การติดยางกับโลหะโดยใช้กาวน้ำ

พงษ์ธร แซ่อุย และอุทัย เทพสุวรรณ์

บทนำ

โดยทั่วไปกาวที่ใช้ในการยึดติดยางกับโลหะมักเป็นกาวที่มีตัวทำละลายเป็นตัวกลางเราจึงเรียกว่ากาวตัวทำละลาย การผลิตกาวจะเริ่มต้นด้วยการนำโพลิเมอร์ (ซึ่งส่วนใหญ่เป็นยางหรือโพลิเมอร์ที่มีอะตอมของคลอรีนเป็นองค์ประกอบ) ไปละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ จากนั้นก็เติมเรซิน สารทำให้เกิดการวัลคาไนซ์ รวมถึงสารตัวเติมลงไป โดยตัวทำละลายที่ใช้อาจเป็นตัวทำละลายเพียงชนิดเดียวหรือเป็นตัวทำละลายผสมก็ได้ การใช้กาวที่มีตัวทำละลายเป็นตัวกลางก่อให้เกิดข้อดีหลักๆ อยู่ 2 ข้อ คือ 1) การใช้ตัวทำละลายเป็นตัวกลางจะช่วยให้เนื้อกาวเกาะติด (wet out) กับพื้นผิวโลหะได้ง่าย และ 2) หากว่าบนพื้นผิวโลหะยังคงมีสิ่งปนเปื้อนที่หลงเหลืออยู่หลังจากขั้นตอนการทำความสะอาดคราบไข (degreasing process) ตัวทำละลายที่มีอยู่ในกาวอาจจะเข้าไปละลายสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้และช่วยทำให้สิ่งปนเปื้อนลอยขึ้นจากพื้นผิวโลหะ ทำให้กาวเกาะติดกับพื้นผิวโลหะได้ดียิ่งขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น อย่างไรก็ดีการใช้กาวที่มีตัวทำละลายอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลักก็ส่งผลเสียร้ายแรงต่อทั้งผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้องค์กรระหว่างประเทศหลายๆ องค์กรจึงรณรงค์ให้ผู้ประกอบการลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายหรือสารเคมีที่มีตัวทำละลายเป็นองค์ประกอบให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งการรณรงค์ดังกล่าวเกิดจากเหตุผลหลักๆ ดังต่อไปนี้

1. ตัวทำละลายส่งผลเสียโดยตรงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในโรงงาน
2. ตัวทำละลายติดไฟง่ายและทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการระเบิด
3. ตัวทำละลายมีราคาแพง
4. การกำจัดของเสียที่เกิดจากตัวทำละลายมีความยุ่งยาก
5. การปฏิบัติงานต้องมีระบบป้องกันจากไอระเหยรวมถึงการเสพติดตัวทำละลาย
6. เมื่อตัวทำละลายอินทรีย์สัมผัสกับแสงแดดโดยตรงก็อาจก่อให้เกิดโอโซนซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์

จากข้อเสียของการใช้ตัวทำละลายดังกล่าว ประกอบกับต้นทุนที่สูงขึ้นในการควบคุมการใช้ตัวทำละลายในโรงงานและการออกกฎหมายทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวดมากขึ้น ส่งผลทำให้ผู้ผลิตกาวที่เคยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์เป็นตัวกลางเริ่มหันไปพัฒนาระบบกาวที่ใช้น้ำเป็นตัวกลางแทน

สำหรับโรงงานยางแล้ว การปล่อยตัวทำละลายออกสู่สิ่งแวดล้อมไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในขั้นตอนของการทากาวเท่านั้น แต่ยังเกิดขึ้นในขั้นตอนอื่นๆ ของการผลิตด้วย เช่น ในขั้นตอนของการทาสารละลายยางเพื่อทำให้ยางมีสมบัติความเหนียวติด (tack) สูงขึ้นก่อนที่จะนำยางคอมพาวด์ 2 สูตรมาประกบกัน (เช่นในกรณีของยางล้อ) หรือในขั้นตอนของการใช้ตัวทำละลายเพื่อกำจัดคราบไขมันที่มีอยู่บนพื้นผิวโลหะหรือพลาสติกก่อนที่จะนำไปยึดติดกับยาง เป็นต้น

ความตระหนักถึงอันตรายของการปลดปล่อยตัวทำละลายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้นำไปสู่การประชุมระดับนานาชาติที่เมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดาในปี ค.ศ. 1988 ในเบื้องต้นที่ประชุมได้ร่างสนธิสัญญาให้ประเทศต่างๆ ที่เข้าร่วมประชุมวางแผนกำหนดระยะเวลาสำหรับการลดปริมาณการใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ คลอโรฟลูออโรคาร์บอน คาร์บอนเททระคลอไรด์ และเมทิลคลอโรฟอร์ม โดยการใช้คลอโรฟลูออโรคาร์บอนจะต้องหมดไปภายในปี ค.ศ. 1997 ส่วนการใช้ตัวทำละลายอีก 2 ตัวที่เหลือจะต้องลดให้เหลือเพียงร้อยละ 30 ภายในปี ค.ศ. 2000 และจะต้องถูกห้ามใช้ในปี ค.ศ. 2005

อย่างไรก็ดีประเทศผู้เข้าร่วมสนธิสัญญาที่เมืองมอนทรีออลหลายๆ ประเทศก็ไม่สามารถทำตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ในสนธิสัญญาได้ จึงมีการกำหนดเป้าหมายการลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายของตัวเองและมีการปรับแก้ไขกฎหมายสิ่งแวดล้อมต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

กาวน้ำ

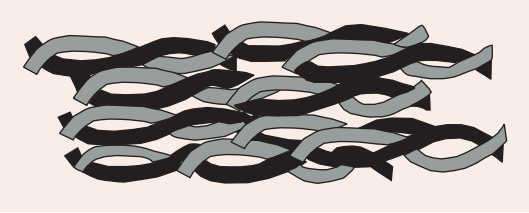
การใช้น้ำเป็นตัวกลางดูเหมือนจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการแก้ปัญหาที่เกิดจากการใช้กาวที่ผลิตจากตัวทำละลาย อย่างไรก็ดี การใช้น้ำเป็นตัวกลางก็มีข้อเสียต่างๆ มากมายซึ่งทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีเป็นไปด้วยความยุ่งยากและค่อนข้างล่าช้า ซึ่งข้อเสียต่างๆ เหล่านี้ได้แก่

- กาวน้ำมีความสามารถในการเกาะติดพื้นผิวโลหะได้ต่ำกว่ากาวตัวทำละลาย
- กาวน้ำไม่สามารถละลายสิ่งปนเปื้อนที่อาจตกค้างอยู่บนพื้นผิวโลหะ
- น้ำระเหยออกจากพื้นผิวโลหะได้ช้ากว่าตัวทำละลาย ทำให้ต้องใช้อุณหภูมิสูงเพื่อช่วยในการระเหยน้ำออกจากชั้นฟิล์มกาว การระเหยน้ำออกไปไม่หมดอาจส่งผลทำให้เกิดฟองอากาศ ณ บริเวณรอยต่อพื้นผิวหรืออาจทำให้เกิดการกัดกร่อนที่พื้นผิวโลหะได้

1. โครงสร้างของกาว

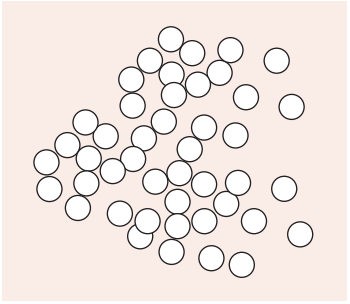
กาวตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้กันมากในปัจจุบันประกอบด้วย 2 วัฏภาคหลัก ได้แก่ วัฏภาคสารละลายซึ่งประกอบด้วยโพลิเมอร์และเรซินที่ละลายอยู่ในตัวทำละลาย และวัฏภาคแขวนลอยซึ่งประกอบด้วยสารตัวเร่งปฏิกิริยา สารทำให้วัลคาไนซ์ รวมถึงสารตัวเติมชนิดต่างๆ ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดแขวนลอยอยู่ในวัฏภาคสารละลาย

กาวที่ใช้ในการยึดติดระหว่างยางและโลหะ (ไม่ว่าจะเป็นกาวตัวทำละลายหรือกาวน้ำ) มักทำจากโพลิเมอร์ที่สามารถเกิดการเชื่อมโยงหรือวัลคาไนซ์กับโมเลกุลของยางได้และต้องเป็นโพลิเมอร์ที่ยึดเกาะกับโลหะได้ดี ในกรณีของกาวตัวทำละลาย โมเลกุลของโพลิเมอร์เหล่านี้จะมีระดับของการพันกันเอง (entanglement) สูง (ดังแสดงในรูปที่ 1) ทำให้เมื่อทาลงบนพื้นผิวโลหะแล้วจะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มต่อเนื่องที่มีความยืดหยุ่นสูงและมีสมบัติเชิงกลที่ดีแม้อยู่ในสภาวะที่ยังไม่วัลคาไนซ์

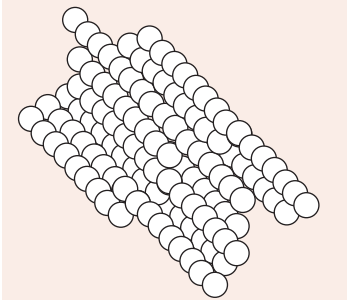


รูปที่ 1 การพันกันเองของโมเลกุลโพลิเมอร์ในตัวทำละลาย [1]

แต่สำหรับในกรณีของกาวน้ำ โมเลกุลโพลิเมอร์จะกระจายตัวอยู่ในน้ำในรูปของอนุภาคขนาดเล็กที่เรียกว่า “ไมเซลล์ (micelles)” ซึ่งแต่ละไมเซลล์จะอยู่อย่างเดี่ยวๆ โดยมีแรงดึงดูดทางพื้นผิว (surface cohesion) ระหว่างกันเท่านั้น เมื่อกาวแห้งไมเซลล์เหล่านี้จะรวมตัวกันเกิดเป็นแผ่นฟิล์มต่อเนื่องบนพื้นผิวของโลหะดังแสดงในรูปที่ 2



2(ก)



2(ข)

รูปที่ 2 (ก) ไมเซลล์ในน้ำ (ข) การรวมกันของไมเซลล์เมื่อน้ำระเหยไป [1]

ในภาพรวมกาวน้ำประกอบด้วย 2 วัฏภาคหลัก อันได้แก่ 1) วัฏภาคของโพลิเมอร์ซึ่งประกอบไปด้วยโพลิเมอร์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำในรูปของไมเซลล์หรือบางทีเรียกว่าน้ำยางลาเท็กซ์ และ 2) วัฏภาคของวัสดุที่อาจเป็นทั้งสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่กระจายตัวอยู่ในวัฏภาคของเหลว

[1] ไมเซลล์ คือ การรวมกลุ่มของสารโดยหันส่วนไม่มีขั้วเข้าหากัน ทำให้เกิดศูนย์กลางของส่วนที่ไม่มีขั้วและหันส่วนที่มีขั้วเข้าหาวัฏภาคน้ำ

เนื่องจากวัฏภาคของโพลิเมอร์ที่อยู่ในรูปของน้ำยางลาเท็กซ์มีความเสถียรต่ำจึงต้องมีการเติมสารเพิ่มความเสถียรเพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคยางเกิดการจับกลุ่มกันเป็นก้อนแยกตัวออกจากน้ำ ผู้ผลิตกาวน้ำจึงต้องออกสูตรน้ำยางลาเท็กซ์มาอย่างดีเพื่อให้มีความเสถียรสูงที่สุดภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสม อย่างไรก็ดีเสถียรภาพของน้ำยางลาเท็กซ์ (หรือของกาวน้ำ) จะสูญเสียไปภายใต้สภาวะต่างๆ ต่อไปนี้

- ถูกกวนอย่างรุนแรง เพราะอนุภาคยางจะชนกันและจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน

- น้ำที่มีอยู่ในระบบระเหยออกไป ส่งผลทำให้อนุภาคยางอยู่ใกล้กันมากขึ้นทำให้มีโอกาสในการชนกันเองสูงขึ้น

- เก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป การเก็บน้ำยางไว้ที่อุณหภูมิสูงทำให้อนุภาคยางเคลื่อนไหวได้ง่ายมากขึ้น โอกาสของการชนกันและจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนของอนุภาคยางก็จะสูงขึ้น ส่วนการเก็บน้ำยางไว้ที่อุณหภูมิต่ำมากเกินไปก็อาจก่อให้เกิดผลึกน้ำแข็ง (ice crystals) ซึ่งจะทำให้ปริมาตรของน้ำลดลง อนุภาคยางก็จะอยู่ใกล้กันมากขึ้น ทำให้มีโอกาสในการชนกันสูง

- การเติมตัวทำละลายหรือน้ำที่มีเกลือของโลหะหนักบางชนิด

2. ชนิดของกาวน้ำ

เช่นเดียวกับกาวตัวทำละลาย กาวน้ำแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการใช้งาน คือ กาวชั้นต้น (primer coat) และกาวปกคลุม (cover coat) กาวชั้นต้นที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัทผู้ผลิตกาวส่วนใหญ่มักได้รับการออกแบบมาเพื่อให้เกาะติดกับพื้นผิวโลหะได้ดี (มีระดับความเป็นขั้วสูง) และควรมีความแข็งสูง (มีระดับความหนาแน่นของการเชื่อมโยงที่สูง) เพราะความแข็งจะเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยยึดกาวให้ติดกับพื้นผิวโลหะ ส่วนกาวปกคลุมส่วนใหญ่จะถูกออกแบบมาให้มีระดับความเป็นขั้วปานกลางทำให้สามารถเข้ากับยางได้ดี กาวปกคลุมจึงมีความยืดหยุ่นสูงกว่ากาวชั้นต้น ซึ่งกาวปกคลุมจะทำหน้าที่เป็นตัวกระจายความเค้น (stress distributor) ระหว่างชั้นของวัสดุ

เนื่องจากยางมีหลายหลายชนิดและยางแต่ละชนิดก็มีกลไกที่จะทำให้เกิดการวัลคาไนซ์ระหว่างชั้นยางกับชั้นกาวที่แตกต่างกัน ดังนั้นความตั้งใจที่จะผลิตกาวน้ำเพียงชนิดเดียวที่เหมาะสำหรับใช้ยึดติดโลหะกับยางทุกชนิดจึงมีความเป็นไปได้ยาก ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างของกาวน้ำที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน

3. วิธีการใช้กาวน้ำ

สิ่งสำคัญของการยึดติดระหว่างยางกับโลหะคือการเตรียมและทำความสะอาดพื้นผิวโลหะให้ปราศจากสิ่งปนเปื้อนและคราบมันต่างๆ ซึ่งอาจทำได้โดยวิธีการทางกล (เช่น การพ่นทราย) หรือวิธีทางเคมี (เช่น การใช้ตัวทำละลายที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบเพื่อกำจัดคราบมันต่างๆ) สำหรับในกรณีของการใช้กาวน้ำนั้น ต้องระวังไม่ให้กาวที่อยู่บริเวณขอบของภาชนะใส่กาวแห้งตัวระหว่างการทากาวน้ำเพราะน้ำจะไม่สามารถละลายกาวที่แห้งแล้วเหล่านี้กลับไปเป็นของเหลวได้ใหม่ (แตกต่างจากกาวที่ผลิตจากตัวทำละลาย เพราะตัวทำละลายสามารถละลายกาวที่แห้งแล้วให้กลับไปเป็นของเหลวได้) ซึ่งถ้าหากกาวที่แห้งแล้วเหล่านี้ตกลงไปผสมกับกาวน้ำส่วนที่เหลือก็จะส่งผลทำให้กาวน้ำเกิดการปนเปื้อน

การเจือจางกาวน้ำที่หนืดมากเกินไปสามารถทำได้โดยการเติมน้ำดีไอออไนซ์หรือน้ำกลั่น แต่ห้ามใช้น้ำประปาสำหรับการเจือจางเป็นอันขาด การกวนกาวก่อนการใช้งานก็เป็นสิ่งจำเป็นเพราะองค์ประกอบของกาวบางชนิดอาจตกตะกอนอยู่ด้านล่างระหว่างการขนส่งหรือการเก็บรักษา การกวนจะช่วยทำให้องค์ประกอบเหล่านี้แขวนลอยในกาวได้อย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ดีการกวนกาวน้ำควรทำด้วยความระมัดระวังเพราะหากกวนแรงเกินไปก็อาจทำให้เกิดฟองได้ (โดยเฉพาะฟองที่เกิดจากสารลดแรงตึงผิว (surfactants) ที่มีอยู่ในกาว) โดยทั่วไปหากกาวน้ำถูกเก็บไว้เป็นระยะเวลา 2-3 วัน ผู้ใช้ควรกวนด้วยเครื่องกวนที่ความเร็วต่ำกว่า 60 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 2-3 ชั่วโมงก่อนการใช้งาน แต่ถ้ากาวน้ำถูกเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน ผู้ใช้ควรใช้ระยะเวลาในการกวนไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง หลังจากทากาวเรียบร้อยแล้ว ชิ้นส่วนโลหะนี้ควรถูกนำไปใช้งานทันที หรือสามารถเก็บไว้ใช้ได้นาน 4 สัปดาห์ถ้าเก็บรักษาในที่แห้งและสะอาด

4. การทากาวน้ำ

วิธีการทากาวน้ำบนพื้นผิวโลหะจะเหมือนกับวิธีที่ใช้ในการทากาวตัวทำละลาย เพียงแต่การทากาวน้ำจะมีข้อแตกต่างหรือข้อควรระวังดังต่อไปนี้

- กาวน้ำต้องการระยะเวลาในการแห้งตัวที่ยาวนานกว่า การทำให้โลหะร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 40-70°C ก่อนที่จะนำไปทากาวจะช่วยทำให้กาวน้ำแห้งตัวได้เร็วยิ่งขึ้น จากนั้นจึงนำไปอบต่อที่อุณหภูมิ 104°C ทั้งนี้ Crowther [2] ได้ให้ข้อเสนอแนะจากประสบการณ์ว่าก่อนทากาวน้ำ ควรทำให้โลหะร้อนก่อนเพราะความร้อนจะช่วยทำให้โครงสร้างไมเซลล์ของกาวชั้นต้นแตกออก ทำให้ได้เป็นแผ่นฟิล์มกาวที่ต่อเนื่องบนพื้นผิวโลหะ ไม่เช่นนั้นชั้นกาวอาจจะหลุดล่อนออกมาเป็นแผ่นได้ นอกจากนี้การอบต่อที่อุณหภูมิสูงยังช่วยทำให้ไมเซลล์เกิดการรวมตัวกันเป็นแผ่นฟิล์มต่อเนื่องได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

- ความหนาของชั้นฟิล์มกาวค่อนข้างเป็นเรื่องที่สำคัญมากสำหรับการทากาวน้ำ ถ้าแผ่นฟิล์มกาวบางเกินไป อาจทำให้เกิดการยึดติดเป็นจุดๆ (spotty bonding) แต่ถ้าชั้นฟิล์มกาวหนามากเกินไปก็อาจเกิดการแยกชั้น (delamination) หลุดออกมาเป็นแผ่นบางๆ Bond [3] ได้เสนอแนะว่าชั้นฟิล์มกาวที่ดีที่สุดควรจะมีความหนาดังนี้

- กาวชั้นต้น	5.0-10.2 ไมครอน
- กาวปกคลุม	12.7 -15.4 ไมครอน
- ความหนารวม	17.7-25.6 ไมครอน

ตารางที่ 1 กาวน้ำที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ [2]

ชื่อการค้า	เกรด	การใช้งาน
Thixon	AP10	กาวชั้นต้น
	5005	กาวใช้งานทั่วไป/กาวปกคลุม
	5100	มีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี
	2500	ใช้กับระบบการเคลือบแบบชั้นเดียว
Megum	W23500	กาวชั้นต้น
	W23126	กาวใช้งานทั่วไป/กาวปกคลุม
	W2525	กาวที่ใช้กับระบบการเคลือบแบบชั้นเดียว ใช้ยึดติดยางซิลิโคนกับโลหะ
	W3295	กาวที่ใช้กับระบบการเคลือบแบบชั้นเดียว ใช้ยึดติดยางฟลูออโรคาร์บอนกับโลหะ
Chemosil	XW1190	กาวชั้นต้น
	XW17864	กาวชั้นต้นเกรดที่มีความยืดหยุ่นสูง
	XW7500	กาวใช้งานทั่วไป/กาวปกคลุม
Chemlok	805	กาวชั้นต้น
	8003	กาวชั้นต้น
	8006	กาวชั้นต้น
	8007	กาวชั้นต้น
	8282	กาวใช้งานทั่วไป/กาวปกคลุม
Cilbond	60W	กาวชั้นต้น
	R-6100	กาวใช้งานทั่วไป/กาวปกคลุม
Robond TR	TR-100	กาวชั้นต้นใช้งานในอุตสาหกรรมยานยนต์
	TR-5125	กาวที่ใช้กับระบบการเคลือบแบบชั้นเดียว/กาวปกคลุม
	TR-7015A	กาวที่ใช้กับระบบการเคลือบแบบชั้นเดียว ใช้ยึดติดโลหะกับยาง HNBR และ EPDM ที่วัลคาไนซ์ด้วยเพอร์ออกไซด์

ตารางที่ 2 แสดงผลของความหนาของชั้นฟิล์มกาวปกคลุม Chemosil XW7500 (การปรับความหนาทำได้โดยการปรับเปลี่ยนสัดส่วนระหว่างกาวและน้ำ) ต่อความทนต่อการลอก (peel strength) ของการยึดติดระหว่างโลหะกับยางธรรมชาติที่มีการใช้กาวตัวทำละลาย Chemosil 211 เป็นกาวชั้นต้นโดยมีความหนาของฟิล์มกาวชั้นต้นเท่ากับ 9 ไมครอน จากตารางพบว่าการเคลือบผิวด้วยกาวน้ำ Chemosil XW7500 ให้มีความหนาของฟิล์มเพียงแค่ 3-5 ไมครอนก็ทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางที่มีความแข็งต่ำ (40 IRHD) กับโลหะมีค่าสูงเพียงพอ อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติแล้วไม่แนะนำให้ทากาวปกคลุมบางมากเกินไป เพราะการไหลของกาวในระหว่างการทาอาจทำให้บางบริเวณมีความหนาของฟิล์มกาวต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ โดยทั่วไปจึงแนะนำให้ทากาวปกคลุมให้ได้ความหนาของแผ่นฟิล์มประมาณ 2 เท่าของกาวชั้นต้น ไม่เช่นนั้นกาวชั้นต้นอาจดึงสารวัลคาไนซ์จากกาวปกคลุม ทำให้กาวปกคลุมมีสารวัลคาไนซ์ลดลงจนทำให้ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ที่จะเชื่อมโยงโมเลกุลยางกับโมเลกุลของโพลิเมอร์ในชั้นกาวปกคลุมเกิดได้ไม่เต็มที่ซึ่งจะส่งผลเสียอย่างมากต่อความแข็งแรงของการยึดติด ส่วนในกรณีของการยึดติดระหว่างยางที่มีความแข็งสูง (55 IRHD) กับโลหะนั้นพบว่าการเพิ่มความหนาของชั้นฟิล์มกาวปกคลุมส่งผลทำให้การยึดติดมีความแข็งแรงสูงขึ้น

ตารางที่ 2 ผลของความหนาของแผ่นฟิล์ม Chemosil XW7500 ต่อความแข็งแรงของการยึดติด [2]

สัดส่วนของ XW7500:น้ำ	ของแข็ง (%)	ความหนาของแผ่นฟิล์ม (ไมครอน)	ค่าเฉลี่ยของความทนต่อการลอก* (N/mm)	
			NR (40 IRHD**)	NR (55 IRHD**)
100:0	30.6	21.1	8.5	20.3
75:25	23.0	12.7	8.5	19.3
67:33	20.4	9.6	8.8	16.5
60:40	18.0	8.8	8.5	18.1
50:50	14.7	5.5	8.2	16.5
40:60	12.1	3.6	8.5	15.8

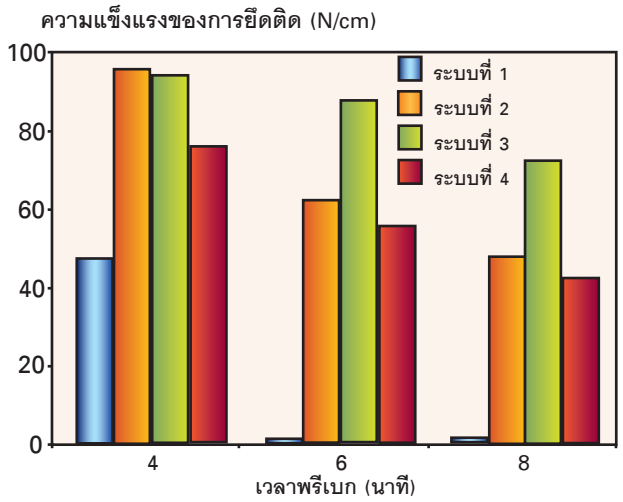
หมายเหตุ: *การประลัยเกิดขึ้นระหว่างชั้นยางกับยาง
**IRHD ย่อมาจาก International Rubber Hardness Degree

5. ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของกาวน้ำ

ในอดีตการพัฒนากาวน้ำเป็นไปได้อย่างล่าช้าเพราะประสบกับปัญหาหลายข้อ ได้แก่ 1) การจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนของโพลิเมอร์ระหว่างการเก็บรักษา 2) ความแข็งแรงของการยึดติด และ 3) กาวมีความต้านทานต่อการอบร้อน (prebake resistance)[2] ต่ำ ปัจจุบันผู้ผลิตกาวสามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้แทบทั้งหมด ทั้งนี้ได้มีการพัฒนาสารลดแรงตึงผิวชนิดใหม่ๆ ขึ้นมาเพื่อช่วยทำให้โพลิเมอร์มีเสถียรภาพในน้ำได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังได้มีการพัฒนากาวน้ำอย่างต่อเนื่องจนทำให้กาวน้ำในปัจจุบันสามารถให้ความแข็งแรงของการยึดติดได้ดีไม่ด้อยไปกว่ากาวตัวทำละลายดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางธรรมชาติและโลหะโดยใช้ระบบการทากาวแบบต่างๆ (ตารางที่ 3 แสดงระบบการทากาวของผลการทดลองที่แสดงในรูปที่ 3)

ตารางที่ 3 ระบบกาวของ Chemosil ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

ชั้นกาว	กาวน้ำ			กาวตัวทำละลาย
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 4
กาวชั้นต้น	XW1160	XW1180	XW1190	211
กาวปกคลุม	XW7480	XW7484	XW7500	411



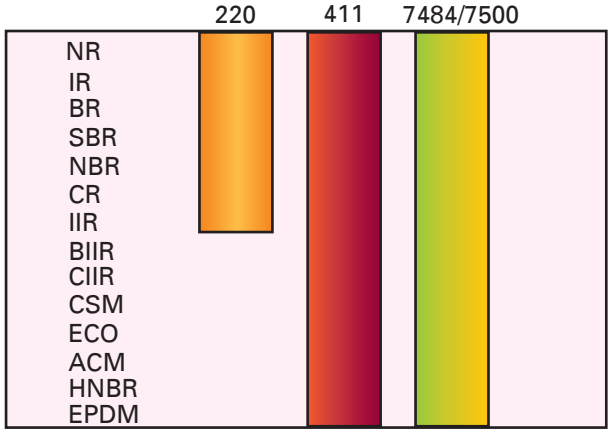
รูปที่ 3 ความแข็งแรงของการยึดติดของยางธรรมชาติที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกึ่งประสิทธิภาพ (semi-efficient vulcanization) ที่ผ่านการอบร้อนที่ 175°C ที่เวลาต่างๆ กัน [1]

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่า Chemosil ได้พัฒนาคุณภาพของกาวน้ำอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือ สำหรับกาวชั้นต้นก็ได้พัฒนาจากเกรด XW1160 ไปเป็น XW1180 และ XW1190 ตามลำดับ ส่วนกาวปกคลุมก็ได้พัฒนาจากเกรด XW7480 ไปเป็น XW7484 และ XW7500 ตามลำดับ

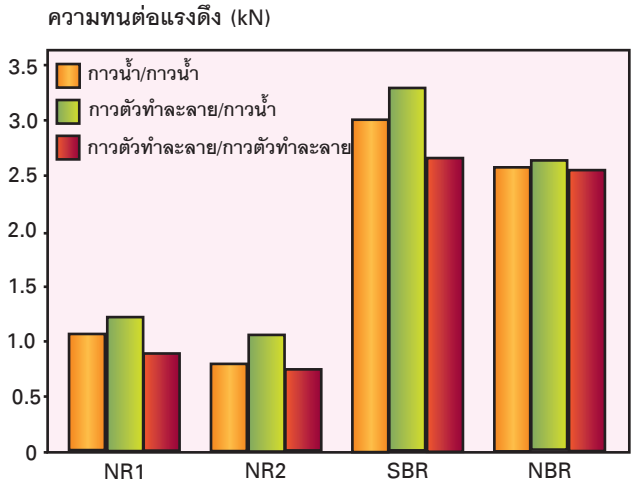
รูปที่ 4 แสดงความสามารถของกาวปกคลุมในการยึดติดโลหะกับยางชนิดต่างๆ จากรูปจะเห็นได้ว่ากาวตัวทำละลายเกรด Chemosil 411 สามารถยึดติดโลหะกับยางได้หลากหลายชนิดรวมถึงยางเอทิลีนโพรพิลีนไดอีน (EPDM) แต่กาวน้ำเกรด XW7484 (หรือเกรด XW7500 ซึ่งเป็นเกรดที่พัฒนาต่อยอดจากเกรด XW7484) ก็มีความสามารถในการยึดติดโลหะกับยางได้หลากหลายชนิดเช่นเดียวกัน ส่วนรูปที่ 5 แสดงค่าความทนต่อแรงดึง (tensile strength) ที่วัดตามมาตรฐาน ASTM D429 (Method C) ระหว่างโลหะและยางสูตรต่างๆ จำนวน 4 สูตร คือ ยางธรรมชาติ 2 สูตร ยางสไตรีนบิวทาไดอีน 1 สูตร และยางไนไทรล์ 1 สูตร โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นการเปรียบเทียบระหว่างการใช้กาว 3 ระบบ คือ

1. การใช้กาวตัวทำละลายทั้งคู่ คือ ใช้ Chemosil 211 เป็นกาวชั้นต้นและ Chemosil 222 เป็นกาวปกคลุม
2. การใช้กาวผสม คือ ใช้กาวตัวทำละลาย (Chemosil 211) เป็นกาวชั้นต้นและใช้กาวน้ำ (Chemosil XW7484) เป็นกาวปกคลุม
3. การใช้กาวน้ำทั้งคู่ คือ ใช้ Chemosil XW1180 เป็นกาวชั้นต้นและ Chemosil XW7484 เป็นกาวปกคลุม

[2]ความต้านทานต่อการอบร้อน (prebake resistance) เป็นสมบัติที่แสดงถึงความทนทานของชั้นกาวต่ออุณหภูมิสูง โดยกาวจะต้องทนอุณหภูมิสูงได้นานเพียงพอก่อนที่จะสูญเสียความสามารถในการทำปฏิกิริยากับยาง เพราะในการใช้งานจริงนั้น หลังจากที่ทากาวลงบนพื้นผิวโลหะแล้ว จะต้องมีการนำโลหะไปใส่ในแม่พิมพ์ที่ร้อน ดังนั้นกาวที่อยู่บนพื้นผิวโลหะจะต้องทนอุณหภูมิที่สูงของแม่พิมพ์ได้นานเพียงพอก่อนที่ยางจะไหลเข้ามาสัมผัสกับชั้นกาว



รูปที่ 4 ความสามารถของกาวในการเชื่อมติดโลหะกับยางชนิดต่างๆ [1]



รูปที่ 5 ผลของระบบกาวต่อความทนต่อแรงดึงของการยึดติดระหว่างโลหะกับยางชนิดต่างๆ [1]

จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าการใช้ระบบกาวน้ำทั้งคู่ (1180/7484) ทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางกับโลหะสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับการใช้ระบบกาวตัวทำละลายทั้งคู่ (211/222) นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการใช้ระบบกาวผสม (211/7484) ส่งผลทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางกับโลหะมีค่าสูงที่สุดทั้งในยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์

6. เสถียรภาพในการเก็บรักษา

โดยทั่วไปกาวน้ำมีเสถียรภาพในการเก็บรักษาอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ตัวอย่างเช่น กาวที่มีชื่อทางการค้าว่า Chemlok 855 สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานถึง 3 เดือนโดยที่ความหนืดของกาวเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ถ้าหากเก็บกาวเกรดนี้ไว้ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 40°C จะพบว่าความหนืดของกาวชนิดนี้จะสูงขึ้นจนเกิดเป็นเจลอยู่ในระบบ อย่างไรก็ดีหากกวนโดยใช้แรงเฉือนที่สูงเพียงพอ เจลที่เกิดขึ้นก็จะแตกออกทำให้กาวมีความหนืดลดลงเช่นเดิม โดยที่ไม่ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพการใช้งานของกาวชนิดนี้แต่อย่างใด อย่างไรก็ตามกาวน้ำควรได้รับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิในช่วง 5-30°C ห้ามเก็บรักษากาวน้ำทุกชนิดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C เพราะอาจทำให้น้ำแข็งตัวและไม่ควรให้กาวน้ำสัมผัสกับแสงแดดในระหว่างการเก็บรักษา กาวน้ำควรได้รับการปรับสภาวะที่อุณหภูมิ 25-30°C และควรกวนอย่างน้อย 30 นาทีก่อนการใช้งานเพื่อให้ของแข็งต่างๆ ที่มีอยู่ในเนื้อกาวแขวนลอยในน้ำกาวได้อย่างทั่วถึง (ห้ามเขย่าเพราะจะทำให้เกิดฟองอากาศ)

การประลัยของการยึดติดระหว่างยางกับโลหะ

การประลัยของการยึดติดระหว่างยางกับโลหะนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามตำแหน่งที่เกิดการประลัย (ดูรูปที่ 6 ประกอบ) คือ

- การประลัยที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นโลหะกับกาว ใช้ตัวย่อว่าการประลัยแบบ CM (cement/metal)
- การประลัยที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นยางกับกาว ใช้ตัวย่อว่าการประลัยแบบ RC (rubber/cement)

รูปที่ 6 ภาพแสดงการประลัยแบบ CM และ RC

การประลัยที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นของกาวชั้นต้นและกาวปกคลุมอาจพบเห็นได้แต่ไม่บ่อย การประลัยชนิดนี้อาจเกิดจากการปนเปื้อนในกาวหรือเกิดจากการใช้กาวผิดชนิด เช่น การใช้กาวปกคลุมที่ไม่ได้ถูกออกแบบมาให้ใช้กับกาวชั้นต้น หรือในทางกลับกันเหล่านี้เป็นต้น

การประลัยที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นกาวและโลหะ (CM) มักเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้

• การเตรียมกาวชั้นต้นไม่ดีพอ เช่น กวนกาวยังไม่นานพอ ทำให้เนื้อกาวกระจายตัวได้ไม่ทั่วถึงหรือกาวหมดอายุ

• การทากาวชั้นต้นไม่ดีพอ เช่น การทากาวปกคลุมลงไปบนกาวชั้นต้นที่ยังไม่แห้งสนิท ทำให้กาวทั้ง 2 ชั้นเกิดการแพร่ข้ามระหว่างกันส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของกาวทั้ง 2 ชั้นด้อยลง

• การเตรียมพื้นผิวที่ไม่ดีพอ เช่น เกิดการปนเปื้อนบนพื้นผิวอันเนื่องมาจากสิ่งสกปรกหรือคราบมันต่างๆ หรือเก็บโลหะที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวไว้แล้วนานมากเกินไปก่อนที่จะนำไปใช้งาน

การประลัยที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นยางและกาว (RC) มักเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้

• การเตรียมกาวปกคลุมไม่ดีพอ เช่น กวนกาวยังไม่นานพอหรือกาวหมดอายุ

• การทากาวปกคลุมไม่ดีพอ เช่น กาวปกคลุมยังไม่แห้งสนิทก่อนนำไปใช้งานหรือการทากาวปกคลุมบางมากเกินไปโดยเฉพาะในระบบการวัลคาไนซ์แบบประสิทธิภาพและกึ่งประสิทธิภาพ

• ปัญหาที่เกิดจากกระบวนการผลิต ทั้งนี้ขั้นตอนต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตอาจก่อให้เกิดการประลัยแบบ RC ได้ ตัวอย่างที่พบเห็นได้บ่อย ได้แก่

- การปนเปื้อนที่เกิดจากการฉีดสารหล่อลื่น (ซิลิโคน) เพื่อป้องกันการเกาะติดแม่พิมพ์ ซึ่งถ้ามีสารหล่อลื่นเหล่านี้ไปเกาะติดบนพื้นผิวกาวก็จะส่งผลทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดลดลง

- ในขั้นตอนของการกำจัดเศษยางที่เกาะติดบนผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการใช้อุณหภูมิต่ำ (cryogenic deflashing) เราต้องการให้เฉพาะเศษยางบางๆ ที่อยู่ด้านนอกแข็งและเปราะเท่านั้น แต่ถ้าหากยางหรือฟิล์มกาวเริ่มเกิดการแข็งเปราะก็จะทำให้การประลัยมีโอกาสเกิดขึ้นได้ง่าย

- การวางโลหะที่ผ่านการทากาวไว้ในแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานเกินไปจนทำให้โพลิเมอร์ในชั้นกาวเกิดการวัลคาไนซ์ก่อนที่ยางจะไหลเข้าไปสัมผัสกับกาว

- การนำโลหะที่ผ่านการทากาวไว้แล้วและไม่ได้รับการเก็บรักษาภายใต้สภาวะที่เหมาะสมไปใช้งาน

- การดึงชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ก็อาจส่งผลทำให้เกิดการประลัยเพราะความทนต่อการฉีกขาดขณะร้อนของกาวอาจจะยังไม่สูงเพียงพอ

สรุป

เนื่องจากตัวทำละลายอินทรีย์สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การใช้กาวตัวทำละลายจึงมีแนวโน้มลดลงในขณะที่กาวน้ำจะเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการยึดติดระหว่างยางกับโลหะมากยิ่งขึ้น เพราะกาวน้ำนอกจากจะช่วยลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้ในโรงงานและทำให้การกำจัดของเสียภายในโรงงานเป็นไปได้ง่ายยิ่งขึ้น อย่างไรก็ดีข้อเสียหลักของการใช้กาวน้ำก็คือต้องใช้ความระมัดระวังในการขนส่งและเก็บรักษาเพื่อป้องกันการจับกันเป็นก้อนของกาว และต้นทุนที่สูงขึ้นจากการที่ต้องให้ความร้อนกับโลหะทั้งก่อนและหลังทากาว

เอกสารอ้างอิง

1. Rooke, M., **"**Rubber to Metal and Other Substrate Bonding**"**, in Crowther, B., **"**Handbook of Rubber Bonding**"**, Rapra Technology Ltd., Shawbury, 2001.
2. Crowther, B. and Woodcock, R., **"**Bonding Rubber to Metals with Waterborne Adhesive Systems**"**, in Crowther, B., **"**Handbook of Rubber Bonding**"**, Rapra Technology Ltd., Shawbury, 2001.
3. Plasczynski, T., and Bond, K.M., Presented at the 146th ACS Rubber Division Meeting, Pittsburgh, PA, USA, Fall 1994, Paper No. 92.

ดร.พงษ์ธร แซ่อุย
การศึกษา: ปริญญาเอก (วิศวกรรมยาง) Loughborough University ประเทศอังกฤษ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน: นักวิจัย ห้องปฏิบัติการยาง หน่วยวิจัยโพลิเมอร์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

อุทัย เทพสุวรรณ์
การศึกษา: ปริญญาตรี (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
สถานที่ทำงานปัจจุบัน: ผู้ช่วยวิจัย ห้องปฏิบัติการยาง หน่วยวิจัยโพลิเมอร์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ