การหลอมอัดรีดพีวีซีชนิดแข็งและการควบคุม

U-PVC Extrusion Process and Control

ชวลิต แสงสวัสดิ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
โทร/โทรสาร. 0-2549-3483 E-mail : sangswad@access.rit.ac.th

บทคัดย่อ

กระบวนการอัดรีดเป็นกระบวนการที่ใช้ในการผลิตพลาสติกพีวีซีชนิดแข็งให้เป็นผลิตภัณฑ์รูปร่างต่างๆ ตั้งแต่แบบง่ายๆ เช่น ท่อไปจนถึงแบบที่มีความสลับซับซ้อนมาก เช่น โปรไฟล์ ทั้งนี้การผลิตจะมีตัวแปรหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่จำเป็นต้องเรียนรู้ และควบคุมให้ถูกต้องมีประสิทธิภาพ ได้ผลิตภัณฑ์ตรงตามความต้องการ บทความนี้จะกล่าวถึง การหลอมอัดรีดพีวีซีชนิดแข็งและตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงาน รวมทั้งจะกล่าวถึง การออกแบบสกรูและกระบอก สมบัติวัตถุดิบ เพื่อให้การผลิตเป็นไปตามข้อกำหนดที่ต้องการ

คำสำคัญ: การหลอมอัดรีด, พีวีซีชนิดแข็ง

Abstract

An extrusion process is used to produce U-PVC plastic product from sample rods to extremely complex profiles. Normally, there are many parameters that influence the U-PVC extrusion and these must be studied and controlled to ensure that extruded products are manufactured to specification. In this paper, the U-PVC extrusion process is discussed, the parameters on extruded product quality are examined, the U-PVC properties and the screw and barrel design to set specification are evaluated.

Keywords: extrusion process, U-PVC

1. บทนำ

วิธีการที่นิยมกันมากวิธีหนึ่งในการผลิตพีวีซีชนิดแข็งอย่างต่อเนื่องก็คือกระบวนการหลอมอัดรีด (Extrusion process) พีวีซีที่ใช้ในกระบวนการอาจอยู่ในรูปของเม็ดหรือผงก็ได้ ซึ่งจะทำการป้อนเข้าระบบผ่านกรวยเติม (Hopper) ลงสู่สกรู (Screw) จากนั้นพีวีซีจะเคลื่อนไปภายในกระบอกอัดรีด (Barrel) ที่ให้ความร้อนอย่างต่อเนื่อง จากอุปกรณ์ให้ความร้อนรวมไปถึงความร้อนที่เกิดจากการขัดสีกันเองของพลาสติกรอบๆ เกลียวของสกรูด้วย ความลึกของร่องเกลียวสกรูจะลดลงตามความยาวของสกรู เพื่อให้พีวีซีอัดตัวกันได้ดีที่ปลายทางของเครื่องอัดรีด หลังจากนั้นพีวีซีหลอมเหลวจะไหลผ่านออกจากได (Die) เป็นผลิตภัณฑ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งการใช้ได ลักษณะต่างๆ นำมาติดตั้งกับเครื่องหลอมอัดรีด ก็จะได้ชิ้นงานหลายประเภท ตัวอย่าง เช่น ท่อ, โปรไฟล์

2. สมบัติของพีวีซี

ศัพท์คำว่า "Unplasticized" (หรือบางทีเรียก Unplasticised) หมายความว่าไม่มีสารพลาสติไซด์อยู่ในวัตถุดิบสำหรับใช้กับงานอัดรีด แต่ไม่ได้หมายความว่าจะไม่มีสารเติมแต่ง (Additives) อยู่ในพลาสติกพีวีซี หรือพีวีซีเรซิน สารเติมแต่งเหล่านี้จำเป็นต่อเทคโนโลยีพีวีซี ถ้าปราศจากมันพลาสติกจะไม่สามารถทำการผลิตได้ ตัวอย่างเช่น สารเติมแต่งที่มี Heat stabilizers (บ่อยครั้งเป็นพวกสารประกอบของตะกั่วหรือดีบุก), lubricants (ตัวอย่างเช่น Butyl stearate), processing aids

(ซึ่งบางทีเป็นพวก acrylic polymers), Impact modifiers (เป็นพวกพลาสติกตัวอย่างเช่น ABS หรือ MBS หรือ rubbers หรือ elastomers) และ fillers (ตัวอย่างเช่น china clay) วัตถุดิบพีวีซีบางทีอาจจัดซื้อได้ในรูปของคอมเปานด์ (Compound) ซึ่งสามารถหลอมเหลวใช้งานได้ทันทีหรือจำหน่ายในรูปเรซินผงที่ต้องใช้เครื่องผสมความเร็วสูง(High speed mixer) จากนั้นจะส่งผ่านเข้าไปยังเครื่องอัดรีดต่อไป หรืออาจจำหน่ายในรูปผงผสมแห้ง (dry blended) ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ทันที ด้วยสาเหตุเหล่านี้วัตถุดิบพีวีซีจึงสามารถเลือกใช้ได้จากชื่อการค้าหรือจากชื่อของบริษัทผู้ผลิต อนึ่งโดยทั่วไปแล้วการขึ้นรูปด้วยเม็ดคอมเปานด์จะให้คุณสมบัติที่ดีกว่า แต่อย่างไรก็ดีการใช้ผงผสมแห้ง จะได้เปรียบในด้านต้นทุน

3. สมบัติการไหล

เป็นสภาพการไหลหนืดที่อุณหภูมิผลิต การไหลได้ง่ายหรือไม่ขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุล ซึ่งพีวีซีจะบอกออกมาในรูปของ K ถ้าค่าของ K ถ้าสูง น้ำหนักโมเลกุลของพีวีซีก็จะมาก ทำให้การไหลเป็นไปได้ยาก สำหรับค่า K ค่าหนึ่ง สภาพการไหลอาจเปลี่ยนแปลงไปได้บ้างถ้าผสมสารเติมแต่ง ตัวอย่างเช่น การใช้สารหล่อลื่นเข้าช่วย

ตัวอย่างของค่า K สำหรับการผลิตท่อและโปรไฟล์จะอยู่ระหว่าง 66 ถึง 68 (ค่าความหนืดวัดด้วยมาตรฐาน ISO - R174 เท่ากับ 110 - 116) สำหรับแผ่นชีทและโปรไฟล์ใส จะใช้พีวีซีเกรดที่มีความหนืดน้อยกว่าคือมีค่า K ประมาณ 62

ตารางที่ 1 จะแสดงให้เห็นค่าความหนืดของพีวีซีเรซินตามอุณหภูมิและอัตราเฉือน (Shear rate) ที่ใช้ (Solvay UPVC PIR 945)

เนื่องด้วยค่าความหนืดหลอมเหลวและค่าความยืดหยุ่นที่สูงมาก, UPVC จึงมีแนวโน้มที่จะให้ความร้อนจากการขัดถู (Shear heat) เป็นปริมาณมากระหว่างทำการอัดรีด ในกระบวนการอัดรีด

ตารางที่ 1 ค่าความหนืดของพีวีซีตามอุณหภูมิและอัตราการเฉือน

ค่าความหนืด (Ns/m^2)			
อัตราเฉือน (/sec)	อุณหภูมิ 350° F	อุณหภูมิ 375° F	อุณหภูมิ 400° F
20	12800	9800	7360
40	7600	5830	4390
100	3830	2940	2210
200	2280	1750	1320
400	1360	1040	780

ที่ใช้สกรูเดี่ยวจึงนิยมใช้ความเร็วรอบต่ำ เพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดมากเกินไปกับพีวีซีที่ว่องไวต่อความร้อน กระบวนการอัดรีดแบบความเร็วต่ำยังคงใช้อยู่กับการผลิตโปรไฟล์บางลักษณะที่ต้องการความเสถียรต่อความร้อนเป็นอย่างมาก สำหรับเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยวที่ผลิตแบบความเร็วรอบสูงต้องออกแบบสกรูแตกต่างออกไป รวมทั้งเปลี่ยนสภาวะการผลิตไปด้วย ในการปฏิบัติงานแบบนี้ อุณหภูมิหลอมเหลวจะต้องสูง ทำให้เวลาคงอยู่ (Residence time) ในเครื่องอัดรีดและไดต้องลดลง การลดเวลาจะช่วยยับยั้งผลกระทบการแตกตัวจากความร้อนได้ วัตถุดิบพีวีซีก็จะไม่นิ่มและล้มเสียรูปหลังจากออกจากไดมากกว่าการผลิตโดยใช้ความเร็วต่ำ และเนื่องด้วยสมบัติการไหลได้ยากของพีวีซีรวมทั้งการใช้ผงผสมแห้ง การอัดรีดพีวีซีส่วนใหญ่จึงหันมาใช้สกรูคู่ กระบวนการนี้จะให้อัตราการผลิตสูงโดยปราศจากความร้อนส่วนเกินจากการเฉือน

4. การออกแบบกระบอกและสกรู

การผลิตพีวีซีแข็งปริมาณมาก ๆ จะใช้เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ โดยใช้ทั้งแบบหมุนสวนทางและแบบหมุนตามกัน และสามารถใช้สกรูรูปร่างทั้งทรงกระบอกและทรงกรวย ความได้เปรียบของกระบวนการผลิตแบบใช้สกรูคู่อยู่ที่สามารถผลิตได้ปริมาณสูงๆ โดยปราศจาก

แรงเฉือนส่วนเกินในโพลิเมอร์หลอม และดังนั้นจะได้อุณหภูมิหลอมเหลวต่ำกว่าการใช้เครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยวหมุนสกรูที่ความเร็วรอบสูงๆ

ตารางข้างล่างจะแสดงตัวอย่างการออกแบบสกรูสำหรับเครื่องหลอมอัดรีดสกรูเดี่ยว, ชุดแรกที่ความเร็วรอบและอุณหภูมิต่ำ ชุดที่สองที่ความเร็วรอบและอุณหภูมิสูง สกรูความเร็วสูงจะออกแบบให้มีสองช่วง (Two stages) ช่วงแรกจะเป็นการอัดและหลอมเหลวคอมเปานด์ จากนั้นจะลดความดันก่อนเข้าไปยังช่วงที่สอง ช่องระบายอากาศจะติดอยู่ที่ช่วงลดความดันนี้เพื่อไว้ใช้กำจัดพวกไอระเหย การออกแบบสกรูชนิดสองตอนต้องทำอย่างระมัดระวัง ทั้งนี้โดยต้องไม่ให้โพลิเมอร์หลอมไหลเติมเต็มเข้าไปยังช่วงลดความดัน ซึ่งอาจเกิดได้จากความต้านทานในไดที่มากเกินไป ตัวเลขในวงเล็บจะแสดงความยาวของสกรูในแต่ละช่วง

ตารางที่ 2 ความยาวของสกรูในแต่ละช่วง

สกรูเดี่ยวชนิดอัตราความเร็วต่ำ			
เส้นผ่านศูนย์กลาง	$2\frac{1''}{2}$	$3\frac{1''}{2}$	$4\frac{1''}{2}$
ความลึกช่วงป้อน (Feed)	0.43″ (4D)	0.65″ (4D)	0.68″ (4D)
ความลึกช่วงอัดดัน (Compression)	(16D)	(16D)	(16D)
ความลึกช่วงส่ง (Metering)	0.09″ (4D)	0.27″ (4D)	0.28″ (4D)

สกรูเดี่ยวยังคงใช้ผลิตพีวีซีที่อัตราความเร็วสูง แต่ทั้งนี้สกรูควรมีอัตราอัด (Compression ratio) ประมาณ 2.5 : 1 บ่อยครั้งมีการติดตั้งปุ่มหนามผสม (pin mixing stud) 2-4 ชุดที่ตัวสกรูด้วย วงแหวนของปุ่มเหล่านี้จะตั้งขึ้นจากรากสกรู (screw root) ขึ้นไปครึ่งหนึ่งของความลึกร่องเกลียวสกรู และปีกเกลียวสกรูก็สามารถเจาะออกได้เพื่อติดตั้งวงแหวนของปุ่มผสม

ตารางที่ 3 ความยาวของสกรูสองตอน

สกรูเดี่ยวชนิดอัตราความเร็วสูง		
เส้นผ่านศูนย์กลาง	$2\frac{1''}{2}$	$3\frac{1''}{2}$
ความลึกช่วงป้อนที่ 1	0.38″ (3D)	0.53″ (5D)
ความลึกช่วงอัด	(7D)	(6D)
ความลึกช่วงส่ง 1	0.13″ (4D)	0.17″ (5D)
ความลึกช่วงระบาย	0.39″ (2D)	0.68″ (2D)
ก๊าซ	(5D)	(4D)
ความลึกช่วงอัด 2	0.185″	0.31″
ความลึกช่วงส่งสุดท้าย	(3D)	(4D)

สกรูชนิดมีคอกกั้นการไหล (Barrier screw) ก็สามารถใช้ได้ดีกับคอมเปานด์พีวีซีชนิดแข็ง อีกชนิดหนึ่งของการออกแบบก็คือเพิ่มปีกเกลียวเข้าไปในร่องเกลียวปกติ การออกแบบชนิด NRM นี้จะใส่ปีกเกลียวเพิ่มเป็นพิเศษลงในสกรูตอนแรกสำหรับพีวีซีชนิดผง และลงในสกรูตอนที่สองสำหรับพีวีซีชนิดเม็ด

สกรูเดี่ยวชนิดความเร็วสูงควรมีการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ของเหลวหมุนวนหล่อเย็นผ่านท่อ น้ำมัน Heat oil ที่มีอุณหภูมิใช้งานประมาณ 190 ถึง 320 °F (90-160 °C) จะเป็นสารหล่อเย็นที่ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามอาจใช้อากาศหล่อเย็นได้

5. อุณหภูมิกระบอกและได

ตารางตัวอย่างด้านล่างจะแสดงอุณหภูมิในแบบองศาฟาเรนไฮต์ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงองศาเซลเซียสที่เทียบเท่า

ตารางที่ 4 อุณหภูมิของกระบอกและได

ชนิดสกรู	สกรูเดี่ยว ความเร็วต่ำ	สกรูเดี่ยว ความเร็วสูง	สกรูคู่
อุณหภูมิช่วงที่ 1	300(150)	350(180)	330(165)
อุณหภูมิช่วงที่ 2	320(160)	350(180)	340(170)
อุณหภูมิช่วงที่ 3	340(170)	370(190)	350(177)
อุณหภูมิช่วงที่ 4		370(190)	363(184)
อุณหภูมิช่วงที่ 5		350(180)	360(182)
อุณหภูมิช่วงต่อ (adaptor)	365(185)	390(200)	375(190)
อุณหภูมิได	365(185)	390(200)	380(193)
อุณหภูมิหลอมเหลว	355-370 (180-190)	380-400 (190-205)	383(195)

6. การออกแบบไดและโครงสร้าง

ข้อพิจารณาสำคัญสำหรับการออกแบบไดพีวีซีชนิดแข็งก็คือ ความหนืดที่สูงและค่าความคงทนต่อความร้อนที่ต่ำของพีวีซีหลอมเหลว ในบางกรณีอาจเรียกได้ว่าทั้งสองประการนี้อยู่ด้านตรงข้ามกับการแก้ปัญหา ค่าความหนืดสูงก็หมายถึงว่า ต้องให้ช่องทางไหลของพีวีซีมีขนาดโตเหมาะสมเพื่อป้องกันความดันสูง ในขณะเมื่อจะป้องกันการเสื่อมสภาพของพีวีซี เวลาที่คงอยู่ขณะทำการอัดรีด (Residence time) และปริมาณพลาสติกในไดควรมีค่าต่ำ ไดของพีวีซีจะเป็นลักษณะที่พลาสติกไหลเป็นแบบกระแส (Streamline) และควรชุบโครเมียม

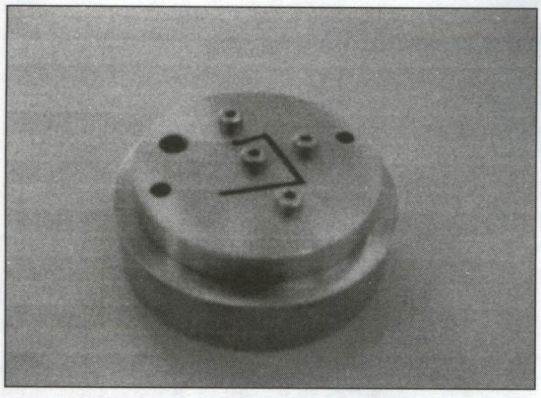
ไดชนิดพลาสติกแผ่น (Sheet die) จะไม่ใช้ Choker bar เพราะจะมีช่องว่างทำให้วัตถุดิบเคลื่อนขึ้นด้านบนและเสื่อมสภาพได้

ในกรณีของไดท่อกลมจะมีการอัดเมื่อผ่านชุดขาแมงมุม (Spider leg) เพื่อช่วยให้โพลิเมอร์เหลวเชื่อมติดเป็นเนื้อเดียวกัน ตัวอย่างทั่วไปสำหรับอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางของตอร์ปิโดที่ตำแหน่งขาแมงมุมต่อความยาวจะประมาณ 2:1 อัตราการอัดตัวเชิงปริมาตรทั้งหมดอยู่ในช่วง 7:1 ถึง 10:1 และดังนั้นความสูงของช่องโพลิเมอร์ไหลจะมีขนาดเล็กลง ความยาวของไดจะมีค่าประมาณ 20 เท่าของความกว้างปากได (die gap) สำหรับท่อผนังบางอัตราส่วนอาจน้อยลง แต่สำหรับท่อผนังหนาควรจะให้อัตราส่วนมากขึ้น ไดท่อจะประกอบด้วยแหวนและหมุดที่ปรับได้ ดังนั้นหมายความว่าไดหนึ่งตัวอาจผลิตท่อได้หลายขนาด แต่อยู่ในช่วงไม่กว้างนักถ้าเทียบกับไดของพลาสติกโพลีโอเลฟิน ตารางตัวอย่างด้านล่างแสดงช่วงการผลิตของไดพีวีซีชนิดแข็ง

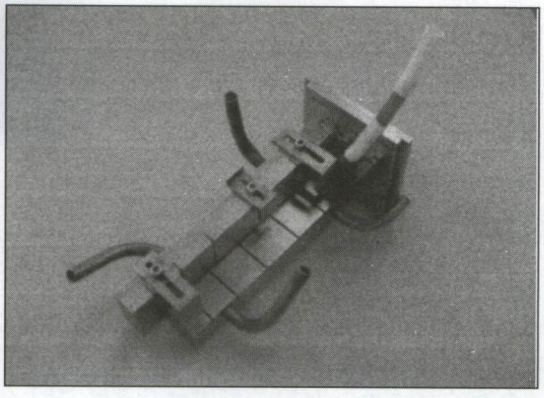
ตารางที่ 5 อัตราการผลิตของไดแต่ละขนาด

ได	เส้นผ่านศูนย์กลางของได(นิ้ว)	ความหนาของผนัง(นิ้ว)	อัตราการผลิตสูงสุด(ปอนด์/ชม.)
A	0.2-0.6	0.04-0.07	100
B	0.5-2	0.04-0.15	200
C	1.3-3	0.07-0.28	500
D	2-6	0.07-0.4	900
E	3-9	0.07-0.55	1300
F	4.5-15	0.08-0.9	1700
G	6.5-18	0.1-1.1	2200
H	15-27	0.15-1.2	2200

การออกแบบไดโปรไฟล์จะคล้ายกันแต่ต้องคำนึงถึงการไหลให้ได้เป็นกระแสต่อเนื่อง สำหรับการออกแบบที่ใช้ในโรงงานถ้าเป็นไปได้ควรให้ความหนาของผนังชิ้นงานสม่ำเสมอและหลีกเลี่ยงการมีมุมภายนอกและภายในที่แหลมคม หน้าตัดชิ้นงานส่วนที่มีขนาดใหญ่ก็จะถูกแทนที่ด้วยแกนที่มีโพรงอยู่ภายในและอาจมีสันเสริมได้ถ้าจำเป็น การออกแบบที่มีการเสริมสันติดกับพื้นที่เรียบอาจสร้างปัญหาได้ ไดจะสร้างจากเหล็กผสมผสมโครเมียมและนิกเกิลโดยต้องทำการขัดให้เรียบเงาเป็นพิเศษ



รูปที่ 1 ไดโปรไฟล์พีวีซี



รูปที่ 2 อุปกรณ์ปรับขนาด

7. การปฏิบัติการชุด downstream

อุปกรณ์ปรับแต่ง เช่น ไดปรับขนาด (Sizing die) จำเป็นต้องสร้างให้มีขนาดแม่นยำ ชุดปรับแต่งแบบมีสุญญากาศจะใช้กันมากขึ้น ตัวอย่างคือ เมื่อผลิตกรอบหน้าต่างด้วยอัตราการผลิต 200 ปอนด์/ชม. และมีความเร็วผลิตประมาณ 6 ฟุต/นาที จะใช้ชุดปรับแต่งสุญญากาศประมาณ 4 ชุด แต่ละชุดยาว 2 ฟุต และถ้าเพิ่มอัตราการผลิตขึ้นเป็นสองเท่าก็จำเป็นต้องเพิ่มชุดปรับแต่งและหล่อเย็นเข้าไปเป็นพิเศษ ตัวอย่างเช่น ใช้ชุดปรับขนาดยาว 5 หรือ 6 ฟุต

สายการผลิตทั้งโปรไฟล์และท่อจะใช้ชุดตัดเป็นแบบเลื่อยหรือใบมีดที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ใบเลื่อยจะเป็นชนิดทังสเตนคาร์ไบด์และฟันจะออกแบบเป็นพิเศษสำหรับพีวีซี ความเร็วของเพลาจะต้องพอเหมาะในการหมุนใบเลื่อยให้ได้ความเร็วประมาณ 16 ฟุต/วินาที

การวัดขนาดความหนาของท่อแบบอัตโนมัติใช้กันทั่วไปมากขึ้น ชุดแสดงชนิด VDU จะเชื่อมต่อกับเครื่องตรวจจับ และแสดงข้อมูลการปรับตั้งเครื่องจักร พร้อมทั้งอุณหภูมิปฏิบัติงาน, ความดันและความหนาของท่อ, การวัดขนาดสามารถใช้ปรับแต่งสายการผลิตและไดได้แบบอัตโนมัติ

8. ความสามารถของการอัดรีด

ตารางด้านล่างจะแสดงถึงอัตราผลิตสูงสุดเมื่อใช้เรซินความหนืดสูง

ตารางที่ 6 อัตราการผลิตเครื่องอัดรีด

เครื่องอัดรีด	สกรูความเร็วต่ำ			สกรูความเร็วสูง		
	ปอนด์/ชม.	กก./ชม.	รอบ/นาที	ปอนด์/ชม.	กก./ชม.	รอบ/นาที
$\frac{1''}{2}$	70-90	30-40	15-25	250-350	110-160	40-70
$3\frac{1''}{2}$	80-150	40-70	10-20	420-550	190-250	40-60
$4\frac{1''}{2}$	120-150	50-80	5-15	600-750	270-340	20-30

สำหรับเครื่องอัดรีดชนิดสกรูคู่อัตราการผลิตจะแสดงในตารางถัดไป อนึ่งขนาดของเครื่องอัดรีดจะเป็นหน่วยเมตริกและอัตราการผลิตที่แสดงเป็นการดึงท่อ

ตารางที่ 7 อัตราการผลิตของเครื่องอัดรีดชนิดสกรูคู่

เส้นผ่านศูนย์กลางของสกรู มม.	อัตราการผลิตสูงสุด กก./ชม.(ปอนด์/ชม.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ
73	180(400)	0.63-6.3
91	400(880)	1.25-10
125	700(1540)	4.3-25
132	1000(2200)	4.3-25

9. บทสรุป

เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีจากกระบวนการหลอมอัดรีดพีวีซีแข็ง จึงจำเป็นต้องควบคุมความร้อนและแรงเฉือนให้แม่นยำ ระหว่างทำการผลิต ทั้งนี้จะต้องเข้าใจสภาพการไหลของพีวีซี การออกแบบสกรูและกระบอก การออกแบบไดและโครงสร้าง ความสามารถของการอัดรีดและอุปกรณ์ปรับแต่งต่างซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของชิ้นงานว่าตรงความต้องการหรือไม่ต่อไป

10. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอบพระคุณต่อ อาจารย์ David Dunning จาก The London School of Polymer Technology ที่ให้ความรู้ในการเขียน และขอบคุณ คุณสุรศักดิ์ ทรัพย์วัฒนาการ จากบริษัท พีวีซี จำกัด ที่ให้ข้อมูลสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

[1] T. Whelan and D. Dunning , "The Dynisco Extrusion Processors Handbook", The Dynisco companies, UK, 1988, pp 169-177

[2] G.E. Hewlett, "The formulation of PVC compound applications and quality control", Interplas Thailand'93 Semina, Bangkok , Thailand, May 23, 1993 , pp 1-6

[3] ชวลิต แสงสวัสดิ์ "เอกสารประกอบการสอนกระบวนการทางวิศวกรรมพลาสติก", คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2540, หน้า 72-74

11. ประวัติผู้เขียนบทความ

Name: Mr.Chavalit Sangswasd.

Position: Assistant Professor

Date of Birth: July 30, 1957

Age: 44

Education Background:

B. Eng (Textile Chemistry), RIT 1985,

MSc. (Polymer Science&Engineering), London 1991,

Cert. (Plastics Processing Technology), Victoria 1992,

Cert. (C-mold Introductory&Advanced), Taipei 1997.

Current Employment:

Lecturer of Department of Materials and Metallurgical Engineering, RIT

Address: Faculty of Engineering, Rajamangala Institute of Technology (Klong 6), Thunyaburi, Pathumthani, 12110, Thailand

Tel: (662) 0-2549-3480-85

Fax: (662) 0-2549-3483

E-mail: sangswad@access.rit.ac.th