Teflon -- world's slipperiest Substance -- was discovered by accident!

รองศาสตราจารย์เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์
ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ON ITS 50th BIRTHDAY DU PONT'S FLUOROCARBON RESIN IS STILL LISTED IN THE GUINNESS BOOK OF WORLD RECORDS

สารซึ่งมีความสำคัญมาก จนถูกบันทึกการค้นพบเอาไว้ใน The National Inventors Hall of Fame คือ "Teflon" ซึ่งเป็นฟลูออโรคาร์บอนเรซินของบริษัท Du Pont เมื่อครบรอบวันเกิดปีที่ 50 Teflon ยังถูกบันทึกไว้ในกินเนสบุ๊คว่าเป็นวัสดุที่ลื่นที่สุดในโลก โดยมีสัมประสิทธิ์การเสียดทานต่ำที่สุดในบรรดาของแข็งทั้งหลาย ความเสียดทานของ Teflon เทียบเท่ากับน้ำแข็งเปียกถูกัน

Teflon ได้ไปถึงดวงจันทร์ ช่วยป้องกันการกัดกร่อน (corrosion) บนอนุสาวรีย์เสรีภาพ (Statue of Liberty), ช่วยไม่ให้ไข่ติดกระทะเวลาทอด, เป็นฉนวนหุ้มสายไฟ, ใช้เคลือบหลอดไฟไม่ให้กระจายเวลาแตก, ถูกใช้เป็นปะเก็น (gasket), ปิดผนึก (seal) และเพลา (bearing) ในรถยนต์, ถูกใช้ทำเส้นเลือดแดงหรือเส้นเลือดดำเทียม (artificial arteries, veins) เป็นต้น

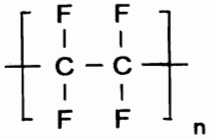
เมื่อเอ่ยถึง Teflon บางคนคงคุ้นหู และนึกถึงกระทะทอดไข่ที่ไม่ต้องใช้น้ำมัน แต่นั่นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของประโยชน์หลายๆ อย่างของ Teflon เท่านั้น ยังมีประโยชน์อีกนานานับประการที่จะนำมากล่าวให้ทราบ

Refrigeration reseach

Teflon เป็นสารที่ถูกค้นพบโดยบังเอิญในห้องทดลองของบริษัท Du Pont ในมลรัฐนิวเจอร์ซี ปี ค.ศ. 1938 เมื่อ ดร.รอย พลังเก็ตต์ (Roy Plunkett) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับแก๊สทำความเย็นฟรีออน (freon) เขาได้ต่อภาชนะทรงกระบอกที่บรรจุ "Freon 114" หรือ เตตระฟลูออโรเอทิลีน (tetrafluoroethylene) เข้ากับเครื่องมือของเขา แต่ปรากฏว่าไม่มีอะไรออกมาแทนที่จะโยนภาชนะทรงกระบอกทิ้ง เข้าได้นำไปชั่งน้ำหนัก และพบว่ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เขาจึงได้ผ่าครึ่งภาชนะทรงกระบอกออก และเห็นสารสีขาวมีลักษณะคล้ายไข ซึ่งวิเคราะห์พบว่าเป็นโพลิเมอร์ของเตตระฟลูออโรเอทิลีน (Polytetrafluoroe- thylene) ซึ่งต่อมารู้จักกันในชื่อว่า "Teflon" ซึ่งเป็นชื่อทางการค้าของบริษัท Du Pont ประเทศสหรัฐอเมริกาหรือชื่อ "Chemfluor" ของบริษัท Chemplast หรือชื่อ "Halon" ของบริษัท Allied Chemical เป็นต้น แต่คนส่วนใหญ่จะคุ้นกับชื่อ Teflon มากกว่าชื่ออื่นๆ

Unique properties

Teflon เป็นฟลูออโรพลาสติกที่มีความสำคัญที่สุด ผลิตได้จากกระบวนการโพลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน (emulsion polymerization) ของเตตระฟลูออโรเอทิลีน ซึ่งเป็นแก๊สพิษ (poisonous gas) ได้เป็นโพลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน หรือ PTFE ที่มีสีขาวไปจนถึงโปร่งแสง มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากอยู่ในช่วง 10^6 ถึง 10^7 และจะมีความหนืดสูงประมาณ 10 GPa.s (10^{10} ถึง 10^{12} p) ที่อุณหภูมิ 380 °C เป็นพลาสติกซึ่งมีความเป็นผลึกสูง การสังเคราะห์ Teflon มีอันตรายมาก เพราะเกิดการระเบิดได้ง่าย สูตรโครงสร้างของ PTFE เป็นดังนี้



โครงสร้างโมเลกุลของ Teflon ประกอบด้วยสายโซ่ของคาร์บอนอะตอม ซึ่งถูกล้อมรอบด้วยอะตอมของฟลูออรีน พันธะระหว่างคาร์บอนและฟลูออรีนมีความแข็งแรงมาก ต้องใช้พลังงานสลายพันธะสูงถึง 460 KJ/mol ซึ่งเป็นพลังงานที่สูงที่สุดของสารเคมีอินทรีย์ที่รู้จักในปัจจุบัน นอกจากนี้ฟลูออรีนที่อยู่ล้อมรอบจะช่วยปกป้องสายโซ่คาร์บอนที่ไม่แข็งได้อีกด้วย กล่าวคือ สายโซ่คาร์บอนเกือบจะถูกอะตอมของฟลูออรีนป้องกันเกือบหมด จึงมีสภาพเป็นเกราะเคลือบสายโซ่คาร์บอนจากผลกระทบภายนอก ทำให้ Teflon มีสมบัติเด่นในเรื่องการทนความร้อน และทนแรงเสียดทานรวมทั้งมีโครงสร้างโมเลกุลและลักษณะที่เป็นไข (wax) คล้ายโพลิเอทิลีน

Teflon เป็นเทอร์โมพลาสติก และจากโครงสร้างที่ไม่ปกติ ทำให้มีสมบัติผิดไปจากพลาสติกอื่นๆ นอกจากมีความลื่นสูงมากแล้ว (มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำกว่าพลาสติกอื่น) ยังมีความเฉื่อยต่อสารเคมีเกือบทุกชนิด มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูง (ได้ถึง 550 °F) และมีสมบัติทางไฟฟ้าดีเยี่ยม (สมบัติไดอิเล็กทริกดีเยี่ยมไม่ว่าที่อุณหภูมิและความถี่ใดๆ) มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า เพราะมีสมบัติคงที่ต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งความถี่และอุณหภูมิ สามารถใช้งานได้ที่ช่วงอุณหภูมิกว้าง คือ จาก 500 °F – 400 °F โดยไม่สลายตัวหรือทำให้สมบัติเสียไป จุดหลอมเหลวอยู่ที่ 621 °F

การขึ้นรูป Teflon โดยการอัดรีด (extrusion) หรือโดยการฉีดเข้าแม่แบบ (injection molding) จะทำได้ยาก จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบในรูปที่เป็นผงแล้วขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีการอัด (compression) หรือโดย sintering เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์เซรามิก

ในการทำเป็นผลิตภัณฑ์เกือบจะทุกบริษัทต้องซื้อวัตถุดิบ ซึ่งได้แก่ ผงโพลิเตตระฟลูออโรเอทิลีนเรซินจากบริษัท Du pont เพื่อนำไปขึ้นรูปเป็นแท่ง เส้น หรือแผ่น แล้วส่งไปจำหน่ายในชื่อทางการค้าต่างๆ กัน และจะมีสีสันไม่ซ้ำแบบกัน ผู้ผลิตส่วนใหญ่อยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ เยอรมัน ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และเบลเยี่ยม ในเอเชียก็มี ญี่ปุ่น เป็นต้น สำหรับประเทศไทยก็มีผู้สั่งเข้ามาจำหน่ายแต่ราคาค่อนข้างสูง จะใช้ก็ต่อเมื่อไม่มีอะไรมาใช้แทนได้

ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงสมบัติของ Teflon ให้ดีมากยิ่งขึ้น โดยการใช้สารเสริมแรงหรือโลหะบางชนิดใส่เข้าไป ทำให้เกิด Teflon ผสมดังนี้

1. Teflon ผสมใยแก้ว (Modified TFE with Glass Fiber) เนื่องจากใยแก้วสามารถทนกรดด่าง และเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี เมื่อผสมกับ Teflon จะทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น บางครั้งอาจผสมโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ (molybdenum disulphide, MoS_2) เพื่อเพิ่มความต้านทานการสึกหรอ แต่อาจทำให้สมบัติเชิงกลบางอย่างเสียไป โดยปกติจะใช้ใยแก้วไม่เกิน 10% โดยน้ำหนัก

2. Teflon ผสมบรอนซ์ (Modified TFE with Bronze) เนื่องจาก Teflon มีจุดอ่อน คือ ความนิ่ม และการถ่ายเทความร้อนออกจากตัวเองไม่ดี จึงได้เติมโลหะบรอนซ์เข้าไปเพื่อเพิ่มความแข็ง และช่วยการระบายความร้อนให้ดีขึ้น แต่ไม่เหมาะในการนำไปใช้งานทางไฟฟ้าและเคมี เพราะบรอนซ์จะถูกกัดกร่อนได้

3. Teflon ผสมคาร์บอน (Modified TFE with Carbon) งานอุตสาหกรรมเคมีที่ต้องการความต้านทานต่อการสึกหรอ การผสมคาร์บอนเข้าไปจะสามารถช่วยได้ เพราะบางชิ้นงานต้องหมุนหรือแช่ในน้ำกรดตลอดเวลา

Wires in space

Teflon ยังใช้หุ้มสายไฟในยานอวกาศ และสายเคเบิลที่ใช้ขนส่งเครื่องมือวัดลักษณะสภาพทางธรณีวิทยาที่ความลึกต่างๆ กันในบ่อน้ำมัน เพราะต้องเลือกใช้วัสดุที่สามารถทนอุณหภูมิสูงมากได้ทนสภาวะแวดล้อมที่จะเกิดการกัดกร่อน (corrosive environments) หรือปริมาณออกซิเจนความเข้มข้นสูงๆ

Teflon ทำให้แฟนอเมริกันฟุตบอลทีมดีทรอยต์ไลอ้อน(Detroit Lion) รู้สึกแห้งและสบายเมื่อนั่งอยู่ภายในสนามขนาด 10 acre ภายใต้หลังคาที่ทำมาจากไฟเบอร์กลาสซึ่งเคลือบด้วย Teflon ของสนาม Pontiac Silverdrome จึงทำให้ Teflon เป็นวัสดุที่มีความสำคัญในทางสถาปัตยกรรม เพราะมีความทนทาน เป็นอาคารที่ทันสมัย ทนไฟ และโปร่งแสง

ประเทศสหรัฐอเมริกา อาจไม่ใช่ชาติแรกที่ไปถึงดวงจันทร์ หากไม่มีการค้นพบ Teflon สำหรับทำชุดอวกาศ (space suit), ถังเชื้อเพลิง (fuel tank), หรือใช้บุภายในระบบสำหรับขนส่งออกซิเจนเหลว (lining for systems to carry liquid oxygen), เกราะกันความร้อน (heat shield), ถุงสำหรับใส่ชิ้นตัวอย่างจากดวงจันทร์ (moon rock sample bags) และเรดาร์ (radar) เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. D.V. Rosata, Rosato's Plastics Encyclopedia and dictionary, Hanser Publishers, Munich Vienna New York Barcelona, 1993.
2. C.A. Harper, Handbook of Plastics, Elastomers and Composites, second edition, Mcgraw-Hill, Inc., New York, 1992.