละโดยอะตอมเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 0.11 เป็น ร้อยละ 1.4 สาเหตุของปัญหาในครั้งนี้จึงเกิดจากกำมะถันในก้อนโพลียเอทอีลีน (PE) จริงตามที่ตั้งสมมติฐาน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเชิงปริมาณของตัวอย่างกระจกเงาที่มีรอยดำ

Element	Wt%	At%
OK	47.27	70.81
MgK	05.81	05.72
SiK	02.70	02.30
SK	01.88	01.40
PdL	00.29	00.07
AgL	08.48	01.88
SnL	00.90	00.18
CaK	23.87	14.28
FeK	02.04	00.88
ZnK	06.76	02.48

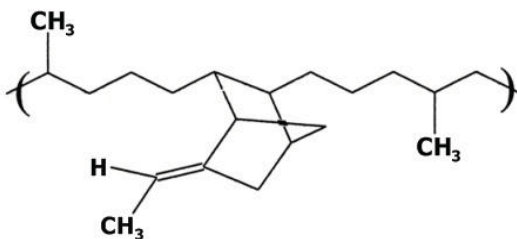
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเชิงปริมาณของตัวอย่างกระจกเงาที่มีรอยดำ

Element	Wt%	At%
OK	53.98	70.71
NaK	09.88	09.01
MgK	06.60	05.69
SiK	02.71	02.02
SK	00.17	00.11
PdL	00.17	00.03
AgL	00.08	00.02
SnL	00.57	00.10
CaK	19.48	10.19
FeK	01.57	00.59
ZnK	04.79	01.54

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเชิงปริมาณของตัวอย่างกระจกเงาที่มีรอยดำ

Element	Wt%	At%
OK	18.90	33.47
NaK	09.84	12.12
MgK	02.62	03.06
SiK	40.07	40.43
PdL	00.57	00.15
AgL	18.91	04.97
SnL	01.18	00.28
CaK	07.50	05.31
FeK	00.36	00.18
ZnK	00.06	00.03

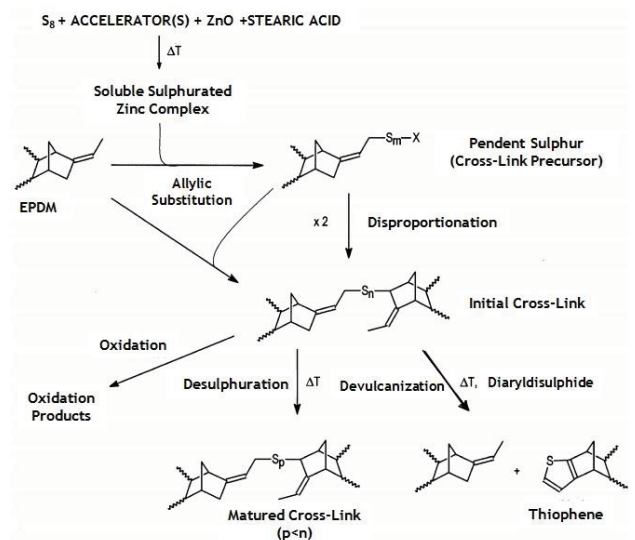
จากนั้นจึงนำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์กับคุณสมบัติของสารทั้ง 6 ชนิด ซึ่งถูกใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและถูกใช้ในกระบวนการวัลคาไนเซชันจะพบว่า กำมะถันซึ่งใช้ในกระบวนการวัลคาไนเซชันเป็นสารที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยากับโลหะมากที่สุด (เป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดี) ซึ่งโลหะดังกล่าวก็คือโลหะเงินที่เคลือบด้านหลังแผ่นกระจกในชั้นแรกนั่นเอง



รูปที่ 8 สูตรโครงสร้างทางเคมีของ EPDM

จากกระบวนการวัลคาไนเซชัน[5] จะพบว่า กำมะถันจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ โดยการเข้าไปแทรกตัวตรงพันธะคู่ของพอลิเมอร์เพื่อแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอน 1ตัวกับโซ่หลักของพอลิเมอร์ ดังรูปที่ 8 ซึ่งแสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของ EPDM และตำแหน่งของพันธะคู่

เมื่อกำมะถันเข้าไปทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ ด้วยการเข้าไปแทรกตัวตรงพันธะคู่ของพอลิเมอร์ เพื่อแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนกับโซ่หลักของพอลิเมอร์แล้วจะทำให้พอลิเมอร์มีความอึดตัวมากยิ่งขึ้นและสามารถคงรูปได้ดียิ่งขึ้น แต่กำมะถันจะเสถียรได้เมื่อรับอิเล็กตรอนเข้ามา 2ตัว จึงต้องสร้างพันธะเพื่อแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนกับกำมะถันที่อยู่กับโซ่หลักของพอลิเมอร์อีกสายหนึ่ง ดังรูปที่ 9 แสดงกระบวนการวัลคาไนเซชันของ EPDM



รูปที่ 9 กระบวนการวัลคาไนเซชันของ EPDM

พันธะที่เกิดขึ้นระหว่างกำมะถันของโซ่หลักของพอลิเมอร์แต่ละสายนี้เอง จะเป็นที่อยู่ของกำมะถันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ เมื่อชุดกระจกมองหลังอยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง เช่น กรณีรถจอดตากแดดเป็นต้น โลหะเงินที่เคลือบอยู่หลังแผ่นกระจก และกำมะถันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา ก็จะถูกกระตุ้นให้อยู่ในสภาวะที่ไม่เสถียร โดยโลหะเงินจะกลายเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีคือ มีความต้องการที่จะเสียอิเล็กตรอน และกำมะถันจะกลายเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีคือ มีความต้องการที่จะรับอิเล็กตรอน จึงเกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนระหว่างโลหะเงินและซัลเฟอร์ เพื่อให้อยู่ในสภาวะที่เสถียร เมื่อโลหะเงินและซัลเฟอร์ทำปฏิกิริยากันจะเกิดเป็น ซิลเวอร์ซัลไฟด์ (Ag₂S) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีสีดำ ทำให้เกิดรอยดำขึ้นบนกระจกมองหลังในที่สุดดังปฏิกิริยาที่ 3



ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหารอยดำที่เกิดขึ้นบนชุดกระจกมองหลัง งานวิจัยชิ้นนี้จึงเสนอให้ยกเลิกการใช้ก้อนโฟมยาง EPDM ซึ่งทำหน้าที่รองรับแผ่นกระจกในชุดกระจกมองหลังเนื่องจากก้อนโฟมยาง EPDM เป็นสาเหตุของปัญหารอยดำ เพื่อไม่ให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวขึ้นซ้ำอีกในอนาคต จึงทำการออกแบบโครงสร้างภายในของชุดกระจกมองหลังใหม่ โดยการเพิ่ม สลักพลาสติกเข้าไป เพื่อทำหน้าที่รองรับแผ่นกระจกแทนก้อนโฟมยาง EPDM (ดังรูปที่ 10) และเนื่องจากอุณหภูมิในแต่ละฤดูของประเทศไทยมีค่า ไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นการเปลี่ยนมาใช้สลักพลาสติกแทนก้อนโฟมยาง EPDM จึงไม่ทำให้เกิดการหด-ขยายตัวของชุดกระจกมองหลังจนส่งผลกระทบต่อแผ่นกระจกทำให้แผ่นกระจกแตก



รูปที่ 10 สลักพลาสติกที่เพิ่มขึ้นมาทดแทนก้อนโฟมยาง EPDM

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบ และการวิเคราะห์ปัญหาจะพบว่าปัญหารอยดำบนกระจกมองหลัง มีสาเหตุมาจากการที่ก้อนโฟมยาง EPDM ถูกกระตุ้นด้วยความร้อน และทำให้ซัลเฟอร์ที่อยู่ในก้อนโฟมยาง EPDM อยู่ในสภาวะที่ไม่เสถียร และมีความต้องการที่จะรับอิเล็กตรอนจากธาตุอื่นเพื่อให้เกิดเสถียรภาพ ขณะเดียวกันธาตุเงินที่เคลือบอยู่หลังแผ่นกระจกเงาซึ่งอยู่ติดกับก้อนโฟมยาง EPDM ก็มีความต้องการที่จะให้อิเล็กตรอนแก่ธาตุอื่นเพื่อให้เกิดเสถียรภาพเช่นกัน ทำให้ซัลเฟอร์และโลหะเงินทำปฏิกิริยากัน กลายเป็นซิลเวอร์ซัลไฟด์ (Ag_2S) ซึ่งมีสีดำในที่สุด ดังนั้นการที่จะแก้ไขปัญหานี้ได้ อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องยกเลิกการใช้ก้อนโฟมยาง EPDM ในการทำหน้าที่รองรับแผ่นกระจกเงาในชุดกระจกมองหลัง และทำการเปลี่ยนโครงสร้างภายในของชุดกระจกมองหลังด้วยการเพิ่มสลักพลาสติกขึ้นมา เพื่อทำหน้าที่รองรับแผ่นกระจกเงาแทนก้อนโฟมยาง EsPDM

หลังจากทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวและนำไปใช้ในสายการผลิตพบว่าไม่มีปัญหารอยดำบนกระจกมองหลังเกิดขึ้นซ้ำอีกตลอด

ระยะเวลาที่ผู้วิจัยได้มีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยกับแผนกดูแลความพึงพอใจของลูกค้าของบริษัทนี้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณพนักงานในแผนกดูแลความพึงพอใจของลูกค้าของบริษัทนี้ ที่คอยให้คำแนะนำและคอยให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ในขณะที่ปฏิบัติงานในบริษัท รวมทั้งขอขอบคุณบริษัทผู้ผลิตอีโคโนคาร์รุ่นดังกล่าวที่เปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้มีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยชิ้นนี้ของบริษัท

เอกสารอ้างอิง

- [1] The Thailand Board of Investment. BOI drives a eco-car forward. THAILAND INVESTMENT REVIEW 2007;17:3.
- [2] Sarang Gopalakrishnan. Vulcanization and the Properties of Rubber. *University of Illinois paper* 2007.
- [3] ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. การวิเคราะห์ซัลไฟต์ในน้ำ. สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน :11-5.
- [4] Douglas Vaughan. ENERGY-DISPERSIVE X-RAY MICRO-ANALYSIS. *NORAN Instruments*:34-49.
- [5] M. van Duin. Chemistry of EPDM Cross-Link. *Elastomers and Plastics* 2009:151-2.