สมมติฐานรูปแบบการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ชนิดหมุนสวนทางกัน

Flow Pattern Hypothesis of Polymer Melt in Counter Rotating Twin Screw Extruder

มาณพ ปานะโปย

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

โทร: (02)5493453-55 E-mail: mpanapoy@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่แบบหมุนสวนทางกัน (Twin Screw Extruder Type Intermeshing Counter-rotating) โดยใช้วิธีเลียนแบบ Particle Tracing ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษารูปแบบการไหลของพอลิโพรพิลีนหลอมเหลว ที่ความเร็วรอบสกรู 60 รอบ/นาที โดยใช้ดายแบบคาปิลารี่ ซึ่งมีมุมทางเข้าดายเท่ากับ 180 องศา และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดายเท่ากับ 3 มิลลิเมตร รูปแบบการไหลที่พบมีด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบที่หนึ่งเป็นการไหลในภาคตัดขวางการไหลจากปลายสกรูไปยังดายซึ่งจะมีรูปร่างคล้ายเลขแปดนอน แบบที่ 2 ในทิศทางการไหลตามแนวแกนของสกรูมีรูปแบบการไหลผสมกันระหว่างรูปแบบการไหลคล้ายกับพาราบอลิก และรูปแบบการไหลเป็นเกลียวผสมกัน จากรูปแบบการไหลนี้สามารถนำไปอธิบายผลของอุณหภูมิของพอลิเมอร์หลอมเหลวได้

คำสำคัญ: เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่, รูปแบบการไหล, Particle Tracing

Abstract

The flow of polymer melt in twin screw extruder (intermeshing counter-rotating) is achieved by mean of the particle tracing imitation. The study investigates the flow pattern of polypropylene melt at the screw speed of 60 rpm using capillary die. The diameter corresponding to the geometry are 180° for the die angle and 3 mm. for the diameter. The flow patterns are formed to have 2 types. Firstly, the cross-section flow from the screw to the die displays the pattern like a horizontal figure of eight. While the flow along the screw axis exhibits the pattern like the combination of parabola and twist. These obtained results can be used to describe the temperature effect of melted polymer

Keywords: Twins crew Extruder, Flow Pattern, Particle Tracing

1. บทนำ

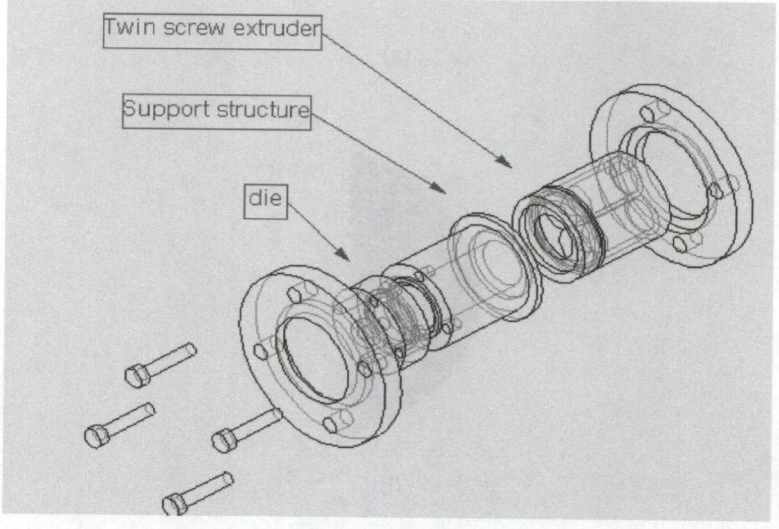
เนื่องจากในกระบวนการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ กระบวนการขึ้นรูปเป็นเส้นใยโดยวิธี Melt Spinning จะประกอบด้วยเครื่อง Spin Extruder (Single Screw หรือ Twin-Screw Extruder) เพื่อหลอมและเปลี่ยนสถานะของ Chip polymer จากของแข็งเป็นของเหลว แล้วอัดหรือรีดให้ผ่านหัว Spinneret เพื่อให้ได้เป็นเส้นใย ดังนั้นคุณสมบัติที่สำคัญของเส้นใยขึ้นอยู่กับวิธีการสังเคราะห์แล้ว ยังขึ้นอยู่กับกระบวนการขึ้นรูปเป็นเส้นใย หรือแม้

กระทั้งในกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์อื่น ๆ ที่ใช้เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอน คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเม็ดพอลิเมอร์และกระบวนการขึ้นรูป ในปัจจุบันกระบวนการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดรีดมีความนิยมมากขึ้นอย่างเช่น กระบวนการผลิตแฟ้ม หรือกระบวนการผลิตถุง กระบวนการผลิตท่อ หรือสายไฟ เนื่องจากเป็นกระบวนการขึ้นรูปที่สามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง

ในงานวิจัยนี้จะศึกษารูปแบบการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่แบบหมุนสวนทางกัน และทำนายรูปแบบการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวในระบบ 3 มิติ ซึ่งในปัจจุบันรูปแบบการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ชนิดหมุนสวนทางกันยังมีการศึกษาอยู่น้อย

2. วิธีการทดลองและผลการทดลอง

การศึกษารูปแบบการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ชนิดหมุนสวนทางกัน รุ่น HAKKE (Polylab-Rheomax CTW 100P Germany) โดยศึกษารูปแบบการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวที่ออกจากปลายสกรู เนื่องจากพอลิเมอร์ที่ไหลออกมาจากปลายสกรูจะเป็นพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์มากที่สุด ดังนั้นจึงศึกษาหารูปแบบการไหลของพอลิเมอร์เป็น 2 ระนาบ คือ ระนาบภาคตัดขวางการไหล (Cross section Flow) และระนาบการไหลตามแนวแกน (Axial Flow) ของพอลิเมอร์จากปลายสกรูไปยังทางเข้าของดาย โดยเลียนแบบวิธี Particle Tracing [1] ในการวิจัยนี้ได้มีการออกแบบชุดทดสอบการไหลของพอลิเมอร์ โดยออกแบบดายเป็นแบบคาปิลารี่ดาย ซึ่งมีมุมทางเข้าดาย (Entrance Die) 180 องศา และรูดายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ชุดทดสอบนี้จะประกอบด้วยดาย และชุดที่ต่อเชื่อมระหว่างเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่กับดาย ในการออกแบบชุดทดสอบนี้นอกจากจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่แล้ว ยังต้องออกแบบให้สามารถติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิอีกด้วย เพื่อให้อุณหภูมิของพอลิเมอร์หลอมเหลวในชุดทดสอบ และในเครื่องอัดรีดมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน เนื่องจากสภาวะของพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิแตกต่างกันทำให้พอลิเมอร์มีระดับความหนืดไม่เหมือนกัน [2] ทำให้รูปแบบการไหลอาจผิดพลาดได้ สำหรับอุณหภูมิในงานวิจัยนี้จะใช้ที่190 ˚C [3] ชุดทดสอบนี้เมื่อทำการติดตั้งเข้ากับเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่สามารถแสดงได้ในรูปที่ 1

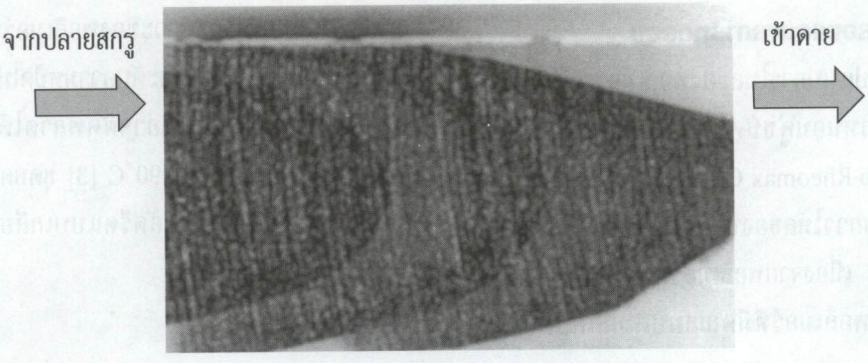


รูปที่ 1 การติดตั้งชุดทดสอบสำหรับการวัดรูปแบบการไหลในเครื่องมืออัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่

วัสดุพอลิเมอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ พอลิโพรพิลีน ของบริษัทเคมิคัลไทย จำกัดมหาชน สำหรับในการศึกษาการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวในแนว Axial Flow (ในระนาบ XY แสดงในรูปที่ 1) และ Cross section flow (ในระนาบ YZ แสดงในรูปที่ 1) มีด้วยกัน 3 การทดลอง

2.1 การทดลองที่ 1

ทำการอัดรีดพอลิเมอร์ผ่านชุดทดสอบ แล้วทำให้เย็นตัวอยู่ในชุดทดสอบ นำแท่งพอลิเมอร์ที่เย็นตัวนี้ออกจากชุดทดสอบ จากนั้นนำแท่งพอลิเมอร์ที่ได้มาตัดในระนาบ YZ ให้เป็นแผ่นโดยมีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร การทดลองนี้ต้องใช้แท่งพอลิเมอร์ 2 แท่ง คือ แท่งพอลิเมอร์ที่มีสีขาว ซึ่งเป็นสีของพอลิโพรพิลีนบริสุทธิ์ กับแท่งพอลิเมอร์ที่มีสีดำซึ่งเป็นการผสมของผงเขม่าดำ (Black Carbon) ลงไป จากนั้นนำแผ่นพอลิเมอร์ที่ผ่านการตัดแล้วทั้งสีขาว และสีดำใส่เข้าไปในชุดทดสอบโดยการใส่จะสลับสีกัน จากนั้นเดินเครื่องอัดรีดพอลิเมอร์โดยป้อนพอลิโพรพิลีนใหม่เข้าไปในเครื่อง ทิ้งไว้จนกว่าพอลิเมอร์ใหม่นี้จะทำการดันพอลิเมอร์ที่อยู่ในชุดทดสอบออกมา จากนั้นทำให้พอลิเมอร์ที่อยู่ในชุดทดสอบเย็นตัวลง และนำแท่งพอลิเมอร์ที่ได้มาผ่าในระนาบ XY โดยผ่าออกเป็น 2 ส่วนที่สมมาตรกัน ซึ่งจะได้รูปแบบการไหลตามแนวแกนการไหล จากนั้นนำพอลิเมอร์ที่ผ่าไปขัดโดยใช้กระดาษ ขณะที่ทำการขัดจะใช้น้ำชะล้างตลอดเวลา เพื่อทำให้เกิดภาพปรากฏชัดเจนขึ้นซึ่งผลการทดสอบโดยวิธีนี้แสดงในรูปที่ 2



(a)

(b)

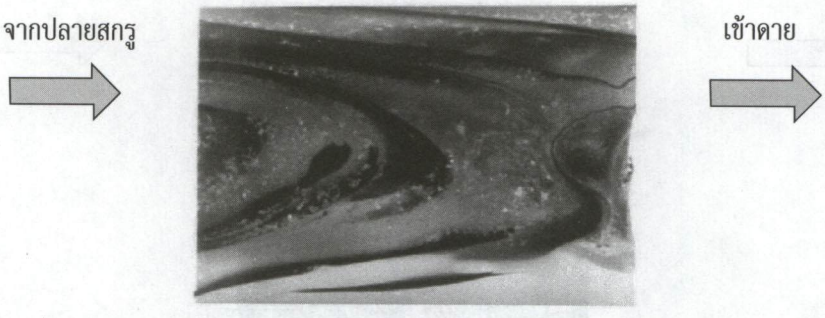
รูปที่ 2 รูปแบบการไหลของพอลิเมอร์ (a) ในระนาบแนวแกนการไหล (b) ภาพด้านข้างของภาพ (a)

2.2 การทดลองที่ 2

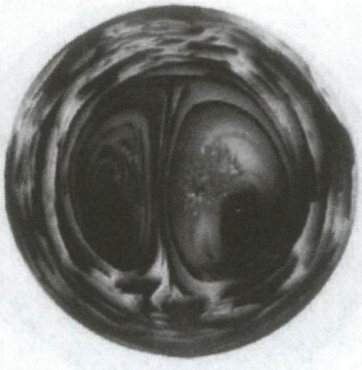
นำเม็ดพอลิเมอร์ที่ผ่านการอัดรีดผสมระหว่างพอลีโพรพิลีนกับผงเขม่าดำ มาผสมกับเม็ดพอลีโพรพิลีนบริสุทธิ์ แล้วอัดเข้าไปในชุดทดสอบและทำการเลื่อนสกรูถอยหลังออกไปประมาณ 2 เซนติเมตร เพื่อให้มีปริมาตรในการอัดเม็ดเพิ่มขึ้น เมื่อพอลิเมอร์ที่อัดเข้าไปตอนหน้าของสกรูเกิดการหลอมละลายทำการเลื่อนสกรูเข้าที่เดิมโดยจะอุดปากตาย เพื่อให้พอลิเมอร์ที่หลอมเหลวไหลเข้าไปอยู่ติดตามร่องสกรูเล็กน้อย และเป็นการลดช่องว่างที่เกิดจากขึ้นระหว่างของเม็ดพอลิเมอร์ จากนั้นทำการเดินเครื่องอัดรีดโดยใช้พอลิโพพีลีนใหม่ป้อนเข้าไป เมื่อเดินเครื่องในระยะเวลาหนึ่งพอลิเมอร์ที่อยู่ในชุดทดสอบจะถูกดันออกมาในปริมาณ หนึ่งจึงทำการหยุดเดินเครื่อง จากนั้นนำชุดทดสอบที่มีพอลิเมอร์หลอมเหลวอยู่ข้างในออกจากเครื่องอัดรีดและทำการเย็นตัวลง เมื่อพอลิเมอร์เกิดการเย็นตัวลง นำพอลิเมอร์ที่อยู่ในชุดทดสอบออกแล้วนำผ่าในระนาบ YZ จะได้รูปแบบการไหลตามภาคตัดขวาง และผ่าในระนาบ XY โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สมมาตร จากนั้นนำพอลิเมอร์ที่ผ่านการผ่ามาขัดดังในการทดลองที่ 1 ทำให้ปรากฏภาพดังในรูปที่ 3

2.3 การทดลองที่ 3

ทำการถอดสกรูของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ออกจากท่อทรงกระบอก จากนั้นทำความสะอาดเครื่องอัดรีด นำผงเขม่าดำทาที่บริเวณปลายสกรู ทำการประกอบเครื่องอัดรีด จากนั้นทำการเดินเครื่องและป้อนพอลิโพรพิลีนที่ไม่ผสมผงเขม่าดำเข้าไป รอจนกว่ามีพอลิ



(a)



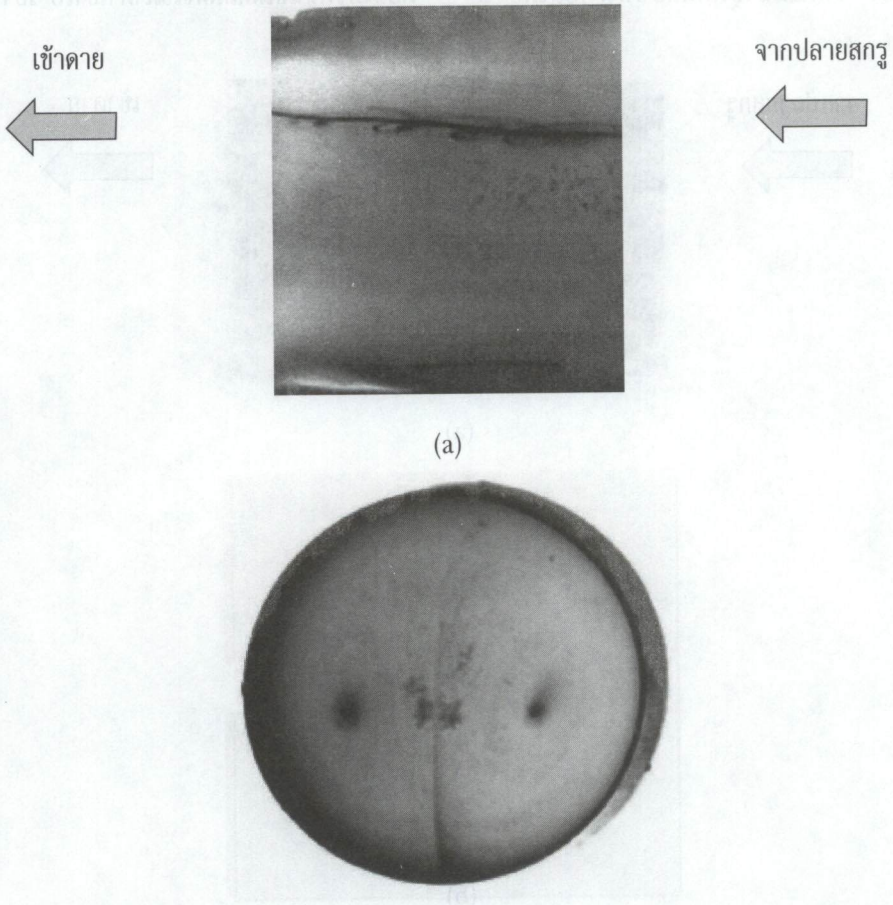
(b)

รูปที่ 3 รูปแบบการไหลของพอลิเมอร์ (a) ในระนาบแนวแกนการไหล (b) ในระนาบภาคตัดขวางการไหล

เมอร์ไหลผ่านชุดทดสอบและออกมายังดายจึงหยุดเครื่อง นำชุดทดสอบออกจากเครื่องอัดรีด และให้เกิดการเย็นตัว จากนั้นนำพอลิเมอร์ที่แข็งตัวเรียบร้อยแล้วออกมาจากชุดทดสอบ จากนั้นนำพอลิเมอร์ที่เย็นตัวแล้วมาผ่าออกในระนาบ XY กับระนาบ YZ แล้วนำพอลิเมอร์ที่ได้ไปขัดดังในการทดลองที่ 1 ผลการทดลองโดยวิธีดังกล่าวแสดงดังในรูปที่ 4

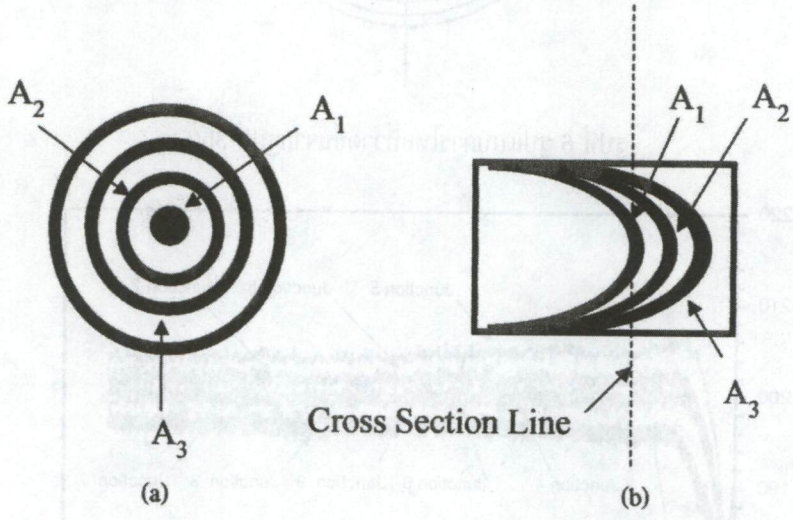
3. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง หารูปแบบการไหลในการทดลองที่ 1 พบว่ารูปแบบการไหลเมื่อพิจารณาในระนาบแนวแกนการไหลจะมีรูปร่างเป็นแบบพาราโบลา ดังแสดงในรูปที่ 2(a) (เมื่อนำมาวาดภาพสามารถแสดงได้ดังในรูปที่ 5 (b)) ซึ่งเรียกอีกอย่างว่า Pressure Flow [4] เนื่องจากพอลิเมอร์ที่มีสีดำขาวสลับกันเป็นแผ่นเล็กๆ ที่เตรียมขึ้น และอัดอยู่ในชุดทดสอบที่ตั้งอยู่ด้านหน้าของสกรูถูกทำให้เคลื่อนที่ได้เนื่องจากพอลิเมอร์ใหม่ที่ป้อนเข้ามาในเครื่องอัดรีดนี้ พอลิเมอร์ใหม่เคลื่อนที่เข้ามาดันชุดพอลิเมอร์ที่เตรียมไว้จะเป็นการดันพอลิเมอร์คล้ายกับการดันในเครื่องรีโอมิเตอร์แบบคาปิลารี่ [5] สำหรับแถบสีที่ปรากฏเป็นชั้น ๆ สำหรับรูปที่ 2 (b) เนื่องจากเป็นรูปด้านข้าง ที่มีขนาดเท่ากับหนึ่งส่วนสองของภาพภาคตัดขวาง ดังนั้นเมื่อนำมาวาดให้เป็นภาพภาคตัดขวางสามารถแสดงได้ในรูปที่ 5 (a) จากรูปที่ 5(a) และ 5(b) มีรูปแบบการไหลที่สัมพันธ์กันดังนี้



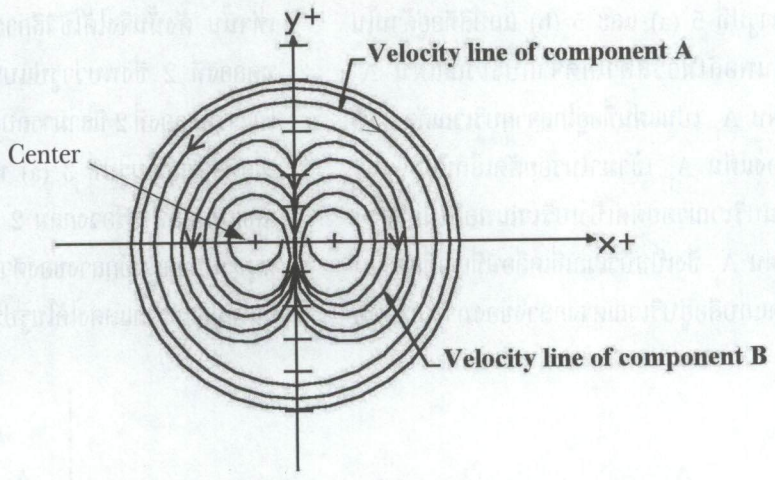
รูปที่ 4 รูปแบบการไหลของพอลิเมอร์ (a) ในระนาบแนวแกนการไหล (b) ในระนาบภาคตัดขวางการไหล

เมื่อพิจารณารูปที่ 5 (a) และ 5 (b) แถบสีที่อยู่ด้านในสุดเป็นแผ่นพอลิเมอร์สีดำเกิดจากบริเวณแผ่น A_1 เนื่องจากแผ่น A_1 เป็นแผ่นที่อยู่ไกลจากบริเวณตัดทำให้มีบริเวณของแผ่น A_1 เข้ามาในรอยตัดเล็กน้อย และส่วนที่อยู่ในบริเวณรอยตัดเป็นบริเวณพอลิเมอร์ตรงกลางของแผ่น A_1 ซึ่งเป็นบริเวณที่เคลื่อนที่เร็วที่สุด [4] จึงทำให้เกิดแถบสีอยู่บริเวณตรงกลางของภาพภาคตัดขวาง(ในรูปที่ 4(a)) ส่วนแถบสีชั้นถัดมาเป็นแผ่นพอลิเมอร์สีดำจากแผ่น A_2 และ A_3 เป็นแผ่นที่อยู่ใกล้กับบริเวณรอยตัดตามลำดับ เนื่องจากแผ่น A_3 อยู่ใกล้กับรอยตัดมากที่สุด ดังนั้นที่บริเวณรอยตัดแถบสีด้านนอกสุดมาจากแผ่น A_3 และถัดเข้ามาจะเป็นแผ่น A_2 ตามลำดับ สำหรับรูปแบบการไหลในแนวภาคตัดขวางที่เกิดขึ้นไม่สามารถอธิบายการไหลได้ดีเนื่องจากการไหลน่าจะได้รับอิทธิพลจากการหมุนของสกรู แต่ภาพที่ปรากฏไม่พบอิทธิพลการหมุนของกรูที่มีผลต่อรูปแบบการไหลในภาคตัดขวาง ทำให้วิธีการหารูปแบบการไหลโดยวิธีนี้สามารถบอกได้เพียงรูปแบบการไหลในแนวแกนการไหลเท่านั้น ดังนั้นจึงได้ใช้วิธีการหารูปแบบการไหลในการทดลองที่ 2 ซึ่งพบว่ารูปแบบการไหลของภาคตัดขวางในการทดลองที่ 2 นี้สามารถบอกราย ละเอียดการไหลได้ดี เมื่อพิจารณาในรูปที่ 3 (a) พบว่ารูปแบบการไหลคล้ายเลขแปดนอน หรือวงกลม 2 วงชนกัน โดยที่แต่ละวงจะหมุนรอบจุดศูนย์กลางของตัวมันเอง และเมื่อนำมาวาดขึ้นใหม่สามารถแสดงได้ในรูปที่ 6

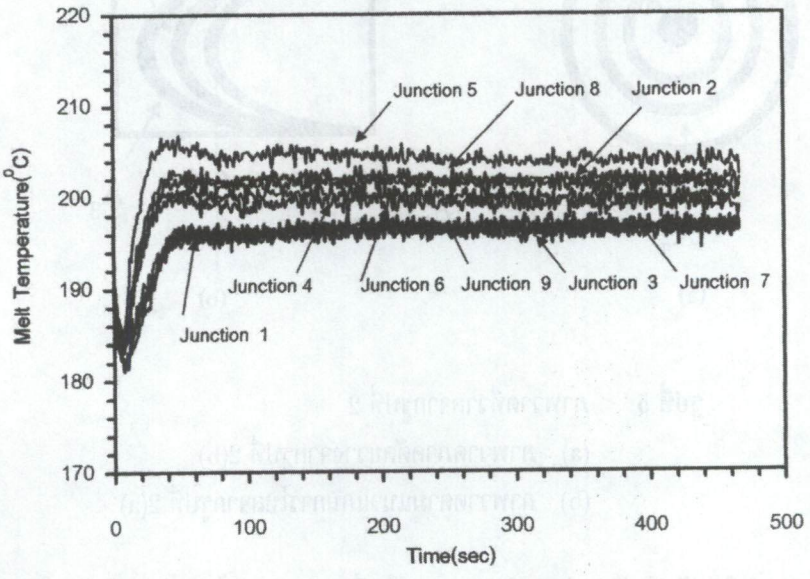


รูปที่ 5 ภาพวาดที่วาดจากรูปที่ 2
(a) ภาพวาดภาคตัดขวางจากรูปที่ 2(b)
(b) ภาพวาดตามแนวแกนการไหลจากรูปที่ 2(a)

ซึ่งรูปแบบการไหลนี้เองส่งผลทำให้อุณหภูมิของพอลิเมอร์ในภาคตัดขวางมีผลไม่เท่ากัน [7] โดยที่อุณหภูมิของพอลิเมอร์ที่บริเวณตรงกลางจะมีอุณหภูมิสูงที่สุดเนื่องจากการไหลของพอลิเมอร์ไหลชนกัน และทำให้เกิดการอัดคล้าย Calendering ส่วนบริเวณอุณหภูมิใกล้กับผนังกลับมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณอุณหภูมิตรงกลาง ทั้งที่บริเวณใกล้ผนังจะมีการเสียดสีสูงแต่เนื่องจากเป็นบริเวณใกล้ผนังจึงมีการถ่ายเทความร้อนสูงจึงทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณอื่น ๆ [8] ดังแสดงในกราฟรูปที่ 8



รูปที่ 6 รูปแบบการไหลที่วาดขึ้นจากรูปที่ 3b(6)



รูปที่ 8 อุณหภูมิของพอลิโพรลิลีนหลอมเหลวขณะไหลในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ที่ความเร็วสกรู 60 รอบ/วินาที โดยใช้ดายขนาด 5 mm. โดยที่ Junction 5, 8 และ Junction 2 เป็นจุดวัดอุณหภูมิที่บริเวณวงกลม 2 วงชนกัน (รูปที่ 6) ส่วน Junction 1, 3, 7 และ 9 เป็นจุดที่อยู่ใกล้ผนังมากที่สุด [8]

จากกราฟรูปที่ 8 เป็นการวัดอุณหภูมิของพอลิเมอร์ขณะไหลในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ที่ความเร็วรอบสกรู 60 รอบ/นาที ที่ดายขนาด 5 mm. โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิที่ได้จัดสร้างขึ้นเป็นพิเศษ [9] โดยที่ Junction 5, 8 และ Junction 2 เป็นจุดวัดอุณหภูมิที่บริเวณวงกลม 2 วงชนกัน (รูปที่ 6) จะมีอุณหภูมิที่สูงที่สุด ส่วน Junction 1, 3, 7 และ 9 เป็นจุดที่อยู่ใกล้ผนังมากที่สุดจะมีอุณหภูมิที่ต่ำที่สุด ดังเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนี้มีค่าสูงสุดประมาณ 208 °C ซึ่งสูงกล่าวอุณหภูมิของพอลิเมอร์ที่ขณะยังไม่เคลื่อนที่หรือติดตั้งไว้ที่ 190 °C

สำหรับรูปแบบการไหลในแนวแกนในรูปที่ 3b พบว่ารูปแบบการไหล เป็นแบบพาราโบลาเหมือนกับรูปแบบการไหล ในรูปที่ 2a ผลจากการทดลองในรูปที่ 2a,

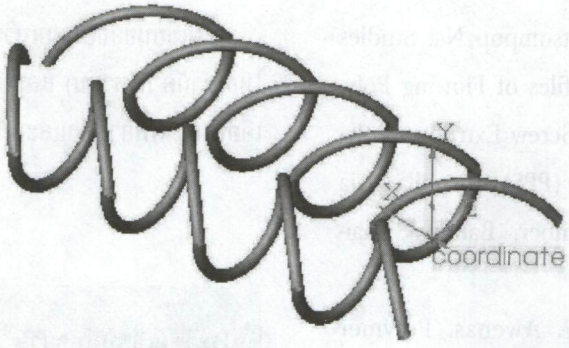
3a และ 3b สามารถสรุปได้ว่าพอลิเมอร์มีรูปแบบการไหลในแนวแกนแบบพาราโบลา และในแนวภาคตัดขวางการไหลแบบเลขแปดแนวนอน แต่เนื่องจากรูปแบบการไหลทั้ง 2 เป็นรูปแบบการไหลใน 2 ดังนั้นจึงต้องทดลองหารูปแบบการไหลที่สัมพันธ์กันกับการไหลทั้ง 2 ระนาบ

จากการทดลองที่ 3 ผลการทดลองพบว่ารูปแบบการไหลในระนาบภาคตัดขวาง (ในรูปที่ 4a) มีรูปแบบการไหลคล้ายดังรูปที่ 3a โดยจะมีจุดศูนย์กลางการไหลอยู่ 2 จุดที่คล้ายกัน เพียงแต่ลายเส้นที่ปรากฏในการไหลรอบจุดศูนย์กลางไม่ชัดเจน เนื่องจากมีลายเส้นการไหลรูปจุดศูนย์กลางเพียงเส้นเดียว (แสดงในรูปที่ 4b) จากรูปที่ 4a พบว่าสามารถบอกความสัมพันธ์ของรูปแบบการไหลทั้ง 2 ระนาบได้ เนื่องจากรูปแบบการไหลเป็นลักษณะการไหลแบบต่อเนื่อง อีกทั้งรูปแบบการไหลมีลักษณะเป็นทั้งพาราโบลา และมีรูปแบบการไหลแบบหมุนรอบจุดศูนย์กลางด้วย จากรูปแบบการไหลในรูปที่ 4a เมื่อนำมาวาดเป็นภาพ 3 มิติสามารถวาดได้ดังนี้

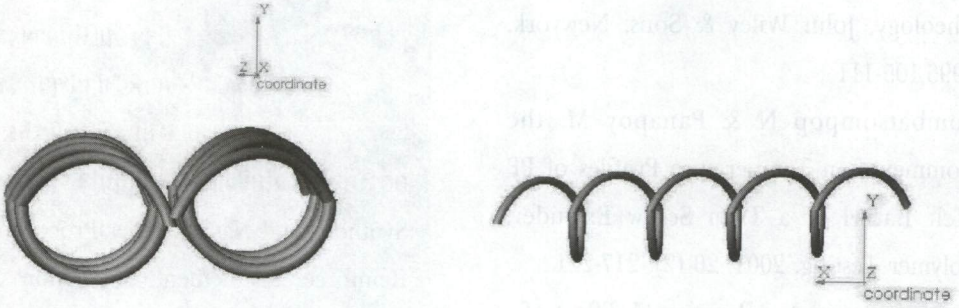
จากรูปที่ 7 เมื่อฉายภาพด้านหน้า และหน้าข้าง (ดังในรูปที่ 8) พบว่ารูปด้านหน้ามีรูปร่างคล้ายกับรูปที่ 3b และรูปด้านข้างคล้ายกับรูปที่ 4 a ดังนั้นรูปแบบการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่มีรูปแบบการไหลแบบพาราโบลา และการไหลแบบเกลียว

4. สรุปผลการทดลอง

รูปแบบการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ จะมีรูปแบบการไหลใน



รูปที่ 7 รูปแบบการไหลในระบบ 3 มิติของพอลิเมอร์หลอมเหลวในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่



(a) (b)

รูปที่ 8 เป็นภาพฉายจากรูปที่ 7 โดยที่ (a) ภาพด้านหน้า (b) ภาพด้านข้าง

แนวแกนการไหลแบบพาราโบลาผสมกับการไหลแบบเกลียว ส่วนรูปแบบการไหลในแนวภาคตัดขวางจะมีรูปแบบการไหลคล้ายเลข 8 แนวนอน และจากรูปแบบการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวนี้เองทำให้อุณหภูมิของพอลิเมอร์หลอมเหลวไม่สม่ำเสมอดังในรูปที่ 7 ดังนั้นในกระบวนการผลิตพอลิเมอร์จำเป็นต้องคำนึงถึงรูปแบบการไหลของพอลิเมอร์ เพราะนอกจากรูปแบบการไหลมีผลกับอุณหภูมิของพอลิเมอร์แล้ว ยังอาจส่งผลกับรูปร่างของผลิตภัณฑ์อีกด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

[1] W. Merzkirch, Flow Visualization, Academic Press, London, 1987, 105-11

[2] D. G.Baird, D.L.Collias, Polymer Processing, Butterworth-Heineman, 1995,11-13

[3] Panapoy M & Sombatsompop N , Studies on Temperature Profiles of Flowing Polymer Melts in a Twin Screw Extruder, Polymer Processing Society (PPS) :Australia/Asia Conference, 1-3 December, Bangkok Thailand,1999, 330-332

[4] J. F. Agasant and P. Awenas, Polymer Processing Principle and Modeling, Hanser Publisher, New York, 1994, 20-57.

[5] J.L. White, Principle of polymer Engineering Rheology, John Wiley & Sons, Newyork, 1996,105-111

[6] Sombatsompop N & Panapoy M, the Comments on Temperature Profiles of PP Melt Barrel of a Twin Screw Extruder, Polymer Testing, 2001, 20 (2): 217-221.

[7] Sombatsompop N &Panapoy M, Effect of Screw Rotating Speed on Melt Temperature Profiles in Twin Screw Extruder,Journal of Materials Science,2000, 35 (24): 6131-6137.

[8] Panapoy M, A Study of Melt Temperature at Cross Section of Polymer Flowing in Twin Screw Extruder, 7th Congress on Rangsit University, 2002, 24-26 January, Bangkok Thailand

[9] Panapoy M, Kuikomon Y & Jaturapiry A, Effect of Screw Speeds on Melt Temperature of Polypropylene in Twin Screw Extruder, 10th Chemical Engineering and Applied Chemical Conference for Thailand, 26-28th October, Bangkok Thailand, 2000, 156-163.

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณบริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมิกัลไทย จำกัด (มหาชน) และบริษัทพรีเมียร์ โปรดักส์ที่ช่วยเอื้อเฟื้อเม็ดพลาสติกและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายมาณพ ปานะโปย

ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สนใจงานวิจัยทางด้าน Synthesis and Natural Fiber Processing, Fiber Reinforcement cement, Simulation Of Flow Pattern, Digital Filter และการศึกษาลดเสียงโดย Active Noise Control