

ยางติดโลหะ



ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ยางทางวิศวกรรม อาทิเช่น ยางรองคอสพาน ยางกันกระแทก ยางแท่นเครื่อง ชิ้นส่วนยานยนต์ จำเป็นต้องมีการใช้โลหะเพื่อเสริมแรงแก่ผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีความแข็งแรง (strength) และความแข็งแกร่ง (stiffness) สูงขึ้นตามต้องการ ซึ่งประสิทธิภาพการยึดติดระหว่างยางกับโลหะที่ดีถือเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นต้องพิจารณาตั้งแต่การเลือกชนิดของยาง โดยพิจารณาว่าเป็นยางชนิดใด มีข้อหรือไม่มี เนื่องจากความเป็นข้อของยางมีผลต่อการเลือกใช้กาวที่ใช้เป็นสารยึดติดระหว่างยางกับโลหะให้

เหมาะสม รวมถึงการเตรียมพื้นผิวของยางต้องปราศจากสิ่งสกปรก คราบไขมัน หรือการเตรียมพื้นผิวโลหะต้องไม่มีออกไซด์ของโลหะติดบนผิว เพราะสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้ประสิทธิภาพการยึดติดลดลงด้วย

การเตรียมพื้นผิวยาง

ทำความสะอาดผิวยางโดยการเช็ดคราบสกปรก เช่น คราบไขมัน ฝุ่น บนพื้นผิวยางออก โดยการเช็ดด้วยอะซิโตนหรือน้ำยาทำความสะอาด หลังจากเช็ดทำความสะอาดผิวยางแล้วทำการเป่าหรือทำให้ผิวยางแห้ง

การเตรียมพื้นผิวโลหะ

โดยทั่วไปแล้ว มี 2 วิธี คือ

1. การเตรียมผิวโลหะด้วยวิธีทางกล (mechanical method) โดยการพ่นด้วยผงขัด (grit blasting) ที่มีสมบัติใกล้เคียงกับโลหะที่ถูกขัด เช่น การใช้ผงเหล็กในการขัดโลหะที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก การใช้ผงอะลูมิเนียมออกไซด์ใช้ขัดอะลูมิเนียม เป็นต้น ซึ่งการพ่นด้วยผงขัดนอกจากจะเป็นการทำทำความสะอาดพื้นผิวแล้ว ยังทำให้ผิวโลหะเกิดความขรุขระทำให้ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสด้วย

2. การเตรียมผิวโลหะด้วยวิธีทางเคมี (chemical method) โดยการใช้สารละลายกรด ด่าง หรือฟอสเฟต ซึ่งผู้ผลิตต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม เช่น การเตรียมพื้นผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมนิยมใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดโครมิก ส่วนเหล็กกล้าเหมาะกับการใช้ซิงก์ฟอสเฟตหรือเหล็กฟอสเฟต เป็นต้น เมื่อทำความสะอาดโลหะด้วยสารเคมีแล้วทำการล้างโลหะด้วยน้ำอุ่นเพื่อกำจัดสารเคมีที่ตกค้างบนพื้นผิวโลหะออก

การเคลือบผิวยางกับโลหะด้วยกาว

ปัจจุบันได้มีการพัฒนา กาวที่ใช้ติดยางกับโลหะซึ่งมีให้เลือกใช้มากมายตามการใช้งาน เช่น กาวสูตรที่ใช้ ตัวทำละลายอินทรีย์ (กาวตัวทำละลาย) กาวสูตรที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย (กาวน้ำ) เพื่อให้ผู้ประกอบการได้เลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของยางหรือโลหะ ตัวอย่างชนิดของกาวที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างชนิดของกาวที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ชื่อการค้า	ผู้ผลิต/ผู้จำหน่าย
Adetec	Proquitec
Braze	Vanderbilt
Chemlok	Hughson Chemical Durham Raw materials
Chemosil	Henkel KGaA (Lord license)
Clibond	Chemical Innovation Limited
Megum	Kautschukgesellschaft AG, Hubron
Metalok	Metalox
Parlok	Par Chemie
Thixon	Dayton Chemicals
Ty-Ply	Marbon Anchor Chemical, Hughson Chemicals

การเคลือบกาวบนผิวโลหะควรทำทันทีหลังจากที่มีการเตรียมผิวโลหะแล้ว เพื่อไม่ให้เกิดการปนเปื้อนหรือเกิดการกัดกร่อนต่างๆ ซึ่งวิธีการเคลือบกาวสามารถใช้วิธีการจุ่ม (dipping) การฉีดพ่น (spraying) การใช้แปรงทา (brushing) การที่จะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับพื้นผิวที่จะเคลือบและรูปร่างของชิ้นงาน

ระบบการเคลือบผิวโลหะด้วยกาวมี 2 แบบ ดังนี้

1. ระบบการเคลือบผิวแบบชั้นเดียว (one-coat system) คือ การเคลือบผิวที่มีการใช้กาวชนิดเดียวในการเคลือบผิวโลหะ เรียกว่า สารเคลือบชั้นแรก (primer coat) หรือกาวชั้นต้น มีส่วนประกอบเป็นสารพอลิเอทิลีนโพลิเมอร์ เรซิน และสารอื่นๆ ที่มีความเป็นขี้ผึ้ง จึงเหมาะกับยางที่มีความเป็นขี้ผึ้งสูง เช่น ยางไนไตรล์ ยางคลอโรพรีน เพราะความเป็นขี้ผึ้งของยางจะเกิดพันธะกับโลหะได้ง่าย พันธะที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงพอสำหรับผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้งานทั่วไป

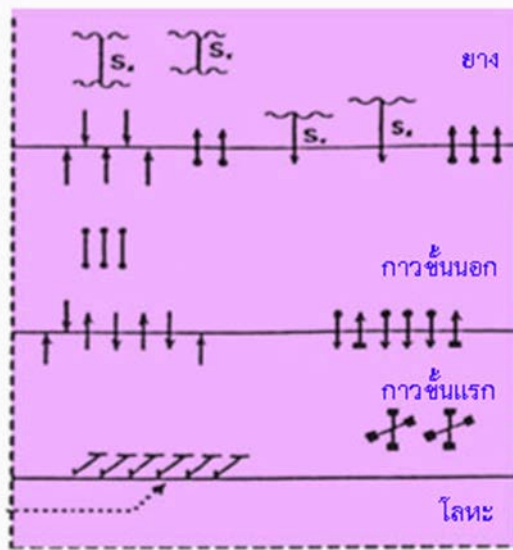
2. ระบบการเคลือบผิวแบบสองชั้น (two-coat system) คือ การเคลือบผิวที่มีการใช้กาวสองชนิด คือ สารเคลือบชั้นแรก/กาวชั้นต้น และสารเคลือบชั้นนอก (cover coat) หรือกาวชั้นนอก ซึ่งกาวชั้นนอก มีส่วนประกอบเป็นของผสมของพอลิเมอร์ที่มีขี้ผึ้งปานกลาง ทำให้สามารถเข้ากับยางได้ดี การเคลือบผิวระบบนี้สามารถใช้กับยางที่มีขี้ผึ้งต่ำ เช่น ยางสไตรีนบิวทาไดอีน ยางอีพดีเอ็ม ยางธรรมชาติ ซึ่งยางเหล่านี้มีความเป็นขี้ผึ้งต่ำจึงเกิดพันธะกับโลหะได้ยาก เพราะความแตกต่างของความเป็นขี้ผึ้ง กาวชั้นนอกจึงทำหน้าที่เป็นตัวกลางปรับความเป็นขี้ผึ้ง ส่งผลให้พันธะที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ยางที่ต้องการพันธะที่มีความแข็งแรงสูงต้องใช้ระบบเคลือบผิวแบบสองชั้น วิธีการเคลือบผิวแบบสองชั้นต้องให้กาวชั้นต้นแห้งสนิทก่อนแล้วถึงเคลือบทับด้วยกาวชั้นนอก

การเคลือบกาวบนพื้นผิวโลหะจะต้องเคลือบกาวให้มีความหนาสม่ำเสมอ ชั้นกาวต้องไม่บางหรือหนาจนเกินไป โดยทั่วไปแล้วความหนาของฟิล์มแห้งของกาวชั้นต้นหนาประมาณ 5-10 ไมโครเมตร ส่วนชั้นกาวชั้นนอกหนาประมาณ 15-20 ไมโครเมตร

การยึดติดระหว่างยางกับโลหะ

ระบบวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถัน

การยึดติดระหว่างยางกับโลหะที่ใช้การเคลือบแบบสองชั้น ในชั้นแรกกาวชั้นแรกเกิดพันธะเชื่อมโยงกับโลหะ และเกิดพันธะเชื่อมโยงภายในกาวชั้นแรกด้วย โดยที่พอลิเมอร์หรือเรซินที่อยู่ในกาวชั้นแรกทำปฏิกิริยากับโลหะออกไซด์ ที่อยู่บนผิวโลหะเกิดเป็นพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) หลังจากนั้นเมื่อขึ้นรูปและวัลคาไนซ์ยาง กาวชั้นนอกจะเคลื่อนที่ไปยังกาวชั้นแรก ทำให้เกิดพันธะเคมีระหว่างกาวชั้นแรกและกาวชั้นนอก และสารวัลคาไนซ์ที่อยู่ในชั้นกาวชั้นนอกก็จะแพร่เข้าไปในยาง ส่วนกำมะถันที่อยู่ในยางคอมพาวด์จะแพร่เข้าไปในชั้นของกาวชั้นนอก ทำให้เกิดการเชื่อมโยงชั้นกาวและยางเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กลไกการยึดติดระหว่างยางกับโลหะ

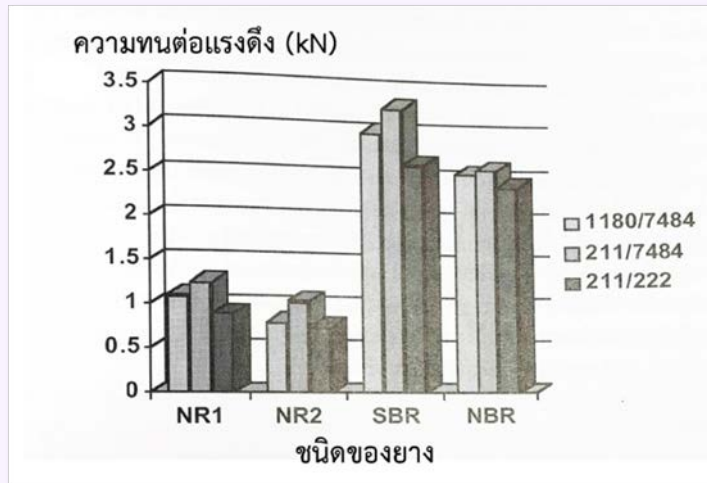
ระบบการวัลคาไนซ์ด้วยเพอร์ออกไซด์

ระบบการวัลคาไนซ์ด้วยเพอร์ออกไซด์นิยมใช้กับยางที่ไม่มีพันธะคู่หรือพันธะคู่น้อยในโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งระบบเพอร์ออกไซด์อาจทำให้การยึดติดระหว่างยางกับโลหะเกิดได้ไม่ดีเท่ากรณีของการวัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถัน ซึ่งถ้าเติมสารโคเอเจนต์ เช่น ซิงก์ไดอะโครเลต ซิงก์ไดเมทิลอะโครเลต ลงไปในระบบจะช่วยเพิ่มอัตราเร็ว ระดับการวัลคาไนซ์ และยังเพิ่มความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางกับโลหะให้สูงขึ้น

ตัวอย่างการศึกษาชนิดของกาวและระบบการเคลือบผิวของทางบริษัท Chemsil ได้เปรียบเทียบความทนต่อแรงดึงของการยึดติดระหว่างโลหะกับยางชนิดต่างๆ โดยใช้ระบบการเคลือบ 2 ชั้น โดยใช้กาว 3 แบบ คือ 1) กาวน้ำ/กาวน้ำ 2) กาวตัวทำละลาย/กาวน้ำ 3) กาวตัวทำละลาย/กาวตัวทำละลาย และทำการศึกษากับยาง 4 สูตร คือ ยางธรรมชาติ 2 สูตร (สูตร NR1 และ NR2) สูตรยางสไตรีนบิวทาไดอีน (สูตร SBR) และสูตรยางไนไตรล์ (สูตร NBR) แสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 2

ตารางที่ 2 ความทนต่อแรงดึงของระบบกาวของ Chemosil

ชั้นกาว	กาว		
	กาวน้ำ/กาวน้ำ	กาวตัวทำละลาย/กาวน้ำ	กาวตัวทำละลาย/ กาวตัวทำละลาย
กาวชั้นต้น	XW1180	211	211
กาวชั้นนอก	XW7484	XW7484	222



รูปที่ 2 ผลของระบบกาวต่อความทนต่อแรงดึงของการยึดติดระหว่างโลหะกับยางชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 2 พบว่า ระบบที่ใช้กาวตัวทำละลาย/กาวน้ำ (211/7484) มีผลทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยาง (ทั้งยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์) กับโลหะมีค่าสูงที่สุด สำหรับกรณีของการใช้ระบบกาวน้ำทั้งคู่ (1180/7484) มีค่าความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางกับโลหะสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับการใช้ระบบกาวที่ใช้ตัวทำละลายทั้งคู่ (211/222)

การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์

การขึ้นรูปขึ้นยางติดโลหะเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ความร้อนและความดันเพื่ออัดยางเข้าแม่พิมพ์ ซึ่งการเลือกแม่พิมพ์ ระยะเวลา ความดัน อุณหภูมิที่ใช้ในการวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มการยึดติดให้มีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการเลือกใช้แม่พิมพ์ ถ้าเป็นแม่พิมพ์แบบกดอัด (compression molding) เหมาะกับกาวที่ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิกาววัลคาไนซ์ต่ำ (< 155 °C) ส่วนแม่พิมพ์แบบฉีด (injection molding) เหมาะกับกาวที่ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิกาววัลคาไนซ์สูง (>170°C)

ข้อควรระวัง

1. การเกิดการประลัย (failure) ของการยึดติดระหว่างยางกับโลหะ
 - 1) การประลัยที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นยางกับกาว (rubber/cement failure; RC) อาจเกิดจากการเตรียมสารเคลือบชั้นนอกไม่ดี การทากาวชั้นนอกบางเกินไป และการปนเปื้อนของสารหล่อลื่นบริเวณแม่พิมพ์
 - 2) การประลัยที่เกิดขึ้นระหว่างสารเคลือบชั้นต้นกับกาว (cement/primer failure; CP) อาจเกิดจากการปนเปื้อนในกาว หรือการใช้กาวผิดประเภท
 - 3) การประลัยที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นโลหะกับกาว (cement/metal failure; CM) อาจเกิดจากการทากาวชั้นต้นแล้วแต่ยังไม่แห้งสนิทแล้วทากาวชั้นนอกทับลงไป ทำให้กาวทั้งสองชนิดเกิดการแพร่ข้ามระหว่างกัน หรือการเกิดคราบสิ่งสกปรกติดบนผิวโลหะ หรือการเก็บโลหะที่ผ่านการเคลือบผิวไว้นานก่อนนำมาใช้งาน
2. เมื่อทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ พันธะระหว่างยางกับโลหะยังไม่แข็งแรงเต็มที่ ดังนั้นการนำผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปออกจากแม่พิมพ์ (demolding) ต้องหลีกเลี่ยงการเกิดความเค้นหรือความเครียดบริเวณพื้นผิวระหว่างยางกับโลหะ
3. ความเสถียรของกาว เช่น กาวน้ำสามารถที่จะเก็บที่อุณหภูมิห้องได้นานถึง 3 เดือนโดยที่ความหนืดของกาวเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่ถ้าเก็บกาวที่อุณหภูมิ 40°C กาวชนิดนี้จะเกิดเป็นเจลขึ้น ดังนั้น ในการเก็บรักษาควรเก็บที่อุณหภูมิ 5-30°C
ดังนั้นในการเลือกใช้กาวหรือสารเคลือบที่เหมาะสมกับการใช้งานจะช่วยให้ได้ผลิตภัณฑ์อย่างที่มีคุณภาพดีสามารถลดปัญหาในกระบวนการผลิตได้

เอกสารอ้างอิง

1. Crowther, B. "Handbook of rubber bonding" Rapra Technology Limited, Shropshire, 2001
2. ดารณี เจริญสุข. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฯ ปีที่ 3 ฉบับที่ 1, 2552
3. พงษ์ธร แซ่ฮ้อย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฯ ปีที่ 5 ฉบับที่ 4, 2554

