หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๒

คุณสมบัติและประโยชน์ของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์

โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ มีสูตรทางเคมี คือ $(CH_2CHOH)_n^*$ หรือเขียนในรูปของสูตรโครงสร้าง คือ $\left(-CH_2-\underset{OH}{CH}-\right)_n$

วิธีการสังเคราะห์โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ ถูกคิดค้นขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.๑๙๒๔ โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ เฮอร์มานน์ (Herrmann) และฮีเนล (Haenel) สารนี้มีลักษณะเป็นผง (powder) หรืออนุภาคเล็ก ๆ (granule) มีทั้งสีขาวจนกระทั่งสีเหลืองอ่อน ละลายในน้ำได้ดี มีชื่อทางการค้าอยู่หลายชื่อด้วยกัน ตามแต่บริษัทผู้ผลิตกำหนดขึ้น เช่น

ชื่อทางการค้า	บริษัทผู้ผลิต
อัลโคเท็กซ์ (Alcotex)	รีเวอร์เท็กซ์ (Revertex)
อัลวีล (Alvyl),อัลวีลอล (Alvylol)	โซซิเอเต โนบ ฟรองเซ่ส์ (Societé Nobel Francaise)
ดาเร็กซ์ (Darex)	เดวีย์ แอนด์ อัลมี เคมีคัล (Dewey and Almy Chemical Co.)
เอลวานอล (Elvanol)	ดูปองต์ (E.I.Du Pont de Nemours & Co.)
เจลวาตอล (Gelvatol)	ชาวินิแกนเรซิน (Shawinigan Resin Corp.)
โกเซนอล (Gohsenol)	นิปปอนโกเซอิ (Nippon Gohsei)
เลมอล (Lemol)	บอร์เด็น (Borden Co.)
โมวิออล (Moviol)	เฮิกซ์ (Hoechst)
ฟีวาลอน (Pevalon)	เมย์ แอนด์ เบเกอร์ (May and Baker Ltd.)

---

*n คือ จำนวนของไวนิลแอลกอฮอล์โมเลกุลเดี่ยว (monomer) ที่มาต่อรวมกันเป็นโมเลกุลของโปลีเมอร์

ชื่อทางการค้า	บริษัทผู้ผลิต
โปลีไซเซอร์ (Polysizer)	โชวา ไฮก์โพลีเมอร์ (Showa Highpolymer Co.)
โปลีไวออล (Polyviol)	แวกเกอร์ (Wacker)
โพวัล (Poval)	คูราเรย์ (Kuraray)
รีซิสโตเฟล็กซ์ (Resistoflex)	รีซิสโตเฟล็กซ์ (Resistoflex Corp.)
โรโดไวออล (Rhodoviol)	โรน-ปูลองก์ (Rhone-Poulenc)
ไวนอล (Vinol)	แอร์โค เคมิคัล (Airco Chemical)

คุณสมบัติของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์

คุณสมบัติต่าง ๆ ของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ ทั้งคุณสมบัติทางด้านกายภาพ (physical properties) และคุณสมบัติทางด้านเคมี (chemical properties) จะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับของการโปลีเมอไรซ์ และระดับของการไฮโดรไลซิส* ของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังภาคผนวก ก.

ประเภทของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์

ก. แบ่งตามระดับของการไฮโดรไลซิส

หากแบ่งโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ด้วยระดับของการไฮโดรไลซิส จะแบ่งออกได้เป็น ๒ ประเภทใหญ่ ๆ คือ

๑. โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ ที่ถูกไฮโดรไลซ์เพียงบางส่วน (partially hydrolyzed polyvinyl alcohol) โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่จัดอยู่ในประเภทนี้ จะมีระดับของการไฮโดรไลซิสน้อยกว่า ๙๘ โมล-เปอร์เซนต์

---

*ระดับของการไฮโดรไลซิส คือ ปริมาณของหมู่เคมี (functional group) ที่เกิดปฏิกริยารวมตัวกับน้ำ

๒. โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่ถูกไฮโดรไลซ์อย่างสมบูรณ์ (fully Hydrolyzed polyvinyl alcohol) โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ประเภทนี้จะมีระดับของการไฮโดรไลซ์มากกว่า ๙๘ โมล-เปอร์เซนต์

ข. <u>แบ่งตามระดับของการโปลีเมอไรซ์</u>

ระดับของการโปลีเมอไรซ์ของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ มีความสัมพันธ์กับความหนืดของสารละลายโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่ละลายอยู่ในน้ำ การวัดความหนืดของสารละลายโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นร้อยละ ๔ ณ อุณหภูมิ ๒๐ องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันโดยทั่วไป สามารถแบ่งโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ออกเป็น ๓ ประเภท ดังนี้

๑. โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีความหนืดต่ำ โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ ประเภทนี้มีค่าความหนืดต่ำกว่า ๑๐ เซ็นติพอยส์ (centipoise) มีระดับของการโปลีเมอไรซ์ ประมาณ ๕๐๐

๒. โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีความหนืดปานกลาง มีค่าความหนืดในช่วงตั้งแต่ ๑๐ ถึง ๓๕ เซ็นติพอยส์ สารละลายโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีความหนืดอยู่ในช่วง ๑๐ ถึง ๒๐ เซ็นติพอยส์ จะมีระดับของโปลีเมอไรซ์ประมาณ ๑,๐๐๐ และสารละลายที่มีความหนืดในช่วง ๒๐ ถึง ๓๐ เซ็นติพอยส์ จะมีระดับของการโปลีเมอไรซ์ประมาณ ๑,๗๐๐

๓. โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีความหนืดสูง มีค่าความหนืดตั้งแต่ ๓๕ เซ็นติพอยส์ขึ้นไป สารละลายโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีความหนืดอยู่ในช่วง ๔๐-๕๐ เซนติพอยส์ จะมีระดับของการโปลีเมอไรเซชั่นประมาณ ๒,๐๐๐ และที่ความหนืด ๖๐ เซ็นติพอยส์ จะมีระดับของการโปลีเมอไรซ์ ประมาณ ๒,๔๐๐

ระดับของการโปลีเมอไรซ์ จะมีความสัมพันธ์ต่อน้ำหนักโมเลกุลของโปลีเมอร์ด้วย กล่าวคือ ระดับของการโปลีเมอไรซ์สูงขึ้น น้ำหนักโมเลกุลของโปลีเมอร์ก็จะสูงขึ้นด้วย

โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีระดับของการโปลีเมอไรซ์ หรือระดับของการไฮโดรไลซิสที่แตกต่างกันจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ ๒.๑

ตารางที่ ๒.๑

แสดงคุณสมบัติของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์

ก) เมื่อระดับของการไฮโดรไลซิสคงที่ แต่ระดับของการโปลีเมอไรซ์ต่างกัน

ระดับของการโปลีเมอไรซ์ลดลง	ระดับของการโปลีเมอไรซ์เพิ่มขึ้น
๑. ความอ่อนตัว (flexibility) เพิ่มขึ้น	๑. ความหนืด (viscosity) เพิ่มขึ้น
๒. ความไวต่อน้ำ (water sensitivity) เพิ่มขึ้น	๒. ความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) เพิ่มขึ้น
๓. การละลายในตัวทำละลายต่าง ๆ ง่ายขึ้น	๓. ความคงทนต่อน้ำ (water resistance) มากขึ้น
	๔. ความเกาะตัว (adhesive strength) เพิ่มขึ้น
	๕. ความคงทนต่อตัวทำละลาย (solvent resistance) เพิ่มขึ้น
	๖. กำลังในการกระจายตัว (dispersing power) ดีขึ้น

ข) เมื่อระดับของการโปลีเมอไรซ์คงที่ แต่ระดับของการไฮโดรไลซิสต่างกัน

ระดับของการไฮโดรไลซิสลดลง	ระดับของการไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้น
๑. ความอ่อนตัว เพิ่มขึ้น	๑. ความคงทนต่อน้ำ เพิ่มขึ้น
๒. การกระจายตัวในน้ำดีขึ้น	๒. ความต้านทานต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น
๓. การเกาะตัวกับพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic surface) ดีขึ้น	๓. การเกาะตัวกับพื้นผิวที่ชอบน้ำ (hydrophillic surface) ดีขึ้น

ที่มา : Cincera, David L. "Vinyl Polymers(Poly(vinyl alcohol))" Encyclopedia of Chemical Technology 23(1983) : 849.

ตัวอย่างคุณสมบัติทางกายภาพของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ ประเภทที่ถูกไฮโดรไลซ์โดยสมบูรณ์ ปรากฏรายละเอียดดังตารางที่ ๒.๒

ตารางที่ ๒.๒

แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ชนิดไฮโดรไลซ์อย่างสมบูรณ์

รายการ	คุณสมบัติ	หมายเหตุ
สถานะ	อนุภาคขนาดเล็ก	
สี	ขาวจนถึงเหลืองอ่อน	
ความถ่วงจำเพาะ	๑.๑๙ - ๑.๓๑	
ความหนาแน่น	๓๐ - ๔๐ ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต	
ความทนต่อแรงดึง (tensile strength)	สูงถึง ๒๒,๐๐๐ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ ๕๐
สัมประสิทธิ์การหักเหของแสง	๑.๔๙ - ๑.๕๓	
อีลองเกชั่น, เปอร์เซนต์		
- แผ่นฟิล์มที่ไม่ผสมสารพลาสติไซเซอร์* (unplasticized film)	สูงสุด ๓๐๐	
- แผ่นฟิล์มที่ผสมสารพลาสติไซเซอร์ (Plasticized film)	สูงสุด ๖๐๐	

* สารพลาสติไซเซอร์ คือ สารที่เติมลงไปเพื่อเพิ่มความอ่อนตัวและคุณสมบัติการไหลของพลาสติก

ตารางที่ ๒.๒ (ต่อ)

แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ชนิดไฮโดรไลซ์อย่างสมบูรณ์

รายการ	คุณสมบัติ	หมายเหตุ
สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวตามเส้น ที่อุณหภูมิ ๐-๑๕°ซ เมื่อเติมสารพลาสติไซเซอร์	๑ x ๑๐$^{-๔}$ ต่อองศาเซลเซียส	เป็นค่าเฉลี่ย ค่านี้ขึ้นกับเกรดและสารพลาสติ-ไซเซอร์
ความร้อนจำเพาะ	๐.๔ แคลอรีต่อกรัมต่อองศาเซลเซียส	
ความแข็งวัดโดยเครื่องไอ.ซี.ไอ ออโตเมติคซอร์ด-ฮาร์ดเนสรอคเกอร์	๒๗-๕๗ เปอร์เซนต์	
ความต้านทานต่อแรงขัดสี,ที่ไม่ผสมสารพลาสติไซเซอร์ (abrasion resistance,, unplasticized)	ดีถึงดีมาก	เป็นสัดส่วนกับน้ำหนักโมเลกุล
อุณหภูมิกลาส-ทรานซิชั่น (glass-transition)	๘๕°ซ	
อุณหภูมิฮีท-ซิลลิ่ง (heat sealing)	๑๖๕-๒๑๐°ซ ๑๑๐-๑๑๕°ซ	แห้งและไม่ถูกพลาสติไซส์ ที่ไม่ถูกพลาสติไซส์และมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ ๕๐
จุดหลอมเหลว (เกิดการสลายตัว)	๒๒๘°ซ	
ความเสถียรต่อความร้อน	จะเกิดการแตกตัวอย่างช้า ๆ ที่อุณหภูมิสูงเกิน ๑๐๐°ซ และจะแตกตัวอย่างรวดเร็วจนกระทั่งสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า ๒๐๐°ซ	เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นการละลายน้ำจะลดลง

ตารางที่ ๒.๒ (ต่อ)

แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ชนิดไฮโดรไลซ์อย่างสมบูรณ์

รายการ	คุณสมบัติ	หมายเหตุ
อุณหภูมิคอมเพรสชั่น โมลดิ่ง (compression-molding)	๑๒๐-๑๕๐°ซ	ถูกพลาสติไซส์ (plasticized)
ผลของแสง	มีผลน้อยมาก	การแตกตัวจะเกิดขึ้นเมื่อมีรังสีเหนือม่วง (ultraviolet)
ผลของกรดแก่	ละลายและ/หรือสลายตัว	
ผลของด่างแก่	อ่อนตัวลงหรือละลาย	
ผลของกรดอ่อน	อ่อนตัวลงหรือละลาย	
ผลของด่างอ่อน	อ่อนตัวลงหรือละลาย	
ผลของตัวทำละลาย (organic solvents)	มีผลน้อยมาก	
อัตราการเผาไหม้	ช้า	
ความทนทานต่อโมลด์ (mold resistance)	ดี	
การยอมให้ก๊าซบางตัวผ่าน	ก๊าซต่าง ๆ จะผ่านไปได้ ลำบากยกเว้นออกซิเจน ซึ่งจะผ่านได้บ้าง	ขึ้นกับความชื้น

ที่มา Martin K.Lindemann "Poly(vinyl alcohol)" Encyclopedia of Polymer Science and Technology. 14(1971) : 159.

ประโยชน์ของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์

การใช้ประโยชน์จากโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ มีดังต่อไปนี้

๑. ใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้า โปลีไวนิลแอลกอฮอล์มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมทอผ้า โดยเฉพาะในขั้นตอนการลงแป้ง (sizing) เส้นด้ายยืน การตกแต่งผ้า (finishing) และบางครั้งใช้สำหรับวัตถุประสงค์พิเศษอย่างอื่น เช่น ใช้เป็นส่วนผสมของสารชะล้าง เพื่อทำหน้าที่ป้องกันมิให้สิ่งสกปรกที่กำจัดออกไปกลับมาจับเนื้อผ้า

โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้ามีระดับของการโปลีเมอไรซ์ ๑,๗๐๐ ทั้งประเภทที่ถูกไฮโดรไลซ์เพียงบางส่วนและที่ถูกไฮโดรไลซ์โดยสมบูรณ์

๒. ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ ใช้เป็นสารเคลือบที่ผิวกระดาษ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (binder) สารเคลือบผิวกระดาษ (pigment) ตัวอื่น ๆ ให้เกาะอยู่ที่ผิวของกระดาษได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับตัวประสานอื่น ๆ เช่น แป้งมัน เคซีน (casein) แล้วโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ จะให้คุณสมบัติที่ดีกว่าและประหยัดกว่าใช้เคซีน โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ คือ โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ชนิดที่ไฮโดรไลซ์อย่างสมบูรณ์ และมีความหนืดปานกลาง

๓. ใช้เป็นกาว (adhesives) สารโปลีไวนิลแอลกอฮอล์มีคุณสมบัติในการยึดเกาะที่ดี ดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้เป็นกาวสำหรับติดกระดาษกับกระดาษ เช่น ใช้ติดรอยต่อในการทำถุงและกล่องกระดาษ กระดาษกับผนังอื่น ๆ โปลีไวนิลแอลกอฮอล์มักนำมาใช้ในรูปกาวที่ผนึกได้ทันที (ready-to-use) เช่น ใช้เป็นผนึกของซองจดหมาย ผนึกด้านหลังแสตมป์ หรือสลากต่าง ๆ ใช้ในการผลิตกระดาษคาร์ฟ (kraft) ใช้เคลือบผิวกระดาษแข็ง ใช้ทำกระดาษลูกฟูก ใช้เป็นกาวสำหรับติดสันหนังสือและใช้เป็นกาวที่ใช้ในสำนักงาน

๔. ใช้เป็นสารเคลือบผิว โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ สามารถใช้เคลือบผิววัตถุได้ทุกชนิด แต่เนื่องจากโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ละลายน้ำได้ง่าย จึงมีข้อจำกัดในการใช้

๕. โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่ผลิตจากโปลีไวนิลอะซิเตท ซึ่งเกิดจากขบวนการโปลีเมอไรเซชั่น ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ ๐-๑๐ องศาเซลเซียส สามารถนำมาผลิตเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้า

๖. ใช้ทำแผ่นฟิล์ม แผ่นฟิล์มของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ใช้เป็นภาชนะบรรจุและใช้เป็นตัวเคลือบแบบพิมพ์เพื่อให้แกะชิ้นงานออกได้ง่าย (mold-release agent) แผ่นฟิล์มของโปลีไวนิลแอลกอฮอล์มีลักษณะโปร่งใส ผิวเป็นมัน เหนียว มีความต้านทานไฟฟ้าสถิตย์ ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ และสามารถพิมพ์ลวดลายต่าง ๆ ลงบนแผ่นฟิล์มได้ง่าย นอกจากนั้นยังมีความต้านทานต่อตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์เป็นอย่างดี แต่ไม่ต้านทานต่อการละลายน้ำ

๗. ใช้เป็นส่วนผสมของยาและเครื่องสำอาง โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ ใช้เป็นส่วนผสมของน้ำตาลที่ใช้เคลือบเม็ดยา เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง เพื่อช่วยรักษาสภาพอีมัลชั่น (emulsion stabilizer) เช่น ใช้เป็นส่วนผสมของน้ำมันใส่ผม น้ำยาป้องกันแสงแดดและน้ำยารักษาผิว

๘. ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโปลีไวนิลอะเซตัล (polyvinyl acetals) เช่น โปลีไวนิลฟอร์มัล (polyvinyl formal) โปลีไวนิลบิวไทรัล (polyvinyl butyral) ซึ่งใช้เป็นสารเคลือบกระจกนิรภัยสำหรับรถยนต์ ชนิดกระจกนิรภัยหลายชั้น ปัจจุบันสารนี้ถูกนำเข้ามาจากประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น

๙. ใช้เป็นสารปรับปรุงคุณภาพดิน สารที่เกิดจากปฏิกริยาระหว่าง ไซคลิค แอซิค แอนไฮไดรด์ (cyclic acid anhydride) เช่น มาเลอิค แอนไฮไดรด์ (maleic anhydride) ฟทาลิค แอนไฮไดรด์ (phthalic anhydride) กับโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ในรูปผง เมื่อเติมลงในดินแล้วจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการอุ้มน้ำของดิน และช่วยให้อากาศถ่ายเทได้ดี ทำให้ดินมีคุณภาพเหมาะสมกับการเพาะปลูกเพิ่มขึ้น

๑๐. ใช้เป็นสารรักษาความเสถียรของอีมัลชั่น โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่ถูกไฮโดรไลซ์เพียงบางส่วนมีคุณสมบัติเป็นสารอีมัลซิฟายเออร์ ตัวอย่างเช่น ใช้เป็นสารอีมัลซิฟายในการเตรียมโปลีไวนิลอะซิเตทแบบอีมัลชั่น

โปลีไวนิลแอลกอฮอล์ชนิดสามัญที่มีใช้กันทั่ว ๆ ไปเป็นโปลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีระดับของการโปลีเมอไรเซชั่น ๑,๗๐๐ ทั้งประเภทที่ถูกไฮโดรไลซ์เพียงบางส่วน และที่ถูกไฮโดรไลซ์อย่างสมบูรณ์