

บทที่ 7

การเสื่อมสภาพของวัสดุ

7.1 ความหมายของการเสื่อมสภาพของวัสดุ

การเสื่อมสภาพของวัสดุในทางวิศวกรรม คือ กระบวนการที่วัสดุสูญเสียคุณสมบัติที่มีอยู่ เช่น ความแข็งแรง ความเหนียว ความคงทน ไปตามการเวลาการใช้งาน หรือเมื่อมีแรงมากระทำเช่น การบีบ การดึง การอัด และการกระแทก ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงและอาจนำไปสู่ความเสียหายของโครงสร้างหรือชิ้นส่วนเครื่องจักรทางด้านวิศวกรรม โดยมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือสถานะไปจากเดิม เนื่องจากการทำปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อมหรือการใช้งาน

7.2 การเสื่อมสภาพของโลหะ

7.2.1 การกัดกร่อน

เป็นการเสื่อมสภาพที่พบบ่อยที่สุด ในโลหะ เกิดจากปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้ากับสภาพแวดล้อม หรือสารเคมีอื่นๆ ทำให้สูญเสียคุณสมบัติทางกายภาพ ความแข็งแรง และประสิทธิภาพการใช้งานไป ประเภทของการกัดกร่อนที่พบบ่อย มีดังนี้

7.2.1.1 การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ หรือการกัดกร่อนแบบทั่วไป เป็นรูปแบบการเสื่อมสภาพของโลหะที่เกิดขึ้นอย่าง กระจายตัวเท่ากันทั่วทั้งพื้นผิว ที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อม โลหะจะบางลงอย่างสม่ำเสมอในอัตราที่ใกล้เคียงกันทั่วทั้งชิ้นงาน เป็นการกัดกร่อนที่ พยากรณ์ล่วงหน้าได้ง่ายที่สุด เนื่องจากสามารถวัดอัตราการกัดกร่อนและคำนวณอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ได้อย่างแม่นยำ สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าก่อนจะเกิดความเสียหายแบบฉับพลัน เช่น เหล็กแผ่นหรือโครงสร้างเหล็กเกิดสนิมแดงทั่วทั้งแผ่นเมื่อโดนฝนและความชื้น การหมองของเครื่องเงินจะมีการเปลี่ยนเป็นสีดำสม่ำเสมอเมื่อสัมผัสอากาศ หรือการกัดกร่อนในกรดเมื่อนำโลหะไปแช่ในสารละลายกรดเข้มข้น ผิวโลหะจะถูกกัดออกไปเท่าๆ กัน มีวิธีการป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าว เช่น การเผื่อความหนา วิศวกรจะออกแบบให้ชิ้นงานหนากว่าที่ต้องใช้จริง เพื่อรองรับการสูญเสียเนื้อโลหะตามอายุการใช้งาน การเคลือบผิวการทาสี การเคลือบพลาสติก หรือการชุบโลหะชนิดอื่น เช่น กัลวานไนซ์ เพื่อไม่ให้เนื้อโลหะสัมผัสกับอากาศและน้ำโดยตรง การใช้สารยับยั้งการกัดกร่อนโดยการเติมสารเคมีลงในของเหลวที่สัมผัสกับโลหะเพื่อชะลอปฏิกิริยา เป็นต้น



ภาพที่ 7.1 การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ (Uniform Corrosion)

ที่มา (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2567)

7.2.1.2 การกัดกร่อนแบบรูเข็ม คือ การกัดกร่อนที่เกิดขึ้น เฉพาะจุด บนผิวโลหะ โดยจะทำลายเนื้อวัสดุให้สึกกร่อนเป็นรูหรือหลุมขนาดเล็ก ในขณะที่พื้นผิวส่วนใหญ่รอบๆ ยังดูปกติ รูที่เกิดขึ้นมักมีขนาดเล็กมากและอาจถูกปกคลุมด้วยเศษสนิม ทำให้มองเห็นได้ยากด้วยตาเปล่า เมื่อรูเริ่มเกิดขึ้นแล้ว ปฏิกิริยาเคมีภายในรูจะเร่งตัวเอง ทำให้การกัดกร่อนเจาะลึกลงไปเรื่อยๆ อย่างรวดเร็ว จุดเริ่มต้นของการแตกหักเชิงโครงสร้าง มักเกิดกับโลหะที่มีฟิล์มปกป้องผิว เช่น สแตนเลสหรืออลูมิเนียม เมื่อฟิล์มนี้ถูกทำลายเฉพาะจุดจากรอยขีดข่วนหรือสารเคมี วิธีการป้องกันคือ เลือกวัสดุที่เหมาะสม ใช้โลหะผสมที่มีค่าความต้านทานการเกิดรูเข็มสูง เช่น สแตนเลสเกรดที่มีส่วนผสมของโมลิบดีนัม ควบคุมสภาพแวดล้อม ลดปริมาณคลอไรด์ ควบคุมค่า pH ไม่ให้เป็นกรดจัด หรือหลีกเลี่ยงสภาวะน้ำนิ่ง ป้องกันแบบคาโธดิก ใช้กระแสไฟฟ้าหรือโลหะกันกร่อน เพื่อยับยั้งปฏิกิริยา ทำการตรวจสอบสม่ำเสมอ ใช้วิธีการทดสอบโดยไม่ทำลายเช่น การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง เพื่อตรวจหารูภายในที่มองไม่เห็น เป็นต้น



ภาพที่ 7.2 การกัดกร่อนแบบรูเข็ม (Pitting Corrosion)

ที่มา (AMARINE Administrations, n.d.)

7.2.1.3 การกัดกร่อนต่างชนิด หรือการกัดกร่อนแบบกัลวานิก คือ ปรากฏการณ์ที่โลหะที่มีสมบัติทางไฟฟ้าต่างกัน 2 ชนิดมาสัมผัสกันโดยตรง ในสถานะที่มีตัวนำไฟฟ้าหรือความชื้น เมื่อโลหะสองชนิดสัมผัสกัน จะเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างกันคล้ายกับเซลล์แบตเตอรี่ โลหะที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า จะเป็นฝ่ายเสียอิเล็กตรอนและ เกิดการผุกร่อนเร็วกว่าปกติ โลหะที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า จะเป็นฝ่ายรับอิเล็กตรอนและ ไม่เกิดการผุกร่อน หรือผุกร่อนช้าลง เช่น สกรูเหล็กบนแผ่นอลูมิเนียม เมื่อโดนน้ำฝน ศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า จะถูกกัดกร่อนอย่างรวดเร็วรอบๆ บริเวณที่สัมผัสกับสกรูเหล็ก การนำท่อทองแดงมาต่อกับท่อเหล็กโดยตรง จะทำให้ท่อเหล็กผุกร่อนเร็วกว่า ตะปูสังกะสีบนหลังคาเหล็ก สังกะสีจะยอมผุกร่อนแทนเหล็ก ซึ่งเป็นหลักการที่ใช้ในการทำเหล็กกล้าในซี ยิงโลหะทั้งสองชนิดมีความต่างของศักย์ไฟฟ้า มากเท่าไร การกัดกร่อนจะยิ่งรุนแรงขึ้น สภาพแวดล้อมที่นำไฟฟ้าได้ดี เช่น น้ำทะเล จะเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่าน้ำจืด วิธีการป้องกัน คือใช้ฉนวนกันใส่ปะเก็นยางหรือพลาสติกคั่นกลางระหว่างโลหะสองชนิดไม่ให้สัมผัสกันโดยตรง เลือกใช้โลหะที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน ทาสีหรือเคลือบผิวบริเวณรอยต่อเพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นเข้าไปเป็นตัวนำไฟฟ้า ติดตั้งโลหะกันกร่อน เช่น แท่งแมกนีเซียม เพื่อให้ผุกร่อนแทนโครงสร้างหลัก เป็นต้น



ภาพที่ 7.3 การกัดกร่อนต่างชนิด (Galvanic Corrosion)

ที่มา (Pantaenius, 2022)

7.2.2 การเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูง

การเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูงหรือที่มักเรียกว่า "การกัดกร่อนแบบแห้ง" คือ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างโลหะกับแก๊สออกซิเจนในอากาศ หรือแก๊สออกซิไดซ์อื่นๆ เมื่อวัสดุได้รับความร้อนสูง โดยกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นโดยตรงโดยไม่จำเป็นต้องมีน้ำหรือสารละลายอิเล็กโทรไลต์เป็นตัวกลาง เมื่อโลหะทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน จะเกิดเป็นชั้นของออกไซด์เคลือบบนผิวโลหะ มักเกิดในสถานะที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 300-400 องศาเซลเซียส ขึ้นไป เมื่อชั้นออกไซด์เริ่มหนาขึ้น ออกซิเจนและไอออนของโลหะจะต้องแพร่ผ่านชั้นออกไซด์นั้นเพื่อทำปฏิกิริยากันต่อ อัตราการกัดกร่อนจึงขึ้นอยู่กับว่าชั้นออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีความหนาแน่นเพียงพอที่จะป้องกันการแพร่ได้หรือไม่ เช่น ใน

อลูมิเนียม สเตนเลส ที่มีโครเมียม หรือซิลิคอน ออกไซด์ที่เกิด จะมีความหนาแน่นสูง ยึดเกาะผิวได้ดี ช่วยชะลอไม่ให้แก๊สเข้าไปกัดเนื้อโลหะด้านในได้ ออกไซด์ที่เกิดขึ้นอาจมีความพรุน แตกหักง่าย หรือหลุดร่อนออกได้ง่าย ทำให้เนื้อโลหะใหม่ถูกเปิดออกและถูกกัดกร่อนต่อเนื่องอย่างรวดเร็ว จะมีผลกระทบ เช่น การสูญเสียเนื้อโลหะ ทำให้ชิ้นงานบางลง รับแรงได้น้อยลง มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ วัสดุอาจมีความเปราะมากขึ้น หรือสูญเสียความเงางามและค่าพิกัดความเผื่อ มักพบปัญหาในเครื่องยนต์เจ็ท กังหันแก๊ส ท่อในเตาเผาอุตสาหกรรม และระบบไอเสียรถยนต์ วิธีการป้องกัน เช่น การเติมโครเมียม (Cr) อลูมิเนียม (Al) หรือซิลิคอน (Si) เพื่อสร้างชั้นออกไซด์ที่แข็งแรงและป้องกันผิว การเคลือบผิวโดยใช้การพ่นพอกด้วยความร้อนหรือการเคลือบด้วยสารประกอบทนความร้อนสูง

7.2.3 การสูญเสียคาร์บอนของเหล็ก ที่อุณหภูมิสูง

คือปรากฏการณ์ที่ คาร์บอนบริเวณผิวหน้าของเหล็กกล้าถูกกำจัดออกไป เมื่อเหล็กถูกเผาไหม้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง โดยปกติจะสูงกว่า 700°C ส่งผลให้คุณสมบัติทางกลของผิวเหล็กเปลี่ยนไป เมื่อเหล็กได้รับความร้อนสูง คาร์บอนที่ผิวจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิไดซ์ในบรรยากาศรอบตัว เช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์หรือไอน้ำ ทำให้คาร์บอนกลายเป็นก๊าซ คาร์บอนมอนอกไซด์ หรือคาร์บอนไดออกไซด์ หลุดออกไปจากเนื้อเหล็ก มีผลทำให้ บริเวณผิวที่เสีย คาร์บอนจะมีความแข็งแรงและความแข็ง ต่ำกว่าเนื้อเหล็กด้านใน เหล็กจะสึกหรอได้ง่ายขึ้นเมื่อนำไปใช้งาน ผิวเหล็กที่อ่อนนุ่มมีโอกาสเกิดรอยร้าวขนาดเล็กได้ง่ายเมื่อได้รับแรงกระทำซ้ำๆ หากชั้นที่สูญเสียคาร์บอนหนาเกินไป การชุบแข็งด้วยความร้อนจะไม่สามารถทำให้ผิวเหล็กแข็งตามค่าที่ต้องการได้ สามารถใช้ก๊าซเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน ในกระบวนการอบเพื่อไม่ให้มีออกซิเจนมาทำปฏิกิริยา หรือทำการออกแบบให้ชิ้นงานมีขนาดใหญ่กว่าปกติเล็กน้อย เพื่อให้สามารถกัดหรือเจียรผิวส่วนที่เสียคาร์บอนทิ้งไปหลังการชุบแข็ง รวมถึงการใช้สารเคลือบชั่วคราวเพื่อป้องกันการสัมผัสกับบรรยากาศโดยตรงขณะเผา

7.2.4 การทำปฏิกิริยากับสารประกอบกำมะถัน ที่อุณหภูมิสูง

เป็นกระบวนการกัดกร่อนทางเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อโลหะ โดยเฉพาะเหล็กกล้า สัมผัสกับสารประกอบกำมะถันในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ส่งผลให้เนื้อโลหะเสื่อมสภาพและเกิดตะกรันของสารประกอบซัลไฟด์ที่ผิวหน้า ปฏิกิริยานี้มักเริ่มเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 230°C (450°F) และจะทวีความรุนแรงขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น เกิดจากการทำปฏิกิริยากับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือสารประกอบกำมะถันอินทรีย์ที่พบในน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ พบมากในอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน เช่น ท่อทางเดินน้ำมันดิบ เตาเผา และโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันสูง ซึ่งจะทำให้หม้อหรืออุปกรณ์บางลงอย่างต่อเนื่องจนอาจเกิดการระเบิดหรือรั่วไหลได้ เกิดตะกรันเคลือบบริเวณผิว ซึ่งชั้นตะกรันมักจะเปราะและหลุดล่อนได้ง่าย ทำให้เนื้อเหล็กถูกกัดกร่อนซ้ำๆ ทำให้เกิดการแทรกซึมของกำมะถันเข้าไปในเนื้อโลหะอาจทำให้คุณสมบัติทางกลเปลี่ยนแปลงไป ความแข็งแรงลดลง สามารถ

แก้ปัญหาดังกล่าวได้ด้วย การใช้เหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของ โครเมียมสูง เนื่องจากโครเมียมจะช่วยสร้างชั้นฟิล์มป้องกันที่ทนทานต่อการกัดกร่อนจากกำมะถันได้ดีกว่าเหล็กคาร์บอนปกติ หรือการเคลือบผิวเพื่อสร้างชั้นป้องกันผิวหน้า

7.3 การเสื่อมสภาพของพอลิเมอร์

7.3.1 การเสื่อมสภาพทางกายภาพและกลศาสตร์

เป็นกระบวนการที่พอลิเมอร์สูญเสียคุณสมบัติดั้งเดิมไปเนื่องจากปัจจัยภายนอกและแรงกระทำ ซึ่งมักส่งผลให้โครงสร้างโมเลกุลเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพในการใช้งานลดลง ดังนี้

7.3.1.1 การเสื่อมสภาพทางกายภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อ รูปลักษณ์ภายนอก และโครงสร้างระดับมหภาค มักเกิดจากสภาวะแวดล้อมโดยรอบ เกิดการเปลี่ยนสีและลักษณะของวัสดุเช่น พลาสติกมีสีเหลืองขึ้น สูญเสียความเงางาม หรือเกิดความขุ่นมัวจากการสัมผัสรังสี UV และความร้อน การบวมตัวและการหดตัว เกิดจากการดูดซับของเหลวหรือความชื้นเข้าไปในโครงสร้างพอลิเมอร์ ทำให้ขนาดและรูปร่างเปลี่ยนไป การเกิดรอยแตกขนาดเล็กบนพื้นผิวที่มองเห็นเป็นเส้นขาวๆ มักเกิดก่อนที่วัสดุจะแตกหักจริง รวมถึง การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน เช่น การอ่อนตัวลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดเปลี่ยนสถานะทำให้วัสดุเสียรูปทรงได้ง่าย

7.3.1.2 การเสื่อมสภาพทางกลศาสตร์ เป็นการลดลงของ ความสามารถในการรับแรงและสมบัติเชิงกล มักเกิดจากการตัดขาดของสายโซ่พอลิเมอร์ เนื่องจากแรงกระทำ การลดลงของน้ำหนักโมเลกุล เช่น ในกระบวนการฉีดพลาสติกหรือการอัดรีด สามารถทำให้สายโซ่พอลิเมอร์ขาด ส่งผลให้ความเหนียวและความแข็งแรงลดลง เกิดความเปราะ เนื่องจากวัสดุสูญเสียความเหนียว แตกหักง่ายขึ้น มักเกิดควบคู่กับการเสื่อมสภาพจากความร้อนและออกซิเจน และเกิดการล้า เมื่อได้รับแรงกระทำซ้ำๆ เป็นรอบๆ แม้แรงนั้นจะไม่สูงมาก แต่จะทำให้เกิดรอยร้าวและขยายตัวจนหักในที่สุด หรือเกิดการคืบ คือการเสียรูปถาวรอย่างช้าๆ เมื่อวัสดุได้รับแรงกดหรือแรงดึงคงที่ภายใต้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน สาเหตุหลักที่ทำให้กระบวนการเหล่านี้เกิดเร็วขึ้น ได้แก่ ความร้อน แสงแดด ความชื้น และ แรงเฉือน ซึ่งมักจะทำงานร่วมกันในการทำลายพันธะเคมีของพอลิเมอร์

7.3.2 การเสื่อมสภาพจากสภาพแวดล้อม

เป็นกระบวนการที่วัสดุเสื่อมคุณสมบัติลงเนื่องจากการกระตุ้นของปัจจัยภายนอกในสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติกระบวนการนี้มักไม่ได้เกิดจากแรงกระทำทางกลเพียงอย่างเดียว แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีร่วมด้วย ซึ่งแบ่งออกเป็นประเภทหลักๆ ได้ดังนี้

7.3.2.1 การเสื่อมสภาพจากแสง คือกระบวนการที่สายโซ่โมเลกุลแตกหักจากการดูดกลืนพลังงานรังสี UV แสงอาทิตย์ หรือแสงที่มองเห็น ทำให้อนุมูลอิสระ (Free radicals) เข้าทำปฏิกิริยาจนพอลิเมอร์สูญเสียสมบัติทางกล เช่น กรอบ แตกหัก เปราะ และเปลี่ยนสี เกิดขึ้นได้ง่ายกับพลาสติกกลางแจ้งแต่ไม่เกิดในที่มืด สามารถการยืดอายุการใช้งานพอลิเมอร์ที่ต้องอยู่กลางแจ้ง ทำได้โดยเติมสารดูดซับรังสี UV เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นความร้อนที่ไม่ทำลายพันธะ เติมสารช่วยกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเพื่อหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ การใช้เม็ดสีที่มีความทึบแสงสูง เช่น Carbon Black เพื่อป้องกันไม่ให้อรังสี UV ทะลุเข้าไปในเนื้อพลาสติก

7.3.2.2 การเสื่อมสภาพจากความร้อน คือกระบวนการที่สายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจนสูญเสียคุณสมบัติเดิมไป เมื่อได้รับความร้อนในระดับที่สูงเกินขีดจำกัดความเสถียร (Thermal Stability) ความร้อนจะเข้าไปทำลายพันธะเคมีในพอลิเมอร์ผ่านกระบวนการต่างๆ ทำให้พันธะในโซ่หลักแตกออกเป็นโมเลกุลที่เล็กลงแบบสุ่ม ส่งผลให้มวลโมเลกุลรวมลดลงอย่างรวดเร็ว เช่น การเกิดก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ใน PVC เมื่อได้รับความร้อนสูง ในบางกรณีความร้อนอาจทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงใหม่ที่ไม่ต้องการ ทำให้วัสดุแข็งกระด้างและเปราะ ผลกระทบที่สังเกตได้อย่างชัดเจน เช่น คุณสมบัติทางกล ทำให้วัสดุมีความเปราะมากขึ้น ความแข็งแรงต่อแรงดึงและการทนต่อแรงกระแทกลดลง เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น สีของวัสดุเริ่มเหลืองหรือคล้ำลง ผิวหน้าเริ่มแตกลายงา หรือเกิดการหดตัวความหนืดเปลี่ยนไป ในระหว่างกระบวนการขึ้นรูป เช่น การฉีดพลาสติก พอลิเมอร์ที่เสื่อมสภาพจะมีความหนืดลดลง ทำให้ควบคุมคุณภาพชิ้นงานได้ยาก การเสื่อมสภาพด้วยความร้อนในสถานะที่ไม่มีออกซิเจน เช่น กระบวนการไพโรไลซิส

7.3.3 การเสื่อมสภาพจากสารเคมีและความชื้น

เป็นกระบวนการที่ทำให้โครงสร้างโมเลกุลเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้สมบัติเชิงกลและกายภาพด้อยลง โดยมีรายละเอียดดังนี้

7.3.3.1 การเสื่อมสภาพจากสารเคมี เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างพอลิเมอร์กับสารเคมีภายนอก เช่น กรด, เบส, ตัวทำละลาย หรือสารออกซิไดซ์

7.3.3.2 การเสื่อมสภาพจากความชื้นหรือการไฮโดรไลซิส เป็นรูปแบบหนึ่งของการเสื่อมสภาพทางเคมีที่สำคัญที่สุด โดยมี "น้ำ" เป็นตัวทำปฏิกิริยา

7.3.4 การเสื่อมสภาพทางชีวภาพ

คือกระบวนการที่พอลิเมอร์ถูกย่อยสลายโดยอาศัยกิจกรรมของ สิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย และ เชื้อรา ซึ่งจะหลั่งเอนไซม์ออกมาเพื่อตัดพันธะเคมีในสายโซ่พอลิเมอร์ให้กลายเป็นโมเลกุลที่เล็กลง

7.4 การเสื่อมสภาพของเซรามิก

การเสื่อมสภาพของเซรามิก (Ceramic Degradation) แตกต่างจากพอลิเมอร์ตรงที่เซรามิกมีความเสถียรทางเคมีและความร้อนสูงกว่ามาก อย่างไรก็ตาม เซรามิกยังสามารถเสื่อมสภาพได้ผ่านกลไกหลักๆ ดังนี้

7.4.1 การกัดกร่อนทางเคมี

เซรามิกส่วนมากจะทนทานต่อสารเคมี สามารถเกิดการกัดกร่อนจากกรด-เบส และสารละลายที่มีค่า pH รุนแรง เช่น กรดไฮโดรฟลูออริก สามารถเข้าทำลายพันธะเคมีบนพื้นผิว ทำให้เกิดการสูญเสียมวลและโครงสร้างพูนขึ้น ในเซรามิกที่เคลือบผิว สารเคมีอาจทำให้ชั้นแก้วที่เคลือบอยู่เสื่อมสภาพ ส่งผลให้สูญเสียความเงางาม

7.4.2 การเสื่อมสภาพจากอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เซรามิกเสียหาย เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนเร็วเกินไป จะเกิดความตึงเครียดของความร้อนระหว่างพื้นผิวและภายใน ทำให้เกิดความเครียด (Stress) จนนำไปสู่การแตกร้าว (Cracking) หรือการแตกหักทันที การเกิดออกซิเดชันในเซรามิก เช่น Silicon Carbide (SiC) เมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงมากในอากาศ จะเกิดการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนกลายเป็นชั้นออกไซด์ ซึ่งอาจทำให้คุณสมบัติทางกลเปลี่ยนไป

7.4.3 การเสื่อมสภาพทางกล

การเสื่อมสภาพทางกล คือการชำรุดจากการใช้งานหรือแรงกระแทกจากอนุภาคเล็กๆ ทำให้เกิดรอยขีดข่วนหรือการหลุดลอกของเนื้อวัสดุ รวมถึงการล้า แม้เซรามิกจะเปราะ แต่การได้รับแรงกดหรือแรงดึงซ้ำๆ สามารถทำให้รอยร้าวขนาดเล็ก (Micro-cracks) ขยายตัวจนวัสดุเสียหายได้

7.4.4 การเสื่อมสภาพจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Degradation)

ความชื้นและการแทรกซึม มักเกิดในเซรามิกที่มีความพรุนสูง เช่น อิฐ หรือเครื่องปั้นดินเผา สามารถดูดซับความชื้นและสารปนเปื้อนเข้าไปได้ ซึ่งหากน้ำในรูพรุนแข็งตัว (Freezing) จะเกิดการขยายตัวและดันให้เนื้อเซรามิกแตกจากภายใน

7.5 การเสื่อมสภาพของวัสดุเชิงประกอบ

การเสื่อมสภาพของ วัสดุเชิงประกอบ มีความซับซ้อนกว่าวัสดุชนิดเดียว เพราะเป็นการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้นได้ทั้งกับ ตัวเสริมแรง (Reinforcement), ตัวประสาน (Matrix) และที่สำคัญที่สุดคือ พันธะระหว่างผิวสัมผัส (Interface) ดังนี้

7.5.1 การแยกตัวของชั้นวัสดุ

เป็นลักษณะเฉพาะที่พบบ่อยที่สุดในวัสดุคอมโพสิตแบบชั้น (Laminate) เกิดจากการที่ชั้นของวัสดุแยกออกจากกันเนื่องจากแรงกระแทก หรือความล้า ทำให้ความแข็งแรงในการรับแรงดึง และแรงดัดลดลงอย่างมาก

7.5.2 การเสื่อมสภาพจากความชื้น

เมื่อตัวประสาน ส่วนมากจะเป็นพอลิเมอร์ ดูดซับความชื้นจะเกิดการพองตัว น้ำจะเข้าไปแทรกซึมที่ผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยและตัวประสาน ทำให้แรงยึดเหนี่ยวลดลง ความชื้นทำให้น้ำหนักโมเลกุลของตัวประสานอ่อนตัวลง ส่งผลให้ค่า T_g (Glass Transition Temperature) ลดต่ำลง

7.5.3 การเสื่อมสภาพทางกล

เมื่อเส้นใยภายในวัสดุขาดเนื่องจากรับแรงเกินกำลัง จะการเกิดรอยร้าวขนาดเล็กในตัวประสาน ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่นำไปสู่การสะสมความชื้นและสารเคมี ทำให้เส้นใยหลุดออกจากตัวประสานเนื่องจากพันธะที่ผิวสัมผัสถูกทำลาย

7.5.4 การเสื่อมสภาพจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Degradation)

แสงแดดทำให้ตัวประสานประเภทพอลิเมอร์เปราะและเปลี่ยนสี ในคอมโพสิตที่มีคาร์บอนไฟเบอร์ผสมกับโพลีเอสเตอร์ อาจเกิดการกัดกร่อนทางไฟฟ้าเคมีได้หากสัมผัสกับน้ำยาหรือความชื้น และสารเคมีอาจเข้าไปทำลายโครงสร้างของเส้นใยหรือตัวประสานได้โดยตรง

7.6 บทสรุป

การเสื่อมสภาพของวัสดุทางวิศวกรรม คือการเปลี่ยนแปลงสมบัติของวัสดุไปในทางที่แย่ลงเมื่อผ่านเวลาหรือการใช้งาน โดยแต่ละประเภทมีกลไกที่แตกต่างกันตามโครงสร้างทางเคมี สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 การเสื่อมสภาพตามประเภทวัสดุ

ประเภทวัสดุ	กลไกหลักของการเสื่อมสภาพ	สาเหตุสำคัญ
โลหะ	การกัดกร่อน (Corrosion) และการเป็นสนิม	ปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้า, ออกซิเจน, ความชื้น
พอลิเมอร์	การตัดสายโซ่โมเลกุล (Chain Scission)	แสง UV, ความร้อน, สารเคมี, การไฮโดรไลซิส
เซรามิก	การแตกร้าว (Cracking) และการกัดกร่อนพื้นผิว	Thermal Shock, สารเคมีรุนแรง (กรด/เบสแก่)
วัสดุเชิงประกอบ	การแยกชั้น (Delamination) และ Debonding	แรงกระแทก, ความชื้นแทรกซึมที่ผิวสัมผัส

ที่มา (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2567)