บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานนับเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญยิ่งในการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม นอกจากนั้นยังเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ แต่เนื่องจากราคาของเชื้อเพลิงมีแนวโน้มที่สูงขึ้น อีกทั้งแหล่งพลังงานสำรองมีจำนวนจำกัด จากสาเหตุดังกล่าวจึงเป็นที่มาของแนวคิดในการอนุรักษ์พลังงาน ไม่ว่าจะเป็นการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น หรือลดการใช้พลังงาน รวมไปถึงการเสาะแสวงหาพลังงานรูปแบบใหม่มาทดแทนพลังงานสิ้นเปลืองที่มีอยู่จำนวนจำกัด

อุตสาหกรรมพลาสติกก็เป็นอีกหนึ่งภาคการผลิตที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ในปี พ.ศ. 2547 ประเทศไทยมีการผลิตเพื่อการส่งออกผลิตภัณฑ์พลาสติกมีมูลค่าการส่งออกประมาณ 1,560.8 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เพิ่มขึ้นร้อยละ 19.95 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2546 และมีมูลค่าการนำเข้าประมาณ 1,956.25 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เพิ่มขึ้นร้อยละ 17.90 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2546 (ศูนย์สาร-สนเทศเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์, 2548)

ในชีวิตประจำวันพลาสติกเข้ามีบทบาทโดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ไม่ว่าจะเป็นเครื่อง นุ่งห่ม บรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์ทางไฟฟ้า ยานพาหนะล้วนแล้วแต่มีส่วนประกอบของพลาสติกเข้ามาเกี่ยวข้อง เพราะพลาสติกมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายอย่าง เช่น ไม่นำไฟฟ้า เป็นฉนวนความร้อน ราคาไม่แพง มีน้ำหนักเบา ง่ายต่อการขึ้นรูปในเวลาที่รวดเร็วกว่าวัสดุอื่นๆ

กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกสามารถกระทำได้หลายกระบวนการ เช่น การอัดแบบ (Compression molding) การบวนการฉีด (Injection molding) กระบวนการเป่า (Blow molding) และกระบวนการอัดรีด โดยกระบวนการอัดรีดเป็นวิธีการขึ้นรูปที่นิยมใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรมพลาสติก ที่ผลิตภัณฑ์ มีรูปร่างคงที่ตลอดความยาว เช่น ฟิล์มพลาสติก ถุงพลาสติก และ ท่อพลาสติก เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้กระบวนการเคลือบพลาสติกลงในวัสดุชนิดอื่น เช่น ฉนวนหุ้มสายไฟ อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นเครื่องผสมพลาสติกกับสารต่างๆ เพื่อเตรียมวัสดุสำหรับใช้ในการแปรรูปในขั้นต่อไปได้อีกด้วย ในปี พ.ศ.2547 ประเทศไทยมีจำนวนสถานประกอบการด้านยาง และพลาสติกเป็นจำนวน 4,560 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 3.78 ของสถานประกอบการทั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประเทศ คิดเป็นมูลค่าการลงทุนทั้งหมด 136,795.42 ล้านบาท (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2548) และมีการใช้การอัดรีดเป็นกระบวนการหลักในการผลิตคิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนสถานประกอบการทั้งหมด (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2548)

สำหรับมูลค่าการจำหน่ายพลาสติกที่ผลิตโดยกระบวนการอัดรีด สามารถจำแนกตามชนิดของผลิตภัฑณ์ได้ดังนี้ พลาสติกแผ่น 483.8 ล้านบาท (ม.ค.-ต.ค พ.ศ. 2548) แผ่นฟิล์มพลาสติก 3,005.5 ล้านบาท (ม.ค.-ส.ค. พ.ศ. 2548) กระสอบพลาสติก 1,640.1 ล้านบาท (ม.ค.-ต.ค พ.ศ. 2550) ถุงพลาสติก 3,433.1 ล้านบาท (ม.ค.-ต.ค พ.ศ. 2550) (กระทรวงพาณิชย์, 2550)

กระบวนการอัดรีดมีหลายชนิด เช่น กระบวนการอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวและสกรูคู่ กระบวนการอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวเป็นกระบวนการอัดรีดที่ใช้ผลิตชิ้นงานพลาสติกต่างๆ โดยทั่วไป และยังเป็นพื้นฐานของกระบวนการอื่น เช่นกระบวนการฉีด และกระบวนการเป่าเป็นต้น การเข้าใจถึงหลักการใช้พลังงานของกระบวนการอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวจะต้องมีการศึกษาการทำงาน ควบคู่ไปกับการวัดค่าพลังงานที่เครื่องใช้จริง เทียบเคียงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสภาพการทำงานของเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว ซึ่งจะได้แนวทางในการใช้งาน และออกแบบเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวที่ประหยัดพลังงานต่อไป

ในการศึกษานี้จะเปรียบเทียบค่าพลังงานกลที่ใช้จริงในเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว กับค่าพลังงานกลที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น ในสภาวะการผลิตต่างๆ เช่น ความเร็วในการผลิต อุณหภูมิที่ตั้งไว้ของเครื่องอัดรีด ซึ่งท้ายที่สุดแล้วผลการทดลองดังกล่าวจะทำให้ทราบถึงสภาวะของการผลิตที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด เมื่อใช้กระบวนการอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

M.H.R. Ghoreishy, M. Razavi-Nouri และ G. Naderi (Ghoreishy, Razavi-Nouri and Naderi, 2005) ศึกษาการไหลของพลาสติกเหลวในเครื่องอัดรีดพลาสติกชนิดสกรูเดี่ยว โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดให้พลาสติกเหลวมีคุณสมบัติเป็นของไหลนิวโตเนียน แบบจำลองที่ได้นำไปจรวจสอบความถูกต้องด้วยโปรแกรม NBR/PP และเปรียบเทียบผลการคำนวณอันประกอบด้วย ความดันบริเวณหัวดาย และปริมาณพลาสติกที่อัดรีดได้ ณ อุณหภูมิ และความเร็วรอบต่างๆ กับผลการทดลอง ทำให้ทราบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความเชื่อถือได้สูง แต่ไม่สามารถนำแบบจำลองไปใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิต่ำ เพราะแบบจำลองของของไหลนิวโตเนียนได้รับอิทธิพลจากความหนืดมากกว่าช่วงอุณหภูมิอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

J. R. Vermeulen, P. G. Scargo และ W. J. Beek (Vermeulen and Others, 1971) ได้พัฒนาแบบจำลองทางทฤษฎี ที่สามารถอธิบายถึงกลไกของการหลอมเหลวในเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว โดยให้รูปแบบของการเคลื่อนที่แบบปลั๊กโฟล (Plug flow) เป็นฟังก์ชั่น ของความเร็วรอบของสกรู อุณหภูมิของกระบอกใส่สกรู และอัตราการไหลเชิงมวล ผลการคำนวณที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลอง โดยในการทดลองนี้จะใช้สกรูที่มีระยะระหว่างเกลียวคงที่ กับโพลิเอทิลีน ความหนาแน่นต่ำ ผลการคำนวณมีความแม่นยำเป็นที่น่าพอใจ

Y. Li และ F. Hsieh (Li and Hsieh, 1996) ได้พัฒนาแบบจำลอง ที่สามารถอธิบายถึงกลไกของการไหลของไหลนิวโตเนียนที่อุณหภูมิคงที่ (Isothermal) ในเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว โดยพิจารณาสภาวะจริงที่ได้ร่วมไปด้วย ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองของ K. P. Choo (Choo and other, 1980) พบว่าให้ผลที่แม่นยำมากกว่าทฤษฎีที่มีมาก่อนหน้านี้ของ Rowell & Finlayson (Rowell and Finleyson, 1922), Tadmor & Gogos (Tadmor and Gogos, 1979), และ Ruawendaal (Rauwendaal, 1994)

M. Liang, H. E. Huff และ E. –H. Hsieh (Liang and Hsieh, 2002) ได้ศึกษาข้อมูลในการผลิตอาหารในเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ ซึ่งประกอบด้วยค่าการใช้พลังงาน และประสิทธิภาพ ซึ่งขึ้นกับความเร็วรอบของสกรู และภาระป้อนจำเพาะ หรือ SFL (Specific feeding load) โดยที่ SFL คืออัตราส่วนระหว่างอัตราการป้อนพลาสติกและความเร็วรอบของสกรู พบว่าเมื่อเพิ่ม SFL ค่าพลังงานรวมต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์จะลดลง แต่ประสิทธิภาพของเครื่องอัดรีดจะเพิ่มขึ้น และยังพบว่าค่า SFL มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องอัดรีดมากกว่าความเร็วรอบ คือเมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 300 รอบต่อนาที เป็น 400 รอบต่อนาที ณ ค่า SFL คงที่ จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องอัดรีดเพิ่มจาก 6% เป็น 11% แต่เมื่อเพิ่ม SFL จาก 0.0026 เป็น 0.0038 kg/รอบ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ 30% และยังพบว่าค่าพลังงานกลรวมทั้งหมดต่อหน่วยมวลผลิตภัณฑ์จะถูกใช้ไปในส่วนของแรงเฉือนมากกว่า 98 % และใช้ในการเคลื่อนที่ของของเหลวหนืด น้อยกว่า 1.5%

C. Rauwendaal และ R. Ortega (Rauwendaal and Otega, 2000) ได้พัฒนาโปรแกรมที่ใช้วิธีคำนวณแบบไฟไนต์ดิฟเฟอร์เรนต์ (Finite difference) เพื่อคำนวณผลกระทบของการไหลรั่ว (Leakage flow) ต่อปริมาณพลาสติกที่ผลิตได้ และต่อกำลังที่ใช้ในเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว โดยระยะสันเกลียวกับกระบอก (Flight clearance) เป็นค่าไม่มีหน่วยเพื่อสามารถใช้เปรียบเทียบกับเครื่องอัดรีดทุกขนาดได้ อีกทั้งยังสร้างกราฟที่เรียกว่า Universal output-pressure-clearance โดยสมมติเครื่องอัดรีดขึ้นมา 2 ขนาดเพื่อใช้ในการคำนวณ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ค่าดัชนีกำลัง (Power law index) ซึ่งเป็นค่าคงที่ของของไหลนอนนิวโตเนียน มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องอัดรีดน้อยกว่าระยะสันเกลียวกับกระบอก (Flight clearance)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

S. Syrjälä (Syrjälä, 2000) ได้พัฒนาแบบจำลองการหลอมเหลวพลาสติกในเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวรูปแบบใหม่ และผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงกลไกการหลอมเหลวของพลาสติกได้ชัดเจน แต่แบบจำลองสามารถนำไปใช้ได้เฉพาะสกรูที่มีขนาดความลึกของสันเกลียวคงที่ตลอดแนวสกรูเท่านั้น

M. Renert, และ V. Jinescu, (Renert and Jinescu, 1974) ทำการคำนวณรูปแบบของความเร็ว อุณหภูมิ และความดัน ในช่วงหลอมเหลวของเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว โดยใช้วิธีแทนค่าอย่างต่อเนื่อง (Succesive method) ซึ่งจะกำหนดรูปแบบความเร็วขึ้นมาเพื่อหารูปแบบของอุณหภูมิ และค่าความดัน จากนั้นนำค่าความดันไปคำนวณรูปแบบของความเร็วในรอบการคำนวณต่อไป ผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่าควรจะมีช่วงของการผสมพลาสติกเหลว (Mixing zone) ในสกรู ณ ตำแหน่งที่เบดเม็ดพลาสติก (Plastic bed) ผ่านการหลอมไปแล้วครึ่งหนึ่ง

K. Wilczynski, (Wilczynski, 2001) พัฒนาโปรแกรม Single-screw extrusion model (SSEM) โดยครอบคลุมส่วนต่างๆของเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว ตั้งแต่ กรวยป้อน ช่วงการเคลื่อนที่ของของแข็ง ส่วนหลอมเหลว ช่วงการเคลื่อนที่ของพลาสติกเหลว จนไปถึงหัวดายซึ่งสามารถคำนวณอัตราการไหลโดยมวล รูปแบบของอุณหภูมิ ความดัน ขนาดของเบดพลาสติก การใช้พลังงาน และผลการคำนวณจะนำมาเปรียบเทียบค่าจากการทดลอง โดยใช้โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ กับเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร ผลการคำนวณปริมาณอัดรีดนั้นแตกต่างจากการทดลองประมาณ 4-10% แต่โปรแกรมนี้ยังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้กับพลาสติกชนิดอื่นๆ

Y. Fan, S. Dai และ R. I. Tanner (Fan, Dai and Tanner, 2003) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนืดของพลาสติกเหลวที่มีค่าคงที่ตามสมการยกกำลังตั้งแต่ 0.2 ถึง 0.3 พบว่าพลาสติกแต่ละชนิดนั้นมีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนืดของพลาสติกเหลวที่เป็นเอกลักษณ์ ซึ่งสามารถอธิบายโดยการใช้ทฤษฎีพลังงานกระตุ้น (Activation energy) ของอาร์รีเนียส (Arrhenius) ในการจัดเรียงตัวของโมเลกุล และค่าความหนืดของพลาสติกเหลวนั้นแปรผกผันอย่างมากกับค่าของอุณหภูมิที่ยกกำลัง 2 ถึง 3

สำหรับประเทศไทยแล้วการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานในกระบวนการอัดรีดโดยเฉพาะในเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวถือว่าเป็นเรื่องใหม่ ที่ยังไม่มีผู้ศึกษาอย่างจริงจังเมื่อเทียบกับต่างประเทศ จึงต้องมีการศึกษาความรู้ทางด้านนี้ เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาทั้งในด้านการผลิตเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวเพื่อส่งออก หรือ ในส่วนของกระบวนการอัดรีดพลาสติกต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของการใช้พลังงานในเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎี

1.4.1 สามารถจัดการการใช้พลังงานในเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

1.4.2 ผู้ออกแบบสามารถออกแบบเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวที่ประหยัดพลังงานได้

1.4.3 เป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอัดรีด

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ใช้เครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวจำนวน 1 เครื่อง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร และใช้หัวดายวงกลมขนาด 3 มิลลิเมตร จำนวน 2 รู

1.5.2 ใช้เม็ดพลาสติกสองชนิดคือ โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ และโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง

1.5.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของการใช้พลังงานในเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว ต้องมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าร้อยละ 15 เมื่อเทียบกับค่าที่วัดได้จากการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved