บทที่ 1

บทนำ

ผลึกเหลว (LIQUID CRYSTAL)คือสสารซึ่งมีสถานะกึ่งผลึกของแข็ง(SOLID CRYSTAL) และของเหลว(LIQUID) ทางกลศาสตร์ผลึกเหลวแสดงคุณสมบัติของการเป็นของเหลวคือมีความหนืด (VISCOSITY) ส่วนทางทัศนศาสตร์ผลึกเหลวแสดงคุณสมบัติของการเป็นผลึกของแข็ง คือสามารถกระเจิง (SCATTERING) แสงในกะสวนสมมาตร (SYMMETRICAL PATTERN) และสะท้อนแสงออกมาเป็นสีต่างๆขึ้นอยู่กับมุมที่เราสังเกต นอกจากนั้นผลึกเหลวเป็นอสมลักษณ์ (ANISOTROPIC)ในคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ทางไฟฟ้า,ทางแม่เหล็ก และทางทัศนะ

ฟรีดริช รายนิทเซอร์(FRIEDRICH REINITZER) ได้ค้นพบสถานะผลึกเหลวครั้งแรกในปีค.ศ. 1888 เขาได้บันทึกไว้ว่าอนุพันธ์ (DERIVATIVE)ของคอเลสเตอรอล (CHOLESTEROL)คือcholesteryl benzoate มีจุดหลอมเหลว (MELTING POINT) 2 จุด ที่จุดหลอมเหลวแรกผลึกของแข็งจะกลายเป็นของเหลวขุ่นๆ และที่จุดหลอมเหลวที่สองของเหลวขุนๆจะกลายเป็นของเหลวแบบไอโซโทรปิค (ISOTROPIC LIQUID)ซึ่งใส หลังจากนั้นไม่นาน โอ.เลแมน(O.LEHMANN) ได้แสดงให้เห็นว่า เฟสที่เป็นของเหลวขุ่นๆ มีโครงสร้างของโมเลกุลคล้ายผลึกของแข็ง และเขาได้ตั้งชื่อเฟสนั้นว่า ผลึกเหลว (LIQUID CRYSTAL)

การวิจัยสถานะผลึกเหลวแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือช่วงแรกอยู่ระหว่างปลายคริสตวรรษที่18 กับต้นคริสตวรรษที่19 มีการสังเคราะห์สารประกอบใหม่ๆและศึกษาผลึกเหลวด้วยกล้องจุลทัศน์ ลักษณะของผลึกเหลวที่ปรากฏเมื่อดูด้วยกล้องจุลทัศน์เรียกว่าเทกซ์เจอร์ (TEXTURE) ช่วงที่สองอยู่ระหว่างปีค.ศ.1920 ถึง 1930 มีทฤษฎีของผลึกเหลวเกิดขึ้นเพื่อนำมาใช้อธิบายโครงสร้างของโมเลกุล ได้แก่

ทฤษฎีรวมกลุ่ม[1] (SWARM THEORY) และทฤษฎีสภาวะสืบเนื่อง (CONTINUUM THEORY) และช่วงที่สามเริ่มตั้งแต่ปีค.ศ.1950 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน มีการพัฒนาทฤษฎีของผลึกเหลวจนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่พบได้ ทฤษฎีมีชื่อว่า ทฤษฎีความยืดหยุ่นของผลึกเหลว (ELASTIC THEORY OF LIQUID CRYSTALS) ซึ่งจะกล่าวอย่างละเอียดในบทที่2

ในปีค.ศ.1922 จี.ฟรีเดล (G.FRIEDEL) ได้จัดจำพวกของผลึกเหลวโดยอาศัยกล้องจุลทัศน์ ซึ่งการศึกษาผลึกเหลวด้วยกล้องจุลทัศน์นี้ยังมีประโยชน์และจำเป็นอยู่ เขาเรียกสถานะผลึกเหลวอีกอย่างหนึ่งว่า สถานะเมโซมอร์ฟิค (MESOMORPHIC STATE) และแบ่งผลึกเหลวออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ผลึกเหลวชนิดนีมาติค (NEMATIC LIQUID CRYSTAL) นีมาติคมาจากภาษากรีกหมายถึงเส้นด้าย (THREAD) ที่มีชื่อเช่นนี้เพราะถ้ามองดูด้วยกล้องจุลทัศน์จะเห็นผลึกเหลวชนิดนี้ มีลักษณะเป็นเส้นยาวๆ (FILAMENT) เคลื่อนที่ได้ เส้นยาวเหล่านี้ไม่ลอยอยู่อิสระก็เกาะติดกับผิวของสไลด์ (SLIDE) โครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยโมเลกุลรูปร่างยาวเรียงตัวอยู่ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ดูรูปที่2-4 ข

2. ผลึกเหลวชนิดสเมคติค (SMECTIC LIQUID CRYSTAL) สเมคติคมาจากภาษากรีกเช่นกัน หมายถึงสบู่ (SOAP) ที่มีชื่อเช่นนี้เพราะผลึกเหลวนี้ถูกพบครั้งแรกในฟองสบู่ โครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยโมเลกุลรูปร่างยาว เรียงตัวตั้งฉากกับระนาบของสเมคติค (SMECTIC PLANE) เป็นชั้นๆไป โมเลกุลมีการเคลื่อนที่อยู่ในระนาบนี้ ดูรูปที่2-4 ก

---

[1] I.G.Chistyakov, Soviet Physics Uspekhi 9 No. 4 (1967). 551.

ยังมีผลึกเหลวอีกชนิดหนึ่งซึ่ง จี.ฟรีเดล ให้เป็นเพียงผลึกเหลวชนิดย่อยๆของผลึกเหลวชนิดนีมาติค ผลึกเหลวนั้นคือผลึกเหลวชนิดคอเลสเตอริค (CHOLESTERIC LIQUID CRYSTAL) โครงสร้างของโมเลกุลคล้ายผลึกเหลวชนิดนีมาติค โดยโมเลกุลเรียงตัวแบบผลึกเหลวชนิดนีมาติคขนานกับระนาบของคอเลสเตอริค (CHOLESTERIC PLANE) ในแต่ละระนาบถัดๆมาโมเลกุลจะบิดตัว (TWIST) รอบแกนซึ่งตั้งฉากกับระนาบของคอเลสเตอริคจนครบ 1 คาบ (PERIOD) แล้วเริ่มบิดตัวซ้ำแบบเดิมอีก ผลึกเหลวชนิดนี้มีอีกชื่อว่า ทวิสท์นีมาติค(TWIST NEMATIC) ดูรูปที่2–2ข

สถานะผลึกเหลวทำให้เกิดได้ 2 วิธี คือวิธีแรกโดยการทำให้สารประกอบอินทรียะ (ORGANIC COMPOUND) หรือสารประกอบโลหะ–อินทรียะ (ORGANO-METALLIC COMPOUND) มีอุณหภูมิสูงจนถึงจุดหลอมเหลวซึ่งจะเปลี่ยนเฟสไปเป็นผลึกเหลว และวิธีที่สองโดยการผสมสารประกอบ 2 ชนิด หรือมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไป ทั่วๆไปสารประกอบชนิดหนึ่งต้องเป็นพวกโพลาโมเลกุล (POLAR MOLECULE)เช่นน้ำ ส่วนสารประกอบอื่นๆที่นำมาผสมอาจเป็นสารประกอบอินทรียะหรือสารประกอบอนินทรียะ (INORGANIC COMPOUND) ผลึกเหลวที่เกิดโดยวิธีแรกเรียกว่า เทอร์โมโทรปิค (THERMOTROPIC) และโดยวิธีที่สองเรียกว่า ลายโอโทรปิค (LYOTROPIC) จากการศึกษาด้วยวิธีเอ็กซ์–เรย์[2] (X-RAY) พบว่า ทั้งเทอร์โมโทรปิคและลายโอโทรปิคต่างแสดงคุณสมบัติที่เรียกว่า โพลีมอร์ฟิซึม (POLYMORPHISM) คือให้ผลึกเหลวได้หลายชนิด เช่น ถ้าให้ผลึกเหลวชนิดเดียวเรียกว่า โมโนมอร์ฟิซึม (MONOMORPHISM) และให้สองชนิดเรียกว่า ไดมอร์ฟิซึม (DIMORPHISM) เป็นต้น

---

[2] A.de Vries, Molecular Crystals and Liquid Crystals 10 (1970), 31.

โพลีมอร์ฟิซึมอาจเกิดขึ้นได้ถ้าเอาผลึกเหลวชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันมาผสมกัน จากการทดลองของ เอช.แซคแมน และ ดี.ดีมุส[3] (H.SACKMANN AND D.DEMUS) พบว่า ถ้าของผสมมีโพลีมอร์ฟิซึมเป็นผลึกเหลวชนิดนีมาติคและผลึกเหลวชนิดสเมคติค ผลึกเหลวชนิดนีมาติคจะเกิดที่อุณหภูมิสูงกว่าผลึกเหลวชนิดสเมคติค เฟสของผลึกเหลวที่ได้หลังจากลดอุณหภูมิกลับลงมาจากการ เป็นของเหลวแบบไอโซโทรปิคมีดังนี้

ของเหลวแบบไอโซโทรปิค→นีมาติค→สเมคติคA→สเมคติคC→สเมคติค B

พี.อี.คลาดิส และ เอ็ม.คลีแมน[4] (P.E.CLADIS AND M.KLEMAN) พบว่า เมื่อนำ p-n-methoxybenzylidene-butylaniline ซึ่งให้ผลึกเหลวชนิดนีมาติค ผสมกับ cholesterol propionate ซึ่งให้ผลึกเหลวชนิดคอเลสเตอริค โดยมีโทลูอีน (TOLUENE)เป็นตัวทำละลาย (SOLVENT) ของผสมนี้จะให้โมโนมอร์ฟิซึมเป็นผลึกเหลวชนิดคอเลสเตอริค ที่อุณหภูมิใกล้จุดเปลี่ยนสภาวะเมโซมอร์ฟิค–ไอโซโทรปิคได้เทกซ์เจอร์ของคอเลสเตอริคเป็นเทกซ์เจอร์ลายฟิมพ์นิ้วมือ (FINGER-PRINT TEXTURE) ซึ่งมีลวดลายเป็นริ้ว (STRIPE)ของเส้นมืดเส้นสว่าง นักวิทยาศาสตร์มีความขัดแย้งกันในสาเหตุที่ทำให้เกิดเทกซ์เจอร์แบบนี้

---

[3] H.Sackmann and D.Demus, Molecular Crystals and Liquid Crystals 2 (1966), 81.

[4] P.E.Cladis and M.Kléman, Molecular Crystals and Liquid Crystals 16 (1972), 1.

1.1 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เพื่อศึกษาโครงสร้างของเทกซ์เจอร์ของของผสมนีมาติค–คอเลสเตอริคที่อุณหภูมิใกล้จุดเปลี่ยนสภาวะเมโซมอร์ฟิค–ไอโซโทรปิค สารที่ให้ผลึกเหลวชนิดนีมาติคใช้เพียงชนิดเดียว ส่วนสารที่ให้ผลึกเหลวชนิดคอเลสเตอริคใช้ 3 ชนิด ของผสมนีมาติค–คอเลสเตอริคที่เตรียมขึ้นมีทั้งที่ผสมกันโดยตรงและโดยใส่โทลูอีน การวิจัยเริ่มจากศึกษาความแน่นอน (REPRODUCIBILITY) ของการเกิดลวดลายของเทกซ์เจอร์ของของผสมนีมาติค–คอเลสเตอริคที่เตรียมทั้งหมดที่อุณหภูมิใกล้จุดเปลี่ยนสภาวะเมโซมอร์ฟิค–ไอโซโทรปิค จากนั้นศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของลวดลายเหล่านี้ที่อุณหภูมิในช่วงต่างๆซึ่งใกล้จุดเปลี่ยนสภาวะเมโซมอร์ฟิค–ไอโซโทรปิคในแสงแบบต่างๆ ในบทที่ 4 จะกล่าวถึงผลการวิจัยอย่างละเอียด สำหรับการอธิบายผลการวิจัยจะอยู่ในบทที่ 5

1.2 วิธีที่จะดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลึกเหลวครั้งนี้เป็นการศึกษาโดยใช้กล้องจุลทัศน์ ซึ่งมีทั้งสำเร็จรูปจากต่างประเทศและที่สร้างขึ้นเอง ตัวอย่างของสารจะบรรจุอยู่ระหว่างสไลด์กับโคเวอร์สลิป (COVER SLIP) โดยมีแผ่นมายลาร์ (MYLAR) ความหนาคงที่เป็นสเปเซอร์ (SPACER) สไลด์ของตัวอย่างของสารใส่อยู่ในกล่องคุมอุณหภูมิซึ่งปรับอุณหภูมิขึ้นลงได้ ทั้งหมดวางอยู่บนแป้นของกล้องจุลทัศน์ ติดตั้งกล้องถ่ายรูปเข้ากับกล้องจุลทัศน์เพื่อถ่ายรูปที่ต้องการ วิธีทำการวิจัยทั้งหมดจะอยู่ในบทที่ 3

1.3 ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย

ในปัจจุบันผลึกเหลวมีความสำคัญทั้งในทางการแพทย์และการอุตสาหกรรม ดังนั้น การศึกษาคุณสมบัติต่างๆของผลึกเหลวในทางวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์มีความจำเป็นมาก ผลการวิจัยของเราจะทำให้เราทราบถึงความถูกต้องของทฤษฎีความยืดหยุ่นของผลึกเหลว และทำให้ทราบว่าทฤษฎีจะต้องเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพื่อที่จะนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตพบ