

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ปริญญานิพนธ์
ของ
ชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
เมษายน 2552

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ปริญญานิพนธ์

ของ

ชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

เมษายน 2552

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

บทคัดย่อ
ของ
ชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
เมษายน 2552

ชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข. (2552). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่า
ถุงพลาสติก. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร.
อาจารย์โอภาส สุขหวาน.

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่า
ถุงพลาสติกและศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
รายละเอียดของการฝึกอบรมประกอบด้วย 3 หมวดการเรียนรู้ ได้แก่ หมวดที่ 1 เรื่องความรู้
เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก หมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของ
เครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการ
ตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น และหมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่า
ถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ พร้อมทั้งสร้างแบบทดสอบวัดความรู้ในการใช้เครื่องจักรเป่า
ถุงพลาสติก และแบบประเมินความสามารถการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก โดยทั้งหมดได้
พิจารณาผ่านผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ามีความสอดคล้อง และมีความเชื่อมั่นจนสามารถนำไปทดลองกับ
พนักงานฝ่ายต่างๆ ที่มีความต้องการเข้าปฏิบัติงานฝ่ายการผลิตส่วนงานเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ของ
ห้างหุ้นส่วนจำกัดชินะชัยพลาย จำนวน 15 คน

ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า

1. ผลการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก เนื้อหาของหลักสูตร
มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้และเครื่องมือที่ใช้วัดผลด้านความรู้และ
ความสามารถการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมีคุณภาพและมีความสอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรม
การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

2. ผลสัมฤทธิ์ของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกที่ทดสอบ
ผู้วิจัยสามารถสรุปประสิทธิภาพของการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้ตาม
เกณฑ์ของสมมติฐานการวิจัยได้คือ ประสิทธิภาพของผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม
เท่ากับ 87.11 มากกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนดไว้คือ 85 และประสิทธิภาพของผู้เข้ารับการ
ฝึกอบรมหลังการฝึกอบรมเท่ากับ 90.73 มากกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนดไว้คือ 85 แสดงว่า
หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ฝึกอบรมกับ
พนักงานได้

TRAINING CURRICULUM DEVELOPMENT ON BLOWN FILM MACHINE

AN ABSTRACT

BY

CHUKIAT CHINPRADITSUK

Present in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University

April 2009

Chukiat Chinpraditsuk. (2009). *Training Curriculum Development on Blown Film Machine*. Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Pairust Vongyuttakrai, Mr. Ophat Sukwan.

The purpose of this research were to develop Training Curriculum on Blown Film machine an efficiency. The details of training course consist of three sections. Section one the basic knowledge of plastic Industry. Section two knowledge of components, duties and principle of the Blown Film machine process. Safety work and the basic methods of quality control. And section three Blown Film machine process and quality control. The researcher constructed the tests for Blown Film machine knowledge and the evaluation forms for using Blown Film machine. An experts consider the curriculum has a reliability and related with the objective requirement and can be try out with fifteen workmen of all department that want to entered to work in Blown Film machine production department of Chena Supply limited partnership.

The results of this research were.

1. Training curriculum development on Blown Film machine. Detail of the curriculum related and suitable with objective requirement. The Blown Film machine tests and evaluation forms were related with the training curriculum course.

2. The achievement of training curriculum development on Blown Film machine can be summarized that the efficiency of trainee during training course is 87.11 and after training course is 90.73 that higher than the standard efficiency requirement is 85. The achievement shows the training curriculum on Blown Film machine is efficient.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
ของ
ชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่.....เดือน พ.ศ. 2552

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

.....กรรมการ
(อาจารย์ โอภาส สุขหวาน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ โอภาส สุขหวาน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ อัมพร กุญชรรัตน์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์โอภาส สุขหวาน กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ตลอดจน อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล อาจารย์ อัมพร ภูณชรรัตน์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ท่านอาจารย์ทั้งสามท่านยังเป็นแบบอย่างของอาจารย์ที่เสียสละทุ่มเทเวลาและความรู้เพื่องานทางด้านวิชาการและเป็นที่กำลังใจที่ดีแก่ลูกศิษย์มาโดยตลอด ซึ่งผลจากการได้รับคำแนะนำที่ดี ทำให้ผู้วิจัยเกิดแรงบันดาลใจในการจัดทำปริญญานิพนธ์ที่เป็นตัวอย่างแก่นิสิตรุ่นหลัง และทำให้นิสิตได้รับประสบการณ์ในการจัดทำปริญญานิพนธ์เพื่อสามารถนำไปต่อยอดสร้างองค์ความรู้ในอนาคตได้ ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษาและคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และข้อเสนอแนะจนทำให้ผู้วิจัยสามารถประสบความสำเร็จในการจัดทำปริญญานิพนธ์ได้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล อาจารย์กัลยา ยอดดี อาจารย์กิตติ รัตนวารี อาจารย์ ดร.ชมพูนุท สุขหวาน คุณสมเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข คุณประสิทธิ์ ต่อมณี คุณชัยยง เอื้อนพรหมราช ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำที่ดีตลอดมา และขอขอบพระคุณท่านผู้บริหารห้างหุ้นส่วนจำกัดชินะชีพพลาย ที่เอื้อเฟื้อข้อมูล เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และสถานที่ที่ใช้ในการจัดการฝึกอบรม

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณดวงวิญญาณ คุณพ่อสมชาย และคุณแม่วิไลณ์ ชินประดิษฐ์สุข ขอขอบพระคุณญาติ พี่น้องครอบครัวชินประดิษฐ์สุข ครอบครัวปัทมะกลางคูล ครอบครัวรวยแท้ ครอบครัวศศิจินตรา และอาจารย์อุบลศรี อ่อนพลี ตลอดจนครอบครัวอันอบอุ่นของข้าพเจ้าและเพื่อนๆ ทุกคนที่ทำให้กำลังใจที่ดีเยี่ยมตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและดำเนินงานวิจัย

ชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก.....	3
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	3
ตัวแปร.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
กรอบแนวความคิดในงานวิจัย.....	5
สมมติฐานการวิจัย.....	5
2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
อุตสาหกรรมพลาสติก.....	6
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก.....	6
การเตรียมพลาสติกเพื่อเข้ากระบวนการผลิต.....	15
สารเติมแต่งและสารเสริม.....	24
วิธีพิสูจน์ชนิดของพลาสติกอย่างง่าย.....	26
กรรมวิธีการผลิตฟิล์มโดยการเป่า.....	33
เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก.....	34
การเอกซ์ทรูด.....	34
เครื่องเอกซ์ทรูด.....	35
อุปกรณ์ประกอบหลังการเอกซ์ทรูด.....	51
กระบวนการเป่าฟิล์ม.....	57
กระบวนการผลิตถุงพลาสติกเพื่อความปลอดภัย.....	57
การตรวจสอบคุณภาพถุงพลาสติก.....	59
การปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบ คุณภาพ.....	61

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม.....	69
กระบวนการพัฒนาหลักสูตร.....	69
แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์.....	77
กระบวนการฝึกอบรม.....	78
ความหมายของเทคนิคการฝึกอบรม.....	80
ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก.....	81
การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม	
การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก.....	81
การวัดผล.....	83
การประเมินผล.....	83
พฤติกรรมทางการศึกษา.....	85
แบบทดสอบ.....	87
การวิเคราะห์ข้อสอบ.....	89
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	91
งานวิจัยในประเทศ.....	91
งานวิจัยต่างประเทศ.....	94
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	96
การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก.....	98
การทดลองหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโดย	
ดำเนินการทดลองฝึกอบรมกับกลุ่มตัวอย่างที่เตรียมไว้.....	102
กำหนดแบบแผนการทดลอง.....	102
กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	102
ขั้นตอนการทดลอง.....	102
การศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก.....	104
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	104
การวิเคราะห์เครื่องมือ.....	104
สถิติที่ใช้ในงานวิจัย.....	107

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	110
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	116
สรุปผลการวิจัย.....	116
อภิปรายผล.....	118
ข้อเสนอแนะ.....	119
ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป.....	120
บรรณานุกรม.....	121
ภาคผนวก.....	124
ภาคผนวก ก วิเคราะห์หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก.....	125
ภาคผนวก ข หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก.....	149
ภาคผนวก ค แบบประเมินค่าความสอดคล้องและค่าความเชื่อมั่น.....	240
ภาคผนวก ง หนังสือขอความอนุเคราะห์.....	258
ภาคผนวก จ รายชื่อผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก.....	267
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	269

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงการพัฒนาการของพลาสติกที่ผลิตในเชิงพาณิชย์.....	7
2 ชื่อย่อของพลาสติกชนิดต่าง ๆ.....	11
3 คุณสมบัติที่ปรากฏเห็นด้วยตาของพลาสติกชนิดที่ใช้กันมาก.....	26
4 การแบ่งกลุ่มพลาสติกตามความหนาแน่น.....	27
5 สารละลายที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน.....	28
6 สารละลายและไม่ละลาย สำหรับเทอร์โมพลาสติก.....	28
7 ช่วงการหลอมละลายของเทอร์โมพลาสติกที่เป็นผลึกบางส่วน.....	30
8 ข้อสังเกตจากการติดไฟของเทอร์โมพลาสติก.....	31
9 ลักษณะที่เกิดขึ้นของถุงพลาสติก.....	60
10 ขนาดความกว้างและความหนาของถุงพลาสติก.....	68
11 แสดงผลการทดลองของผลสัมฤทธิ์รวมทั้งหมดของการฝึกอบรมหลักสูตร การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก.....	112
12 แสดงค่าประสิทธิภาพของพนักงานที่ทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมหมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก.....	113
13 แสดงค่าประสิทธิภาพของพนักงานที่ทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมหมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่อง จักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพ เบื้องต้น.....	113
14 แสดงค่าประสิทธิภาพของพนักงานที่ทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมหมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบ คุณภาพ.....	113
15 แสดงค่าประสิทธิภาพของพนักงานที่ทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรม โดยทดสอบทั้ง 3 หมวด.....	114
16 แสดงค่าประสิทธิภาพในความสามารถของการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติก.....	114
17 แสดงค่าประสิทธิภาพทั้งหมดของการฝึกอบรมโดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ ระหว่างฝึกอบรมกับหลังการฝึกอบรม.....	115

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวความคิดในงานวิจัย.....	5
2 เครื่องย่อยพลาสติกแบบต่างๆ.....	17
3 โมตัด	17
4 เครื่องผสมและนวด.....	18
5 เครื่องผสมสี.....	19
6 เครื่องผสมแบบ heat & cold mixer	20
7 เครื่องนวดภายใน.....	21
8 เครื่องผสมแบบ Co-Kneader	22
9 เครื่องผสมแบบ planet extruder.....	23
10 เครื่องทำเม็ดพลาสติกแบบร้อน.....	23
11 แผนภูมิของเครื่องเตรียมพลาสติกแบบอัตโนมัติในการทำให้เป็นพลาสติก เม็ดผสม.....	24
12 เครื่องเป่าฟิล์ม.....	33
13 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว.....	35
14 ลักษณะสกรูของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว.....	37
15 สกรูเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว.....	37
16 ส่วนหัวสกรู.....	37
17 ความดันของพลาสติกหลอมที่ส่วนต่างๆของสกรู.....	38
18 แสดงสกรูแบบสองชั้น (Two-Stage Venting Screws).....	38
19 แสดงตัวอย่างสกรูที่ใช้ในการผสม.....	39
20 ครอบก้นหน้าและท้าย.....	41
21 ลักษณะการสวมสกรูเข้าสู่ครอบ.....	41
22 ภาพตัดขวางแสดงตะแกรงกรอง แผ่นเบรกเกอร์และอะแดปเตอร์.....	42
23 อะแดปเตอร์.....	43
24 อะแดปเตอร์ตัวรองรับตะแกรง.....	43
25 ลักษณะการประกอบเข้าของอะแดปเตอร์กับชุดเบรกเกอร์.....	44
26 ชุดรองรับแรงเนื่องจากความดันของพลาสติกหลอม.....	45
27 มอเตอร์ขับ.....	46
28 ระบบเกียร์ทด.....	46
29 กรวยเติมพลาสติก.....	47

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
30 เครื่องดูดสูญญากาศ.....	47
31 แสดงลักษณะของสปินเนอร์ (Spinneret).....	48
32 แสดงฉายสำหรับการเอกซ์ทรูด.....	49
33 ชุดหัวตาย.....	49
34 เส้นของหัวตาย.....	49
35 แสดงฉายสำหรับการเอกซ์ทรูดที่ใช้ในการผลิตโพรไฟล์กลวง.....	50
36 ชุดให้ความร้อน.....	51
37 แสดงการควบคุมลูกโป่งในการหล่อเย็นภายใน.....	52
38 ลูกโป่งพลาสติกขนาดทำการหล่อเย็น.....	52
39 ชุดดึงฟิล์ม.....	53
40 ชุดม้วนฟิล์ม.....	54
41 ชุดปรับขนาดฟิล์ม.....	54
42 กรอบบีบลูกโป่งพร้อมลูกกลิ้งดึง.....	54
43 อุปกรณ์ม้วนฟิล์มแบบม้วนสัมผัส.....	55
44 เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก.....	56
45 เบรกเกอร์ควบคุมไฟฟ้าหลัก.....	61
46 เบรกเกอร์ชุดควบคุมตู้ไฟ.....	61
47 ชุดปรับอุณหภูมิหัวตายและมาตรวัดอุณหภูมิหัวตาย.....	62
48 ชุดปรับอุณหภูมิแผ่นความร้อนบริเวณกระบอกและมาตรวัดอุณหภูมิ แผ่นความร้อน.....	63
49 อินเวอร์เตอร์พร้อมสวิตช์ควบคุม.....	64
50 อินเวอร์เตอร์ควบคุมลูกกลิ้งชุดบนพร้อมสวิตช์ควบคุม.....	64
51 น้ำมันเกียร์เกรดผสมพิเศษ.....	65
52 สเปรย์ไล่ความชื้นหน้าคอนแทค.....	66
53 ตะแกรงที่ใช้สำหรับกรองสิ่งสกปรก.....	66
54 ไม้ฟุตเหล็กสำหรับวัดความกว้างถุงพลาสติก.....	67
55 เครื่องมือวัดความหนา-บางของถุงพลาสติก.....	68
56 ขณะทำการวัดความหนา-บางของถุงพลาสติก.....	68
57 ขณะทำการทดสอบความเหนียวของถุงพลาสติก.....	69
58 การพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์.....	71

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
59 การพัฒนาหลักสูตรของทาบา.....	73
60 การพัฒนาหลักสูตรแบบครบวงจร.....	75
61 สรุปแนวคิดการพัฒนาหลักสูตรของซูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข.....	76
62 วงจรของกระบวนการฝึกอบรมหรือระบบการฝึกอบรม.....	79
63 แผนภูมิการดำเนินการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติก.....	97
64 รูปแบบการทดลองแบบหนึ่งกลุ่มทดลองวัดสองครั้ง.....	102

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

พลาสติกเป็นวัสดุที่มีความจำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในยุคนี้มาก เราจะพบเห็นการใช้พลาสติกในอุตสาหกรรมทุกสาขา และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเกือบทุกกิจกรรม ตัวอย่างการใช้งานผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น ใช้ทำถังและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ทำชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักรกล เครื่องใช้สำหรับเกษตรกรรม ของใช้ในครัวเรือน เฟอร์นิเจอร์ บรรจุภัณฑ์ของยา อาหาร เครื่องดื่ม ทำเครื่องประดับ และเครื่องนุ่งห่ม ใช้ทำอุปกรณ์กีฬา เป็นส่วนประกอบของรถยนต์ เครื่องบิน ยานอวกาศ เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างอาคาร เป็นชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้า ส่วนประกอบของเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องใช้อื่นๆ อีกมากมาย (เจริญ นาคะสรรค์. 2547: 1) รวมถึงภาพสะท้อนทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวกับพลาสติกนั้นมีความเจริญเติบโตมากขึ้นโดยในไตรมาสที่ 1 ปี 2548 ผลิตภัณฑ์พลาสติกมีมูลค่าการส่งออกรวมทั้งสิ้น 422.4 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เพิ่มขึ้นร้อยละ 28.78 เมื่อเทียบกับไตรมาสที่ 4 ปี 2547 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 26.05 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น, สหรัฐอเมริกา, ฮองกง, สหราชอาณาจักร กลุ่มประเทศในอาเซียนและออสเตรเลีย สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าส่งออกสูงสุดคือ แผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนและแถบ ทุ้งและกระสอบพลาสติก และเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารพลาสติก มีสัดส่วนการส่งออกร้อยละ 29.3, 26.44 และ 4.52 ของมูลค่าส่งออกรวม (กระทรวงพาณิชย์. 2548: ออนไลน์) และมีแนวโน้มที่จะมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอีกในทุกๆ ปีโดยดูได้จากสถิติปีผ่านๆ มาและ จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบว่าอุตสาหกรรมแปรรูปพลาสติกนั้นมีการเจริญเติบโตมากอุตสาหกรรมพลาสติกจึงมีบทบาทอย่างมากในการสนับสนุนการผลิตให้กับอุตสาหกรรมต่างๆ อุตสาหกรรมพลาสติกจึงถือได้ว่าเป็น “ข้อต่อ” สำคัญที่เชื่อมโยงอุตสาหกรรมนานาประเภท ทั้งการเชื่อมโยงไปข้างหน้า (Backward Linkage) กับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และการเชื่อมโยงไปข้างหน้า (Forward Linkage) กับอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ มากมาย (บจ. ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2003)

ในการแปรรูปของอุตสาหกรรมพลาสติกนั้นจะได้ผลิตภัณฑ์พลาสติกออกมาหลายรูปแบบ ซึ่งการที่ได้ผลิตภัณฑ์พลาสติกมาหลายรูปแบบนั้นมาจากหลากหลายกระบวนการผลิตที่แตกต่างไปจากการที่ใช้เครื่องจักรที่แตกต่าง กระบวนการแปรรูปพลาสติกนั้นมีหลายรูปแบบ ได้แก่ การอัดรีดหรือการเอกซ์ทรูด (Extrusion Processes) การฉีดเข้าเบ้า (Injection Molding) กระบวนการเป่าขึ้นรูป (Blow Molding Processes) กระบวนการเป่าฟิล์ม (Blown Film Processes) การขึ้นรูปแผ่นพลาสติกโดยเทคนิคเทอร์โมฟอร์ม (Sheet Thermoforming Processes) การอัดและการอัดส่ง (Compression and Transfer Molding) การแปรรูปพลาสติกโดยเทคนิคเบ้าหมุน (Rotational Molding) กระบวนการหล่อพลาสติก (Casting Processes) (เจริญ นาคะสรรค์. 2547: 2)

จากประสบการณ์ของผู้วิจัยที่ได้ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมพลาสติกพบว่า เทคโนโลยีที่เข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการรวมถึงคุณภาพในตัวผลิตภัณฑ์ที่ลดลงทำให้ความเชื่อมั่นในตัวผลิตภัณฑ์ลดลง มีสาเหตุมาจากคนงานที่ทำงานในกระบวนการผลิตขาดความรู้และทักษะในการใช้เครื่องจักรทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ทำให้เครื่องจักรเสียหายจนต้องพักกระบวนการผลิต หรือสามารถผลิตได้แต่ทำให้ตัวผลิตภัณฑ์ชำรุด รวมถึงอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต เป็นเหตุให้ต้องหยุดสายการผลิตอีกเช่นกัน เหล่านี้ล้วนแต่เป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากตัวคนงานที่เข้ามาควบคุมเครื่องจักร ซึ่งคนงานเหล่านั้นควรได้รับการพัฒนาทางด้านศักยภาพในการทำงาน

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงทางสังคมเศรษฐกิจของโลกมีพลวัตสูง ความเจริญทางเทคโนโลยีเป็นส่วนหนึ่งในความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เป็นการเตรียมคนเพื่อให้พร้อมในความเจริญที่จะเกิดขึ้นในอนาคต หลักสำคัญของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ คือ จะต้องให้ความรู้และประสบการณ์ด้านวิชาการ การฝึกอบรมความรู้ที่ทันสมัยรวมทั้งการปลูกฝังคุณธรรมและจริยธรรมควบคู่กันไป เช่น การให้คนมีความรู้ จะต้องฝึกให้มีวินัยในการทำงานควบคู่กันไปด้วย (การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์. 2550: ออนไลน์) การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เป็นกระบวนการพัฒนาที่สำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งในการดำเนินการของแต่ละองค์กร เพราะมนุษย์เป็นตัวจักรสำคัญที่จะทำให้องค์กรนั้นเจริญรุ่งเรือง หยุดอยู่กับที่หรือเสื่อมลง ดังนั้นแต่ละองค์กรจึงมุ่งเน้นพัฒนาศักยภาพของมนุษย์ทั้งในและนอกระบบ (สมหวัง คุรุรัตน์. 2539: คำนำ) ซึ่งจากปัญหาที่พบในอุตสาหกรรมพลาสติกของประเทศไทย มีปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรมนุษย์ไม่ได้รับการพัฒนาทางด้านความรู้ที่ต้องใช้ในงานอุตสาหกรรมพลาสติกจึงทำให้คนงานไม่มีความรู้ในงานอย่างแท้จริง ส่งผลให้เกิดความเสียหายในกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก

จากปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นทางผู้วิจัยมีความเห็นว่าต้องรีบแก้ไขปัญหาดังกล่าวเพราะไม่เช่นนั้นอาจจะส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลนั้นการแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการสร้างความรู้และทักษะให้เกิดขึ้นได้หลายวิธี เช่น การนิเทศ การฝึกอบรม การสอนงาน การให้การศึกษาจากเอกสารหนังสือหรือคู่มือต่างๆ เป็นต้น ในขั้นตอนการเลือกเนื้อหาสาระนั้นต้องศึกษาวิเคราะห์ความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงาน คำนึงถึงความสำคัญของเนื้อหาสาระตลอดจนความกว้างลึกและลำดับของความรู้แต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน (วิชัย ดิสระ. 2535: 90-93) การพัฒนาคนโดยการฝึกอบรมเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยป้องกันการดำเนินงานผิดพลาด ทำให้บุคลากรมีความมั่นใจในการทำงานได้ถูกวิธีช่วยให้คุณภาพของงานออกมามีคุณภาพ (เรวัตร มีสถิต. 2549: 1) และกระบวนการฝึกอบรมนั้นต้องมีการควบคุมจากผู้ที่มีความรู้และทักษะ รวมถึงประสบการณ์จากปัญหาต่างๆ ที่เคยประสบมาเพื่อเป็นแนวทางในการอบรมให้คนงานที่จะเข้ามาควบคุมเครื่องจักรได้รับทราบก่อนการปฏิบัติงานจริง ด้วยเหตุผลที่ต้องการแก้ปัญหาที่กล่าวมานั้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก เพื่อที่จะนำมาใช้งานจริงโดยให้ฝ่ายบุคคลของโรงงานสามารถใช้อบรมคนงานที่ต้องการเข้ามาทำงานในกระบวนการผลิตได้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกสำหรับพนักงานฝ่ายการผลิต
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกสำหรับพนักงานฝ่ายการผลิต

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ จะได้หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกที่จะสามารถพัฒนาศักยภาพของพนักงานฝ่ายการผลิตให้มีทักษะในการทำงาน เพื่อให้ได้พนักงานที่มีประสิทธิภาพเข้ามาทำงานในองค์กรและเพิ่มกำลังการผลิตลดการสูญเสียอันเนื่องมาจากการขาดความรู้ของพนักงานอันมีผลทำให้องค์กรมีผลตอบแทนที่คุ้มค่า

ขอบเขตของการวิจัย

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

โครงสร้างและเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

จัดหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรมี สัดส่วนระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ มีการจัดประสบการณ์การฝึกอบรมเป็นกิจกรรมตาม จุดประสงค์การฝึกอบรมในภาคทฤษฎี และเพื่อให้ผู้เข้าอบรมมีโอกาสฝึกอบรมโดยลงมือปฏิบัติงานจริง

กำหนดเนื้อหาจากการวิเคราะห์และพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญแบ่งออกเป็น 3 หมวด ประกอบด้วย

หมวดที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก

หมวดที่ 2 ส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักร เป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น

หมวดที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร : พนักงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมถุงพลาสติก

กลุ่มตัวอย่าง : พนักงานที่ได้รับการคัดเลือกเพื่อเข้าทำงานกระบวนการผลิต โดยเครื่องจักร เป่าถุงพลาสติกของโรงงานอุตสาหกรรมพลาสติกห้างหุ้นส่วนชิชะพพลาย จำกัด จำนวน 15 คน

ตัวแปร

ตัวแปรที่ศึกษา คือ ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมายถึง กระบวนการสร้างหลักสูตรซึ่งประกอบด้วย วัตถุประสงค์ ขอบเขตเนื้อหา แผนการสอน และการวัดประเมินผลของหลักสูตร มีรายละเอียดที่ควรทราบดังนี้

หมวดที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก

ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติก หมายถึง ความเป็นมาของพลาสติก ประเภทของพลาสติกที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ การเรียกชื่อประเภทของพลาสติกที่สามารถนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมพลาสติกและรวมไปถึงการเตรียมวัตถุดิบเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิต

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกที่ใช้ในการผลิตถุงพลาสติก และการควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการทำงาน

หมวดที่ 2 ส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น

ความรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบและการใช้งานเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับกลไกเครื่องจักร การใช้ระบบควบคุมการผลิตด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเพิ่มความต่อเนื่องในการทำงานลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อผลิตภัณฑ์ และสามารถบำรุงรักษาเครื่องจักรเบื้องต้นได้

ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติตัวในการใช้เครื่องจักร สิ่งที่ต้องหลีกเลี่ยงเมื่อใช้เครื่องจักร ส่วนที่สามารถทำอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ เพื่อลดอุบัติเหตุในการทำงาน

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพ หมายถึง ความรู้เชิงทฤษฎีในการตรวจสอบคุณภาพเพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานตามเกณฑ์ส่งไปยังกระบวนการผลิตขั้นต่อไป

หมวดที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ

ทักษะเรื่องการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้โดยก่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุด

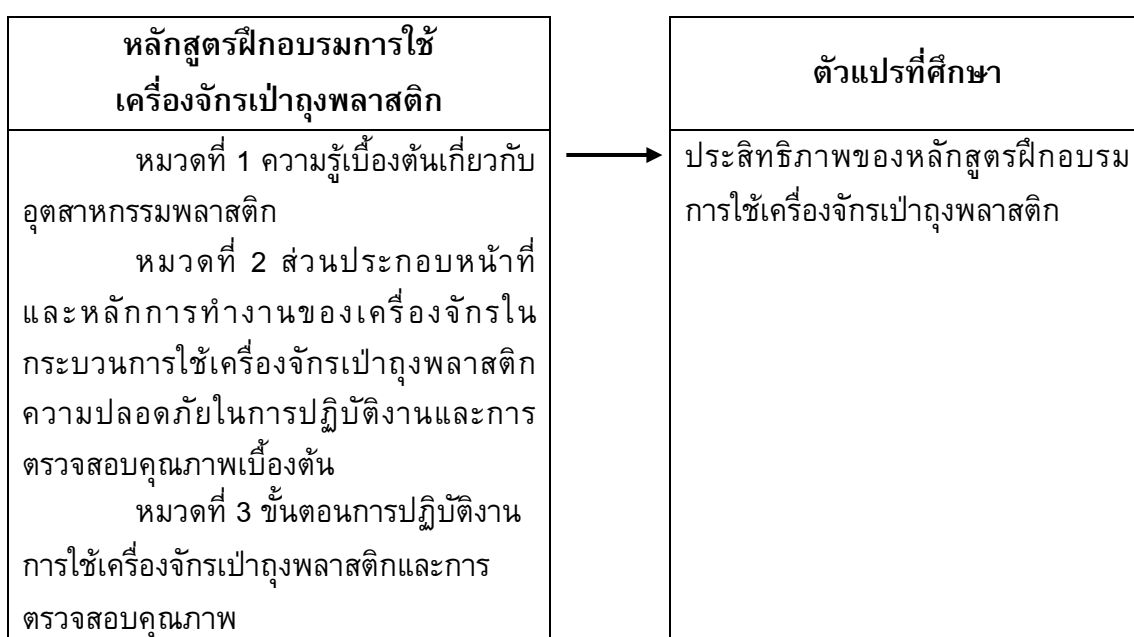
ทักษะเรื่องการตรวจสอบคุณภาพถุงพลาสติก หมายถึง ความรู้ในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนส่งเข้ากระบวนการผลิตขั้นต่อไป

2. ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมายถึง ความสามารถของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกที่สามารถถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการใช้งานและควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก โดยที่สามารถทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ได้สมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 85/85 โดยมีรายละเอียดดังนี้

85 แรก หมายถึง คะแนนของผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถตอบคำถามในแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมวัดความรู้ได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 85 โดยได้มีการแบ่งออกเป็นการฝึกอบรมภาคทฤษฎี และการฝึกอบรมภาคปฏิบัติ

85 หลัง หมายถึง คะแนนของผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถตอบคำถามในแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมวัดความรู้ได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 85 โดยได้มีการแบ่งออกเป็นการฝึกอบรมภาคทฤษฎี และการฝึกอบรมภาคปฏิบัติ

กรอบแนวความคิดในงานวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวความคิดในงานวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจะมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 85/85

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นประโยชน์ และกำหนดแนวทางของการวิจัยให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย โดยได้นำเสนอหัวข้อดังต่อไปนี้

1. อุตสาหกรรมพลาสติก
2. เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
3. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม
4. ประสิทธิภาพในการฝึกอบรม
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. อุตสาหกรรมพลาสติก

อุตสาหกรรมพลาสติกเป็นสิ่งที่อยู่ควบคู่กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเช่นเดียวกับ อุตสาหกรรมอื่นๆ เพราะความต้องการในการบริโภคเพิ่มขึ้นทำให้ผู้ผลิตจำเป็นต้องทำการผลิต เพิ่มขึ้นเช่นกัน และในกระบวนการผลิตจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรโดยมีมนุษย์เป็นผู้ควบคุม จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาศักยภาพทางการผลิตให้เพิ่มมากขึ้นด้วยวิธีการให้ความรู้ในรูปแบบต่างๆ ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก

1.1.1 บทนำ

พลาสติกเป็นวัสดุที่มีความจำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในยุคนี้มาก เราจะพบเห็นการใช้พลาสติกในอุตสาหกรรมทุกสาขา และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเกือบทุกกิจกรรม ตัวอย่างการใช้งานผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น ใช้ทำถังและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ทำชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักรกล เครื่องใช้สำหรับการเกษตรกรรม ของใช้ในครัวเรือน เฟอร์นิเจอร์ บรรจุภัณฑ์ของยา อาหาร เครื่องดื่ม ทำเครื่องประดับ และเครื่องนุ่งห่ม ใช้ทำอุปกรณ์ กีฬา เป็นส่วนประกอบของรถยนต์ เครื่องบิน ยานอวกาศ เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างอาคาร เป็นชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้า ส่วนประกอบของเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องใช้อื่นๆ อีกมากมาย

ความรู้เกี่ยวกับวัสดุพลาสติกและกระบวนการแปรรูปพลาสติก จึงมีความจำเป็นสำหรับผู้ ที่ศึกษา และทำงานในอุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นอย่างมาก ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ พลาสติก โดยจะอธิบายการพัฒนาการของการผลิตพลาสติกในเชิงพาณิชย์ได้แก่ การแบ่งชนิดของ พลาสติกโดยใช้หลักเกณฑ์ต่างๆ นอกจากนี้ เพื่อป้องกันความสับสนจากการเรียกชื่อย่อพลาสติก ชนิดต่างๆ จะแสดงทั้งชื่อทางวิทยาศาสตร์และชื่อย่อของพลาสติกชนิดต่างๆ

1.1.2 การพัฒนาการของพลาสติกที่ผลิตในเชิงพาณิชย์

พลาสติกนับเป็นวัสดุค่อนข้างใหม่ มีการวิวัฒนาการของการพัฒนาควบคู่มาทั้งกับยางและพอลิเมอร์ประเภทอื่นๆ พลาสติกสังเคราะห์ชนิดแรก คือ เบคคาไลท์ (Bakelite) ซึ่งผลิตจากปฏิกิริยาการควบแน่นของฟีนอลและฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งค้นพบโดย Leo Hendrick Bakeland ในปี ค.ศ. 1907 จุดเริ่มต้นของการพัฒนาเทคโนโลยีพลาสติก เริ่มจากการใช้วิธีการทางเคมีเปลี่ยนแปลงโมเลกุลพอลิเมอร์ธรรมชาติ คือ จากเซลลูโลสเป็นเซลลูโลสไนเตรต โดย Schonbein ในปี ค.ศ. 1846 ซึ่งต่อมาได้พัฒนาเป็นเซลลูลอยด์ และได้ผลิตขายในอุตสาหกรรมเป็นเชิงพาณิชย์ เพื่อใช้ทำฟิล์มถ่ายภาพและฟิล์มภาพยนตร์ นอกจากการค้นพบเบคคาไลท์ ซึ่งถือว่าเป็นยุคเริ่มต้นของการผลิตพอลิเมอร์สังเคราะห์ ยังมีการค้นพบพลาสติกชนิดอื่นๆ ที่มีความสำคัญ อีกหลายชนิด เช่น การค้นพบวิธีการสังเคราะห์พอลิเอทิลีนแบบความหนาแน่นต่ำ (LDPE) โดย Fawcett และ Gibson ที่บริษัท ไอซีไอ ประเทศอังกฤษ และได้ผลิตในเชิงพาณิชย์ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1939 การค้นพบวิธีการผลิตพอลิโพรไพลีน (PP) และการค้นพบวิธีการผลิตไนลอน โดยคาร์โรเธอร์ส (Carothers) เป็นต้น

ตาราง 1 แสดงการพัฒนาการของพลาสติกที่ผลิตในเชิงพาณิชย์

ปี ค.ศ.	ชนิดพลาสติก	ผู้ค้นพบ
1846	ทำไนเตรชันของเซลลูโลส	Schonbein
1868	เซลลูลอยด์ (เซลลูโลสไนเตรต)	Hyatt
1889	ทำเส้นใยจากเซลลูโลส	Hardonnet
1889	ทำฟิล์มถ่ายรูปจากเซลลูลอยด์	Reichenbach
1892	เส้นใยเรยอน	Cross, Bevan,
1907	ฟีนอล ฟอร์มัลดีไฮด์ (Bakelite)	Beadle
1907	ทำสารละลายเซลลูโลสอะซิเตท (Dope)	Bakeland
1908	ทำฟิล์มถ่ายรูปจากเซลลูโลสอะซิเตท	Doerfinger
1912	ทำแผ่นพลาสติกจากเซลลูโลสอะซิเตท (Cellophane)	-
1927	พอลิไวนิลคลอไรด์ (Poly (vinyl chloride))	-
1929	เรซินยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea-formaldehyde resins)	B.F. Goodrich
1931	พอลิเมทิลเมทาไครเลท (Polymethyl methacrylate)	-
1936	พอลิไวนิลอะซิเตท (Poly (vinyl acetate))	-
1936	พอลิไวนิลบิวไทเรท (Poly (vinyl butyrate))	-
1937	พอลิสไตรีน (Polystyrene)	-
1938	เส้นใยไนลอน-66	-
1939	เรซินเมลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ (Melamine-formaldehyde resins)	Carothers
1939		-
1942	พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene)	Fawcett และ Gibson

ตาราง 1 (ต่อ)

ปี ค.ศ.	ชนิดพลาสติก	ผู้ค้นพบ
1943	พอลิเอสเตอร์ไม่อิ่มตัว	Ellis และ Rust
	เรซินฟลูออไรด์คาร์บอน (Fluorocarbon resins (Teflon))	Plunket
1943	พอลิยูรีเทน (Polyurethanes)	Bayer
1947	เรซินอีพอกซี (Epoxy resins)	-
1948	โคพอลิเมอร์ของอะครีโลไนไตรน์ บิวตาไดอีน สไตรีน (ABS)	-
1950	เส้นใยพอลิอะครีโลไนไตรน์ (Polyacrylonitrile fibres)	-
1956	อะซีเทล (Polyoxymethylene (acetals))	-
1957	พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene)	
1957	พอลิโพรไพลีน (Polypropylene)	
1957	พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate)	
1962	เรซินพอลิอิมิด (Polyimide resins)	
1964	พอลิฟีนิลีนออกไซด์ (Poly (phenylene oxide))	
1965	พอลิซัลโฟน (Polysulfone)	
1970	พอลิบิวทีลีนเทอร์เฟทาเลท (Poly (butylenes terephthalate))	

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีข้อมูลของผู้ค้นพบในบรรณานุกรม

1.1.3 ชนิดของพอลิเมอร์

ในวงการศึกษและอุตสาหกรรมพอลิเมอร์ มักจะแบ่งกลุ่มของพอลิเมอร์ออกเป็นชนิดต่างๆ แต่ก่อนข้างมีความสับสนในการจัดกลุ่ม เนื่องจากมีการใช้หลักเกณฑ์ในการแบ่งที่แตกต่างกัน ดังนั้นในบทนี้จะอธิบายและรวบรวมลักษณะการจัดกลุ่มของพอลิเมอร์ โดยใช้หลักเกณฑ์แบบต่างๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความสับสน ในการเรียกชื่อกลุ่มของพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปในบทต่อไป โดยทั่วไปการเรียกชื่อพอลิเมอร์ จะใช้หลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1.1.3.1 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามแหล่งกำเนิด

โดยใช้แหล่งกำเนิดเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งพอลิเมอร์ออกเป็น 2 ชนิด คือ

- พอลิเมอร์ธรรมชาติ (natural polymers) เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ เช่น เนื้อไม้ เส้นใยธรรมชาติ (ฝ้าย และไหม เป็นต้น) โปรตีน และไบโอพอลิเมอร์ เป็นต้น
- พอลิเมอร์สังเคราะห์ (synthetic polymer) ได้มาจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ของโมโนเมอร์ เช่น พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน และพอลิเอสเตอร์ เป็นต้น

1.1.3.2 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน

อาศัยเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนหรือรูปแบบการแปรรูปที่แตกต่างกัน สามารถแบ่งพอลิเมอร์ออกเป็น 2 ชนิด คือ

- เทอร์โมพลาสติก (thermoplastics) คือ พอลิเมอร์ที่สามารถนำกลับไปหลอมใหม่หลังจากผ่านกระบวนการแปรรูป โดยที่สมบัติของพอลิเมอร์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ตัวอย่างพอลิเมอร์ในกลุ่มนี้ เช่น พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน พอลิไวนิลคลอไรด์ พอลิเอทิลีนเทอเรพทาเลท (PET) และ พอลิซินโฟน เป็นต้น

- เทอร์โมเซต (thermosetting) คือ พอลิเมอร์ที่หลังจากผ่านการแปรรูปแล้ว จะแข็งตัวอย่างถาวร เนื่องจากเกิดการเชื่อมโยง (cross-linking) และเกิดเป็นร่างแหของพอลิเมอร์ (polymer network) การให้ความร้อนแก่พอลิเมอร์ชนิดนี้หลังการแปรรูปแล้ว ไม่สามารถหลอมได้อีก แต่ถ้าให้ความร้อนสูงและติดต่อกันเวลานานๆ จะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพและการออกซิเดชัน ซึ่งจะได้ถ่านเป็นผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเทอร์โมเซต เช่น ฟีนอลิก เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ ยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการวัลคาไนเซชันแล้ว และอีพอกซี เป็นต้น

1.1.3.3 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามลักษณะการประยุกต์ใช้งาน

สามารถแบ่งพอลิเมอร์ตามการประยุกต์ใช้งาน ออกเป็น 3 ชนิด คือ

- พอลิเมอร์ใช้งานในปริมาณสูง (commodity polymers) เป็นกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีการใช้ในปริมาณสูงมาก ใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต่อชีวิตประจำวันรูปแบบต่างๆ เช่น ถังใส่ของ กล่องและฟิล์มสำหรับบรรจุอาหาร ของเล่นเด็ก ท่อ และขวดชนิดต่างๆ ซึ่งพอลิเมอร์ในกลุ่มนี้ไม่ต้องการสมบัติเชิงกล (เช่น การทนต่อแรงดึง) ที่สูงมากนัก ตัวอย่างพอลิเมอร์ในกลุ่มนี้ เช่น พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน และพอลิโพรไพลีน ปริมาณการใช้พลาสติกในกลุ่มนี้จะสูงมาก กล่าวคือ ประมาณ 65 ถึง 70% ของปริมาณการใช้พลาสติกทั้งหมด

- พอลิเมอร์ที่ใช้ในงานวิศวกรรม (engineering polymers) เป็นกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีสมบัติเชิงกลดี และมีความทนทานที่อุณหภูมิสูงดี มักจะนำมาใช้แทนชิ้นส่วนโลหะชนิดต่างๆ เช่น เฟือง เกียร์ ตัวรองรับเพลลา (bearing) และชิ้นส่วนภายนอกของเครื่องยนต์ เป็นต้น ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ในงานวิศวกรรม เช่น ไนลอน พอลิคาร์บอเนต (PC) พอลิอะซิเตล (POM) และพอลิบิวทีนเทอเรพทาเลท (PBT) เป็นต้น พลาสติกในกลุ่มนี้มีราคาสูงกว่าพลาสติกในกลุ่มแรกประมาณ 2 ถึง 10 เท่า แต่มีปริมาณการใช้งานค่อนข้างน้อย กล่าวคือ ประมาณ 15 ถึง 20% ของปริมาณการใช้งานพลาสติกทั้งหมด

- พอลิเมอร์ที่ใช้ในงานสมรรถนะสูง (high performance polymers) เป็นกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีความแข็งแรง และความทนทานต่อความร้อนสูงมาก ใช้กับงานที่ต้องการสมบัติเชิงกลดีเยี่ยม พอลิเมอร์ในกลุ่มนี้จะมีราคาแพงมาก และใช้งานในปริมาณน้อยเท่านั้น ตัวอย่างพอลิเมอร์ เช่น พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน (polyetherether ketone, PEEK) พอลิอีเทอร์อิมิด (polyether imide, PEI) พอลิพาราฟีนิลีน (polyparaphenylene, PPP) และพอลิเมอร์ผลึกเหลว (liquid crystal polymer, LCP) เป็นต้น

1.1.3.4 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามอุตสาหกรรมการผลิตและชนิด

ผลิตภัณฑ์

เป็นการแบ่งพอลิเมอร์ตามลักษณะสมบัติของผลิตภัณฑ์ และอุตสาหกรรมการผลิตที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแบ่งพอลิเมอร์ออกเป็นหลายชนิด ดังนี้ คือ

พลาสติก

เป็นพอลิเมอร์ที่เป็นของแข็งที่สามารถคงรูปร่างได้ ภายใต้สภาวะที่มีแรงกดและที่อุณหภูมิใช้งาน แต่จะเป็นของไหลหนืด (viscous flow) ที่อุณหภูมิที่ทำการแปรรูป สามารถแบ่งพลาสติกออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะเฉพาะของการแปรรูป หรือพฤติกรรมในกระบวนการแปรรูปเมื่อได้รับความร้อน คือ เทอร์โมพลาสติก และเทอร์โมเซต

ยางอีลาสโตเมอร์ (Elastomer)

อีลาสโตเมอร์จะเกิดการยืดตัวภายใต้สภาวะของแรงกด และหดตัวกลับได้เมื่อหยุดกระทำที่อุณหภูมิที่ใช้งาน พอลิเมอร์ที่เป็นอีลาสโตเมอร์ มีทั้งพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ เช่น ยางธรรมชาติ และพอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (SBR) ยางบิวตาไดอีน (BR) ยางบิวไทล์ ยางเอทิลีนโพรไฟลีน (EPR) และยางคลอโรพรีน (CR) เป็นต้น

เส้นใย (Fibers)

เส้นใยเป็นพอลิเมอร์ที่ผ่านกระบวนการปั่น (spinning process) โดยการดึงให้เป็นเส้นที่มีความยาวแต่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก หรือดึงให้มีอัตราส่วนการดึง (draw ratio) สูง (draw ratio = เส้นผ่าศูนย์กลางเริ่มต้น/เส้นผ่าศูนย์กลางสุดท้าย) อิทธิพลการดึงทำให้เกิดผลึกในปริมาณสูง ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงต่อหน่วย (strength-per-unit area) สูงมาก เส้นใยมีทั้งเส้นใยธรรมชาติ เช่น เส้นใยไหม เส้นใยจากฝ้าย และเส้นใยขนสัตว์ เป็นต้น เส้นใยดัดแปลงผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เช่น เรยอน (ผลิตจากเซลลูโลส) และเส้นใยสังเคราะห์ เช่น เส้นใยพอลิเอสเตอร์ ไนลอน เส้นใยจากพอลิโพรไฟลีน และเส้นใยอะคริลิก เป็นต้น เส้นใยเหล่านี้มักจะใช้งานในงานทอเครื่องนุ่งห่ม และของใช้ต่างๆ ยังมีกลุ่มเส้นใยอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการใช้เป็นวัสดุเสริมแรง (reinforcing materials) ในการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบ (composite polymers) เพื่อใช้ในงานทางวิศวกรรมด้านต่างๆ เช่น เส้นใยอะรามิด (Aramid fibers) เส้นใย เส้นใยแกรไฟท์ (graphite fiber) เส้นใยพอลิเอทิลีน และเส้นใยไนลอน เป็นต้น

วัสดุเคลือบผิว (Surface coating)

เป็นพอลิเมอร์ที่สามารถเกิดแผ่นฟิล์มบนผิวของวัสดุแข็ง นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสี เพื่อช่วยให้สีติดผิวได้ดี และมีความทนทานต่อสภาวะที่ใช้งาน ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่ใช้งานในกลุ่มนี้ เช่น อิมัลชันของพอลิอะคริลิก อะคริลิกโคพอลิเมอร์ อิมัลชันของไวนิลอะซิเตท อัลคิเดเรซิน และน้ำยางสไตรีนบิวตาไดอีนผสมกับน้ำมันชนิดต่างๆ เป็นต้น

กาว (Adhesives)

กาวเป็นผลิตภัณฑ์ของพอลิเมอร์ ที่สามารถเกิดเป็นฟิล์มและเกิดพันธะเคมีกับพื้นผิวได้ดี มักใช้เชื่อมระหว่างผิวสองชนิดหรือผิวประจัญ (อินเทอร์เฟซ) ของวัสดุ ตัวอย่างวัสดุที่ใช้ทำกาว เช่น ซิลิโคน พอลิอะคริลิก พอลิยูรีเทน อีพอกซี และไซยาโน-อะคริเลท (super glue) เป็นต้น

ฟองน้ำ (Foams)

เป็นผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่ทำให้เกิดรูพรุน โดยการใช้สารทำให้เกิดฟอง (foaming agents) หรือใช้เทคนิคการตีผสม ผลิตภัณฑ์ฟองน้ำอาจมีความหนาแน่นต่ำมาก คือ ประมาณ 0.05 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร นิยมใช้ในงานที่ต้องการความเบา เป็นฉนวนความร้อนและไฟฟ้า ทำหุ่น ทำเฟอร์นิเจอร์ ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่สามารถผลิตฟองน้ำได้ เช่น พอลิสไตรีน พอลิยูรีเทน โคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลอะซิเตต (EVA) พอลิไวนิลคลอไรด์ และยางธรรมชาติ เป็นต้น

พอลิเมอร์เชิงประกอบ (Polymer Composites)

เป็นวัสดุที่ได้จากการผสมวัสดุตั้งแต่สองชนิด ที่มีลักษณะต่างกันเข้าด้วยกัน วัสดุที่เป็นพอลิเมอร์เรียกว่า เมทริกซ์ (matrix) ใช้เป็นเฟสต่อเนื่องของวัสดุอีกชนิดหนึ่งคือ วัสดุเสริมแรง (reinforcing agents) ซึ่งมักจะเป็นเส้นใย และสารตัวเติมผงละเอียด (particulate fillers) ตัวอย่างของพอลิเมอร์ที่นิยมนำมาใช้เป็นเมทริกซ์ ในการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบ เช่น อีพอกซี และพอลิเอสเตอร์ เป็นต้น

1.1.4 ชื่อย่อของพลาสติก

ในวงการการศึกษาและอุตสาหกรรมพลาสติก มักจะเรียกชื่อพลาสติกโดยการใช้ชื่อย่อเพื่อความสะดวก ดังนั้น ชื่อย่อของพลาสติกจะถูกกำหนดโดยมาตรฐานต่างๆ คือ ใน ASTM D 1600-83⁽¹⁾ BS 3502⁽⁴⁾ DIN 7728⁽⁵⁾ และ ISO 1043⁽⁸⁾ ในบทนี้จะรวบรวมชื่อย่อของพลาสติกชนิดที่รู้จักกันโดยทั่วไป โดยมีรายละเอียดแสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ชื่อย่อของพลาสติกชนิดต่างๆ

ชื่อย่อ	ชนิดพลาสติก
ABS	Acrylonitrile-butadiene styrene terpolymer
ACS	Acrylonitrile-chlorinated polyethylene styrene terpolymer
APO	Amorphous polyolefin
AS	Acrylonitrile styrene copolymer
ASA	Acrylonitrile styrene acrylate terpolymer
BMC	Bulk molding compound
CA	Cellulose acetate
CAB	Cellulose acetate butyrate
CAP	Cellulose acetate propionate
CN	Cellulose nitrate (celluloid)
CPE	Chlorinated polyethylene
CPVC	Chlorinated polyvinyl chloride

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อย่อ	ชนิดพลาสติก
CTA	Cellulose triacetate
CTFE	Chlorotrifluoroethylene
DAP	Diallyl phthalate (thermoset)
EAA	Ethylene acrylic acid copolymer
EC	Ethyl cellulose
ECTFE	Ethylene chlorotrifluoroethylene
EMAC	Ethylene-methyl acrylate copolymer
EnBA	Ethylene n-butyl acetate
EP	Epoxy
EPS	Expandable polystyrene
ETFE	Ethylene tetrafluoroethylene
EVA	Ethylene vinyl acetate
EVAC	Ethylene/vinyl acetate copolymer
EVOH	Ethylene vinyl alcohol
FEP	Fluorinated ethylene propylene
FRP	Fiber reinforced plastic
HDPE	High density polyethylene
HIPS	High impact polystyrene
HMC	High strength molding compound
HMWHDPE	High molecular weight high density polyethylene
I	Ionomer
IPN	Interpenetrating polymer network
LCP	Liquid crystal polymer
LDPE	Low density polyethylene
LLDPE	Linear low density polyethylene
MABS	Methyl methacrylate/ABS copolymer
MBS	Methyl methacrylate butadiene styrene terpolymer
MDPE	Medium density polyethylene
MF	Melamine formaldehyde
MP	Melamine phenolic

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อย่อ	ชนิดพลาสติก
OSA	Olefin modified styrene acrylonitrile
P	Phenolic
PA	Polymide (nylon)
PAA	Poly acetic acid
PAI	Polyamide-imide
PAEK	Polyaryletherketone
PAK	Polyester alkyd
PAN	Polyacrylonitrile
PARA	Polyaryl amide
PAS	Polyarylsulfone
PBN	Polybutylene naphthalate
PBS	Polybutadiene styrene
PBT	Polybutylene terephthalate
PC	Polycarbonate
PC/ABS	Polycarbonate/acrylonitrile butadiene styrene blend
PCL	Polycaprolactone
PCT	Polycyclohexylene terephthalate
PCTFE	Polymonochlorotrifluoroethylene
PEEK	Polyetheretherketone
PEI	Polyetherimide
PEK	Polyetherketone
PEKEKK	Polyetherketone etherketone ketone
PEKK	Polyetherketoneketone
PEN	Polyethylene naphthalene
PEO	Polyethylene oxide
PES	Polyethersulfone
PET	Polyethylene terephthalate
PET-G	Glycol modified polyethylene terephthalate
PI	Polyimide

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อย่อ	ชนิดพลาสติก
PMMA	Polymethylmethacrylate (acrylic)
PMS	Paramethylstyrene
PO	Polyolefin
POM	Polyoxymethylene, Polyacetal, Polyformaldehyde (acetal)
PP	Polypropylene
PPA	Polyphthalamide
PPC	Chlorinated polypropylene
PPC	Polyphthalate carbonate
PPE	Polyphenylene ether
PPO	Polyphenylene oxide
PPOX	Polypropylene oxide
PPS	Polyphenylene sulfide
PPSU	Polyphenylene sulfone
PPT	Polypropylene terephthalate
PS	Polystyrene
PS-b-PI	Polystyrene/polyisoprene block copolymer
PSO.PSU	Polysulfone
PTFE	Polytetrafluoroethylene
PTMT	Polytetramethylene terephthalate
PU.PUR	Polyurethane
PVA	Polyvinyl alcohol (sometimes polyvinyl acetate)
PVAc	Polyvinyl acetate
PVB	Polyvinyl butyryl
PVC	Polyvinyl chloride
PVDC	Polyvinylidene chloride
PVDF	Polyvinylidene fluoride
PVF	Polyvinyl fluoride
PVOH	Polyvinyl alcohol
PVP	Polyvinyl pyrrolidone
SAN	Styrene acrylonitrile
SMA	Styrene maleic anhydride copolymer
SMC	Sheet molding compound

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อย่อ	ชนิดพลาสติก
SMMA	Styrene methyl methacrylate
TPE	Thermoplastic elastomer
TMC	Thick molding compound
TPU	Thermoplastic urethane
UF	Urea formaldehyde
UHMWPE	Ultrahigh molecular weight polyethylene
ULDPE	Ultra low density polyethylene
UP.UPE	Unsaturated polyester (thermoset)
VA	Vinyl acetate
VAE	Vinyl acetate ethylene
VLDPE	Very low density polyethylene
XDPE	Cross-linkable low density polyethylene
XPS	Expandable polystyrene

จากการศึกษาทฤษฎีเบื้องต้นของพลาสติกผู้วิจัยได้ใช้การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามลักษณะการประยุกต์ใช้งานเพื่อที่จะสามารถแยกแยะประเภทของพลาสติกว่าควรจะเรียกพลาสติกเพื่อใช้งานว่าเป็นชนิดใด ในงานวิจัยนี้ใช้ประเภทของพอลิเมอร์คือพอลิเมอร์ใช้งานในปริมาณสูง (เช่น การทนต่อแรงดึง) ที่สูงมากนัก เป็นกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีการใช้ในปริมาณสูงมาก ใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต่อชีวิตประจำวันรูปแบบต่างๆ เช่น ถังใส่ของ กล่องและฟิล์มสำหรับบรรจุอาหาร ของเล่นเด็ก ท่อ และขวดชนิดต่างๆ ซึ่งพอลิเมอร์ในกลุ่มนี้ไม่ต้องการสมบัติเชิงกล ในการผลิตถุงพลาสติกชนิดของพลาสติกที่เหมาะสมใช้กับเครื่องเป่าที่เราทำการวิจัยนั้นมีชื่อว่า High density polyethylene (ไฮเดนซิติ์พอลิเอทิลีน) หรือเรียกย่อๆ ว่า HDPE

1.2 การเตรียมพลาสติกเพื่อเข้ากระบวนการผลิต

คำว่า “เตรียม” ในเทคนิคการทำงานพลาสติก หมายถึง ขั้นตอนที่สำคัญในการเตรียมพลาสติกซึ่งอยู่ในลักษณะวัตถุดิบให้พร้อมที่จะนำมาผลิตเป็นชิ้นงานได้ ซึ่งประกอบด้วยการทำเป็นเม็ดผสม (compound) ซึ่งจะทำในขณะที่เป็นของแข็ง หรือผสมขณะที่เป็นของเหลว

น้อยครั้งที่จะมีการนำเอาพลาสติกที่ออกมาจากถังปฏิกิริยามาทำงาน หรือนำมาใช้ได้ทันที โดยปกติจะต้องนำมาผสมกับสารเสริมคุณสมบัติต่างๆ ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุทางเทคนิคที่มีคุณสมบัติต่างๆ ตามต้องการ

ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงกรรมวิธีการเตรียมพลาสติกโดยทั่วๆ ไปเท่านั้น จะไม่เจาะจงลงไปถึงพลาสติกอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะมีกรรมวิธีเตรียมพลาสติกหลายอย่างที่รวมกันอยู่กับกระบวนการผลิตสารพลาสติกโดยตรง

การผลิต thermoplastic โดยกรรมวิธี polymerization ผลผลิตที่ออกมาส่วนใหญ่จะเป็นผงซึ่งยากแก่การนำไปผลิตได้ทันที จึงได้มีการทำให้เป็นเม็ดเพื่อให้สามารถนำไปเข้ากระบวนการผลิตขึ้นงานได้ง่ายซึ่งโดยปกติบริษัทผู้ผลิตพลาสติกจะเป็นผู้เตรียมการขึ้นนี้ออกมาจำหน่าย ส่วน PVC นั้นมีข้อยกเว้น เพราะสามารถปรับปรุงให้มีคุณสมบัติแตกต่างกันได้มาก โดยการเติมส่วนผสมต่างๆ และวัสดุเสริมเข้าไป ซึ่งจะเป็นการประหยัด ถ้าบริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จาก PVC มากกว่า 30 ตันเดือน จะมีเครื่องเตรียมพลาสติกของตัวเอง ส่วนผสมของ PVC จะประกอบด้วย PVC ชนิดอื่นๆ (ที่ได้จากกรรมวิธี polymerization ต่างๆ) ผสมสารป้องกันแสงและความร้อน (UV and heat stabilizer) สารหล่อลื่นภายนอกและภายใน สารทำให้อ่อน (softener) สี และสารเสริม การเตรียมสารผสมก็เช่นเดียวกัน บริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกหลายบริษัทจะเตรียมเองการเติมสารเสริมจะมีปริมาณตั้งแต่ 0.01%-50% ของพลาสติก และผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

โดยปกติแล้วจะแยกกันว่าการผสมแห้งเรียกว่าการผสม (blending) แต่ถ้าเป็นการผสมในขณะที่พลาสติกเหลวเรียกว่า การผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenizing)

เพื่อให้การผสมในสภาพแห้งง่ายขึ้น จำเป็นจะต้องใช้วัสดุที่เป็นผงละเอียดผสมกับสารผสมพลาสติกบางชนิดที่จะนำมาผสมจะต้องย่อยให้ได้มีขนาดเล็กสม่ำเสมอ

1.2.1 การย่อย

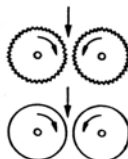
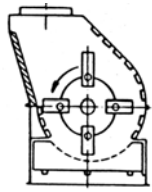
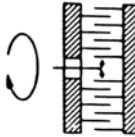
การย่อย หมายถึง การลดขนาดของพลาสติกแข็งโดยวิธีกล

ในการย่อยจะทำให้ได้พลาสติกที่มีขนาดเล็ก แตกต่างกันตามต้องการ

ถ้าจะต้องมีการแยกพลาสติกเม็ดหยาบออกจากเม็ดละเอียด เช่น ทำให้งานขึ้นต่อไปสะดวกยิ่งขึ้นจึงต้องมีการกรองประกอบเข้าไปด้วย

เหตุผลที่จำเป็นต้องย่อยพลาสติกมีหลายอย่าง เช่น เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสเมื่อทำการผสมทำให้อบแห้งได้ดี ป้อนเข้าเครื่องได้ อย่างสม่ำเสมอ หลอมละลายได้เร็ว เป็นต้น เครื่องย่อยพลาสติกมีหลายชนิด ซึ่งสร้างไว้ให้เหมาะสมกับชนิดของพลาสติก ตัวอย่างเครื่องย่อยที่ควรรู้จัก คือ เครื่องรีย่อย โมตี โมกวน โมตัด โมแท่ง และโมรีด

เครื่องรีย่อยจะใช้สำหรับการย่อยพลาสติกแข็งเปราะได้เท่านั้น สำหรับการย่อยจะต้องใช้โมบด ในการที่จะเลือกใช้โมชนิดใดขึ้นอยู่กับว่าต้องการความละเอียด หรือความสม่ำเสมอของเม็ดพลาสติกขนาดไหน

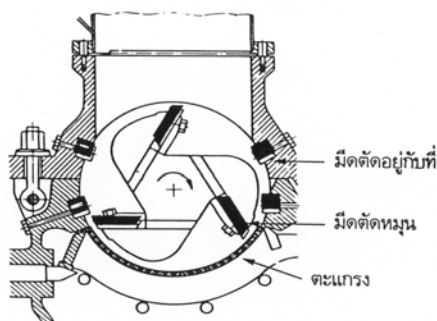
เครื่อง	เครื่องรีดย่อย	โมตี	โมอัด	โมแท่งตี
สภาพของพลาสติก				
เปราะ				
เหนียว				
elastic				
เหมาะสำหรับ	PS, PF	PS, PF, PMMA	PVC, PE, PP, PA	

ภาพประกอบ 2 เครื่องย่อยพลาสติกแบบต่างๆ

ที่มา: บรรณารักษ์. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 27.

ลักษณะการทำงานของเครื่องย่อยต่างๆ แตกต่างกัน ดังเช่นเครื่องรีดย่อยใช้แรงตัด ไม่ตัด ใช้การตัดเฉือน และเครื่องโมแท่งใช้การตีให้กระจายและการเสียดสี

เนื่องจากโมตัดมีใช้มากในการย่อยพลาสติก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะใช้ในการย่อยเศษพลาสติกหรือชิ้นงานที่เสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จึงจะกล่าวถึงให้ละเอียดยิ่งขึ้น



ภาพประกอบ 3 โมตัด

ที่มา: บรรณารักษ์. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 27.

ภาพประกอบ 3 เป็นโมตัดซึ่งประกอบด้วยเรือนเหล็กหล่อที่มั่นคง มีคมตัดติดอยู่กับเรือน 4 ตอนล่างจะมีตะแกรงประกอบอยู่ วัสดุที่จะตัดส่งเข้าทางปล่องข้างบน ตรงกลางจะมีเพลาลูกกลิ้งที่มีคมตัดติดอยู่ 3 เล่ม เศษพลาสติกที่ใส่ลงไปจะถูกมีดหมุนจับ และนำไปตัดกับมีดซึ่งติดอยู่กับเรือนเครื่อง โดยเครื่องจะทำงานช้าๆ ไปจนกว่าพลาสติกจะละเอียดพอที่จะลอดตะแกรงได้ ความเร็วตัดจะอยู่ระหว่าง 12-14 m/s ระยะห่างระหว่างมีดหมุนและมีดอยู่กับที่ประมาณ 0.25-0.5 mm โมตัดมีขนาดทำงานได้ตั้งแต่ 10 kg/h จนถึง 2,500 kg/h

1.2.2 การผสม

การผสม คือ การนำวัสดุต่างชนิดมารวมกัน และเฉลี่ยให้เข้ากันโดยการให้วัสดุเคลื่อนที่คลิกเคลื่อนกันจะได้สภาพการผสมที่ต้องการ

โดยการหมุนไปกวนในถังเปิดหรือปิดจะทำให้เกิดการกระแทกและเสียดสีกัน เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งจะผสมเข้ากันดี ซึ่งจะมีเครื่องผสมแบบต่างๆ ที่เหมาะสำหรับชนิดและขนาดของพลาสติก

ในการผลิตพลาสติกเหลวหรือเหนียว เช่น PVC เหลว จะต้องใช้เครื่องกวน โดยปกติแล้วเครื่องผสมแบบรีจะเป็นถังทรงกระบอก และใบพัดกวนที่ยกขึ้นลงได้ในแนวตั้ง ซึ่งถังนี้อาจจะเป็นสองชั้นใช้สำหรับให้ความร้อน หรือหล่อเย็นได้ตามต้องการ บางครั้งมีความจำเป็นที่ต้องผสมพลาสติกเหลวที่มีความหนืดสูงที่ยอมให้มีอากาศผสมอยู่ได้เพียงเล็กน้อย จะต้องมีการดูดอากาศออก แบบนี้จะต้องเป็นเครื่องผสมแบบปิดที่มีเกจวัดความดันและข้อต่อสำหรับปั๊มสุญญากาศติดเอาไว้

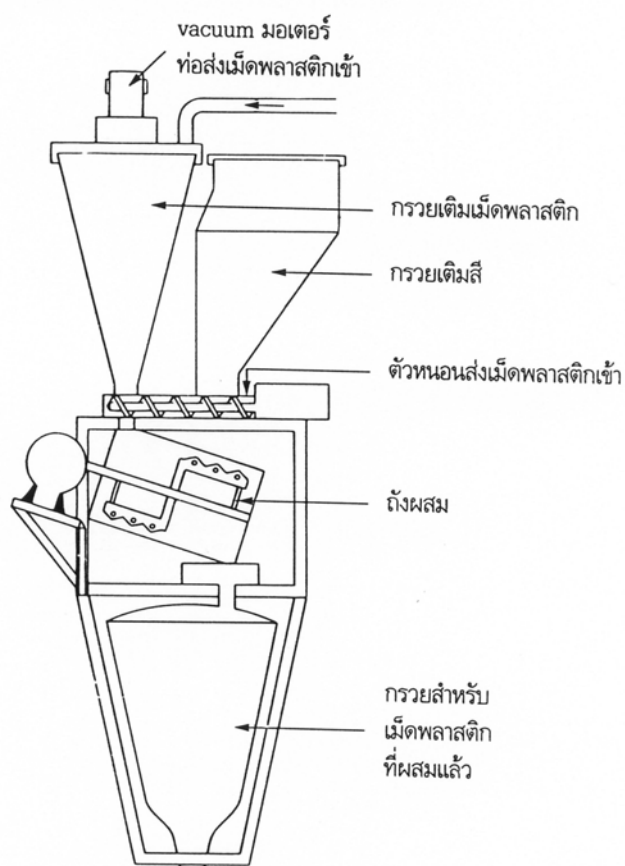
กรรมวิธี ของเครื่องผสม	ทำงานไม่ต่อเนื่อง						ต่อเนื่อง
	ถังกวน	ถังหมุน แกว่ง	ใบผสม	เป่าฟุ้ง กระจาย	นวดผสม	รีดผสม	นวดด้วย เกลียวหนอน
สภาพ ของวัสดุ							
▲ วัสดุดิบ ● สารเติม							
ผง	▲	●					
เหนียวหนืดมาก	▲	●					
หนืดน้อย	▲	●					
เหมาะสำหรับ	PVC-Paste UP	PS, PE, PP, PMMA	PVC แข็ง และอ่อน	PVC แข็ง และอ่อน	PVC	PE, PVC	เทอร์โม พลาสติกทั้งหมด

ภาพประกอบ 4 เครื่องผสมและนวด

ที่มา: บรรณานุกรม. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 28.

เครื่องผสมที่เหมาะสมเป็นพิเศษสำหรับการผสมพลาสติกที่มีขนาดต่างๆ กัน เช่นเม็ดพลาสติกที่ผสมกับผง (สารหล่อลื่น สี สารนํารอง) ก็คือ เครื่องผสมแบบตอกอิสระ ในระหว่างมีเม็ดพลาสติกเสียดสีกันจะมีประจุไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้น ทำให้ดูดฝุ่นของสารผสมติดที่ผิวดของเม็ดได้ดี เพื่อให้ได้การผสมที่ดีจะใช้ความเร็วรอบระหว่าง 25-35 รอบต่อนาที ในบรรดาเครื่องผสมหลายแบบนี้ เครื่องผสมแบบทรงกรวยคู่ และแบบถังเอียงเอียงศูนย์ เป็นที่รู้จักกันมากที่สุด การย้อมสีเม็ดพลาสติกในปัจจุบันหันมาใช้เครื่องผสมสี ดังภาพประกอบ 5 ซึ่งทำเป็นกรวยต่อไว้กับเครื่องผลิตชิ้นงานพลาสติกโดยตรง เครื่องนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์กะปริมาณ และเครื่องผสม และเนื่องจาก

เป็นการทำงานตามจังหวะเวลา เช่น การกะเกณฑ์ การส่งเข้าไปในห้องผสม ผสมแล้วปล่อยออกจากห้องผสม เป็นต้น จะสามารถประกอบเครื่องผสมแบบนี้เข้ากับเครื่องผลิตชิ้นงานได้ทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับเครื่องฉีดและเครื่อง extrusion เครื่องผสมแบบใบตีผสม ซึ่งมีหลายแบบ เช่นเดียวกัน ประกอบด้วยถังทรงกระบอกวางในแนวนอน และมีเครื่องมือผสมซึ่งมีแกนขนานกับแกนของถังประกอบหมุนอยู่ภายในด้วยความเร็วรอบ จนถึง 50 รอบต่อนาที เครื่องมือผสมอาจจะ เป็นใบพัดแผ่นบิดเป็นเกลียวหรือเหมือนใบผานไถ ถังส่วนใหญ่จะเป็นสองชั้น เพื่อสำหรับให้ความร้อนและหล่อเย็น โดยปกติจะใช้สารผสมสารพลาสติกที่เป็นฝุ่นที่จะต้องเติมสารที่เป็นของเหลวลงไป ด้วย

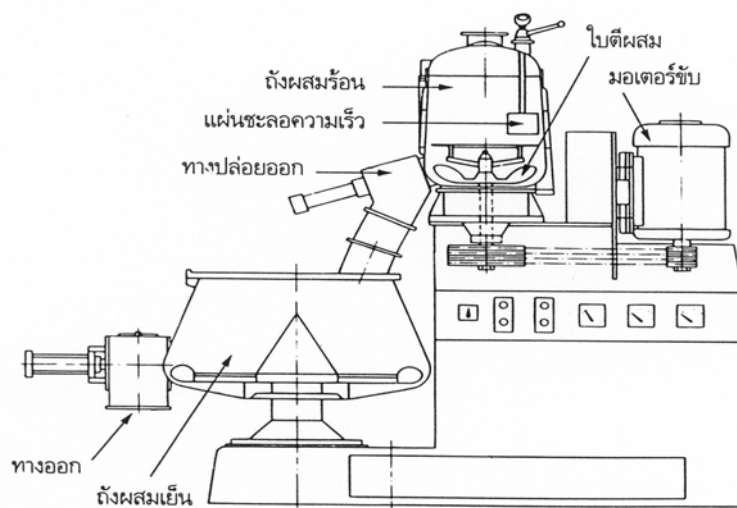


ภาพประกอบ 5 เครื่องผสมสี

ที่มา: บรรณานุกรม. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 29.

ในการเตรียมพลาสติกที่เป็นฝุ่นในงานอุตสาหกรรมพลาสติกนั้น ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องผสมแบบตีฟุ้ง (swirl mixer) หมุนเร็วควบคู่ไปกับเครื่องผสมเย็น (cold mixer) ซึ่งเรียกว่า heat & cold mixer ดังภาพประกอบ 6

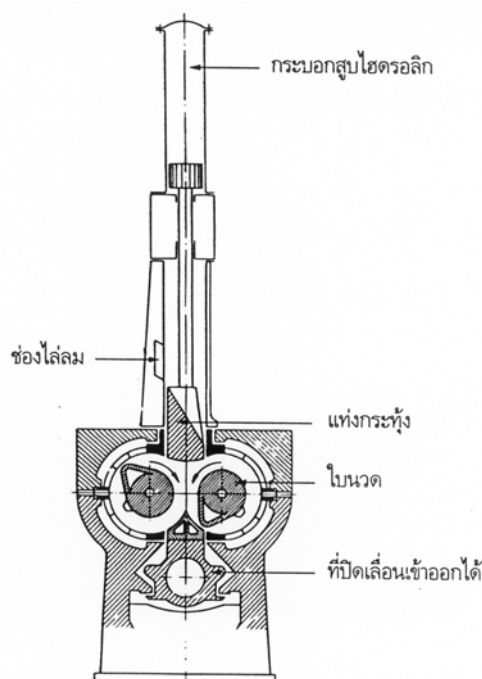
ในถังตั้งจะมีเพลาสอดขึ้นจากกันถังสำหรับประกอบเครื่องผสม เครื่องผสมมีหลายชั้น และตอนติดกับกันถังจะมีใบผสมประกอบอยู่ ซึ่งระหว่างทำการผสมจะครอบคลุมพื้นที่ถังทั้งหมด ที่ปลายบนสุดของเพลาสอดมากจะมีใบผสมที่เล็กกว่าติดอยู่ ความเร็วของปลายใบผสมประมาณ 40 เมตรต่อวินาที จะทำให้ของผสมเคลื่อนไหวยาวกับเป็นของเหลว เพื่อชะลอความเร็วของการหมุนเวียนของผงพลาสติก จะสอดแผ่นชะลอความเร็วเอาไว้ในบริเวณที่ส่วนผสมอยู่ ผุนละเอียดๆ ของพลาสติกที่มีความเร็วสูงจะกระทบกันทำให้เกิดความร้อนเนื่องจากการเสียดสีขึ้นอย่างมาก และอาจจะให้ความร้อนเพิ่มเติมจากภายนอกได้อีก แล้วแต่ความต้องการ ซึ่งจะสามารถปรับได้ถึง 140°C เครื่องผสมแบบตีฟุ้งตอนบนจะมีฝาที่เปิดได้สำหรับเติมสารพลาสติกในทางปฏิบัติจะมีท่อต่อไปยังเครื่องเติมอัตโนมัติที่ฝาปิด ทางปล่อยออกจะอยู่ทางด้านล่าง และมีท่อต่อให้พลาสติกลงไปเข้าถังผสมเย็น (cold mixer) ซึ่งอยู่ข้างล่าง ของผสมร้อนจะเป็นตัวลงในถังผสมเย็นนี้เหลือประมาณ 35°C เครื่องผสมเย็นจะมีปริมาตรโตกว่าและมีส่วนพิเศษเพิ่มเติมคือ มีแหวนหล่อเย็นหมุนหรือมีแผ่นหล่อเย็นอยู่ในถังช่วยในการหล่อเย็นเพิ่มเติม สิ่งนี้มีความจำเป็นเพื่อให้สามารถทำการผสมเย็นและผสมร้อนในจังหวะงานเดียวกันได้ ระยะเวลาผสมนั้นสั้นมาก คือ ประมาณ 10 นาทีต่อครั้ง ขนาดของเครื่องผสมร้อนทุกๆ ไป อยู่ระหว่าง 1,000-1,500 ลิตร และเครื่องผสมเย็นประมาณ 2,000-3,000 ลิตร ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องผสมเย็นแบบนี้สำหรับผสมผง PVC แห้ง (dry blend) แต่ก็สามารถเติมส่วนผสมที่เป็นของเหลวลงไปได้ เช่น ผสม softener การให้ความร้อนแก่ PVC อ่อนจะได้ส่วนผสมแห้งหรือรวมกันเป็นก้อน มี pour ability ดีทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของ PVC



ภาพประกอบ 6 เครื่องผสมแบบ heat & cold mixer

1.2.3 การหลอมเหลว (Plasticization)

ในการทำให้พลาสติกเหลว (plastification) ผงพลาสติกที่ผสมไว้แล้วจะถูกหลอมเหลวและผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันควรจะแยกกันให้ชัดเจนก่อนระหว่างเครื่องนวดและรีดแบบทำงานไม่ต่อเนื่อง ซึ่งปกติใช้ในการผลิตแผ่นบางโดยการรีดแผ่ (calendering) กับเครื่อง plasticizing ทำงานต่อเนื่อง



ภาพประกอบ 7 เครื่องนวดภายใน

ที่มา: บรรณ เลง ศรีนิล. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 31.

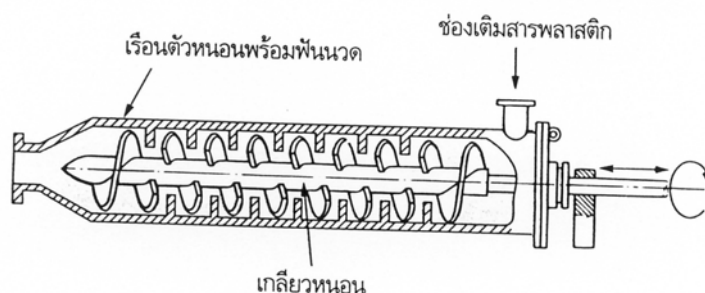
เครื่องนวด (kneader) ประกอบด้วยเรือนทรงกระบอกลอยอยู่ในแนวนอน และมีไบนวดรูปตัว Z สองใบหมุนสวนทางกันอยู่ภายในเครื่องนวดภายใน (inner-kneader) ไบนวดจะประกอบพอดีอยู่เรือนภายใน แท่งกระทุ้งจะกดพลาสติกซึ่งอยู่ในปล่องช่วงบน ซึ่งสามารถให้ความร้อนได้ การเอาพลาสติกออกจากเครื่องนวดทำได้โดยการเลื่อนแผ่นปิดด้านล่าง ซึ่งสามารถเลื่อนเข้าออกได้ เนื่องจากเครื่องนวดแบบนี้ต้องใช้กำลังมาก จึงสามารถสร้างได้ขนาดปริมาตรภายในไม่เกิน 300 ลิตร ส่วนใหญ่จะใช้ในการผสมพลาสติกที่ต้องการเติมสารผสมมาก ๆ

เครื่องรีดผสม จะใช้ต่อเมื่อต้องการทำการผสมอย่างเดี่ยว และต้องใช้คนควบคุมการทำงานตลอดเวลา การรีดจะเกิดขึ้นภายในร่องรีดของลูกรีดร้อนสองลูกซึ่งมีแกนขนาน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 300-500 มิลลิเมตร และความยาวระหว่าง 800-1,500 มิลลิเมตร หมุนสวน

ทางกันด้วยความเร็วแตกต่างกันเล็กน้อย เพื่อให้การผสมดียิ่งขึ้นจะต้องมีคนคอยปาดส่วนของพลาสติกที่วิ่งออกทางด้านข้างให้เข้าไปอยู่ตรงกลางของลูกรีตร้อนเสมอ สำหรับการผสม PVC คุณภาพสูงแล้ว ยังไม่มีเครื่องใดดีกว่าเครื่องรีดผสมแบบนี้ในการผลิตพลาสติกและพลาสติกที่จะนำไปรีดแผ่เป็นแผ่น ปกติจะใช้เครื่อง plasticizing แบบต่อเนื่อง

ในการนี้จะต้องใช้ชุดเกลียวหนอน โดยปกติจะใช้เกลียวหนอนแบบมีหลายตัว เช่น แบบตัวหนอนคู่ (double worm) ที่มีเกลียวเป็นช่องหวี ผงพลาสติกจะถูกรีดไปในร่องเกลียวเป็นคลื่นไปตามความยาวของตัวหนอน ซึ่งรับแรงขับมาจากระบบแมกคานิค ทำให้เกิดการนวดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenizing) สำหรับการเตรียมพลาสติกโดยทั่วๆ ไป จะใช้แบบตัวหนอนคู่ที่มีส่วนที่ทำหน้าที่ผสม และส่วนที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนใหญ่จะมีแผ่นนวดหรือใบนวดประกอบเอาไว้ซึ่งจะเป็นตัวกะเกณฑ์ปริมาณผงพลาสติกให้เข้าไปในตัวหนอนให้พอดีด้วย

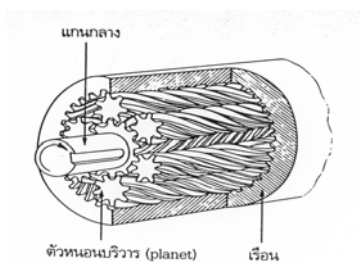
เครื่อง plasticizing แบบตัวหนอนตัวเดียวที่ออกแบบสร้างให้สามารถผสมและหลอมพลาสติกได้ดีเช่นกัน ดังภาพประกอบ 8 ซึ่งเรียกว่า Co-Kneader แบบนี้นอกจากจะหลอมผงพลาสติกไปข้างหน้าแล้ว ยังมีการดึงเพลตตัวหนอนเดินหน้า-ถอยหลังไปพร้อมๆ กันด้วย แผ่นเกลียวของตัวหนอนจะทำให้เป็นร่องไว้สองร่องขนานกับแกนเพลต เพื่อไม่ให้กระทบกับพื้นนวดขณะหมุนซึ่งติดอยู่กับเรือนภายในของทรงกระบอกผลของการผสมและการนวดจะเกิดขึ้นเนื่องจากแรงตัดเฉือนและการเคลื่อนตัวไปทุกทิศทุกทางของส่วนผสมการเติมสารพลาสติกกลงไปใน Co-Kneader จำกัดจากการพาข้าวของเกลียวหนอนอย่างสม่ำเสมอ



ภาพประกอบ 8 เครื่องผสมแบบ Co-Kneader

ที่มา: บรรณานุกรม. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 32.

ในกรรมวิธีเตรียมพลาสติกนั้นยังมีเครื่อง extrusion แบบเกลียวหนอนหลายตัว (planet extruder) อีกแบบหนึ่งที่ใช้กันมาก (ดูภาพประกอบ 9) โดยตรงกลางเป็นเกลียวใหญ่ และจะมีเกลียวเล็กๆ อยู่รอบๆ หลายตัวรวมกันอยู่ในเรือนทรงกระบอก เนื่องจากมีพื้นเกลียวเลื่อนขบกันอยู่จะทำให้เกิดการรีดขึ้นระหว่างพื้นเกลียว ลักษณะการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันจะเกิดบดกันของร่องพื้นหลายร่องทำให้ส่วนผสมถูกรีดให้บางเข้ากันดี และจะมีสกรูส่งอยู่ด้านหน้า ส่งพลาสติกเหลวออกไปยังหัวฉีด



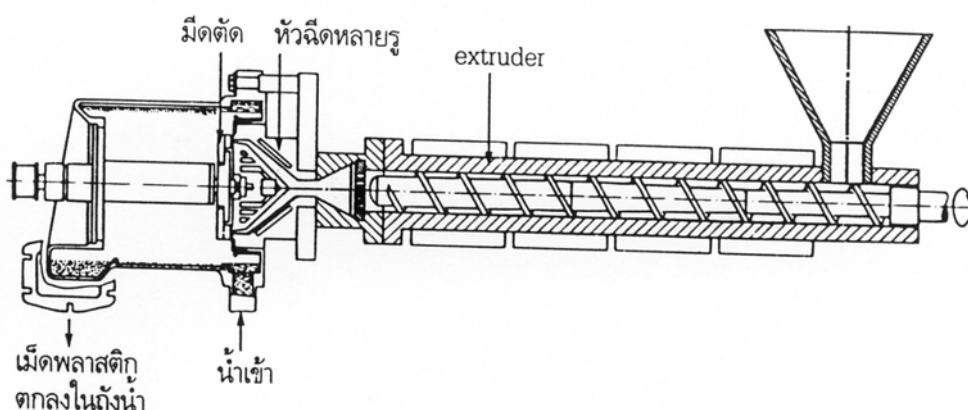
ภาพประกอบ 9 เครื่องผสมแบบ planet extruder

ที่มา: บรรณานุกรม. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 33.

1.2.4 การทำพลาสติกเม็ด

การผลิตพลาสติกเม็ดใช้วิธีการแตกต่างกัน 2 วิธีการ คือ การทำเม็ดร้อน (hot granulating) กับการทำเม็ดเย็น (cold granulating)

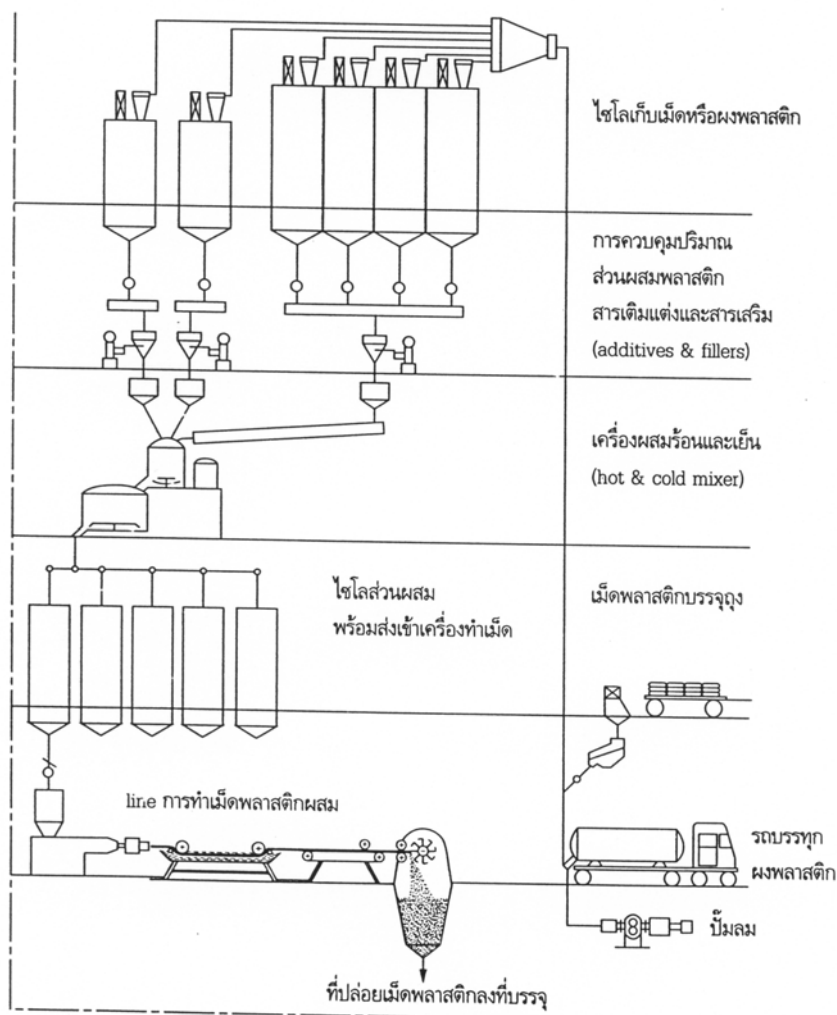
การทำเม็ดร้อน ทำได้โดยการเอาหัวใดหลายรูมาติดไว้ที่หน้าเครื่อง plasticizing เพื่อให้พลาสติกเหลวไหลผ่านออกมาจากรู และจะมีเม็ดหมุนติดอยู่ด้านหน้า เพื่อหมุนตัดให้เป็นเม็ดสั้นๆ รอบๆ หัวฉีด และเม็ดจะมีเงื่อนไขเพื่อหล่อเย็นเม็ดพลาสติกโดยการเป่าลมเย็น หรือมีวงแหวนน้ำหล่อเย็นอยู่เพื่อรับเม็ดพลาสติก สำหรับพลาสติกที่ตัดง่าย เช่น LDPE ก็จะสามารถปล่อยให้ตกลงในน้ำเสร็จแล้วจึงนำเม็ดพลาสติกไปอบแห้ง หรือใส่น้ำออกแล้วจึงนำไปเก็บไว้ในไซโลเนื่องจากเม็ดพลาสติกที่ตกลงมาใหม่ๆ ยังร้อนอยู่ จะฟอร์มตัวเป็นเม็ดกลมหรือเม็ดรีได้



ภาพประกอบ 10 เครื่องทำเม็ดพลาสติกแบบร้อน

ที่มา: บรรณานุกรม. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 33.

ในการผลิตเม็ดพลาสติกรูปทรงกระบอก จะทำได้โดยการปล่อยให้พลาสติกที่ผ่านรูหลายๆ รูออกมานั้น ผ่านไปยังอ่างน้ำทำให้เย็นเสียก่อน แล้วใช้เครื่องตึงไปผ่านเครื่องตัดเม็ด คือ ไปผ่านมีด หมุนตัด ซึ่งมีความยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร กรรมวิธีนี้เรียกว่า การทำเม็ดเย็น (cold granulating)



ภาพประกอบ 11 แผนภูมิของเครื่องเตรียมพลาสติกแบบอัตโนมัติในการทำให้เป็นพลาสติกเม็ดผสม

ที่มา: บรรณเลข ศรีนิล. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 34.

1.3 สารเติมแต่งและสารเสริม

ในกระบวนการผลิตถุงพลาสติกนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเพิ่มคุณสมบัติประเภทต่างๆ ลงไปในเนื้อถุงพลาสติก คุณสมบัติต่างๆ ที่กล่าวถึงได้แก่ ความเหนียว ความใส การทนความร้อนของเนื้อถุง รวมถึง สีสนัต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภคเป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารเติมแต่งและสารเสริมเข้าไปในวัตถุดิบก่อนการผลิตซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.3.1 สารเติมแต่ง (Additives)

พลาสติกที่ได้จากระบวนการสังเคราะห์ส่วนใหญ่ไม่สามารถนำมาใช้ได้ทันที จะต้องทำการเติมสารเติมแต่ง (additives) เข้าไปจึงจะมีคุณสมบัติที่สามารถนำเข้ากระบวนการขึ้นรูปได้ ซึ่งเรียกว่าเม็ดพลาสติกผสม (compound)

เนื่องจากสารเติมแต่งมีเป็นจำนวนมาก จึงเลือกกล่าวถึงเฉพาะที่สำคัญๆ และที่ใช้กันมาก คุณสมบัติที่สำคัญของสารเติมแต่งและสารเสริม ก็คือ

- ทนต่อความร้อนได้สูง
- ทนทานต่อสารตัวอื่นๆ ได้
- ไม่ละลาย
- ไม่แยกตัว
- ไม่ทำให้คุณสมบัติของพลาสติกเปลี่ยนไป
- มีรส ไม่มีกลิ่น

เป็นต้น

พลาสติกที่ผลิตออกมาจำหน่ายส่วนใหญ่จะมีการผสมสารเติมแต่งและสารเสริมไว้แล้ว ยกเว้นพลาสติกชนิดที่จะมีการเติมสารเติมแต่งและสารเสริมหน้างานขึ้นรูป ต่อไปนี้จะกล่าวถึงสารเติมแต่งที่สำคัญบางตัว

1.3.2 สารเสริมประเภทเพิ่มเนื้อ (Fillers) และสารเสริมความแข็งแรง (Reinforcements)

สารเพิ่มเนื้อ หมายถึง สารเสริมที่อยู่ในรูปของของแข็ง ซึ่งมีโครงสร้างแตกต่างจากพลาสติก ซึ่งโดยปกติจะเป็นสารอนินทรีย์ สารเพิ่มเนื้อที่เฉื่อย (insert fillers) จะช่วยเพิ่มปริมาณ และลดต้นทุน ส่วนสารเพิ่มเนื้อที่แอกทีฟ (active fillers) จะช่วยทำให้คุณสมบัติทางกล หรือทางกายภาพดีขึ้น จึงเรียกว่าสารเสริมแรง (reinforcing fillers) นั่นคือจะช่วยเพิ่มการทนต่อแรงดึง (tensile strength) และแรงดัด (flexural strength)

1.3.3 การเติม Fillers ในเทอร์โมพลาสติก

ในการเติม fillers ในเทอร์โมพลาสติกให้ได้คุณภาพดีมีสิ่งสำคัญจะต้องคำนึงถึงดังต่อไปนี้คือ

- การป้อนพลาสติกและ fillers จะต้องมีความสม่ำเสมอ
- มีการใส่ก๊าซออกในช่วงพลาสติกหลอมเหลวอย่างสมบูรณ์เพื่อเป็นการป้องกันการอบ (wetting) พลาสติกเหลวบน fillers อย่างสมบูรณ์
- มีการกระจายตัวของ fillers ในพลาสติกเหลวอย่างทั่วถึง โดยใช้ความร้อนและการเฉือนตัด (shearing) เพื่อป้องกันการสลายตัวของพลาสติก

ในระยะแรกๆ ของการพัฒนาพลาสติกวิศวกรรมโดยการเติม fillers ลงในเทอร์โมพลาสติก มีการใช้การผสมในสกรูเดี่ยวและสกรูคู่ แต่ต่อมาความต้องการด้านคุณสมบัติของพลาสติกวิศวกรรมสูงขึ้น จึงมีการพัฒนาเครื่องนวดผสมพิเศษ (specialized screw kneader) ทำให้สามารถผสม fillers ได้อัตราสูงขึ้น และการกระจายตัวของ fillers เป็นไปอย่างสมบูรณ์ที่สุด อย่างไรก็ตามเนื่องจากคุณสมบัติและโครงสร้างทางกายภาพของ fillers แตกต่างกัน เช่นอาจมีรูปทรงเป็นเหลี่ยม เป็นลูกเต๋า เป็นชั้น ย่อย เป็นผง หรือทรงกลม ซึ่งมีคุณสมบัติในการไหลต่างกัน ดังนั้นในการป้อน fillers เข้าไปในเครื่องผสมจึงมีความแตกต่างกันโดยบางชนิดอาจใช้วิธีไหลลงเอง (free flow) แต่บางชนิดอาจต้องมียกสกรูอัดเข้าไปในเครื่องผสม ซึ่งมีทั้งเติมลงขณะพลาสติกเย็นตัว หลังจากผสมกับพลาสติกเป็น premix แล้ว หรือผสมเมื่อพลาสติกหลอมละลายแล้ว

1.4 วิธีพิสูจน์ชนิดของพลาสติกอย่างง่าย

ในวงการอุตสาหกรรมพลาสติกมีความสงสัยเกิดขึ้นมากมายเกี่ยวกับชนิดของพลาสติกแต่ละประเภทที่ถูกนำมาใช้ เนื่องจากพลาสติกและผลิตภัณฑ์จากพลาสติกมีมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีวัสดุที่ใช้ผสมลงไปด้วยจะทำให้มีความยากลำบากในการบอกร่องประกอบทางเคมีของพลาสติก นอกจากนี้ยังมีพอลิเมอร์ควบ (copolymer) และพอลิเมอร์ผสม (polymerblend) รวมทั้งสารเติมแต่งจะทำให้คุณสมบัติของพลาสติกเปลี่ยนไปมาก

มีวิธีการอย่างง่าย ๆ หลายวิธีในการที่จะพิสูจน์ให้รู้ว่าได้พลาสติกชนิดนั้นเป็นชนิดใดโดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย ประสบการณ์ ตาที่ดีและจมูกพิสูจน์กลิ่นถ้าได้รับการฝึกฝนมาอย่างดี ถ้าต้องการการวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยเฉพาะส่วนผสมที่เติมลงไปพลาสติกบริสุทธิ์ ควรต้องให้สถาบันเฉพาะทางทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะมีเครื่องมือที่เหมาะสมและบุคคลที่เชี่ยวชาญทำการทดสอบได้แต่เรายังมีวิธีที่สามารถพิสูจน์พลาสติกด้วยตัวเราเองอย่างง่ายโดยวิธีดังต่อไปนี้

1.4.1 การพิสูจน์โดยการสังเกตด้วยตา

จากสิ่งที่ปรากฏที่เห็นด้วยตา หรือการสัมผัส การเอาเล็บขีด หรือการตัดไป-มา จะบอกได้ว่าเป็นพลาสติกชนิดใด พลาสติกที่ไม่ได้ใส่สี หรือเติม filler จะโปร่งใส หรือขาวขุ่นในตัวของมันเอง ดูตาราง 3

ตาราง 3 คุณสมบัติที่ปรากฏเห็นด้วยตาของพลาสติกชนิดที่ใช้กันมาก

คุณสมบัติ/ปรากฏเห็นด้วยตา	ชนิดของพลาสติก
แสงผ่านทะลุ/ใส	PVC, PS SAN, PMMA, CA, CAB, CP, UP, EP
ขุ่น-ขาวนม/ทึบ	PE, PP, SB, ABS, ASA, PA6, PA66, PA11, PA12, POM, PTFE

1.4.2 การพิสูจน์โดยการสัมผัสผิว

พลาสติกต่อไปนี้ถ้าสัมผัสดู จะมีผิวมันเป็นไขคล้ายขี้ผึ้ง ได้แก่ PE, PP, POM และ PTFE

1.4.3 การพิสูจน์โดยการตัด

การตัดพลาสติกจะสามารถแยกแยะพลาสติกออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1. ไม่หัก : เช่น PE, PP, PA, PVC อ่อน PC และ POM รวมทั้ง CA ใส่ softener, PTFE และ elastomer ทั้งหมด

กลุ่มที่ 2. หักแบบมีรอยขาวที่แนวหัก (โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใส่สี) : เช่น PVC, SB, ABS, ASA, polyblend ของ basic, PVC/chlorinated PE และ ABS/PC

กลุ่มที่ 3. หักแบบเปราะ : เช่น PMMA, PS, SAN และ thermosetting plastic ทั้งหมด

1.4.4 การพิสูจน์โดยวิธีอื่นๆ

- PE และ PVC อ่อน จะสามารถใช้เล็บขีดเป็นรอยได้ พลาสติกจำนวนมากจะแข็งและกระด้างและบางชนิดจะมีความยืดหยุ่นมาก

- PS เมื่อตกลงบนพื้นแข็งจะมีเสียงก๊ววเหมือนแผ่นโลหะตกกระทบของแข็ง

1.4.5 การพิสูจน์โดยการหาความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นของพลาสติกที่ไม่ได้ผสมสารอื่นเอาไว้สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ได้ ดังตาราง 4

ตาราง 4 การแบ่งกลุ่มพลาสติกตามความหนาแน่น

ความหนาแน่น g/m ³	ชนิดของพลาสติก
0.9-1.0	PE, PP, PB, PIB
1.0-1.2	PS, ASN, SB, ABS, ABA, PMMA, PPO, CP, CAB, PC, PA
1.2-1.5	PVC แข็งและอ่อน, POM, CA, PETB, PBTB, PSU, PUR, thermosetting ที่ผสมสารอินทรีย์
1.5-1.8	Thermosetting ผสมสารอินทรีย์
1.8-2.2	PTFE

การพิสูจน์ว่าเป็นพลาสติกในกลุ่มใดสามารถทำได้โดยการนำไปลอยในของเหลว เช่น น้ำและสารละลาย ในตาราง 5 ถ้าชิ้นงานทดสอบลอยในสารละลายได้ ก็จะมีค่าความหนาแน่นเท่ากับหรือน้อยกว่าสารละลายนั้น เพื่อให้การทดสอบได้ผลดีแนะนำให้เติมสาร surface-active agent ลงไปเพื่อลดความตึงผิวของสารละลาย

ตาราง 5 สารละลายที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน

ส่วนผสมของสารละลาย % โดยน้ำหนัก	ความหนาแน่น g/m ³
52% ethanol + 48% น้ำกลั่น	0.91
37% ethanol + 63% น้ำกลั่น	0.94
100% น้ำกลั่น	1.00
44% ethanol + 56% น้ำกลั่น	1.10
93% ethanol + 7% น้ำกลั่น	1.20
27% ethanol + 73% น้ำกลั่น	1.30
37% ethanol + 63% น้ำกลั่น	1.40
ZnCl อิมิตัว	2.01

1.4.6 การพิสูจน์โดยการละลาย

ด้วยคุณสมบัติในการละลายของพลาสติกในสารต่างๆ สามารถทำการจำแนกกลุ่มของพลาสติกหลายๆ ได้อีกวิธีหนึ่ง ในที่นี้จะเลือกเอาเฉพาะสารละลายที่สำคัญมาใช้ในการทดลอง เทอร์โมเซตพลาสติกและ PTFE จะไม่ละลายในสารละลายใดๆ ส่วนเทอร์โมพลาสติกตัวอื่นๆ จะละลายในสารละลายตัวใดตัวหนึ่ง สิ่งสำคัญของการละลายก็คือ โครงสร้างของพลาสติก (การแยกแขนง branching และความเป็นผลึก crystallization) และขนาดของมวลโมเลกุลเฉลี่ย

นอกจากนี้ความเร็วการละลายยังขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้ด้วย

- พื้นที่ผิวจำเพาะ
- อุณหภูมิ
- ความเร็วในการกระจายตัว

ตาราง 6 สารละลายและไม่ละลาย สำหรับเทอร์โมพลาสติก

ชนิดของพลาสติก	ละลายใน	ไม่ละลายใน
PE, PP	p-Xylene, dekapling, trichlorbenzene	Acetone, low-alcohol
PS	เบนซิล, toluene, chloroform. Cyclohexane, methylenechloride, acetone	Low alcohol
PVC	Tetrahydrofurane, cyclohexanon, dimethyl=formamide	Methanol, acetone, heptane

ตาราง 6 (ต่อ)

ชนิดของพลาสติก	ละลายใน	ไม่ละลายใน
PMMA	Chloroform, acetone, ethylacetate, toluene	Methanol, diethylether
PA	กรดมด, m-Cresol, กรดกำมะถันเข้มข้น	Methanol
POM	Benzylalcohol, dimethylformamide, butyrolacetate	Methanol, diethylether

ไนลอน (PA) ชนิดต่างๆ ละลายใน formic acid ที่ความเข้มข้นที่ต่างกัน ดังต่อไปนี้

- PA6 ละลายใน formic acid ความเข้มข้น 70%
- PA66 ละลายใน formic acid ความเข้มข้น 80%
- PA610 ละลายใน formic acid ความเข้มข้น 90%
- PA11 และ PA12 ไม่ละลายในสารละลาย formic acid ซึ่งจะสามารถแยกแยะจากกันได้

โดยการพิสูจน์หาจุดหลอมละลาย หรือความหนาแน่น

PS และ SAN สามารถแยกความแตกต่างได้โดยใช้ carbon tetrachloride เท่านั้น โดยที่ PS จะละลายทันทีและตั้งยี่เป็นโยได้ ส่วน SB จะแยกแยะจาก ABS และ SAN ได้โดยการจุ่มทดลองในสารละลายระยะสั้นๆ ส่วนประกอบของสาร acrylonitrile จะทำให้การหลอมละลาย PS ได้ดีกว่า carbon tetrachloride

1.4.7 การพิสูจน์โดยการดูลักษณะเมื่อได้รับความร้อน

thermoplastic และ thermosetting plastic สามารถแยกแยะโดยการดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน thermoplastic จะอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและจะหลอมละลายในที่สุด ส่วน thermosetting plastic หรือ duroplastic จะไม่อ่อนตัว ไม่หลอมละลาย แต่จะสลายตัวในสภาพที่ยังแข็งตัว thermoplastic ที่เป็นผลึกบางส่วน เมื่อไม่ผสมสีหรือไม่เติมสารเติมแต่ง เมื่อเริ่มหลอมละลายสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงจากสภาพขาวขุ่นไปเป็นโปร่งใส (glass transition) ได้ชัดเจน โดยใช้เครื่องให้ความร้อนของ Kofler จะสามารถหาอุณหภูมิหลอมตัวของผลึกของ partial crystalline thermoplastic ได้ค่อนข้างแน่นอน ดังแสดงค่าไว้ในตาราง 7

ตาราง 7 ช่วงการหลอมละลายของเทอร์โมพลาสติกที่เป็นผลึกบางส่วน (partial crystalline thermoplastic)

ชนิดของพลาสติก	ช่วงหลอมละลาย °C
LDPE	105-120
HDPE	125-135
PP	165-170
POM	175-185
PA12	178-182
PA11	184-186
PA61U	210-215
PA6	215-220
PETP	250-260

เครื่องให้ความร้อนของ Kofler จะเป็นแถบความร้อนยาว 40 เซนติเมตร ที่จะสามารถปรับความต้านทานของ heater ให้สามารถปรับอุณหภูมิจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่งของแถบความร้อนได้ตั้งแต่ 50 °C ถึง 250 °C ได้ โดยการเปลี่ยนเม็ดหรือผลพลาสติกไปบนช่วงอุณหภูมิต่างๆ ตลอดแถบความร้อนจะสามารถเห็นช่วงของการหลอมละลายจากของแข็งไปเป็นของเหลวได้ชัดเจนและกำหนดช่วงการหลอมละลายของผืนก็ได้

1.4.8 การพิสูจน์โดยการสังเกตเปลวไฟ และกลิ่นไอของพลาสติก

ผู้ที่ได้รับการฝึกฝนและมีประสบการณ์ทำงานกับพลาสติกมาเป็นเวลานานจะสามารถพิสูจน์ทราบชนิดของพลาสติกได้โดยการนำเอาพลาสติกมาจุดไฟ เพื่อสังเกตดูลักษณะของเปลวดูลักษณะของควัน การยึดเป็นเส้นใยและหยด และพิสูจน์กลิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลาสติกที่ไม่ได้เติมสารเติมแต่งหรือ plasticizer เอาไว้ อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบหาได้ง่าย ได้แก่ ตะเกียง หรือเปลวเทียน

การทดสอบจะนำเอาชิ้นงานทดสอบมาจ่อที่เปลวเป็นระยะเวลาสั้นๆ สังเกตดูสีของเปลวที่เปลี่ยนไปหลังจากนั้นนำออกจากเปลวจุดแล้วสังเกตว่ายังติดไฟต่อไปหรือไม่ มีลักษณะของเปลวไฟเป็นอย่างไร และสังเกตอาการอย่างอื่นประกอบด้วยว่ามีฟองหรือหยดเหมือนเทียนหรือไม่ รวมทั้งมีการประทุหรือมีเขม่าหรือไม่ ขั้นตอนให้ดับเปลวแล้วสังเกตกลิ่นของควัน ซึ่งพลาสติกแต่ละชนิดจะมีกลิ่นของควันแตกต่างกัน ข้อควรระวังในการพิสูจน์ก็คืออย่าสูดควันเข้าไปเต็มที่ เพราะถ้าสูดเข้าไปมากจะมีผลต่อสุขภาพได้ เช่น กลิ่นของ POM PUR และ PVC สำหรับการพิสูจน์ POM จะต้องแน่ใจว่าเปลวไฟดับจริงๆ เพราะเปลวของ POM จะมองเกือบไม่เห็น

สำหรับ PVC และพลาสติกที่มีคลอรีนผสมอยู่ จะพิสูจน์ได้โดยใช้ Beilstein test เนื่องจากไม่สามารถจุดให้ติดเปลวจากตะเกียงได้ จะให้หลักปฏิกิริยากับทองแดงแทน โดยให้นำเอาชิ้นงานทดสอบเล็กๆ มาประกอบกับลวดทองแดง เฝ้านในเปลวตะเกียงพร้อมๆ กัน จะสังเกตได้ว่าลวดทองแดงมีสีเขียว เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเป็น copperchloride ขึ้น ตาราง 8 เป็นการแสดงผลการพิสูจน์พลาสติกชนิดต่างๆ โดยสังเกตเปลวไฟและกลิ่นไอของพลาสติก

ตาราง 8 ข้อสังเกตจากการติดไฟของเทอร์โมพลาสติก

วัสดุ	ความหนาแน่น g/m ²	ลักษณะของการติดไฟ	ข้อสังเกตอื่น ๆ	วัสดุ
LDPE	0.92	เปลวจาก แกนเปลวสีน้ำเงิน ละลายเป็นหยด มีกลิ่นคล้ายพาราฟิน ไอมองเกือบไม่เห็น	ผิวมันคล้ายขี้ผึ้ง ใช้เล็บขีดเป็นรอยได้ ไม่แตก/หัก	Low density polyethylene
HDPE	0.94-0.96	เปลวจาก แกนเปลวสีน้ำเงิน ละลายเป็นหยด มีกลิ่นคล้ายพาราฟิน ไอมองเกือบไม่เห็น	ผิวมันคล้ายขี้ผึ้ง ใช้เล็บขีดเป็นรอยได้ แข็งกว่า LDPE ไม่แตก/หัก	High density polyethylene
PP	0.91	เปลวจาก แกนเปลวสีน้ำเงิน ละลายเป็นหยด มีกลิ่นคล้ายพาราฟิน ไอมองเกือบไม่เห็น	ไม่สามารถใช้เล็บขีดเป็นรอยได้ ไม่แตก/หัก	Polypropylene
PS	1.05	เปลวสีเหลือง มีเขม่ามาก กลิ่นคล้าย city gas ละลายเป็นหยด	เปราะ เสี่ยงตกคล้ายแผ่นเหล็ก สามารถละลายได้ด้วย tretachloromethane	Polystyrene
SB	1.05	เปลวสีเหลือง มีเขม่ามาก กลิ่นคล้าย city gas	ไม่เปราะเหมือน PS ละลายได้ด้วย tretachloromethane	Styrene-butadiene
SAN	1.06	เปลวสีเหลือง มีเขม่ามาก กลิ่นคล้าย city gas ละลายเป็นหยด	เหนียว-ยืดหยุ่น ละลายได้ด้วย tretachloromethane	Styrene acrylonitrile-copolymer
ABS	1.06-1.12	เปลวสีเหลือง มีเขม่ามาก กลิ่นคล้าย city gas	เหนียว-ยืดหยุ่น ไม่ละลายได้ด้วย tretachloromethane	Acrylonitrile butadienestyrene
PVC'U	1.38	ติดเป็นเปลวยาก เปลวจะดับเมื่อเอาออกจากเปลวจุด กลิ่นฉุนคล้ายกรดเกลือ มีถ่านดำ	เสี่ยงตกดังเหมือนเคาะประตู	Polyvinylchloride (unplasticised)
PVC'P	1.20-1.35	ขึ้นอยู่กับปริมาณ softener จะติดไฟได้ดี กว่า PVC'P กลิ่นฉุนคล้ายกรดเกลือ มีถ่านดำ	ยืดหยุ่นได้เหมือนยาง ไม่มีเสียงสะท้อนเมื่อตก	Polyvinylchloride (plasticized)
PTFE	2.20	ไม่ติดไฟ เมื่อถูกร้อนให้ร้อนแดงจะมีกลิ่นฉุน	ผิวลื่นเป็นไข	Polytetetrafluoroethylene
PMMA	1.18	ติดเปลวสว่าง กลิ่นคล้ายผลไม้ มีเสียงแตกของฟองก๊าซ ละลายเป็นหยด	ใสเมื่อไม่เติมสี เสียงตกที่บ	Polymethyl-metacrylate

ตาราง 8 (ต่อ)

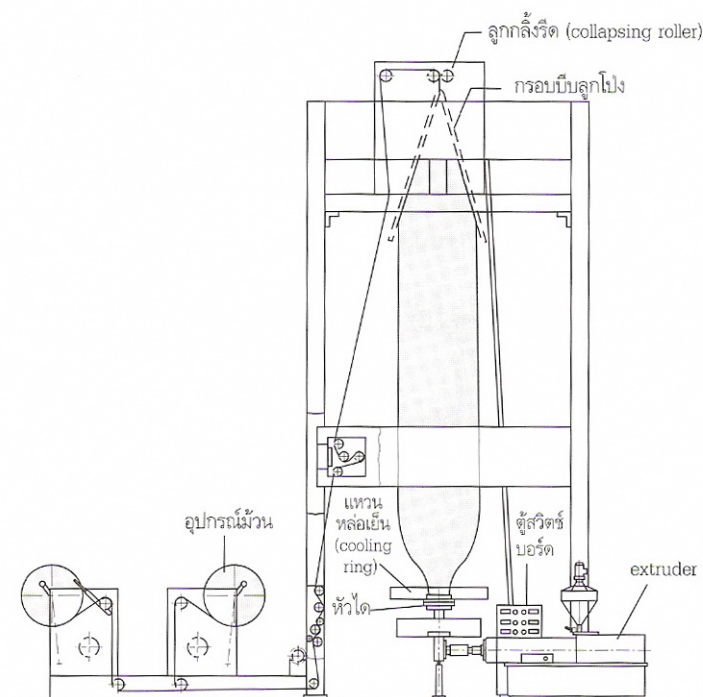
วัสดุ	ความหนาแน่น g/m ²	ลักษณะของการติดไฟ	ข้อสังเกตอื่น ๆ	วัสดุ
POM	1.41	เหลวสีน้ำเงินจาง ละลายเป็นหยด กลิ่นคล้าย formaldehyde	ไม่แตก เสี่ยงตกดังเหมือนเคาะประตู	Polyoxymethylene
CA	1.31	เปลวสีเหลืองมีประกายแลบ ละลายเป็นหยด กลิ่นคล้ายกรดน้ำส้ม และกระดาษไหม้	ผิวไม่เป็นมัน เสี่ยงตกทึบ	Celluloseacetate
CAB	1.19	เปลวสีเหลืองมีประกายแลบ หยดขณะติดเปลว กลิ่นคล้ายเนย เหม็นเปรี้ยว	เสี่ยงตกทึบ	Celluloseaceto-butyrate
PC	1.20	เปลวสีเหลือง มีประกายแลบ หยดขณะติดเปลว กลิ่นคล้ายเนย กลิ่นคล้ายฟีนอล	เหนียว-แข็ง ไม่แตกหัก เสี่ยงตกเหมือนเคาะประตู	Polycarbonate
PA	1.04-1.15	เปลวสีน้ำเงินขอบเหลือง ละลายเป็นหยด และเป็นใย กลิ่นคล้ายเขาสัตว์	เหนียว-ยืดหยุ่น เสี่ยงตกทึบ	Polyamide
PF	1.40	ติดไฟยาก เปลวสีเหลือง มีเถ้าถ่าน (แยกเป็นชั้นๆ) มีกลิ่นฟีนอล และกลิ่นไหม้ของไม้	แตกหักยาก	Phenolic formaldehyde เต็มผงไม้
UF	1.5	ติดไฟยาก ไหม้เป็นถ่าน มีขอบขาว มีกลิ่นแอมโมเนีย	เปราะ	Urea-formaldehyde
MF	1.5	ติดไฟยาก ไหม้เป็นถ่าน มีขอบขาว มีกลิ่นแอมโมเนีย	เปราะ	Melamine-formaldehyde
PF+MF	1.4	ติดไฟยาก ไหม้เป็นถ่าน มีขอบขาว มีกลิ่นฟีนอล แอมโมเนีย และซีเถ้ากระดาษ	เปราะ	Phenolic-formaldehyde+m elamine formaldehyde
UP	2.0	ติดเปลวได้ดี มีเถ้าถ่าน เขม่า มีกลิ่นสไตรีน และมีใยแก้วหลงเหลือจากการไหม้ไฟ	แตกหักยาก	Unsaturated polyester ผสมใยแก้วผงหิน
UP	1.35	เปลวสีเหลือง มีกลิ่นฉุน	แตกหักยาก	Unsaturated polyester เคลือบใยแก้ว
PUR	1.26			Polyurethane (rubber elastic

1.5 กรรมวิธีการผลิตฟิล์มโดยการเป่า (Blown Film Extrusion)

ฟิล์มเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้อย่างแพร่หลาย ทั้งในชีวิตประจำวันและกิจการอื่นๆ เช่น งานบรรจุภัณฑ์ในทางการเกษตร อุตสาหกรรม ทางการแพทย์ เป็นต้น วัสดุที่นำมาทำฟิล์มส่วนใหญ่จะใช้ LDPE HDPE AND LIDPE EVAPP AND PA ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ปัจจุบันมีผู้ประกอบการผลิตฟิล์มในประเทศอยู่มากมายและในบรรดากรรมวิธีผลิตภัณฑ์ที่ใช้กันนั้น การผลิตฟิล์มโดยวิธีเป่า (blown film extrusion) เป็นกรรมวิธีที่ใช้กันมากที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำ และเทคนิคการผลิตไม่ยุ่งยาก

ขั้นตอนการผลิตฟิล์ม

การผลิตจะเริ่มต้นจากการนำเอาพลาสติกมาหลอมใน extruder ซึ่งสกรูจะขับเป็นเนื้อพลาสติกเหลวไปผ่านหัวไดทรงกลม (circular die) ออกมาเป็นหลอดทรงกลม ซึ่งต่อมาหลอดจะถูกดึงขึ้นในทางตั้งและถูกเป่าให้พองออกเป็นลูกโป่ง (bubble) พร้อมๆ กันนั้นตรงบริเวณปากไดจะมีแหวนลมหล่อเย็น เป่าลมออกมาหล่อเย็นโดยรอบลูกโป่ง หลังจากนั้นลูกโป่งจะถูกซูดบีบ (collapsing unit) ซึ่งอยู่ด้านบนบีบให้แฟบก่อนที่จะถูกลูกกลิ้งรีดให้เรียบ เพื่อให้สามารถดึงไปม้วนเก็บด้วยเครื่องดึง (hual-off unit) ได้สะดวกในรูปที่เป็นลักษณะของเครื่องผลิตฟิล์มโดยการเป่า



ภาพประกอบ 12 เครื่องเป่าฟิล์ม

ที่มา: บรรณานุกรม. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 117.

2. เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกถือว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตถุงพลาสติก มีบทบาทควบคู่กับคนงานที่ต้องเข้ามาควบคุม ดังนั้นก่อนที่จะทำการปฏิบัติงานจำเป็นที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรว่ามีการทำงานและส่วนประกอบอย่างไร ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.1 การเอกซ์ทรูด (Extrusion Processes)

การเอกซ์ทรูดเป็นกระบวนการแปรรูปหลักของอุตสาหกรรมพลาสติกชนิดหนึ่ง โดยทั่วไปจะนิยามกระบวนการแปรรูปชนิดนี้ว่าเป็น การทำให้วัสดุมีรูปทรงตามที่ต้องการโดยการอัดพลาสติกหลอมไหลผ่านหัวตายที่มีรูปร่างที่เหมาะสม การแปรรูปพลาสติกโดยการเอกซ์ทรูดจัดเป็นกระบวนการแปรรูปแบบต่อเนื่อง (continuous process) และผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป (semi-finished product) ที่ต้องนำไปเข้ากระบวนการชนิดอื่นต่อ เพื่อผลิตเป็นชิ้นงานขั้นสุดท้าย (finished product) ก่อนจะนำไปใช้งาน นอกจากอุตสาหกรรมการแปรรูปและการผลิตพอลิเมอร์แล้วยังมีการใช้เทคนิคการเอกซ์ทรูดในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การผลิตเซรามิกส์ การผลิตอิฐสำหรับงานก่อสร้าง และการแปรรูปอาหาร เป็นต้น

การเอกซ์ทรูดเทอร์โมพลาสติก ทำโดยการให้พลาสติกผง (powder) หรือเม็ด (pellets) หลอมเป็นเนื้อเดียว แล้วผลักดันโดยการหมุนของสกรูให้พลาสติกหลอมไหลผ่านหัวตาย ที่มีรูปร่างตามลักษณะชิ้นงานที่ต้องการผลิต พลาสติกหลอมจะแข็งตัวเมื่อออกจากตาย เนื่องจากการหล่อเย็น การเอกซ์ทรูดที่ยังไม่วัลคาไนซ์และพลาสติกในกลุ่มเทอร์โมเซตบางตัว ก็สามารถกระทำได้ แต่พอลิเมอร์ในกลุ่มนี้จะเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยง เนื่องจากความร้อนในขณะที่ทำการเอกซ์ทรูด

การเอกซ์ทรูดสามารถใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกในรูปแบบต่างๆ เช่น ผลิตเส้นใย (fiber) ท่อขนาดเล็ก (tube) ท่อขนาดกลางและขนาดใหญ่ (pipe) แผ่นพลาสติก (sheet) ฟิล์มพลาสติก (film) และชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นโพรไฟล์ (profiles) รูปแบบต่างๆ ความหมายของชิ้นงานจากเอกซ์ทรูดที่เป็นโพรไฟล์ในเทคโนโลยียางและพลาสติก หมายถึง ผลิตภัณฑ์จากการเอกซ์ทรูดแบบกึ่งสำเร็จรูปทั้งหมดยกเว้นกลุ่มชิ้นงานที่ผลิตจากตายรูปวงแหวนในกรณีผลิตท่อ ดายกลมซึ่งใช้ในการผลิตแท่งพลาสติกกลม ดายที่มีทางออกเป็นแท่งสี่เหลี่ยม และดายเป็นสำหรับผลิตแผ่นและฟิล์มพลาสติก

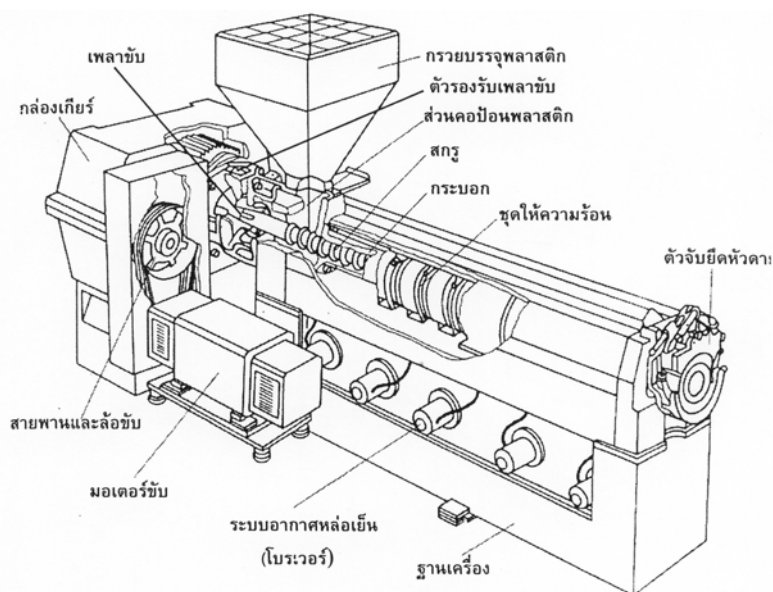
นอกจากการแปรรูปพลาสติกโดยตรงแล้ว ยังใช้เครื่องเอกซ์ทรูดเป็นอุปกรณ์หลักในเครื่องแปรรูปพลาสติกในชนิดต่างๆ เช่น การเคลือบพลาสติกลงบนวัสดุชนิดอื่น (extrusion covering process) การเอกซ์ทรูดเป่า (extrusion blow molding) และการเป่าฟิล์ม (extrusion blow film process) เป็นต้น

2.2 เครื่องเอกซ์ทรูด (Extruder Machine)

เครื่องเอกซ์ทรูด ที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกมีหลายชนิด ซึ่งเป็นการสรุปเครื่องหมายเอกซ์ทรูดชนิดต่างๆ จะเห็นว่าข้อแตกต่างระหว่างเครื่องเอกซ์ทรูดชนิดต่างๆ เหล่านี้ คือ ลักษณะการใช้งาน (mode of operation) ของเครื่อง ซึ่งแบ่งออกเป็นการใช้งานแบบต่อเนื่อง และแบบไม่ต่อเนื่อง เครื่องเอกซ์ทรูดที่ทำงานในลักษณะต่อเนื่องเป็นเครื่องเอกซ์ทรูดแบบที่มีสกรู (screw extruder) และแบบดิสก์ (disk extruder) ส่วนเครื่องเอกซ์ทรูดที่ทำในลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง เป็นเครื่องที่มีสกรูเลื่อนไปมาในแนวแกนของสกรูได้ (reciprocating screw extruder) และเครื่องเอกซ์ทรูดแบบลูกสูบ (ram extruder) เครื่องเอกซ์ทรูดที่มีสกรูเลื่อนไปมาได้ ใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการฉีดพลาสติกเข้าเข้า (injection molding) ส่วนเครื่องเอกซ์ทรูดแบบลูกสูบ นิยมใช้เป็นเครื่องทดสอบรีโอโลยีของพอลิเมอร์ เช่น เครื่องทดสอบดัชนีการไหล (MFI tester) และเครื่องรีโอมิเตอร์แบบคาปิลลารีและสลิต (capillary and slit rheometer)

2.2.1 เครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว (single screw extruder)

ส่วนประกอบหลักของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว แสดงรายละเอียดในภาพประกอบ 13 ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 13 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). *กระบวนการแปรรูปพลาสติก*. หน้า 73.

2.2.1.1 สกรู (Extruder Screws)

สกรูของเครื่องเอกซ์ทรูดเป็นสกรูแบบอาร์คิมิดีส (Archimedean screw) ซึ่งสกรูที่ใช้ในการแปรรูปเทอร์โมพลาสติก มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 25 ถึง 200 มิลลิเมตร มีความยาวเป็น 20 ถึง 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง (20–40 D) และใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนในช่วง 5 ถึง 500 กิโลวัตต์ หน้าที่หลักของสกรูของเครื่องเอกซ์ทรูดสรุปได้ดังนี้

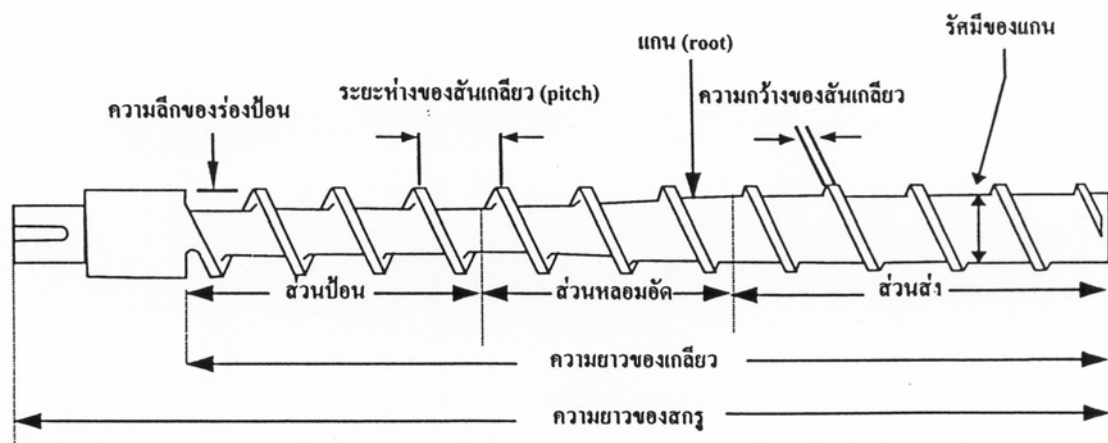
- รับเม็ดหรือผงพลาสติกจากกรวยพลาสติกเข้ามาในกระบอก
- ผสมส่วนผสมต่างๆ คือ พลาสติก สารตัวเติม และสี เข้าด้วยกัน
- ทำให้พลาสติกเกิดการหลอมเป็นเนื้อเดียว
- ช่วยเพิ่มความดันของพลาสติกหลอม เพื่อเอาชนะแรงต้านทำให้สามารถส่งพลาสติกหลอมไปยังส่วนอื่นๆ ของสกรูและหัวตายได้
- ทำหน้าที่ในการส่งพลาสติกหลอมเข้าสู่ตาย

เพื่อทำหน้าที่ดังกล่าวข้างต้น สกรูของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว มักจะมีส่วนต่างๆ แยกออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนป้อน (feed หรือ solid conveying section) ส่วนหลอมอัด (compression หรือ transition หรือ plasticating zone) ส่วนส่งพลาสติกหลอม (metering หรือ melt pumping section) ตัวอย่างของสกรูของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว แสดงดังภาพประกอบ 13

ส่วนป้อนของสกรูเป็นส่วนที่มีความลึกของร่องสกรูมากที่สุด และเป็นส่วนที่ประกอบด้วยเกลียวในช่วงแรกซึ่งมีระยะสั้นๆ มีหน้าที่หลัก คือการดึงเม็ดหรือผงพลาสติกจากกรวยเติมพลาสติกลงในกระบอก เริ่มให้ความร้อนแก่พลาสติก และทำให้เกิดการผสมของพลาสติกกับวัสดุชนิดต่างๆ เช่น สารตัวเติม และสี นอกจากนี้ส่วนป้อนยังทำหน้าที่ในการส่งพลาสติกไปยังส่วนต่อไปของสกรู การออกแบบสกรูในส่วนนี้มีความสำคัญ กล่าวคือ ต้องออกแบบให้ความลึกและความยาวของร่องของสกรูในส่วนนี้ บรรจุพลาสติกได้มากพอที่จะป้อนเข้าสู่ส่วนต่อไปคือส่วนหลอมอัด โดยไม่เกิดสภาวะการขาดพลาสติก (starvation) แต่ความพองในส่วนหลอมอัดของสกรู ดังนั้นการออกแบบสกรูในส่วนนี้ต้องคำนึงถึงชนิดของพลาสติกที่ใช้เอกซ์ทรูด และระดับแรงเสียดทานระหว่างสกรูกับกระบอกด้วย

ลักษณะของสกรูในส่วนหลอมอัด ความลึกของร่องเกลียวจะค่อยๆ ลดลงเพื่อให้เกิดแรงดันของพลาสติกหลอม และทำให้ความหนาของชั้นพลาสติกที่ห่อหุ้มสกรูลดลง จึงเกิดการส่งผ่านความร้อนจากกระบอกได้ดีขึ้น ความร้อนและแรงเสียดทานเนื่องจากการหมุนของสกรูในช่วงนี้จะสูงมาก ทำให้พลาสติกการหลอมผสมกันเป็นเนื้อเดียวกัน โดยพลาสติกหลอมที่ไหลออกจากส่วนนี้ จะมีอุณหภูมิเท่ากับหรือใกล้เคียงอุณหภูมิของการแปรรูป ค่าอัตราส่วนระหว่างความลึกของร่องสกรูในส่วนป้อนกับส่วนหลอมอัด เรียกว่าอัตราส่วนการอัด (compression ratio, CR) ของสกรู ซึ่งในกรณีสกรูของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยวมีค่า CR อยู่ในช่วง 2:1 ถึง 6:1 ซึ่งค่า CR ของสกรูขึ้นกับชนิดของพลาสติกที่ใช้ในการเอกซ์ทรูด

ส่วนสุดท้ายของสกรูคือส่วนส่งพลาสติกหลอม ลักษณะของสกรูจะมีความลึกของร่องเกลียวคงที่ แต่มีความลึกน้อยกว่าในส่วนป้อน พลาสติกหลอมในส่วนนี้จะมีความดันเพิ่มขึ้น และมีความเป็นเนื้อเดียวอย่างสมบูรณ์ และจะเสถียรอยู่ภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน



ภาพประกอบ 14 ลักษณะสกรูของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). กระบวนการแปรรูปพลาสติก. หน้า 75.

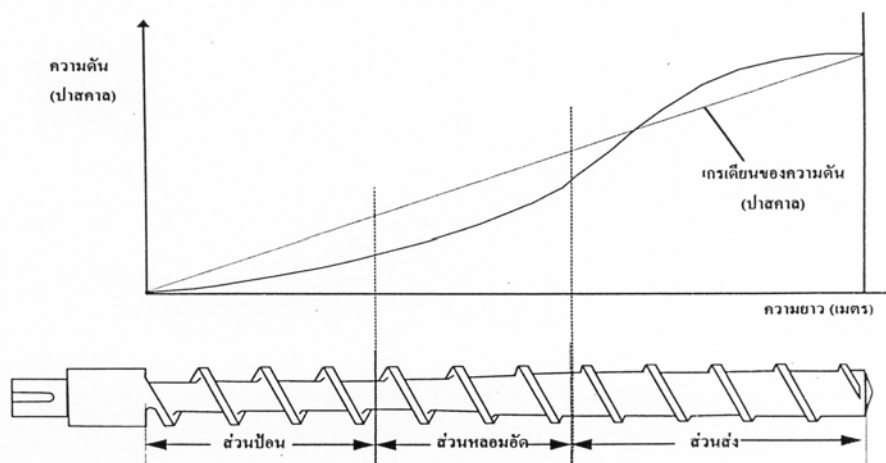


ภาพประกอบ 15 สกรูเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว



ภาพประกอบ 16 ส่วนหัวสกรู

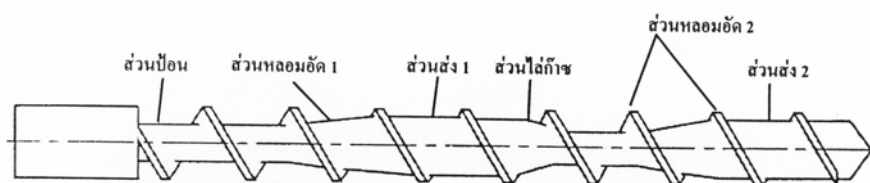
ความดันที่เกิดขึ้นในขณะที่สกรูหมุน มีความสำคัญต่อการส่งพลาสติกจากรวยเต็มพลาสติก ไปยังหัวตายมาก ลักษณะการเพิ่มของความดันของพลาสติกที่ส่วนต่างๆ ของสกรูแสดงดังภาพประกอบ 17 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความดันจะเพิ่มขึ้นจากส่วนป้อน และมีค่าสูงสุดที่ส่วนปลายของสกรู ถ้าเป็นสกรูที่ส่วนส่งสั้น อาจเกิดความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีลักษณะเป็น พีกที่บริเวณปลายสกรู ดังนั้นจึงต้องกำหนดความยาวของสกรูในส่วนต่างๆ ให้เหมาะสมซึ่งมักจะขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกที่ทำการเอกซ์ทรูด



ภาพประกอบ 17 ความดันของพลาสติกหลอมที่ส่วนต่างๆ ของสกรู

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). *กระบวนการแปรรูปพลาสติก*. หน้า 75.

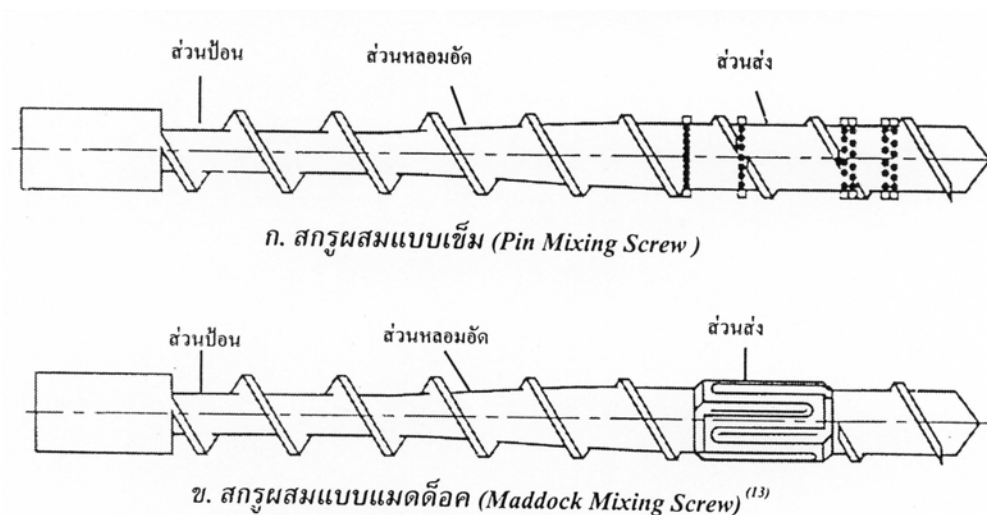
ในเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยวนอกจากใช้สกรูดังแสดงในภาพประกอบ 14 ซึ่งเป็นสกรูแบบธรรมดาแบบขั้นเดียว (single-stage screws) แล้ว ในการเอกซ์ทรูดพอลิเมอร์บางชนิดจำเป็นต้องใช้สกรูที่เป็นสกรูแบบสองขั้น (two-stage screws) ซึ่งมีเพิ่มส่วนที่ใช้ในการไล่ก๊าซออก (venting zone) นอกจากนี้ยังมีส่วนหลอมอัดและส่วนส่งส่วนที่สอง ซึ่งแสดงลักษณะดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 แสดงสกรูแบบสองขั้น (Two-Stage Venting Screws)

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). *กระบวนการแปรรูปพลาสติก*. หน้า 76.

นอกจากนี้การเอกซ์ทรูดพลาสติกบางชนิด ทำให้พลาสติกหลอมเป็นเนื้อเดียวได้ยากมาก จึงต้องออกแบบส่วนของสกรูที่ช่วยในการผสม เรียกสกรูในกลุ่มนี้ว่า สกรูผสม (mixing screw) ตัวอย่างของสกรูในกลุ่มนี้ เช่น สกรูผสมแบบเข็ม (pin mixing screw) และ สกรูผสมแบบแมดด็อก (Maddock mixing screw) เป็นต้น ลักษณะของสกรูสองชนิดนี้แสดงดังในภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 แสดงตัวอย่างสกรูที่ใช้ในการผสม

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). กระบวนการแปรรูปพลาสติก. หน้า 76.

2.2.1.2 กระบอ (Cylinder หรือ Barrel)

หน้าที่ของกระบอในเครื่องเอกซ์ทรูดคือเป็นตัวบรรจุสกรูไว้ภายใน และเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนแก่พลาสติก ขนาดกระบอของเครื่องเอกซ์ทรูด โดยทั่วไปมีตั้งแต่ขนาดเล็ก เช่น มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเครื่องเอกซ์ทรูดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ สำหรับเครื่องเอกซ์ทรูด สำหรับเครื่องเอกซ์ทรูดที่ใช้กันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 65 ถึง 200 มิลลิเมตร แต่ยังมีเครื่องเอกซ์ทรูดที่มีขนาดใหญ่มาก คือ กระบอมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 600 มิลลิเมตร ซึ่งมีความยาวประมาณ 15 เมตร ซึ่งใช้ในโรงงานผลิตพลาสติก

โดยทั่วไปกระบอในส่วนป้อนพลาสติก ซึ่งอยู่ด้านล่างกรวยเติมพลาสติก จะมีการใช้น้ำหล่อเย็นเพื่อป้องกันพลาสติกติดกันเป็นก้อน ให้พลาสติกไหลลงส่วนป้อนของสกรูได้สะดวกขึ้น ส่วนของกระบอภายนอกเหนือจากส่วนนี้จะห่อด้วยแผ่นตัวให้ความร้อนเป็นช่วง ๆ นอกจากนี้รอบ ๆ กระบอจะมีระบบพัดลมเป่าหรือระบบน้ำหล่อเย็น เพื่อควบคุมอุณหภูมิของพลาสติกหลอมให้ได้ตามอุณหภูมิที่ตั้ง หากความร้อนสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ระบบหล่อเย็นจะทำงาน

วัสดุที่ใช้ทำกระบอกต้องเป็นวัสดุที่ทนต่อการขัดสีและการกัดกร่อน และต้องทนต่อความดันสูงมาก ในกรณีการผลิตแผ่นพลาสติกโดยการเอกซ์ทรูด ความดันที่เกิดขึ้นในกระบอกประมาณ 70 MPa และความดันในกระบอกของหน่วยหลอมพลาสติกของเครื่องฉีดพลาสติกอาจจะสูงถึง 210 MPa กระบอกของเครื่องเอกซ์ทรูดก่อนหน้านี้ไม่กี่ปี นิยมใช้กระบอกที่ทำจากเหล็กผสมด้วยอัลลอยด์แล้วนำไปทำไนไตรด์ (nitriding) ซึ่งทำโดยการให้ความร้อนแก่เหล็กและอัลลอยด์ ภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจนซึ่งจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับอัลลอยด์ ได้โลหะที่มีพื้นผิวที่แข็งแกร่ง แต่ในปัจจุบันนิยมทำกระบอกของเครื่องเอกซ์ทรูด จากการใช้โลหะสองชนิด (bimetallic barrel) ด้านนอกจะเป็นอัลลอยด์ของอลูมิเนียม ส่วนด้านในซึ่งเป็นชั้นบาง มีความหนาน้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร ทำจากวัสดุที่ทนต่อการขัดสี การสึกกร่อน และมีความแข็งแรงสูง ซึ่งจะเป็นการผสมอัลลอยด์ชนิดต่างๆ ของ เหล็ก นิกเกิล โครเมียม อัลลอยด์ของคาร์บอนและโครเมียม เป็นส่วนนอกของกระบอกจะเป็นอัลลอยด์ของอลูมิเนียม ซึ่งมีการนำความร้อนดีมาก โลหะส่วนนี้จะออกแบบให้สามารถติดตั้งตัวให้ความร้อน ชุดหล่อเย็น และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ (เช่น sensors) โดยทั่วไปจะแบ่งกระบอกออกเป็น 4 ถึง 6 ช่วง ซึ่งในแต่ละช่วงจะมีการติดตั้งชุดให้ความร้อน เทอร์โมคัพเพิลสำหรับการควบคุมอุณหภูมิ โดยจะเจาะรูเพื่อให้ปลายเทอร์โมคัพเพิลฝังตัวในผนังกระบอกลึกประมาณ 3 ถึง 5 มิลลิเมตร



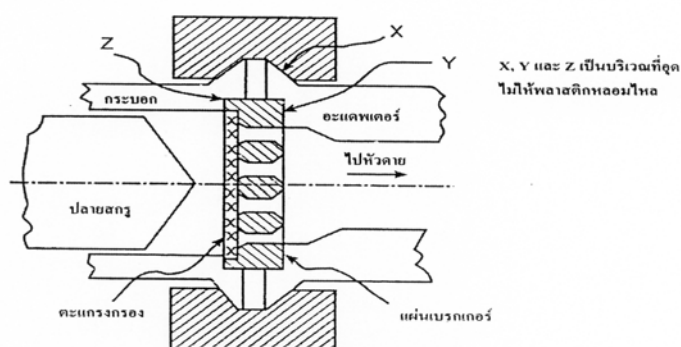
ภาพประกอบ 20 กระบอกท่อนหน้าและท้าย



ภาพประกอบ 21 ลักษณะการสวมสกรูเข้าสู่กระบอก

2.2.1.3 แผ่นเบรก ตะแกรงกรอง และอะแดปเตอร์ (Breaker Plate, Screen Pack and Adapter)

ส่วนปลายของกระบอกของเครื่องเอกซเรย์ทรวงอก จะมีอะแดปเตอร์เป็นแผ่นโลหะกลมที่เจาะรูที่มีเส้นเบรกเกอร์ ซึ่งแสดงรายละเอียดดังภาพประกอบ 21 แผ่นเบรกเกอร์เป็นแผ่นโลหะกลมที่เจาะรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 ถึง 5 มิลลิเมตร จำนวนมาก ทำหน้าที่ในการปรับเปลี่ยนลักษณะการไหลเป็นเกลียว เนื่องจากการหมุนของสกรูให้มีลักษณะการไหลที่เป็นลามินาร์มากขึ้น และช่วยให้พลาสติกหลอมเกิดการผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีขึ้น พลาสติกที่ไหลออกมาจากแผ่นเบรกเกอร์มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันมากขึ้น นอกจากนี้แผ่นเบรกเกอร์ยังทำหน้าที่ในการรองรับตะแกรงกรอง ซึ่งทำหน้าที่ในการกรองไม่ให้สิ่งสกปรกและพลาสติกที่ไม่หลอมไหลผ่านหัวตาย ซึ่งวัสดุเหล่านี้ถ้าหลุดเข้าไปในตายจะทำให้ชิ้นงานมีจุดบกพร่อง



ภาพประกอบ 22 ภาพตัดขวางแสดงตะแกรงกรอง แผ่นเบรกเกอร์และอะแดปเตอร์

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). กระบวนการแปรรูปพลาสติก. หน้า 78.



ภาพประกอบ 23 อะแดปเตอร์



ภาพประกอบ 24 อะแดปเตอร์ตัวรองรับตะแกรง



ภาพประกอบ 25 ลักษณะการประกอบเข้าของอะแดปเตอร์กับชุดเบรกเกอร์

ตะแกรงกรองมักจะใช้ประมาณ 3 ถึง 5 ชั้นวางซ้อนกัน มักจะทำมาจากโลหะหรือผ้าชนิดพิเศษ โดยวางเรียงให้ตะแกรงที่มีรูขนาดใหญ่ที่สุด (20 ถึง 40 mesh) อยู่ติดกับแผ่นเบรกเกอร์ แล้วซ้อนตะแกรงที่มีรูขนาดเล็กลงตามลำดับ เช่น 40 60 และ 80 เมท ตามลำดับ

อะแดปเตอร์ทำหน้าที่ในการยึดแผ่นเบรกเกอร์ และกำหนดทิศทางให้พลาสติกหลอมไหลไปยังส่วนหัวตาย นอกจากนี้ในส่วนอะแดปเตอร์มักจะมีการติดตั้งตัวให้ความร้อนชุดวัดอุณหภูมิและความดันของพลาสติกหลอมที่ไหลเข้าตาย

2.2.1.4 ชุดรองรับแรงเนื่องจากความดันของพลาสติกหลอม (Thrust Bearing)

การหมุนของสกรูทำให้เกิดความดันของพลาสติกหลอมภายในกระบอกลูก จึงต้องออกแบบให้กระบอกลูกมีความหนาพอที่จะรองรับความดันที่เกิดขึ้นได้ส่วนของสกรูด้านตรงกันข้ามกับหัวตายจะเป็นส่วนที่รองรับแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดันในกระบอกลูก ซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดันในกระบอกลูก ตัวอย่างกรณีสกรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 นิ้ว ถ้าสกรูหมุนจนพลาสติกหลอมที่มีความดันภายในกระบอกลูก 20 MPa ทำให้เกิดแรงในทิศทางตรงกันข้ามที่ส่วนหลังของสกรูถึง 205 กิโลนิวตัน (20.5 ตัน) ซึ่งเป็นแรงในระดับที่สูงมาก



ภาพประกอบ 26 ชุดรองรับแรงเนื่องจากความดันของพลาสติกหลอม

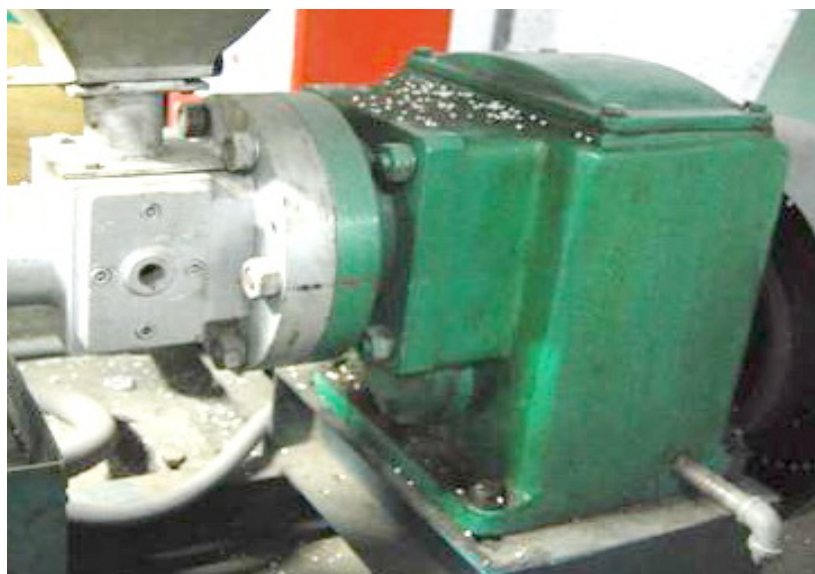
การรับแรงที่ส่วนหลังของสกรู จำเป็นต้องใช้ชุดอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการรองรับแรง ซึ่งวางตัวอยู่ส่วนหลังของเครื่องเอกซ์ทรูดติดกับสกรู โดยทั่วไปส่วนท้ายของสกรูจะถูกล็อคเข้ากับเพลาชับ (thrust shaft) ลูกปลาย (ball bearing) หรือบรอนซ์ (bronze bearing) บริษัทผู้ผลิตส่วนใหญ่ มักจะการันตีเครื่องเอกซ์ทรูดที่ผลิตว่า สามารถใช้งานชุดรองรับแรงได้ถึง 100,000 ชั่วโมง (10 ถึง 14 ปี) ถ้าให้ความดันของพลาสติกหลอมมีค่าประมาณ 35 MPa และให้สกรูหมุนด้วยอัตรา 100 รอบ ต่อนาที (rpm)

2.2.1.5 ระบบเกียร์ทดและมอเตอร์ขับ (Reduction Gear and Drive Motor)

กำลังที่ใช้ในการขับให้สกรูหมุน ได้มาจากมอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วของการหมุนได้ โดยมอเตอร์จะต่อกับระบบเกียร์ทดและเพลาชับ เพื่อกำหนดความเร็วในการหมุนและทอร์กของสกรู อัตราเร็วของการหมุนสกรูจะอยู่ในช่วง 5 ถึง 150 รอบต่อนาที (rpm) โดยทั่วไประบบเกียร์ทดและมอเตอร์จะต้องให้สกรูหมุนด้วยอัตราคงที่ มีทอร์กสูงที่ทุกค่าของอัตราการหมุน และไม่มีการกระตุกของสกรูขณะทำการเปลี่ยนอัตราการหมุนอย่างต่อเนื่องมอเตอร์ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์ (commutator motor) และมอเตอร์กระแสตรง (DC-motor) ซึ่งมีกำลังขับอยู่ในช่วง 5 กิโลวัตต์ (ใช้กับสกรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร) ถึง 500 กิโลวัตต์ (ใช้กับสกรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร)



ภาพประกอบ 27 มอเตอร์ขับ



ภาพประกอบ 28 ระบบเกียร์ทด

2.2.1.6 กรวยเติมพลาสติก (Feed Hopper)

อุปกรณ์ใช้เติมพลาสติกลงในกระบอกลูกและสกรู โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นกรวยเม็ดหรือผงพลาสติกจะตกลงที่สกรู เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นผิวภายในของกรวยเติมจะมีความมันเพื่อลดแรงเสียดทาน และมักจะมี ความชันมากพอที่จะให้พลาสติกไหลได้ เพื่อประสิทธิภาพในการใช้งาน กรวยเติมมักจะมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

- ฝาปิดเพื่อใช้ในการป้องกันฝุ่นละอองและความชื้นเข้ามาปะปนกับพลาสติก
- มีหน้าต่างแก้วหรือพลาสติกใสสำหรับสังเกตระดับของวัสดุภายในกรวยเติม
- ลิ้นที่ส่วนล่างของกรวยเติม เพื่อให้สามารถหิดและเปิดให้พลาสติกไหล และหยุดได้
- ในเครื่องเอกซ์ทรูดบางชนิดจะมีเครื่องเป่าอากาศร้อนเพื่อไล่ความชื้น ติดตั้งไว้ในส่วนของกรวยเติม หรือในบางกรณีต้องการเพิ่มอุณหภูมิของพลาสติกก่อนที่จะป้อนเข้าสู่สกรู
- อาจมีเครื่องกวน (agitator) เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดหรือผงพลาสติกติดกันเป็นก้อน



ภาพประกอบ 29 กรวยเติมพลาสติก



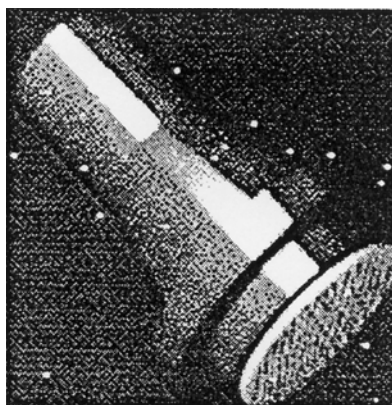
ภาพประกอบ 30 เครื่องดูดสุญญากาศ

การเติมเม็ดหรือผงพลาสติกลงในกรวยเติม ของเครื่องเอกซ์ทรูดในอุตสาหกรรมมักจะใช้เครื่องดูดแบบสุญญากาศ ในการดูดเม็ดหรือผงพลาสติกจากกระสอบหรือถุง ลงในกรวยเติมพลาสติก

2.2.1.7 ดายของเครื่องเอกซ์ทรูด (Extrusion Dies)

ดายของเครื่องเอกซ์ทรูดเป็นส่วนที่ยึดติดกับส่วนปลายของกระบอกรีด ต่อจากแผ่นเบรกเกอร์ และตะแกรงกรอง ดายทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลาสติกหลอมให้มีรูปร่างตามลักษณะของหัวดาย ซึ่งโดยทั่วไปชิ้นงานพลาสติกจากการเอกซ์ทรูดมีรูปร่างหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ดายของเครื่องเอกซ์ทรูดจะมีลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับรูปร่างของชิ้นงานที่ทำการเอกซ์ทรูด ซึ่งสามารถแบ่งชนิดของดายออกตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต คือ เส้นใย แผ่นพลาสติก ฟิล์มพลาสติก ท่อ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นโพรไฟล์ และผลิตภัณฑ์พลาสติกจากการเคลือบ เป็นต้น

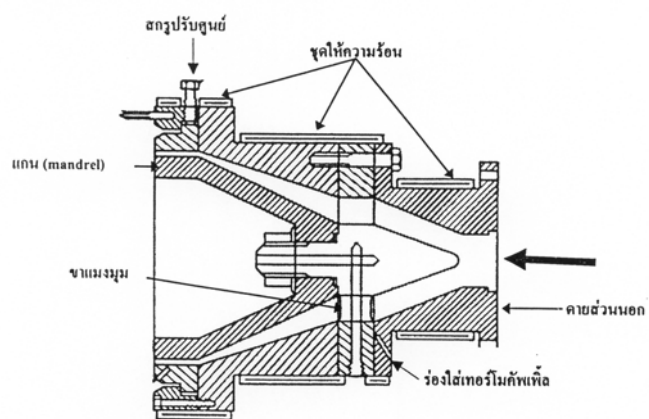
การผลิตเส้นใยพลาสติก ผลิตจากดายที่มีลักษณะเป็นแผ่น (plate die) และเจาะรูจำนวนมาก ลักษณะของรูอาจมีรูปร่างต่าง ๆ เช่น เป็นคาปิลลารี รูสามเหลี่ยม รูหกเหลี่ยมและรูแปดเหลี่ยม เป็นต้น เรียกดายในลักษณะนี้ว่า สปินเนอร์ (spinneret) ซึ่งแสดงลักษณะดังภาพประกอบ 30 วิธีการผลิตเส้นใยทำได้โดยการเอกซ์ทรูดให้พลาสติกหลอมไหลผ่าน รูของสปินเนอร์แล้ว พัดด้วยลูกล่อม้วนหลังจากนั้นดึงให้ยืดออกประมาณ 10 ถึง 15 เท่าในขณะที่ทำการหล่อเย็น ตัวอย่างของพอลิเมอร์ที่นิยมใช้ในการผลิตเส้นใย เช่น ไนลอน -6 พอลิทีลีนเทอร์ เฟรเทอร์เลท (PET) และพอลิโพรไพลีน



ภาพประกอบ 31 แสดงลักษณะของสปินเนอร์ (Spinneret)

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). *กระบวนการแปรรูปพลาสติก*. หน้า 81.

ดายที่ใช้ในการผลิตท่อพลาสติก มีลักษณะเหมือนหรือคล้ายกับดายที่ใช้ในการผลิตท่อพาริสัน ในกรณีการเป่าฟิล์มพลาสติก ตัวอย่างของดายที่ใช้ในการผลิตท่อ แสดงดังในภาพประกอบ 32 ซึ่งมี ส่วนประกอบหลัก คือ ตัวดายส่วนนอก และส่วนแกน (mandrel) ดายสองส่วนยึดติดกันด้วยขาแมงมุม (spider legs) ทำให้เกิดรูปร่างของดายเป็นวงแหวน ส่วนนอกของดายจะหล่อหุ้มด้วยชุดให้ความร้อนไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีปั๊มสำหรับศูนย์ของดาย



ภาพประกอบ 32 แสดงตายสำหรับการเอกซ์ทรูด

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). กระบวนการแปรรูปพลาสติก. หน้า 81.

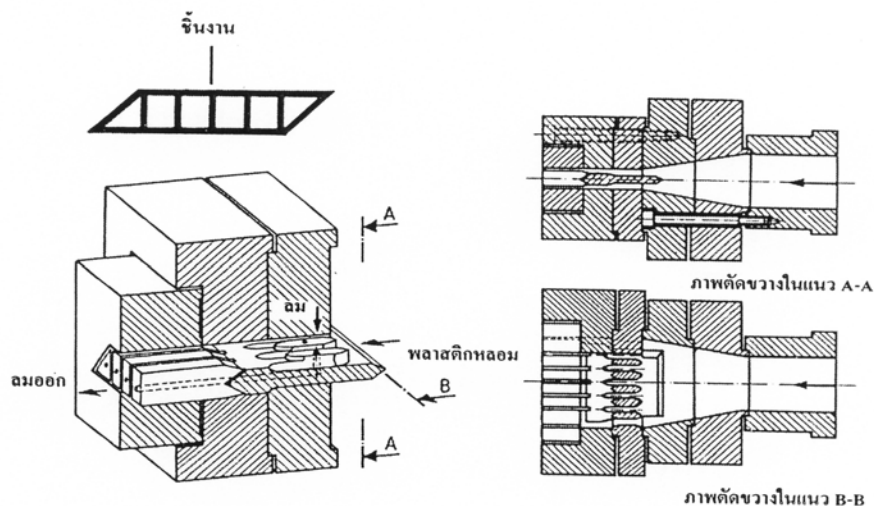


ภาพประกอบ 33 ชุดหัวตาย



ภาพประกอบ 34 เส้นของหัวตาย

การผลิตชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นโพรง ใช้ดายที่มีรูปแบบต่างๆ ขึ้นอยู่กับรูปร่างของโพรงชนิดนั้นๆ ตัวอย่างของดายที่ใช้ในการเอกซ์ทรูดโพรง แสดงดังในภาพประกอบ 35 ซึ่งเป็นการผลิตโพรงที่มีลักษณะกลวงหลายช่อง ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้ลมเป่า เพื่อป้องกันไม่ให้พลาสติกหลอมรวบติดกันที่ทางออกของดาย



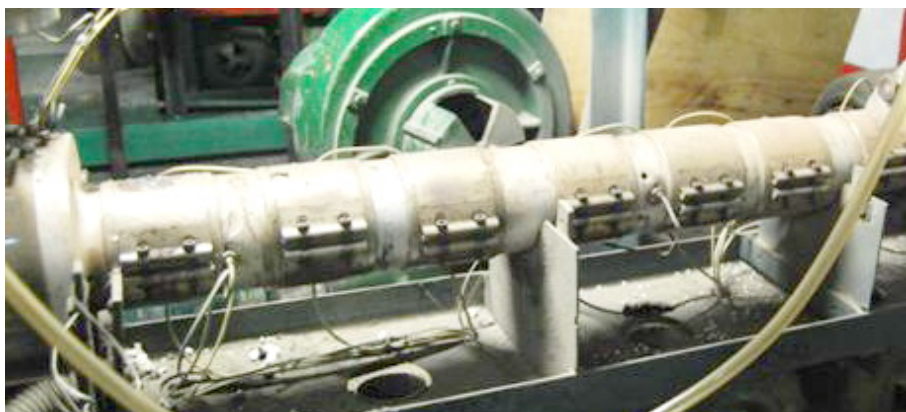
ภาพประกอบ 35 แสดงดายสำหรับการเอกซ์ทรูดที่ใช้ในการผลิตโพรง

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). *กระบวนการแปรรูปพลาสติก*. หน้า 83.

การออกแบบดายสำหรับการเอกซ์ทรูดมักจะเจอการบวมพอง (die swell) ที่หัวดายเสมอ ตัวอย่างการผลิตชิ้นงานที่เป็นแท่งสี่เหลี่ยมถ้าให้รูปผลิตภัณฑ์ ที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยม แต่ถ้ายากสร้างดายเพื่อเจอการเกิดการบวมพองที่หัวดายโดยให้มีลักษณะเว้าเข้าที่ด้านทั้งสี่ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สี่เหลี่ยมตามต้องการ

2.2.1.8 ชุดให้ความร้อนและหล่อเย็น

การให้ความร้อนแก่พลาสติกที่อยู่ในกระบอกรทำได้โดยใช้ชุดตัวให้ความร้อนไฟฟ้าหุ้มรอบกระบอกร แบ่งออกเป็นช่วงๆ ประมาณ 4 ถึง 6 ชุด ซึ่งตัวให้ความร้อนเหล่านี้จะต่อกับตัวควบคุมเพื่อให้สามารถปรับเพิ่มและลดอุณหภูมิของแต่ละช่วงได้อย่างอิสระ ตัวควบคุมอุณหภูมิจะต้องมีประสิทธิภาพในการปรับอุณหภูมิให้คงที่ กล่าวคือ ให้อุณหภูมิมีค่าผิดพลาดไม่เกิน $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ของค่าที่ตั้งไว้ ถ้าอุณหภูมิของกระบอกรสูงเกินไปตัวควบคุมจะทำให้ตัวหล่อเย็นทำงาน โดยทั่วไปตัวหล่อเย็นจะเป็นพัดลมเป่า (blower) ซึ่งติดตั้งเป็นช่วงตามจำนวนช่วงของชุดให้ความร้อน หรือในเครื่องเอกซ์ทรูดรุ่นใหม่มักจะใช้น้ำที่ให้น้ำผ่านท่อทองแดงที่พันรอบกระบอกรเป็นตัวช่วยในการควบคุมอุณหภูมิของกระบอกร นอกจากนี้ที่บริเวณคอ (throat) ของกรวยเติมพลาสติก จะมีน้ำหล่อเย็นไหลตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อไม่ให้พลาสติกจับตัวกันเป็นก้อน กีดขวางเส้นทางการไหลลงสู่กระบอกร



ภาพประกอบ 36 ชุดให้ความร้อน

2.3 อุปกรณ์ประกอบหลังการเอกซ์ทรูด

หลังจากที่พลาสติกหลอมไหลผ่านหัวตายเกิดรูปร่างตามที่ต้องการแล้ว มีความจำเป็นที่จะต้องรักษารูปร่างนั้นไว้ จนกว่าพลาสติกจะแข็งตัว แล้วดึงเอาชิ้นงานที่ผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ทำการตัดให้มีความยาวตามที่ต้องการหรือทำการม้วนพับเก็บ

2.3.1 อุปกรณ์ปรับขนาด (Calibrator หรือ Sizing Systems)

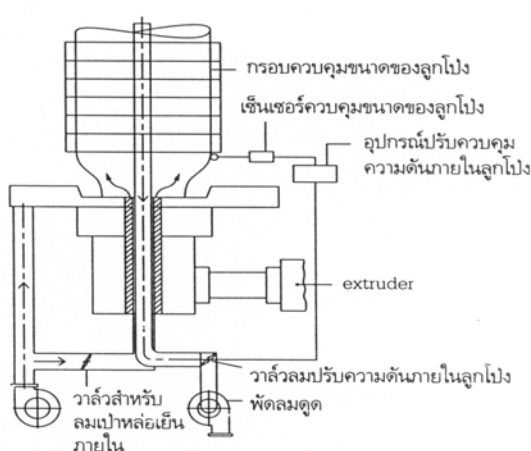
หน้าที่ของหน่วยปรับขนาดคือ ทำให้ลักษณะรูปร่างและพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานเป็นไปตามที่ต้องการโดยทำให้เกิดการแข็งตัวของพลาสติกหลอม จากการสัมผัสกับหัวตายของหน่วยปรับขนาดเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความหนาพอที่จะส่งไปยังหน่วยดึง (take-off หรือ haul-off unit) ได้

2.3.1.1 อุปกรณ์ปรับขนาดภายนอกโดยใช้ลม (External Calibrator with Compressed Air)

อุปกรณ์ปรับขนาดภายนอกหมายถึงอุปกรณ์ปรับขนาดที่กำหนดลักษณะรูปร่างภายนอกของชิ้นงานเท่านั้น ซึ่งได้รับความนิยมอย่างสูงในการเอกซ์ทรูดท่อ ซึ่งมักจะกำหนดมาตรฐานจากเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก อุปกรณ์ปรับขนาดภายนอกโดยใช้ลมเป่า ใช้กับการปรับขนาดกับการผลิตท่อเท่านั้นโดยเฉพาะท่อที่เอกซ์ทรูดจากพีวีซี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 355 มิลลิเมตร และท่อพอลิเอทิลีนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 110 มิลลิเมตร ในการปรับขนาดแบบนี้จะใช้ลมที่แรงดันประมาณ 0.2 ถึง 1 บาร์ ต่อผ่านแกน (mandrel) เข้าไปในท่อร้อนเพื่อให้ผนังด้านนอกของท่อกระทบกับตายหรือปลอก (Sleeve) ของเครื่องปรับขนาด ซึ่งหล่อเย็นด้วยระบบน้ำหมุนเวียน การต่อลมจะต้องให้ปลายของท่อปิด ซึ่งถ้าเป็นท่อขนาดเล็กจะปิดจากการม้วนพับท่อ แต่ถ้าเป็นท่อขนาดใหญ่จะใช้ปลั๊กซึ่งประกอบด้วยวงแหวนยางจำนวนมากในการอุดรูท่อ ตัวปลั๊กจะต่อกับแกนโดยใช้เชือกหรือโซ่หลังจากที่พลาสติกหลอมแข็งตัวในตายของเครื่องปรับอากาศ ผ่านชิ้นงานให้ผิวนอกของท่อสัมผัสกับน้ำหล่อเย็นโดยตรง

2.3.1.2 การหล่อเย็นภายในลูกโป่ง (Internal Bubble Cooling)

การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตฟิล์มเป่าในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาระบบการหล่อเย็นฟิล์มให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยการส่งลมเข้าไปทาการหล่อเย็นภายในลูกโป่ง แทนที่จะหล่อเย็นภายนอกอย่างเดียวโดยหลักการแล้วการหล่อเย็นฟิล์มทั้งด้านในและด้านนอกจะทำให้สามารถเป่าลมหล่อเย็นภายนอกด้วยความเร็วสูงได้ เนื่องจากมีการควบคุมความดันภายในลูกโป่งได้คงที่ ทำให้สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนสูงขึ้น และการแลกเปลี่ยนลมเป่าภายในลูกโป่งจะทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในลูกโป่งไม่ร้อนมาก โดยหลักการนี้จะทำให้ผลผลิตสูงขึ้นกว่าการหล่อเย็นภายนอกอย่างเดียว 30-50% ดังภาพประกอบ 37 แสดงการควบคุมลูกโป่งในการหล่อเย็นภายใน



ภาพประกอบ 37 แสดงการควบคุมลูกโป่งในการหล่อเย็นภายใน

ที่มา: จากหนังสือ Plastics Extrusion Technology, Hanser Publishers.



ภาพประกอบ 38 ลูกโป่งพลาสติกขนาดทำการหล่อเย็น

การทำงานควบคุมขนาดของลูกโป่งให้อยู่ในพิสัยที่กำหนด โดยพัดลมจะเป่าลมเย็นเพื่อหล่อเย็นภายนอกเป็นส่วนใหญ่และส่วนหนึ่งจะผ่านวาล์วเข้าไปยังลูกโป่ง เพื่อทำการเป่าลูกโป่งให้พองและทำการหล่อเย็นภายใน นอกจากนี้จะต้องมีพัดลมดูดลมออกโดยผ่านวาล์วลมให้ปริมาณอากาศภายในลูกโป่งคงที่ ถ้าความดันภายในลูกโป่งมากเกินไป เซ็นเซอร์ควบคุมลูกโป่งจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมความดันภายในลูกโป่งให้ลดปริมาณลมลง และในทางตรงข้าม ถ้าความดันภายในลูกโป่งต่ำเกินไป เซ็นเซอร์ควบคุมลูกโป่งจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมความดันภายในลูกโป่งให้เป่าวาล์วลมหล่อเย็นภายในให้มากขึ้นเพื่อปรับความสมดุลของความดันภายในลูกโป่ง

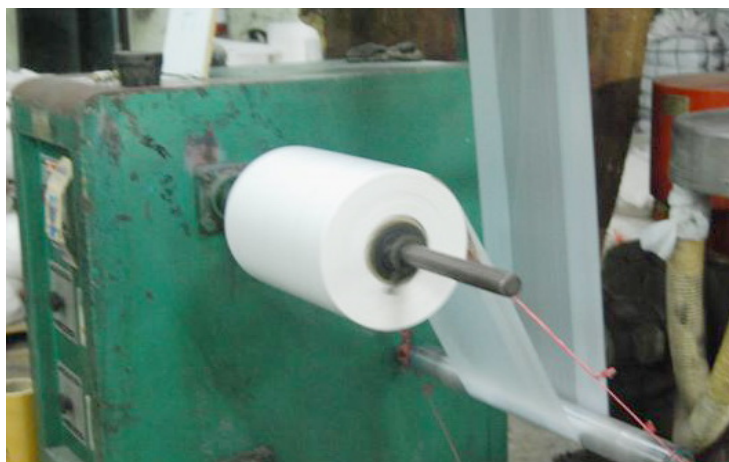
2.3.1.3 อุปกรณ์ดึงและม้วนฟิล์ม

อุปกรณ์ดึงและม้วนฟิล์มจะประกอบด้วย กรอบบีบลูกโป่ง (collapsing frame) และลูกกลิ้งบีบ (collapsing rolls) หลังจากนั้นจึงจะส่งไปยังอุปกรณ์ม้วนฟิล์ม

กรอบบีบลูกโป่งจะมีลักษณะเป็นแผง ทำมุมเอียงคล้ายลิ้ม สามารถปรับมุมได้ตามต้องการ ส่วนใหญ่จะทำด้วยไม้เรียบ หรือทำด้วยลูกกลิ้งเล็กๆ หมุนได้อย่างอิสระ ดังภาพประกอบ 40 สิ่งที่ต้องระวังในการบีบก็คือ ต้องใช้แรงบีบน้อยที่สุดและความถี่ของการสัมผัสระหว่างฟิล์มกับกรอบบีบต้องน้อยที่สุด มิฉะนั้นจะทำให้ฟิล์มเย็นเย็น เนื่องจากความยาวของฟิล์มตอนประกอบกันต่างกัน หรือมีความหนาแน่นระหว่างฟิล์มกับกรอบบีบ



ภาพประกอบ 39 ชุดดึงฟิล์ม

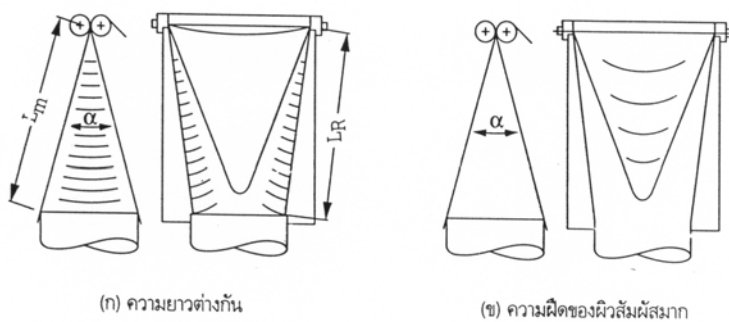


ภาพประกอบ 40 ชุดม้วนฟิล์ม



ภาพประกอบ 41 ชุดปรับขนาดฟิล์ม

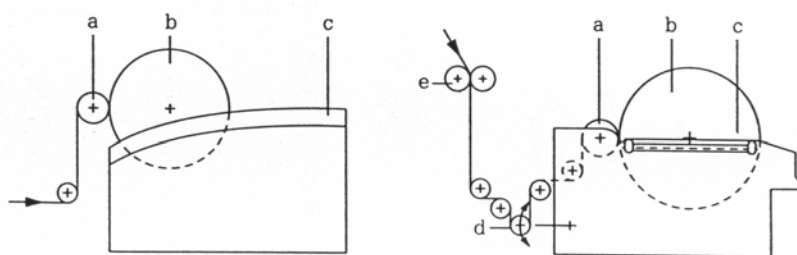
ลูกกลิ้งดึงส่วนใหญ่จะใช้เหล็กหุ้มไว้ด้วยยางแข็งและต้องสามารถปรับแรงบีบได้ เพื่อป้องกันการแตกที่รอยพับ บริเวณลูกกลิ้งดึงอาจจะต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป เพราะอาจเกิดการเกาะติดกันของฟิล์มประกอบกัน



ภาพประกอบ 42 กรอบบีบลูกโป่งพร้อมลูกกลิ้งดึง

ที่มา: จากหนังสือ Plastics Extrusion Technology, Hanser Publishers.

เครื่องม้วนฟิล์ม (film winder) ส่วนใหญ่จะใช้ม้วนสัมผัส (contact winder) ดังภาพประกอบ 42 โดยจะใช้ลูกกลิ้งเหล็กหุ้มยางหรือชุบโครเมียมเป็นลูกกลิ้งขับม้วนฟิล์ม ทั้งนี้จะทำให้ความเร็วรอบหรือความเร็วม้วนคงที่ไม่ว่าม้วนฟิล์มจะโตขึ้นเท่าไรก็ตาม แรงกดในการม้วนจะใช้ระบบกลไก หรือแรงจากลูกสูบลม (pneumatic piston) ที่ควรจะต้องระวังก็คือ แกนของม้วนจะต้องขนานกับลูกกลิ้งขับ มิฉะนั้นจะทำให้ฟิล์มเรียงตัวกันไม่สม่ำเสมอหรือม้วนฟิล์มไม่ขนาน ในที่สุดขนาดของม้วนฟิล์มที่ใช้วิธีม้วนสัมผัสจะทำได้ถึง 1500 มิลลิเมตร หน้ากว้าง 3200 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 43 อุปกรณ์ม้วนฟิล์มแบบม้วนสัมผัส

ที่มา: จากหนังสือ Plastics Extrusion Technology, Hanser Publishers.

ในอุตสาหกรรมที่ต้องการกำลังการผลิตสูงขึ้น ความตึงของฟิล์มต่ำมากๆ จะใช้อุปกรณ์ม้วนฟิล์มแบบส่งกำลังขับที่แกนม้วน (central winder) โดยใช้มอเตอร์ส่งกำลังขับที่แกนม้วนโดยตรง ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีความยุ่งยากในการควบคุมสูง และราคาสูงกว่าอุปกรณ์ม้วนสัมผัสมาก

จากทฤษฎีที่ผู้ทำวิจัยได้อ้างอิงมานั้นสามารถสรุปออกมาเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้ โดยการที่เริ่มกระบวนการผลิตถุงพลาสติกนั้นเราจำเป็นต้องหาวัตถุดิบ คือ เม็ดพลาสติกโดยจะมีการผสมในอัตราส่วนที่โรงงานแต่ละแห่งกำหนดซึ่งจะมีความแตกต่างกัน หลังจากนั้นจะนำเข้าสู่กระบวนการหลอมเหลวเพื่อเป่าขึ้นรูปและรีดผ่านลูกกลิ้งเพื่อที่จะนำมาเก็บเป็นม้วนและส่งต่อกระบวนการต่อไป ซึ่งส่วนสำคัญในการวิจัยครั้งนี้อยู่ที่กระบวนการเป่าขึ้นรูปฟิล์มถุงพลาสติกโดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับเครื่องจักรเป่าฟิล์มถุงพลาสติกแบบ 1 ชั้นดังภาพประกอบ 44 เป็นเครื่องที่ผลิตโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด ชัยยงแมชชีนเนอร์รี่ ประเทศไทย รายละเอียดของเครื่องจักรดังนี้



ภาพประกอบ 44 เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

- มิติเครื่องขนาด กว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 3.50 เมตร ผลิตจากเหล็กไอบีม
- ขนาดเครื่องเป่า หน้ากว้าง 27 นิ้ว
- มอเตอร์ขับเคลื่อน ขนาด 15 Hp
- ควบคุมด้วย Inverter Toshiba รุ่น VF-S7 400V ขนาด 15 Hp
- สกรูและกระบอก ขนาด 50 มม. ความยาว 1.40 เมตร
- หัวเป่า ขนาด 50 มม.
- Wind Blower ขนาด 3 Hp
- มอเตอร์ทดรอบลูกกลิ้ง ขนาด 27 นิ้ว
- ควบคุมลูกกลิ้งด้วย Inverter Toshiba ขนาด 1 Hp
- เก็บม้วนด้วยระบบมอเตอร์สไลด์ม้วนอัตราขับ 1 Hp จำนวน 3 ชุด

2.4 กระบวนการเป่าฟิล์ม (Blown Film Processes)

การเป่าฟิล์มเป็นกระบวนการแปรรูปพลาสติกแบบต่อเนื่อง เช่นเดียวกับกระบวนการเอกซ์ทรูดแบบอื่นๆ การผลิตเริ่มต้นจากกระบวนการเอกซ์ทรูดท่อของเทอร์โมพลาสติกหลอมโดยเอกซ์ทรูดในแนวตั้งจากกับแนวของเครื่องเอกซ์ทรูด หลังจากนั้นทำการดึงท่อพลาสติกในแนวแกนของการเอกซ์ทรูด (axial direction) แล้วใช้ลมเป่าท่อในขณะเดียวกันทำให้พลาสติกหลอมพองออกในแนวรัศมี (radial direction) เกิดเป็นลูกโป่ง ที่มีผนังบาง (thin-walled bubble) เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกโป่งจะมีค่ามากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวตายหลายเท่าลูกโป่งที่ร้อนจะถูกหล่อเย็นด้วยลมเป่าที่ผิวด้านนอกของลูกโป่ง โดยหัวเป่ามีลักษณะเป็นวงแหวนอยู่ด้านนอกของหัวตายเรียกว่า cooling ring ลักษณะของเครื่องและกระบวนการเป่าฟิล์ม ลูกโป่งจะถูกปรับให้มีขนาดที่เหมาะสม และถูกจำกัดอยู่ในช่วงที่ช่วยพองฟิล์ม (sizing basket หรือ calibration unit) หลังจากนั้นรวบลูกโป่งโดยป้อนให้ลูกโป่งเคลื่อนที่ผ่านแผ่นโลหะหุ้มกำมะหยี่ที่ตีบเข้า (collapsing board) และป้อนเข้าในช่องว่างของลูกกลิ้งสองตัว (nip rolls) ทำให้ลูกโป่งแบนลงเป็นฟิล์มสองชั้น หลังจากนั้นทำการดึงฟิล์มโดยใช้หน่วยดึง (haul-off unit) และตอนสุดท้ายฟิล์มจะถูกพันเป็นม้วนด้วยตัวม้วนฟิล์ม (winder) แล้วนำไปทำเป็นถุงหรือฟิล์มแผ่นเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

มีการใช้เทอมในการอธิบายกระบวนการแปรรูปพลาสติกโดยการเป่าฟิล์มหลายเทอมแต่เทอมที่สำคัญ เช่น อัตราการพองของลูกโป่ง (blow-up ratio) และอัตราการดึง (draw down ratio) เป็นต้น

อัตราการพองของลูกโป่ง หมายถึง อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกโป่งกับเส้นผ่านศูนย์กลางของตาย โดยทั่วไปอัตราการพองของลูกโป่งของการเป่าฟิล์มจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 2:1 ถึง 6:1 ซึ่งหมายความว่าตายตัวหนึ่งสามารถผลิตถุงได้หลายขนาด

อัตราการดึง หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความเร็วของฟิล์มที่ดึงโดยลูกกลิ้งกับความเร็วของการเอกซ์ทรูด ซึ่งความเร็วการเอกซ์ทรูดสามารถคำนวณได้จากน้ำหนักของพลาสติกที่ผลิตได้ต่อหน่วยเวลา แล้วแปรให้เป็นปริมาตร แล้วค่อนำปริมาตรหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของตาย

2.5 กระบวนการผลิตถุงพลาสติกเพื่อความปลอดภัย

กระบวนการผลิตถุงพลาสติกนั้นทั้งกระบวนการต้องอาศัยความร้อนเข้ามาช่วยในเรื่องของการหลอมเหลวเม็ดพลาสติกอีกทั้งในขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรต้องอาศัยความละเอียด เพราะเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก มีราคาสูงและถ้าเกิดความเสียหายจะก่อให้เกิดความเสียหายทั้งระบบ

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในเรื่องการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจะเห็นได้ว่าตั้งแต่ขั้นตอนแรกที่เราเติมวัตถุดิบ (เม็ดพลาสติกที่ผสมแล้ว) เข้าสู่กรวยเติมเม็ดพลาสติก เม็ดพลาสติกจะถูกหลอมเหลวด้วยความร้อนที่สูงในตอนต้นและยังคงให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องที่ระดับแตกต่างกันไปในกระบอกลำเลียงเมื่อเม็ดพลาสติกถูกหลอมละลายผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องใช้ความชำนาญในการดึงฟิล์มเพื่อให้ผ่านลูกกลิ้งตัวที่อยู่สูงสุดและผ่านลูกกลิ้งระดับต่ำลงมาเรื่อยๆ จนลงมาม้วนเก็บในที่สุด

ดังนั้นเราสามารถแยกประเด็นเรื่องความปลอดภัยในการทำงานออกเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นที่ 1 คือเรื่องของความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในขณะที่ควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และประเด็นที่ 2 คือเรื่องของอันตรายที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ประเด็นที่ 1 ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในขณะที่ควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกซึ่งในการควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ได้แก่

1. ใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน การสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงานนั้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากเพราะเครื่องจักรที่ทำงานนั้นใช้กระแสไฟฟ้าสูง 380 โวลต์ ซึ่งถ้าไม่สวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงานอาจทำให้ถูกไฟฟ้าช็อตจนทำให้ได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิตได้ ส่วนสาเหตุที่ผู้ปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมักจะถอดรองเท้าขณะปฏิบัติงาน คือ ขณะที่ควบคุมเครื่องจักรนั้นต้องมีการปีนขึ้นและลงเครื่องเป็นครั้งคราว เมื่อใส่รองเท้าอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานไม่สะดวก แต่ทางโรงงานก็ออกกฎข้อบังคับเรื่องการสวมใส่รองเท้าเช่นกัน

2. ไม่ควรจับเครื่องจักรพร้อมกันพร้อมกัน 2 เครื่อง ในกรณีนี้อาจคล้ายกับกรณีแรก แต่แตกต่างกันในส่วนของบริษัทที่โดนไฟฟ้าช็อตเพราะเมื่อผู้ปฏิบัติงานจับเครื่องพร้อมกัน 2 เครื่องซึ่งเครื่องจักรจะถูกวางเรียงต่อกันอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานถูกไฟฟ้าช็อตได้

3. เกิดไฟฟ้าสถิตขณะพลาสติกถูกม้วนเก็บ ในกรณีนี้อาจไม่เป็นอันตรายรุนแรงแต่เป็นเรื่องสำคัญที่ไม่ควรมองข้ามเพราะขณะที่พลาสติกถูกม้วนเก็บอยู่นั้นจะเกิดไฟฟ้าสถิตขึ้นและอาจทำให้ได้รับบาดเจ็บได้

4. สวมถุงมือป้องกันความร้อน ดังที่อธิบายในตอนต้น กระบวนการเป่าถุงพลาสติกนั้นต้องใช้ความร้อนสูง 200 ถึง 300 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถจับได้ด้วยมือเปล่าแต่อาจเกิดขึ้นด้วยความพลั้งเผลอ หรือรีบร้อนอาจทำให้ได้รับบาดเจ็บได้

5. ระมัดระวังขณะปีนขึ้นหรือลงเครื่องจักร เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกนั้นเป็นเครื่องที่มีมิติความสูงมาก คือประมาณ 1.30 ถึง 2.00 เมตร และในการเป่าถุงพลาสติกเม็ดพลาสติกที่ถูกหลอมละลายจนถูกเป่าออกมาเป็นลูกโป่งแล้วนั้นต้องผ่านลูกกลิ้งที่อยู่ในระดับสูงเพื่อให้แบนเรียบเป็นแผ่นในขณะที่ดึงเนื้อพลาสติกผ่านลูกกลิ้งนั้นลูกกลิ้งจะอยู่ในระดับที่สูงดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องปีนบันไดเครื่องเพื่อนำพลาสติกผ่านเข้าสู่ลูกกลิ้งและม้วนเก็บ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานควรใช้ความระมัดระวังในขั้นตอนนี้เป็นอย่างมากเพราะต้องรวดเร็วและแม่นยำ

6. การตัดม้วนเก็บ ในขั้นตอนนี้ก็มีความอันตรายมากเช่นกัน อาจไม่ทำอันตรายถึงชีวิตแต่อาจทำให้ได้รับบาดเจ็บหรือสูญเสียอวัยวะได้ เครื่องที่เราใช้ทำการอบรมนั้นเป็นเครื่องที่ใช้ระบบการตัดม้วนเก็บแบบธรรมดา คือต้องใช้มีดที่มีความคมสูงตัดม้วนเก็บขณะที่พลาสติกถูกม้วนจนเต็มม้วนแล้ว แต่ในขณะที่ตัดม้วนนั้นม้วนไม่ได้หยุดหมุนดังนั้นต้องใช้ความแม่นยำ ความชำนาญ และรวดเร็วในการตัดม้วนเก็บเพราะถ้าไม่มีความชำนาญพออาจก่อให้เกิดอันตรายได้

ประเด็นที่ 2 อันตรายที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักร เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเป็นเครื่องจักรที่มีราคาสูงและละเอียดอ่อนดังนั้นในการควบคุมเครื่องจักรจึงต้องใช้ความระมัดระวังมากเพื่อป้องกันการผิดพลาดที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักร ข้อควรระวังมีดังนี้

1. ห้ามสิ่งแปลกปลอมตกลงถึงไส้วัดอุณหภูมิเด็ดขาด ในกรณีนี้เป็นข้อห้ามที่ชัดเจนของผู้ปฏิบัติงานที่ควรทราบ คือห้ามใส่เครื่องประดับ เช่น ตุ้มหู แหวน นาฬิกา สร้อยคอ กำไล หรือเครื่องประดับทุกชนิด รวมถึงห้ามใส่เสื้อผ้าที่มีกระเปาะเสื้อเพราะของทุกชนิดอาจหล่นลงไปจนถึงไส้วัดอุณหภูมิจนทำให้เครื่องจักรได้รับความเสียหายได้ ในกรณีนี้ยังกล่าวถึงเมื่อมีการเติมวัดอุณหภูมิหรือเปลี่ยนวัดอุณหภูมิ เมื่อเปลี่ยนหรือเติมวัดอุณหภูมิเรียบร้อยแล้วต้องปิดฝาถึงไส้วัดอุณหภูมิทุกครั้ง เพราะมีสิ่งแปลกปลอมตกลงไปจะทำให้เกิดความเสียหายให้กับชุดเกียร์และกระบอกได้

2. การควบคุมระบบส่งและขับวัดอุณหภูมิ ความเสียหายที่เกิดจากความผิดพลาดของการควบคุมระบบส่งและขับวัดอุณหภูมินั้นเกิดได้หลายกรณีดังนี้

- การเร่งรอบมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนเกียร์เร็วเกินไป ในข้อผิดพลาดนี้อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อมอเตอร์และชุดเกียร์ทดสอบได้

- การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนเกียร์ไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือมีการปรับความเร็ว เพิ่มและลด บ่อยครั้ง ในส่วนนี้อาจทำให้ชุดควบคุมมอเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ (อินเวอร์เตอร์) ชำรุดได้

- การปรับตำแหน่งไฟควบคุมความร้อนกระบอกผิด เนื่องจากไฟชุดควบคุมความร้อนบริเวณกระบอกนั้นแต่ละจุดมีความร้อนไม่เท่ากันผู้ควบคุมจึงต้องมีความรู้และความชำนาญในการปรับตั้งเพราะถ้าปรับผิดพลาดอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อวัดอุณหภูมิได้ เช่น ถ้าปรับชุดไฟให้ความร้อนสูงเกินไปอาจทำให้พลาสติกเหลวเกินไปจนกลายเป็นเพลิงไหม้ได้ หรือถ้าปรับชุดไฟให้ความร้อนต่ำเกินไปจะทำให้พลาสติกไม่ละลายและไม่สามารถลำเลียงผ่านชุดเกียร์และกระบอกได้ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการอื่นที่ชุดกระบอกและเกียร์จนเกิดความเสียหายได้

3. ระบบไฟฟ้าควบคุมเครื่อง เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกถูกควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าโรงงานขนาด 380 โวลท์ จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตมากแต่อย่างไรก็ตามก็ยังสามารถเกิดข้อผิดพลาดในส่วนนี้ได้เช่นกัน ปัญหาที่พบส่วนใหญ่มักจะเกิดจากกำลังของกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอหรือไม่สม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลโดยตรงกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดภายในตู้ควบคุม ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เสียหาย เช่น ชุดควบคุมระบบควบคุมความร้อนกระบอก เกจวัดประสิทธิภาพต่างๆ พัฒลระบายอากาศ เป็นต้น ซึ่งการแก้ไขในส่วนนี้เราสามารถกระทำได้โดยการสังเกตสัญญาณของเครื่องสำรองไฟฟ้าเมื่อเครื่องสำรองไฟฟ้าส่งสัญญาณแสดงว่าไฟฟ้าไม่เพียงพอให้หยุดเดินเครื่องทันที ไม่เช่นนั้นจะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องจักรได้

2.6 การตรวจสอบคุณภาพถุงพลาสติก

กระบวนการเป่าถุงพลาสติกเป็นกระบวนการหลักของการผลิตถุงพลาสติก แต่ในกระบวนการผลิตถุงพลาสติกยังจำเป็นต้องมีกระบวนการหลักอีก 2 กระบวนการ ประกอบด้วยกระบวนการตัดถุงพลาสติก และกระบวนการบีมูถุงพลาสติก หลังจากเสร็จสิ้นทั้ง 3 กระบวนการแล้วจึงนำไปบรรจุเพื่อส่งไปยังผู้บริโภคต่อไป

ในแต่ละกระบวนการต้องมีการตรวจสอบคุณภาพเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่ควรจะเป็นเพราะถ้าถุงพลาสติกไม่ได้มาตรฐานจะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคโดยตรงและในบางกรณีอาจทำให้ได้รับความเสียหายต่อสินค้าอื่นๆ ได้ เช่น กรณีที่ลูกค้าซื้อถุงพลาสติกเพื่อไปใส่สินค้าให้ลูกค้าเป็นสินค้าที่ตกแตกได้และถุงที่ใส่ไม่ได้มาตรฐานเนื้อถุงพลาสติกฉีกขาดทำให้สินค้าตกแตกเสียหายได้ เป็นต้น อาจทำให้ผู้บริโภคขาดความเชื่อถือในถุงพลาสติกของโรงงานนั้นไปเลยก็เป็นไปได้

ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของถุงพลาสติกเพื่อให้ได้มาตรฐานมีความจำเป็นอย่างยิ่งในกรณีนี้จะกล่าวถึงการตรวจสอบคุณภาพในส่วนของการเป่าถุงพลาสติกเท่านั้นในกระบวนการเป่าถุงพลาสติกนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นกับลักษณะของลูกโป่งเป็นส่วนใหญ่ซึ่งสามารถอธิบายหลักการตรวจสอบได้ดังนี้

ตาราง 9 ลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นของถุงพลาสติก

ลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น	ผลกระทบด้านคุณภาพถุงพลาสติกที่เกิดขึ้น
1. ลูกโป่งไม่หนึ่งสายไปมา	1. พับข้างของถุงพลาสติกไม่เท่ากัน
2. การลอยตัวของลูกโป่งผิดเพี้ยนจากปกติ	2. เกิดได้ 2 ลักษณะ - ลูกโป่งลอยต่ำ จะทำให้ความบางของเนื้อถุงบางมากกว่าที่มาตรฐานกำหนด - ลูกโป่งลอยสูง จะทำให้ความหนาของเนื้อถุงหนามากกว่ามาตรฐานกำหนด
3. เนื้อลูกโป่งมีลักษณะเป็นคลื่น	3. ถุงที่ออกมาจะไม่มี ความสวยงามไม่เรียบเนียน
4. เนื้อลูกโป่งมีลักษณะเป็นเส้น	4. ถุงที่ออกมาจะฉีกขาดง่าย

ลักษณะของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเป่าถุงพลาสติกนั้นอาจเกิดขึ้นได้อีกหลายกรณี ซึ่งบางกรณีถือเป็นเทคนิคพิเศษเฉพาะแต่ละโรงงานเพราะโรงงานพลาสติกในปัจจุบันเกิดขึ้นหลากหลายรูปแบบ ทั้งโรงงานที่ตั้งอยู่ในอาคารพาณิชย์ขนาดเล็ก หรือตั้งอยู่ในโรงงานสำเร็จรูปขนาดกลาง และโรงงานที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ของตนเองที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งโรงงานในลักษณะหลังที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ของตนเองต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้าเทคนิคการทำงานต่างๆ มากมาย ตั้งแต่กระบวนการผสมวัตถุดิบ เทคนิคการเป่าถุงต้นทุนต่ำ เทคนิคการตัดถุงที่มีรอยซีลสวยงามและคงทน ละยังมีเทคนิคต่างๆ มากมายซึ่งผู้ทำการอบรมและโรงงานที่ให้ความร่วมมือขอสงวนที่จะเผยแพร่ออกมาในลักษณะลายลักษณ์อักษร แต่จะอธิบายในการปฏิบัติงานจริงในหมวดที่ 3 ต่อไป

2.7 การปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ

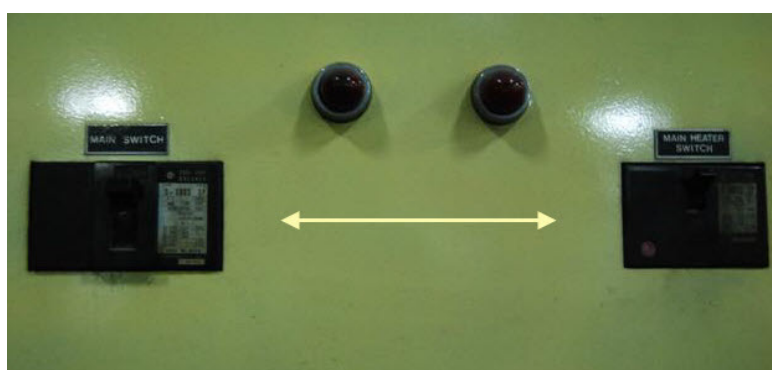
2.7.1 การปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

การปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกนั้นในตอนแรกผู้ปฏิบัติงานต้องเตรียมความพร้อมของตนเองให้พร้อมกับการทำงาน ซึ่งได้อธิบายไปแล้วในเรื่องของกระบวนการผลิตถุงพลาสติกเพื่อความปลอดภัย หลังจากผู้ปฏิบัติงานพร้อมแล้วก็สามารถเริ่มดำเนินการเปิดเครื่องจักรได้ ซึ่งมีขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

2.7.1.1 เปิดเบรกเกอร์ชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจากตู้ควบคุมหลัก



ภาพประกอบ 45 เบรกเกอร์ควบคุมไฟฟ้าหลัก



ภาพประกอบ 46 เบรกเกอร์ชุดควบคุมตู้ไฟ

2.7.1.2 เปิดไฟชุดควบคุมอุณหภูมิหัวทราย ไปที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส ในกรณีนี้ควรระมัดระวังเรื่องของการควบคุมความร้อน ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้ที่ชัดเจน เพราะไม่เช่นนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อการปฏิบัติงานได้ ถ้าอุณหภูมิไม่ถูกต้อง พลาสติกจะไม่สามารถลำเลียงขึ้นสู่หัวทรายได้



ภาพประกอบ 47 ชุดปรับอุณหภูมิหัวตายและมาตรวัดอุณหภูมิหัวตาย

2.7.1.3 เปิดไฟชุดควบคุมแผ่นความร้อนบริเวณกระบอกล ซึ่งมีตัวควบคุม 3 ชุด 1 ชุด ควบคุมแผ่นความร้อน 3 แผ่น ซึ่งการตั้งอุณหภูมิความร้อนจะแบ่งเป็น 3 ช่วงโดยแต่ละช่วงจะ ให้ความร้อนที่ไม่เท่ากัน โดยจะเรียงจากชุดที่ควบคุมแผ่นความร้อนบริเวณหัวกระบอกลจะให้ความ ร้อนต่ำ คือ 200 องศาเซลเซียส ชุดที่ควบคุมแผ่นความร้อนบริเวณส่วนกลางกระบอกลจะให้ความ ร้อนที่สูงขึ้น คือ 210 องศาเซลเซียส และชุดที่ควบคุมแผ่นความร้อนบริเวณส่วนท้ายกระบอกลจะ ให้ความร้อนต่ำลงเหมือนกับบริเวณส่วนหัวกระบอกล คือ 200 องศาเซลเซียส

ส่วนสาเหตุที่ให้อุณหภูมิบริเวณกระบอกลที่แตกต่างกัน เนื่องจาก

- อุณหภูมิบริเวณท้ายกระบอกลตั้งต่ำเพราะช่วงที่เม็ดพลาสติกตกลงจากกรวย เต็มวัตถุติดถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้พลาสติกจะถูกหลอมละลายมากจนกลายเป็นน้ำและไม่สามารถ ลำเลียงผ่านชุดเกลียวและกระบอกลได้ ส่งผลให้กำลังอัดในการผลิตจะตกจนไม่สามารถขับพลาสติกได้
- อุณหภูมิบริเวณกลางกระบอกลตั้งสูงเพราะในช่วงนี้ร่องของเกลียวในช่วง กลางจะมีลักษณะลึกซึ่งจะสามารถลำเลียงพลาสติกที่เหลวได้ ถ้าพลาสติกในช่วงนี้เหลวไม่เพียงพอ พลาสติกจะถูกอันอยู่ในบริเวณนี้ได้ซึ่งมีผลทำให้ชุดเกลียวและกระบอกลสึกหรอเป็นอย่างมาก
- อุณหภูมิบริเวณหัวกระบอกลตั้งต่ำอีกเช่นกันเพราะร่องเกลียวในช่วงนี้จะ ตื้นคล้ายกับช่วงท้ายเนื่องจากต้องการให้พลาสติกมีอุณหภูมิต่ำลงเพื่อที่จะลำเลียงออกสู่หัวตาย และจะทำให้พลาสติกสามารถเป็นทรงลูกโป่งขึ้นรูปได้ แต่ในกรณีนี้ถ้าอุณหภูมิบริเวณนี้สูงพลาสติก อาจจะเหลวเป็นน้ำจนไม่สามารถขึ้นรูปได้



ภาพประกอบ 48 ชุดปรับอุณหภูมิแผ่นความร้อนบริเวณกระบอกลและมาตรวัดอุณหภูมิแผ่นความร้อน

2.7.1.4 หลังจากเปิดไฟชุดควบคุมทั้งหมดเรียบร้อยแล้วให้รออุณหภูมิบริเวณต่างๆ ได้ตามที่ตั้งไว้ ในส่วนนี้อาจใช้เวลารอเครื่องพร้อมประมาณ 1.30 ชม. แต่ถ้าเป็นเครื่องใหม่ยังไม่เคยใช้งานก็ใช้เวลาในการรอเครื่องน้อยกว่า คือประมาณ 1.00 ชม.

ในขั้นตอนนี้ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องมีความรู้เพิ่มเติมในส่วนของการเตรียมความพร้อมเครื่อง คือต้องดูอุณหภูมิบริเวณต่างๆ ให้ถูกต้องซึ่งเราสามารถดูอุณหภูมิบริเวณต่างๆ ได้จากเกจวัดอุณหภูมิบริเวณต่างๆ เพราะชุดควบคุมอุณหภูมิต่างๆ จะมีเกจวัดบอกอยู่ทุกจุดบริเวณหน้าตู้ชุดควบคุมไฟฟ้า

2.7.1.5 เมื่อชุดไฟควบคุมอุณหภูมิพร้อมแล้วแสดงว่าเครื่องพร้อมทำงาน ผู้ปฏิบัติงานสามารถเดินเครื่องได้โดยเริ่มจากการขับเม็ดพลาสติกโดยเริ่มแรงจากมอเตอร์ควบคุมชุดเกียร์โดยปรับจากชุดควบคุมมอเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ (อินเวอร์สเตอร์) แรงความเร็วรอบเกียร์จนถึง 900-1100 รอบ/นาที (rpm) โดยความเร็วที่กำหนดนั้นอาจแปรผันตามขนาดถุงพลาสติก



ภาพประกอบ 49 อินเวอร์สเตอร์พร้อมสวิตช์ควบคุม

2.7.1.6 หลังจากเร่งรอบมอเตอร์ชุดเกียร์แล้ว ผู้ปฏิบัติงานต้องปรับความเร็วรอบมอเตอร์ชุดควบคุมลูกกลิ้งชุดบนเพื่อดึงพลาสติก ในส่วนนี้การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ลูกกลิ้งชุดบนจะเป็นตัวปรับความหนา-บางของเนื้อถุงพลาสติก ยิ่งเร่งรอบเร็วเนื้อถุงพลาสติกจะบางลง เร่งช้าเนื้อถุงพลาสติกจะหนาขึ้น โดยการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ชุดควบคุมลูกกลิ้งชุดบนจะต้องทำพร้อมกับการวัดเนื้อถุงพลาสติกควบคู่กันเพื่อปรับให้ได้ตามความเหมาะสมกับมาตรฐานของถุงพลาสติกแต่ละขนาดที่กำหนดไว้



ภาพประกอบ 50 อินเวอร์สเตอร์ควบคุมลูกกลิ้งชุดบนพร้อมสวิตช์ควบคุม

ในการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกนั้น สิ่งที่คุณปฏิบัติงานจำเป็นต้องมีทักษะและความรู้ควบคู่ไปด้วย คือการบำรุงรักษาเบื้องต้น โดยในการบำรุงรักษาเบื้องต้นนี้จะมีรายละเอียดคร่าวๆ ดังนี้

- การถ่ายน้ำมันชุดกระปุกเกียร์ โดยเกรดของน้ำมันเกียร์จะใช้เกรด SAE 90W และ SAE 140W ผสมกันในอัตราส่วน 50% ต่อ 50% จำนวน 7 ลิตร โดยอายุการใช้งาน 3000 ชั่วโมง ถ้าปล่อยให้กระปุกเกียร์ใช้น้ำมันนานเกินกว่านั้น จะทำให้กระปุกเกียร์ร้อนจัดจนทำให้กระปุกเกียร์เกิดความเสียหายได้



ภาพประกอบ 51 น้ำมันเกียร์เกรดผสมพิเศษ

- การตรวจสอบระบบไฟฟ้า เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกนั้นเป็นเครื่องจักรที่ทำงาน 24 ชั่วโมง และจะทำการหยุดพักทุกๆ 300 ชั่วโมง หลังจากทำการพักเครื่อง ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการตรวจสอบความเรียบร้อยชุดตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าทั้งหมด โดยใช้สเปรย์ไล่ความชื้นทำความสะอาดหน้าคอนแทกอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด



ภาพประกอบ 52 สเปรย์ไล่ความชื้นหน้าคอนแทค

- การเปลี่ยนตะแกรงหน้าชุดแบร็กเกอร์ ควรทำการเปลี่ยนตะแกรงทุกๆ 42 ชั่วโมง ทุกเครื่องมีอายุการใช้ตะแกรงเท่ากัน ยกเว้นเครื่องจักรที่ผลิตถุงพลาสติกเกรดต่ำลงมา การเปลี่ยนตะแกรงอาจจะใช้อายุที่สั้นกว่า



ภาพประกอบ 53 ตะแกรงที่ใช้สำหรับกรองสิ่งสกปรก

- การทำความสะอาดหัวทราย ดังที่ได้กล่าวไปนั้นเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเป็นเครื่องที่ทำงาน 24 ชั่วโมง และเม็ดพลาสติกที่ใช้เป็นวัตถุดิบนั้นต้องมีส่วนผสมที่แตกต่างกันออกไป เพื่อคุณสมบัติที่แตกต่างในถุงพลาสติกแต่ละประเภท ดังนั้นเม็ดพลาสติกที่ใช้บางชนิดอาจไม่ได้

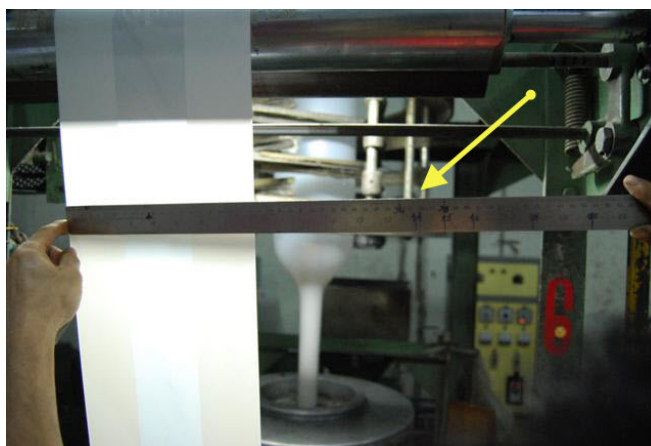
บริสุทธิ์ อาจมีส่วนผสมอื่นๆ ปนเปื้อนมา ซึ่งมีผลทำให้บริเวณหัวทรายเกิดความสกปรกและเกิดคราบฝังแน่นส่งผลให้เนื้อพลาสติกที่ถูกเป่าผ่านออกมาทางหัวทรายมีลักษณะเป็นเส้น ซึ่งทำให้ถุงพลาสติกฉีกขาดง่าย เพราะฉะนั้น ผู้ปฏิบัติงานต้องทำความสะอาดหัวทราย ทุกๆ 1000 ชั่วโมง

- ความพร้อมของชุดพู่เล่ย์และสายพาน ในส่วนนี้อาจไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นมากนัก เพียงแต่ทุกครั้งที่ทำการพักเครื่องหลักจากเดินเครื่องได้ 300 ชั่วโมง ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องตรวจเช็คความตึงของสายพานและการหล่อลื่นของชุดพู่เล่ย์

2.7.2 การตรวจสอบคุณภาพ

ในการตรวจสอบคุณภาพถุงพลาสติกนั้นเมื่อถุงพลาสติกอยู่ในกระบวนการเป่าถุงพลาสติกผู้ปฏิบัติงานต้องทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของถุงพลาสติกอย่างเคร่งครัดเพราะถ้าเกิดข้อผิดพลาดในงานส่วนนี้แล้วจะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างต่อเนื่องต่อตัวผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นที่ผู้ปฏิบัติงานควรทราบมีดังนี้

2.7.2.1 การใช้แถบมาตรวัดขนาดความกว้างของถุงพลาสติก ในส่วนนี้ผู้ปฏิบัติงานต้องคอยหมั่นตรวจสอบความกว้างของถุงพลาสติกอยู่ตลอดเวลาและต้องใช้ควบคู่กับไม้บรรทัดฟุต เหล็กเนื่องจากถุงพลาสติกที่ออกมา จะส่ายไปมาบางครั้งยากต่อการอ่านจากสเกลแถบมาตรวัดขนาด



ภาพประกอบ 54 ไม้ฟุตเหล็กสำหรับวัดความกว้างถุงพลาสติก

2.7.2.2 การใช้เครื่องมือวัดความหนา-บางของถุงพลาสติกโดยใช้เครื่องมือวัดความหนา-บางเฉพาะ ภาษาช่างเรียกว่า เครื่องมือวัดมิล (Thickness Gauge) โดยขนาดความหนาของถุงพลาสติกจะถูกกำหนดอย่างเป็นมาตรฐาน

ตาราง 10 ขนาดความกว้างและความหนามาตรฐานของถุงพลาสติก

ขนาดความกว้างถุงพลาสติก (นิ้ว)	ความหนามาตรฐาน (ไมครอน)
6	5
7	5.5
8	6
9	7
12	10

ในการวัดความหนา-บาง ของถุงพลาสติกนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องฝึกทักษะจนเกิดความชำนาญก่อนการปฏิบัติงานจริง เพราะถุงพลาสติกนั้นถูกม้วนตลอดเวลาการที่จะสอดเครื่องมือวัดเข้าไปวัดความหนา-บางของถุงนั้นต้องใช้ความรวดเร็วและแม่นยำ



ภาพประกอบ 55 เครื่องมือวัดความหนา-บาง (Thickness Gauge) ของถุงพลาสติก



ภาพประกอบ 56 ขณะทำการวัดความหนา-บางของถุงพลาสติก

2.7.2.3 การตรวจสอบความเหนียวและฉีกขาด ในส่วนนี้ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้ ประสพการณ์และทักษะ เพราะการตรวจสอบลักษณะนี้จะใช้การกระแทกด้วยความแรงของฝ่ามือ ลักษณะการตรวจสอบทำได้โดย ตัดส่วนถุงพลาสติกเมื่อสำเร็จแล้วออกจากม้วนถุง หลังจากนั้นนำ ส่วนแขนทั้ง 2 ข้างสอดเข้าไปในถุงและทำการกระแทกมือออก 2 ข้างพร้อมๆ กัน โดยจะสามารถดู ความเหนียวและการฉีกขาดได้ ผู้รับการอบรมสามารถดูได้จากผู้อบรมในวันอบรมภาคปฏิบัติได้



ภาพประกอบ 57 ขณะทำการทดสอบความเหนียวของถุงพลาสติก

3. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม

ในการพัฒนาหลักสูตรนั้นมีกระบวนการต่างๆ ที่หลากหลายแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ นักวิชาการแต่ละท่านที่สามารถคิดค้นกระบวนการและแนวคิดในการพัฒนาหลักสูตรซึ่งทำให้ง่ายต่อ การเลือกใช้และนำมาประยุกต์ได้ ซึ่งผู้วิจัยจะนำมาอธิบายในกระบวนการพัฒนาหลักสูตรดังต่อไปนี้

3.1 กระบวนการพัฒนาหลักสูตร

แนวคิดกระบวนการพัฒนาหลักสูตร มีหลากหลายรูปแบบ ดังนี้

3.1.1 แนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์

ไทเลอร์ (Tyler, 1950: 11) ได้ให้แนวคิดในการวางแผนโครงสร้างหลักสูตร โดยใช้วิธี means-ends approach เป็นหลักการและเหตุผลในการสร้างหลักสูตรที่เรียกว่า “เหตุผลของไทเลอร์” ซึ่งหลักเกณฑ์ในการจัดหลักสูตรและการสอนนี้ เน้นการตอบคำถามที่เป็นพื้นฐาน 4 ประการดังนี้

1. มีจุดมุ่งหมายทางการศึกษาอะไรบ้างที่สถาบันการศึกษาจะต้องกำหนดให้กับผู้เรียน
2. มีประสบการณ์ทางการศึกษาอะไรบ้างที่สถาบันการศึกษาควรจัดขึ้นเพื่อให้บรรลุ วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้
3. จะจัดประสบการณ์ทางการศึกษาอะไรบ้าง จึงจะทำให้การสอนมีประสิทธิภาพ
4. จะประเมินผลประสิทธิภาพของประสบการณ์ในการศึกษาอย่างไร จึงจะตัดสินใจ ได้ว่าบรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

ไทเลอร์ เน้นว่า คำถามทั้ง 4 ข้อนี้ จะต้องถามเรียงลำดับกันลงมา เพราะฉะนั้นการตั้งจุดมุ่งหมายจึงเป็นขั้นที่สำคัญที่สุด (ซมพันธ์ุ กุญชร ณ อยุธยา. 2530: 4) แนวความคิดในการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ เป็นไปตามลำดับขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร เริ่มด้วยการกำหนดจุดมุ่งหมายชั่วคราว โดยอาศัยข้อมูลจากแหล่งกำเนิดที่จะเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ 3 แหล่งด้วยกันคือ ศึกษาจากสังคม ศึกษาจากตัวผู้เรียน ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาวิชา

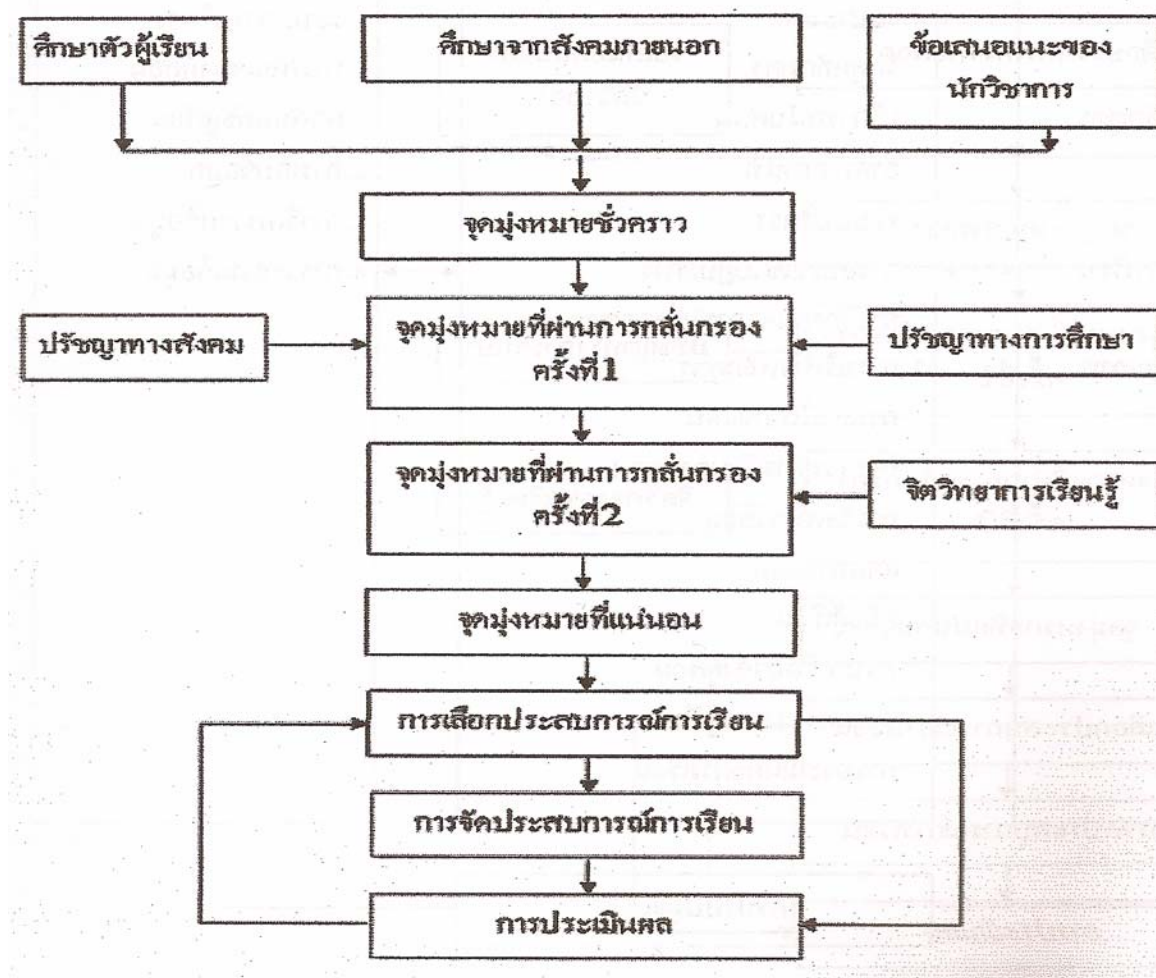
ข้อมูลที่ได้จากแหล่งทั้ง 3 ดังกล่าว จะเป็นเครื่องช่วยในการตั้งจุดมุ่งหมายชั่วคราว จุดมุ่งหมายที่ได้ในขั้นนี้ บางครั้งอาจจะมีมากเกินไปที่จะจัดไว้ในหลักสูตรทั้งหมดได้ จึงควรได้มีการพิจารณาเลือกเฉพาะจุดมุ่งหมายที่สำคัญ และสอดคล้องกันเพื่อนำไปเป็นในการปฏิบัติขั้นต่อไป ไทเลอร์ได้เสนอว่า การเลือกจุดมุ่งหมายถาวร ควรผ่านการกลั่นกรองเพื่อคัดเอาข้อที่ไม่สำคัญและไม่สอดคล้องกันออกไป ด้วยวิธีการ พิจารณาหลักจิตวิทยาการเรียนรู้พิจารณาจากหลักปรัชญาการศึกษาและปรัชญาสังคม จุดมุ่งหมายที่ผ่านการกลั่นกรองแล้วนี้เรียกว่า จุดมุ่งหมายขั้นสุดท้ายหรือจุดมุ่งหมายถาวรที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาหลักสูตรต่อไป

ขั้นที่ 2 การเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ อย่างไร จึงจะช่วยให้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ จุดมุ่งหมายที่ระบุพฤติกรรมและเนื้อหา นั้น เป็นจุดมุ่งหมายปลายทางที่ต้องการไปถึง แต่ประสบการณ์การเรียนรู้ที่จะจัดขึ้นเพื่อให้เกิดการเรียนรู้เป็นวิธีการที่จะให้บรรลุจุดมุ่งหมายปลายทาง

ขั้นที่ 3 การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ในการจัดประสบการณ์ให้เป็นหน่วยจะต้องมีการสำรวจความสัมพันธ์ทางด้านเวลาและด้านเนื้อหา โดยมีเกณฑ์ในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ อย่างมีประสิทธิภาพคือ ความต่อเนื่องกัน การเรียงลำดับขั้นตอน การบูรณาการ

ขั้นที่ 4 การประเมินผล เป็นขั้นสุดท้ายของแนวคิดในการจัดหลักสูตรของไทเลอร์ เป็นขั้นที่จะให้ผู้วางแผนจัดทำหลักสูตร รวมประสบการณ์การเรียนรู้ที่จัดขึ้นบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้เพียงใด

แนวคิดพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ แสดงให้เห็นชัดเจนดังรายละเอียดในภาพประกอบ 58



ภาพประกอบ 58 การพัฒนาหลักสูตรของไทยเลอร์

ที่มา: Tyler. (1950). p. 11.

3.1.2 แนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของทาบา

ทาบา (Taba. 1962: 422-425) ได้ให้แนวคิดในการจัดหลักสูตร คือ หลักสูตรควรจะออกแบบและกำหนดจากครูผู้สอนมากกว่าที่จะกำหนดลงไปโดยเจ้าหน้าที่ระดับสูง นอกจากนี้ทาบามีความคิดว่าการพัฒนาหลักสูตร เป็นงานที่ต้องการจัดลำดับความคิดให้เป็นระเบียบ ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรนั้น จะต้องพิจารณาทั้งลำดับในการวางแผน และวิธีการที่จะทำงานให้สำเร็จลุล่วงไป ทาบาได้กำหนดกระบวนการพัฒนาหลักสูตรไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา ความต้องการ และความจำเป็นต่างๆ ของสังคม รวมทั้งศึกษาพัฒนาการของผู้เรียน กระบวนการเรียนรู้ ตลอดจนธรรมชาติของความรู้ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการกำหนดจุดมุ่งหมาย

ขั้นที่ 2 กำหนดจุดมุ่งหมายของการศึกษา โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 1 เป็นหลัก ในการพิจารณา จุดมุ่งหมายที่กำหนดขึ้น ควรจะเป็นสิ่งที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกเนื้อหาประสบการณ์การเรียนรู้ ความต้องการ เพื่อให้วัตถุประสงค์ สอดคล้องกับสังคมและผู้เรียน

ขั้นที่ 3 การเลือกเนื้อหาวิชาที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอน โดยคำนึงถึงความ สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้เป็นสำคัญ

ขั้นที่ 4 การจัดลำดับเนื้อหาวิชาที่คัดเลือกมา โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมในการ ที่จะให้ผู้เรียนได้รับความรู้ใดก่อนหรือหลัง ซึ่งอาจจัดลำดับความยากง่าย ความกว้างแคบ หรือการ เป็นพื้นฐานต่อกัน

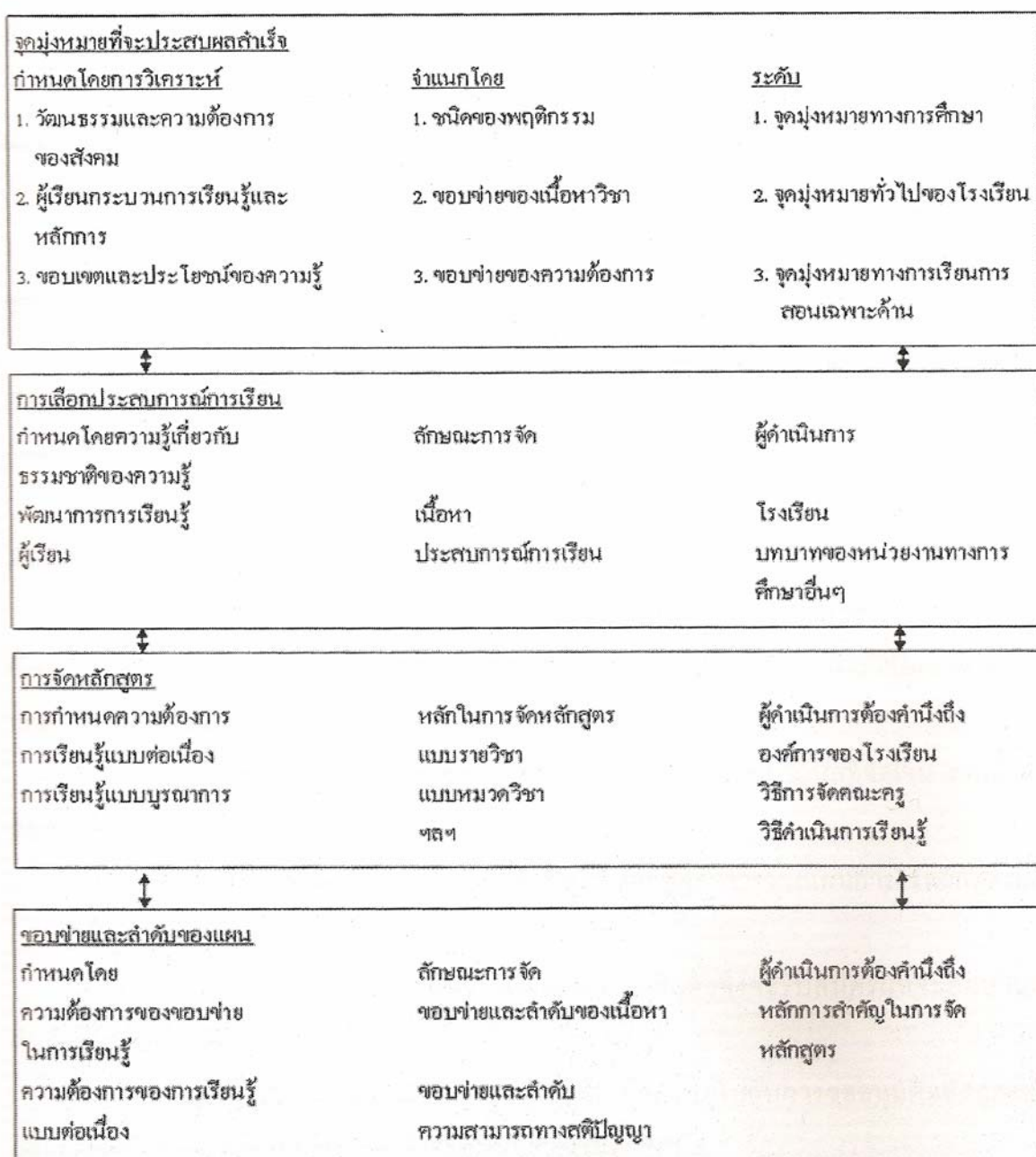
ขั้นที่ 5 การคัดเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ กระบวนการที่สำคัญของหลักสูตรอีก กระบวนการหนึ่งคือ กระบวนการในชั้นเรียน การคัดเลือกประสบการณ์การเรียนรู้จำเป็นต้องศึกษา ถึงกระบวนการเรียนรู้และวิธีสอนแบบต่างๆ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกประสบการณ์ การเรียนรู้ที่มีคุณค่าแก่ผู้เรียน และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย ตลอดจนเนื้อหาวิชาที่กำหนดไว้ด้วย

ขั้นที่ 6 การจัดลำดับประสบการณ์การเรียนรู้ตามลำดับก่อนหลัง เพื่อให้การจัด กระบวนการเรียนการสอนบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้

ขั้นที่ 7 การประเมินผล เป็นขั้นตอนที่จะเป็นเครื่องชี้ว่า การดำเนินการพัฒนา หลักสูตรประสบผลสำเร็จมากน้อยเพียงใด มีปัญหาหรือข้อบกพร่องในขั้นตอนใด มากน้อยเพียง ไหนเพื่อจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป การประเมินผลนี้ตามปกติจะพิจารณาผลจากการใช้ หลักสูตรคือ ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ เนื้อหาวิชา และกระบวนการเรียนการสอนมีความเหมาะสมเพียงใด

ขั้นที่ 8 การตรวจสอบความคงที่ และความเหมาะสมในแต่ละชั้น โดยการตั้งคำถาม เพื่อตรวจสอบในลักษณะต่อไปนี้คือ เนื้อหาที่จัดขึ้นเกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมายหรือไม่ ประสบการณ์ การเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ ประสบการณ์การเรียนรู้ที่จัดขึ้นมีความ เหมาะสมเพียงใด

นอกจากนี้หาบได้เสนอรูปแบบในการวางแผนจัดสร้างหลักสูตร โดยขยายจาก รูปแบบของไทเลอร์ดังภาพประกอบ 59



ภาพประกอบ 59 การพัฒนาหลักสูตรของทาบ

ที่มา: Taba. (1962). P. 425.

รูปแบบในการพัฒนาหลักสูตรของทาบและไทเลอร์ มีข้อแม้แตกต่างกันได้แก่ส่วนประกอบของหลักสูตร การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร วัตถุประสงค์ เกณฑ์ในการกำหนดวัตถุประสงค์การเลือกเนื้อหาสาระและการรวบรวมชนิด เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกเนื้อหาสาระ การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ลำดับขั้นของการพัฒนาหลักสูตร ยุทธวิธีในการสอน การประเมินผล (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2525: 16)

3.1.3 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรแบบครบวงจรของวิชัย วงษ์ใหญ่

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2525: 16-17) ได้เสนอรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรแบบครบวงจรโดยแบ่งกระบวนการพัฒนาหลักสูตรไว้ 3 ระบบ คือ ระบบร่างหลักสูตร ระบบการนำหลักสูตรไปใช้ และระบบการประเมินหลักสูตร ซึ่งทั้ง 3 ระบบนี้ต้องสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน

3.1.3.1 ระบบร่างหลักสูตร ได้แก่ สิ่งกำหนดหลักสูตร รูปแบบหลักสูตร การตรวจสอบคุณภาพหลักสูตร และการปรับแก้หลักสูตรก่อนนำไปใช้

3.1.3.1.1 สิ่งกำหนดหลักสูตร คือ การเตรียมการศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่จะนำมาใช้สำหรับพัฒนาหลักสูตร ได้แก่ สิ่งกำหนดทางวิธีการ สิ่งกำหนดทางสังคม วัฒนธรรมเศรษฐกิจ และสิ่งกำหนดทางการเมือง

3.1.3.1.2 รูปแบบหลักสูตร ได้แก่ โครงสร้างและองค์ประกอบหลักสูตร ซึ่งจะได้หลักการศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากสิ่งกำหนดหลักสูตร

3.1.3.1.3 การตรวจสอบคุณภาพหลักสูตรเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของหลักสูตรพร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งอาจทำได้โดยวิธีการประชุม สัมมนา การวิจัยเอกสาร การทดลองใช้หลักสูตรนำร่อง เป็นต้น

3.1.3.1.4 การปรับแก้หลักสูตรก่อนนำไปใช้ จะต้องจัดทำระบบข้อมูลที่ชัดเจน รวมทั้งการสังเคราะห์ข้อมูลอย่างรอบคอบ

3.1.3.2 ระบบการใช้หลักสูตร ได้แก่ การขออนุมัติหลักสูตร การวางแผนการใช้หลักสูตรและการดำเนินการเรียนการสอนได้

3.1.3.2.1 การขออนุมัติหลักสูตร เมื่อได้รับอนุมัติแล้วจึงจะรับสมัครผู้ที่เข้าศึกษาและดำเนินการเรียนการสอนได้

3.1.3.2.2 การวางแผนการใช้หลักสูตร จะกระทำควบคู่ไปกับการขออนุมัติหลักสูตรเมื่อหลักสูตรได้รับการอนุมัติเรียบร้อยแล้ว จึงจะดำเนินการใช้หลักสูตรได้

3.1.3.2.3 การดำเนินการใช้หลักสูตร เริ่มตั้งแต่การประชาสัมพันธ์ การเตรียมความพร้อมของบุคลากร งบประมาณ การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนไปจนถึงการจัดตารางสอน

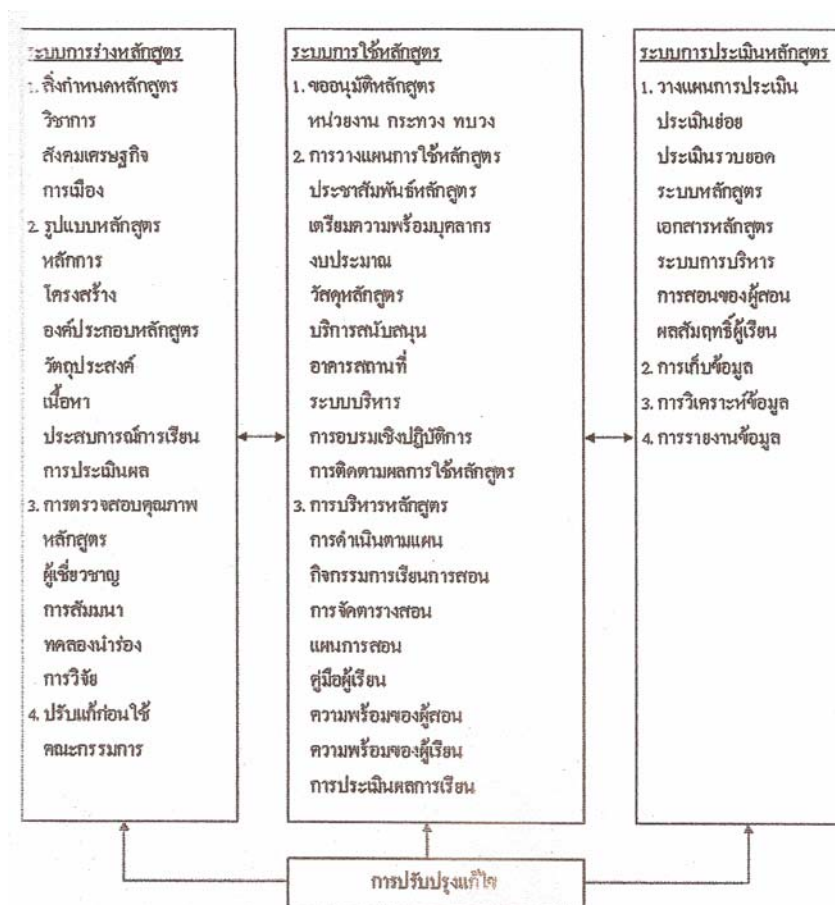
3.1.3.3 ระบบการประเมินหลักสูตร ได้แก่ การวางแผน การประเมินหลักสูตร แผนการเก็บข้อมูล และการเขียนรายงาน

3.1.3.3.1 การวางแผนการประเมินหลักสูตร เป็นการวางแผนว่าจะประเมินหลักสูตรในส่วนใดบ้าง เช่น การประเมินเอกสารหลักสูตร การประเมินย่อยๆ แต่ละระบบ

3.1.3.3.2 แผนการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ การรวบรวมข้อมูล การจัดข้อมูลเป็นหมวดหมู่ และการวิเคราะห์ข้อมูลตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.1.3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ควรกำหนดว่ามีข้อมูลอะไรบ้างที่สำคัญในการตัดสินใจ การจัดระบบข้อมูล จะช่วยจำแนกข้อมูลเป็นหมวดหมู่ และสังเคราะห์ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3.1.3.3.4 การรายงานข้อมูล การจัดทำรายงานและการเสนอข้อมูล จะช่วยในการพิจารณาว่าหลักสูตรนี้มีคุณค่าตามวัตถุประสงค์ หรือว่า จะปรับปรุงแก้ไขระบบการพัฒนาหลักสูตรครบวงจรของ วิชัย วงษ์ใหญ่ ดังแสดงตามภาพประกอบ 60

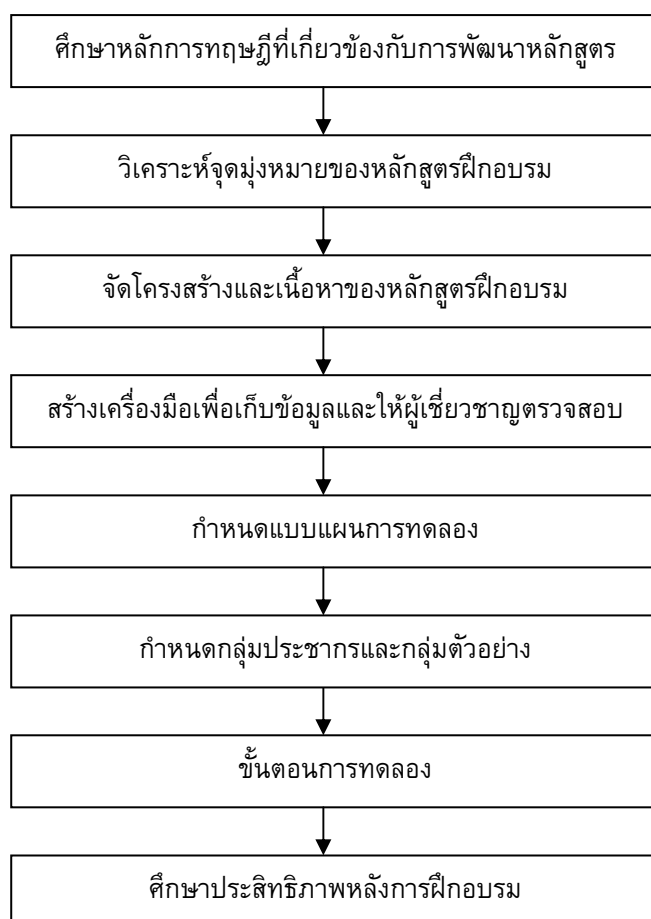


ภาพประกอบ 60 การพัฒนาหลักสูตรแบบครบวงจร

ที่มา: วิชัย วงษ์ใหญ่. (2525). พัฒนาหลักสูตรและการสอน. หน้า 17.

จากการศึกษาแนวความคิดของนักวิชาการท่านต่าง ๆ ที่ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรไว้อย่างหลากหลาย ผู้วิจัยจึงนำหลักการจากนักวิชาการผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตรของทั้ง 3 ท่าน มาประยุกต์ออกมาเป็นแนวความคิดและหลักการปฏิบัติของผู้วิจัยได้ว่าการพัฒนาหลักสูตรนั้นจำเป็นต้องมีการเตรียมความพร้อมในทุกด้านไม่ว่าจะเป็นด้านความพร้อมของ

ผู้เรียน วัตถุประสงค์ในการพัฒนาหลักสูตร รวมถึงความจำเป็นในการดำเนินการ เพราะการพัฒนาหลักสูตรในแต่ละครั้งนั้นต้องใช้ทรัพยากรจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นด้าน บุคลากร งบประมาณ เป็นต้น และเมื่อเตรียมความพร้อมในทุกด้านพร้อมแล้ว จะสามารถเริ่มการพัฒนาหลักสูตรได้ โดยอาศัยขั้นตอนหลัก 6 ขั้นตอน ได้แก่ การศึกษาและทำความเข้าใจผู้เรียน การกำหนดจุดประสงค์ทั่วไปของหลักสูตร การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ การคัดเลือกและการจัดเนื้อหา การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ และการกำหนดการวัดและการประเมินผล แต่การพัฒนาหลักสูตรนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียนเพื่อนำมาวิเคราะห์การจัดหลักสูตรที่สมบูรณ์ และเมื่อเตรียมความพร้อมในทุกด้านพร้อมแล้ว จะสามารถเริ่มการพัฒนาหลักสูตรได้ และสามารถนำมาใช้งานได้ตามสภาพจริงโดยการปรับให้เหมาะสมที่จะใช้กับการฝึกอบรมในโรงงานอุตสาหกรรมพลาสติกตามหลักสูตรที่สร้างขึ้น



ภาพประกอบ 61 สรุปแนวคิดการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมของซูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข

3.2 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์มีแนวคิดและทฤษฎีกล่าวไว้อย่างชัดเจนซึ่งสามารถอธิบายความหมายและขอบเขตของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ได้ดังต่อไปนี้

3.2.1 ความหมายและขอบเขตของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์

ด้วยเหตุผลที่ว่าการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์มีความสำคัญ ทั้งยังจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการบริหาร และการดำเนินงานต่างๆ ขององค์การรวมถึงสังคมอีกด้วย ซึ่ง บุญเลิศ ไพรินทร์ (2538: 5) ได้กล่าวว่า “การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์น่าจะหมายถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทั้งหมดอันได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความรู้ความสามารถ ทักษะและทัศนคติ โดยอาศัยกระบวนการเรียนรู้ในรูปแบบต่างๆ นั้นซึ่งควบคุมกระบวนการจัดการศึกษาให้คนทุกคนและในทุกๆ ระดับได้มีความรู้และความสามารถ มีทักษะ และเกิดทัศนคติอันพึงปรารถนาของสังคมและประเทศชาติ และรวมถึงเรื่องของการฝึกอบรม การสอนงาน การสับเปลี่ยน หมุนเวียนหน้าที่ หรือแม้กระทั่งกระบวนการต่างๆ ในการพัฒนาตนเองก็ตาม”

นอกจากนี้ ในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อที่จะรองรับการพัฒนาประเทศโดยวิธีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ขององค์การก็ถือได้ว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมากทั้งนี้เพราะปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันนั้น มีความสลับซับซ้อนเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และนับวัน ทั้งในด้าน การเมือง เศรษฐกิจ สังคม วิทยาการและเทคโนโลยีสมัยใหม่ และรวมถึงหน้าที่ ตลอดจนความรับผิดชอบในองค์การซึ่งก็ได้เปลี่ยนแปลงตามความเปลี่ยนแปลงของสังคมสมัยใหม่ไปด้วย การฝึกอบรมนับเป็นเทคนิคการพัฒนาองค์การที่สำคัญอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งจะเข้ามามีบทบาทในการเสริมสร้างและเพิ่มพูนความรู้ ทักษะ และทัศนคติ ที่เกี่ยวกับงานของเขาให้ทันกับความเปลี่ยนแปลงทั้งหลายดังที่ได้กล่าวแล้ว เพื่อบุคคลที่อยู่ในองค์การจะได้นำความรู้ความสามารถ ทักษะ และทัศนคติที่พึงปรารถนานั้นไปใช้ในการชีวิตการทำงานในองค์การได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดประสิทธิผล ประหยัด และในขณะเดียวกันก็ยังก่อให้เกิดความภาคภูมิใจและความเต็มใจที่จะปฏิบัติงานจนเต็มความรู้และความสามารถของตน ซึ่งครอบคลุมทั้งประเภทและระดับการพัฒนาของการพัฒนา ดังต่อไปนี้

3.2.2 ความหมายของการฝึกอบรม

มีผู้ให้คำจำกัดความ หรือความหมายของการฝึกอบรมไว้อย่างหลากหลายทัศนะ ดังนี้

เคนเนย์ และ เรด (Kenney; & Reid. 1986: 3) ได้ให้ความหมายไว้ว่า “การฝึกอบรมคือกระบวนการที่ได้วางแผนไว้เพื่อเปลี่ยนแปลงแก้ไขทัศนคติ ความรู้ ความชำนาญงานให้ดีขึ้น โดยผ่านประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อให้ได้รับความสำเร็จในการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ ในกิจกรรมหนึ่งหรือหลายๆ กิจกรรมซึ่งจุดมุ่งหมายของการฝึกอบรมในสถานการณ์การทำงานนั้นก็คือการพัฒนาความสามารถของบุคคลให้ตรงกับความต้องการทั้งในปัจจุบันและในอนาคตขององค์การ”

โกลด์สเทน (Goldstein. 1986: 3) เห็นว่า “การฝึกอบรมนั้นเป็นวิธีการที่ได้มาของทักษะหลักเกณฑ์ แนวคิด หรือทัศนคติอย่างเป็นระบบซึ่งมีผลต่อการปฏิบัติงานที่ดีขึ้น ในอีกสภาพแวดล้อมหนึ่ง”

แฟรงค์ (Frank. 1974: 234) ได้กล่าวว่า “การฝึกอบรมนั้นเป็นวิธีการที่ได้มาของทักษะความรู้ แบบของพฤติกรรมความชำนาญงานที่เป็นระบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่แต่ละบุคคลต้องการ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการปฏิบัติงานของเขาในปัจจุบันได้อย่างเพียงพอ”

วิจิตร อาวะกุล (2537: 23) มีความเห็นว่า “การฝึกอบรมเป็นการปรับปรุงสมรรถนะของบุคคลให้มีมากขึ้น สูงขึ้น และมีพฤติกรรมที่ได้มาตรฐานที่หน่วยงานต้องการ”

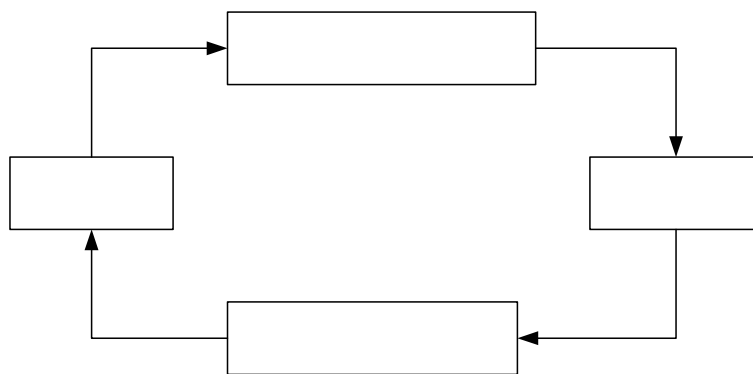
ส่วน บุญเลิศ ไพรินทร์ (2538: 9) ได้ให้ความหมายของการฝึกอบรมไว้ว่า “การฝึกอบรมเป็นกระบวนการในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างมีระบบ เพื่อให้บุคคลมีความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานอย่างใดอย่างหนึ่งโดยมุ่งให้สามารถนำเอาไปใช้ในการปฏิบัติงานทั้งในปัจจุบันและอนาคตได้เป็นอย่างดี”

และ เครือวัลย์ ลีมอภิชาติ (2531: 2) ให้คำจำกัดความของการฝึกอบรมดังนี้ “คือกิจกรรมการเรียนรู้ (learning) เฉพาะอย่างของบุคคลเพื่อปรับปรุงและเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจ (understanding) ทักษะ และทัศนคติ อันเหมาะสมจนสามารถก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในพฤติกรรมและทัศนคติเพื่อการปฏิบัติงานในหน้าที่ (specific knowledge) เพื่อยกมาตรฐานการปฏิบัติงานให้อยู่ในระดับสูงขึ้น และทำให้บุคลากรมีความเจริญก้าวหน้าในงาน”

จากคำจำกัดความการฝึกอบรม ตามความเห็นของนักวิชาการต่างๆ ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่าการฝึกอบรม เป็นวิธีการหรือเครื่องมือ หรือกิจกรรมที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารและสื่อความหมายระหว่างผู้ที่เป็นวิทยากรกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้วยกันหรือระหว่างบุคคลอื่นใดที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในด้านความรู้ ทักษะ และทัศนคติ ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระดับที่ต้องการเพื่อจะได้นำความรู้ ทักษะและทัศนคติ ที่จะสามารถนำไปพัฒนาตนเองและบุคคลที่เกี่ยวข้องให้เกิดประโยชน์สูงสุด

3.3 กระบวนการฝึกอบรม

รูปแบบของกระบวนการฝึกอบรมที่มีประสิทธิภาพทั่วๆ ไปแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังแสดงในแผนภูมิ ภาพประกอบ 62



ภาพประกอบ 62 วงจรของกระบวนการฝึกอบรมหรือระบบการฝึกอบรม

จากกระบวนการฝึกอบรม ทั้ง 4 ระยะ คือ

3.3.1 ระยะการหาความจำเป็นในการฝึกอบรม

ระยะของการค้นหาความจำเป็นในการฝึกอบรม เพื่อให้สามารถหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อดำเนินการแก้ไขด้วยวิธีการฝึกอบรมดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นซึ่งจะสามารถนำความจำเป็นไปสร้างหลักสูตร

3.3.2 ระยะการสร้างหลักสูตรฝึกอบรม

การสร้างหลักสูตรการฝึกอบรม เมื่อพบหรือได้ข้อมูลมาแล้วว่าจะต้องมีการฝึกอบรม ก็จะต้องมีการสร้างหลักสูตร ซึ่งก็คือ รายละเอียดของเนื้อหาวิชา เวลา และวิธีการ ที่จะจัดปัญหาหรือเป็นการสร้างความรู้ความเข้าใจ ให้เกิดทักษะ หรือทัศนคติอันส่งผลให้เกิดการเรียนรู้หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

3.3.3 ระยะการจัดและดำเนินการฝึกอบรม

ระยะการจัดและดำเนินการฝึกอบรม เป็นการนำหลักสูตรและโครงฝึกอบรมที่เขียนขึ้นไว้ไปขออนุมัติโครงการเพื่อนำไปจัดการฝึกอบรม ซึ่งจะเน้นหนักในด้านการบริหารโครงการ ด้านการเตรียมสถานที่ การเงิน การจัดการบุคคล รวมถึงการสร้างบรรยากาศในการฝึกอบรม

3.3.4 ระยะการประเมินผล

เป็นระยะที่การจัดโครงการฝึกอบรมเสร็จสิ้นแล้วเป็นการประเมินผลเพื่อที่จำสำรวจว่า การจัดดำเนินการเป็นอย่างไร คำนึงกับเงินที่ใช้จ่ายไปหรือไม่ และคุ้มค่างบกับเวลาที่เสียไปหรือไม่และจะต้องติดตามผลว่า ผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมเมื่อกลับไปปฏิบัติหน้าที่ที่รับผิดชอบแล้ว ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมหรือไม่ นั่นคือ เป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรม และจะต้องนำผลการประเมินดังกล่าวมาพิจารณาด้วยว่า ควรมีการพัฒนาหรือปรับปรุงหลักสูตรการจัดดำเนินการหรือไม่ เพื่อที่จะนำไปสู่การสร้างหรือพัฒนาหลักสูตรในการจัดการฝึกอบรมต่อไป

การประ

ในการดำเนินการด้านการฝึกอบรม จึงมีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับระบบของการฝึกอบรมทั้ง 4 ระยะ จะเห็นได้ว่าในขั้นนี้ต้องมีกิจกรรมหลายขั้นตอนด้วยกัน ทั้งนี้เพราะก่อนัดให้มีการฝึกอบรมนั้น จำเป็นจะต้องพิจารณาให้ละเอียดก่อนว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นเพราะอะไร จำเป็นจะต้องใช้เทคนิคการฝึกอบรมหรือไม่ จึงจะชี้ชัดลงไปว่าจำเป็นต้องใช้วิธีการฝึกอบรมเพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคลในองค์การอันจะนำไปสู่การทำงานที่เกิดประสิทธิผลมากที่สุด

3.4 ความหมายของเทคนิคการฝึกอบรม

ทั้งนี้ผู้ให้คำจำกัดความหรือความหมายของเทคนิคการฝึกอบรมไว้หลายทัศนะ ดังนี้

วิจิตร อวาทกุล (2537: 138) เห็นว่า “เทคนิคการฝึกอบรมนั้นเป็นวิธีการสอน การอบรมในรูปแบบต่าง ๆ ที่จะทำให้ผู้รับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้และเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ค่อนข้างถาวรตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม”

ขจรศักดิ์ หาญณรงค์ (2524: 3) มีความเห็นดังนี้ หมายถึง “วิธีการต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ความเข้าใจ มีทัศนคติที่ถูกต้องเหมาะสมและหรือเกิดความชำนาญในเรื่องใดเรื่องหนึ่งจนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมนั้น”

ส่วน วาสนา สิงห์โกวินท์ (2528: 4) นั้น เห็นว่า “เทคนิคการฝึกอบรม หมายถึง วิธีการที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร หรือถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์หรือข้อมูลต่าง ๆ ระหว่างผู้ให้การฝึกอบรมและผู้เข้ารับการฝึกอบรมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดให้”

เครือวัลย์ ลิ้มอภิชาติ (2531: 184) ว่าเทคนิคการฝึกอบรม “เป็นวิธีการถ่ายทอดความรู้ ทักษะ และทัศนคติ ให้แก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เรียนรู้มากที่สุด ในเวลาที่กำหนด”

อุณา นพคุณ (2527: 138) เห็นว่า หมายถึง “วิธีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับทรัพยากร แหล่งการเรียนรู้ในสถานการณ์การเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนได้ความรู้”

นอกจากนี้ บุญเลิศ ไพรินทร์ (2538: 34) เห็นว่า หมายถึง “วิธีการ หรือเครื่องมือ หรือกิจกรรม ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร และสื่อความหมายระหว่างผู้ที่เป็นวิทยากรกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหรือระหว่างผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้วยกันหรือระหว่างบุคคลอื่นใด ที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในกระบวนการฝึกอบรมเพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคลด้านความรู้ ทักษะ และทัศนคติของผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระดับที่ต้องการ เพื่อนำความรู้ ทักษะ และทัศนคติไปใช้ในการปฏิบัติงานให้บรรลุวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ”

จากการศึกษาคำจำกัดความของนักวิชาการท่านต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า เทคนิคการฝึกอบรม คือ รูปแบบของการดำเนินการฝึกอบรมที่จะสามารถสื่อสัมพันธ์กับผู้เข้าอบรมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ได้อย่างชัดเจน

4. ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

เมื่อมาพิจารณาเรื่องการฝึกอบรมทรัพยากรกำลังคนก็จะมองเห็นได้ค่อนข้างชัดเจนว่าเราสามารถสร้างความมีประสิทธิภาพให้การฝึกอบรมทรัพยากรกำลังคนในองค์กรได้เช่นเดียวกันและจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อจะทำให้หลักสูตรฝึกอบรมเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จะต้องประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ การวัดผล การประเมินผล พฤติกรรมทางการศึกษา แบบทดสอบ การวิเคราะห์ข้อสอบ

4.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

การที่จะศึกษาหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อให้ได้เกณฑ์ที่กำหนดจะต้องมีการทดลองและปรับปรุงในอันที่จะทำให้ได้หลักสูตรฝึกอบรมตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และมีประโยชน์ต่อหลักสูตรฝึกอบรมคือ ทำให้หลักสูตรฝึกอบรมมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพต่อการนำไปฝึกอบรม

เกณฑ์ประสิทธิภาพหมายถึง ระดับขีดความสามารถของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกที่เป็นเกณฑ์กำหนดประสิทธิภาพในอันที่จะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดความรู้และทักษะในเนื้อหาที่ทำการฝึกอบรม

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ สามารถที่จะทำได้ โดยการประเมินผลพฤติกรรมแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่องและพฤติกรรมขั้นสุดท้าย โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) E2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (สมณ กล้าหาญ. 2543: 47-50)

ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบไปด้วยพฤติกรรมย่อยหลายๆ พฤติกรรม เรียกว่า กระบวนการ ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม (รายงานกลุ่ม) และรายงานบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นที่ผู้สอนกำหนดไว้

ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน และการสอบไล่

ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจโดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อเปอร์เซ็นต์ ของผลเฉลี่ยของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด นั่นคือ E1/E2 คือประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เช่น 80/80 หมายความว่าเมื่อเข้ารับการฝึกอบรมจากหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกแล้ว ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดหรืองานได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 การที่จะกำหนดเกณฑ์ E1/E2 ให้มีค่าเท่าใดนั้นผู้สอนเป็นผู้พิจารณา โดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้ 80/80 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75

4.1.1 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยใช้สูตร กระทำได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$E_1 = \left[\frac{\sum X_1}{\frac{N}{A}} \right] \times 100$$

E_1 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ
 $\sum X_1$ = คะแนนรวมของแบบฝึกหัดหรืองาน
 N = จำนวนผู้เรียน
 A = คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน

$$E_2 = \left[\frac{\sum X_2}{\frac{N}{B}} \right] \times 100$$

E_2 = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
 $\sum X_2$ = คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน
 N = จำนวนผู้เรียน
 B = คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตรข้างต้น ก็จะมีการนำคะแนนแบบฝึกหัดหรือผลงาน ในขณะที่ประกอบกิจกรรมกลุ่ม/เดี่ยว และคะแนนสอบหลังเรียนมาเข้าตารางแล้วจึงคำนวณหาค่า E_1/E_2

หลังจากคำนวณหาค่า E_1 และ E_2 ผลลัพธ์ที่ได้มักจะใกล้เคียงกัน และห่างกันไม่เกินร้อยละ 5 ซึ่งเป็นตัวชี้ที่จะยืนยันได้ว่า นักเรียนได้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับขั้นหรือไม่ ก่อนจะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมขั้นสุดท้าย หรืออีกนัยหนึ่งการที่นักเรียนจะสอบไล่ได้เท่าใด เช่น ร้อยละ 90 นั้น นักเรียนมีความรู้จริง หรือทำได้เพราะการเดาสุ่ม เมื่อมีการรายงานคะแนนเป็นตัวเลข 2 ตัว เช่น 78/83 นั้นจะทำให้เราทราบว่านักเรียนทำงานและแบบฝึกหัดทั้งปีได้ร้อยละ 78 และสอบไล่ได้ร้อยละ 83 เป็นการยืนยันการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียนที่ค่อนข้างแน่นอน

4.1.2 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเมื่อทำการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกขึ้นเป็นต้นแบบแล้วต้องนำเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมไปหาประสิทธิภาพตามขั้นตอน ดังนี้

4.1.2.1 แบบเดี่ยว (1:1) คือทดลองเรียนกับผู้เรียน 1 คน โดยใช้เด็กอ่อนปานกลางและเก่ง คำนวณหาค่าประสิทธิภาพ เสร็จแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดลองแบบเดี่ยวนี้จะได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกเมื่อปรับปรุงแล้วสูงขึ้นมาก ก่อนนำไปทดลองแบบกลุ่ม ในขั้นนี้ E1/E2 ที่จะได้จะมีค่าประมาณ 60/60

4.1.2.2 แบบกลุ่ม (1:10) คือ ทดลองกับผู้เรียน 6-10 คน (คณะผู้เรียนที่เก่งกับอ่อน) คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้คะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นอีกเกือบเท่ากับเกณฑ์ โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10% นั่นคือ E1/E2 ที่จะได้จะมีค่าประมาณ 70/70

4.1.2.3 ภาคสนาม (1:100) ทดลองกับผู้เรียนทั้งชั้น 40-100 คน คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วทำการปรับปรุง ผลลัพธ์ที่ได้ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 25% ก็ให้ยอมรับ หากแตกต่างกันมากผู้สอนต้องกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมใหม่ โดยยึดสภาพความเป็นจริงเป็นเกณฑ์ สมมุติว่า เมื่อทดสอบหาประสิทธิภาพแล้วได้ 83.5/85.4 ก็แสดงว่าสื่อการสอนนั้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเกณฑ์ 85/85 ที่ตั้งไว้ แต่ถ้าตั้งเกณฑ์ไว้ 75/75 เมื่อผลการทดลองเป็น 83.5/85.5 ก็อาจเลื่อนเกณฑ์ขึ้นมาเป็น 85/85 ได้

4.2 การวัดผล

ในกระบวนการของการหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก จะต้องมีการวัดผลเพื่อเป็นการกำหนด โดยมีผู้รู้ นักการศึกษาและนักวิชาการ ได้กล่าวไว้ดังนี้

สมนึก ภัททิยธนี (2541: 1) ได้กล่าวว่าการวัดผล หมายถึง กระบวนการการปริมาณหรือจำนวนของสิ่งของต่างๆ โดยใช้เครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งมาวัด ผลจากการวัดมักจะออกมาเป็นตัวเลขหรือสัญลักษณ์หรือข้อมูล

ภัทรา นิคมนนท์ (2543: 10) ได้กล่าวว่าการวัดผล หมายถึง กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของทุกคนอยู่ตลอดเวลา ทุกครั้งที่เกิดปัญหาในการตัดสินใจ เรามักจะหาข้อมูลเพื่อใช้ประกอบในการตัดสินใจได้ถูกต้อง การหาข้อมูลจำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรือเทคนิควิธีต่างๆ ในการรวบรวมข้อมูล

จากความหมายของการวัดผลที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษาและนักวิชาการได้กล่าวไว้ว่าผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การวัดผล หมายถึง ตัวเลขหรือสัญลักษณ์ที่ได้มาจากการบวนการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณหรือสิ่งของ เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้นั้นมาประกอบการตัดสินใจที่ถูกต้อง

4.3 การประเมินผล

การที่จะอธิบายถึงประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกว่าจะอยู่ในระดับเกณฑ์ที่ยอมรับได้นั้นจะต้องมีการประเมินผล โดยได้มีผู้รู้ นักการศึกษา นักวิชาการ ได้กล่าวไว้ ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2544: 5) ได้กล่าวว่าการประเมินผล หมายถึง การตัดสินใจคุณค่าหรือการตีราคาข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่นๆ หรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ภัทธา นิคมนนท์ (2543: 12) ได้กล่าวว่า การประเมินผล หมายถึง การนำเอาข้อมูลทั้งหลายที่ได้จากการวัดมาใช้ในการตัดสินใจ โดยการหาข้อสรุปตัดสินประเมินค่าหรือตีราคาโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่นๆ หรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้

จากความหมายของการประเมินผลที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา นักวิชาการกล่าวไว้นั้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การประเมินผล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้รับจากการรวบรวมมาตีความหรือตัดสินใจเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

4.3.1 ประเภทของการประเมินผล สามารถจำแนกประเภทได้ดังนี้

4.3.1.1 จำแนกตามวัตถุประสงค์ของการประเมิน แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ

- การประเมินผลก่อนเรียน (Pre-evaluation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานและทักษะของผู้เรียนว่า มีความรู้เพียงพอที่จะเรียนต่อในรายวิชาใหม่หรือเนื้อหาใหม่ได้หรือไม่ ถ้าพบว่ามีความรู้พื้นฐานไม่เพียงพอหรือไม่มีพฤติกรรมขั้นต้นก่อนเรียน ครูจะจัดให้มีการสอนปรับพื้นฐานจนผู้เรียนมีความรู้เพียงพอที่จะเรียนในเนื้อหาใหม่ได้
- การประเมินผลระหว่างเรียนหรือประเมินความก้าวหน้า (Formative evaluation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ เพียงใด หากพบว่ามิชอบบกพร่องในจุดประสงค์ใด ก็หาแนวทางปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในจุดประสงค์นั้นๆ โดยจัดสอนซ่อมเสริมให้แก่ผู้เรียน
- การประเมินผลรวมสรุป (Summative evaluation) เป็นการประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาว่าผู้เรียนมีความรู้ทั้งสิ้นเท่าไร ควรตัดสินใจได้-ตก ผ่าน-ไม่ผ่าน หรือควรได้เกรดอะไร เป็นต้น

4.3.1.2 จำแนกตามระบบการวัดผล แบ่งเป็น 2 ประเภท

- การประเมินผลแบบอิงกลุ่ม (Norm-referenced evaluation) เป็นการตัดสินคุณค่าของคุณลักษณะหรือพฤติกรรม โดยเปรียบเทียบกับผู้เรียนที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ทำข้อสอบฉบับเดียวกันโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อจำแนกหรือจัดลำดับบุคคลในกลุ่มนั้นๆ ตัวอย่างของการประเมินแบบอิงกลุ่ม เช่น การสอบคัดเลือกเข้าศึกษาต่อในสถานศึกษา การสอบชิงทุนการศึกษา เป็นต้น
- การประเมินผลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-referenced evaluation) เป็นการตัดสินคุณค่าของคุณลักษณะหรือพฤติกรรมโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์มีทั้งเกณฑ์มาตรฐาน (Standard criteria) ที่มีอยู่แล้วหรือเกณฑ์ที่ผู้ประเมินกำหนดขึ้น (Arbitrary criteria) ในทางปฏิบัติการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เกณฑ์จะหมายถึง กลุ่มพฤติกรรมตามจุดมุ่งหมายในแต่ละบทหรือหน่วยการเรียนรู้โดยทั่วไป นิยมใช้จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral objective) หรือกลุ่มของพฤติกรรม (Domain of behavior)

4.4 พฤติกรรมทางการศึกษา

พฤติกรรมทางการศึกษาที่นิยมใช้ในปัจจุบันเป็นของบลูมและซิมป์สัน ซึ่งใช้หลักการจัดจำแนกอันดับ (taxonomy) จำแนกพฤติกรรมการศึกษาเป็น 3 ประเภทคือ พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) พฤติกรรมด้านจิตพิสัย (affective domain) และพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (psychomotor domain) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ (พิชิต ฤทธิ์จัญญ. 2524: 31-42)

4.4.1 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

พฤติกรรมทางพุทธิพิสัยเป็นสมรรถภาพด้านสมองหรือสติปัญญาของบุคคลในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ แบ่งเป็น 6 ระดับเรียงตามลำดับขั้นตอนการเกิดพฤติกรรมจากขั้นต่ำสุดถึงขั้นสูงสุด คือ ความรู้ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ดังนั้น

4.4.1.1 ความรู้-ความจำ (knowledge) หมายถึงความสามารถทางสมองในการทรงไว้ หรือรักษาไว้ซึ่งเรื่องราวต่างๆ ที่บุคคลได้รับรู้ไว้ในสมองได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

4.4.1.2 ความเข้าใจ (comprehension) หมายถึง ความสามารถในการจับใจความสำคัญของเรื่อง สามารถถ่ายทอดเรื่องราวเดิมออกมาเป็นภาษาของตนเองได้โดยที่ยังมีความหมายเหมือนเดิม

4.4.1.3 การนำไปใช้ (application) เป็นความสามารถในการนำหลักวิชาไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งอาจใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่เคยพบเห็นมาก่อน เช่น การนำสูตรพื้นที่สามเหลี่ยมไปใช้หาพื้นที่สามเหลี่ยมรูปใหม่ได้ การแก้ประโยคที่เขียนไวยากรณ์ผิดได้

4.4.1.4 การวิเคราะห์ (synthesis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ว่าเรื่องราวหรือสิ่งนั้นๆ ประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นไปอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร

4.4.1.5 การสังเคราะห์ (synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อเป็นสิ่งใหม่อีกรูปแบบหนึ่งมีคุณลักษณะโครงสร้างหรือหน้าที่ใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากของเดิม

4.4.1.6 การประเมินค่า (evaluation) เป็นความสามารถในการพิจารณาตัดสินหรือลงสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของเนื้อหาและวิธีการต่างๆ โดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานที่วางไว้

4.4.2 พฤติกรรมด้านจิตพิสัย

พฤติกรรมด้านจิตพิสัยเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดทางจิตใจ อารมณ์และคุณธรรมของบุคคลซึ่งต้องอาศัยการสร้างหรือปลูกฝังคุณลักษณะนิสัยต่างๆ ให้เกิดขึ้นโดยเริ่มจากพฤติกรรมขั้นแรกที่ย่างไปหาขั้นสุดท้ายที่ยาก ซึ่งมี 5 ระดับ คือ

4.4.2.1 การรับรู้ (receiving or attending) เป็นขั้นที่บุคคลรู้สึกว่ามีสิ่งเร้ามากระตุ้นให้แสดงพฤติกรรม และจะเริ่มทำความรู้จักในสิ่งนั้น นั่นคือเริ่มสนใจและเต็มใจในสิ่งเร้านั้น

4.4.2.2 การตอบสนอง (responding) เป็นขั้นที่บุคคลแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบสิ่งเร้านั้นด้วยความยินยอม เต็มใจ

4.4.2.3 การเกิดค่านิยม (Valuing) เป็นขั้นที่บุคคลมองเห็นคุณค่าของการตอบสนองสิ่งเร้าหรือประสบการณ์แล้วกลายมาเป็นสิ่งที่ยึดถือของบุคคลในโอกาสต่อไป

4.4.2.4 การจัดระบบคุณค่า (organization) เป็นขั้นตอนที่บุคคลนำค่านิยมที่ตนเองสร้างไว้แล้วจัดระบบหรือหมวดหมู่โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่านิยมเหล่านั้นและปรับสิ่งที่ขัดแย้งกัน เพื่อนำมาสร้างเป็นค่านิยมเพื่อถือปฏิบัติต่อไป

4.4.2.5 การสร้างลักษณะนิสัย (characterization by a value complex) เป็นขั้นการนำค่านิยมที่จัดระบบคุณค่าที่มีในตัวเข้าเป็นระบบที่ถาวรและทำหน้าที่ควบคุมพฤติกรรมของบุคคลไม่ว่าจะอยู่ในสถานการณ์ใดๆ ก็แสดงพฤติกรรมตามค่านิยมที่ยึดถือตลอดไป สม่าเสมอจนเกิดเป็นลักษณะนิสัยประจำตัวของแต่ละบุคคล

4.4.3 พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย

พฤติกรรมด้านทักษะพิสัยเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความสามารถเชิงปฏิบัติการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบการใช้งานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายที่ต้องอาศัยการประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อ การทำงานของระบบประสาทต่างๆ ซึ่งเป็นหน่วยสั่งการ เช่น การเคลื่อนไหวอวัยวะต่างๆ ในการทำกิจวัตรประจำวัน เล่นกีฬา เล่นดนตรีหรือกิจกรรมอื่นๆ หากนักเรียนได้ฝึกฝนการทำงานของกล้ามเนื้อและระบบประสาทให้มีการประสานสัมพันธ์กันย่อมก่อให้เกิดความชำนาญ หรือทักษะในการปฏิบัติงาน ซิมป์สัน ได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยออกเป็น 7 ขั้น ดังนี้

4.4.3.1 การรับรู้ เป็นการรับรู้โดยประสาทสัมผัสเกี่ยวกับวัตถุ สิ่งของ หรือความสัมพันธ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น ๓ ระดับย่อย ตามระดับการรับรู้จากต่ำสุดดังนี้

- การรับรู้ความรู้สึกทางหู ตา มือ ลิ้น การดมกลิ่นและทางกล้ามเนื้อ
- การเลือกสิ่งเร้า
- การแปลความหมายสิ่งเร้าเพื่อตอบสนอง

4.4.3.2 การเตรียมพร้อม เป็นการปรับตัวให้พร้อมต่อการกระทำบางอย่าง แบ่งได้เป็นความพร้อม ๓ ด้าน คือ ความพร้อมทางสมอง ทางร่างกาย และทางอารมณ์

4.4.3.3 การตอบสนองตามตัวอย่าง เป็นการแสดงออกในลักษณะทำตาม หรือการเลียนแบบและการลองผิดลองถูก

4.4.3.4 การปฏิบัติแบบอัตโนมัติ เป็นการตอบสนองตามที่ได้เรียนมาจนพัฒนาเป็นนิสัย

4.4.3.5 การแสดงออกในลักษณะซับซ้อน ซึ่งในขั้นนี้จะทำงานได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ แบ่งออกเป็น ๒ ระดับย่อยคือ การปฏิบัติอย่างไม่ลังเล และการตอบสนองโดยอัตโนมัติ

4.4.3.6 การรู้จักดัดแปลงให้เหมาะสม เป็นขั้นที่ปฏิบัติจนชำนาญ

4.4.3.7 การริเริ่มใหม่ หลังจากดัดแปลงแล้ว นักเรียนประยุกต์สิ่งที่ทำเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ ๆ

พฤติกรรมที่บ่งชี้การกระทำหรือคำกริยาทางด้านทักษะพิสัย และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมทางด้านทักษะพิสัย ในด้านการปฏิบัติมักจะใช้คำกริยาดังต่อไปนี้ จำแนก สร้าง สาธิต ซึ่งเมื่อเขียนเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมแล้ว สามารถเขียนได้ดังต่อไปนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2531: 159)

จากทฤษฎีสามารถจำแนกพฤติกรรมด้านทักษะพิสัยออกเป็น 2 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 แบ่งลักษณะของพฤติกรรมตามพัฒนาการด้านทักษะพิสัยออกเป็น 5 ระดับ คือขั้นเลียนแบบ การทำโดยยึดแบบ การทำด้วยความชำนาญ การทำในสถานการณ์ต่างๆ ได้ การแก้ปัญหาได้โดยฉับพลัน

แนวทางที่ 2 แบ่งลักษณะของพฤติกรรมในเรื่องทักษะการเคลื่อนไหว แบ่งเป็น 4 ด้านคือ ทักษะการเคลื่อนไหวทั้งร่างกาย ทักษะเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ประสาทรวมๆ กัน ทักษะการสื่อสารโดยใช้ท่าทาง ทักษะพฤติกรรมทางด้านภาษา

4.5 แบบทดสอบ

ความหมาย แบบทดสอบคือชุดของสิ่งเร้าที่นำไปใช้กระตุ้นบุคคลตอบสนองออกมา ชุดของสิ่งเร้านี้มักจะอยู่ในรูปของคำถาม ซึ่งอาจให้เขียนตอบ ให้แสดงพฤติกรรม ให้พูดออกทางวาจาก็ได้ ทำให้สามารถวัดได้ สังเกตได้ และนำไปสู่การแปลความหมายได้ แบบทดสอบนี้สามารถใช้ได้กับข้อมูลทางพุทธิปัญญาด้านจิตอารมณ์ และด้านทักษะ แต่นิยมใช้วัดทางด้านพุทธิปัญญาเป็นส่วนใหญ่

ชนิดของแบบทดสอบ แบ่งเป็น 3 ชนิด ดังนี้

4.5.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ทักษะและสมรรถภาพสมองด้านต่างๆ ที่ผู้เรียนได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวงทั้งจากทางบ้าน และสถาบันการศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher-made test) และแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน (Standardized test) แบบทดสอบทั้ง 2 ประเภทนี้จะถามเนื้อหาเหมือนกัน คือ ถามสิ่งที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอนซึ่งจัดเป็นกลุ่มพฤติกรรมได้ 6 ประเภท คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า รูปแบบของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่นิยมใช้มี 3 รูปแบบ คือ

- แบบปากเปล่า (Oral test) เป็นการทดสอบที่อาศัยการซักถามเป็นรายบุคคลใช้ได้ผลดีถ้ามีผู้เข้าสอบจำนวนน้อย เพราะต้องใช้เวลามาก ถามได้ละเอียด เพราะสามารถโต้ตอบกันได้

- แบบเขียนตอบ (Paper-pencil test) เป็นการทดสอบที่เปลี่ยนแปลงมาจากการสอบแบบปากเปล่า เนื่องจากจำนวนผู้เข้าสอบมากและมีจำนวนจำกัดแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

แบบความเรียง (Essay type) เป็นการสอบที่ให้ผู้ตอบได้รวบรวมเรียงเรียงคำพูดของตนเองแสดงทัศนคติและความรู้สึก ความคิดได้อย่างอิสระภายใต้หัวข้อเรื่องที่กำหนดให้เป็นข้อสอบที่สามารถวัดพฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ได้อย่างดี แต่ก็มีข้อเสียเพราะการให้คะแนนทำให้มีความเป็นปรนัยได้ยาก

แบบจำกัดคำตอบ (Fixed-response type) เป็นข้อสอบที่มีคำตอบถูกภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้อย่างจำกัด ข้อสอบแบบนี้ยังแบ่งออกเป็น 4 แบบคือ แบบถูกผิด (True-false) แบบเติมคำ (Completion) แบบจับคู่ (Matching) แบบเลือกตอบ (Multiple choice)

- แบบปฏิบัติ (Performance test) เป็นการทดสอบที่ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรมออกมาโดยการกระทำหรือบ่งมือปฏิบัติจริงๆ เช่นการทดสอบทางดนตรี ช่างกล พลศึกษา เป็นต้น

4.5.2 แบบทดสอบวัดความถนัดหรือตัวปัญญา (Aptitude test) เป็นการทดสอบที่ใช้ศักยภาพระดับสูงสุดของบุคคลว่าสมรรถภาพในการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด และควรเรียนด้านใดหรือทำงานด้านใด จึงจะประสบความสำเร็จอย่างดี แบบทดสอบประเภทนี้อาจแบ่งย่อยได้เป็น 2 ประเภทคือ แบบทดสอบความถนัดในการเรียน (Scholastic aptitude test) และแบบทดสอบความถนัดจำเพาะ (Specific aptitude test) นักวัดผลแบ่งกลุ่มความถนัดเป็น 7 ด้าน คือ ความถนัดด้านภาษา (Verbal Factor) ความถนัดด้านการใช้คำ (Word fluency Factor) ความถนัดด้านตัวเลข (Number Factor) ความถนัดด้านมิติสัมพันธ์ (Space Factor) ความถนัดด้านความจำ (Memory Factor) ความถนัดด้านการสังเกตรับรู้ (Perception Factor) ความถนัดด้านการใช้เหตุผล (Reasoning Factor)

4.5.3 แบบทดสอบวัดความสัมพันธ์ ของบุคคลต่อสังคม แบบทดสอบประเภทนี้จะวัดเกี่ยวกับบุคลิกภาพหรือการปรับตัวของบุคคลในสังคม วัดความสนใจต่อสิ่งต่างๆ แบบทดสอบประเภทนี้ มักอยู่ในรูปแบบทดสอบตามวัดลักษณะบุคคล เช่น แบบทดสอบความเกรงใจ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ แบบสำรวจความสนใจต่างๆ เป็นต้น

4.5.4 การวางแผนการสร้างแบบทดสอบ ในการสร้างแบบทดสอบผู้วิจัยควรกำหนดแผนการสร้างซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ คือ

4.5.4.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการศึกษา ขั้นนี้เป็นการวางแผนโครงการล่วงหน้าว่าการวิจัยนั้นต้องการศึกษาอะไร กับใคร และศึกษาเพื่ออะไร

4.5.4.2 กำหนดลักษณะของแบบทดสอบที่จะใช้ ขั้นนี้เป็นการกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย โดยกำหนดว่าจะใช้แบบทดสอบประเภทใดจึงจะสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการศึกษา จำนวนข้อควรมีเท่าใดและเวลาที่ใช้ควรเป็นเท่าใดจึงจะเหมาะสม

4.5.4.3 การสร้างแบบทดสอบ ขั้นนี้เป็นการพิจารณาว่าคุณลักษณะที่ต้องการศึกษานั้น มีองค์ประกอบของพฤติกรรมใดบ้างโดยต้องคำนึงว่าตัวข้อสอบหรือแบบทดสอบนั้นเป็นเพียงตัวแทนของพฤติกรรมทั้งหมดดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการอย่างระมัดระวังในการพิจารณาเลือกตัวแทนพฤติกรรม แต่ละองค์ประกอบที่นำมาสร้างแบบทดสอบซึ่งอาจต้องใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างเนื้อหา (Content sampling) โดยอาศัยตารางวิเคราะห์หลักสูตร เป็นแนวทางในการสร้าง (ในกรณีที่ เป็นข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์)

4.5.4.4 การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบ ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบดูว่าเนื้อหาและพฤติกรรมต่าง ที่นำมาสร้างเป็นแบบทดสอบนั้นเป็นตัวแทนที่ดีหรือไม่ ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดหรือไม่ โดยตรวจคุณภาพที่สำคัญๆ ต่อไปนี้

- ความเที่ยงตรง (Validity) เป็นการตรวจสอบดูว่าแบบทดสอบนั้น วัดตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่
- ความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นการตรวจสอบดูว่า ผลของการวัดจากแบบทดสอบนั้นมีความคงที่แน่นอนมาน้อยเพียงใด
- ความเป็นปรนัย (Objective) เป็นการตรวจสอบดูว่าคำถามหรือสิ่งที่ถามในแบบทดสอบมีความชัดเจนดีพอหรือไม่ ระบบการให้คะแนนและการแปลความหมายคะแนน นำไปใช้ได้ตรงกันทั่วไปได้หรือไม่

4.6 การวิเคราะห์ข้อสอบ

การวิเคราะห์ข้อสอบชนิดเลือกตอบหลายตัวเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ มี 3 ประเภท คือ (ระวีวรรณ ชินะตระกูล. 2535: 234-236)

4.6.1 ระดับความยากข้อสอบ

ระดับความยากข้อสอบ หมายถึง ร้อยละของจำนวนคนทั้งหมดที่ตอบข้อสอบนั้นถูกต้อง เช่น ข้อสอบวิชาสถิติและวิจัยการศึกษาข้อหนึ่ง มีคนตอบทั้งหมด 10 คน ปรากฏว่ามีคนตอบถูกเพียง 50 คน ดังนั้นข้อสอบข้อนี้จึงมีระดับความยากเท่ากับ 50 ใน 100 ซึ่งเท่ากับ .50 หรือ ร้อยละ 50 ถ้าข้อสอบข้อใดมีคนเป็นจำนวนมากหรือทั้งหมดตอบถูก ก็อาจถือว่าข้อสอบข้อนั้นง่ายมากในตรงข้าม ถ้าหากมีคนเพียงจำนวนเล็กน้อยตอบถูก หรือไม่มีใครตอบถูกเลย ข้อสอบข้อนั้นยากมาก ระดับความยากของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.00 ตัวเลขที่มีค่าต่ำๆ หมายความว่ามีความยากมาส่วนตัวเลขที่มีค่าสูงๆ หมายความว่ามีความง่ายมาก โดยทั่วไปข้อสอบที่มีระดับความยากตั้งแต่ .20 ถึง .80 เป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะ คือ ไม่ยากจนเกินไปและไม่ง่ายจนเกินไปและข้อสอบทั้งฉบับควรมีระดับความยากเฉลี่ยปานกลาง คือประมาณ .50

4.6.2 อำนาจแจกแจงของข้อสอบ

อำนาจแจกแจงของข้อสอบ หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่จำแนก หรือแยกให้เห็นความแตกต่างของคนทั้งสองกลุ่ม เช่นสามารถจำแนกระหว่างคนเก่งวิชา Computer กับคนไม่เก่งวิชา Computer ได้หรือสามารถจำแนกระหว่างคนที่มีความสามารถพิเศษในการวาดรูป กับคนที่ไม่มีความสามารถวาดรูปได้ อำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าใกล้ -1.00 ถึง +1.00 แสดงว่ามีค่าอำนาจจำแนกสูงมาก ค่าติดลบแสดงว่าจำแนกผิดทางไม่ตรงตามความประสงค์ของผู้สร้างข้อสอบ ค่าบวกแสดงว่าจำแนกได้ถูกต้องตรงตามที่ต้องการ ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าใกล้ 0.00 แสดงว่ามีค่าอำนาจจำแนกต่ำ จำแนกไม่ค่อยได้ หรือจำแนกไม่ได้เลย โดยทั่วไปข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไปถือว่าเป็นข้อสอบที่มีอำนาจอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ และถ้ามีค่าตั้งแต่ .40 ขึ้นไป ถือว่าข้อสอบนั้นมีอำนาจจำแนกดีมาก

4.6.3 ประสิทธิภาพของตัวลง

ประสิทธิภาพของตัวลง หมายถึง ความสามารถของตัวลงให้คนกลุ่มไม่เก่งมาเลือกตอบมากกว่าคนกลุ่มเก่ง ตัวลงก็คือตัวเลือกที่ไม่คำตอบถูก ตัวลงที่มีประสิทธิภาพหรือตัวลงที่ดี คือตัวลงที่มีคนกลุ่มไม่เก่งมาเลือกตอบเป็นจำนวนมาก แต่คนกลุ่มเก่งไม่เลือกหรือมีเพียงบางคนเท่านั้นที่จะเลือกตอบ แต่ถ้าไม่ปรากฏว่าคนกลุ่มเก่งเลือกตอบตัวลงตัวนั้นมากกว่าคนกลุ่มไม่เก่ง เพราะคิดว่าตัวลงนั้นเป็นคำตอบถูก ตัวลงนั้นก็ใช้ไม่ได้ ผู้สร้างข้อสอบจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น วิธีการหาประสิทธิภาพของตัวลงก็ทำคล้ายกับการหาค่าอำนาจจำแนก คือหาผลต่างระหว่างสัดส่วนสองจำนวน แต่ตัวตั้งและตัวลบให้สลับที่กัน กล่าวคือ เอาค่าสัดส่วนจำนวนผู้เลือกตอบของกลุ่มไม่เก่งเป็นตัวตั้ง แล้วลบด้วยค่าสัดส่วนผู้เลือกตอบของคนกลุ่มเก่ง เช่นกลุ่มไม่เก่งมีคน 20 คน ได้เลือกตัวลงนั้น 6 คน ดังนั้นสัดส่วนจำนวนคนเลือกจึงเท่ากับ $6/20$ ซึ่งเท่ากับ .30 ส่วนคนไม่เก่งก็มีคน 20 คนเช่นกัน แต่มาเลือกตัวลงเพียง 2 คน ดังนั้น สัดส่วนจึงเท่ากับ $2/20$ เท่ากับ .10 ฉะนั้นประสิทธิภาพของตัวลงตัวนั้นจึงเท่ากับ $.30 - .10$ ซึ่งเท่ากับ .20

4.6.4 วิธีวิเคราะห์ข้อสอบ

วิธีวิเคราะห์ข้อสอบ มีขั้นตอนดังนี้ คือ (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2535: 236-238)

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบและให้คะแนนในกระดาษเรียบร้อยแล้ว นำกระดาษคำตอบมาเรียงลำดับตามคะแนนรวมสูงสุดไปจนถึงคะแนนรวมต่ำสุด ทั้งนี้เพื่อที่จะทำการแบ่งกลุ่มกระดาษคำตอบออกเป็นกลุ่มที่เก่งและกลุ่มที่ไม่เก่ง กลุ่มที่เก่งคือ กลุ่มที่ได้คะแนนสูงซึ่งเรียกว่ากลุ่มสูง ส่วนกลุ่มที่ไม่เก่งคือ กลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ เรียกว่า กลุ่มต่ำ ซึ่งจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างควรสูงกว่า 60 คน ถ้ามีจำนวนไม่ถึงร้อยละ 60 หรือน้อยกว่านี้วิเคราะห์ได้ แต่อาจจะใช้เกณฑ์แบ่งแตกต่างกันออกไป ถ้าจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างยิ่งมากเท่าไรยิ่งทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อสอบนั้น มีความเที่ยงตรงมากขึ้น

ขั้นที่ 2 แบ่งกลุ่มสูงต่ำ โดยมีหลักเกณฑ์ในการแบ่งดังนี้ ถ้ามีกระดาษคำตอบของผู้เข้าสอบเป็นจำนวนมากตั้งแต่ 100 คนขึ้นไป ก็ใช้เทคนิคร้อยละ 27 คือนับเอากระดาษคำตอบที่ได้คะแนนสูงสุดลงมาให้ได้ร้อยละ 27 ของทั้งหมดเป็นกลุ่มสูง แล้วนับเอาจากคะแนนต่ำสุดขึ้นไปให้ได้ร้อยละ 27 ของทั้งหมดเป็นกลุ่มต่ำ กลุ่มที่เหลือตรงกลางมีร้อยละ 46 ของทั้งหมดอาจจะเอามาใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ แต่ถ้าหากผู้เข้าสอบไม่มากนักเช่นมีเพียง 60 หรือ 40 คน การแบ่งกลุ่มสูง กลุ่มต่ำอาจจะต้องใช้ประมาณร้อยละ 33 หรือร้อยละ 50 ถ้าผู้วิจัยใช้แบ่งกลุ่มด้วยเทคนิคร้อยละ 27 ค่าสถิติที่คำนวณได้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนมากเกินไป หลังจากมีการแบ่งคะแนนออกเป็นกลุ่มที่มีคะแนนสูงกับกลุ่มที่มีคะแนนต่ำเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการบันทึกความถี่ของการเลือกตอบทุกตัวเลือกเป็นรายชื่อทุกข้อของแต่ละกลุ่ม แล้วคำนวณหาระดับความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ณัฐพงศ์ วชิรภิกขุ (2549: บทคัดย่อ) เรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการรีดแผ่นพลาสติกพีวีซี ผลจากการวิจัยสรุปว่าผลการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการรีดแผ่นพลาสติกพีวีซีเพื่อใช้อบรมการรีดแผ่นพลาสติกพีวีซีเนื้อหาภายในหลักสูตรมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้และเครื่องมือที่ใช้วัดผลด้านความรู้และความสามารถในการรีดแผ่นพลาสติกพีวีซีมีคุณภาพและมีความเหมาะสมสอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมการรีดแผ่นพลาสติกพีวีซี และการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการรีดแผ่นพลาสติกพีวีซีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ในด้านความรู้และความสามารถสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 และภายหลังจากการอบรมมีพัฒนาการด้านความรู้สูงขึ้น

ธีระศักดิ์ ชันวิศิษฐ์ (เอกสารออนไลน์: สรุปผลวิจัย) เรื่องการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพอย่างมีส่วนร่วมสำหรับผู้ใหญ่นอกโรงเรียนผลจากการวิจัยสรุปว่าการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพโดยให้ประชาชนมีส่วนร่วมมีขั้นตอนในการดำเนินงาน 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การประเมินความต้องการทางการศึกษา เป็นการหาความต้องการของประชาชนที่เกิดจากปัญหาและความต้องการ การดำเนินงานมี 6 ขั้นตอน คือ การวางแผนก่อนการดำเนินงาน การวางแผนการประเมินความต้องการทางการศึกษา การหาสถานการณ์ปัจจุบัน การหาสถานการณ์คาดหวังการหาความต้องการทางการศึกษาและการจัดลำดับความสำคัญ

2. การพัฒนาหลักสูตรโดยนำเอาความต้องการที่สำคัญเป็นอันดับแรกมาดำเนินการโดยประชาชนมีส่วนร่วมในการเรียนซึ่งสามารถจะนำไปใช้ในการปฏิบัติจริงสอดคล้องกับวิถีชีวิตของชุมชนเอง โดยกำหนดให้มีการเรียนเป็นการฝึกปฏิบัติ และมีการประเมินผลโดยวิทยากรร่วมกับเพื่อนผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนนั้นได้ความรู้อย่างแท้จริงสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างจริงจัง

3. การทดสอบหลักสูตร จากการจัดการเรียนการสอนจริงของกลุ่มเป้าหมายทั้ง 2 หมู่บ้านพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจที่จะเรียน สำหรับเนื้อหาบางส่วนที่ขาดหายไปวิทยากรร่วมกับผู้เรียนจะช่วยกันปรับปรุงเพิ่มเติมหลักสูตรให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จากการทดสอบหลักสูตรทุกฝ่ายไม่ว่าจะเป็นผู้เรียนประชาชนทั่วไปที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตร และวิทยากรมีความพึงพอใจที่ได้จัดการเรียนรู้ที่ตรงกับความต้องการของตนและชุมชน ในระหว่างการทำงาน ผู้ศึกษาพบว่าจำเป็นต้องดำเนินการอย่างรอบคอบในประเด็นต่อไปนี้ คือ (1) การประเมินความต้องการเป็นเรื่องใหม่ประชาชนที่เข้าร่วม (ประชาชนที่เกี่ยวข้อง) ไม่เข้าใจเท่าที่ควร (2) ต้องจัดดำเนินการในตอนกลางคืนเพราะมีการกิจประจำ (3) การสร้างความคุ้นเคยต้องให้เขายอมรับเป็น “คนใน” ให้ได้ (4) จำเป็นต้องมีข้อมูลพื้นฐานต้องชัดเจนและถูกต้อง (5) นักวิชาการที่เข้าร่วมพัฒนาหลักสูตรต้องไม่ชี้นำประเด็น (6) เทคนิคการจัดการเรียนการสอนต้องปรับปรุงใหม่ (7) ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนไม่ควรจะยาวนานเกินไป

บุรณะ สมชัย (2535-2536: สรุปลผลวิจัย) เรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครู-อาจารย์เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากผลการวิจัยสรุปว่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม ครู-อาจารย์เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน โดยคิดจากคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ที่เข้ารับการฝึกอบรมตามหลักสูตร ผลปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ย ร้อยละระหว่างการฝึกอบรม และคะแนนเฉลี่ย ร้อยละหลัง การฝึกอบรม (E1/E2) ได้ 92.36/87.12 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ปราลีสร์ชต์ ณวิสุข (เอกสารออนไลน์: สรุปลผลวิจัย) เรื่องแนวทางการพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีการฝึกอบรม ระดับปริญญาโทมหาวิทยาลัยบูรพา จากผลการวิจัยสรุปว่า

1. กลุ่มตัวอย่างมีความต้องการลักษณะของนักฝึกอบรมในด้านบุคลิกลักษณะอยู่ระดับมากที่สุดรองลงมาได้แก่ด้านความรู้ความสามารถและด้านหน้าที่ตามลำดับ

2. การเสนอแนวทางการกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตรเทคโนโลยีการฝึกอบรมระดับปริญญาโทมหาวิทยาลัยบูรพาเพื่อผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโทซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

2.1 เป็นผู้ที่มีบุคลิกลักษณะที่ดีทั้งทางคุณธรรม/จริยธรรม มนุษยสัมพันธ์ และทางอารมณ์

2.2 เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถ ทั้งความรู้ทั่วไป ความรู้เฉพาะทาง และความรู้ทางธุรกิจอุตสาหกรรมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการฝึกอบรม

2.3 เป็นผู้ที่สามารถปฏิบัติงานตามหน้าที่ เกี่ยวข้องกับการวางแผน การวิเคราะห์งาน การประเมิน การบริหารกระบวนการฝึกอบรมและงานจัดทำสื่อในหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การเสนอลักษณะของเนื้อหาที่ควรบรรจุไว้ในหลักสูตร แบ่งออกเป็น 2 หมวด คือ วิชาเอกบังคับ และวิชาเอกเลือก

เรวัตร มีสถิต (2549: บทคัดย่อ) เรื่องการพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ผลจากการวิจัยสรุปว่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในด้านความรู้ความเข้าใจมีประสิทธิภาพ 82.37/85.79 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้แสดงว่าหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพโดยในด้านความรู้ความเข้าใจในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนได้ดังนี้ คือ ส่วนที่ 1 พลาสติกและเครื่องฉีดได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 82.37 ในส่วนที่ 2 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและการตรวจสอบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกได้ค่าประสิทธิภาพ 85.79 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ฝึกอบรมกับผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมให้ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้ความเข้าใจได้มากขึ้นในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

วัฒนา ชำศิริ (2547: บทคัดย่อ) เรื่องการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเลตบริสุทธิ์ กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเลตที่เสียหายในกระบวนการผลิตมาเป็นภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่าอัตราส่วนของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเลตบริสุทธิ์ต่อเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลเลต

ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 จำนวน 5 อัตราส่วน คือ 90:10 , 80:20 , 70:30 , 60:40 , 50:50 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ระบุว่าเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटบริสุทธิ์เมื่อนำมาผสมกับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटที่เสียในกระบวนการผลิตตามอัตราส่วนที่กำหนดขึ้นนำมาผลิตเป็นขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटจะผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 998-2533 (มอก. 998-2533) โดยมีอัตราส่วนเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอเรพธาลेटบริสุทธิ์ที่ผสมนั้นมากกว่าร้อยละ 50

สรายุทธ์ จันทร (2547: บทคัดย่อ) เรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคนิคการควบคุมงานก่อสร้างสำหรับผู้ควบคุมงานก่อสร้างอาคารสาธารณะไม่เกิน 6 ชั้นของหน่วยงานราชการ ผลจากการวิจัยสรุปว่าหลักสูตรฝึกอบรมเทคนิคการควบคุมงานก่อสร้างสำหรับผู้ควบคุมงานก่อสร้างอาคารสาธารณะไม่เกิน 6 ชั้นของหน่วยงานราชการ มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม ได้แก่การศึกษาเอกสารการตรวจงานก่อสร้างเพื่อวิเคราะห์จัดลำดับของปัญหาที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้างเพื่อนำข้อมูลมากำหนดโครงสร้างของหลักสูตร

ขั้นที่ 2 ขั้นทดลองการฝึกอบรม ได้แก่ประชากรและกลุ่มตัวอย่างคัดเลือกมาจากผู้ควบคุมงานก่อสร้างตามศูนย์และสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานทั้ง 12 ภาค ตามความเหมาะสม

ขั้นที่ 3 ขั้นประเมินผลหลักสูตร ได้แก่การประเมินผลหลักสูตรฝึกอบรมใช้วิธีการประเมินผลระหว่างการฝึกอบรมและหลังการฝึกอบรมซึ่งผลที่ได้พบว่าผู้ควบคุมงานก่อสร้างที่ผ่านการฝึกอบรมมีความรู้และทักษะที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น

สรุปได้ว่าหลักสูตรฝึกอบรมเทคนิคการควบคุมงานก่อสร้างสำหรับผู้ควบคุมงานก่อสร้างอาคารสาธารณะไม่เกิน 6 ชั้นของหน่วยงานราชการที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80

แสนย์ สายสุลักษณ์ (เอกสารออนไลน์: สรุปผลวิจัย) เรื่องการวิจัยเพื่อพัฒนาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผลจากการวิจัยสรุปว่าบุคลากรประมาณครึ่งหนึ่งจบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาศึกษาศาสตร์ ประมาณ 1 ใน 5 (20.4%) เรียนจบปริญญาโท ประมาณครึ่งหนึ่งของผู้จบปริญญาตรียังไม่พร้อมที่จะศึกษาต่อ เพราะมีปัญหาเรื่องค่าใช้จ่ายในการเรียน และความพร้อมของครอบครัว หนึ่งในสี่ของจำนวนบุคลากรทั้งหมด ต้องการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง และร้อยละ 10 ต้องการศึกษาระดับปริญญาโทในสาขาที่เน้นการบริหารการศึกษา การบริหารบุคคลและเทคโนโลยีทางการศึกษา สำหรับการศึกษาในระดับปริญญาเอกนั้น หลักสูตรที่ต้องการ ได้แก่ การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่เน้นถึงกระบวนการพัฒนา การพัฒนาองค์กร และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับแนวโน้มในการผลิตบุคลากรระดับบัณฑิตศึกษาได้สรุปจากการสัมมนาดังนี้ การจัดการหลักสูตร ควรเปิดโอกาสให้ทุกคนสมัครเรียนได้โดยไม่จำกัดอายุผู้สมัคร การสอบสัมภาษณ์ควรนำมาใช้เป็นเกณฑ์การคัดเลือกผู้เรียน เวลาเรียนควรเป็นนอกเวลาราชการ งานวิจัยควรเป็นการศึกษาค้นคว้าแบบอิสระไม่ใช่วิทยานิพนธ์ ค่าใช้จ่ายในการศึกษาตลอดหลักสูตร ควรเป็น 50,000 ; 100,000 ; และ 300,000 บาท ต่อหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ระดับปริญญาโท และระดับปริญญาเอกตามลำดับ นอกจากนี้ หลักสูตรที่จะเปิดขึ้นมา

ใหม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 รวมทั้งสอดคล้องกับความต้องการของสังคมด้วย หลักสูตรที่คณะศึกษาศาสตร์ควรเปิดสอนได้แก่ ทัศนียภาพ วิชาชีพรู ปริญญาโททางการบริหารการศึกษาและปริญญาเอกทางด้านการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์

งานวิจัยต่างประเทศ

แมกกาเรต (Margaret B. 1988: Abstracts) ได้ศึกษาเรื่องการเข้าใจและการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน ของมหาวิทยาลัยเทมเปิล โดยสมาพันธ์แห่งเพนซิลวาเนีย ที่สนใจว่าทักษะ เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกครูและเป็นที่รับรองครูในบางรัฐ จึงได้จัดการอบรม การใช้และการเข้าใจของหลักสูตรการศึกษาคอมพิวเตอร์โดยครูในระดับประถมและมัธยม ศึกษาครูผู้เข้ารับการอบรมในด้านการรับรู้ของครูในเรื่องความสำคัญและประโยชน์ วิธีการที่ใช้ครู คอมพิวเตอร์ในการจัดการศึกษา จากการติดตามหลังการอบรม พบว่า การอบรมทำให้ครูเข้าใจ รับรู้ ความสำคัญ การใช้ประโยชน์ มีการช่วยเหลือด้านคอมพิวเตอร์ มีข้อเสนอแนะในการจัดการ คอมพิวเตอร์ มีความเข้าใจในองค์ประกอบแวดล้อมที่สัมพันธ์กับการใช้คอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้น

อัลฟอร์ด (Alford. 1975: 4970-A 4971-A) วิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบของการฝึกอบรมครูประจำการโดยให้ความสำคัญของลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละคน กระบวนการในการพัฒนารูปแบบของการฝึกอบรมครูแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ สำรวจเอกสารเกี่ยวกับการฝึกอบรมและพัฒนาหลักสูตร พัฒนารูปแบบชั่วคราวของการฝึกอบรม ค้นหาและกำหนดทฤษฎีหลักในด้านปรัชญาและพฤติกรรม สังเคราะห์ข้อมูลเข้าด้วยกันเป็นรูปแบบของการฝึกอบรม การพัฒนารูปแบบของอัลฟอร์ดเป็นรูปแบบที่ใช้อยู่ในศูนย์ฝึกอบรมครูประจำการ ซึ่งกระตุ้นและเปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมแต่ละคนมีอิสระในการเลือกดำเนินการ ประเมินผลและรายงานถึงกิจกรรมที่นำไปสู่การพัฒนาสูงสุดตามเอกภาพของแต่ละบุคคล

มาร์ช และสต๊าฟฟอร์ด (Marsh; & Stafford 1984: 2-3) ได้สรุปความหมายของหลักสูตรหมายถึง เนื้อหารายวิชาที่กำหนดไว้ในตำราประกอบการเรียนการสอนหรือประสบการณ์ทุกอย่างที่ทางโรงเรียนได้จัดให้กับผู้เรียน หรือแผนต่างๆ และประสบการณ์ทั้งหลายที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกันซึ่งทางโรงเรียนได้จัดไว้ให้กับผู้เรียนหรือผลผลิตทางการเรียนรู้ทั้งหลายที่ทางโรงเรียนได้วางแผนไว้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมาข้างต้น จะพบว่าการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมนั้นล้วนมีจุดมุ่งหมายที่เหมือนกันคือเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนหรือการอบรมให้ดีขึ้น แต่แตกต่างกันที่รูปแบบที่ใช้ฝึกอบรมเพราะการฝึกอบรมนั้นมีหลายรูปแบบและวิธีการ แต่จากการศึกษามีผลทำให้ผู้วิจัยทราบถึงทิศทางในการดำเนินรูปแบบการฝึกอบรมเพื่อนำมาปรับปรุงการพัฒนาหลักสูตรที่จะจัดทำขึ้นโดยอ้างอิงจากทฤษฎีที่ได้ศึกษาและจากประสบการณ์ในการทำงานจริงเป็นส่วนประกอบ เพื่อที่จะจัดทำหลักสูตรที่มีประสิทธิภาพที่ใช้งานได้จริงในโรงงานอุตสาหกรรมที่จะมีประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการและผู้ที่ต้องการทำงานในอุตสาหกรรมพลาสติกจึงสามารถสรุปแนวคิดในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา 3 หมวด คือ

หมวดที่ 1 ความรู้เบื้องต้นในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

หมวดที่ 2 ส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

หมวดที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ

โดยมีขั้นตอนของการพัฒนาหลักสูตรและการหาประสิทธิภาพหลักสูตรดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ตอนที่ 2 การทดลองหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการทำงานในโรงงานผลิตถุงพลาสติก โดยมีการดำเนินการศึกษานี้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

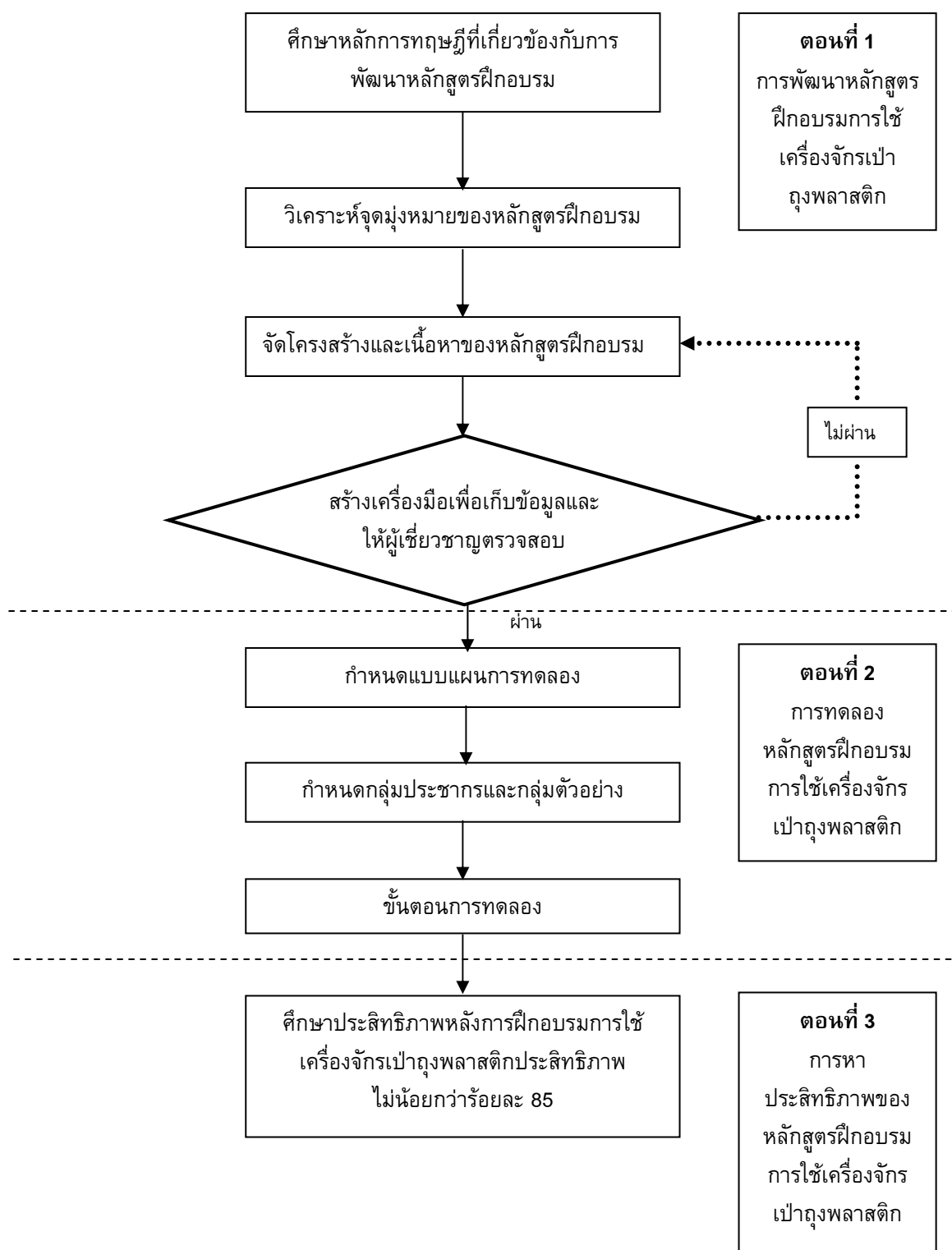
ตอนที่ 1 การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

1. ศึกษารูปแบบจากหลักการและทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้อง
2. ทำการวิเคราะห์จุดมุ่งหมายของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
3. เตรียมดำเนินการจัดโครงสร้างเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโดยแบ่งเนื้อหาของหลักสูตรออกเป็นหมวด
4. นำเนื้อหาแต่ละหมวดให้ผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมและทดลองกับกลุ่มทดลอง
5. สร้างเครื่องมือในการวิจัยเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการทำการวิเคราะห์ความเหมาะสม

ตอนที่ 2 การทดลองหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

แผนภูมิการดำเนินการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก



ภาพประกอบ 63 แผนภูมิการดำเนินการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ตอนที่ 1 การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

1. ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ารูปแบบการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมที่ถูกต้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมและมีการเสริมสร้างแนวความคิดจากการศึกษารูปแบบการพัฒนาหลักสูตรรูปแบบต่างๆ เพื่อนำมาจัดสร้างหลักสูตรใหม่ที่มีความแตกต่างจากหลักสูตรที่สถานประกอบการต่างๆ เคยได้จัดสร้างมาเพื่อความเหมาะสมต่อการฝึกอบรมเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมถุงพลาสติกเท่านั้น

2. วิเคราะห์จุดมุ่งหมายของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

2.1 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก โดยกำหนดแบ่งเนื้อหาออกเป็นหลักสูตรฝึกอบรมตามหัวข้อเรื่องในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

2.2 สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร แบ่งการวิเคราะห์หลักสูตรออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อหาที่ทำการฝึกอบรม และการวิเคราะห์จุดประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการฝึกอบรม โดยให้แนวดังเป็นพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย และทักษะพิสัย ส่วนแนวนอนเป็นเนื้อหาการฝึกอบรมของแต่ละหัวข้อและจุดประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ทำการฝึกอบรมในแต่ละหัวข้อเช่นกัน กำหนดน้ำหนักพฤติกรรมแต่ละช่องให้คะแนนช่องละ 10 คะแนน โดยแยกผู้ที่จะทำการพิจารณาเนื้อหาหลักสูตร และเครื่องมือในการพัฒนาหลักสูตรออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มแรก ผู้เชี่ยวชาญ มีระดับการศึกษาในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและพลาสติก ไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาตรี และมีอายุงานในสาขาที่เกี่ยวข้องไม่ต่ำกว่า 10 ปี

กลุ่มสอง ผู้ชำนาญการ มีระดับการศึกษาไม่ต่ำกว่ามัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติกและเครื่องจักรผลิตพลาสติกไม่ต่ำกว่า 10 ปี และปัจจุบันต้องยังคงปฏิบัติงานอยู่ในสาขางานที่เกี่ยวข้อง

ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ด้านหลักสูตรจำนวน 3 ท่าน เป็นผู้พิจารณาถึงความสัมพันธ์ให้คำแนะนำว่าเนื้อหาและจุดประสงค์กับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยและทักษะพิสัยนั้นมีความสำคัญมากน้อยเท่าใดจากคะแนนเต็มเท่ากับ 10 โดยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ลงในตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่ผู้วิจัยเป็นผู้ออกแบบ ได้แก่

1. อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุคันธกุล
2. อาจารย์ ชมพูนุท สุขหวาน
3. อาจารย์ กิตติ รัตนราษี

ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ด้านการวัดผลทางการศึกษา 1 ท่าน และผู้ชำนาญการที่มีประสบการณ์ด้านการทำงานเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก 2 ท่าน ร่วมทำการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ได้แก่

1. อาจารย์ กัลยา ยอดดี
2. คุณประสิทธิ์ ต่อมนี่
3. คุณสมเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข

ผู้ชำนาญการที่มีประสบการณ์ด้านการทำงานเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก 2 ท่าน และผู้ชำนาญการด้านการผลิตเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก 1 ท่าน ร่วมทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

1. คุณประสิทธิ์ ต่อมณี
2. คุณสมเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข
3. คุณชัยยง เอื้อนพรหมราช

รวมผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการทั้งสิ้นจำนวน 7 ท่าน ร่วมกันวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

2.3 กำหนดความสำคัญของเนื้อหา การจัดแบ่งระยะเวลาในการฝึกอบรม จำนวนข้อของแบบทดสอบให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาให้

3. เตรียมการ จัดโครงสร้างและเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก โดยจัดแบ่งเป็นหมวด

3.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการฝึกอบรม โดยกำหนดเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและนำเสนอเนื้อหา และกิจกรรมให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เหล่านั้น เพื่อให้ผู้ฝึกอบรมบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

3.2 สร้างหลักสูตรฝึกอบรม โดยมีสัดส่วนระหว่างภาคทฤษฎีร้อยละ 50 และภาคปฏิบัติร้อยละ 50 มีการจัดประสบการณ์การฝึกอบรมเป็นกิจกรรมตามจุดประสงค์การฝึกอบรมในภาคทฤษฎีจำนวน 8 ชั่วโมงและการฝึกอบรมภาคปฏิบัติจำนวน 8 ชั่วโมง

3.3 กำหนดเนื้อหา เป็นการกำหนดเนื้อหาแบ่งออกเป็นหน่วยย่อยๆ ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก เป็นเนื้อหาที่มุ่งเน้นให้ผู้ฝึกอบรมเกิดความรู้และความสามารถในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโดยจัดแบ่งเป็นหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกหีบห่อ 3 หมวด ประกอบด้วย

หมวดที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก

หมวดที่ 2 ส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น

หมวดที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ

3.4 สร้างแผนการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ใช้เวลาฝึกอบรมทั้งสิ้น 2 วัน รวม 16 ชั่วโมง

4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 เนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ในส่วนนี้เป็นส่วนที่ผู้วิจัยได้จัดสร้างขึ้นจากการอ้างอิงทฤษฎีจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำงานจริงและแต่งตำราเรียนขึ้นมาบางส่วน และบางส่วนผู้วิจัยได้ทำการสร้างขึ้นมาจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำงานจริงนำมาแต่งเป็นเอกสารประกอบการฝึกอบรม

การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หลังจากนั้นนำเอกสารหลักสูตรที่เรียบเรียงเรียบร้อยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและได้รับข้อเสนอแนะให้มีการปรับปรุงและแก้ไขดังนี้

หมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติกมีเนื้อหาบางส่วนที่เจาะลึกทางด้านวิทยาศาสตร์และเคมีมากเกินไป และไม่ได้ถูกนำมาใช้ในการปฏิบัติงานจริง เพื่อความเหมาะสมควรปรับเนื้อหาให้อยู่ในรูปแบบของการใช้ในการปฏิบัติงานได้จริง

หมวดที่ 2 ส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น เนื้อหาในส่วนนี้ครอบคลุมใช้ได้แต่เพื่อความเหมาะสมควรเพิ่มเติมในการบรรยายของวิทยากรในการใช้ศัพท์เฉพาะที่ไม่ใช่ศัพท์ทางเทคนิคเพราะผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำเป็นต้องรู้ทั้งสองแบบ ป้องกันการสับสน

หมวดที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ เนื้อหาส่วนนี้ควรเน้นทางด้านการปฏิบัติอย่างแท้จริงเพื่อความเหมาะสมควรมีการบรรยายในเบื้องต้นและลงรายละเอียดพร้อมกับการสาธิตกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจริงอีกครั้งหนึ่ง

4.1 แบบทดสอบความรู้ในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

4.1.1 สร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

4.1.2 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้ว เสนอต่อกรรมการควบคุมปริณูณานิพนธ์เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

4.2 แบบประเมินความสามารถในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก มีวิธีสร้างและตรวจสอบประสิทธิภาพดังนี้

4.2.1 สร้างแบบประเมินความสามารถในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเป็นแบบสังเกต ประกอบไปด้วย 6 รูปแบบการพัฒนาด้านการปฏิบัติงาน ได้แก่ ขั้นการรับรู้ ขั้นเตรียมความพร้อม ขั้นการตอบสนอง ขั้นลงมือ ขั้นปฏิบัติซ้ำ และขั้นแก้ปัญหา

4.2.2 นำแบบประเมินที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อกรรมการและกรรมการควบคุมปริณูณานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

4.3 นำเนื้อหาหลักสูตร แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจและแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการเพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบและแบบประเมินซึ่งสามารถสรุปได้ดังค่าต่อไปนี้ (ภาคผนวก ค หน้า 240)

ค่าความสอดคล้องของเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมีค่า 0.57

ค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบความรู้ที่ใช้ในหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมีค่า 0.43

ค่าความสอดคล้องของแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมีค่า 0.77

โดยในแต่ละส่วนมีส่วนที่ต้องปรับปรุงรายละเอียดเพื่อให้เหมาะสมและสอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกหลังจากปรับปรุงเรียบร้อยแล้วจึงจะสามารถนำมาใช้กับกลุ่มทดลอง (Try out) เพื่อปรับปรุงอีกครั้ง

5. นำเนื้อหาแต่ละหมวดของหลักสูตรฝึกอบรม แบบทดสอบ และแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางทำการวิเคราะห์ความเหมาะสม ทดสอบความรู้ รวมทั้งทดสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา ทดลองกับกลุ่มทดลอง (try out) จำนวน 10 คน โดยแบ่งกลุ่มทดลองดังนี้ ผู้ทดลองที่มีความรู้ประสบการณ์และความเชี่ยวชาญเข้าทำแบบทดสอบจำนวน 1 คน ในครั้งแรกและ แบ่งผู้ทดลองแบบไม่ซ้ำเดิมออก 3 กลุ่มๆ ละ 3 คน ได้แก่ กลุ่มเชี่ยวชาญงาน กลุ่มเชี่ยวชาญงานปานกลางและกลุ่มที่ไม่มีความเชี่ยวชาญ รวมเป็น 9 คน และผู้วิจัยจะนำข้อเสนอแนะและ ปัญหาที่พบในระหว่างการทำทดลองหลักสูตรมาปรับปรุงและแก้ไข ซึ่งสามารถสรุปผลค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบและแบบประเมินได้ดังต่อไปนี้ (ภาคผนวก ค หน้า 240)

แบบทดสอบความรู้ระหว่างการฝึกอบรม 3 หมวด

หมวดที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก จำนวน 8 ข้อ 16 คะแนน

ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ 0.667 ถึง 0.889

ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ 0.200 ถึง 0.600

หมวดที่ 2 ส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น จำนวน 15 ข้อ 30 คะแนน

ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ 0.556 ถึง 0.889

ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ 0.125 ถึง 1.000

หมวดที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ จำนวน 7 ข้อ 14 คะแนน

ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ 0.778 ถึง 0.889

ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ 0.250 ถึง 0.667

แบบทดสอบความรู้หลังการฝึกอบรมรวมทั้ง 3 หมวด จำนวน 30 ข้อ 60 คะแนน

ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ 0.667 ถึง 1.000

ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ 0.214 ถึง 1.000

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.898

ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเท่ากับ 0.759

ตอนที่ 2 การทดลองหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโดยดำเนินการทดลอง ฝึกอบรมกับกลุ่มตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้

ขั้นตอนดำเนินการฝึกอบรม

1. กำหนดแบบแผนการทดลอง

ผู้วิจัยนำการจัดการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก รูปแบบการทดลองครั้งนี้
แบบมีหนึ่งกลุ่มทดลองวัดสองครั้ง

XiTi Te Ts (Experimental Group)	
Xi	หมายถึง หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกหมวดที่ i ; โดยที่ i = 1,2 และ 3
Ti	หมายถึง คะแนนความรู้ในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกซึ่งทดสอบระหว่างการ ฝึกอบรม
Te	หมายถึง คะแนนความรู้ในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกซึ่งทดสอบหลังการ ฝึกอบรม
Ts	หมายถึง คะแนนความสามารถในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกซึ่งทดสอบ ภายหลังจากการฝึกอบรม

ภาพประกอบ 64 รูปแบบการทดลองแบบหนึ่งกลุ่มทดลองวัดสองครั้ง

2. กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้เพื่อศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นคณาจารย์ที่ทำงานเกี่ยวกับโรงงานอุตสาหกรรม
พลาสติกในเขตบางขุนเทียน และมีความรู้พื้นฐานขั้นต่ำคือไม่ต่ำกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นพนักงานจากแผนกต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรม
พลาสติก ห้างหุ้นส่วนชิชะพัฟฟลายจำกัด ที่มีความต้องการจะเข้าทำงานในกระบวนการเป่าถุงพลาสติก
ของโรงงานอุตสาหกรรมพลาสติก ห้างหุ้นส่วนชิชะพัฟฟลาย จำกัด จำนวน 15 คน โดยเลือก
ตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3. ขั้นตอนการทดลอง

3.1 ส่งจดหมายขออนุญาต หัวหน้าผู้จัดการ ห้างหุ้นส่วนชิชะพัฟฟลาย จำกัด เพื่อขอ
อนุญาตเปิดการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

3.2 ดำเนินการฝึกอบรมตามแผนที่ได้เตรียมไว้โดยวิทยากรผู้ฝึกอบรมคือ 1. คุณสมเกียรติ
ชินประดิษฐ์สุข ผู้บริหารงานฝ่ายการผลิต ห้างหุ้นส่วนชิชะพัฟฟลาย จำกัด และ 2. คุณนันทพงษ์
ลายทอง ที่ปรึกษางานฝ่ายการผลิต 3. คุณสุทิศ สุขเต็ม หัวหน้าฝ่ายผลิตส่วนงานเครื่องจักรเป่า
ถุงพลาสติก ห้างหุ้นส่วนชิชะพัฟฟลาย จำกัด

โดยวันฝึกอบรมจัดขึ้นในวันที่ 9-10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 สถานที่ โรงงานพลาสติก ห้างหุ้นส่วน ชินะชีพพลาย จำกัด สถานที่ตั้งเลขที่ 43/122-5 ม.1 ถ.พระราม 2 แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร ห้องฝึกอบรม โกดังที่ 1

วันแรกของการฝึกอบรมให้คนงานที่ต้องการเข้าทำงานในกระบวนการผลิตโดยการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกลงทะเบียนเพื่อรับเอกสารประกอบการฝึกอบรม หลังจากนั้นเริ่มเข้าสู่กระบวนการฝึกอบรม โดยให้ผู้เข้าฝึกอบรมเริ่มทำการอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกหีบห่อ ในหมวดที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก ใช้เวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำการทดสอบวัดความรู้ในหมวดที่ 1 หลังจากนั้น ทำการอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกหีบห่อในหมวดที่ 2 เรื่อง ส่วนประกอบหน้าที่ และหลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกหีบห่อ ใช้เวลา 5 ชั่วโมง ระหว่างการฝึกอบรมหมวดที่ 2 นั้นจะมีพักกลางวันทานอาหาร 1 ชั่วโมง หลังจากอบรมในหมวดที่ 2 เรียบร้อยแล้วผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำการทดสอบวัดความรู้ ในหมวดที่ 2 การอบรมทั้ง 2 หมวดจะเป็นการบรรยายจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์และใช้สื่อวีดิทัศน์ประกอบ มีการอธิบายซักถาม และสรุปหลักจากฝึกอบรมเสร็จ

วันที่สองของการฝึกอบรม เป็นการฝึกอบรมในหมวดที่ 3 เรื่อง ขั้นตอนการปฏิบัติงาน การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกหีบห่อ แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนการทำงาน ซึ่งจะเป็นการบรรยายอธิบาย เปิดวีดิทัศน์ ประกอบ รวมถึงมีการสาธิตจากเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจริงที่ทางโรงงานเตรียมไว้ เพื่อเน้นการทำงานที่ถูกต้องอย่างแท้จริงและปลอดภัย ซักถาม และสรุปข้อสงสัยเน้นข้อควรระวังในการทำงาน โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การทำงานจริง คอยแนะนำ

ในการฝึกอบรมทั้ง 2 วัน 3 หมวดการฝึกอบรม จะมีการทดสอบระหว่างการฝึกอบรมแต่ละหมวดเมื่อเสร็จสิ้น แต่ในหมวดที่ 3 จะมีการทดสอบทั้งภาคทฤษฎี และปฏิบัติ การทำแบบทดสอบของหมวดที่ 3 จะทำเมื่อมีการบรรยายเสร็จสิ้นก่อนที่จะไปลงมือปฏิบัติกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกที่ทางโรงงานเตรียมไว้ เมื่อเสร็จสิ้นการอบรมทั้ง 3 หมวดแล้ว ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมอีกครั้ง จำนวน 30 ข้อ เพื่อที่จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้เมื่อฝึกอบรมเสร็จสิ้นแล้ว

3.3 การวัดประเมินผลจะทำการวัดประเมินผล 2 ด้าน ได้แก่ การวัดผลด้านความรู้ ความเข้าใจในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และ การวัดด้านความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ซึ่งในการวัดด้านความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจะใช้แบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมวัดความรู้ความเข้าใจในหมวดที่ 1 จำนวน 8 ข้อ หมวดที่ 2 จำนวน 15 ข้อ และหมวดที่ 3 จำนวน 7 ข้อ ภายหลังการฝึกอบรมโดยใช้แบบทดสอบหลังการฝึกอบรมที่มีข้อคำถามไปในทิศทางเดียวกันเพื่อทำการวัดและประเมินผลว่าผู้เข้าอบรมมีผลการทดสอบผ่านเกณฑ์หรือไม่ หมายถึงต้องมีคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 และเพื่อเปรียบเทียบดูความก้าวหน้าด้านความรู้ในหมวดที่ 1 หมวดที่ 2 และหมวดที่ 3

และในการวัดด้านความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกซึ่งจะทำการอบรมในหมวดที่ 3 แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนพัฒนาการปฏิบัติงาน ได้แก่ ขั้นการรับรู้ ขั้นเตรียมความพร้อม ขั้นการตอบสนอง ขั้นลงมือ ขั้นปฏิบัติซ้ำ และขั้นแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยสามารถแยกออกเป็นลำดับการปฏิบัติงานได้ดังนี้ คือ ขั้นตอนการเตรียมและผสมวัตถุดิบในเครื่องผสม ขั้นตอนการนำวัตถุดิบเข้าสู่เครื่องเป่าถุงพลาสติก ขั้นตอนการขึ้นหัวทราย ขั้นตอนการลำเลียงถุงพลาสติกผ่านลูกกลิ้งรีด ขั้นตอนเก็บถุงพลาสติกเข้าม้วน และขั้นตอนการปรับแต่งขนาดของถุงพลาสติก ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีคะแนนเท่ากัน และคะแนนรวมทั้งหมดของการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานคือ 40 คะแนน โดยประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่าน คือ คุณสมเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข และคุณสุทิศ สุขเต็ม และจะมีการประเมินให้คะแนนในแต่ละขั้นตอน จะวัดผลภายหลังทำการฝึกอบรมแล้วนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อวัดความสามารถในการทำงานของพนักงานแต่ละคนว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ หมายถึงต้องมีคะแนนเฉลี่ยรวมไม่น้อยกว่าร้อยละ 85

ตอนที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ซึ่งวัดและประเมินผลโดยใช้แบบทดสอบที่ใช้ทดสอบระหว่างการฝึกอบรม และหลังการฝึกอบรม เป็นการประเมินด้านความรู้ และใช้การสังเกตจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่านคือ คุณสมเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข และคุณสุทิศ สุขเต็ม โดยการให้คะแนนเพื่อประเมินความสามารถในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก มีเกณฑ์ที่กำหนด คือ

ประสิทธิภาพระหว่างการฝึกอบรมมีความรู้ในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกไม่น้อยกว่าร้อยละ 85

ประสิทธิภาพหลังอบรมมีความสามารถในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกไม่น้อยกว่าร้อยละ 85

และประสิทธิภาพหลังการอบรมมีความรู้ในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกสูงกว่าก่อนการอบรม

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์เครื่องมือ

1.1 วิเคราะห์หลักสูตรโดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหาและพฤติกรรมของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโดยให้แนวตั้งเป็นพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยและทักษะพิสัย ส่วนแนวนอนเป็นเนื้อหาที่รวมกลุ่มไว้เป็นหัวข้อ กำหนดน้ำหนักของเนื้อหาและพฤติกรรมแต่ละช่อง ให้คะแนนช่องละ 10 คะแนน และให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาถึงความสัมพันธ์ให้ค่าน้ำหนักว่าเนื้อหาและพฤติกรรมนั้นมีความสำคัญมากน้อยเท่าใดจากคะแนน 0-10 (สุนันท์ ศลโกสม. 2525: 53)

1.2 สถิติเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ความเที่ยงตรงโดยพิจารณาดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาและแบบทดสอบด้านความรู้ และแบบประเมินความสามารถของการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และเนื้อหาคำถาม (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 117)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

- IOC = ดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามของข้อสอบกับจุดประสงค์
เชิงพฤติกรรมในแต่ละข้อ
- R = ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
- N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.3 ตรวจสอบหาค่าความยากง่ายรายข้อของแบบทดสอบวัดความรู้ในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก (Difficulty)

$$P = \frac{R}{N}$$

- P = ค่าความยากของข้อสอบรายข้อ
- R = คะแนนที่ผู้เข้าสอบทำถูก
- N = จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

1.4 อำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ของข้อสอบวัดความรู้ในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก (Discrimination)

$$B = \frac{U}{N_1} - \frac{L}{N_2}$$

- B = อำนาจจำแนกเป็นรายข้อ
- U = จำนวนผู้เข้าอบรมที่ทำถูกในกลุ่มสูงกว่าเกณฑ์
- L = จำนวนผู้เข้าอบรมที่ทำถูกในกลุ่มต่ำกว่าเกณฑ์
- N₁ = จำนวนผู้เข้าอบรมในกลุ่มสูงกว่าเกณฑ์
- N₂ = จำนวนผู้เข้าอบรมในกลุ่มต่ำกว่าเกณฑ์

1.5 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความรู้ในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโดยใช้สูตรไบโนเมียล (Binomial Formula) ของโลเวท (Lovett)

$$r_{cc} = 1 - \frac{K \sum X_i - \sum X_i^2}{\{(K-1) \sum (X_i - C)^2\}}$$

r_{cc}	=	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
K	=	จำนวนข้อสอบ
$\sum X_i$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
$\sum X_i^2$	=	ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
X_i	=	คะแนนของแต่ละคน
C	=	คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

1.6 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ให้คะแนน แบบประเมินความสามารถในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson product-moment coefficient correlation)

$$r_{tt} = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2][N \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

r_{tt}	=	ความเชื่อมั่นของแบบประเมินอิงเกณฑ์
N	=	จำนวนคนที่สังเกต
$\sum x$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของผู้สังเกตคนที่ 1
$\sum x^2$	=	ผลรวมทั้งหมดของคะแนนของผู้สังเกตคนที่ 1 ยกกำลังสอง
$\sum y$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของผู้สังเกตคนที่ 2
$\sum y^2$	=	ผลรวมทั้งหมดของคะแนนของผู้สังเกตคนที่ 2 ยกกำลังสอง
$\sum xy$	=	ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนของผู้สังเกตการณ์แต่ละคน

2. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ค่าเฉลี่ย (mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \text{ค่าเฉลี่ย} \\ \sum X &= \text{ผลรวมของข้อมูล} \\ n &= \text{จำนวนข้อมูล}\end{aligned}$$

2.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

$$\begin{aligned}S &= \text{ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน} \\ \sum X^2 &= \text{ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง} \\ (\sum x)^2 &= \text{ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง} \\ n &= \text{จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง}\end{aligned}$$

2.3 สถิติที่ใช้หาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม

$$E_i = \left[\frac{\left(\frac{\sum X_1}{n} \right)}{A} \right] \times 100$$

$$\begin{aligned}E_i &= \text{ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมระหว่างฝึกอบรมคิด} \\ &\quad \text{เป็นร้อยละ ได้จากการทำแบบทดสอบ} \\ \sum X_1 &= \text{คะแนนรวมของแบบทดสอบย่อยหรืองานจากผู้เข้ารับการฝึกอบรม} \\ n &= \text{จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม} \\ A &= \text{คะแนนเต็มของแบบทดสอบย่อยหรืองานทุกชิ้นรวมกัน}\end{aligned}$$

$$E_2 = \left[\frac{\left(\frac{\sum X_2}{n} \right)}{B} \right] \times 100$$

E_2	=	ประสิทธิภาพของหลักสูตร (พฤติกรรมที่เปลี่ยนในตัวผู้เข้ารับการฝึกอบรม หลังการฝึกอบรม) คิดเป็นร้อยละ ได้จากการทำแบบทดสอบ
$\sum X_2$	=	คะแนนรวมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจากการทำแบบทดสอบวัดความรู้ในหลักสูตรฝึกอบรม
n	=	จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม
B	=	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังการฝึกอบรม

2.4 สถิติทดสอบสมมติฐานโดยนำผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบและแบบประเมินมาวิเคราะห์โดยใช้สูตรการแจกแจงแบบที (t-distribution) (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2541: 125)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$\bar{X}$	=	ผลเฉลี่ยของคะแนน
μ	=	เกณฑ์ของคะแนนที่กำหนด คือ ร้อยละ 85
S	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
n	=	จำนวนผู้เข้าการอบรมทั้งหมด

2.5 สถิติทดสอบสมมติฐานโดยนำผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความรู้ในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ระหว่างการฝึกอบรมและหลังการฝึกอบรมมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างโดยใช้สูตร t-test for dependent samples (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2535: 201)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

t = อัตราส่วนวิกฤต

D = คะแนนความก้าวหน้า

$\sum D$ = ผลรวมของคะแนนความก้าวหน้า

n = จำนวนผู้เข้าอบรมทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกรายงานผลเป็น 2 ส่วน คือ

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีต่างๆ ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หลังจากนั้นผู้วิจัยได้เรียบเรียงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆ และข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญกำหนดเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมการเรียนรู้ซึ่งสามารถกำหนดเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้ 3 หมวด และ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมได้ 7 จุดประสงค์ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์หลักสูตรโดยเริ่มจากการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรมีผู้เชี่ยวชาญร่วมทำการพิจารณาความเหมาะสมของหลักสูตรจำนวน 3 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญจะทำการพิจารณาความสัมพันธ์ของเนื้อหา กับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมการเรียนรู้ นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญมากำหนดเนื้อหา ระยะเวลา และจำนวนข้อสอบ โดยแบ่งได้ดังนี้ เนื้อหาหมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก ระยะเวลาฝึกอบรม 3 ชั่วโมง แบบทดสอบแบบ 4 ตัวเลือกจำนวน 8 ข้อ 16 คะแนน เนื้อหาหมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น ระยะเวลาฝึกอบรมจำนวน 5 ชั่วโมง แบบทดสอบแบบ 4 ตัวเลือกจำนวน 15 ข้อ 30 คะแนน และเนื้อหาหมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ ระยะเวลาฝึกอบรมจำนวน 8 ชั่วโมง แบบทดสอบแบบ 4 ตัวเลือกจำนวน 7 ข้อ 14 คะแนน ในหมวดที่ 3 จะมีแบบประเมินความสามารถการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ซึ่งจะวัดเฉพาะภายหลังการฝึกอบรมจำนวน 40 คะแนน โดยแบบประเมินความสามารถการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจะประกอบไปด้วย 6 รูปแบบการพัฒนาด้านการปฏิบัติงาน ได้แก่ ขั้นการรับรู้ 4 ข้อ 8 คะแนน ขั้นเตรียมความพร้อม 4 ข้อ 8 คะแนน ขั้นการตอบสนอง 6 ข้อ 12 คะแนน ขั้นลงมือ 2 ข้อ 4 คะแนน ขั้นปฏิบัติซ้ำ 2 ข้อ 4 คะแนน และขั้นแก้ปัญหา 2 ข้อ 4 คะแนน หลังจากนั้นนำเนื้อหา แบบทดสอบ แบบประเมินความสามารถของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่านเพื่อทำการพิจารณาค่าความสอดคล้องในแต่ละส่วน และนำค่าความสอดคล้องที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขรายละเอียดของเนื้อหา แบบทดสอบ แบบประเมินความสามารถของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเพื่อให้ได้หลักสูตรพร้อมแบบทดสอบ และแบบประเมินที่มีประสิทธิภาพ หลังจากนั้นนำหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกพร้อมแบบทดสอบ และแบบประเมินที่มีประสิทธิภาพทดลองกับกลุ่มทดลองจำนวน 4 คน โดยแบ่งกลุ่มทดลองดังนี้ ผู้ทดลองที่มีความรู้ประสบการณ์และความเชี่ยวชาญเข้าทำแบบทดสอบจำนวน 1 คน ในครั้งแรกและ แบ่งผู้ทดลอง

แบบไม่ซ้ำเดิมออก 3 กลุ่มๆละ 1 คน ได้แก่ กลุ่มเชี่ยวชาญงาน กลุ่มเชี่ยวชาญงานปานกลางและกลุ่มที่ไม่มีความเชี่ยวชาญ รวมเป็น 3 คน และผู้วิจัยจะนำข้อเสนอแนะและ ปัญหาที่พบในระหว่าง การทดลองหลักสูตรมาปรับปรุงและแก้ไข หลังจากนั้นจะทำการทดลองครั้งสุดท้ายกับกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มๆ ละ 3 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนและนำมาสรุปผลคำนวณหา ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ ค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบและแบบประเมิน หลังจากนั้นนำแบบทดสอบ และแบบประเมินความสามารถมา ปรับปรุงอีกครั้งเพื่อให้เหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมและเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการ ฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

2. ผลการทดลองด้านประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ซึ่งพิจารณาจากการวัดประเมินผลด้านความรู้ความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกที่ได้พัฒนาทดลองกับพนักงานฝ่ายต่างๆที่มีความต้องการเข้า ปฏิบัติงานในแผนกควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกของ ห้างหุ้นส่วนชินะชัยพลาย จำกัด จำนวน 15 คน โดยแบ่งการนำเสนอผลการทดลองเป็น 5 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลสัมฤทธิ์รวมทั้งหมดของการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติก

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้ เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกระหว่างการฝึกอบรมในแต่ละหมวดการฝึกอบรม

ตอนที่ 3 ผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้ เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกหลังการฝึกอบรม

ตอนที่ 4 ผลสัมฤทธิ์ด้านความสามารถในการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลัง การฝึกอบรม

ตอนที่ 5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติก

ซึ่งสามารถอธิบายในรายละเอียดแต่ละหัวข้อพร้อมตารางการนำเสนอผลการทดลองได้ ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลสัมฤทธิ์รวมทั้งหมดของการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ซึ่งนำเสนอผลการทดลองตั้งแต่ระหว่างการฝึกอบรมและหลังการฝึกอบรม

ตาราง 11 แสดงผลการทดลองของผลสัมฤทธิ์รวมทั้งหมดของการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

คนที่	คะแนนระหว่างการฝึกอบรม				คะแนนหลังการฝึกอบรม		
	หมวดที่ 1 (เต็ม 16)	หมวดที่ 2 (เต็ม 30)	หมวดที่ 3 (เต็ม 14)	รวม (เต็ม 60)	ทดสอบ (เต็ม 60)	ทักษะ (เต็ม 40)	รวม (เต็ม 100)
1	16.00	30.00	12.00	58.00	56.00	37.00	93.00
2	14.00	28.00	8.00	50.00	54.00	38.00	92.00
3	16.00	24.00	10.00	50.00	52.00	34.00	86.00
4	12.00	22.00	14.00	48.00	56.00	35.00	91.00
5	12.00	26.00	12.00	50.00	54.00	32.00	86.00
6	12.00	30.00	14.00	56.00	56.00	39.00	95.00
7	14.00	28.00	10.00	52.00	54.00	38.00	92.00
8	14.00	22.00	12.00	48.00	60.00	38.00	98.00
9	14.00	28.00	12.00	54.00	48.00	40.00	88.00
10	16.00	28.00	12.00	56.00	56.00	37.00	93.00
11	16.00	26.00	14.00	56.00	58.00	40.00	98.00
12	12.00	26.00	10.00	48.00	52.00	34.00	86.00
13	16.00	26.00	14.00	56.00	52.00	35.00	87.00
14	10.00	28.00	12.00	50.00	50.00	38.00	88.00
15	12.00	26.00	14.00	52.00	52.00	36.00	88.00
ผลรวม	206.00	398.00	180.00	784.00	810.00	551.00	1361.00
ค่าเฉลี่ย	13.7333	26.5333	12.0000	52.2667	54.0000	36.7333	90.7333
SD	1.9808	2.4456	1.8516	3.4530	3.1167	2.3441	4.1484
t-test	26.851	42.02	25.10	58.622	67.102	60.689	84.709

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกระหว่างการฝึกอบรมในแต่ละหมวดการฝึกอบรม โดยสามารถแบ่งได้ 3 หมวดการฝึกอบรมดังนี้

หมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก แบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 8 ข้อ 16 คะแนน

ตาราง 12 แสดงค่าประสิทธิภาพของพนักงานที่ทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมหมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก ได้คะแนนเฉลี่ย 13.73 คิดเป็นร้อยละ 85.83 ของคะแนนเต็ม ค่าสถิติทดสอบที (t-test) 26.85

คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าประสิทธิภาพ (E_1)	t-test
16	13.7333	1.9808	85.8331	26.85

หมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น แบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ 30 คะแนน

ตาราง 13 แสดงค่าประสิทธิภาพของพนักงานที่ทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมหมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น ได้คะแนนเฉลี่ย 26.53 คิดเป็นร้อยละ 88.44 ของคะแนนเต็ม ค่าสถิติทดสอบที (t-test) 42.02

คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าประสิทธิภาพ (E_1)	t-test
30	26.5333	2.4456	88.4443	42.02

หมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 7 ข้อ 14 คะแนน

ตาราง 14 แสดงค่าประสิทธิภาพของพนักงานที่ทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมหมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ ได้คะแนนเฉลี่ย 12.00 คิดเป็นร้อยละ 85.71 ของคะแนนเต็ม ค่าสถิติทดสอบที (t-test) 25.10

คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าประสิทธิภาพ (E_1)	t-test
14	12.0000	1.8516	85.7142	25.10

ตอนที่ 3 ผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกหลังการฝึกอบรม โดยเป็นการทดสอบรวมทั้ง 3 หมวดเมื่อเสร็จสิ้นการฝึกอบรม จำนวน 30 ข้อ 60 คะแนน

ตาราง 15 แสดงค่าประสิทธิภาพของพนักงานที่ทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมโดยทดสอบทั้ง 3 หมวด ได้คะแนนเฉลี่ย 54.00 คิดเป็นร้อยละ 90 ของคะแนนเต็ม ค่าสถิติทดสอบที (t-test) 67.10

คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าประสิทธิภาพ (E_2)	t-test
60	54.0000	3.1167	90.00	67.10

ตอนที่ 4 ผลสัมฤทธิ์ด้านความสามารถในการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม โดยเป็นการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานจาก 6 รูปแบบการพัฒนาด้านการปฏิบัติงาน ได้แก่ ขั้นการรับรู้ 4 ข้อ 8 คะแนน ขั้นเตรียมความพร้อม 4 ข้อ 8 คะแนน ขั้นการตอบสนอง 6 ข้อ 12 คะแนน ขั้นลงมือ 2 ข้อ 4 คะแนน ขั้นปฏิบัติซ้ำ 2 ข้อ 4 คะแนน และขั้นแก้ปัญหา 2 ข้อ 4 คะแนน รวมทั้งสิ้น 40 คะแนน

ตาราง 16 แสดงค่าประสิทธิภาพในความสามารถของการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก โดยเป็นการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานจาก 6 รูปแบบการพัฒนาด้านการปฏิบัติงาน ได้แก่ ขั้นการ ขั้นเตรียมความพร้อม ขั้นการตอบสนอง ขั้นลง ขั้นปฏิบัติซ้ำ และขั้นแก้ปัญหา ได้คะแนนเฉลี่ย 36.73 คิดเป็นร้อยละ 91.83 ของคะแนนเต็ม ค่าสถิติทดสอบที (t-test) 60.69

คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าประสิทธิภาพ (E_2)	t-test
40	36.7333	2.3442	91.8332	60.69

ตอนที่ 5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก โดยแสดงจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล และการทดสอบคะแนน ในระหว่างการฝึกอบรมและหลังการฝึกอบรมตามหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกของพนักงาน 15 คน

ตาราง 17 แสดงค่าประสิทธิภาพทั้งหมดของการฝึกอบรมโดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ระหว่างฝึกอบรมกับหลังการฝึกอบรมโดย แสดงจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ ค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล และการทดสอบคะแนนของพนักงานจำนวน 15 คน โดยสอดคล้องกับเกณฑ์ประสิทธิภาพที่ต้องการคือ 85/85 กล่าวคือค่าเฉลี่ยของการทดสอบระหว่างการฝึกอบรมมีค่าเท่ากับ 52.27 คิดเป็นร้อยละ 87.11 และค่าเฉลี่ยของการทดสอบหลังการฝึกอบรมมีค่าเท่ากับ 54.00 คิดเป็นร้อยละ 90.00 และค่าเฉลี่ยของการประเมินความสามารถการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมีค่าเท่ากับ 36.73 คิดเป็นร้อยละ 91.83

	ระหว่างการฝึกอบรม	หลังการฝึกอบรม
จำนวนตัวอย่าง	15	15
ค่าเฉลี่ย	52.2667	90.7333
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.4530	4.1484
ค่าประสิทธิภาพ (E)	87.1111	90.7333

ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมทั้งหมดหลังการฝึกอบรมมีค่าเท่ากับ 90.73 คิดเป็นร้อยละ 90.73 มีค่าประสิทธิภาพระหว่างการฝึกอบรมและหลังการฝึกอบรม 87.11/90.73 ซึ่งจะพบว่าประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นทั้งหมดของการฝึกอบรมมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ต้องการคือ ร้อยละ 85 แสดงว่าหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 85

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกสามารถสรุปผลการวิจัย
อภิปรายผลและข้อเสนอแนะดังนี้

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎี
รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรโดยได้นำเรื่องของการผลิตถุงพลาสติกที่เน้นกระบวนการเป่าถุงพลาสติก
โดยใช้เครื่องจักรที่ทันสมัยที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศไทย และนำมาดำเนินการทดลอง
กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คนที่จะสามารถเป็นตัวแทนที่ดีที่จะสามารถนำเสนอหลักสูตรฝึกอบรม
การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ในทิศทางที่ถูกต้องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาสำหรับผู้สนใจ
และเพื่อพัฒนาศักยภาพของพนักงานที่ทำงานอยู่ในโรงงานผลิตถุงพลาสติก โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษา
เนื้อหาและได้รับความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญร่วมทำการวิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา แบบทดสอบ
แบบประเมิน ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถจำแนกรายละเอียดของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่า
ถุงพลาสติกออกเป็น 3 หมวดได้แก่ เนื้อหาหมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรม
พลาสติก ระยะเวลาฝึกอบรม 3 ชั่วโมง แบบทดสอบแบบ 4 ตัวเลือกจำนวน 8 ข้อ 16 คะแนน
เนื้อหาหมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักร
เป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น ระยะเวลา
ฝึกอบรมจำนวน 5 ชั่วโมง แบบทดสอบแบบ 4 ตัวเลือกจำนวน 15 ข้อ 30 คะแนน และเนื้อหาหมวด
ที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ ระยะเวลา
ฝึกอบรมจำนวน 8 ชั่วโมง แบบทดสอบแบบ 4 ตัวเลือกจำนวน 7 ข้อ 14 คะแนน ในหมวดที่ 3 จะมี
แบบประเมินความสามารถการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ซึ่งจะวัดเฉพาะภายหลังการฝึกอบรม
จำนวน 40 คะแนน โดยแบบประเมินความสามารถการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจะประกอบไป
ด้วย 6 รูปแบบการพัฒนาด้านการปฏิบัติงาน ได้แก่ ขั้นการรับรู้ 4 ข้อ 8 คะแนน ขั้นเตรียมความ
พร้อม 4 ข้อ 8 คะแนน ขั้นการตอบสนอง 6 ข้อ 12 คะแนน ขั้นลงมือ 2 ข้อ 4 คะแนน ขั้นปฏิบัติซ้ำ
2 ข้อ 4 คะแนน และขั้นแก้ปัญหา 2 ข้อ 4 คะแนน

ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกตามเกณฑ์ที่กำหนด
ตามสมมติฐานการวิจัยสามารถแจกแจงได้ดังนี้

ประสิทธิภาพด้านความรู้ระหว่างการฝึกอบรม

หมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก แบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 8 ข้อ 16 คะแนน ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้คะแนนเฉลี่ย 13.73 ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 85.83 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) 26.85

หมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น แบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ 30 คะแนน ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้คะแนนเฉลี่ย 26.53 ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 88.44 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) 42.02

หมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 7 ข้อ 14 คะแนน ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้คะแนนเฉลี่ย 12.00 ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 85.71 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) 25.10

ประสิทธิภาพของความรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก (E_1) ของทั้ง 3 หมวด ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 87.11

ประสิทธิภาพด้านความรู้หลังการฝึกอบรม

ผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกหลังการฝึกอบรม โดยเป็นการทดสอบรวมทั้ง 3 หมวดเมื่อเสร็จสิ้นการฝึกอบรม จำนวน 30 ข้อ 60 คะแนน ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้คะแนนเฉลี่ย 54.00 ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 90.00 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) 67.10

ผลสัมฤทธิ์ด้านความสามารถในการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม โดยเป็นการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานจาก 6 รูปแบบการพัฒนาด้านการปฏิบัติงาน ได้แก่ ขั้นการรับรู้ 4 ข้อ 8 คะแนน ขั้นเตรียมความพร้อม 4 ข้อ 8 คะแนน ขั้นการตอบสนอง 6 ข้อ 12 คะแนน ขั้นลงมือ 2 ข้อ 4 คะแนน ขั้นปฏิบัติซ้ำ 2 ข้อ 4 คะแนน และขั้นแก้ปัญหา 2 ข้อ 4 คะแนน รวมทั้งสิ้น 40 คะแนน ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้คะแนนเฉลี่ย 36.73 ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 91.83 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) 60.69

ประสิทธิภาพของความรู้และความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก (E_2) รวม 100 คะแนน ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 90.73

ผู้วิจัยสามารถสรุปประสิทธิภาพของการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้ตามเกณฑ์ของสมมติฐานการวิจัยได้คือ ประสิทธิภาพของผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม (E_1) เท่ากับ 87.11 มากกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนดไว้คือ 85 และประสิทธิภาพของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม (E_2) เท่ากับ 90.73 มากกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนดไว้คือ 85 และผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้เป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนด คือ 85/85 (87.11/90.73)

อภิปรายผล

ผลจากการวิจัยในครั้งนี้พบว่า

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจากการเรียบเรียงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องและการวิเคราะห์หลักสูตรจากผู้เชี่ยวชาญได้แบ่งแยกเนื้อหาออกเป็น 3 หมวดได้แก่หมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก หมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น และหมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีจำนวน 15 คน โดยมีผู้เชี่ยวชาญและชำนาญการจากสายงานที่เกี่ยวข้องโดยตรง จำนวน 7 คน แสดงความเห็นสอดคล้องกับผลการวิจัยจากงานวิจัยของ ณัฐพงศ์ วชิรกิจกุล ที่มีความสอดคล้องกันในรูปแบบที่ดำเนินการซึ่งสรุปไว้ว่า การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการรีดแผ่นพลาสติกพีวีซี มีผลสัมฤทธิ์ในด้านความรู้และความสามารถสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 และภายหลังการฝึกอบรมมีพัฒนาการด้านความรู้สูงขึ้น และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยจากงานวิจัยของ เรวัตร์ มีสถิตย์ ที่มีความสอดคล้องในด้านผลสัมฤทธิ์ซึ่งสรุปไว้ว่า การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ฝึกอบรมกับพนักงานและพนักงานมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นจนสามารถปฏิบัติงานได้ ผู้วิจัยจึงสามารถอภิปรายผลที่เห็นสอดคล้องกับทฤษฎีของผู้วิจัยท่านอื่นได้ว่าหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกสามารถใช้อบรมพนักงานเข้าใหม่หรือพนักงานฝ่ายต่างๆ ที่มีความต้องการที่จะปฏิบัติงานในฝ่ายการผลิตส่วนงานเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้

เนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมีความเหมาะสมชัดเจนอธิบายเนื้อหาการปฏิบัติงานที่แท้จริงมีรูปภาพประกอบอย่างเหมาะสมซึ่งมีความสอดคล้องกับทฤษฎีเรื่องกระบวนการแปรรูปพลาสติกของ รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นาคะสรรค์ โดยมีความต้องการให้ผู้ศึกษาเกิดความรู้เกี่ยวกับการแปรรูปพลาสติกเพื่อที่จะเป็นพื้นฐานในการศึกษากระบวนการแปรรูปพลาสติกในระดับสูงขึ้นไปและ ยังสอดคล้องกับทฤษฎีเรื่องเทคโนโลยีพลาสติกของ รองศาสตราจารย์ บรรลพ ศรีนิล โดยมีความต้องการให้ผู้ศึกษาสามารถนำความรู้พื้นฐานด้านกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้ไปปฏิบัติงานตรงและยังใช้ในภาคปฏิบัติได้ ซึ่งเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกทั้งหมดมีความเกี่ยวเนื่องและมีความสอดคล้องกับทฤษฎีของผู้เชี่ยวชาญทั้งสองท่านสามารถทำให้ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเกิดความรู้ความเข้าใจเกิดทักษะในการปฏิบัติงานได้โดยให้รายละเอียดดังนี้คือ ประสิทธิภาพของผู้เข้ารับการอบรมระหว่างการฝึกอบรมและหลังจากการฝึกอบรม (E1/E2) ได้ 87.11/90.73 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 85/85 อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01 ($t = 32.75$)

2. ความคิดเห็นต่อหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกในขณะฝึกอบรมแต่ละหมวดของเนื้อหาผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความคิดเห็นว่าเนื้อหารายละเอียดและจุดประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกนั้นให้ความรู้และความสามารถในการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับหลักการของ บุญเลิศ ไพรินทร์ (2538: 9) ได้ให้ความหมายของการฝึกอบรมไว้ว่า การฝึกอบรมเป็นกระบวนการในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างมีระบบ เพื่อให้บุคคลมีความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานอย่างใดอย่างหนึ่งโดยมุ่งให้สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติงานทั้งในปัจจุบันและอนาคตได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของบุรณะ สมชัย (2535-2536: สรุปผลวิจัย) เรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครู-อาจารย์เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากผลการวิจัยสรุปว่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม ครู-อาจารย์เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน โดยคิดจากคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ที่เข้ารับการฝึกอบรมตามหลักสูตร ผลปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ย ร้อยละระหว่างการฝึกอบรม และคะแนนเฉลี่ยร้อยละหลังการฝึกอบรม (E1/E2) ได้ 92.36/87.12 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมีประสิทธิภาพที่สามารถใช้ฝึกอบรมพนักงานเพื่อเข้าทำงานในฝ่ายกระบวนการผลิตส่วนงานเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเพื่อให้พนักงานสามารถเข้าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่จากการทดลองกลุ่มตัวอย่างแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกให้เห็นว่ายังมีส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข เพราะกลุ่มตัวอย่างที่ทำการทดลองนั้นเมื่อทดสอบแล้วผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพแต่ไม่ผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพมากเพราะผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของ สุมณ กล้าหาญ ว่า เกณฑ์ประสิทธิภาพ เมื่อทำการทดลองแล้วได้ค่าประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์และสูงกว่า ผู้กำหนดเกณฑ์สามารถปรับเกณฑ์ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้เพื่อให้สอดคล้องกับขีดความสามารถของผู้ฝึกอบรม ดังนั้นในหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกยังสามารถเพิ่มเกณฑ์ประสิทธิภาพไปในทิศทางที่ดีขึ้นเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการทำงาน หากมีการปรับและแก้ไขในงานฝึกอบรมที่มีส่วนผิดพลาด จึงจะสามารถเพิ่มขีดความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ดังนี้

1. หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้น ประสบปัญหาเกี่ยวกับสถานที่และเครื่องจักรที่ใช้สาธิตและประเมินความสามารถยังไม่เพียงพอและไม่ทันสมัยกับเทคโนโลยีการผลิตถุงพลาสติกในปัจจุบันดังนั้นหลักสูตรฝึกอบรมที่จะเกิดประสิทธิภาพขึ้นได้อย่างเต็มที่ต้องอาศัยการสนับสนุนจากภาครัฐบาลซึ่งถ้าได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล การฝึกอบรม

หลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้จนเกิดประโยชน์ต่อองค์กร ภาครัฐบาลและเอกชนได้ โดยเริ่มต้นจากสถาบันการศึกษา ต่อจากนั้นได้รับการพัฒนาและเสนอต่อ สภาอุตสาหกรรม ต่อเนื่องไปที่สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก และไปรวมเป็นศูนย์กลางความรู้ด้าน การฝึกอบรมอุตสาหกรรมพลาสติกที่กระทรวงอุตสาหกรรมจนสามารถบรรจุเข้าเป็นหน่วยการ ฝึกอบรมเพื่อพัฒนาบุคลากรภายในประเทศให้เป็นที่ยอมรับต่อสังคม

2. เนื้อหาหลักของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกควรครอบคลุมการ ปฏิบัติงานทั้งหมดของการผลิตถุงพลาสติก ซึ่งในกระบวนการผลิตถุงพลาสติกจะประกอบไปด้วย การปฏิบัติงานด้วยเครื่องจักรถึง 3 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนการเป่าถุงพลาสติก ขั้นตอนการตัด ถุงพลาสติก และขั้นตอนการบ่มถุงพลาสติก โดยทั้ง 3 ขั้นตอนการผลิตล้วนแล้วแต่มีความสำคัญ ต่ออุตสาหกรรมการผลิตถุงพลาสติกทั้งสิ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

จากการวิจัยการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก พบว่าอุตสาหกรรม พลาสติกส่วนใหญ่จะประสบกับปัญหาเรื่องของวัตถุดิบดังนั้นผู้วิจัยมีความเห็นว่าการวิจัยครั้งต่อไป ควรจะเน้นหนักในเรื่องของการทดสอบส่วนผสมทางด้านวัตถุดิบเพื่อเกิดประโยชน์สูงสุดต่อ อุตสาหกรรมการผลิตถุงพลาสติกไทย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม. (2550). สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2551 จาก
<http://library.uru.ac.th/dbresearch/images/S11037.htm>
- การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์. (2550). สืบค้นเมื่อ 28 กันยายน 2550 จาก
<http://dnfe5.nfe.go.th/ilp/soc5/so31-5-2.htm>
- การฝึกอบรม. (2550). สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2551 จาก
<http://www.tu.ac.th/org/ofrefector/person/train/handbook/training.html>
<http://www.tu.ac.th/org/ofrefector/person/train/handbook/course.html>
- เกรียงไกร เมธาวังศ์. (2543). การสร้างคู่มือเจ้าหน้าที่ฝึกอบรมเพื่อพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรม
การซ่อมบำรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทยจำกัด.
ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เจริญ นาคะสรรค์. (2547). กระบวนการแปรรูปพลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์ไพบรุษ.
- ชูศรี วงศ์รัตน์; และคณะ. (2550, 4 มิถุนายน – 21 ตุลาคม). เอกสารประกอบการเรียนวิชาการ
วัดผลการศึกษาประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550. คณะศึกษาศาสตร์.
กรุงเทพฯ.
- ณัฐพงศ์ วชิรภิกขกุล. (2549). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการรีดแผ่นพลาสติกพีวีซี.
ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ธวัชชัย ชัยจิรฉายากุล. (2550). การพัฒนาหลักสูตรจากแนวคิดสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ:
ภาควิชาศึกษาศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ฐานข้อมูลวิจัยการศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา
แห่งชาติ. สืบค้นเมื่อ 4 มีนาคม 2551 จาก
<http://www.thaiedresearch.org/result/result.php?id=686>
<http://www.thaiedresearch.org/result/result.php?id=2645>
<http://www.thaiedresearch.org/result/result.php?id=3781>
- บรรเลง ศรีนิล. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 19. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
ส่งเสริมเทคโนโลยี.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 8.
กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เรวัตร มีสถิต.(2549). การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.

ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง. (2551). สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2551 จาก

http://www.thapra.lib.su.ac.th/objects/thesis/fulltext/snamcn/Sununta_Samphet/Chapter2.pdf

วัฒนา ชำศิริ. (2547). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีน เทอเรพทาเลตบริสุทธิ์กับเศษบดของพลาสติกโพลีเอทิลีน เทอเรพทาเลตที่เสียใน กระบวนการผลิตมาผลิตเป็นภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำบริโภค. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา).

กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วิจิตร อาวะกุล. (2537). การฝึกอบรม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชัย ดิสสระ. (2535). การพัฒนาหลักสูตรและการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2523). พัฒนาหลักสูตรและการสอน. ม.ป.พ.

ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2550). สืบค้นเมื่อ

15 มิถุนายน 2550 จาก

<http://bsid.dip.go.th/ipmd/HTML/ภาวะอุตสาหกรรมพลาสติกไตรมาสที่%201%20ปี%202548.doc>

สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย. (2547). รายงานการศึกษาโอกาสในการผลิตเพื่อทดแทน

การนำเข้าและเพิ่มการส่งออกผลิตภัณฑ์พลาสติกที่สำคัญของไทย. กรุงเทพฯ:

สมชาติ กิจยรรยง. (2539). เทคนิคการจัดฝึกอบรมอย่างมีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
ห้างหุ้นส่วนจำกัดเม็ดทรายพรินติ้ง.

สมหวัง คุรุรัตน์. (2539). การฝึกอบรมหลักการและการปฏิบัติ. ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา.

คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สรายุทธ์ จันทร. (2547). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคนิคการควบคุมงานก่อสร้าง

สำหรับผู้ควบคุมงานก่อสร้างอาคารสาธารณะไม่เกิน 6 ชั้น ของหน่วยงานราชการ.

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง. (2551). สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2551 จาก

<http://www.mediaubon1.net/wbi/file.php/1/Oe2.pdf>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

**การวิเคราะห์หลักสูตร
การฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
Training on Blown Film Machine**

**จัดทำโดย
นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข
คณะศึกษาศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

เรียน ท่านผู้เชี่ยวชาญ

เรื่อง การจัดทำการวิเคราะห์หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโดยผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้เชี่ยวชาญทำความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาปริญญานิพนธ์บทที่ 1
2. ผู้เชี่ยวชาญทำความเข้าใจคำอธิบายรายวิชา (หลักการของหลักสูตรฝึกอบรม) เพื่อทำความเข้าใจให้สอดคล้องกับเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรม
3. ผู้เชี่ยวชาญทำความเข้าใจและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์รายวิชา (วัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม) และเนื้อหาวิชา (เนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรม)
4. ผู้เชี่ยวชาญเริ่มทำการวิเคราะห์จุดประสงค์(เอกสารแผ่นที่ 1) โดยทำเครื่องหมาย ☒ ลงในกรอบสี่เหลี่ยม ของแต่ละจุดประสงค์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้
5. ผู้เชี่ยวชาญทำการให้คะแนนเนื้อหา(เอกสารแผ่นที่ 2) ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ที่ได้เลือกตามจุดประสงค์การเรียนรู้จากเอกสารแผ่นที่ 1 โดยให้คะแนนแต่ละช่องเป็น 10 คะแนน หลังจากนั้นผู้วิจัยจะเป็นผู้รวมคะแนนและคำนวณเวลาการฝึกอบรมและจำนวนของข้อสอบที่ใช้

เอกสารที่แนบมาด้วย

1. ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
2. ตารางให้น้ำหนักคะแนนและจัดอันดับความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
3. เนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
4. สำเนาเอกสารปริญญานิพนธ์หัวข้อ การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก บทที่ 1

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะท่านผู้เชี่ยวชาญที่สละเวลาอันมีค่าช่วยพิจารณาเนื้อหาและดำเนินการวิเคราะห์หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการแก้ไขส่วนหนึ่งของปริญญานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ด้วยความเคารพอย่างสูง

นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข

การวิเคราะห์หลักสูตร การฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก Training on Blown Film Machine

คำอธิบายรายวิชา (หลักการของหลักสูตรฝึกอบรม)

ศึกษาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติกและการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจนสามารถนำไปปฏิบัติงานจริงได้ รวมไปถึงการศึกษาเรื่องความปลอดภัยในการทำงานและการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ซึ่งทั้งหมดจะนำไปสู่กระบวนการทำงานที่สมบูรณ์ มีผลทำให้องค์กรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้

จุดประสงค์รายวิชา (วัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม)

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้
4. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย
5. มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้
7. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้

เนื้อหารายวิชา (เนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรม)

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก(จุดประสงค์ที่ 1 และ 2)
2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น (จุดประสงค์ที่ 3, 4 และ 5)
3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ (จุดประสงค์ที่ 6 และ 7)

ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม จุดประสงค์	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย						
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินผล	เรารู้เรื่อง	พร้อมเพรียง	เห็นแบบชัดเจน	ลงมือปฏิบัติ	ขอคำแนะนำ	ประยุกต์	เสริมสร้าง
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	✓	✓											
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	✓	✓											
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้				✓									
4. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย	✓	✓											
5. มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	✓	✓		✓									
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้							✓	✓	✓				
7. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้									✓				
รวม													

ผู้วิเคราะห์ อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุคันทรกุล

ตารางให้น้ำหนักคะแนนและจัดอันดับความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม เนื้อหา	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย							รวม	อันดับความสำคัญ
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	รับรู้สิ่งเร้า	เตรียมพร้อม	ปฏิบัติตามคำแนะนำ	ปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว	ปฏิบัติที่ซับซ้อน	ประยุกต์	สร้างสรรค์สิ่งใหม่		
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก	7	7												14	3
2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรไจกระบวน การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัย ในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	9	9		8										26	2
3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกการตรวจสอบคุณภาพ							8	9	10	8				35	1
รวม	16	16		8			8	9	10	8				75	
อันดับความสำคัญ	1	1		4			4	3	2	4					

ผู้ให้น้ำหนักคะแนน อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล

ตารางให้น้ำหนักคะแนนและจัดอันดับความสำคัญของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม จุดประสงค์	พุทธพิสัย						ทักษะพิสัย							รวม	อันดับความสำคัญ
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	รับรู้สิ่งเร้า	เตรียมพร้อม	ปฏิบัติตามคำแนะนำ	ปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว	ปฏิบัติที่ซับซ้อน	ประยุกต์	สร้างสรรค์สิ่งใหม่		
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	7	7												14	4
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	7	7												14	4
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้				8										8	5
4. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย	9	9												18	3
5. มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	9	9		8										26	2
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้							8	9	10					27	1
7. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้										8				8	5
รวม	32	32		16			8	9	10	8				115	
อันดับความสำคัญ	1	1		2			5	4	3	5					

ผู้ให้น้ำหนักคะแนน อาจารย์ ดร.อุวิทย์ สุคันทรกุล

ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม จุดประสงค์	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย						
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	รับรู้สิ่งเร้า	เตรียมพร้อม	ปฏิบัติตามคำแนะนำ	ปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว	ปฏิบัติที่ซับซ้อน	ประยุกต์	สร้างสรรค์สิ่งใหม่
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	✓	✓											
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	✓	✓											
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้		✓	✓	✓									
4. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย		✓	✓	✓		✓							
5. มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น		✓	✓	✓		✓							
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้							✓	✓	✓	✓	✓	✓	
7. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้							✓	✓	✓	✓	✓	✓	
รวม													

ผู้วิเคราะห์ อาจารย์ ชมพูนุท สุขหวาน

ตารางให้น้ำหนักคะแนนและจัดอันดับความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม เนื้อหา	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย							รวม	อันดับความสำคัญ
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	รับรู้สิ่งเรา	เตรียมพร้อม	ปฏิบัติตามคำแนะนำ	ปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว	ปฏิบัติที่ซับซ้อน	ประยุกต์	สร้างสรรค์สิ่งใหม่		
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก	8	10												18	3
2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรไจกระบวน การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัย ในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น		9	10	10		10								39	2
3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกการตรวจสอบคุณภาพ							8	8	8	10	10	10		54	1
รวม	8	19	10	10		10	8	8	8	10	10	10		111	
อันดับความสำคัญ	3	1	2	2		2	3	3	3	2	2	2			

ผู้ให้น้ำหนักคะแนน อาจารย์ ชมพูนุท สุขหวาน

ตารางให้น้ำหนักคะแนนและจัดอันดับความสำคัญของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม จุดประสงค์	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย							ผลรวม	อันดับคะแนนเฉลี่ย
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	รับรู้	เตรียมพร้อม	แสดงเจตจำนง	กำหนดแผน	ลงมือปฏิบัติ	ปฏิบัติตามขั้นตอน	ตัดสินใจ		
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	8	10												18	4
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	8	10												18	4
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้		9	10	10										29	3
4. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย		9	10	10		10								39	2
5. มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น		9	10	10		10								39	2
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้							8	8	8	10	10	10		54	1
7. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้							8	8	8	10	10	10		54	1
รวม	16	47	30	30		20	16	16	16	20	20	20		251	
อันดับความสำคัญ	4	1	2	2		3	4	4	4	3	3	3			

ผู้ให้น้ำหนักคะแนน อาจารย์ ชมพูนุท สุขหวาน

ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม จุดประสงค์	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย						
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	รับรู้และรับรู้	พอร์พเพอร์เต	เป้าหมายตามแต่ปฏิบัติ	ปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว	ปฏิบัติที่ซับซ้อน	ประยุกต์	สร้างสรรค์สิ่งใหม่
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	✓	✓											
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	✓												
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	✓	✓											
4. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย	✓	✓											
5. มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	✓	✓											
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้									✓				
7. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้									✓				
รวม													

ผู้วิเคราะห์ อาจารย์กิตติ รัตนราษี

ตารางให้น้ำหนักคะแนนและจัดอันดับความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม เนื้อหา	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย							ผลรวม	บัญชีแยกแยะอันดับ
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	แรงจูงใจรับรู้	การยอมรับ	กำหนดมาตรฐานปฏิบัติ	แสดงแนวคิดปฏิบัติ	หาข้อบกพร่อง	ปรับปรุง	ประเมินผล		
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก	8	10												18	1
2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรโม่กระบวน การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัย ในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	8	10												18	1
3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกการตรวจสอบคุณภาพ									10					10	2
รวม	16	20							10					46	
อันดับความสำคัญ	2	1							3						

ผู้ให้น้ำหนักคะแนน อาจารย์กิตติ รัตนราษี

ตารางให้น้ำหนักคะแนนและจัดอันดับความสำคัญของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม จุดประสงค์	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย							รวม	เรียงลำดับ อันดับ
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	รับรู้สำเนา	เตรียมพร้อม	ปฏิบัติตาม	คำแนะนำ	ปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว	ปฏิบัติที่ซับซ้อน	ประยุกต์ใช้		
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	8	10												18	1
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	8													8	3
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	8	10												18	1
4. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย	8	10												18	1
5. มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	8	10												18	1
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้									10					10	2
7. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้									10					10	2
รวม	40	40							20					100	
อันดับความสำคัญ	1	1							2						

ผู้ให้น้ำหนักคะแนน อาจารย์กิตติ รัตนารักษ์

ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม จุดประสงค์	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย						
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	รับรู้	พินิจ	ประเมินค่า	แสดงเจตนา	ปฏิบัติ	ปฏิบัติขั้นสูง	ประยุกต์
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	✓	✓											
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	✓	✓											
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	✓	✓	✓	✓									
4. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย	✓	✓	✓	✓		✓							
5. มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	✓	✓	✓	✓		✓							
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้							✓	✓	✓	✓	✓	✓	
7. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้							✓	✓	✓	✓	✓	✓	
รวม													

ตารางให้นำน้ำหนักคะแนนและจัดอันดับความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรมรวมจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม เนื้อหา	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย							รวม	อันดับความสำคัญ
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	รับรู้สิ่งเร้า	เตรียมพร้อม	ปฏิบัติตามคำแนะนำ	ปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว	ปฏิบัติที่ซับซ้อน	ประยุกต์	สร้างสรรค์สิ่งใหม่		
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก	23	17												40	3
2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	17	28	10	18		10								83	2
3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ	18	20					16	17	28	10	10	10		129	1
รวม	58	65	10	18		10	16	17	28	10	10	10		252	
อันดับความสำคัญ	2	1	7	4		7	6	5	3	7	7	7			

ตารางเฉลี่ยให้น้ำหนักคะแนนและจัดอันดับความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม
--

ตารางเฉลี่ยให้น้ำหนักคะแนนและจัดอันดับความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม เนื้อหา	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย							รวม	อันดับความสำคัญ	ผลสัมฤทธิ์เชิงประจักษ์
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	รับรู้สู่เรา	เตรียมพร้อม	ปฏิบัติตามคำแนะนำ	ปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว	ปฏิบัติที่ซับซ้อน	ประยุกต์	สร้างสรรค์สิ่งใหม่			
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก	9.13	6.74												15.87	3	2.54
2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	6.74	11.12	3.97	7.15		3.97								32.95	2	5.27
3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ	7.15	7.93					6.35	6.74	11.12	3.97	3.97	3.97		51.2	1	8.19
รวม	23.02	25.79	3.97	7.15		3.97	6.35	6.74	11.12	3.97	3.97	3.97		100		16
อันดับความสำคัญ	2	1	7	4		7	6	5	3	7	7	7				
จำนวนข้อสอบ	23.02	25.79	3.97	7.15		3.97	6.35	6.74	11.11	3.97	3.97	3.97		100		

ตารางเฉลี่ยให้น้ำหนักคะแนนและจัดอันดับความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม เนื้อหา	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย							รวม	อันดับความสำคัญ	หมายเหตุ/ข้อเสนอแนะ
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	รับรู้สิ่งเร้า	เตรียมพร้อม	ปฏิบัติตามคำแนะนำ	ปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว	ปฏิบัติที่ซับซ้อน	ประยุกต์	สร้างสรรค์สิ่งใหม่			
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก	9.13	6.74												15.87	3	2.54
2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพ เบื้องต้น	6.74	11.12	3.97	7.15		3.97								32.95	2	5.27
3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ	7.15	7.93					6.35	6.74	11.12	3.97	3.97	3.97		51.2	1	8.19
รวม	23.02	25.79	3.97	7.15		3.97	6.35	6.74	11.12	3.97	3.97	3.97		100		16
อันดับความสำคัญ	2	1	7	4		7	6	5	3	7	7	7				
จำนวนข้อสอบ	23.02	25.79	3.97	7.15		3.97	6.35	6.74	11.11	3.97	3.97	3.97		100		

ตารางปรับน้ำหนักคะแนนด้านพุทธิพิสัย (ทฤษฎี) สัดส่วน 60 %

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พุทธิกรรม เนื้อหา	พุทธิพิสัย						ผลรวม
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
	10	10	10	10	10	10	
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก	9.13	6.74					15.87
2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	6.74	11.12	3.97	7.15		3.97	32.95
3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ	7.15	7.93					15.08
รวม	23.02	25.79	3.97	7.15		3.97	63.9
อันดับความสำคัญ	2	1	7	4		7	

ตารางปรับน้ำหนักคะแนนด้านพุทธิพิสัย(พุทธิ)เพื่อแจกแจงน้ำหนักข้อสอบจำนวน 30 ข้อ (สัดส่วน 60 %)

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม เนื้อหา	จำนวนข้อสอบด้านพุทธิพิสัย 60 ข้อ						รวม	จำนวนข้อสอบด้านพุทธิพิสัย 30 ข้อ						รวม
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า		ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
	10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10	
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก	9	6					15	5	3					8
2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานขอเครื่องจักร ในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความ ปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบ คุณภาพเบื้องต้น	6	11	3	7		3	30	3	6	2	3		1	15
3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ	7	8					15	3	4					7
รวมจำนวนข้อสอบ	22	25	3	7		3	60	11	13	2	3		1	30

ตารางปรับน้ำหนักคะแนนด้านทักษะพิสัย(ปฏิบัติ) สัดส่วน 40 %

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม เนื้อหา	ทักษะพิสัย							รวม
	รับรู้สิ่งเร้า	เตรียมพร้อม	ปฏิบัติตามคำแนะนำ	ปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว	ปฏิบัติที่ซับซ้อน	ประยุกต์	สร้างสรรค์สิ่งใหม่	
	10	10	10	10	10	10	10	
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก								0
2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น								0
3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ	6.35	6.74	11.12	3.97	3.97	3.97		36.12
รวม	6.35	6.74	11.12	3.97	3.97	3.97		36.12

ตารางปรับน้ำหนักคะแนนด้านทักษะพิสัย(ปฏิบัติ)เพื่อแจกแจงน้ำหนักคะแนน 40 คะแนน (สัดส่วน 40 %)

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

พฤติกรรม เนื้อหา	ทักษะพิสัย							รวม
	รับรู้สิ่งเร้า	เตรียมพร้อม	ปฏิบัติตามคำแนะนำ	ปฏิบัติอย่างคล่องแคล่ว	ปฏิบัติที่ซับซ้อน	ประยุกต์	สร้างสรรค์สิ่งใหม่	
	10	10	10	10	10	10	10	
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก								0
2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น								0
3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ	8	8	12	4	4	4		40
รวม	8	8	12	4	4	4		40

ตารางโครงการอบรม
การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

วันที่	จุดประสงค์ทั่วไป	เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรม		สื่อ	วัดผล	หมายเหตุ
			เวลาอบรม	ผู้อบรม	ผู้เข้ารับการอบรม			
1	1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติกและวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก	1 ชม. 30 นาที (90 นาที) 8:00-9:30 น.	บรรยาย	เข้าฟัง	Powerpoint หมวดที่ 1	ซักถามและ ทำ แบบทดสอบ	
1	2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก	1 ชม. 30 นาที (90 นาที) 9:30-11:00 น.	บรรยาย	เข้าฟัง	Powerpoint หมวดที่ 1	ทำ แบบทดสอบ	
1	3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	2. ส่วนประกอบหน้าที่หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	1 ชม. 40 นาที (100 นาที) 11:00-12:40 น.	บรรยาย	ดูสื่อ	วีดิทัศน์ ส่วนประกอบและหน้าที่ในการทำงานของเครื่องจักร	สังเกตและ ทำ แบบทดสอบ	
			พักทานอาหาร 12:40-13:40 น.					
1	4. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย	2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	1 ชม. 40 นาที (100 นาที) 13:40-15:20 น.	บรรยาย	ดูสื่อ	วีดิทัศน์ ส่วนประกอบและหน้าที่ในการทำงานของเครื่องจักร	ตอบคำถาม รายบุคคล และทำ แบบทดสอบ	

ตารางโครงการอบรม
การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

วันที่	จุดประสงค์ทั่วไป	เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรม		สื่อ	วัดผล	หมายเหตุ
			เวลาอบรม	ผู้อบรม	ผู้เข้ารับ การอบรม			
1	5. มีความรู้ในการตรวจสอบ คุณภาพเบื้องต้น	2. ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของ เครื่องจักรในกระบวนการใช้ เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความ ปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการ ตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	1 ชม. 40 นาที (100 นาที) 15:20-17:00 น.	บรรยาย	คู่มือ	วิธีทัศนความ ปลอดภัยในการ ปฏิบัติงานการ ใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติก	ทำ แบบทดสอบ	
2	6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติกและซ่อมบำรุง เบื้องต้นได้	3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้ เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการ ตรวจสอบคุณภาพ	4 ชม. (240 นาที) 8:00-12:00 น.	สาธิต และ บรรยาย	ปฏิบัติ	เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติก	สังเกต และทำแบบ ประเมิน	
			พักทานอาหาร 12:00-13:00 น.					
2	7. มีทักษะในการตรวจสอบ คุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้	3. ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้ เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการ ตรวจสอบคุณภาพ	4 ชม. (240 นาที) 13:00-17:00 น.	สาธิต และ บรรยาย	ปฏิบัติ	เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติกและ ผลิตภัณฑ์	สังเกต และทำแบบ ประเมิน	

ภาคผนวก ข

คำชี้แจงหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ชื่อโครงการ โครงการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

1. หลักการของหลักสูตรฝึกอบรม

การจัดทำหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก เป็นหลักสูตรที่รวบรวมความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก วิธีการใช้งานเครื่องจักร เทคนิคการบำรุงรักษาเครื่องจักร การควบคุมเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้ ความปลอดภัยในการใช้เครื่องจักร และการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้อบรมให้ความรู้กับพนักงานใหม่ที่มีความต้องการทำงานในแผนกควบคุมเครื่องจักรและพนักงานเก่าที่ทำงานต่างแผนกแต่มีความต้องการที่จะย้ายตำแหน่งมาทำงานแผนกควบคุมเครื่องจักร

2. เนื้อหาที่ใช้ฝึกอบรม

แบ่งออกเป็น 3 หมวด ได้แก่

หมวดที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก

หมวดที่ 2 ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น

หมวดที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ

ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกอบรม	16	ชั่วโมง
ทฤษฎี (วันแรก)	8	ชั่วโมง
ปฏิบัติ (วันที่สอง)	8	ชั่วโมง

3. จุดประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้
4. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย
5. มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้
7. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้

4. คำแนะนำการใช้หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกนี้จัดทำเพื่อพัฒนาบุคลากรในการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจอย่างแท้จริงโดยมีขั้นตอนและคำแนะนำการใช้หลักสูตรดังนี้

รายละเอียดของหลักสูตร

ด้านเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมแบ่งออกเป็น 3 หมวด

- หัวข้อบรรยายภาคทฤษฎีใช้เวลา 8 ชั่วโมง ได้แก่

หมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก

ใช้เวลาบรรยาย 2 ชั่วโมง 30 นาที

ทดสอบ 30 นาที

รวมใช้เวลา 3 ชั่วโมง

หมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรใน

กระบวนการ ใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการ

ปฏิบัติงานและ การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น

ใช้เวลาบรรยาย 4 ชั่วโมง 30 นาที

ทดสอบ 30 นาที

รวมใช้เวลา 5 ชั่วโมง

- หัวข้อบรรยาย สาธิตและลงมือปฏิบัติกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกที่เตรียมไว้

ใช้เวลา 8 ชั่วโมง ได้แก่

หมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ

ใช้เวลาบรรยาย 1 ชั่วโมง 30 นาที

ทดสอบ 30 นาที

รวมใช้เวลา 2 ชั่วโมง

ใช้เวลาสาธิตและปฏิบัติ 4 ชั่วโมง

ประเมินการปฏิบัติงาน 1 ชั่วโมง

ทดสอบหลังฝึกอบรม 1 ชั่วโมง

รวมใช้เวลา 6 ชั่วโมง

รวมทั้งสิ้นการฝึกอบรมใช้ระยะเวลา 2 วัน วันละ 8 ชั่วโมง

ด้านการวัดผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตร

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจะวัดผลสัมฤทธิ์แบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ ด้านความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และด้านความสามารถในการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ด้านความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจะวัดโดยใช้แบบทดสอบแบบคู่ขนาน 4 ตัวเลือกจำนวน 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่ใช้วัดความรู้ความเข้าใจระหว่างฝึกอบรมแยกตามหมวดเนื้อหาที่อบรม และชุดที่ใช้วัดความรู้ความเข้าใจหลังการฝึกอบรมรวมเนื้อหาทั้ง 3 หมวดเข้าด้วยกัน จำนวน 30 ข้อ โดยจะทำการเฉลยคำตอบหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการฝึกอบรม และให้เปรียบเทียบผลที่ได้ว่าได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 85

ด้านความสามารถในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจะวัดโดยใช้แบบประเมินโดยจะประเมินจากการปฏิบัติงานจริงของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะมีกรรมการผู้มีความชำนาญในงานเป็นผู้ประเมิน หลังจากนั้นนำผลมาหาค่าเฉลี่ยและร้อยละของทุกขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 85

5. กิจกรรม สื่อ และการประเมินผล

รายละเอียดกิจกรรมที่ดำเนินการฝึกอบรม

1. สัมภาษณ์ความรู้เบื้องต้นก่อนการฝึกอบรมโดยวิทยากรผู้อบรม
2. อบรมเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
3. สาธิตการปฏิบัติงานจริง
4. ร่วมซักถามและแนะนำการฝึกอบรมร่วมกัน

สื่อ

1. สื่ออิเล็กทรอนิกส์เนื้อหาฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
2. เอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
3. เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

การวัดประเมินผล

1. การประเมินผลด้านความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ระหว่างฝึกอบรม
2. การประเมินผลด้านความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หลังฝึกอบรม
3. การประเมินความสามารถการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

6. วิทยากรผู้ฝึกอบรมและประเมินผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ผู้มีความรู้ความชำนาญ เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกไม่ต่ำกว่า 15 ปี

**7. คุณสมบัติทั่วไปของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่า
ถุงพลาสติก**

เพศ ชาย

ความรู้พื้นฐานไม่ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น

คำนำ

หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเป็นหลักสูตรที่ประกอบด้วยเนื้อหาสำคัญเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงานอย่างแท้จริง และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัยต่อผู้เข้ารับการฝึกอบรมเองและต่อสถานประกอบการ จนสามารถทำให้เกิดศักยภาพสูงสุดในการปฏิบัติงานได้

ชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข
ผู้จัดทำ

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
หมวดที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก	1
อุตสาหกรรมพลาสติก	1
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก	1
การเตรียมพลาสติกเพื่อเข้ากระบวนการผลิต	9
สารเติมแต่งและสารเสริม	18
วิธีพิสูจน์ชนิดของพลาสติกอย่างง่าย	20
กรรมวิธีการผลิตฟิล์มโดยการเป่า	24
หมวดที่ 2 ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการ ใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	30
เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	30
การเอกซ์ทรูด (Extrusion Processes)	30
เครื่องเอกซ์ทรูด (Extruder Machine)	31
อุปกรณ์ประกอบหลังการเอกซ์ทรูด	46
กระบวนการเป่าฟิล์ม (Blown Film Processes)	53
กระบวนการผลิตถุงพลาสติกเพื่อความปลอดภัย	53
การตรวจสอบคุณภาพถุงพลาสติก	56
หมวดที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและ การตรวจสอบคุณภาพ	63
การปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบ คุณภาพ	63
การตรวจสอบคุณภาพ	69

หมวดที่ 1

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

เนื้อหา

1. อุตสาหกรรมพลาสติก

อุตสาหกรรมพลาสติกเป็นสิ่งที่อยู่ควบคู่กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเช่นเดียวกับอุตสาหกรรมอื่นๆ เพราะความต้องการในการบริโภคเพิ่มขึ้นทำให้ผู้ผลิตจำเป็นต้องทำการผลิตเพิ่มขึ้นเช่นกัน และในกระบวนการผลิตจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรโดยมีมนุษย์เป็นผู้ควบคุม จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาศักยภาพทางการผลิตให้เพิ่มมากขึ้นด้วยวิธีการให้ความรู้ในรูปแบบต่างๆ ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก

1.1.1 บทนำ

พลาสติกเป็นวัสดุที่มีความจำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในยุคนี้มาก เราจะพบเห็นการใช้พลาสติกในอุตสาหกรรมทุกสาขา และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเกือบทุกกิจกรรม ตัวอย่างการใช้งานผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น ใช้ทำถังและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ทำชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักรกล เครื่องใช้สำหรับการเกษตรกรรม ของใช้ในครัวเรือน เฟอร์นิเจอร์ บรรจุภัณฑ์ของยา อาหาร เครื่องดื่ม ทำเครื่องประดับ และเครื่องนุ่งห่ม ใช้ทำอุปกรณ์กีฬา เป็นส่วนประกอบของรถยนต์ เครื่องบิน ยานอวกาศ เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างอาคาร เป็นชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้า ส่วนประกอบของเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องใช้อื่นๆ อีกมากมาย

ความรู้เกี่ยวกับวัสดุพลาสติกและกระบวนการแปรรูปพลาสติก จึงมีความจำเป็นสำหรับผู้ศึกษา และทำงานในอุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นอย่างมาก ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก โดยจะอธิบายการพัฒนากิจการของการผลิตพลาสติกในเชิงพาณิชย์ได้แก่ การแบ่งชนิดของพลาสติกโดยใช้หลักเกณฑ์ต่างๆ นอกจากนี้ เพื่อป้องกันความสับสนจากการเรียกชื่อย่อพลาสติกชนิดต่างๆ จะแสดงทั้งชื่อทางวิทยาศาสตร์และชื่อย่อของพลาสติกชนิดต่างๆ

1.1.2 การพัฒนาการของพลาสติกที่ผลิตในเชิงพาณิชย์

พลาสติกนับเป็นวัสดุค่อนข้างใหม่ มีการวิวัฒนาการของการพัฒนาควบคู่มาด้วยกันและพอลิเมอร์ประเภทอื่น ๆ พลาสติกสังเคราะห์ชนิดแรก คือ เบคคาไลท์ (Bakelite) ซึ่งผลิตจากปฏิกิริยาการควบแน่นของฟีนอลและฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งค้นพบโดย Leo Hendrick Bakeland ในปี ค.ศ. 1907 จุดเริ่มต้นของการพัฒนาเทคโนโลยีพลาสติก เริ่มจากการใช้วิธีการทางเคมีเปลี่ยนแปลงโมเลกุลพอลิเมอร์ธรรมชาติ คือ จากเซลลูโลสเป็นเซลลูโลสไนเตรต โดย Schonbein ในปี ค.ศ. 1846 ซึ่งต่อมาได้พัฒนาเป็นเซลลูลอยด์ และได้ผลิตขายในอุตสาหกรรมเป็นเชิงพาณิชย์ เพื่อใช้ทำฟิล์มถ่ายภาพและฟิล์มภาพยนตร์ นอกจากการค้นพบเบคคาไลท์ ซึ่งถือว่าเป็นยุคเริ่มต้นของการผลิตพอลิเมอร์สังเคราะห์ ยังมีการค้นพบพลาสติกชนิดอื่นๆ ที่มีความสำคัญ อีกหลายชนิด เช่น การค้นพบวิธีการสังเคราะห์พอลิเอทิลีนแบบความหนาแน่นต่ำ (LDPE) โดย Fawcett และ Gibson ที่บริษัท ไอซีไอ ประเทศอังกฤษ และได้ผลิตในเชิงพาณิชย์ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1939 การค้นพบวิธีการผลิตพอลิโพรไพลีน (PP) และการค้นพบวิธีการผลิตไนลอน โดยคาร์โรเธอร์ส (Carothers) เป็นต้น

1.1.3 ชนิดของพอลิเมอร์

ในวงการศึกษาและอุตสาหกรรมพอลิเมอร์ มักจะแบ่งกลุ่มของพอลิเมอร์ออกเป็นชนิดต่างๆ แต่ค่อนข้างมีความสับสนในการจัดกลุ่ม เนื่องจากมีการใช้หลักเกณฑ์ในการแบ่งที่แตกต่างกัน ดังนั้นในบทนี้จะอธิบายและรวบรวมลักษณะการจัดกลุ่มของพอลิเมอร์ โดยใช้หลักเกณฑ์แบบต่างๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความสับสน ในการเรียกชื่อกลุ่มของพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปในบทต่อไป โดยทั่วไปการเรียกชื่อพอลิเมอร์ จะใช้หลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1.1.3.1 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามแหล่งกำเนิด

โดยใช้แหล่งกำเนิดเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งพอลิเมอร์ออกเป็น 2 ชนิด คือ

- พอลิเมอร์ธรรมชาติ (natural polymers) เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ เช่น เนื้อไม้ เส้นใยธรรมชาติ (ฝ้าย และไหม เป็นต้น) โปรตีน และไบโอพอลิเมอร์ เป็นต้น
- พอลิเมอร์สังเคราะห์ (synthetic polymer) ได้มาจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ของโมโนเมอร์ เช่น พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน และพอลิเอสเตอร์ เป็นต้น

1.1.3.2 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน

อาศัยเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนหรือรูปแบบการแปรรูปที่ต่างกัน สามารถแบ่งพอลิเมอร์ออกเป็น 2 ชนิด คือ

- เทอร์โมพลาสติก (thermoplastics) คือ พอลิเมอร์ที่สามารถนำกลับไปหลอมใหม่หลังจากผ่านกระบวนการแปรรูป โดยที่สมบัติของพอลิเมอร์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ตัวอย่างพอลิเมอร์ในกลุ่มนี้ เช่น พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน พอลิไวนิลคลอไรด์ พอลิเอทิลีนเทอเรพทาเลท (PET) และพอลิซินโฟน เป็นต้น
- เทอร์โมเซตติงพลาสติก (thermosetting) คือ พอลิเมอร์ที่หลังจากผ่านการแปรรูปแล้ว จะแข็งตัวอย่างถาวร เนื่องจากเกิดการเชื่อมโยง (cross-linking) และเกิดเป็นร่างแหของพอลิเมอร์

(polymer network) การให้ความร้อนแก่พอลิเมอร์ชนิดนี้หลังการแปรรูปแล้ว ไม่สามารถหลอมได้อีก แต่ถ้าให้ความร้อนสูงและติดต่อกันเวลานานๆ จะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพและการออกซิเดชัน ซึ่งจะได้ถ่านเป็นผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเทอร์โมเซต เช่น ฟีนอลิก เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ ยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการวัลคาไนเซชันแล้ว และอีพอกซี เป็นต้น

1.1.3.3 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามลักษณะการประยุกต์ใช้งาน

สามารถแบ่งพอลิเมอร์ตามการประยุกต์ใช้งาน ออกเป็น 3 ชนิด คือ

- พอลิเมอร์ใช้งานในปริมาณสูง (commodity polymers) เป็นกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีการใช้ในปริมาณสูงมาก ใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต่อชีวิตประจำวันรูปแบบต่างๆ เช่น ถังใส่ของ กล่องและฟิล์มสำหรับบรรจุอาหาร ของเล่นเด็ก ท่อ และขวดชนิดต่างๆ ซึ่งพอลิเมอร์ในกลุ่มนี้ไม่ต้องการสมบัติเชิงกล (เช่น การทนต่อแรงดึง) ที่สูงมากนัก ตัวอย่างพอลิเมอร์ในกลุ่มนี้ เช่น พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน และพอลิโพรไพลีน ปริมาณการใช้พลาสติกในกลุ่มนี้จะสูงมาก กล่าวคือ ประมาณ 65 ถึง 70% ของปริมาณการใช้พลาสติกทั้งหมด

- พอลิเมอร์ที่ใช้ในงานวิศวกรรม (engineering polymers) เป็นกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีสมบัติเชิงกลดี และมีความทนทานที่อุณหภูมิสูงดี มักจะนำมาใช้แทนชิ้นส่วนโลหะชนิดต่างๆ เช่น เฟือง เกียร์ ตัวรองรับเพลลา (bearing) และชิ้นส่วนภายนอกของเครื่องยนต์ เป็นต้น ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ในงานวิศวกรรม เช่น ไนลอน พอลิคาร์บอเนต (PC) พอลิอะซิเตล (POM) และพอลิบิวทีนเทอเรพทาเลท (PBT) เป็นต้น พลาสติกในกลุ่มนี้มีราคาสูงกว่าพลาสติกในกลุ่มแรกประมาณ 2 ถึง 10 เท่า แต่มีปริมาณการใช้งานค่อนข้างน้อย กล่าวคือ ประมาณ 15 ถึง 20% ของปริมาณการใช้งานพลาสติกทั้งหมด

- พอลิเมอร์ที่ใช้ในงานสมรรถนะสูง (high performance polymers) เป็นกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีความแข็งแรง และความทนทานต่อความร้อนสูงมาก ใช้กับงานที่ต้องการสมบัติเชิงกลดีเยี่ยม พอลิเมอร์ในกลุ่มนี้จะมีราคาแพงมาก และใช้งานในปริมาณน้อยเท่านั้น ตัวอย่างพอลิเมอร์ เช่น พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน (polyetherether ketone, PEEK) พอลิอีเทอร์อิมิด (polyether imide, PEI) พอลิพาราฟีนีลีน (polyparaphenylene, PPP) และพอลิเมอร์ผลึกเหลว (liquid crystal polymer, LCP) เป็นต้น

1.1.3.4 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามอุตสาหกรรมการผลิตและชนิดผลิตภัณฑ์

เป็นการแบ่งพอลิเมอร์ตามลักษณะสมบัติของผลิตภัณฑ์ และอุตสาหกรรมการผลิตที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแบ่งพอลิเมอร์ออกเป็นหลายชนิด ดังนี้ คือ

พลาสติก

เป็นพอลิเมอร์ที่เป็นของแข็งที่สามารถคงรูปร่างได้ ภายใต้สภาวะที่มีแรงกดและที่อุณหภูมิใช้งาน แต่จะเป็นของไหลหนืด (viscous flow) ที่อุณหภูมิที่ทำการแปรรูป สามารถแบ่งพลาสติกออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะเฉพาะของการแปรรูป หรือพฤติกรรมในกระบวนการแปรรูปเมื่อได้รับความร้อน คือ เทอร์โมพลาสติก และเทอร์โมเซต

ยางอีลาสโตเมอร์ (Elastomer)

อีลาสโตเมอร์จะเกิดการยืดตัวภายใต้สภาวะของแรงกด และหดตัวกลับได้เมื่อหยุดกระทำที่อุณหภูมิที่ใช้งาน พอลิเมอร์ที่เป็นอีลาสโตเมอร์ มีทั้งพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ เช่น ยางธรรมชาติ และพอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (SBR) ยางบิวตาไดอีน (BR) ยางบิวไทล์ ยางเอทิลีนโพรไฟลีน (EPR) และยางคลอโรพรีน (CR) เป็นต้น

เส้นใย (Fibers)

เส้นใยเป็นพอลิเมอร์ที่ผ่านกระบวนการปั่น (spinning process) โดยการดึงให้เป็นเส้นที่มีความยาวแต่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก หรือดึงให้มีอัตราส่วนการดึง (draw ratio) สูง ($\text{draw ratio} = \text{เส้นผ่าศูนย์กลางเริ่มต้น} / \text{เส้นผ่าศูนย์กลางสุดท้าย}$) อิทธิพลการดึงทำให้เกิดผลึกในปริมาณสูง ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงต่อหน่วย (strength-per-unit area) สูงมาก เส้นใยมีทั้งเส้นใยธรรมชาติ เช่น เส้นใยไหม เส้นใยจากฝ้าย และเส้นใยขนสัตว์ เป็นต้น เส้นใยดัดแปลงผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เช่น เรยอน (ผลิตจากเซลลูโลส) และเส้นใยสังเคราะห์ เช่น เส้นใยพอลิเอสเตอร์ ไนลอน เส้นใยจากพอลิโพรไฟลีน และเส้นใยอะคริลิก เป็นต้น เส้นใยเหล่านี้มักจะใช้งานในงานท่อ เครื่องนุ่งห่มและของใช้ต่างๆ ยังมีกลุ่มเส้นใยอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการใช้เป็นวัสดุเสริมแรง (reinforcing materials) ในการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบ (composite polymers) เพื่อใช้ในงานทางวิศวกรรมด้านต่างๆ เช่น เส้นใยอะรามิด (Aramid fibers) เส้นใย เส้นใยแกรไฟท์ (graphite fiber) เส้นใยพอลิเอทิลีน และเส้นใยไนลอน เป็นต้น

วัสดุเคลือบผิว (Surface coating)

เป็นพอลิเมอร์ที่สามารถเกิดแผ่นฟิล์มบนผิวของวัสดุแข็ง นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสี เพื่อช่วยให้สีติดผิวได้ดี และมีความทนทานต่อสภาวะที่ใช้งาน ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่ใช้งานในกลุ่มนี้ เช่น อิมัลชันของพอลิอะคริลิก อะคริลิกโคพอลิเมอร์ อิมัลชันของไวนิลอะซิเตท อัลคิเดเรซิน และน้ำยางสไตรีนบิวตาไดอีนผสมกับน้ำมันชนิดต่างๆ เป็นต้น

กาว (Adhesives)

กาวเป็นผลิตภัณฑ์ของพอลิเมอร์ ที่สามารถเกิดเป็นฟิล์มและเกิดพันธะเคมีกับพื้นผิวได้ดี มักใช้เชื่อมระหว่างผิวสองชนิดหรือผิวประจัญ (อินเทอร์เฟซ) ของวัสดุ ตัวอย่างวัสดุที่ใช้ทำกาว เช่น ซิลิโคน พอลิอะคริลิก พอลิยูรีเทน อีพอกซี และไซยาโน-อะคริเลท (super glue) เป็นต้น

ฟองน้ำ (Foams)

เป็นผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่ทำให้เกิดรูพรุน โดยการใช้สารทำให้เกิดฟอง (foaming agents) หรือใช้เทคนิคการตีผสม ผลิตภัณฑ์ฟองน้ำอาจมีความหนาแน่นต่ำมาก คือ ประมาณ 0.05 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร นิยมใช้ในงานที่ต้องการความเบา เป็นฉนวนความร้อนและไฟฟ้า ทำหุ่น ทำเฟอร์นิเจอร์ ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่สามารถผลิตฟองน้ำได้ เช่น พอลิสไตรีน พอลิยูรีเทน โคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลอะซิเตท (EVA) พอลิไวนิลคลอไรด์ และยางธรรมชาติ เป็นต้น

พอลิเมอร์เชิงประกอบ (Polymer Composites)

เป็นวัสดุที่ได้จากการผสมวัสดุตั้งแต่สองชนิด ที่มีลักษณะต่างกันเข้าด้วยกัน วัสดุที่เป็นพอลิเมอร์เรียกว่า เมทริกซ์ (matrix) ใช้เป็นเฟสต่อเนื่องของวัสดุอีกชนิดหนึ่งคือ วัสดุเสริมแรง (reinforcing agents) ซึ่งมักจะเป็นเส้นใย และสารตัวเติมผงละเอียด (particulate fillers) ตัวอย่างของพอลิเมอร์ที่นิยมนำมาใช้เป็นเมทริกซ์ ในการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบ เช่น อีพอกซี และพอลิเอสเตอร์ เป็นต้น

1.1.4 ชื่อย่อของพลาสติก

ในวงการการศึกษาและอุตสาหกรรมพลาสติก มักจะเรียกชื่อพลาสติกโดยใช้ชื่อย่อเพื่อความสะดวก ดังนั้น ชื่อย่อของพลาสติกจะถูกกำหนดโดยมาตรฐานต่างๆ คือ ใน ASTM D 1600-83⁽¹⁾ BS 3502⁽⁴⁾ DIN 7728⁽⁵⁾ และ ISO 1043⁽⁸⁾ ในบทนี้จะรวบรวมชื่อย่อของพลาสติกชนิดที่รู้จักกันโดยทั่วไป โดยมีรายละเอียดแสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ชื่อย่อของพลาสติกชนิดต่าง ๆ

ชื่อย่อ	ชนิดพลาสติก
ABS	Acrylonitrile-butadiene styrene terpolymer
ACS	Acrylonitrile-chlorinated polyethylene styrene terpolymer
APO	Amorphous polyolefin
AS	Acrylonitrile styrene copolymer
ASA	Acrylonitrile styrene acrylate terpolymer
BMC	Bulk molding compound
CA	Cellulose acetate
CAB	Cellulose acetate butyrate
CAP	Cellulose acetate propionate
CN	Cellulose nitrate (celluloid)
CPE	Chlorinated polyethylene
CPVC	Chlorinated polyvinyl chloride
CTA	Cellulose triacetate
CTFE	Chlorotrifluoroethylene
DAP	Diallyl phthalate (thermoset)
EAA	Ethylene acrylic acid copolymer
EC	Ethyl cellulose
ECTFE	Ethylene chlorotrifluoroethylene

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อย่อ	ชนิดพลาสติก
EMAC	Ethylene-methyl acrylate copolymer
EnBA	Ethylene n-butyl acetate
EP	Epoxy
EPS	Expandable polystyrene
ETFE	Ethylene tetrafluoroethylene
EVA	Ethylene vinyl acetate
EVAC	Ethylene/vinyl acetate copolymer
EVOH	Ethylene vinyl alcohol
FEP	Fluorinated ethylene propylene
FRP	Fiber reinforced plastic
HDPE	High density polyethylene
HIPS	High impact polystyrene
HMC	High strength molding compound
HMWHDPE	High molecular weight high density polyethylene
I	Ionomer
IPN	Interpenetrating polymer network
LCP	Liquid crystal polymer
LDPE	Low density polyethylene
LLDPE	Linear low density polyethylene
MABS	Methyl methacrylate/ABS copolymer
MBS	Methyl methacrylate butadiene styrene terpolymer
MDPE	Medium density polyethylene
MF	Melamine formaldehyde
MP	Melamine phenolic
OSA	Olefin modified styrene acrylonitrile
P	Phenolic
PA	Polymide (nylon)
PAA	Poly acetic acid
PAI	Polyamide-imide
PAEK	Polyaryletherketone
PAK	Polyester alkyd
PAN	Polyacrylonitrile
PARA	Polyaryl amide

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อย่อ	ชนิดพลาสติก
PAS	Polyarylsulfone
PBN	Polybutylene naphthalate
PBS	Polybutadiene styrene
PBT	Polybutylene terephthalate
PC	Polycarbonate
PC/ABS	Polycarbonate/acrylonitrile butadiene styrene blend
PCL	Polycaprolactone
PCT	Polycyclohexylene terephthalate
PCTFE	Polymonochlorotrifluoroethylene
PEEK	Polyetheretherketone
PEI	Polyetherimide
PEK	Polyetherketone
PEKEKK	Polyetherketone etherketone ketone
PEKK	Polyetherketoneketone
PEN	Polyethylene naphthalene
PEO	Polyethylene oxide
PES	Polyethersulfone
PET	Polyethylene terephthalate
PET-G	Glycol modified polyethylene terephthalate
PI	Polyimide
PMMA	Polymethylmethacrylate (acrylic)
PMS	Paramethylstyrene
PO	Polyolefin
POM	Polyoxymethylene, Polyacetal, Polyformaldehyde (acetal)
PP	Polypropylene
PPA	Polyphthalamide
PPC	Chlorinated polypropylene
PPC	Polyphthalate carbonate
PPE	Polyphenylene ether
PPO	Polyphenylene oxide
PPOX	Polypropylene oxide
PPS	Polyphenylene sulfide
PPSU	Polyphenylene sulfone

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อย่อ	ชนิดพลาสติก
PPT	Polypropylene terephthalate
PS	Polystyrene
PS-b-PI	Polystyrene/polyisoprene block copolymer
PSO.PSU	Polysulfone
PTFE	Polytetrafluoroethylene
PTMT	Polytetramethylene terephthalate
PU.PUR	Polyurethane
PVA	Polyvinyl alcohol (sometimes polyvinyl acetate)
PVAc	Polyvinyl acetate
PVB	Polyvinyl butyryl
PVC	Polyvinyl chloride
PVDC	Polyvinylidene chloride
PVDF	Polyvinylidene fluoride
PVF	Polyvinyl fluoride
PVOH	Polyvinyl alcohol
PVP	Polyvinyl pyrrolidone
SAN	Styrene acrylonitrile
SMA	Styrene maleic anhydride copolymer
SMC	Sheet molding compound
SMMA	Styrene methyl methacrylate
TPE	Thermoplastic elastomer
TMC	Thick molding compound
TPU	Thermoplastic urethane
UF	Urea formaldehyde
UHMWPE	Ultrahigh molecular weight polyethylene
ULDPE	Ultra low density polyethylene
UP.UPE	Unsaturated polyester (thermoset)
VA	Vinyl acetate
VAE	Vinyl acetate ethylene
VLDPE	Very low density polyethylene
XDPE	Cross-linkable low density polyethylene
XPS	Expandable polystyrene

จากการศึกษาทฤษฎีเบื้องต้นของพลาสติกผู้วิจัยได้ใช้การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามลักษณะการประยุกต์ใช้งานเพื่อที่จะสามารถแยกแยะประเภทของพลาสติกว่าควรจะเรียกพลาสติกเพื่อใช้งานว่าเป็นชนิดใด ในงานวิจัยนี้ใช้ประเภทของพอลิเมอร์คือพอลิเมอร์ใช้งานในปริมาณสูง (เช่น การทนต่อแรงดึง) ที่สูงมากนัก เป็นกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีการใช้ในปริมาณสูงมาก ใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต่อชีวิตประจำวันรูปแบบต่างๆ เช่น ถังใส่ของ กล่องและฟิล์มสำหรับบรรจุอาหาร ของเล่นเด็ก ท่อ และขวดชนิดต่างๆ ซึ่งพอลิเมอร์ในกลุ่มนี้ไม่ต้องการสมบัติเชิงกล ในการผลิตถุงพลาสติกชนิดของพลาสติกที่เหมาะสมใช้กับเครื่องเป่าที่เราทำการอบรมนั้นมีชื่อว่า High density polyethylene (ไฮเดนซิติ์ พอลิเอทิลีน) หรือเรียกย่อๆว่า HDPE

1.2 การเตรียมพลาสติกเพื่อเข้ากระบวนการผลิต

คำว่า “เตรียม” ในเทคนิคการทำงานพลาสติก หมายถึง ขั้นตอนที่สำคัญในการเตรียมพลาสติกซึ่งอยู่ในลักษณะวัตถุดิบให้พร้อมที่จะนำมาผลิตเป็นชิ้นงานได้ ซึ่งประกอบด้วยการทำเป็นเม็ดผสม (compound) ซึ่งจะทำในขณะที่เป็นของแข็ง หรือผสมขณะที่เป็นของเหลว

น้อยครั้งที่จะมีการนำเอาพลาสติกที่ออกมาจากถังปฏิกิริยามาทำงาน หรือนำมาใช้ได้ทันที โดยปกติจะต้องนำมาผสมกับสารเสริมคุณสมบัติต่างๆ ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุทางเทคนิคที่มีคุณสมบัติต่างๆ ตามต้องการ

ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงกรรมวิธีการเตรียมพลาสติกโดยทั่วๆ ไปเท่านั้น จะไม่เจาะจงลงไปถึงพลาสติกอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะมีกรรมวิธีเตรียมพลาสติกหลายอย่างที่รวมกันอยู่กับกระบวนการผลิตสารพลาสติกโดยตรง

การผลิต thermoplastic โดยกรรมวิธี polymerization ผลผลิตที่ออกมาส่วนใหญ่จะเป็นผงซึ่งยากแก่การนำไปผลิตได้ทันที จึงได้มีการทำให้เป็นเม็ดเพื่อให้สามารถนำไปเข้ากระบวนการผลิตชิ้นงานได้ง่ายซึ่งโดยปกติบริษัทผู้ผลิตพลาสติกจะเป็นผู้เตรียมการขึ้นนี้ออกมาจำหน่าย ส่วน PVC นั้นมีข้อยกเว้น เพราะสามารถปรับปรุงให้มีคุณสมบัติแตกต่างกันได้มาก โดยการเติมส่วนผสมต่างๆ และวัสดุเสริมเข้าไป ซึ่งจะเป็นการประหยัด ถ้าบริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จาก PVC มากกว่า 30 ตัน/เดือน จะมีเครื่องเตรียมพลาสติกของตัวเอง ส่วนผสมของ PVC จะประกอบด้วย PVC ชนิดอื่นๆ (ที่ได้จากกรรมวิธี polymerization ต่างๆ) ผสมสารป้องกันแสงและความร้อน (UV and heat stabilizer) สารหล่อลื่นภายนอกและภายใน สารทำให้อ่อน (softener) สี และสารเสริม การเตรียมสารผสมก็เช่นเดียวกัน บริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกหลายบริษัทจะเตรียมเองการเติมสารเสริมจะมีปริมาณตั้งแต่ 0.01%-50% ของพลาสติก และผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

โดยปกติแล้วจะแยกกันว่าการผสมแห้งเรียกว่าการผสม (blending) แต่ถ้าเป็นการผสมในขณะที่พลาสติกเหลวเรียกว่า การผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenizing)

เพื่อให้การผสมในสภาพแห้งง่ายขึ้น จำเป็นต้องใช้วัสดุที่เป็นผงละเอียดผสมกับสารผสมพลาสติกบางชนิดที่จะนำมาผสมจะต้องย่อยให้ได้มีขนาดเล็กสม่ำเสมอ

1.2.1 การย่อย

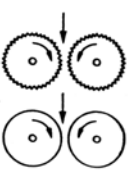
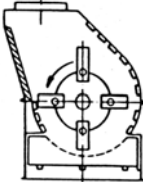
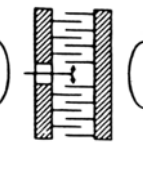
การย่อย หมายถึง การลดขนาดของพลาสติกแข็งโดยวิธีกล

ในการย่อยจะทำให้ได้พลาสติกที่มีขนาดเล็ก แตกต่างกันไปตามต้องการ

ถ้าจะต้องมีการแยกพลาสติกเม็ดหยาบออกจากเม็ดละเอียด เช่น ทำให้งานขั้นต่อไปสะดวกยิ่งขึ้นจึงต้องมีการกรองประกอบเข้าไปด้วย

เหตุผลที่จำเป็นต้องย่อยพลาสติกมีหลายอย่าง เช่น เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสเมื่อทำการผสมทำให้อบแห้งได้ดี ป้อนเข้าเครื่องได้ อย่างสม่ำเสมอ หลอมละลายได้เร็ว เป็นต้น เครื่องย่อยพลาสติกมีหลายชนิด ซึ่งสร้างไว้ให้เหมาะสมกับชนิดของพลาสติก ตัวอย่างเครื่องย่อยที่ควรรู้จัก คือ เครื่องรีดย่อย โม่ตี โม่กวน โม่ตัด โม่แท่ง และโม่รีด

เครื่องรีดย่อยจะใช้สำหรับการย่อยพลาสติกแข็งเปราะได้เท่านั้น สำหรับการย่อยจะต้องใช้โม่บด ในการที่จะเลือกใช้โม่ชนิดใดขึ้นอยู่กับว่าต้องการความละเอียด หรือความสม่ำเสมอของเม็ดพลาสติกขนาดไหน

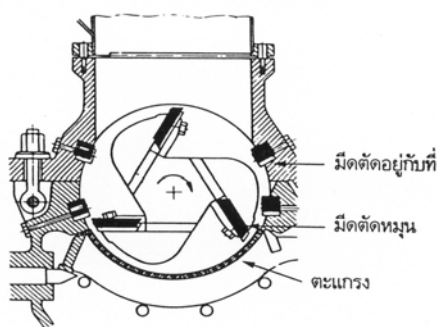
เครื่อง	เครื่องรีดย่อย	โม่ตี	โม่อัด	โม่แท่งตี
สภาพของพลาสติก				
เปราะ				
เหนียว				
elastic				
เหมาะสำหรับ	PS, PF	PS, PF, PMMA	PVC, PE, PP, PA	

ภาพประกอบ 2 เครื่องย่อยพลาสติกแบบต่างๆ

ที่มา: บรรณเลข ศรนิล. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 27.

ลักษณะการทำงานของเครื่องย่อยต่างๆ แตกต่างกัน ดังเช่นเครื่องรีดย่อยใช้แรงตัด โม่ตัดใช้การตัดเฉือน และเครื่องโม่แท่งใช้การตีให้กระจายและการเสียดสี

เนื่องจากโม่ตัดมีใช้มากในการย่อยพลาสติก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะใช้ในการย่อยเศษพลาสติกหรือชิ้นงานที่เสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จึงจะกล่าวถึงให้ละเอียดยิ่งขึ้น



ภาพประกอบ 3 โม่ตัด

ที่มา: บรรณานุกรม. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 27.

ภาพประกอบ 3 เป็นโม่ตัดซึ่งประกอบด้วยเรือนเหล็กหล่อที่มั่นคง มีคมตัดติดอยู่กับเรือน 4 ตอนล่างจะมีตะแกรงประกอบอยู่ วัสดุที่จะตัดส่งเข้าทางปล่องข้างบน ตรงกลางจะมีเพลาลูกเบี้ยวที่มีมิดติดอยู่ 3 เล่ม เศษพลาสติกที่ใส่ลงไปจะถูกมิดหมุนจับ และนำไปตัดกับมิดซึ่งติดอยู่กับเรือนเครื่อง โดยเครื่องจะทำงานช้าๆ ไปจนกว่าพลาสติกจะละเอียดพอที่จะลอดตะแกรงได้ ความเร็วตัดจะอยู่ระหว่าง 12-14 m/s ระยะห่างระหว่างมิดหมุนและมิดอยู่กับที่ประมาณ 0.25-0.5 mm โม่ตัดมีขนาดทำงานได้ตั้งแต่ 10 kg/h จนถึง 2,500 kg/h

1.2.2 การผสม

การผสม คือ การนำวัสดุต่างชนิดมารวมกัน และเฉลี่ยให้เข้ากันโดยการให้วัสดุเคลื่อนที่คลิกเคล้ากันจะได้สภาพการผสมที่ต้องการ

โดยการหมุนไปกวนในถังเปิดหรือปิดจะทำให้เกิดการกระแทกและเสียดสีกัน เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งจะผสมเข้ากันดี ซึ่งจะมีเครื่องผสมแบบต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับชนิดและขนาดของพลาสติก

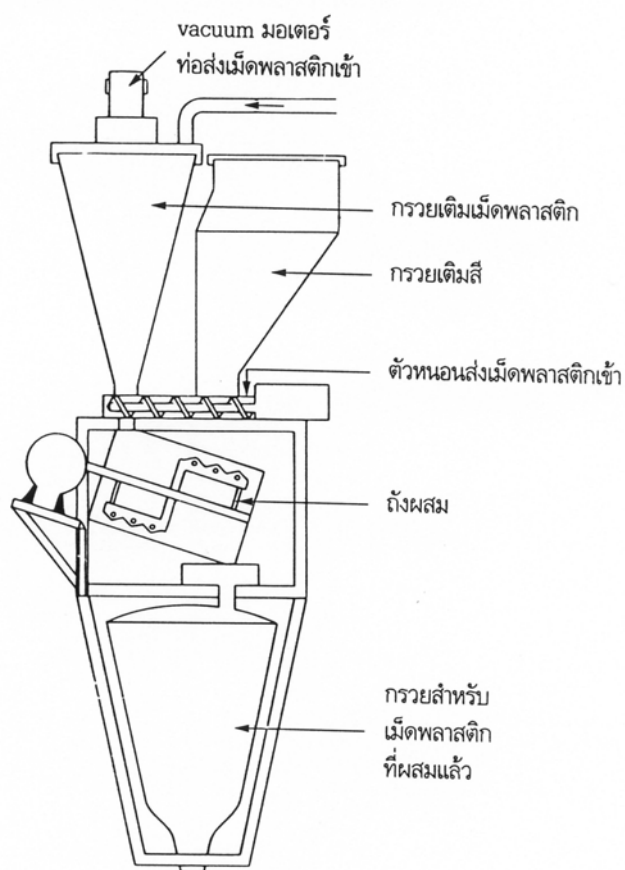
ในการผลิตพลาสติกเหลวหรือเหนียว เช่น PVC เหลว จะต้องใช้เครื่องกวน โดยปกติแล้วเครื่องผสมแบบรีจะเป็นถังทรงกระบอก และใบพัดกวนที่ยกขึ้นลงได้ในแนวดิ่ง ซึ่งถ้านี้จะเป็นสองชั้นใช้สำหรับให้ความร้อน หรือหล่อเย็นได้ตามต้องการ บางครั้งมีความจำเป็นต้องผสมพลาสติกเหลวที่มีความหนืดสูงที่ยอมให้มีอากาศผสมอยู่ได้เพียงเล็กน้อย จะต้องมีการดูดอากาศออก แบบนี้จะต้องเป็นเครื่องผสมแบบปิดที่มีเกจวัดความดันและข้อต่อสำหรับปั๊มสุญญากาศติดเอาไว้

กรรมวิธี ของเครื่องผสม	ทำงานไม่ต่อเนื่อง						ต่อเนื่อง
	ถังกวน	ถังหมุน แกว่ง	ใบผสม	แปรง กระจาย	นวดผสม	รีดผสม	นวดด้วย เกลียวหนอน
▲ วัสดุดิบ ● สารเติม							
ผง	▲	●					
เหนียวหนืดมาก	▲	●					
หนืดน้อย	▲	●					
เหมาะสำหรับ	PVC-Paste UP	PS, PE, PP, PMMA	PVC แข็ง และอ่อน	PVC แข็ง และอ่อน	PVC	PE, PVC	เทอร์โม พลาสติกทั้งหมด

ภาพประกอบ 4 เครื่องผสมและนวด

ที่มา: บรรเลง ศรีนิล. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 28.

เครื่องผสมที่เหมาะสมเป็นพิเศษสำหรับการผสมพลาสติกที่มีขนาดต่างๆ กัน เช่นเม็ดพลาสติกที่ผสมกับผง (สารหล่อลื่น สี สารนำร่อง) ก็คือ เครื่องผสมแบบตกอิสระ ในระหว่างมีเม็ดพลาสติกเสียดสีกันจะมีประจุไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้น ทำให้ดูดฝุ่นของสารผสมติดที่ผิวดของเม็ดได้ดี เพื่อให้ได้การผสมที่ดีจะใช้ความเร็วรอบระหว่าง 25-35 รอบต่อนาที ในบรรดาเครื่องผสมหลายแบบนี้ เครื่องผสมแบบทรงกรวยคู่ และแบบถังเอียงเอียงศูนย์ เป็นที่รู้จักกันมากที่สุด การย้อมสีเม็ดพลาสติกในปัจจุบันหันมาใช้เครื่องผสมสี ดังภาพประกอบ 5 ซึ่งทำเป็นกรวยต่อไว้กับเครื่องผลิตชิ้นงานพลาสติกโดยตรง เครื่องนั้นประกอบด้วยอุปกรณ์กะปริมาตร และเครื่องผสม และเนื่องจากเป็นการทำงานตามจังหวะเวลา เช่น การกะเกณฑ์ การส่งเข้าไปในห้องผสม ผสมแล้วปล่อยออกจากห้องผสม เป็นต้น จะสามารถประกอบเครื่องผสมแบบนี้เข้ากับเครื่องผลิตชิ้นงานได้ทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับเครื่องฉีดและเครื่อง extrusion เครื่องผสมแบบใบตีผสม ซึ่งมีหลายแบบ เช่นเดียวกัน ประกอบด้วยถังทรงกระบอกวางในแนวขนาน และมีเครื่องมือผสมซึ่งมีแกนขนานกับแกนของถังประกอบหมุนอยู่ภายในด้วยความเร็วรอบ จนถึง 50 รอบต่อนาที เครื่องมือผสมอาจจะเป็นใบพัดแผ่นบิดเป็นเกลียวหรือเหมือนใบผานไถ ถังส่วนใหญ่จะเป็นสองชั้น เพื่อสำหรับให้ความร้อนและหล่อเย็น โดยปกติจะใช้สารผสมสารพลาสติกที่เป็นฝุ่นที่จะต้องเติมสารที่เป็นของเหลวลงไปด้วย



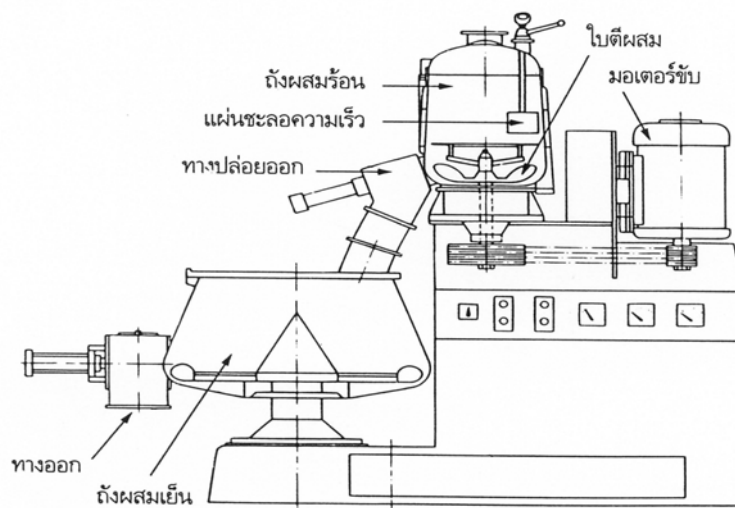
ภาพประกอบ 5 เครื่องผสมสปี

ที่มา: บรรณารักษ์. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 29.

ในการเตรียมพลาสติกที่เป็นฝุ่นในทางอุตสาหกรรมพลาสติกนั้น ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องผสมแบบตีฟุ้ง (swirl mixer) หมุนเร็วควบคู่ไปกับเครื่องผสมเย็น (cold mixer) ซึ่งเรียกว่า heat & cold mixer ดังภาพประกอบ 6

ในถังตั้งจะมีเพลาสอดขึ้นจากกันถังสำหรับประกอบเครื่องผสม เครื่องผสมมีหลายชั้น และตอนติดกับกันถังจะมีใบผสมประกอบอยู่ ซึ่งระหว่างทำการผสมจะครอบคลุมพื้นที่ถึงทั้งหมด ที่ปลายบนสุดของเพลาสอดส่วนมากจะมีใบผสมที่เล็กกว่าติดอยู่ ความเร็วของปลายใบผสมประมาณ 40 เมตรต่อวินาที จะทำให้ของผสมเคลื่อนไหวยาวกับเป็นของเหลว เพื่อชะลอความเร็วของการหมุนเวียนของผงพลาสติก จะสอดแผ่นชะลอความเร็วเอาไว้ในบริเวณที่ส่วนผสมอยู่ ฝุ่นละเอียดๆ ของพลาสติกที่มีความเร็วสูงจะกระทบกันทำให้เกิดความร้อนเนื่องจากการเสียดสีขึ้นอย่างมาก และอาจจะให้ความร้อนเพิ่มเติมจากภายนอกได้อีก แล้วแต่ความต้องการ ซึ่งจะสามารถปรับได้ถึง 140°C เครื่องผสมแบบตีฟุ้งตอนบนจะมีฝาที่เปิดได้สำหรับเติมสารพลาสติกในทางปฏิบัติจะมีท่อ

ต่อไปยังเครื่องเติมอัตโนมัติที่ฝาปิด ทางปล่อยออกจะอยู่ทางด้านล่าง และมีท่อต่อให้พลาสติกลงไปเข้าถึงผสมเย็น (cold mixer) ซึ่งอยู่ข้างล่าง ของผสมร้อนจะเย็นตัวลงในถังผสมเย็นนี้เหลือประมาณ 35° C เครื่องผสมเย็นจะมีปริมาตรโตกว่าและมีส้อมพิเศษเพิ่มเติมคือ มีแหวนหล่อเย็นหมุนหรือมีแผ่นหล่อเย็นอยู่ในถังช่วยในการหล่อเย็นเพิ่มเติม สิ่งนี้มีความจำเป็นเพื่อให้สามารถทำการผสมเย็นและผสมร้อนในจังหวะงานเดียวกันได้ ระยะเวลาผสมนั้นสั้นมาก คือ ประมาณ 10 นาทีต่อครั้ง ขนาดของเครื่องผสมร้อนต่างๆ ไป อยู่ระหว่าง 1,000-1,500 ลิตร และเครื่องผสมเย็นประมาณ 2,000-3,000 ลิตร ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องผสมเย็นแบบนี้สำหรับผสมผง PVC แห้ง (dry blend) แต่ก็สามารถเติมส่วนผสมที่เป็นของเหลวลงไปได้ เช่น ผสม softener การให้ความร้อนแก่ PVC อ่อนจะได้ส่วนผสมแห้งหรือรวมกันเป็นก้อน มี pour ability ดีทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของ PVC

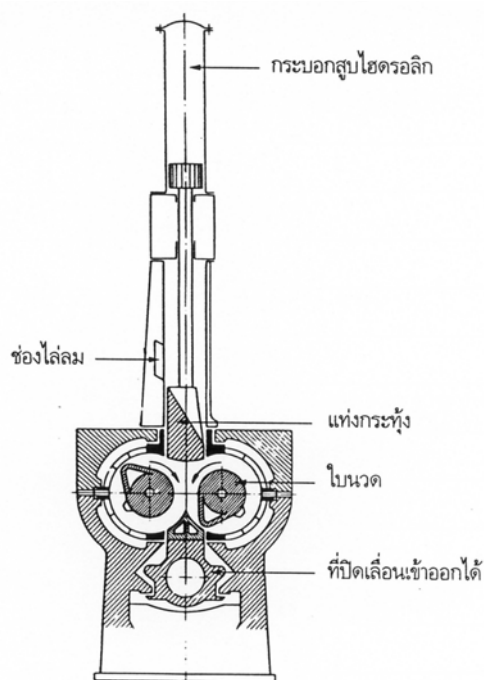


ภาพประกอบ 6 เครื่องผสมแบบ heat & cold mixer

ที่มา: บรรณานุกรม. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 30.

1.2.3 การหลอมเหลว (Plasticization)

ในการทำให้พลาสติกเหลว (plastification) ผงพลาสติกที่ผสมไว้แล้วจะถูกหลอมเหลวและผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันควรจะแยกกันให้ชัดเจนก่อนระหว่างเครื่องนวดและรีดแบบทำงานไม่ต่อเนื่อง ซึ่งปกติใช้ในการผลิตแผ่นบางโดยการรีดแผ่น (calendering) กับเครื่อง plasticizing ทำงานต่อเนื่อง



ภาพประกอบ 7 เครื่องนวดภายใน

ที่มา: บรรณ เลง ศรีนิล. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 31.

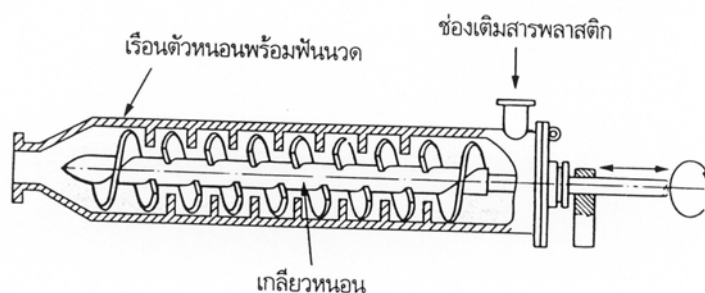
เครื่องนวด (kneader) ประกอบด้วยเรือนทรงกระบอกลอยอยู่ในแนวนอน และมีใบนวดรูปตัว Z สองใบหมุนสวนทางกันอยู่ภายในเครื่องนวดภายใน (inner-kneader) ใบจะประกอบพอดีอยู่เรือนภายใน แท่งกระทุ้งจะกดพลาสติกซึ่งอยู่ในปล่องช่วงบน ซึ่งสามารถให้ความร้อนได้ การเอาพลาสติกออกจากเครื่องนวดทำได้โดยการเลื่อนแผ่นปิดด้านล่าง ซึ่งสามารถเลื่อนเข้าออกได้ เนื่องจากเครื่องนวดแบบนี้ต้องใช้กำลังมาก จึงสามารถสร้างได้ขนาดปริมาตรภายในไม่เกิน 300 ลิตร ส่วนใหญ่จะใช้ในการผสมพลาสติกที่ต้องการเติมสารผสมมากๆ

เครื่องรีดผสม จะใช้ต่อเมื่อต้องการทำการผสมอย่างเดี่ยว และต้องใช้คนควบคุมการทำงานตลอดเวลา การรีดจะเกิดขึ้นภายในร่องรีดของลูกรีดร้อนสองลูกซึ่งมีแกนขนาน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 300-500 มิลลิเมตร และความยาวระหว่าง 800-1,500 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกันด้วยความเร็วแตกต่างกันเล็กน้อย เพื่อให้การผสมดียิ่งขึ้นจะต้องมีคนคอยปาดส่วนของพลาสติกที่วิ่งออกทางด้านข้างให้เข้าไปอยู่ตรงกลางของลูกรีดร้อนเสมอ สำหรับการผสม PVC คุณภาพสูงแล้ว ยังไม่มีเครื่องใดดีกว่าเครื่องรีดผสมแบบนี้ในการผลิตพลาสติกและพลาสติกที่จะนำไปรีดแผ่เป็นแผ่น ปกติจะใช้เครื่อง plasticizing แบบต่อเนื่อง

ในการนี้จะต้องใช้ชุดเกลียวหนอน โดยปกติจะใช้เกลียวหนอนแบบมีหลายตัว เช่น แบบตัวหนอนคู่ (double worm) ที่มีเกลียวเป็นช่องหวี ผงพลาสติกจะถูกรีดไปในร่องเกลียวเป็นคลื่นไปตามความยาวของตัวหนอน ซึ่งรับแรงขับมาจากระบบแมกคานิค ทำให้เกิดการนวดผสมให้เป็นเนื้อ

เดียวกัน (homogenizing) สำหรับการเตรียมพลาสติกโดยทั่วๆ ไป จะใช้แบบตัวหนอนคู่ที่มีส่วนที่ทำหน้าที่ผสม และส่วนที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนใหญ่จะมีแผ่นนวดหรือใบนวดประกอบเอาไว้ซึ่งจะเป็นตัวกะเกณฑ์ปริมาณผงพลาสติกให้เข้าไปในตัวหนอนให้พอดีด้วย

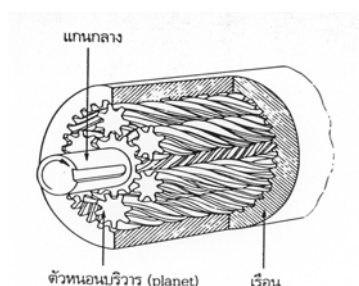
เครื่อง plasticizing แบบตัวหนอนตัวเดียวที่ออกแบบสร้างให้สามารถผสมและหลอมพลาสติกได้ดีเช่นกัน ดังภาพประกอบ 8 ซึ่งเรียกว่า Co-Kneader แบบนี้นอกจากจะหลอมพลาสติกไปข้างหน้าแล้ว ยังมีการดึงพลาสติกตัวหนอนเดินหน้า-ถอยหลังไปพร้อมๆ กันด้วย แผ่นเกลียวของตัวหนอนจะทำให้เป็นร่องไว้สองร่องขนานกับแกนเพลลา เพื่อไม่ให้กระทบกับพื้นนวดขณะหมุนซึ่งติดอยู่กับเรือนภายในของทรงกระบอกผลของการผสมและการนวดจะเกิดขึ้นเนื่องจากแรงตัดเฉือนและการเคลื่อนตัวไปทุกทิศทุกทางของส่วนผสมการเติมสารพลาสติกลงไป Co-Kneader จำกัดจากการพาเข้าของเกลียวหนอนอย่างสม่ำเสมอ



ภาพประกอบ 8 เครื่องผสมแบบ Co-Kneader

ที่มา: บรรณานุกรม. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 32.

ในกรรมวิธีเตรียมพลาสติกนั้นยังมีเครื่อง extrusion แบบเกลียวหนอนหลายตัว (planet extruder) อีกแบบหนึ่งที่ใช้กันมาก (ดูภาพประกอบ 9) โดยตรงกลางเป็นเกลียวใหญ่ และจะมีเกลียวเล็กๆ อยู่รอบๆ หลายตัวรวมกันอยู่ในเรือนทรงกระบอก เนื่องจากมีพื้นเกลียวเลื่อนขบกันอยู่จะทำให้เกิดการรีดขึ้นระหว่างพื้นเกลียว ลักษณะการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันจะเกิดบดกันของร่องฟันหลายร่อง ทำให้ส่วนผสมถูกรีดให้บางเข้ากันดี และจะมีสกรูส่งอยู่ด้านหน้า ส่งพลาสติกเหลวออกไปยังหัวฉีด



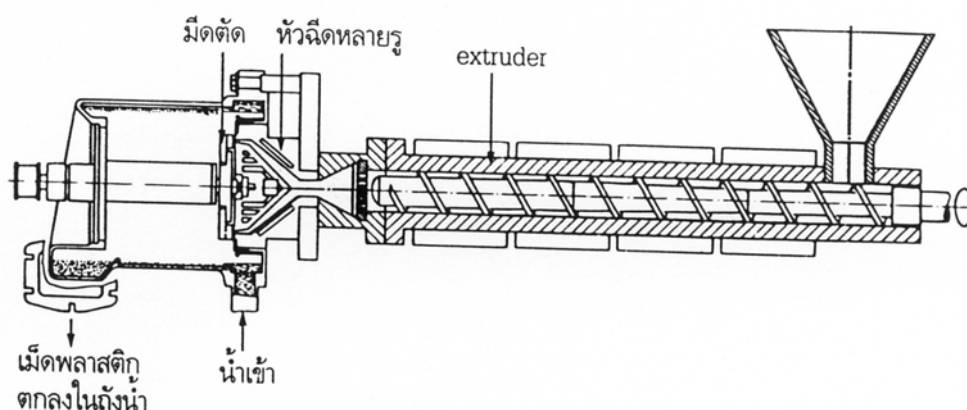
ภาพประกอบ 9 เครื่องผสมแบบ planet extruder

ที่มา: บรรณ ธรนิล. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 33.

1.2.4 การทำพลาสติกเม็ด

การผลิตพลาสติกเม็ดใช้วิธีการแตกต่างกัน 2 วิธีการ คือ การทำเม็ดร้อน (hot granulating) กับการทำเม็ดเย็น (cold granulating)

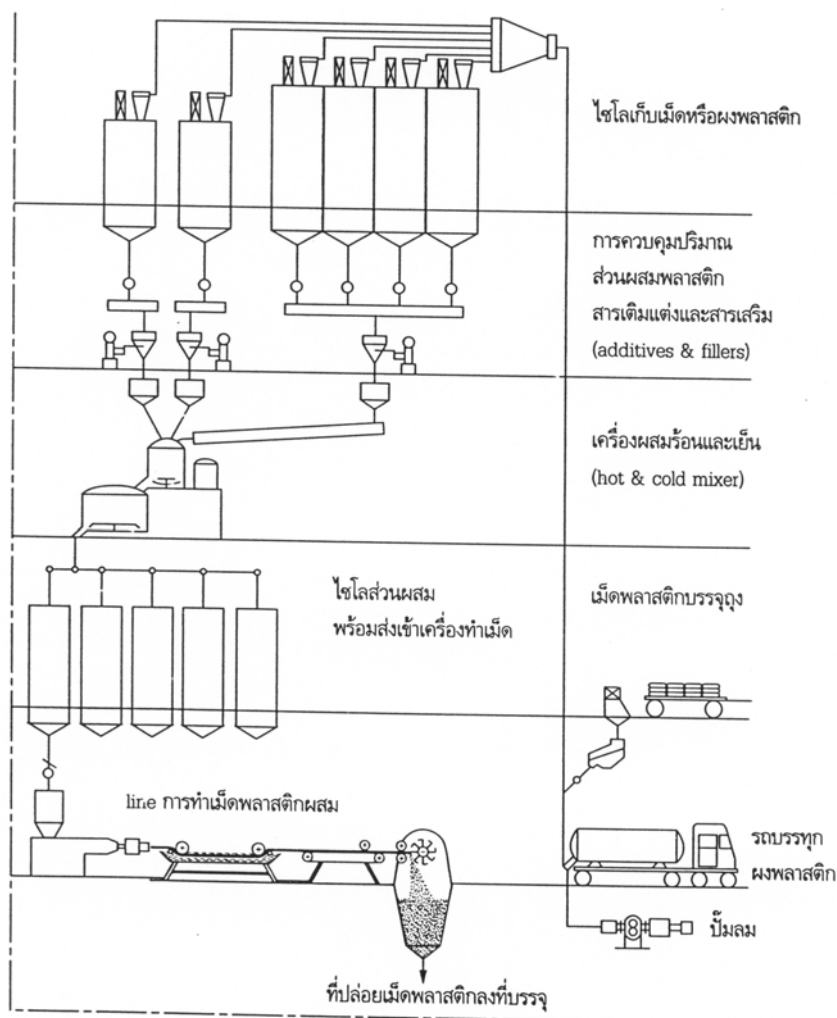
การทำเม็ดร้อน ทำได้โดยการเอาหัวใดหลายรูมาติดไว้ที่หน้าเครื่อง plasticizing เพื่อให้พลาสติกเหลวไหลผ่านออกมาจากรู และจะมีเม็ดหมุนติดอยู่ด้านหน้า เพื่อหมุนตัดให้เป็นเม็ดสั้นๆ รอบๆ หัวฉีด และเม็ดจะมีเรือนหุ้มเพื่อหล่อเย็นเม็ดพลาสติกโดยการเป่าลมเย็น หรือมีวงแหวนน้ำหล่อเย็นอยู่เพื่อรับเม็ดพลาสติก สำหรับพลาสติกที่ตัดง่าย เช่น LDPE ก็จะสามารถปล่อยให้ตกลงในน้ำเสร็จแล้วจึงนำเม็ดพลาสติกไปอบแห้ง หรือใส่น้ำออกแล้วจึงนำไปเก็บไว้ในไซโลเนื่องจากเม็ดพลาสติกที่ตกลงมาใหม่ๆ ยังร้อนอยู่ จะฟอร์มตัวเป็นเม็ดกลมหรือเม็ดรีได้



ภาพประกอบ 10 เครื่องทำเม็ดพลาสติกแบบร้อน

ที่มา: บรรณ ธรนิล. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 33.

ในการผลิตเม็ดพลาสติกรูปทรงกระบอก จะทำได้โดยการปล่อยให้พลาสติกที่ผ่านรูหลายๆ รูออกมานั้น ผ่านไปยังอ่างน้ำทำให้เย็นเสียก่อน แล้วใช้เครื่องตีไปผ่านเครื่องตัดเม็ด คือ ไปผ่านมีด หมุนตัด ซึ่งมีความยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร กรรมวิธีนี้เรียกว่า การทำเม็ดเย็น (cold granulating)



ภาพประกอบ 11 แผนภูมิของเครื่องเตรียมพลาสติกแบบอัตโนมัติในการทำให้เป็นพลาสติกเม็ดผสม

ที่มา: บรรณ เลง ศรีนิล. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 34.

1.3 สารเติมแต่งและสารเสริม

ในกระบวนการผลิตถุงพลาสติกนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเพิ่มคุณสมบัติประเภทต่างๆ ลงไปในเนื้อถุงพลาสติก คุณสมบัติต่างๆ ที่กล่าวถึงได้แก่ ความเหนียว ความใส การทนความร้อนของเนื้อถุง รวมถึง สี สันต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภคเป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารเติมแต่งและสารเสริมเข้าไปในวัตถุดิบก่อนการผลิตซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.3.1 สารเติมแต่ง (Additives)

พลาสติกที่ได้จากระบวนการสังเคราะห์ส่วนใหญ่ไม่สามารถนำมาใช้ได้ทันที จะต้องทำการเติมสารเติมแต่ง (additives) เข้าไปจึงจะมีคุณสมบัติที่สามารถนำเข้ากระบวนการขึ้นรูปได้ ซึ่งเรียกว่าเม็ดพลาสติกผสม (compound)

เนื่องจากสารเติมแต่งมีเป็นจำนวนมาก จึงเลือกกล่าวถึงเฉพาะที่สำคัญๆ และที่ใช้กันมาก คุณสมบัติที่สำคัญของสารเติมแต่งและสารเสริม ก็คือ

- ทนต่อความร้อนได้สูง
- ทนทานต่อสารตัวอื่นๆ ได้
- ไม่ละลาย
- ไม่แยกตัว
- ไม่ทำให้คุณสมบัติของพลาสติกเปลี่ยนไป
- มีรส ไม่มีกลิ่น

เป็นต้น

พลาสติกที่ผลิตออกมาจำหน่ายส่วนใหญ่จะมีการผสมสารเติมแต่งและสารเสริมไว้แล้ว ยกเว้นพลาสติกชนิดที่จะมีการเติมสารเติมแต่งและสารเสริมหน้างานขึ้นรูป ต่อไปนี้จะกล่าวถึงสารเติมแต่งที่สำคัญบางตัว

1.3.2 สารเสริมประเภทเพิ่มเนื้อ (Fillers) และสารเสริมความแข็งแรง

(Reinforcements)

สารเพิ่มเนื้อ หมายถึง สารเสริมที่อยู่ในรูปของของแข็ง ซึ่งมีโครงสร้างแตกต่างจากพลาสติก ซึ่งโดยปกติจะเป็นสารอนินทรีย์ สารเพิ่มเนื้อที่เฉื่อย (insert fillers) จะช่วยเพิ่มปริมาณและลดต้นทุน ส่วนสารเพิ่มเนื้อที่แอ็กทีฟ (active fillers) จะช่วยทำให้คุณสมบัติทางกล หรือทางกายภาพดีขึ้น จึงเรียกว่าสารเสริมแรง (reinforcing fillers) นั่นคือจะช่วยเพิ่มการทนต่อแรงดึง (tensile strength) และแรงดัด (flexural strength)

1.3.3 การเติม Fillers ในเทอร์โมพลาสติก

ในการเติม fillers ในเทอร์โมพลาสติกให้ได้คุณภาพดีมีสิ่งสำคัญจะต้องคำนึงถึงดังต่อไปนี้คือ

- การป้อนพลาสติกและ fillers จะต้องมีความสม่ำเสมอ
- มีการใส่ก๊าซออกในช่วงพลาสติกหลอมเหลวอย่างสมบูรณ์เพื่อเป็นการป้องกันการอาบ (wetting) พลาสติกเหลวบน fillers อย่างสมบูรณ์
- มีการกระจายตัวของ fillers ในพลาสติกเหลวอย่างทั่วถึง โดยใช้ความร้อนและการเฉือนตัด (shearing) เพื่อป้องกันการสลายตัวของพลาสติก

ในระยะแรกๆ ของการพัฒนาพลาสติกวิศวกรรมโดยการเติม fillers ลงในเทอร์โมพลาสติก มีการใช้การผสมในสกรูเดี่ยวและสกรูคู่ แต่ต่อมาความต้องการด้านคุณสมบัติของพลาสติกวิศวกรรม

สูงขึ้น จึงมีการพัฒนาเครื่องนวดผสมพิเศษ (specialized screw kneader) ทำให้สามารถผสม fillers ได้อัตราสูงขึ้น และการกระจายตัวของ fillers เป็นไปอย่างสมบูรณ์ที่สุด อย่างไรก็ตามเนื่องจากคุณสมบัติและโครงสร้างทางกายภาพของ fillers แตกต่างกัน เช่นอาจมีรูปทรงเป็นเหลี่ยม เป็นลูกเต๋า เป็นชิ้นย่อย เป็นผง หรือทรงกลม ซึ่งมีคุณสมบัติในการไหลต่างกัน ดังนั้นในการป้อน fillers เข้าไปในเครื่องผสมจึงมีความแตกต่างกันโดยบางชนิดอาจใช้วิธีไหลลงเอง (free flow) แต่บางชนิดอาจต้องมีการอัดเข้าในเครื่องผสม ซึ่งมีทั้งเติมลงขณะพลาสติกเย็นตัว หลังจากผสมกับพลาสติกเป็น premix แล้ว หรือผสมเมื่อพลาสติกหลอมละลายแล้ว

1.4 วิธีพิสูจน์ชนิดของพลาสติกอย่างง่าย

ในวงการอุตสาหกรรมพลาสติกมีความสงสัยเกิดขึ้นมากมายเกี่ยวกับชนิดของพลาสติกแต่ละประเภทที่ถูกนำมาใช้ เนื่องจากพลาสติกและผลิตภัณฑ์จากพลาสติกมีมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีวัสดุที่ใช้ผสมลงไปด้วยจะทำให้มีความยากลำบากในการบอกร่องประกอบทางเคมีของพลาสติก นอกจากนี้ยังมีพอลิเมอร์ควบ (copolymer) และ พอลิเมอร์ผสม (polymerblend) รวมทั้งสารเติมแต่งจะทำให้คุณสมบัติของพลาสติกเปลี่ยนไปมาก

มีวิธีการอย่างง่าย ๆ หลายวิธีในการที่จะพิสูจน์ให้รู้ว่าได้พลาสติกชนิดนั้นเป็นชนิดใดโดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย ประสบการณ์ ตาที่ดีและจมูกพิสูจน์กลิ่นถ้าได้รับการฝึกฝนมาอย่างดี ถ้าต้องการการวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยเฉพาะส่วนผสมที่เติมลงไปพลาสติกบริสุทธิ์ ควรต้องให้สถาบันเฉพาะทางทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะมีเครื่องมือที่เหมาะสมและบุคคลที่เชี่ยวชาญทำการทดสอบได้แต่เรายังมีวิธีที่สามารถพิสูจน์พลาสติกด้วยตัวเราเองอย่างง่ายโดยมีวิธีดังต่อไปนี้

1.4.1 การพิสูจน์โดยการสังเกตด้วยตา

จากสิ่งปรากฏที่เห็นด้วยตา หรือการสัมผัส การเอาเล็บขีด หรือการตัดไป-มา จะบอกได้ว่าเป็นพลาสติกชนิดใด พลาสติกที่ไม่ได้ใสสี หรือเติม filler จะโปร่งใส หรือขาวขุ่นในตัวของมันเอง ดูตาราง 3

ตาราง 3 คุณสมบัติที่ปรากฏเห็นด้วยตาของพลาสติกชนิดที่ใช้กันมาก

คุณสมบัติ/ปรากฏเห็นด้วยตา	ชนิดของพลาสติก
แสงผ่านทะลุ/ใส	PVC, PS SAN, PMMA, CA, CAB, CP, UP, EP
ขุ่น-ขาวนม/ทึบ	PE, PP, HDPE, SB, ABS, ASA, PA6, PA66, PA11, PA12, POM, PTFE

1.4.2 การพิสูจน์โดยการสัมผัสผิว

พลาสติกต่อไปนี้ถ้าสัมผัสดู จะมีผิวมันเป็นไขคล้ายขี้ผึ้ง ได้แก่ PE, PP, POM และ PTFE

1.4.3 การพิสูจน์โดยการตัด

การตัดพลาสติกจะสามารถแยกแยะพลาสติกออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1. ไม่หัก : เช่น PE, PP, PA, PVC อ่อน PC และ POM รวมทั้ง CA ใส่ softener, PTFE และ elastomer ทั้งหมด

กลุ่มที่ 2. หักแบบมีรอยขาวที่แนวหัก (โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใส่สี) : เช่น PVC, SB, ABS, ASA, polyblend ของ basic, PVC/chlorinated PE และ ABS/PC

กลุ่มที่ 3. หักแบบเปราะ : เช่น PMMA, PS, SAN และ thermosetting plastic ทั้งหมด

1.4.4 การพิสูจน์โดยวิธีอื่นๆ

- PE และ PVC อ่อน จะสามารถใช้เล็บขีดเป็นรอยได้ พลาสติกจำนวนมากจะแข็งและกระด้างและบางชนิดจะมีความยืดหยุ่นมาก

- PS เมื่อตกลงบนพื้นแข็งจะมีเสียงก๊ววเหมือนแผ่นโลหะตกกระทบของแข็ง

1.4.5 การพิสูจน์โดยการดูลักษณะเมื่อได้รับความร้อน

thermoplastic และ thermosetting plastic สามารถแยกแยะโดยการดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน thermoplastic จะอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและจะหลอมละลายในที่สุด ส่วน thermosetting plastic หรือ duroplastic จะไม่อ่อนตัว ไม่หลอมละลาย แต่จะสลายตัวในสภาพที่ยังแข็งตัว thermoplastic ที่เป็นผลึกบางส่วน เมื่อไม่ผสมสีหรือไม่เติมสารเติมแต่ง เมื่อเริ่มหลอมละลายสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงจากสภาพขาวขุ่นไปเป็นโปร่งใส (glass transition) ได้ชัดเจน โดยใช้เครื่องให้ความร้อนของ Kofler จะสามารถหาอุณหภูมิหลอมตัวของผลึกของ partial crystalline thermoplastic ได้ค่อนข้างแน่นอน ดังแสดงค่าไว้ในตาราง 7

ตาราง 7 ช่วงการหลอมละลายของเทอร์โมพลาสติกที่เป็นผลึกบางส่วน (partial crystalline thermoplastic)

ชนิดของพลาสติก	ช่วงหลอมละลาย °C
LDPE	105-120
HDPE	125-135
PP	165-170
POM	175-185
PA12	178-182
PA11	184-186
PA61U	210-215
PA6	215-220
PETP	250-260

เครื่องให้ความร้อนของ Kofler จะเป็นแถบความร้อนยาว 40 เซนติเมตร ที่จะสามารถปรับความต้านทานของ heater ให้สามารถปรับอุณหภูมิจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่งของแถบความร้อนได้ตั้งแต่ 50 °C ถึง 250 °C ได้ โดยการเปลี่ยนเม็ดหรือผลพลาสติกไปบนช่วงอุณหภูมิต่างๆ ตลอดแถบความร้อนจะสามารถเห็นช่วงของการหลอมละลายจากของแข็งไปเป็นของเหลวได้ชัดเจนและกำหนดช่วงการหลอมละลายของพนักได้

1.4.8 การพิสูจน์โดยการสังเกตเปลวไฟ และกลิ่นไอของพลาสติก

ผู้ที่ได้รับการฝึกฝนและมีประสบการณ์ทำงานกับพลาสติกมาเป็นเวลานานจะสามารถพิสูจน์ทราบชนิดของพลาสติกได้โดยการนำเอาพลาสติกมาจุดไฟ เพื่อสังเกตดูลักษณะของเปลวดูลักษณะของควัน การยึดเป็นเส้นใยและหยด และพิสูจน์กลิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลาสติกที่ไม่ได้เติมสารเติมแต่งหรือ plasticizer เอาไว้ อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบหาได้ง่าย ได้แก่ ตะเกียง หรือเปลวเทียน

การทดสอบจะนำเอาชิ้นงานทดสอบมาจ่อที่เปลวเป็นระยะเวลาสั้นๆ สังเกตดูสีของเปลวที่เปลี่ยนไปหลังจากนั้นนำออกจากเปลวจุดแล้วสังเกตว่ายังติดไฟต่อไปหรือไม่ มีลักษณะของเปลวไฟเป็นอย่างไร และสังเกตอาการอย่างอื่นประกอบด้วยว่ามีฟองหรือหยดเหมือนเทียนหรือไม่ รวมทั้งมีการประทุหรือมีเขม่าหรือไม่ ขั้นตอนให้ดับเปลวแล้วสังเกตกลิ่นของควัน ซึ่งพลาสติกแต่ละชนิดจะมีกลิ่นของควันแตกต่างกัน ข้อควรระวังในการพิสูจน์ก็คืออย่าสูดควันเข้าไปเต็มที่ เพราะถ้าสูดเข้าไปมากจะมีผลต่อสุขภาพได้ เช่น กลิ่นของ POM PUR และ PVC สำหรับการพิสูจน์ POM จะต้องแน่ใจว่าเปลวไฟดับจริงๆ เพราะเปลวของ POM จะมองเกือบไม่เห็น

สำหรับ PVC และพลาสติกที่มีคลอรีนผสมอยู่ จะพิสูจน์ได้โดยใช้ Beilstein test เนื่องจากไม่สามารถจุดให้ติดเปลวจากตะเกียงได้ จะให้หลักปฏิบัติเกี่ยวกับทองแดงแทน โดยการนำเอาชิ้นงานทดสอบเล็กๆ มาประกอบกับลวดทองแดง เผาในเปลวตะเกียงพร้อมๆ กัน จะสังเกตได้ว่าลวดทองแดงมีสีเขียว เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเป็น copperchloride ขึ้น ตารางที่ 8 เป็นการแสดงผลการพิสูจน์พลาสติกชนิดต่างๆ โดยสังเกตเปลวไฟและกลิ่นไอของพลาสติก

ตาราง 8 ข้อสังเกตจากการติดไฟของเทอร์โมพลาสติก

วัสดุ	ความหนาแน่น g/m ²	ลักษณะของการติดไฟ	ข้อสังเกตอื่นๆ	วัสดุ
LDPE	0.92	เปลวจาง แกนเปลวสีน้ำเงิน ละลายเป็นหยด มีกลิ่นคล้ายพาราฟิน ไขมันมองเกือบไม่เห็น	ผิวมันคล้ายขี้ผึ้ง ใช้เล็บขีดเป็นรอยได้ ไม่แตก/หัก	Low density polyethylene
HDPE	0.94-0.96	เปลวจาก แกนเปลวสีน้ำเงิน ละลายเป็นหยด มีกลิ่นคล้ายพาราฟิน ไขมันมองเกือบไม่เห็น	ผิวมันคล้ายขี้ผึ้ง ใช้เล็บขีดเป็นรอยได้ แข็งกว่า LDPE ไม่แตก/หัก	High density polyethylene
PP	0.91	เปลวจาก แกนเปลวสีน้ำเงิน ละลาย	ไม่สามารถใช้เล็บขีด	Polypropylene

ตาราง 8 (ต่อ)

วัสดุ	ความหนาแน่น g/m ²	ลักษณะของการติดไฟ	ข้อสังเกตอื่น ๆ	วัสดุ
		เป็นหยด มีกลิ่นคล้ายพาราฟิน ไอมองเกือบไม่เห็น	เป็นรอยได้ ไม่แตก/หัก	
PS	1.05	เปลวสีเหลือง มีเขม่ามาก กลิ่นคล้าย city gas ละลายเป็นหยด	เปราะ เสี่ยงตกคล้ายแผ่นเหล็ก สามารถละลายได้ด้วย tritachloromethane	Polystyrene
SB	1.05	เปลวสีเหลือง มีเขม่ามาก กลิ่นคล้าย city gas	ไม่เปราะเหมือน PS ละลายได้ด้วย tritachloromethane	Styrene-butadiene
SAN	1.06	เปลวสีเหลือง มีเขม่ามาก กลิ่นคล้าย city gas ละลายเป็นหยด	เหนียว-ยืดหยุ่น ละลายได้ด้วย tritachloromethane	Styrene acrylonitrile-copolymer
ABS	1.06-1.12	เปลวสีเหลือง มีเขม่ามาก กลิ่นคล้าย city gas	เหนียว-ยืดหยุ่น ไม่ละลายได้ด้วย tritachloromethane	Acrylonitrile butadienestyrene
PVC'U	1.38	ติดเป็นเปลวยาก เปลวจะดับเมื่อเอาออกจากเปลวจุด กลิ่นฉุนคล้ายกรดเกลือ มีถ่านดำ	เสี่ยงตกดังเหมือนเคาะประตู	Polyvinylchloride (unplasticised)
PVC'P	1.20-1.35	ขึ้นอยู่กับปริมาณ softener จะติดไฟได้ดี กว่า PVC'P กลิ่นฉุนคล้ายกรดเกลือ มีถ่านดำ	ยืดหยุ่นได้เหมือนยาง ไม่มีเสียงสะท้อนเมื่อตก	Polyvinylchloride (plasticized)
PTFE	2.20	ไม่ติดไฟ เมื่อถูกร้อนให้ร้อนแดงจะมีกลิ่นฉุน	ผิวลื่นเป็นไข	Polytetrafluoroethylene
PMMA	1.18	ติดเปลวสว่าง กลิ่นคล้ายผลไม้ มีเสียงแตกของฟองก๊าซ ละลายเป็นหยด	ใสเมื่อไม่เติมสี เสี่ยงตกที่บ	Polymethyl-metacrylate
POM	1.41	เหลวสีน้ำตาลเงินจาง ละลายเป็นหยด กลิ่นคล้าย formaldehyde	ไม่แตก เสี่ยงตกดังเหมือนเคาะประตู	Polyoxymethylene
CA	1.31	เปลวสีเหลืองมีประกายแลบ ละลายเป็นหยด กลิ่นคล้ายกรดน้ำส้ม และกระดากไหม้	ผิวไม่เป็นมัน เสี่ยงตกที่บ	Celluloseacetate
CAB	1.19	เปลวสีเหลืองมีประกายแลบ หยดขณะติดเปลว กลิ่นคล้ายเนย เหม็นเปรี้ยว	เสี่ยงตกที่บ	Celluloseaceto-butyrate
PC	1.20	เปลวสีเหลือง มีประกายแลบ หยดขณะ	เหนียว-แข็ง ไม่	Polycarbonate

ตาราง 8 (ต่อ)

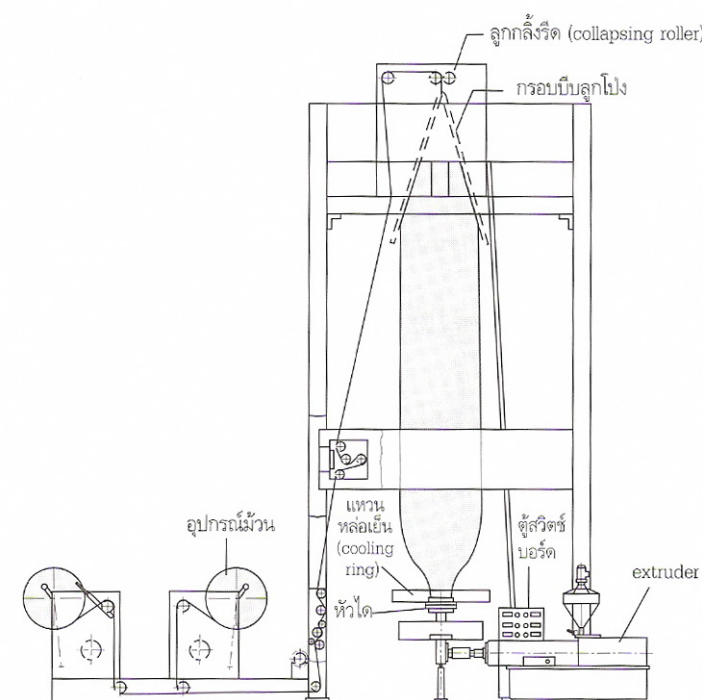
วัสดุ	ความหนาแน่น g/m ²	ลักษณะของการติดไฟ	ข้อสังเกตอื่น ๆ	วัสดุ
		ติดเปลว กลิ่นคล้ายเนย กลิ่นคล้ายฟีนอล	แตกหัก เสี่ยงตกเหมือนเคาะประตู	
PA	1.04-1.15	เปลวสีน้ำเงินขอบเหลือง ละลายเป็นหยด และเป็นไอน้ำ กลิ่นคล้ายเขาสัตว์	เหนียว-ยืดหยุ่น เสี่ยงตกที่บ	Polyamide
PF	1.40	ติดไฟยาก เปลวสีเหลือง มีเถ้าถ่าน (แยกเป็นชั้นๆ) มีกลิ่นฟีนอล และกลิ่นไหม้ของไม้	แตกหักยาก	Phenolic formaldehyde เติมผงไม้
UF	1.5	ติดไฟยาก ไหม้เป็นถ่าน มีขอบขาว มีกลิ่นแอมโมเนีย	เปราะ	Urea-formaldehyde
MF	1.5	ติดไฟยาก ไหม้เป็นถ่าน มีขอบขาว มีกลิ่นแอมโมเนีย	เปราะ	Melamine-formaldehyde
PF+MF	1.4	ติดไฟยาก ไหม้เป็นถ่าน มีขอบขาว มีกลิ่นฟีนอล แอมโมเนีย และซีเถ้า กระดาษ	เปราะ	Phenolic-formaldehyde+ melamine formaldehyde
UP	2.0	ติดเปลวได้ดี มีเถ้าถ่าน เขม่า มีกลิ่นสไตรีน และมีใยแก้วหลงเหลือจากการไหม้ไฟ	แตกหักยาก	Unsaturated polyester ผสมใยแก้วผงหิน
UP	1.35	เปลวสีเหลือง มีกลิ่นฉุน	แตกหักยาก	Unsaturated polyester เคลือบใยแก้ว
PUR	1.26			Polyurethane (rubber elastic)

1.5 กรรมวิธีการผลิตฟิล์มโดยการเป่า (Blown Film Extrusion)

ฟิล์มเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้อย่างแพร่หลาย ทั้งในชีวิตประจำวันและกิจการอื่น ๆ เช่น งานบรรจุภัณฑ์ในทางการเกษตร อุตสาหกรรม ทางการแพทย์ เป็นต้น วัสดุที่นำมาทำฟิล์มส่วนใหญ่จะใช้ LDPE HDPE AND LIDPE EVAPP AND PA ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ปัจจุบันมีผู้ประกอบการผลิตฟิล์มในประเทศอยู่มากมายและในบรรดากรรมวิธีผลิตภัณฑ์ที่ใช้กันนั้น การผลิตฟิล์มโดยวิธีเป่า (blown film extrusion) เป็นกรรมวิธีที่ใช้กันมากที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำ และเทคนิคการผลิตไม่ยุ่งยาก

ขั้นตอนการผลิตฟิล์ม

การผลิตจะเริ่มต้นจากการนำเอาพลาสติกมาหลอมใน extruder ซึ่งสกรูจะขับเป็นเนื้อพลาสติกเหลวไปผ่านหัวไดทรงกลม (circular die) ออกมาเป็นหลอดทรงกลม ซึ่งต่อมาหลอดจะถูกดึงขึ้นในทางตั้งและถูกเป่าให้พองออกเป็นลูกโป่ง (bubble) พร้อมๆ กันนั้นตรงบริเวณปากไดจะมีแหวนลมหล่อเย็น เป่าลมออกมาหล่อเย็นโดยรอบลูกโป่ง หลังจากนั้นลูกโป่งจะถูกชุดบีบ (collapsing unit) ซึ่งอยู่ด้านบนบีบให้แฟบก่อนที่จะถูกลูกกลิ้งรีดให้เรียบ เพื่อให้สามารถดึงไปม้วนเก็บด้วยเครื่องดึง (haul-off unit) ได้สะดวกในรูปที่เป็นลักษณะของเครื่องผลิตฟิล์มโดยการเป่า



ภาพประกอบ 12 เครื่องเป่าฟิล์ม

ที่มา: บรรเลง ศรีนิล. (2550). เทคโนโลยีพลาสติก. หน้า 117.

แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจระหว่างการฝึกอบรม
ของหลักสูตรการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจฉบับนี้เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกระหว่างการฝึกอบรมที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
2. โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุดในทุกข้อโดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
3. โปรดกากบาทหมายเลขตัวเลือกที่ 1-4 ตามที่ท่านคิดว่าถูกที่สุดในกระดาษคำตอบที่แจกให้เพียงตัวเลือกเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

คำอธิบายแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจระหว่างการฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในด้านความรู้ของการฝึกอบรม การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความรู้ที่ท่านได้รับจากการฝึกอบรมให้มากที่สุดในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

แบบทดสอบความรู้การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกใช้ทดสอบระหว่างการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก มีข้อสอบจำนวน 8 ข้อ ใน 1 ข้อมี 4 ตัวเลือก โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

คำชี้แจง : โปรดกากบาทตัวเลือก ก., ข., ค., ง ตัวเลือกใดที่ท่านคิดว่าถูกต้องที่สุดลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

คำสั่ง : แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกใช้ทดสอบระหว่างการฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก (เกณฑ์ประสิทธิภาพร้อยละ 85)

1. ข้อใดเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ
 - ก. ไบโอพอลิเมอร์
 - ข. พอลิเอสเทอร์
 - ค. พอลิเอทรีลีน
 - ง. พอลิสไตรีน
2. HDPE เป็นชื่อย่อของพลาสติกชนิดใด
 - ก. High Density Phenolic Ethylene
 - ข. High Density Plastic Ethylene
 - ค. High Density Polyethylene
 - ง. High Density Polyester

3. ถ้าพิจารณาจากชนิดของพอลิเมอร์ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนแล้วจะเปลี่ยนแปลงไป จะสามารถแบ่งได้ตามข้อใด

- ก. พอลิเมอร์ที่ใช้ในงานวิศวกรรมและพอลิเมอร์ที่ใช้ในงานสมรรถนะสูง
- ข. เทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซตติงพลาสติก
- ค. กาวและเส้นใย
- ง. พอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์

4. “การลดขนาดของพลาสติกแข็งโดยวิธีกล” หมายความว่าข้อใด

- ก. การแยก
- ข. การย่อย
- ค. การผสม
- ง. การตี

5. ข้อใดมิใช่วิธีการพินิจพลาสติก

- ก. การพินิจโดยการสังเกตเปลวไฟ และกลิ่นไอของพลาสติก
- ข. การพินิจโดยการดูลักษณะเมื่อได้รับความร้อน
- ค. การพินิจโดยการเจาะเนื้อพลาสติก
- ง. การพินิจโดยการสัมผัสผิว

6. พลาสติก HDPE มีช่วงหลอมละลายกี่ องศาเซลเซียส

- ก. 105-120
- ข. 125-135
- ค. 210-215
- ง. 250-260

7. ลักษณะเด่นของ Thermosetting Plastic เมื่อโดนความร้อนคือข้อใด

- ก. สามารถคืนรูปได้
- ข. ลุกเป็นเปลวไฟ
- ค. หลอมละลาย
- ง. แตก

8. พลาสติกประเภท LDPE และ HDPE มีลักษณะความคล้ายคลึงในด้านใด

- ก. ความแข็งแรง คงทนของวัสดุ
- ข. ลักษณะการติดไฟของวัสดุ
- ค. ความหนาแน่นของวัสดุ
- ง. รูปทรงของวัสดุ

เฉลยแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
หมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก

เฉลยแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมหมวดที่ 1	
คำถามข้อที่	คำตอบ
1	ก
2	ข
3	ข
4	ข
5	ค
6	ข
7	ง
8	ข

หมวดที่ 2

ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักร เป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และ การตรวจสอบคุณภาพ เบื้องต้น

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้
2. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย
3. มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น

เนื้อหา

2. เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกถือว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตถุงพลาสติก มีบทบาทควบคู่กับคนงานที่ต้องเข้ามาควบคุม ดังนั้นก่อนที่จะทำการปฏิบัติงาน จำเป็นที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรว่ามีการทำงานและส่วนประกอบอย่างไร ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.1 การเอกซ์ทรูด (Extrusion Processes)

การเอกซ์ทรูดเป็นกระบวนการแปรรูปหลักของอุตสาหกรรมพลาสติกชนิดหนึ่ง โดยทั่วไปจะนิยามกระบวนการแปรรูปชนิดนี้ว่าเป็น การทำให้วัสดุมีรูปร่างตามที่ต้องการโดยการอัดพลาสติกหลอมไหลผ่านหัวดายที่มีรูปร่างที่เหมาะสม การแปรรูปพลาสติกโดยการเอกซ์ทรูดจัดเป็นกระบวนการแปรรูปแบบต่อเนื่อง (continuous process) และผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป (semi-finished product) ที่ต้องนำไปเข้ากระบวนการชนิดอื่นต่อ เพื่อผลิตเป็นชิ้นงานขั้นสุดท้าย (finished product) ก่อนจะนำไปใช้งาน นอกจากอุตสาหกรรมการแปรรูปและการผลิตพอลิเมอร์แล้ว ยังมีการใช้เทคนิคการเอกซ์ทรูดในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การผลิตเซรามิกส์ การผลิตอิฐสำหรับงานก่อสร้าง และการแปรรูปอาหาร เป็นต้น

การเอกซ์ทรูดเทอร์โมพลาสติก ทำโดยการให้พลาสติกผง (powder) หรือเม็ด (pellets) หลอมเป็นเนื้อเดียว แล้วผลักดันโดยการหมุนของสกรูให้พลาสติกหลอมไหลผ่านหัวดาย ที่มีรูปร่างตามลักษณะชิ้นงานที่ต้องการผลิต พลาสติกหลอมจะแข็งตัวเมื่อออกจากดาย เนื่องจากการหล่อเย็น การเอกซ์ทรูดที่ยังไม่วัลคาไนซ์และพลาสติกในกลุ่มเทอร์โมเซตบางตัว ก็สามารถกระทำได้ แต่พอลิเมอร์ในกลุ่มนี้จะเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยง เนื่องจากความร้อนในขณะที่ทำการเอกซ์ทรูด

การเอกซ์ทรูดสามารถใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกในรูปแบบต่างๆ เช่น ผลิตเส้นใย (fiber) ท่อขนาดเล็ก (tube) ท่อขนาดกลางและขนาดใหญ่ (pipe) แผ่นพลาสติก (sheet) ฟิล์มพลาสติก (film) และชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นโพรไฟล์ (profiles) รูปแบบต่างๆ ความหมายของชิ้นงานจากเอกซ์ทรูดที่เป็นโพรไฟล์ในเทคโนโลยียางและพลาสติก หมายถึง ผลิตภัณฑ์จากการเอกซ์ทรูดแบบกึ่งสำเร็จรูปทั้งหมดยกเว้นกลุ่มชิ้นงานที่ผลิตจากตายรูปวงแหวนในกรณีผลิตท่อ ดायกลมซึ่งใช้ในการผลิตแท่งพลาสติกกลม ดायที่มีทางออกเป็นแท่งสี่เหลี่ยม และดાયสำหรับผลิตแผ่นและฟิล์มพลาสติก

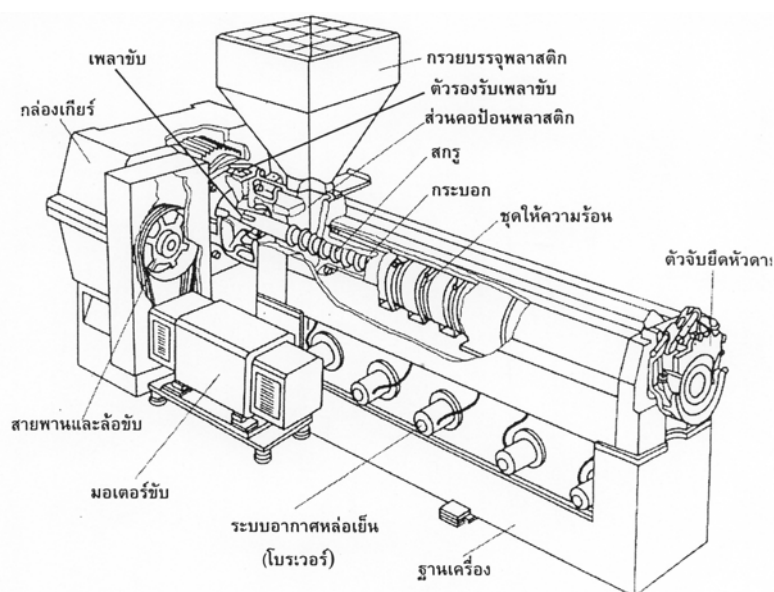
นอกจากการแปรรูปพลาสติกโดยตรงแล้ว ยังใช้เครื่องเอกซ์ทรูดเป็นอุปกรณ์หลักในเครื่องแปรรูปพลาสติกในชนิดต่างๆ เช่น การเคลือบพลาสติกลงบนวัสดุชนิดอื่น (extrusion covering process) การเอกซ์ทรูดเป่า (extrusion blow molding) และการเป่าฟิล์ม (extrusion blow film process) เป็นต้น

2.2 เครื่องเอกซ์ทรูด (Extruder Machine)

เครื่องเอกซ์ทรูด ที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกมีหลายชนิด ซึ่งเป็นการสรุปเครื่องหมายเอกซ์ทรูดชนิดต่างๆ จะเห็นว่าข้อแตกต่างระหว่างเครื่องเอกซ์ทรูดชนิดต่างๆ เหล่านี้ คือ ลักษณะการใช้งาน (mode of operation) ของเครื่อง ซึ่งแบ่งออกเป็นการใช้งานแบบต่อเนื่อง และแบบไม่ต่อเนื่อง เครื่องเอกซ์ทรูดที่ทำงานในลักษณะต่อเนื่องเป็นเครื่องเอกซ์ทรูดแบบที่มีสกรู (screw extruder) และ แบบดิสก์ (disk extruder) ส่วนเครื่องเอกซ์ทรูดที่ทำในลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง เป็นเครื่องที่มีสกรูเลื่อนไปมาในแนวแกนของสกรูได้ (reciprocating screw extruder) และเครื่องเอกซ์ทรูดแบบลูกสูบ (ram extruder) เครื่องเอกซ์ทรูดที่มีสกรูเลื่อนไปมาได้ ใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการฉีดพลาสติกเข้า (injection molding) ส่วนเครื่องเอกซ์ทรูดแบบลูกสูบ นิยมใช้เป็นเครื่องทดสอบรีโอโลยีของพอลิเมอร์ เช่น เครื่องทดสอบดัชนีการไหล (MFI tester) และ เครื่องรีโอมิเตอร์แบบคาปิลลารีและสลิต (capillary and slit rheometer)

2.2.1 เครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว (single screw extruder)

ส่วนประกอบหลักของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว แสดงรายละเอียดในภาพประกอบ 13 ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 13 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). กระบวนการแปรรูปพลาสติก. หน้า 73.

2.2.1.1 สกรู (Extruder Screws)

สกรูของเครื่องเอกซ์ทรูดเป็นสกรูแบบอาคีมิดีเยน (Archimedean screw) ซึ่งสกรูที่ใช้ในการแปรรูปเทอร์โมพลาสติก มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 25 ถึง 200 มิลลิเมตร มีความยาวเป็น 20 ถึง 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง (20–40 D) และใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนในช่วง 5 ถึง 500 กิโลวัตต์ หน้าที่หลักของสกรูของเครื่องเอกซ์ทรูดสรุปได้ดังนี้

- รับเม็ดหรือผงพลาสติกจากกรวยพลาสติกเข้ามาในกระบอก
- ผสมส่วนผสมต่างๆ คือ พลาสติก สารตัวเติม และสี เข้าด้วยกัน
- ทำให้พลาสติกเกิดการหลอมเป็นเนื้อเดียว
- ช่วยเพิ่มความดันของพลาสติกหลอม เพื่อเอาชนะแรงต้านทำให้สามารถส่งพลาสติกหลอมไปยังส่วนอื่นๆ ของสกรูและหัวตายได้
- ทำหน้าที่ในการส่งพลาสติกหลอมเข้าสู่ตาย

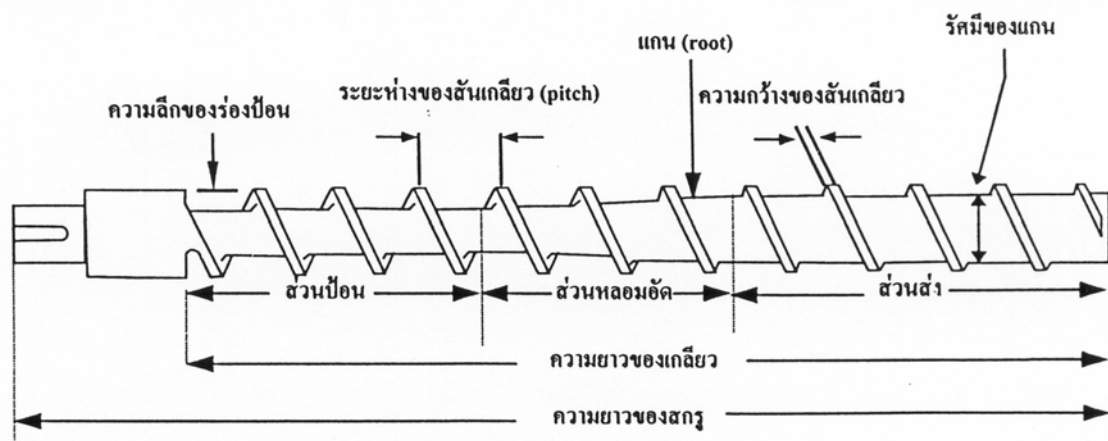
เพื่อทำหน้าที่ดังกล่าวข้างต้น สกรูของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว มักจะมีส่วนต่างๆ แยกออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนป้อน (feed หรือ solid conveying section) ส่วนหลอมอัด (compression หรือ transition หรือ plasticating zone) ส่วนส่งพลาสติกหลอม (metering หรือ melt pumping section) ตัวอย่างของสกรูของเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว แสดงดังภาพประกอบ 13

ส่วนป้อนของสกรูเป็นส่วนที่มีความลึกของร่องสกรูมากที่สุด และเป็นส่วนที่ประกอบด้วยเกลียวในช่วงแรกซึ่งมีระยะสั้นๆ มีหน้าที่หลัก คือการดึงเม็ดหรือผงพลาสติกจากกรวยเติมพลาสติก

ลงในกระบอก เริ่มให้ความร้อนแก่พลาสติก และทำให้เกิดการผสมของพลาสติกกับวัสดุชนิดต่างๆ เช่น สารตัวเติม และสี นอกจากนี้ส่วนป้อนยังทำหน้าที่ในการส่งพลาสติกไปยังส่วนต่อไปของสกรู การออกแบบสกรูในส่วนนี้มีความสำคัญ กล่าวคือ ต้องออกแบบให้ความลึกและความยาวของร่องของสกรูในส่วนนี้ บรรจุพลาสติกได้มากพอที่จะป้อนเข้าสู่ส่วนต่อไปคือส่วนหลอมอัด โดยไม่เกิดสภาวะการขาดพลาสติก (starvation) แต่ความพองในส่วนหลอมอัดของสกรู ดังนั้นการออกแบบสกรูในส่วนนี้ต้องคำนึงถึงชนิดของพลาสติกที่ใช้เอ็กซ์ทรูด และระดับแรงเสียดทานระหว่างสกรูกับกระบอกด้วย

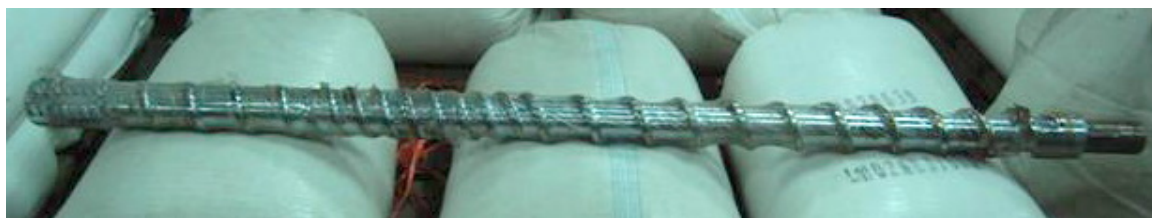
ลักษณะของสกรูในส่วนหลอมอัด ความลึกของร่องเกลียวจะค่อยๆ ลดลงเพื่อให้เกิดแรงดันของพลาสติกหลอม และทำให้ความหนาของชั้นพลาสติกที่ห่อหุ้มสกรูลดลง จึงเกิดการส่งผ่านความร้อนจากกระบอกได้ดีขึ้น ความร้อนและแรงเสียดทานเนื่องจากการหมุนของสกรูในช่วงนี้จะสูงมาก ทำให้พลาสติกการหลอมผสมกันเป็นเนื้อเดียวกัน โดยพลาสติกหลอมที่ไหลออกจากส่วนนี้ จะมีอุณหภูมิเท่ากับหรือใกล้เคียงอุณหภูมิของการแปรรูป ค่าอัตราส่วนระหว่างความลึกของร่องสกรูในส่วนป้อนกับส่วนหลอมอัด เรียกว่าอัตราส่วนการอัด (compression ratio, CR) ของสกรู ซึ่งในกรณีสกรูของเครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยวมีค่า CR อยู่ในช่วง 2:1 ถึง 6:1 ซึ่งค่า CR ของสกรูขึ้นกับชนิดของพลาสติกที่ใช้ในการเอ็กซ์ทรูด

ส่วนสุดท้ายของสกรูคือส่วนส่งพลาสติกหลอม ลักษณะของสกรูจะมีความลึกของร่องเกลียวคงที่ แต่มีความลึกน้อยกว่าในส่วนป้อน พลาสติกหลอมในส่วนนี้将有ความดันเพิ่มขึ้น และมีความเป็นเนื้อเดียวอย่างสมบูรณ์ และจะเสถียรอยู่ภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน



ภาพประกอบ 14 ลักษณะสกรูของเครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). *กระบวนการแปรรูปพลาสติก*. หน้า 75.

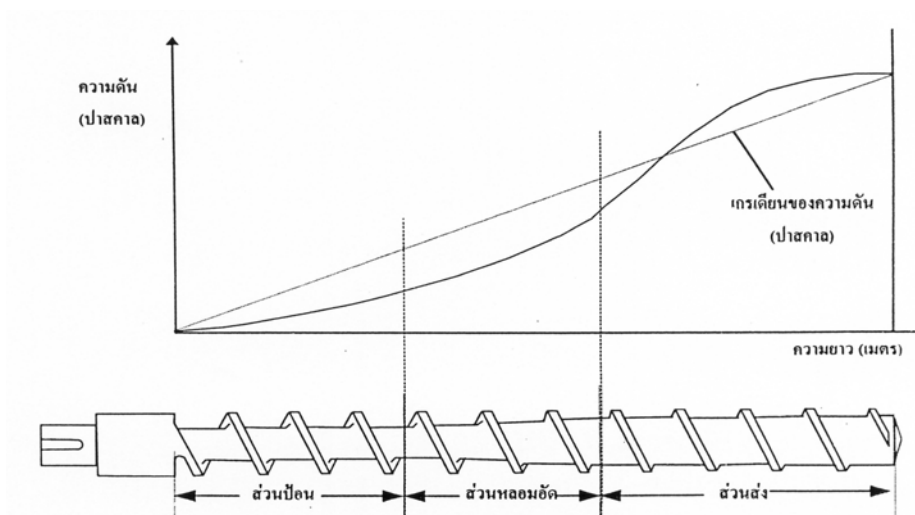


ภาพประกอบ 15 สกรูเครื่องเอกซ்தูดแบบสกรูเดี่ยว



ภาพประกอบ 16 ส่วนหัวสกรู

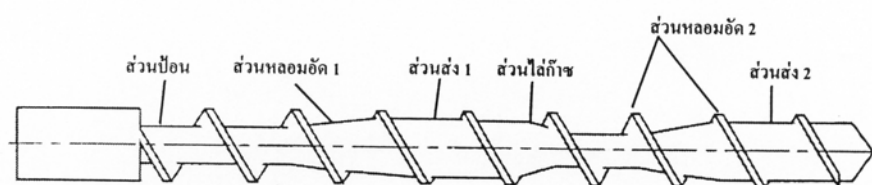
ความดันที่เกิดขึ้นในขณะที่สกรูหมุน มีความสำคัญต่อการส่งพลาสติกจากรวยเต็มพลาสติก ไปยังหัวตายมาก ลักษณะการเพิ่มของความดันของพลาสติกที่ส่วนต่างๆ ของสกรูแสดงดังภาพประกอบ 17 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความดันจะเพิ่มขึ้นจากส่วนป้อน และมีค่าสูงสุดที่ส่วนปลายของสกรู ถ้าเป็นสกรูที่ส่วนส่งสั้น อาจจะทำให้เกิดความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีลักษณะเป็น ฟิคที่บริเวณปลายสกรู ดังนั้นจึงต้องกำหนดความยาวของสกรูในส่วนต่างๆ ให้เหมาะสมซึ่งมักจะขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกที่ทำการเอกซ்தูด



ภาพประกอบ 17 ความดันของพลาสติกหลอมที่ส่วนต่างๆ ของสกรู

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). *กระบวนการแปรรูปพลาสติก*. หน้า 75.

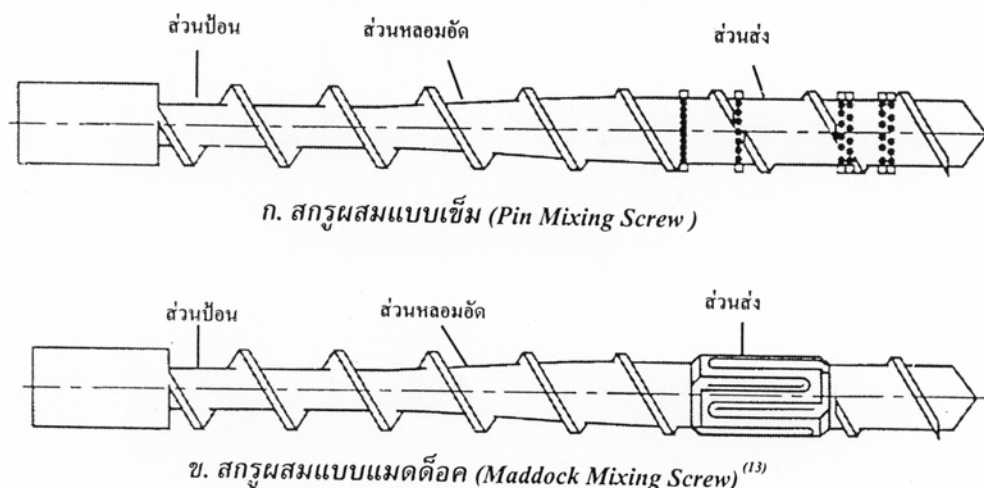
ในเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยวนอกจากใช้สกรูดังแสดงในภาพประกอบ 14 ซึ่งเป็นสกรูแบบธรรมดาแบบขั้นเดียว (single-stage screws) แล้ว ในการเอกซ์ทรูดพอลิเมอร์บางชนิดจำเป็นต้องใช้สกรูที่เป็นสกรูแบบสองขั้น (two-stage screws) ซึ่งมีเพิ่มส่วนที่ใช้ในการไล่ก๊าซออก (venting zone) นอกจากนี้ยังมีส่วนหลอมอัดและส่วนส่งส่วนที่สอง ซึ่งแสดงลักษณะดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 แสดงสกรูแบบสองขั้น (Two-Stage Venting Screws)

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). *กระบวนการแปรรูปพลาสติก*. หน้า 76.

นอกจากนี้การเอกซ์ทรูดพลาสติกบางชนิด ทำให้พลาสติกหลอมเป็นเนื้อเดียวได้ยากมาก จึงต้องออกแบบส่วนของสกรูที่ช่วยในการผสม เรียกสกรูในกลุ่มนี้ว่า สกรูผสม (mixing screw) ตัวอย่างของสกรูในกลุ่มนี้ เช่น สกรูผสมแบบเข็ม (pin mixing screw) และ สกรูผสมแบบแมดด็อก (Maddock mixing screw) เป็นต้น ลักษณะของสกรูสองชนิดนี้แสดงดังในภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 แสดงตัวอย่างสกรูที่ใช้ในการผสม

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). กระบวนการแปรรูปพลาสติก. หน้า 76.

2.2.1.2 กระบอก (Cylinder หรือ Barrel)

หน้าที่ของกระบอกในเครื่องเอกซ์ทรูดคือเป็นตัวบรรจุสกรูไว้ภายใน และเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนแก่พลาสติก ขนาดกระบอกของเครื่องเอกซ์ทรูด โดยทั่วไปมีตั้งแต่ขนาดเล็ก เช่น มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเครื่องเอกซ์ทรูดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ สำหรับเครื่องเอกซ์ทรูด สำหรับเครื่องเอกซ์ทรูดที่ใช้กันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 65 ถึง 200 มิลลิเมตร แต่ยังมีเครื่องเอกซ์ทรูดที่มีขนาดใหญ่มาก คือ กระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 600 มิลลิเมตร ซึ่งมีความยาวประมาณ 15 เมตร ซึ่งใช้ในโรงงานผลิตพลาสติก

โดยทั่วไปกระบอกในส่วนป้อนพลาสติก ซึ่งอยู่ด้านล่างกรวยเติมพลาสติก จะมีการใช้น้ำหล่อเย็นเพื่อป้องกันพลาสติกติดกันเป็นก้อน ให้พลาสติกไหลลงส่วนป้อนของสกรูได้สะดวกขึ้น ส่วนของกระบอกนอกเหนือจากส่วนนี้จะห่อด้วยแผ่นตัวให้ความร้อนเป็นช่วงๆ นอกจากนี้รอบๆ กระบอกจะมีระบบพัดลมเป่าหรือระบบน้ำหล่อเย็น เพื่อควบคุมอุณหภูมิของพลาสติกหลอมให้ได้ตามอุณหภูมิที่ตั้ง หากความร้อนสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ระบบหล่อเย็นจะทำงาน

วัสดุที่ใช้ทำกระบอกต้องเป็นวัสดุที่ทนต่อการขัดสีและการกัดกร่อน และต้องทนต่อความดันสูงมาก ในกรณีการผลิตแผ่นพลาสติกโดยการเอกซ์ทรูด ความดันที่เกิดขึ้นในกระบอกประมาณ 70 MPa และความดันในกระบอกของหน่วยหลอมพลาสติกของเครื่องฉีดพลาสติกอาจจะสูงถึง 210 MPa กระบอกของเครื่องเอกซ์ทรูดก่อนหน้านี้ไม่กี่ปี นิยมใช้กระบอกที่ทำจากเหล็กผสมด้วยอัลลอยด์ แล้วนำไปทำไนไตรด์ (nitriding) ซึ่งทำโดยการให้ความร้อนแก่เหล็กและอัลลอยด์ ภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจนซึ่งจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับอัลลอยด์ ได้โลหะที่มีพื้นผิวที่แข็งมาก แต่ในปัจจุบันนิยม

ทำกระบอกของเครื่องเอกซเรย์ทูลูต จากการใช้โลหะสองชนิด (bimetallic barrel) ด้านนอกเป็นอัลลอยด์ของอลูมิเนียม ส่วนด้านในซึ่งเป็นชั้นบาง มีความหนาน้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร ทำจากวัสดุที่ทนต่อการขัดสี การสึกกร่อน และมีความแข็งแรงสูง ซึ่งจะเป็นการผสมอัลลอยด์ชนิดต่างๆ ของ เหล็ก นิกเกิล โครเมียม อัลลอยด์ของคาร์บอนและโครเมียม เป็นส่วนนอกของกระบอกจะเป็นอัลลอยด์ของอลูมิเนียม ซึ่งมีการนำความร้อนดีมาก โลหะส่วนนี้จะออกแบบให้สามารถติดตั้งตัวให้ความร้อน ชุดหล่อเย็น และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ (เช่น sensors) โดยทั่วไปจะแบ่งกระบอกออกเป็น 4 ถึง 6 ช่วง ซึ่งในแต่ละช่วงจะมีการติดตั้งชุดให้ความร้อน เทอร์โมคัพเพิลสำหรับการควบคุมอุณหภูมิ โดยจะเจาะรูเพื่อให้ปลายเทอร์โมคัพเพิลฝังตัวในผนังกระบอกลึกประมาณ 3 ถึง 5 มิลลิเมตร



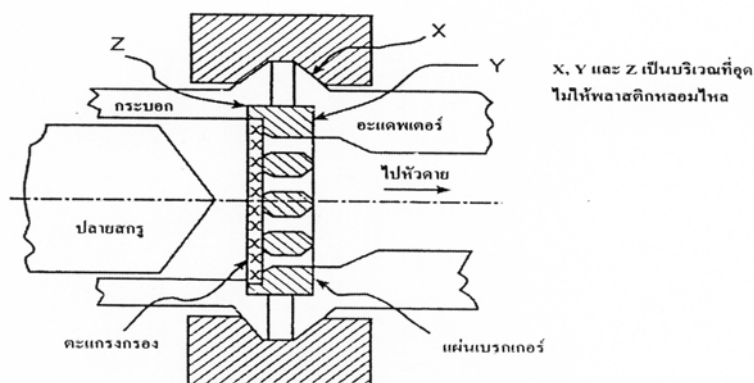
ภาพประกอบ 20 กระบอกท่อนหน้าและท้าย



ภาพประกอบ 21 ลักษณะการสวมสกรูเข้าสู่กระบอก

2.2.1.3 แผ่นเบรก ตะแกรงกรอง และอะแดปเตอร์ (Breaker Plate, Screen Pack and Adapter)

ส่วนปลายของกระบอกของเครื่องเอกซเรย์ทูลด จะมีอะแดปเตอร์เป็นแผ่นโลหะกลมที่เจาะรูที่มีเส้นเบรกเกอร์ ซึ่งแสดงรายละเอียดดังภาพประกอบ 21 แผ่นเบรกเกอร์เป็นแผ่นโลหะกลมที่เจาะรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 ถึง 5 มิลลิเมตร จำนวนมาก ทำหน้าที่ในการปรับเปลี่ยนลักษณะการไหลเป็นเกลียว เนื่องจากการหมุนของสกรูให้มีลักษณะการไหลที่เป็นลามินาร์มากขึ้น และช่วยให้พลาสติกหลอมเกิดการผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีขึ้น พลาสติกที่ไหลออกมาจากแผ่นเบรกเกอร์มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันมากขึ้น นอกจากนี้แผ่นเบรกเกอร์ยังทำหน้าที่ในการรองรับตะแกรงกรอง ซึ่งทำหน้าที่ในการกรองไม่ให้สิ่งสกปรกและพลาสติกที่ไม่หลอมไหลผ่านหัวตาย ซึ่งวัสดุเหล่านี้ถ้าหลุดเข้าไปในตายจะทำให้ชิ้นงานมีจุดบกพร่อง



ภาพประกอบ 22 ภาพตัดขวางแสดงตะแกรงกรอง แผ่นเบรกเกอร์และอะแดปเตอร์

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). กระบวนการแปรรูปพลาสติก. หน้า 78.



ภาพประกอบ 23 อะแดปเตอร์



ภาพประกอบ 24 อะแดปเตอร์ตัวรองรับตะแกรง



ภาพประกอบ 25 ลักษณะการประกอบเข้าของอะแดปเตอร์กับชุดเบรกเกอร์

ตะแกรงกรองมักจะใช้ประมาณ 3 ถึง 5 ชั้นวางซ้อนกัน มักจะทำมาจากโลหะหรือผ้าชนิดพิเศษ โดยวางเรียงให้ตะแกรงที่มีรูขนาดใหญ่ที่สุด (20 ถึง 40 mesh) อยู่ติดกับแผ่นเบรกเกอร์ แล้วซ้อนตะแกรงที่มีรูขนาดเล็กลงตามลำดับ เช่น 40 60 และ 80 เมท ตามลำดับ

อะแดปเตอร์ทำหน้าที่ในการยึดแผ่นเบรกเกอร์ และกำหนดทิศทางให้พลาสติกหลอมไหลไปยังส่วนหัวตาย นอกจากนี้ในส่วนอะแดปเตอร์มักจะมีการติดตั้งตัวให้ความร้อนชุดวัดอุณหภูมิและความดันของพลาสติกหลอมที่ไหลเข้าตาย

2.2.1.4 ชุดรองรับแรงเนื่องจากความดันของพลาสติกหลอม (Thrust Bearing)

การหมุนของสกรูทำให้เกิดความดันของพลาสติกหลอมภายในกระบอกลูกสูบ จึงต้องออกแบบให้กระบอกลูกสูบมีความหนาพอที่จะรองรับความดันที่เกิดขึ้นได้ ส่วนของสกรูด้านตรงกันข้ามกับหัวตายจะเป็นส่วนที่รองรับแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดันในกระบอกลูกสูบ ซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดันในกระบอกลูกสูบ ตัวอย่างกรณีสกรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 นิ้ว ถ้าสกรูหมุนจนพลาสติกหลอมที่มีความดันภายในกระบอกลูกสูบ 20 MPa ทำให้เกิดแรงในทิศทางตรงกันข้ามที่ส่วนหลังของสกรูถึง 205 กิโลนิวตัน (20.5 ตัน) ซึ่งเป็นแรงในระดับที่สูงมาก



ภาพประกอบ 26 ชุดรองรับแรงเนื่องจากความดันของพลาสติกหลอม

การรับแรงที่ส่วนหลังของสกรู จำเป็นต้องใช้ชุดอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการรองรับแรง ซึ่งวางตัวอยู่ส่วนหลังของเครื่องเอกซ์ทรูดติดกับสกรู โดยทั่วไปส่วนท้ายของสกรูจะถูกล็อกเข้ากับเพลลาขับ (thrust shaft) ลูกปลาย (ball bearing) หรือบรอนซ์ (bronze bearing) บริษัทผู้ผลิตส่วนใหญ่มักจะการันตีเครื่องเอกซ์ทรูดที่ผลิตว่า สามารถใช้งานชุดรองรับแรงได้ถึง 100,000 ชั่วโมง (10 ถึง 14 ปี) ถ้าให้ความดันของพลาสติกหลอมมีค่าประมาณ 35 MPa และให้สกรูหมุนด้วยอัตรา 100 รอบต่อนาที (rpm)

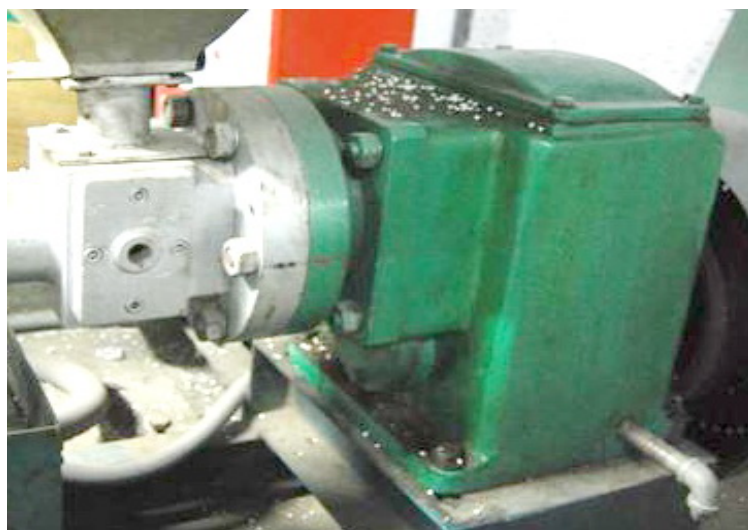
2.2.1.5 ระบบเกียร์ทดและมอเตอร์ขับ (Reduction Gear and Drive Motor)

กำลังที่ใช้ในการขับให้สกรูหมุน ได้มาจากมอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วของการหมุนได้ โดยมอเตอร์จะต่อกับระบบเกียร์ทดและเพลลาขับ เพื่อกำหนดความเร็วในการหมุนและทอร์กของสกรู อัตราเร็วของการหมุนสกรูจะอยู่ในช่วง 5 ถึง 150 รอบต่อนาที (rpm) โดยทั่วไประบบเกียร์ทดและมอเตอร์จะต้องให้สกรูหมุนด้วยอัตราคงที่ มีทอร์กสูงที่ทุกค่าของอัตราการหมุน และไม่มีการกระตุก

ของสกรูขณะทำการเปลี่ยนอัตราการหมุนอย่างต่อเนื่องมอเตอร์ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์ (commutator motor) และมอเตอร์กระแสตรง (DC-motor) ซึ่งมีกำลังขับอยู่ในช่วง 5 กิโลวัตต์ (ใช้กับสกรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร) ถึง 500 กิโลวัตต์ (ใช้กับสกรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร)



ภาพประกอบ 27 มอเตอร์ขับ



ภาพประกอบ 28 ระบบเกียร์ทด

2.2.1.6 กรวยเติมพลาสติก (Feed Hopper)

อุปกรณ์ใช้เติมพลาสติกลงในกระบอกลูกและสกรู โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นกรวยเม็ดหรือผงพลาสติกจะตกลงที่สกรู เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นผิวภายในของกรวยเติมจะมีความมันเพื่อลดแรงเสียดทาน และมักจะมี ความชันมากพอที่จะให้พลาสติกไหลได้ เพื่อประสิทธิภาพในการใช้งาน กรวยเติมมักจะมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

- ฝาปิดเพื่อใช้ในการป้องกันฝุ่นละอองและความชื้นเข้ามาปะปนกับพลาสติก
- มีหน้าต่างแก้วหรือพลาสติกใสสำหรับสังเกตระดับของวัสดุภายในกรวยเติม
- ลิ้นที่ส่วนล่างของกรวยเติม เพื่อให้สามารถหิดและเปิดให้พลาสติกไหล และหยุดได้
- ในเครื่องเอกซ์ทรูดบางชนิดจะมีเครื่องเป่าอากาศร้อนเพื่อไล่ความชื้น ติดตั้งไว้ในส่วนของกรวยเติม หรือในบางกรณีต้องการเพิ่มอุณหภูมิของพลาสติกก่อนที่จะป้อนเข้าสู่สกรู
- อาจมีเครื่องกวน (agitator) เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดหรือผงพลาสติกติดกันเป็นก้อน



ภาพประกอบ 29 กรวยเติมพลาสติก



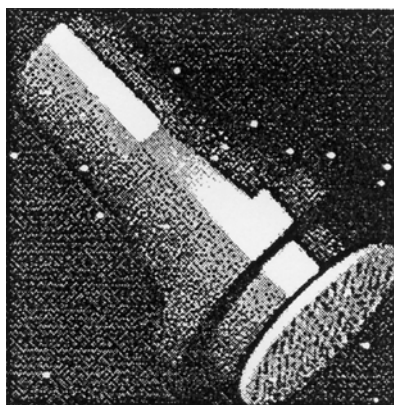
ภาพประกอบ 30 เครื่องดูดสุญญากาศ

การเติมเม็ดหรือผงพลาสติกลงในกรวยเติม ของเครื่องเอกซ์ทรูดในอุตสาหกรรมมักจะใช้เครื่องดูดแบบสุญญากาศ ในการดูดเม็ดหรือผงพลาสติกจากกระสอบหรือถุง ลงในกรวยเติมพลาสติก

2.2.1.7 ดายของเครื่องเอกซ์ทรูด (Extrusion Dies)

ดายของเครื่องเอกซ์ทรูดเป็นส่วนที่ยึดติดกับส่วนปลายของกระบอกลูก ต่อจากแผ่นเบรกเกอร์ และตะแกรงกรอง ดายทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลาสติกหลอมให้มีรูปร่างตามลักษณะของหัวดาย ซึ่งโดยทั่วไปชิ้นงานพลาสติกจากการเอกซ์ทรูดมีรูปร่างหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ดายของเครื่องเอกซ์ทรูดจะมีลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับรูปร่างของชิ้นงานที่ทำการเอกซ์ทรูด ซึ่งสามารถแบ่งชนิดของดายออกตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต คือ เส้นใย แผ่นพลาสติก ฟิล์มพลาสติก ท่อ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นโพรไฟล์ และผลิตภัณฑ์พลาสติกจากการเคลือบ เป็นต้น

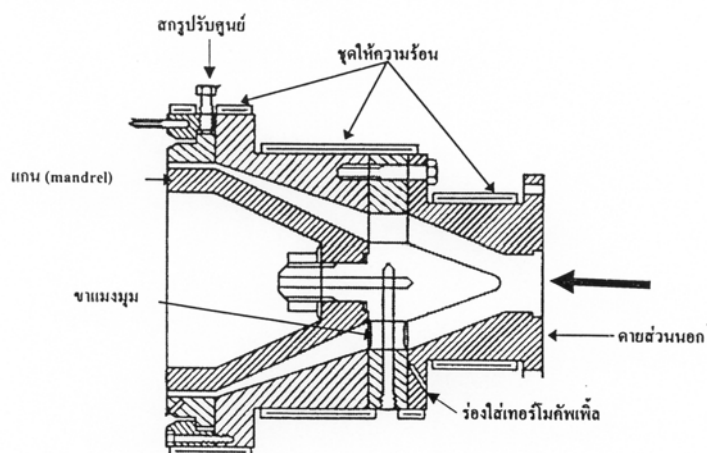
การผลิตเส้นใยพลาสติก ผลิตจากดายที่มีลักษณะเป็นแผ่น (plate die) และเจาะรูจำนวนมาก ลักษณะของรูอาจมีรูปร่างต่าง ๆ เช่น เป็นคาปิลลารี รูสามเหลี่ยม รูหกเหลี่ยมและรูแปดเหลี่ยม เป็นต้น เรียกดายในลักษณะนี้ว่า สปินเนอร์ (spinneret) ซึ่งแสดงลักษณะดังภาพประกอบ 30 วิธีการผลิตเส้นใยทำได้โดยการเอกซ์ทรูดให้พลาสติกหลอมไหลผ่าน รูของสปินเนอร์แล้ว พัดด้วยลูกล่อม้วนหลังจากนั้นดึงให้ยืดออกประมาณ 10 ถึง 15 เท่าในขณะที่ทำการหล่อเย็น ตัวอย่างของพอลิเมอร์ที่นิยมใช้ในการผลิตเส้นใย เช่น ไนลอน -6 พอลิทีลีนเทอร์ เฟรเทอร์เลท (PET) และพอลิโพรไพลีน



ภาพประกอบ 31 แสดงลักษณะของสปินเนอร์ (Spinneret)

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). *กระบวนการแปรรูปพลาสติก*. หน้า 81.

ดายที่ใช้ในการผลิตท่อพลาสติก มีลักษณะเหมือนหรือคล้ายกับดายที่ใช้ในการผลิตท่อพาริสัน ในกรณีการเป่าฟิล์มพลาสติก ตัวอย่างของดายที่ใช้ในการผลิตท่อ แสดงดังในภาพประกอบ 32 ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก คือ ตัวดายส่วนนอก และส่วนแกน (mandrel) ดายสองส่วนยึดติดกันด้วย ขาแมงมุม (spider legs) ทำให้เกิดรูปร่างของดายเป็นวงแหวน ส่วนนอกของดายจะห่อหุ้มด้วยชุดให้ความร้อนไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีปั๊มสำหรับศูนย์ของดาย



ภาพประกอบ 32 แสดงตายสำหรับการเอ็กซ์ทรูด

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). กระบวนการแปรรูปพลาสติก. หน้า 81.

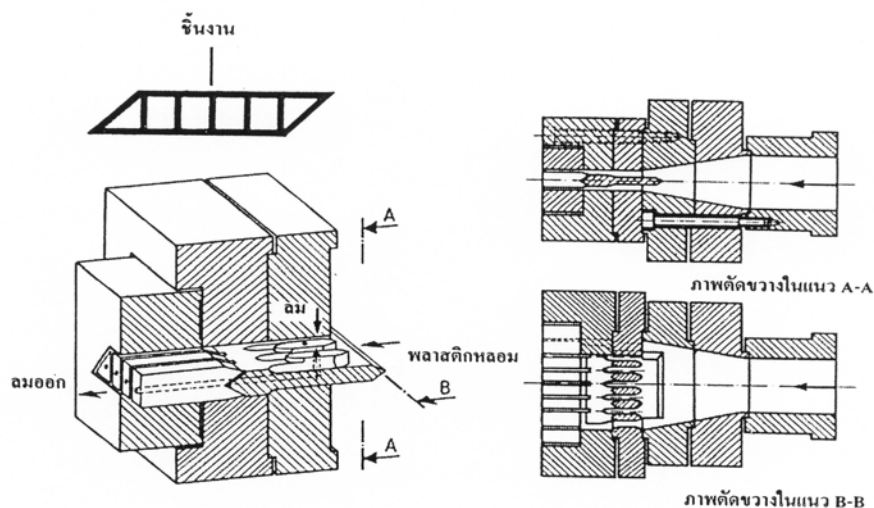


ภาพประกอบ 33 ชุดหัวตาย



ภาพประกอบ 34 เลือของหัวตาย

การผลิตชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นโพรไฟล์ ใช้ตายที่มีรูปแบบต่างๆ ขึ้นอยู่กับรูปร่างของโพรไฟล์ชนิดนั้นๆ ตัวอย่างของตายที่ใช้ในการเอกซ์ทรูดโพรไฟล์ แสดงดังในภาพประกอบ 35 ซึ่งเป็นการผลิตโพรไฟล์ที่มีลักษณะกลวงหลายช่อง ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้ลมเป่า เพื่อป้องกันไม่ให้พลาสติกหลอมรวบติดกันที่ทางออกของตาย



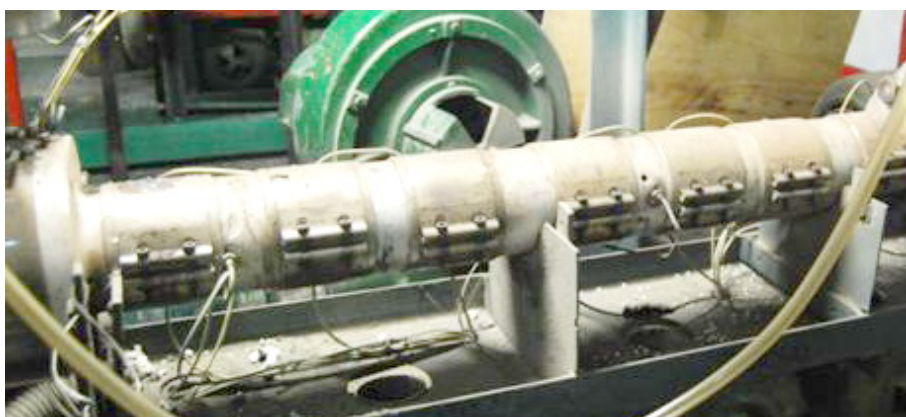
ภาพประกอบ 35 แสดงตายสำหรับการเอกซ์ทรูดที่ใช้ในการผลิตโพรไฟล์กลวง

ที่มา: เจริญ นาคะสรรค์. (2547). กระบวนการแปรรูปพลาสติก. หน้า 83.

การออกแบบตายสำหรับการเอกซ์ทรูดมักจะเจอการบวมพอง (die swell) ที่หัวตายเสมอ ตัวอย่างการผลิตชิ้นงานที่เป็นแท่งสี่เหลี่ยมถ้าให้รูปผลิตภัณฑ์ ที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยม แต่ถ้าการสร้างตายเพื่อเจอการเกิดการบวมพองที่หัวตายโดยให้มีลักษณะเว้าเข้าที่ด้านทั้งสี่ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สี่เหลี่ยมตามต้องการ

2.2.1.8 ชุดให้ความร้อนและหล่อเย็น

การให้ความร้อนแก่พลาสติกที่อยู่ในกระบอกรอบ ทำได้โดยการใช้ชุดตัวให้ความร้อนไฟฟ้าหุ้มรอบกระบอกรอบ แบ่งออกเป็นช่วงๆ ประมาณ 4 ถึง 6 ชุด ซึ่งตัวให้ความร้อนเหล่านี้จะต่อกับตัวควบคุม เพื่อให้สามารถปรับเพิ่มและลดอุณหภูมิของแต่ละช่วงได้อย่างอิสระ ตัวควบคุมอุณหภูมิจะต้องมีประสิทธิภาพในการปรับอุณหภูมิให้คงที่ กล่าวคือ ให้อุณหภูมิมีค่าผิดพลาดไม่เกิน $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ของค่าที่ตั้งไว้ ถ้าอุณหภูมิของกระบอกรอบสูงเกินไปตัวควบคุมจะทำให้ตัวหล่อเย็นทำงาน โดยทั่วไปตัวหล่อเย็นจะเป็นพัดลมเป่า (blower) ซึ่งติดตั้งเป็นช่วงตามจำนวนช่วงของชุดให้ความร้อน หรือในเครื่องเอกซ์ทรูดรุ่นใหม่มักจะใช้น้ำที่ให้ผ่านท่อทองแดงที่พันรอบกระบอกรอบ เป็นตัวช่วยในการควบคุมอุณหภูมิของกระบอกรอบ นอกจากนี้ที่บริเวณคอ (throat) ของกรวยเติมพลาสติก จะมีน้ำหล่อเย็นไหลตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อไม่ให้พลาสติกจับตัวกันเป็นก้อน กีดขวางเส้นทางการไหลลงสู่กระบอกรอบ



ภาพประกอบ 36 ชุดให้ความร้อน

2.3 อุปกรณ์ประกอบหลังการเอกซ์ทรูด

หลังจากที่พลาสติกหลอมไหลผ่านหัวตายเกิดรูปร่างตามที่ต้องการแล้ว มีความจำเป็นที่จะต้องรักษารูปร่างนั้นไว้ จนกว่าพลาสติกจะแข็งตัว แล้วดึงเอาชิ้นงานที่ผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ทำการตัดให้มีความยาวตามที่ต้องการหรือทำการม้วนพับเก็บ

2.3.1 อุปกรณ์ปรับขนาด (Calibrator หรือ Sizing Systems)

หน้าที่ของหน่วยปรับขนาดคือ ทำให้ลักษณะรูปร่างและพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานเป็นไปตามที่ต้องการโดยทำให้เกิดการแข็งตัวของพลาสติกหลอม จากการสัมผัสกับหัวตายของหน่วยปรับขนาดเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความหนาพอที่จะส่งไปยังหน่วยดึง (take-off หรือ haul-off unit) ได้

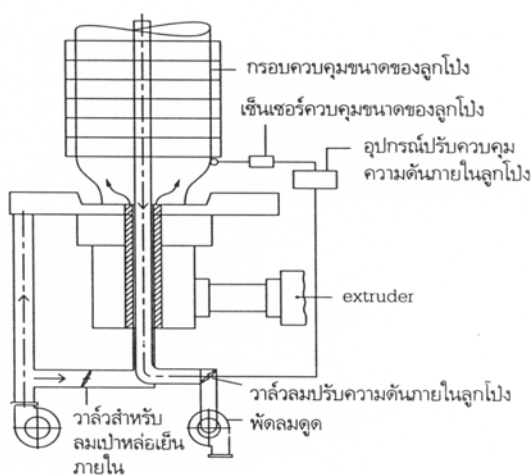
2.3.1.1 อุปกรณ์ปรับขนาดภายนอกโดยใช้ลม (External Calibrator with Compressed Air)

อุปกรณ์ปรับขนาดภายนอกหมายถึงอุปกรณ์ปรับขนาดที่กำหนดลักษณะรูปร่างภายนอกของชิ้นงานเท่านั้น ซึ่งได้รับความนิยมอย่างสูงในการเอกซ์ทรูดท่อ ซึ่งมักจะกำหนดมาตรฐานจาก

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก อุปกรณ์ปรับขนาดภายนอกโดยใช้ลมเป่า ใช้กับการปรับขนาดกับการผลิตท่อเท่านั้นโดยเฉพาะท่อที่เอกซ์ทรูดจากพีวีซี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 355 มิลลิเมตร และท่อพอลิโอลิฟินด์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 110 มิลลิเมตร ในการปรับขนาดแบบนี้จะใช้ลมที่แรงดันประมาณ 0.2 ถึง 1 บาร์ ต่อผ่านแกน (mandrel) เข้าไปในท่อร้อนเพื่อให้ผนังด้านนอกของท่อกระทบกับตายหรือปลอก (Sleeve) ของเครื่องปรับขนาด ซึ่งหล่อเย็นด้วยระบบน้ำหมุนเวียน การต่อลมจะต้องให้ปลายของท่อปิด ซึ่งถ้าเป็นท่อขนาดเล็กจะปิดจากการม้วนพับท่อ แต่ถ้าเป็นท่อขนาดใหญ่จะใช้ปลั๊กซึ่งประกอบด้วยวงแหวนยางจำนวนมากในการอุดรูท่อ ตัวปลั๊กจะต่อกับแกนโดยใช้เชือกหรือโซ่หลังจากที่พลาสติกหลอมแข็งตัวในตายของเครื่องปรับอากาศ ผ่านชั้นงานให้ผิวนอกของท่อสัมผัสกับน้ำหล่อเย็นโดยตรง

2.3.1.2 การหล่อเย็นภายในลูกโป่ง (Internal Bubble Cooling)

การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตฟิล์มเป่าในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาระบบการหล่อเย็นฟิล์มให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยการส่งลมเข้าไปทาการหล่อเย็นภายในลูกโป่ง แทนที่จะหล่อเย็นภายนอกอย่างเดียวโดยหลักการแล้วการหล่อเย็นฟิล์มทั้งด้านในและด้านนอกจะทำให้สามารถเป่าลมหล่อเย็นภายนอกด้วยความเร็วสูงได้ เนื่องจากมีการควบคุมความดันภายในลูกโป่งได้คงที่ ทำให้สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนสูงขึ้น และการแลกเปลี่ยนลมเป่าภายในลูกโป่งจะทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในลูกโป่งไม่ร้อนมาก โดยหลักการนี้จะทำให้ผลผลิตสูงขึ้นกว่าการหล่อเย็นภายนอกอย่างเดียว 30-50% ดังภาพประกอบ 37 แสดงการควบคุมลูกโป่งในการหล่อเย็นภายใน



ภาพประกอบ 37 แสดงการควบคุมลูกโป่งในการหล่อเย็นภายใน

ที่มา: จากหนังสือ Plastics Extrusion Technology, Hanser Publishers.



ภาพประกอบ 38 ลูกโป่งพลาสติกขนาดทำการหล่อเย็น

การทำงานควบคุมขนาดของลูกโป่งให้อยู่ในพิสัยที่กำหนด โดยพัฒนาจะเป่าลมเย็นเพื่อหล่อเย็นภายนอกเป็นส่วนใหญ่และส่วนหนึ่งจะผ่านวาล์วเข้าไปยังลูกโป่ง เพื่อทำการเป่าลูกโป่งให้พองและทำการหล่อเย็นภายใน นอกจากนี้จะต้องมีพัดลมดูดลมออกโดยผ่านวาล์วลมให้ปริมาณอากาศภายในลูกโป่งคงที่ ถ้าความดันภายในลูกโป่งมากเกินไป เซ็นเซอร์ควบคุมลูกโป่งจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมความดันภายในลูกโป่งให้ลดปริมาณลมลง และในทางตรงข้าม ถ้าความดันภายในลูกโป่งต่ำเกินไป เซ็นเซอร์ควบคุมลูกโป่งจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมความดันภายในลูกโป่งให้เปิดวาล์วลมหล่อเย็นภายในให้มากขึ้นเพื่อปรับความสมดุลของความดันภายในลูกโป่ง

2.3.1.3 อุปกรณ์ดึงและม้วนฟิล์ม

อุปกรณ์ดึงและม้วนฟิล์มจะประกอบด้วย กรอบบีบลูกโป่ง (collapsing frame) และลูกกลิ้งบีบ (collapsing rolls) หลังจากนั้นจึงจะส่งไปยังอุปกรณ์ม้วนฟิล์ม

กรอบบีบลูกโป่งจะมีลักษณะเป็นแผง ทำมุมเอียงคล้ายลิ้ม สามารถปรับมุมได้ตามต้องการ ส่วนใหญ่จะทำด้วยไม้เรียบ หรือทำด้วยลูกกลิ้งเล็กๆ หมุนได้อย่างอิสระ ดังภาพประกอบ 40 สิ่งที่ต้องระวังในการบีบก็คือ ต้องใช้แรงบีบน้อยที่สุดและความถี่ของการสัมผัสระหว่างฟิล์มกับกรอบบีบต้องน้อยที่สุด มิฉะนั้นจะทำให้ฟิล์มเย็นเย็น เนื่องจากความยาวของฟิล์มตอนประกอบกันต่างกัน หรือมีความหนาระหว่างฟิล์มกับกรอบบีบ



ภาพประกอบ 39 ชุดดึงฟิล์ม

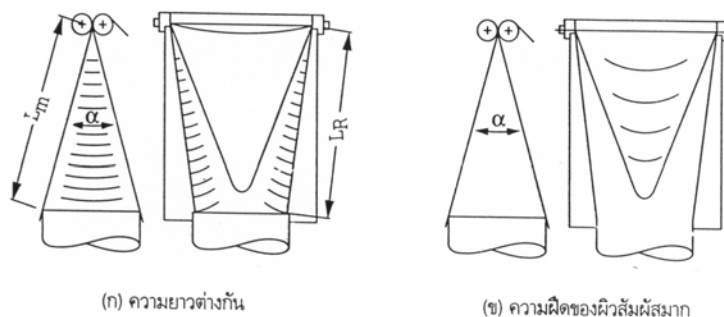


ภาพประกอบ 40 ชุดม้วนฟิล์ม



ภาพประกอบ 41 ชุดปรับขนาดฟิล์ม

ลูกกลิ้งตั้งส่วนใหญ่จะใช้เหล็กหุ้มไว้ด้วยยางแข็งและต้องสามารถปรับแรงบีบได้ เพื่อป้องกันการแตกที่รอยพับ บริเวณลูกกลิ้งตั้งอาจจะต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป เพราะอาจจะเกิดการเกาะติดกันของฟิล์มประกอบกัน



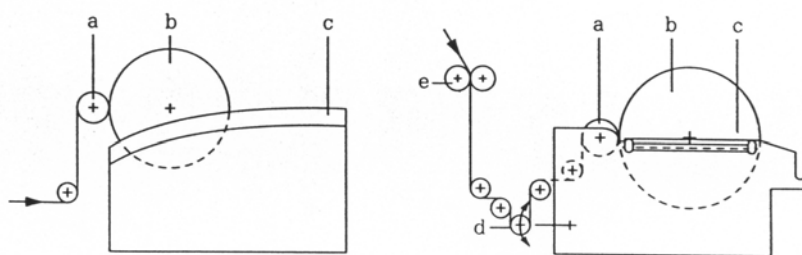
(ก) ความยาวต่างกัน

(ข) ความผิดของผิวสัมผัสมาก

ภาพประกอบ 42 กรอบบีบลูกโป่งพร้อมลูกกลิ้งตั้ง

ที่มา: จากหนังสือ Plastics Extrusion Technology, Hanser Publishers.

เครื่องมือม้วนฟิล์ม (film winder) ส่วนใหญ่จะใช้ม้วนสัมผัส (contact winder) ดังภาพประกอบ 43 โดยจะใช้ลูกกลิ้งเหล็กหุ้มยางหรือชุบโครเมียมเป็นลูกกลิ้งขับม้วนฟิล์ม ทั้งนี้จะทำให้ความเร็วรอบหรือความเร็วม้วนคงที่ไม่ว่าม้วนฟิล์มจะโตขึ้นเท่าไรก็ตาม แรงกดในการม้วนจะใช้ระบบกลไก หรือแรงจากลูกสูบลม (pneumatic piston) ที่ควรจะต้องระวังก็คือ แกนของม้วนจะต้องขนานกับลูกกลิ้งขับ มิฉะนั้นจะทำให้ฟิล์มเรียงตัวกันไม่สม่ำเสมอหรือม้วนฟิล์มไม่ขนาน ในที่สุดขนาดของม้วนฟิล์มที่ใช้วิธีม้วนสัมผัสจะทำได้ถึง 1500 มิลลิเมตร หน้ากว้าง 3200 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 43 อุปกรณ์ม้วนฟิล์มแบบม้วนสัมผัส

ที่มา: จากหนังสือ Plastics Extrusion Technology, Hanser Publishers.

ในอุตสาหกรรมที่ต้องการกำลังการผลิตสูงขึ้น ความตึงของฟิล์มต่ำมากๆ จะใช้อุปกรณ์ม้วนฟิล์มแบบส่งกำลังขับเคลื่อนที่แกนม้วน (central winder) โดยใช้มอเตอร์ส่งกำลังขับเคลื่อนที่แกนม้วนโดยตรง ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีความยุ่งยากในการควบคุมสูง และราคาสูงกว่าอุปกรณ์ม้วนสัมผัสมาก

จากทฤษฎีที่ผู้ทำวิจัยได้อ้างอิงมานั้นสามารถสรุปออกมาเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้ โดยการที่เริ่มกระบวนการผลิตถุงพลาสติกนั้นเราจำเป็นต้องหาวัตถุดิบ คือ เม็ดพลาสติกโดยจะมีการผสมในอัตราส่วนที่โรงงานแต่ละแห่งกำหนดซึ่งจะมีความแตกต่างกัน หลังจากนั้นจะนำเข้าสู่กระบวนการหลอมเหลวเพื่อเป่าขึ้นรูปและรีดผ่านลูกกลิ้งเพื่อที่จะนำมาเก็บเป็นม้วนและส่งต่อกระบวนการต่อไป ซึ่งส่วนสำคัญในการวิจัยครั้งนี้อยู่ที่กระบวนการเป่าขึ้นรูปฟิล์มถุงพลาสติกโดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับเครื่องจักรเป่าฟิล์มถุงพลาสติกแบบ 1 ชั้นดังภาพประกอบ 44 เป็นเครื่องที่ผลิตโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด ชัยยงแมชชีนเนอรี่ ประเทศไทย รายละเอียดของเครื่องจักรดังนี้



ภาพประกอบ 44 เครื่องจักรเป่าฟิล์มถุงพลาสติก

- มิติเครื่องขนาด กว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 3.50 เมตร ผลิตจากเหล็กไอบีเอ็ม
- ขนาดเครื่องเป่า หน้ากว้าง 27 นิ้ว
- มอเตอร์ขับเคลื่อน ขนาด 15 Hp
- ควบคุมด้วย Inverter Toshiba รุ่น VF-S7 400V ขนาด 15 Hp
- สกรูและกระบอก ขนาด 50 มม. ความยาว 1.40 เมตร
- หัวทราย ขนาด 50 มม.
- Wind Blower ขนาด 3 Hp
- มอเตอร์ทดรอบลูกกลิ้ง ขนาด 27 นิ้ว
- ควบคุมลูกกลิ้งด้วย Inverter Toshiba ขนาด 1 Hp
- เก็บม้วนด้วยระบบมอเตอร์สไลด์ม้วนอัตโนมัติ 1 Hp จำนวน 3 ชุด

2.4 กระบวนการเป่าฟิล์ม (Blown Film Processes)

การเป่าฟิล์มเป็นกระบวนการแปรรูปพลาสติกแบบต่อเนื่อง เช่นเดียวกับกระบวนการเอกซ์ทรูดแบบอื่นๆ การผลิตเริ่มต้นจากกระบวนการเอกซ์ทรูดท่อของเทอร์โมพลาสติกหลอมโดยเอกซ์ทรูดในแนวตั้งฉากกับแนวของเครื่องเอกซ์ทรูด หลังจากนั้นทำการดึงท่อพลาสติกในแนวแกนของการเอกซ์ทรูด (axial direction) แล้วใช้ลมเป่าท่อในขณะเดียวกันทำให้พลาสติกหลอมพองออกในแนวรัศมี (radial direction) เกิดเป็นลูกโป่ง ที่มีผนังบาง (thin-walled bubble) เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกโป่งจะมีค่ามากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวตายหลายเท่าลูกโป่งที่ร้อนจะถูกหล่อเย็นด้วยลมเป่าที่ผิวด้านนอกของลูกโป่ง โดยหัวเป่ามีลักษณะเป็นวงแหวนอยู่ด้านนอกของหัวตายเรียกว่า cooling ring ลักษณะของเครื่องและกระบวนการเป่าฟิล์ม ลูกโป่งจะถูกปรับให้มีขนาดที่เหมาะสม และถูกจำกัดอยู่ในช่วงที่ช่วยพองฟิล์ม (sizing basket หรือ calibration unit) หลังจากนั้นรวบลูกโป่งโดยป้อนให้ลูกโป่งเคลื่อนที่ผ่านแผ่นโลหะหุ้มกัมมะหยี่ที่ตีบเข้า (collapsing board) และป้อนเข้าในช่องว่างของลูกกลิ้งสองตัว (nip rolls) ทำให้ลูกโป่งแบนลงเป็นฟิล์มสองชั้น หลังจากนั้นทำการดึงฟิล์ม โดยใช้หน่วยดึง (haul-off unit) และตอนสุดท้ายฟิล์มจะถูกพันเป็นม้วนด้วยตัวม้วนฟิล์ม (winder) แล้วนำไปทำเป็นถุงหรือฟิล์มแผ่นเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

มีการใช้เทอมในการอธิบายกระบวนการแปรรูปพลาสติกโดยการเป่าฟิล์มหลายเทอม แต่เทอมที่สำคัญ เช่น อัตราการพองของลูกโป่ง (blow-up ratio) และอัตราการดึง(draw down ratio) เป็นต้น

อัตราการพองของลูกโป่ง หมายถึง อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกโป่งกับเส้นผ่านศูนย์กลางของตาย โดยทั่วไปอัตราการพองของลูกโป่งของการเป่าฟิล์มจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 2:1 ถึง 6:1 ซึ่งหมายความว่าตายตัวหนึ่งสามารถผลิตถุงได้หลายขนาด

อัตราการดึง หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความเร็วของฟิล์มที่ดึงโดยลูกกลิ้งกับความเร็วของการเอกซ์ทรูด ซึ่งความเร็วการเอกซ์ทรูดสามารถคำนวณได้จากน้ำหนักของพลาสติกที่ผลิตได้ต่อหน่วยเวลา แล้วแปรให้เป็นปริมาตร แล้วค่อนำปริมาตรหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของตาย

2.5 กระบวนการผลิตถุงพลาสติกเพื่อความปลอดภัย

กระบวนการผลิตถุงพลาสติกนั้นทั้งกระบวนการต้องอาศัยความร้อนเข้ามาช่วยในเรื่องของการหลอมเหลวเม็ดพลาสติกอีกทั้งในขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรต้องอาศัยความละเอียด เพราะเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก มีราคาสูงและถ้าเกิดความเสียหายจะก่อให้เกิดความเสียหายทั้งระบบ

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในเรื่องการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกจะเห็นได้ว่าตั้งแต่ขั้นตอนแรกที่เราเติมวัตถุดิบ (เม็ดพลาสติกที่ผสมแล้ว) เข้าสู่กรวยเติมเม็ดพลาสติก เม็ดพลาสติกจะถูกหลอมเหลวด้วยความร้อนที่สูงในตอนต้นและยังคงให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องที่ระดับแตกต่างกันไปในกระบอกลำเลียงเมื่อเม็ดพลาสติกถูกหลอมละลายผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องใช้ความชำนาญในการดึงฟิล์มเพื่อให้ผ่านลูกกลิ้งตัวที่อยู่สูงสุดและผ่านลูกกลิ้งระดับต่ำลงมาเรื่อยๆ จนลงมาม้วนเก็บในที่สุก

ดังนั้นเราสามารถแยกประเด็นเรื่องความปลอดภัยในการทำงานออกเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นที่ 1 คือเรื่องของความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในขณะที่ควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และ ประเด็นที่ 2 คือเรื่องของอันตรายที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ประเด็นที่ 1 ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในขณะที่ควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกซึ่งในการควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ได้แก่

1. ใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน การสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงานนั้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากเพราะเครื่องจักรที่ทำงานนั้นใช้กระแสไฟฟ้าสูง 380 โวลท์ ซึ่งถ้าไม่สวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงานอาจทำให้ถูกไฟฟ้าช็อตจนทำให้ได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิตได้ ส่วนสาเหตุที่ผู้ปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมักจะถดถอยขณะปฏิบัติงาน คือ ขณะที่ควบคุมเครื่องจักรนั้นต้องมีการปีนขึ้นและลงเครื่องเป็นครั้งคราว เมื่อใส่รองเท้าอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานไม่สะดวก แต่ทางโรงงานก็ออกกฎข้อบังคับเรื่องการสวมใส่รองเท้าเช่นกัน

2. ไม่ควรจับเครื่องจักรพร้อมกันพร้อมกัน 2 เครื่อง ในกรณีนี้อาจคล้ายกับกรณีแรกแต่แตกต่างกันในส่วนของบริษัทที่โดนไฟฟ้าช็อตเพราะเมื่อผู้ปฏิบัติงานจับเครื่องพร้อมกัน 2 เครื่องซึ่งเครื่องจักรจะถูกวางเรียงต่อกันอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานถูกไฟฟ้าช็อตได้

3. เกิดไฟฟ้าสถิตขณะพลาสติกถูกม้วนเก็บ ในกรณีนี้อาจไม่เป็นอันตรายรุนแรงแต่เป็นเรื่องสำคัญที่ไม่ควรมองข้ามเพราะขณะที่พลาสติกถูกม้วนเก็บอยู่นั้นจะเกิดไฟฟ้าสถิตขึ้นและอาจทำให้ได้รับบาดเจ็บได้

4. สวมถุงมือป้องกันความร้อน ดังที่อธิบายในตอนต้น กระบวนการเป่าถุงพลาสติกนั้นต้องใช้ความร้อนสูง 200 ถึง 300 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถจับได้ด้วยมือเปล่าแต่อาจเกิดขึ้นด้วยความพลั้งเผลอ หรือรับร้อนอาจทำให้ได้รับบาดเจ็บได้

5. ระมัดระวังขณะปีนขึ้นหรือลงเครื่องจักร เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกนั้นเป็นเครื่องที่มีมิติความสูงมาก คือประมาณ 1.30 ถึง 2.00 เมตร และในการเป่าถุงพลาสติกเม็ดพลาสติกที่ถูกหลอมละลายจนถูกเป่าออกมาเป็นลูกโป่งแล้วนั้นต้องผ่านลูกกลิ้งที่อยู่ในระดับสูงเพื่อให้แบนเรียบเป็นแผ่นในขณะที่ดึงเนื้อพลาสติกผ่านลูกกลิ้งนั้นลูกกลิ้งจะอยู่ในระดับที่สูงดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องปีนบันไดเครื่องเพื่อนำพลาสติกผ่านเข้าสู่ลูกกลิ้งและม้วนเก็บ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานควรใช้ความระมัดระวังในขั้นตอนนี้เป็นอย่างมากเพราะต้องรวดเร็วและแม่นยำ

6. การตัดม้วนเก็บ ในขั้นตอนนี้ก็มีความอันตรายมากเช่นกัน อาจไม่ทำอันตรายถึงชีวิตแต่อาจทำให้ได้รับบาดเจ็บหรือสูญเสียอวัยวะได้ เครื่องที่เราใช้ทำการอบรมนั้นเป็นเครื่องที่ใช้ระบบการตัดม้วนเก็บแบบธรรมดา คือต้องใช้มีดที่มีความคมสูงตัดม้วนเก็บขณะที่พลาสติกถูกม้วนจนเต็มม้วนแล้ว แต่ในขณะที่ตัดม้วนนั้นม้วนไม่ได้หยุดหมุนดังนั้นต้องใช้ความแม่นยำ ความชำนาญและรวดเร็วในการตัดม้วนเก็บเพราะถ้าไม่มีความชำนาญพออาจก่อให้เกิดอันตรายได้

ประเด็นที่ 2 อันตรายที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักร เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเป็นเครื่องจักรที่มีราคาสูงและละเอียดอ่อนดังนั้นในการควบคุมเครื่องจักรจึงต้องใช้ความระมัดระวังมากเพื่อป้องกันการผิดพลาดที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักร ข้อควรระวังมีดังนี้

1. ห้ามสิ่งแปลกปลอมตกลงถึงไส้วัตถุดิบเด็ดขาด ในกรณีนี้เป็นข้อห้ามที่ชัดเจนของผู้ปฏิบัติงานที่ควรทราบ คือห้ามใส่เครื่องประดับ เช่น ตุ้มหู แหวน นาฬิกา สร้อยคอ กำไล หรือเครื่องประดับทุกชนิด รวมถึงห้ามใส่เสื้อที่มีกระเปาะเสื้อเพราะของทุกชนิดอาจหล่นลงไปจนถึงไส้วัตถุดิบจนทำให้เครื่องจักรได้รับความเสียหายได้ ในกรณีนี้ยังกล่าวถึงเมื่อมีการเติมวัตถุดิบหรือเปลี่ยนวัตถุดิบ เมื่อเปลี่ยนหรือเติมวัตถุดิบเรียบร้อยแล้วต้องปิดฝาถึงไส้วัตถุดิบทุกครั้ง เพราะมีสิ่งแปลกปลอมตกลงไปจะทำให้เกิดความเสียหายให้กับชุดเกลียวและกระบอกลูกได้

2. การควบคุมระบบส่งและขับวัตถุดิบ ความเสียหายที่เกิดจากความผิดพลาดของการควบคุมระบบส่งและขับวัตถุดิบนั้นเกิดได้หลายกรณีดังนี้

- การเร่งรอบมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนเกลียวเร็วเกินไป ในข้อผิดพลาดนี้อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อมอเตอร์และชุดเกียร์ทดรอบได้

- การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนเกลียวไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือมีการปรับความเร็ว เพิ่มและลด บ่อยครั้ง ในส่วนนี้อาจทำให้ชุดควบคุมมอเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ (อินเวอร์เตอร์) ชำรุดได้

- การปรับตำแหน่งไฟควบคุมความร้อนกระบอกลูก เนื่องจากไฟชุดควบคุมความร้อนบริเวณกระบอกลูกนั้นแต่ละจุดมีความร้อนไม่เท่ากันผู้ควบคุมจึงต้องมีความรู้และความชำนาญในการปรับตั้งเพราะถ้าปรับผิดพลาดอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อวัตถุดิบได้ เช่น ถ้าปรับชุดไฟให้ความร้อนสูงเกินไปอาจทำให้พลาสติกเหลวเกินไปจนกลายเป็นเพลิงไหม้ได้ หรือถ้าปรับชุดไฟให้ความร้อนต่ำเกินไปจะทำให้พลาสติกไม่ละลายและไม่สามารถลำเลียงผ่านชุดเกลียวและกระบอกลูกได้ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการอุดตันที่ชุดกระบอกลูกและเกลียวจนเกิดความเสียหายได้

3. ระบบไฟฟ้าควบคุมเครื่อง เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกถูกควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าโรงงานขนาด 380 โวลท์ จึงเป็นเครื่องที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตมากแต่อย่างไรก็ตามก็ยังสามารถเกิดข้อผิดพลาดในส่วนนี้ได้เช่นกัน ปัญหาที่พบส่วนใหญ่มักจะเกิดจากกำลังของกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอหรือไม่สม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลโดยตรงกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดภายในตู้ควบคุม ทำให้อุปกรณ์ต่างๆเสียหาย เช่น ชุดควบคุมระบบควบคุมความร้อนกระบอกลูก เกจวัดประสิทธิภาพต่างๆ พัดลมระบายอากาศ เป็นต้น ซึ่งการแก้ไขในส่วนนี้เราสามารถกระทำได้โดยการสังเกตสัญญาณของเครื่องสำรองไฟฟ้าเมื่อเครื่องสำรองไฟฟ้าส่งสัญญาณแสดงว่าไฟฟ้าไม่เพียงพอให้หยุดเดินเครื่องทันที ไม่เช่นนั้นจะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องจักรได้

2.6 การตรวจสอบคุณภาพถุงพลาสติก

กระบวนการเป่าถุงพลาสติกเป็นกระบวนการหลักของการผลิตถุงพลาสติก แต่ในกระบวนการผลิตถุงพลาสติกยังจำเป็นต้องมีกระบวนการหลักอีก 2 กระบวนการ ประกอบด้วยกระบวนการตัดถุงพลาสติก และกระบวนการปั๊มหูถุงพลาสติก หลังจากเสร็จสิ้นทั้ง 3 กระบวนการแล้วจึงนำไปบรรจุเพื่อส่งไปยังผู้บริโภคต่อไป

ในแต่ละกระบวนการต้องมีการตรวจสอบคุณภาพเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่ควรจะเป็นเพราะถ้าถุงพลาสติกไม่ได้มาตรฐานจะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคโดยตรงและในบางกรณีอาจทำให้ได้รับความเสียหายต่อสินค้าอื่นๆ ได้ เช่น กรณีที่ลูกค้าซื้อถุงพลาสติกเพื่อไปใส่สินค้าให้ลูกค้าเป็นสินค้าที่ตกแตกได้และถุงที่ใส่ไม่ได้มาตรฐานเนื้อถุงพลาสติกฉีกขาดทำให้สินค้าตกแตกเสียหายได้ เป็นต้น อาจทำให้ผู้บริโภคขาดความเชื่อถือในถุงพลาสติกของโรงงานนั้นไปเลยก็เป็นไปได้

ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของถุงพลาสติกเพื่อให้ได้มาตรฐานมีความจำเป็นอย่างยิ่งในกรณีนี้จะกล่าวถึงการตรวจสอบคุณภาพในส่วนของการเป่าถุงพลาสติกเท่านั้นในกระบวนการเป่าถุงพลาสติกนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นกับลักษณะของลูกโป่งเป็นส่วนใหญ่ซึ่งสามารถอธิบายหลักการตรวจสอบได้ดังนี้

ลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น	ผลกระทบด้านคุณภาพถุงพลาสติกที่เกิดขึ้น
1. ลูกโป่งไม่นิ่งส่ายไปมา 2. การลอยตัวของลูกโป่งผิดเพี้ยนจากปกติ 3. เนื้อลูกโป่งมีลักษณะเป็นคลื่น 4. เนื้อลูกโป่งมีลักษณะเป็นเส้น	1. พับข้างของถุงพลาสติกไม่เท่ากัน 2. เกิดได้ 2 ลักษณะ - ลูกโป่งลอยต่ำ จะทำให้ความบางของเนื้อถุงบางมากกว่าที่มาตรฐานกำหนด - ลูกโป่งลอยสูง จะทำให้ความหนาของเนื้อถุงหนามากกว่ามาตรฐานกำหนด 3. ถุงที่ออกมาจะไม่มี ความสวยงามไม่เรียบเนียน 4. ถุงที่ออกมาจะฉีกขาดง่าย

ลักษณะของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเป่าถุงพลาสติกนั้นอาจเกิดขึ้นได้อีกหลายกรณี ซึ่งบางกรณีถือเป็นเทคนิคพิเศษเฉพาะแต่ละโรงงานเพราะโรงงานพลาสติกในปัจจุบันเกิดขึ้นมากหลากหลายรูปแบบ ทั้งโรงงานที่ตั้งอยู่ในอาคารพาณิชย์ขนาดเล็ก หรือตั้งอยู่ในโรงงานสำเร็จรูปขนาดกลาง และโรงงานที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ของตนเองที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งโรงงานในลักษณะหลังที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ของตนเองต้องใช้เวลาค้นคว้าเทคนิคการทำงานต่างๆ มากมาย ตั้งแต่กระบวนการผสมวัตถุดิบ เทคนิคการเป่าถุงต้นทุนต่ำ เทคนิคการตัดถุงที่มีรอยขีดสวยงามและคงทน ละยังมีเทคนิคต่างๆ มากมายซึ่งผู้ทำการอบรมและโรงงานที่ให้ความร่วมมือขอสงวนที่จะเผยแพร่ออกมาในลักษณะลายลักษณ์อักษร แต่จะอธิบายในการปฏิบัติงานจริงในหมวดที่ 3 ต่อไป

แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจระหว่างการฝึกอบรม
ของหลักสูตรการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจฉบับนี้เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกระหว่างการฝึกอบรมที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
2. โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุดในทุกข้อโดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
3. โปรดกากบาทหมายเลขตัวเลือกที่ 1-4 ตามที่ท่านคิดว่าถูกต้องที่สุดในกระดานคำตอบที่แจกให้เพียงตัวเลือกเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

คำอธิบายแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจระหว่างการผลิตของผู้นับการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในด้านความรู้ของการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความรู้ที่ท่านได้รับการฝึกอบรมให้มากที่สุดในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

แบบทดสอบความรู้การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกใช้ทดสอบระหว่างการผลิตหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น มีข้อสอบจำนวน 15 ข้อ ใน 1 ข้อมี 4 ตัวเลือก โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

คำชี้แจง : โปรดกากบาทตัวเลือก ก., ข., ค., ง ตัวเลือกใดที่ท่านคิดว่าถูกต้องที่สุดลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

คำสั่ง : แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกใช้ทดสอบระหว่างการผลิตของผู้นับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น (เกณฑ์ประสิทธิภาพร้อยละ 85)

1. ข้อใดมิใช่หน้าที่หลักของสกรูของเครื่องเอกซ์ทูต
 - ก. ผสมส่วนผสมต่างๆ คือ พลาสติก สารตัวเติม และสี เข้าด้วยกัน
 - ข. ทำหน้าที่ในการส่งพลาสติกหลอมเข้าสู่ตาย
 - ค. ทำให้พลาสติกเกิดการหลอมเป็นเนื้อเดียว
 - ง. เก็บความร้อน
2. เพราะเหตุใดในส่วนป้อนของสกรูจึงต้องมีความลึกของร่องสกรูมากที่สุด
 - ก. เพื่อให้พลาสติกเกิดการผสมกันเป็นเนื้อเดียวอย่างสมบูรณ์และมีความเสถียร
 - ข. เพื่อส่งต่อพลาสติกจำนวนมากพอไม่ให้ขาดตอนสู่ส่วนหลอมอัด
 - ค. เพื่อการส่งผ่านความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอสู่พลาสติก
 - ง. เพื่อรองรับเม็ดพลาสติกที่มีขนาดไม่เท่ากัน

3. ข้อใดคือหลักการทำงานของกระบอก (Cylinder)
 - ก. เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนแก่พลาสติก
 - ข. ทำให้พลาสติกผสมกันได้คล่องตัว
 - ค. ทำให้ความร้อนของพลาสติกคงที่
 - ง. เติมวัตถุดิบ
4. กระบอกที่ใช้ในเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกสามารถทำจากเหล็กเพียงอย่างเดียวได้หรือไม่
 - ก. ได้ เพราะจะทำให้ลดต้นทุน
 - ข. ได้ เพราะทนต่อการเกิดแรงดันสูง
 - ค. ไม่ได้ เพราะกระบอกจะมีน้ำหนักมาก
 - ง. ไม่ได้ เพราะกระบอกจะไม่ทนต่อการเสียดสีระหว่างสกรูและกระบอก
5. กระบอกของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกต้องทำจากเหล็กผสมอัลลอยด์แล้วนำไปทำไนไตรด์ (Nitride) เพราะต้องการให้มีคุณสมบัติของกระบอกเป็นอย่างไร
 - ก. เพิ่มความลื่น
 - ข. เพิ่มความแข็ง
 - ค. รับความร้อนง่าย
 - ง. เพิ่มความสวยงาม
6. เมื่อกล่าวถึงคำว่า “อะแดพเตอร์” ในเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมักจะต้องอยู่คู่กับอุปกรณ์ชนิดใด
 - ก. สกรู
 - ข. กระบอก
 - ค. ถังเติมวัตถุดิบ
 - ง. แผ่นเบรกเกอร์
7. อุปกรณ์ใดได้รับการออกแบบให้รองรับแรงย้อนกลับ ซึ่งเกิดขึ้นจากการขับของสกรู
 - ก. อะแดพเตอร์
 - ข. เฟลาขับ
 - ค. หัวทราย
 - ง. กระบอก
8. เหตุใดมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนจะต้องเป็นมอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์
 - ก. เพื่อให้เกิดความเร็วรอบที่สูง
 - ข. ทนทานต่อการใช้งานต่อเนื่อง
 - ค. ราคาถูก ง่ายต่อการบำรุงรักษา
 - ง. เพื่ออัตราการหมุนอย่างต่อเนื่อง และไม่กระตุก

9. ข้อใดคือเหตุผลของการแบ่งจุดแผ่นความร้อนออกเป็นช่วง ๆ 4-6 ช่วง
- ต้องการควบคุมความร้อนให้สม่ำเสมอ
 - ให้เกิดการกระจายความร้อนทั่วกระบอก
 - เพื่อปรับเปลี่ยน-ลดอุณหภูมิได้อย่างอิสระ
 - ง่ายต่อการบำรุงรักษา
10. เมื่อเนื้อของพลาสติกที่ถูกเป่าออกมาผ่านทางหัวทราย มีลักษณะปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรก ผู้ปฏิบัติงานควรตรวจสอบที่ส่วนใด
- ตะแกรง
 - หัวทราย
 - กรวยเติมพลาสติก
 - กระบอกและสกรู
11. เมื่อผู้ปฏิบัติงานต้องการเพิ่มหรือลดขนาดถุงพลาสติก ผู้ปฏิบัติงานควรทำอย่างไร
- ปรับกรอบบีบลูกโป่ง
 - ปรับการขับเคลื่อนพลาสติก
 - ปรับการกดตัวของลูกกลิ้งดึง
 - ปรับวาล์วลมเข้าไปยังลูกโป่ง
12. ถ้าถุงพลาสติกที่ได้มีความหนาเกินกว่าความหนาที่ต้องการ ผู้ปฏิบัติงานควรปรับอุปกรณ์อย่างไร
- ปรับลูกกลิ้งตัวบนให้บีบแน่นขึ้น
 - ปรับลูกกลิ้งตัวบนให้คลายออก
 - เพิ่มวาล์วลมเข้าลูกโป่ง
 - ลดวาล์วลมเข้าลูกโป่ง
13. ลักษณะบุคลิกภาพของผู้ปฏิบัติงานในข้อใดที่สามารถเป็นผู้ปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้ดี
- บุญโกยเชื้อในโซกลางสัปดาห์ลงอาคมสวมเสื้อยืดแขนงูตามาปฏิบัติงาน
 - บุญทั้งอยู่ในธรรมะไม่ลืมที่จะคล้องสร้อยพระทุกครั้งที่มาทำงาน
 - บุญสมพกปากกาที่กระเป๋าสีเสื้อทุกครั้งเพื่อจดข้อผิดพลาด
 - บุญช่วยสวมเสื้อแจ็กเก็ตกระดุมเหล็กเพื่อความเรียบร้อย
14. เมื่อเกิดปัญหากับถุงพลาสติกที่มีลักษณะของพับข้างของถุงพลาสติกทั้ง 2 ข้างไม่เท่ากัน ผู้ปฏิบัติงานสามารถสังเกตข้อผิดพลาดที่ส่วนใด
- ลูกโป่งไม่นิ่ง สายไปมา
 - ลูกโป่งลอยตัวผิดปกติ
 - ลูกโป่งมีทรงที่ผิดปกติ
 - เนื้อลูกโป่งเป็นคลื่น

15. ในการกำหนดการควบคุมรอบมอเตอร์ขับเคลื่อน โดยอินเวอร์เตอร์ ถ้าผู้ปฏิบัติงานเร่งอินเวอร์เตอร์มากกว่าปกติจะส่งผลเสียอย่างไรมากที่สุด

- ก. ความร้อนสะสมบริเวณกระบอกสูบลมมาก
- ข. ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนเกิดความเสียหาย
- ค. ใช้กำลังไฟฟ้าสิ้นเปลือง
- ง. กำลังการผลิตลดลง

เฉลยแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
หมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้
เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพ
เบื้องต้น

เฉลยแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมหมวดที่ 2	
คำถามข้อที่	คำตอบ
1	ง
2	ข
3	ก
4	ค
5	ข
6	ง
7	ข
8	ง
9	ค
10	ก
11	ง
12	ก
13	ก
14	ก
15	ข

หมวดที่ 3

ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้
2. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้

เนื้อหา

3. การปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ

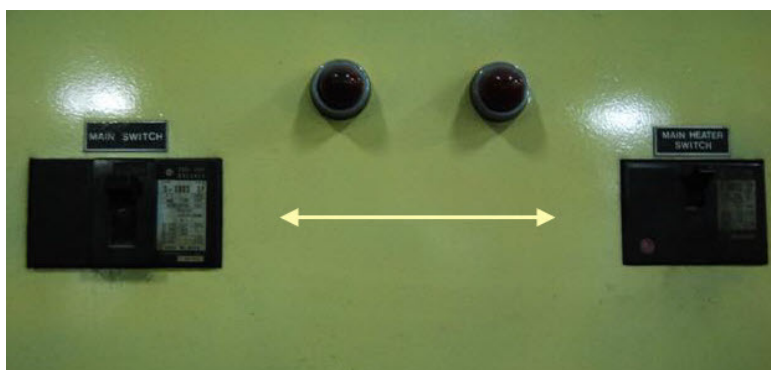
3.1 การปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

การปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกนั้นในตอนแรกผู้ปฏิบัติงานต้องเตรียมความพร้อมของตนเองให้พร้อมกับการทำงาน ซึ่งได้อธิบายไปแล้วในเรื่องของกระบวนการผลิตถุงพลาสติกเพื่อความปลอดภัย หลังจากผู้ปฏิบัติงานพร้อมแล้วก็สามารถเริ่มดำเนินการเปิดเครื่องจักรได้ ซึ่งมีขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. เปิดเบรกเกอร์ชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจากตู้ควบคุมหลัก



ภาพประกอบ 45 เบรกเกอร์ควบคุมไฟฟ้าหลัก



ภาพประกอบ 46 เบรกเกอร์ชุดรองควบคุมตู้ไฟ

2. เปิดไฟชุดควบคุมอุณหภูมิหัวทราย ไปที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส ในกรณีนี้ควรระมัดระวังเรื่องของการควบคุมความร้อน ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้ที่ชัดเจน เพราะไม่เช่นนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อการปฏิบัติงานได้ ถ้าอุณหภูมิไม่ถูกต้อง พลาสติกจะไม่สามารถลำเลียงขึ้นสู่หัวทรายได้



ภาพประกอบ 47 ชุดปรับความร้อนหัวตายและมาตรวัดอุณหภูมิหัวตาย

3. เปิดไฟชุดควบคุมแผ่นความร้อนบริเวณกระบอกล ซึ่งมีส่วนควบคุม 3 ชุด 1 ชุดควบคุมแผ่นความร้อน 3 แผ่น ซึ่งการตั้งอุณหภูมิความร้อนจะแบ่งเป็น 3 ช่วงโดยแต่ละช่วงจะให้ความร้อนที่ไม่เท่ากัน โดยจะเรียงจากชุดที่ควบคุมแผ่นความร้อนบริเวณหัวกระบอกลจะให้ความร้อนต่ำ คือ 200 องศาเซลเซียส ชุดที่ควบคุมแผ่นความร้อนบริเวณส่วนกลางกระบอกลจะให้ความร้อนที่สูงขึ้น คือ 210 องศาเซลเซียส และชุดที่ควบคุมแผ่นความร้อนบริเวณส่วนท้ายกระบอกลจะให้ความร้อนต่ำลงเหมือนกับบริเวณส่วนหัวกระบอกล คือ 200 องศาเซลเซียส

ส่วนสาเหตุที่ให้อุณหภูมิบริเวณกระบอกลที่แตกต่างกัน เนื่องจาก

- อุณหภูมิบริเวณท้ายกระบอกลตั้งต่ำเพราะช่วงที่เม็ดพลาสติกลงจากกรวยเติมวัตถุดิบถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้พลาสติกจะถูกหลอมละลายมากจนกลายเป็นน้ำและไม่สามารถลำเลียงผ่านชุดเกลียวและกระบอกลได้ ส่งผลให้กำลังอัดในการผลิตจะตกจนไม่สามารถขับพลาสติกได้
- อุณหภูมิบริเวณกลางกระบอกลตั้งสูงเพราะในช่วงนี้ร่องของเกลียวในช่วงกลางจะมีลักษณะเล็กซึ่งจะสามารถลำเลียงพลาสติกที่เหลวได้ ถ้าพลาสติกในช่วงนี้เหลวไม่เพียงพอพลาสติกจะถูกอั้นอยู่ในบริเวณนี้ได้ซึ่งมีผลทำให้ชุดเกลียวและกระบอกลสึกหรอเป็นอย่างมาก
- อุณหภูมิบริเวณหัวกระบอกลตั้งต่ำอีกเช่นกันเพราะร่องเกลียวในช่วงนี้จะคล้ายกับช่วงท้ายเนื่องจากต้องการให้พลาสติกมีอุณหภูมิต่ำลงเพื่อที่จะลำเลียงออกสู่หัวทรายและจะทำให้พลาสติกสามารถเป็นทรงลูกโป่งขึ้นรูปได้ แต่ในกรณีนี้ถ้าอุณหภูมิบริเวณนี้สูงพลาสติกอาจจะเหลวเป็นน้ำจนไม่สามารถขึ้นรูปได้



ภาพประกอบ 48 ชุดปรับความร้อนแผ่นความร้อนบริเวณกระบอกลและมาตรวัดอุณหภูมิแผ่นความร้อน

4. หลังจากเปิดไฟชุดควบคุมทั้งหมดเรียบร้อยแล้วให้รออุณหภูมิบริเวณต่างๆได้ตามที่ตั้งไว้ ในส่วนนี้อาจใช้เวลารอเครื่องพร้อมประมาณ 1.30 ชม. แต่ถ้าเป็นเครื่องใหม่ยังไม่เคยใช้งานก็ใช้เวลาในการรอเครื่องน้อยกว่า คือประมาณ 1.00 ชม.

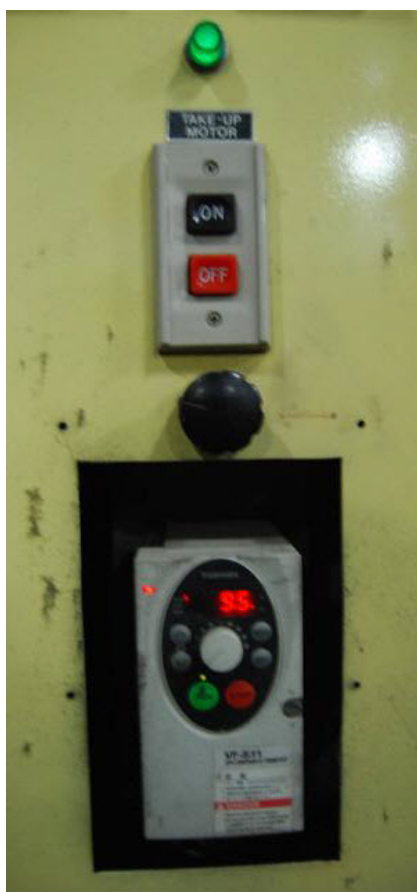
ในขั้นตอนนี้ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องมีความรู้เพิ่มเติมในส่วนของการเตรียมความพร้อมเครื่อง คือต้องดูอุณหภูมิบริเวณต่างๆให้ถูกต้องซึ่งเราสามารถดูอุณหภูมิบริเวณต่างๆได้จากเกจวัดอุณหภูมิบริเวณต่างๆ เพราะชุดควบคุมอุณหภูมิต่างๆ จะมีเกจวัดบอกอยู่ทุกจุดบริเวณหน้าตู้ชุดควบคุมไฟฟ้า

5. เมื่อชุดไฟควบคุมอุณหภูมิพร้อมแล้วแสดงว่าเครื่องพร้อมทำงาน ผู้ปฏิบัติงานสามารถเดินเครื่องได้โดยเริ่มจากการขั้วเม็ดพลาสติกโดยเริ่มแรงจากมอเตอร์ควบคุมชุดเกียร์โดยปรับจากชุดควบคุมมอเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ (อินเวอร์สเตอร์) แรงความเร็วรอบเกียร์จนถึง 900-1100 รอบ/นาที (rpm) โดยความเร็วที่กำหนดนั้นอาจแปรผันตามขนาดถุงพลาสติก



ภาพประกอบ 49 อินเวอร์สเตอร์พร้อมสวิตช์ควบคุม

6. หลังจากเร่งรอบมอเตอร์ชุดเกียร์แล้ว ผู้ปฏิบัติงานต้องปรับความเร็วรอบมอเตอร์ชุดควบคุมลูกกลิ้งชุดบนเพื่อดึงพลาสติก ในส่วนนี้การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ลูกกลิ้งชุดบนจะเป็นตัวปรับความหนา-บางของเนื้อถุงพลาสติก ยิ่งเร่งรอบเร็วเนื้อถุงพลาสติกจะบางลง เร่งช้าเนื้อถุงพลาสติกจะหนาขึ้น โดยการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ชุดควบคุมลูกกลิ้งชุดบนจะต้องทำพร้อมกับการวัดเนื้อถุงพลาสติกควบคู่กันเพื่อปรับให้ได้ตามความเหมาะสมกับมาตรฐานของถุงพลาสติกแต่ละขนาดที่กำหนดไว้



ภาพประกอบ 50 อินเวอร์เตอร์ควบคุมลูกกลิ้งชุดบนพร้อมสวิทช์ควบคุม

ในการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกนั้น สิ่งที่ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องมีทักษะและความรู้ควบคู่ไปด้วย คือการบำรุงรักษาเบื้องต้น โดยในการบำรุงรักษาเบื้องต้นนี้จะมีรายละเอียดคร่าวๆ ดังนี้

- การถ่ายน้ำมันชุดกระปุกเกียร์ โดยเกรดของน้ำมันเกียร์จะใช้เกรด SAE 90W และ SAE 140W ผสมกันในอัตราส่วน 50% ต่อ 50% จำนวน 7 ลิตร โดยอายุการใช้งาน 3000 ชั่วโมง ถ้าปล่อยให้กระปุกเกียร์ใช้น้ำมันนานเกินกว่านั้น จะทำให้กระปุกเกียร์ร้อนจัดจนทำให้กระปุกเกียร์เกิดความเสียหายได้



ภาพประกอบ 51 น้ำมันเกียร์เกรดผสมพิเศษ

- การตรวจสอบระบบไฟฟ้า เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกนั้นเป็นเครื่องจักรที่ทำงาน 24 ชั่วโมง และจะทำการหยุดพักทุกๆ 300 ชั่วโมง หลังจากที่ทำกรพักเครื่อง ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการตรวจสอบความเรียบร้อยชุดตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าทั้งหมด โดยใช้สเปรย์ไล่ความชื้นทำความสะอาดหน้าคอนแทกอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด



ภาพประกอบ 52 สเปรย์ไล่ความชื้นหน้าคอนแทก

- การเปลี่ยนตะแกรงหน้าชุดแบร็กเกอร์ ควรทำการเปลี่ยนตะแกรงทุกๆ 42 ชั่วโมง ทุกเครื่องมีอายุการใช้ตะแกรงเท่ากัน ยกเว้นเครื่องจักรที่ผลิตถุงพลาสติกเกรดต่ำลงมา การเปลี่ยนตะแกรงอาจจะใช้อายุที่สั้นกว่า



ภาพประกอบ 53 ตะแกรงที่ใช้สำหรับกรองสิ่งสกปรก

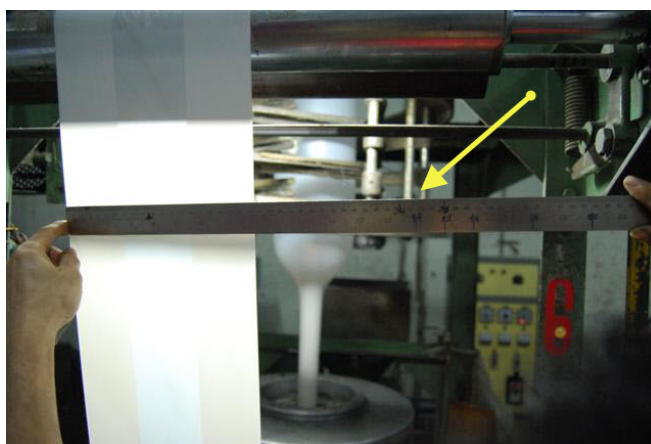
- การทำความสะอาดหัวทราย ดังที่ได้กล่าวไปนั้นเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเป็นเครื่องที่ทำงาน 24 ชั่วโมง และเม็ดพลาสติกที่ใช้เป็นวัตถุดิบนั้นต้องมีส่วนผสมที่แตกต่างกันออกไปเพื่อคุณสมบัติที่แตกต่างในถุงพลาสติกแต่ละประเภท ดังนั้นเม็ดพลาสติกที่ใช้บางชนิดอาจไม่ได้บริสุทธิ์ อาจมีส่วนผสมอื่นๆ ปนเปื้อนมา ซึ่งมีผลทำให้บริเวณหัวทรายเกิดความสกปรกและเกิดการบดบังแสงส่งผลให้เนื้อพลาสติกที่ถูกเป่าผ่านออกมาทางหัวทรายมีลักษณะเป็นเส้น ซึ่งทำให้ถุงพลาสติกึกขาดง่าย เพราะฉะนั้น ผู้ปฏิบัติงานต้องทำความสะอาดหัวทรายทุกๆ 1000 ชั่วโมง

- ดูแลความพร้อมของชุดพู่เล่ย์และสายพาน ในส่วนนี้อาจไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นมากนัก เพียงแต่ทุกครั้งที่ทำการพักเครื่องหลักจากเดินเครื่องได้ 300 ชั่วโมง ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องตรวจเช็คความตึงของสายพานและการหล่อลื่นของชุดพู่เล่ย์

3.2 การตรวจสอบคุณภาพ

ในการตรวจสอบคุณภาพถุงพลาสติกนั้นเมื่อถุงพลาสติกอยู่ในกระบวนการเป่าถุงพลาสติก ผู้ปฏิบัติงานต้องทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของถุงพลาสติกอย่างเคร่งครัดเพราะถ้าเกิดข้อผิดพลาดในงานส่วนนี้แล้วจะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างต่อเนื่องต่อตัวผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นที่ผู้ปฏิบัติงานควรทราบมีดังนี้

1. การใช้แถบมาตรวัดขนาดความกว้างของถุงพลาสติก ในส่วนนี้ผู้ปฏิบัติงานต้องคอยหมั่นตรวจสอบความกว้างของถุงพลาสติกอยู่ตลอดเวลาและต้องใช้ควบคู่กับไม้บรรทัดฟุตเหล็กเนื่องจากถุงพลาสติกที่ออกมา จะส่ายไปมาบางครั้งยากต่อการอ่านจากสเกลแถบมาตรวัดขนาด



ภาพประกอบ 54 ไม้ฟุตเหล็กสำหรับวัดความกว้างถุง

2. การใช้เครื่องมือวัดความหนา-บางของถุงพลาสติกโดยใช้เครื่องมือวัดความหนา-บางเฉพาะ ภาษาช่างเรียกว่า เครื่องมือวัดมิล (Thickness Gauge) โดยขนาดความหนาของถุงพลาสติกจะถูกกำหนดอย่างเป็นมาตรฐาน

ขนาดความกว้างถุงพลาสติก (นิ้ว)	ความหนามาตรฐาน (ไมครอน)
6	5
7	5.5
8	6
9	7
12	10

ภาพประกอบ 55 ขนาดมาตรฐานของถุงพลาสติก

ในการวัดความหนา-บาง ของถุงพลาสติกนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องฝึกทักษะจนเกิดความชำนาญก่อนการปฏิบัติงานจริง เพราะถุงพลาสติกนั้นถูกม้วนตลอดเวลาการที่จะสอดเครื่องมือวัดมิลเข้าไปวัดความหนา-บางของถุงนั้นต้องใช้ความรวดเร็วและแม่นยำ



ภาพประกอบ 56 เครื่องมือวัดความหนา-บาง (Thickness Gauge)6



ภาพประกอบ 57 ขณะทำการวัดความหนา-บางของถุงพลาสติก

3. การตรวจสอบความเหนียวและฉีกขาด ในส่วนนี้ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้ประสบการณ์ และทักษะ เพราะการตรวจสอบลักษณะนี้จะใช้การกระแทกด้วยความแรงของฝ่ามือ ลักษณะการตรวจสอบทำได้โดย ตัดส่วนถุงพลาสติกเมื่อสำเร็จแล้วออกจากม้วนถุง หลังจากนั้นนำส่วนแขนทั้ง 2 ข้างสอดเข้าไปในถุงและทำการกระแทกมือออก 2 ข้างพร้อมๆ กัน โดยจะสามารถดูความเหนียว และการฉีกขาดได้ ผู้รับการอบรมสามารถดูได้จากผู้อบรมในวันอบรมภาคปฏิบัติได้



ภาพประกอบ 58 ขณะทำการทดสอบความเหนียวของถุงพลาสติก

แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจระหว่างการฝึกอบรม
ของหลักสูตรการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจฉบับนี้เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกระหว่างการฝึกอบรมที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
2. โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุดในทุกข้อโดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
3. โปรดกากบาทหมายเลขตัวเลือกที่ 1-4 ตามที่ท่านคิดว่าถูกต้องที่สุดในกระต่ายคำตอบที่แจ้งให้เพียงตัวเลือกเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

คำอธิบายแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจระหว่างการผลิตของผู้เข้ารับการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในด้านความรู้ของการฝึกอบรม การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความรู้ที่ท่านได้รับจากการฝึกอบรมให้มากที่สุดในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

แบบทดสอบความรู้การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกใช้ทดสอบระหว่างการผลิตหลักสูตร การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ มีข้อสอบจำนวน 15 ข้อ ใน 1 ข้อมี 4 ตัวเลือก โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

คำชี้แจง : โปรดกากบาทตัวเลือก ก., ข., ค., ง ตัวเลือกใดที่ท่านคิดว่าถูกต้องที่สุดลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

คำสั่ง : แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกใช้ทดสอบระหว่างการผลิตของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก หมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ (เกณฑ์ประสิทธิภาพร้อยละ 85)

1. ขั้นตอนแรกของการเริ่มเปิดเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกคือขั้นตอนใด
 - ก. เปิดเบรกเกอร์ชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
 - ข. เติมน้ำมันลงในกรวยเติมพลาสติก
 - ค. เปิดไฟชุดควบคุมหัวทราย
 - ง. ทำความสะอาดเครื่องจักร
2. เพราะเหตุใดอุณหภูมิของแผ่นควบคุมความร้อนบริเวณกระบอกรีดจึงมีความร้อนไม่เท่ากันทั้ง 3 ช่วง
 - ก. เพื่อประหยัดไฟฟ้าได้ดี
 - ข. เพื่อเม็ดพลาสติกหลอมละลายได้ดี
 - ค. เพื่อให้พลาสติกลำเลียงและขึ้นรูปได้ง่าย
 - ง. เพื่อป้องกันความร้อนสะสมบริเวณกระบอกรีด

3. ผู้ปฏิบัติงานคนใดทำความสะอาดหัวทรายได้เหมาะสม
 - ก. จิม ทำทุก ๆ 1,000 ชั่วโมง
 - ข. จอห์น ทำทุก ๆ 300 ชั่วโมง
 - ค. โจ้ ทำหลังจากปิดเครื่องทุกครั้ง
 - ง. จิมมี พิจารณาตามความปนเปื้อนของสิ่งสกปรกที่ออกมาจากพลาสติก
4. เมื่อพลาสติกละลายเหลวมากจนไม่สามารถลำเลียงผ่านชุดกระบอกและสกรูได้ แสดงว่าผู้ปฏิบัติงานปรับไฟควบคุมอุณหภูมิบริเวณใดของชุดกระบอกและสกรูผิด
 - ก. อุณหภูมิบริเวณหัวกระบอก
 - ข. อุณหภูมิบริเวณกลางกระบอก
 - ค. อุณหภูมิบริเวณท้ายกระบอก
 - ง. อุณหภูมิในการทำงานของกระบอกทั้งหมด
5. ผู้ปฏิบัติงานสามารถปรับเพิ่ม-ลดการเร่งรอบอินเวอร์สเตอร์มอเตอร์ขับเคลื่อนได้มากหรือน้อยกว่าที่กำหนดได้เล็กน้อยโดยรอบของอินเวอร์สเตอร์จะสัมพันธ์กับสิ่งใด
 - ก. ขนาดถังพลาสติก
 - ข. อุณหภูมิในการทำงาน
 - ค. ลักษณะเม็ดพลาสติก
 - ง. ความหนา-บางของถังพลาสติก
6. ถังพลาสติกที่ผลิตเรียบร้อยแล้วเมื่อถังออกมามีลักษณะเป็นเส้นผู้ปฏิบัติงานควรตรวจสอบที่อุปกรณ์ใดของเครื่องจักรเป่าถังพลาสติก
 - ก. ลูกกลิ้ง
 - ข. หัวทราย
 - ค. กรอบบีบลูกโป่ง
 - ง. สกรูและกระบอก
7. ถ้าต้องการตรวจสอบความเหนียวและยืดหยุ่นของถังพลาสติกผู้ปฏิบัติงานควรปฏิบัติอย่างไร
 - ก. ถ่างถังพลาสติกออกด้วยท่อนเหล็ก 2 ท่อน
 - ข. ใช้ไทร์เป่าลมเป่าและจับเวลาการละลาย
 - ค. ใช้มือจับบริเวณหัวทั้งสองฝั่งแล้วดึงออกจากกัน
 - ง. ใช้ท่อนแขนสอดเข้าไปในถังและกระแทกออกพร้อมกัน

เฉลยแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
หมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการ
ตรวจสอบคุณภาพ

เฉลยแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมหมวดที่ 3	
คำถามข้อที่	คำตอบ
1	ก
2	ค
3	ก
4	ค
5	ง
6	ข
7	ง

**แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจหลังการฝึกอบรม
ของหลักสูตรการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจฉบับนี้เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ
ศึกษาความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกหลังการฝึกอบรมที่มีต่อ
หลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
2. โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มาก
ที่สุดในทุกข้อโดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตร
ฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
3. โปรดกากบาทหมายเลขตัวเลือกที่ 1-4 ตามที่ท่านคิดว่าถูกที่สุดในกระ
ดาษคำตอบที่แจกให้เพียงตัวเลือกเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

คำอธิบายแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจหลังการฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในด้านความรู้ของการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกโปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความรู้ที่ท่านได้รับจากการฝึกอบรมให้มากที่สุดในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

แบบทดสอบความรู้การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกใช้ทดสอบหลังการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกซึ่งรวมเนื้อหาทั้ง 3 หมวดการฝึกอบรมเข้าด้วยกันได้แก่ หมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก มีข้อสอบจำนวน 8 ข้อ หมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น มีข้อสอบจำนวน 15 ข้อ และหมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ มีข้อสอบจำนวน 15 ข้อ รวมทั้งสิ้นจำนวน 30 ข้อ ใน 1 ข้อมี 4 ตัวเลือก โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

คำชี้แจง : โปรดกากบาทตัวเลือก ก., ข., ค., ง ตัวเลือกใดที่ท่านคิดว่าถูกต้องที่สุดลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

คำสั่ง : แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกใช้ทดสอบหลังการฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก (เกณฑ์ประสิทธิภาพร้อยละ 85)

หมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก

1. พอลิเมอร์ที่มีลักษณะเชิงกลดี มีความทนทานที่อุณหภูมิสูงคือพอลิเมอร์ชนิดใด
 - ก. พอลิเมอร์ที่ใช้ในงานสมรรถนะสูง
 - ข. พอลิเมอร์ที่ใช้งานในปริมาณสูง
 - ค. พอลิเมอร์ที่ใช้ในงานวิศวกรรม
 - ง. พอลิเมอร์ที่ใช้ในการผลิต

2. HDPE เป็นชื่อย่อของพลาสติกชนิดใด
 - ก. High Density Polyester
 - ข. High Density Polyethylene
 - ค. High Density Plastic Ethylene
 - ง. High Density Phenolic Ethylene
3. ถ้าพิจารณาจากชนิดของพอลิเมอร์ตามลักษณะสมบัติของผลิตภัณฑ์ จะสามารถแบ่งได้ตามข้อใด
 - ก. พอลิเมอร์ที่ใช้ในงานวิศวกรรมและพอลิเมอร์ที่ใช้ในงานสมรรถนะสูง
 - ข. เทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซตติงพลาสติก
 - ค. พอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์
 - ง. กาวและเส้นใย
4. “การย่อย” ในการเตรียมพลาสติกเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิต หมายความว่าข้อใด
 - ก. การทำให้พลาสติกง่ายต่อการเข้าเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก
 - ข. การทำให้พลาสติกหลอมละลายได้เร็วในความร้อนต่ำ
 - ค. การแยกพลาสติกออกเป็นส่วนๆเท่ากัน
 - ง. การลดขนาดของพลาสติกแข็งโดยวิธีกล
5. ข้อใดเป็นวิธีการพิสูจน์พลาสติก
 - ก. การพิสูจน์โดยใช้เครื่องกดเพื่อพิจารณาความยืดหยุ่น
 - ข. การพิสูจน์โดยใช้เครื่องมือพิเศษจากห้องทดลอง
 - ค. การพิสูจน์โดยการดูลักษณะเมื่อได้รับความร้อน
 - ง. การพิสูจน์โดยการเจาะเนื้อพลาสติก
6. ที่อุณหภูมิ 125-135 องศาเซลเซียสคือช่วงหลอมละลายของพลาสติกชนิดใด
 - ก. Polypropylene
 - ข. Low Density Polyethylene
 - ค. High Density Polyethylene
 - ง. Polypropylene terephthalate
7. ลักษณะเด่นของ Thermo Plastic เมื่อโดนความร้อนคือข้อใด
 - ก. สามารถคืนรูปได้
 - ข. ลุกเป็นเปลวไฟ
 - ค. หลอมละลาย
 - ง. แตก
8. พลาสติกประเภท LDPE และ HDPE มีลักษณะความคล้ายคลึงในด้านใด
 - ก. รูปทรงของวัสดุ
 - ข. ความหนาแน่นของวัสดุ
 - ค. ลักษณะการติดไฟของวัสดุ
 - ง. ความแข็งแรง คงทนของวัสดุ

หมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น

9. ข้อใดเป็นหน้าที่หลักของสกรูของเครื่องเอกซ์ทรูด
 - ก. ทำหน้าที่ในการรับแรงจากการขับเคลื่อนของชุดกระปุกเกียร์
 - ข. ทำให้พลาสติกเกิดการหลอมเป็นเนื้อเดียว
 - ค. ให้ความร้อนแก่พลาสติก
 - ง. เก็บความร้อน
10. เพราะเหตุใดความลึกของร่องเกลียวในส่วนหลอมอัดของสกรูจึงต้องค่อย ๆ ลดลง
 - ก. เพื่อให้พลาสติกเกิดการผสมกันเป็นเนื้อเดียวอย่างสมบูรณ์และมีความเสถียร
 - ข. เพื่อส่งต่อพลาสติกจำนวนมากพอไม่ให้ขาดตอนสู่ส่วนหลอมอัด
 - ค. เพื่อการส่งผ่านความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอสู่พลาสติก
 - ง. เพื่อรองรับเม็ดพลาสติกที่มีขนาดไม่เท่ากัน
11. ข้อใดไม่ใช่หลักการทำงานของกระบอก (Cylinder)
 - ก. เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนแก่พลาสติก
 - ข. ทำให้พลาสติกผสมกันได้คล่องตัว
 - ค. เป็นตัวบรรจุสกรูไว้ภายใน
 - ง. เดิมวัตถุดิบ
12. กระบอกที่ใช้ในเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกสามารถทำจากอัลลอยด์เพียงอย่างเดียวได้หรือไม่
 - ก. ได้ เพราะจะทำให้เครื่องมีลักษณะที่สวยงามมากขึ้น
 - ข. ได้ เพราะทนต่อความร้อนสูง
 - ค. ไม่ได้ เพราะกระบอกจะมีน้ำหนักเบามาก
 - ง. ไม่ได้ เพราะกระบอกจะไม่ทนต่อการเสียดสีระหว่างสกรูและกระบอก
13. กระบอกของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกต้องทำจากเหล็กผสมอัลลอยด์แล้วนำไปทำไนไตรด์ (Nitride) เพราะต้องการให้มีคุณสมบัติของกระบอกเป็นอย่างไร
 - ก. เพิ่มความสวยงาม
 - ข. รับความร้อนง่าย
 - ค. เพิ่มความแข็ง
 - ง. เพิ่มความลื่น

14. เมื่อกล่าวถึงคำว่า “ตะแกรงกรอง” ในเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมักจะต้องอยู่คู่กับอุปกรณ์ชนิดใด
- ก. สกรู
 - ข. กระจบอก
 - ค. อะแดปเตอร์
 - ง. ถังเติมวัตถุดิบ
15. อุปกรณ์ใดได้รับการออกแบบให้ถูกควบคุมความร้อนให้เหมาะสมต่อการผสมพลาสติก
- ก. อะแดปเตอร์
 - ข. กระจบอกเกียร์
 - ค. หัวดราย
 - ง. กระจบอก
16. เหตุใดที่ผิวภายในของกรวยเติมพลาสติกต้องมีผิวที่มันวาว
- ก. เพื่อง่ายต่อการทำความสะอาด
 - ข. เพื่อลดการเกิดไฟฟ้าสถิตย์
 - ค. เพื่อลดแรงเสียดทาน
 - ง. เพื่อความสวยงาม
17. ข้อใดคือลักษณะการสังเกตข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิบริเวณกระจบอกของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกผิดปกติ
- ก. เนื้อพลาสติกเป็นรอนคลื่น ไม่เรียบ
 - ข. ไม่สามารถปรับความกว้างของถุงพลาสติกได้
 - ค. ไม่สามารถปรับความหนาของถุงพลาสติกได้
 - ง. ไม่สามารถขึ้นรูปพลาสติกได้
18. เมื่อเนื้อของถุงพลาสติกที่ได้ มีลักษณะเป็นเส้น ผู้ปฏิบัติงานควรตรวจสอบที่ส่วนใด
- ก. กระจบอกและสกรู
 - ข. กรวยเติมพลาสติก
 - ค. หัวดราย
 - ง. ตะแกรง
19. เมื่อต้องการเพิ่มกำลังการผลิตถุงพลาสติก ผู้ปฏิบัติงานควรทำอย่างไร
- ก. ปรับอุณหภูมิบริเวณกระจบอก
 - ข. ปรับวาล์วลมเข้าไปยังลูกโป่ง
 - ค. ปรับอุณหภูมิบริเวณหัวดราย
 - ง. ปรับการขับเคลื่อนพลาสติก

20. ถ้าถุงพลาสติกที่ได้มีความบางมากเกินไปกว่าความบางที่ต้องการผู้ปฏิบัติงานควรปรับอุปกรณ์อย่างไร

- ก. ลดวาล์วลมเข้าลูกโป่ง
- ข. เพิ่มวาล์วลมเข้าลูกโป่ง
- ค. ปรับลูกกลิ้งตัวบนให้คลายออก
- ง. ปรับลูกกลิ้งตัวบนให้บีบแน่นขึ้น

21. ลักษณะบุคลิกภาพของผู้ปฏิบัติงานในข้อใดที่ไม่สามารถเป็นผู้ปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้

- ก. สมศักดิ์เชื่อในโชคกลางสัปดาห์ถึงลงอาคมสวมเสื้อยืดแขนงูตามาปฏิบัติงาน
- ข. สมนึกพกปากกาที่กระเป๋าสีเสื้อทุกครั้งเพื่อจดข้อผิดพลาด
- ค. สมจิตร์ใส่กางเกงยีนส์เข้ามาทำงานบ่อยครั้ง
- ง. สมสนุกใส่รองเท้าผ้าใบมาทำงานทุกครั้ง

22. เมื่อเกิดปัญหากับถุงพลาสติกที่มีลักษณะของพับข้างของถุงพลาสติกทั้ง 2 ข้างไม่เท่ากัน ผู้ปฏิบัติงานควรตรวจสอบที่บริเวณใด

- ก. ลูกกลิ้งติดปกติ
- ข. หัวทรายติดปกติ
- ค. ลักษณะของลูกโป่ง
- ง. วาล์วปล่อยลมเข้าลูกโป่ง

23. เมื่อมีสิ่งของแปลกปลอมปนเข้าไปอยู่กับเม็ดพลาสติก อุปกรณ์ใดที่จะเกิดความเสียหายเป็นอันดับแรก

- ก. กรวยเติมพลาสติก
- ข. ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน
- ค. กระบอกและสกรู
- ง. หัวทราย

หมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ

24. เมื่อกระแสไฟตกและเครื่องดับสิ่งที่ผู้ปฏิบัติงานต้องกระทำเป็นขั้นตอนแรกคือขั้นตอนใด
 - ก. ปิดเบรกเกอร์ชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
 - ข. ตักวัตถุดิบออกจากกรวยเติมพลาสติก
 - ค. ปิดไฟชุดควบคุมหัวทราย
 - ง. ตัดพลาสติกที่ค้างในเครื่องออก
25. เพราะเหตุใดอุณหภูมิของแผ่นควบคุมความร้อนบริเวณกระบอกรอบจึงมีความร้อนไม่เท่ากันทั้ง 3 ช่วง
 - ก. เพื่อป้องกันความร้อนสะสมบริเวณกระบอกรอบ
 - ข. เพื่อให้พลาสติกลำเลียงและขึ้นรูปได้ง่าย
 - ค. เพื่อให้เม็ดพลาสติกคลุกเคล้าผสมกันได้ดี
 - ง. เพื่อประหยัดไฟฟ้าได้ดี
26. ในเครื่องจักรที่ผลิตถุงพลาสติกชนิดเดียวกันผู้ปฏิบัติงานคนใดทำการเปลี่ยนตะแกรงได้เหมาะสมที่สุด
 - ก. วิทยา ทำทุกๆ 42 ชั่วโมง
 - ข. วิชัย ทำทุกๆ 300 ชั่วโมง
 - ค. วินัย ทำหลังจากปิดเครื่องทุกครั้ง
 - ง. วิมล พิจารณาตามความปนเปื้อนของสิ่งสกปรกที่ออกมาจากพลาสติก
27. เมื่อพลาสติกละลายเหลวมากจนไม่สามารถลำเลียงผ่านชุดกระบอกรอบและสกรูได้ผู้ปฏิบัติงานควรแก้ปัญหาที่จุดใด
 - ก. ปรับอุณหภูมิหัวกระบอกรอบ
 - ข. ปรับอุณหภูมิกลางกระบอกรอบ
 - ค. ปรับอุณหภูมิท้ายกระบอกรอบ
 - ง. เปลี่ยนเม็ดพลาสติก
28. ผู้ปฏิบัติงานสามารถปรับเพิ่ม-ลดการเร่งรอบอินเวอร์สเตอร์มอเตอร์ขับเคลื่อนได้มากหรือน้อยกว่าที่กำหนดได้เล็กน้อยโดยรอบของอินเวอร์สเตอร์จะสัมพันธ์กับสิ่งใด
 - ก. ความหนา-บางของถุงพลาสติก
 - ข. อุณหภูมิในการปฏิบัติงาน
 - ค. ลักษณะเม็ดพลาสติก
 - ง. ขนาดถุงพลาสติก

29. ถ้าถุงพลาสติกที่ผลิตเรียบร้อยแล้วเมื่อถุงออกมามีลักษณะฉีกขาดง่ายผู้ปฏิบัติงานควรตรวจสอบที่อุปกรณ์ใดของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

- ก. สกรู
- ข. หัวทราย
- ค. กระบอก
- ง. กรอบบีบลูกโป่ง

30. ถ้าถุงพลาสติกที่ผลิตออกมามีลักษณะกระด้างผู้ปฏิบัติงานจะต้องทราบว่าเกิดปัญหาที่จุดใด

- ก. เม็ดพลาสติกที่ใช้ไม่เหมาะสม
- ข. อุณหภูมิที่ใช้ในการเป่าถุงพลาสติกสูงกว่าปกติ
- ค. อุณหภูมิบริเวณภายนอกต่ำ
- ง. แรงการขับเม็ดพลาสติกมากเกินไป

เฉลยแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

เฉลยแบบทดสอบหลังการฝึกอบรม			
คำถามข้อที่	คำตอบ	คำถามข้อที่	คำตอบ
1	ค	16	ค
2	ข	17	ง
3	ง	18	ค
4	ง	19	ง
5	ค	20	ค
6	ค	21	ข
7	ค	22	ค
8	ค	23	ค
9	ข	24	ก
10	ก	25	ข
11	ง	26	ก
12	ง	27	ค
13	ค	28	ก
14	ค	29	ข
15	ง	30	ก

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงค่าความสอดคล้องของเนื้อหาที่ใช้ในหลักสูตรการฝึกอบรมเรื่องการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ซึ่งประเมินค่าความสอดคล้อง โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

เนื้อหา	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ค่าความสอดคล้อง
หมวดที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก 1. อุตสาหกรรมพลาสติก 1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก 1.2 การเตรียมพลาสติกเพื่อเข้ากระบวนการผลิต 1.3 สารเติมแต่งและสารเสริม 1.4 วิธีพิสูจน์ชนิดของพลาสติกอย่างง่าย	มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	-0.66
1.5 กรรมวิธีการผลิตฟิล์มโดยการเป่า	มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	1
หมวดที่ 2 ส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น 2. เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก 2.1 การเอกซ์ทรูด 2.2 เครื่องเอกซ์ทรูด 2.3 กระบวนการเป่าฟิล์ม 2.4 อุปกรณ์ประกอบหลังการเอกซ์ทรูด	สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	0.33
2.5 กระบวนการผลิตถุงพลาสติกเพื่อความปลอดภัย	มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย	1
2.6 การตรวจสอบคุณภาพถุงพลาสติก	มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	1

เนื้อหา	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ค่าความ สอดคล้อง
หมวดที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักร เป่าถุงพลาสติกและการ ตรวจสอบคุณภาพ 3. การปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ 3.1 การปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ	มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติกและซ่อมบำรุง เบื้องต้นได้	1
3.2 การตรวจสอบคุณภาพ	มีทักษะในการตรวจสอบ คุณภาพสินค้าสำเร็จรูปได้	0.33
รวม		0.57

ตารางแสดงค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบที่ใช้ในหลักสูตรการฝึกอบรมเรื่องการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งประเมินค่าความสอดคล้อง โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ค่าความ สอดคล้อง
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	1. ข้อใดเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ ก. ไบโอฟอสฟอรัส ข. พอลิเอทิลีน ค. พอลิสไตรีน ง. พอลิเอสเทอร์	1
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	2. HDPE เป็นชื่อย่อของพลาสติกชนิดใด ก. High Density Polyethylene ข. High Density Plastic Ethylene ค. High Density Phenolic Ethylene ง. High Density Polyester	1
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลาสติก และวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต	3. การแบ่งชนิดของพอลิเมอร์ตามการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนสามารถแบ่งได้กี่ชนิด ก. 5 ชนิด ข. 4 ชนิด ค. 3 ชนิด ง. 2 ชนิด	-1
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	4. การลดขนาดของพลาสติกแข็งโดยวิธีกล” หมายความว่าข้อใด ก. การ ข. การย่อย ค. การผสม ง. การตี	1
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	5. พลาสติกมีวิธีการพิสูจน์อย่างง่ายกี่วิธี ก. 8 วิธี ข. 7 วิธี ค. 6 วิธี ง. 5 วิธี	-0.66

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ค่าความ สอดคล้อง
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	6. พลาสติก HDPE มีช่วงหลอมละลายที่ องศาเซลเซียส ก. 105-120 ข. 125-135 ค. 210-215 ง. 250-260	1
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	7. ลักษณะเด่นของ Thermosetting Plastic เมื่อโดนความร้อนคือข้อใด ก. หลอมละลาย ข. แตก ค. ลุกเป็นเปลวไฟ ง. สามารถคืนรูปได้	1
2. มีความรู้ในข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก	8. เมื่อเปรียบเทียบพลาสติกประเภท LDPE และ HDPE ลักษณะข้อใดที่พลาสติก 2 ประเภทนี้คล้ายคลึงกันมากที่สุด ก. ความหนาแน่นของวัสดุ ข. รูปทรงของวัสดุ ค. ความแข็งแรง คงทนของวัสดุ ง. ลักษณะการติดไฟของวัสดุ	1
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	9. สกรูอัดมีเดียในเครื่องเอกซ์ทรูดจะมีความยาวเป็นกี่เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง ก. 20-40 เท่า ข. 5-20 เท่า ค. 40-55 เท่า ง. 55-70 เท่า	-1

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ค่าความ สอดคล้อง
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	10. ส่วนใดของสกรูในเครื่องเอกซ์ทрудที่มีควมลึกของร่องเกลี้ยงมากที่สุด ก. ส่วนป้อน ข. ส่วนกลาง ค. ส่วนส่ง ง. มีขนาดลึกเท่ากันหมดทุกส่วน	-0.66
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	11. ข้อใดคือหน้าที่ของกระบอกลูกสูบ (Cylinder) ก. เติมวัตถุดิบ ข. ลำเลียงลูกโป่ง ค. บรรจุสกรู ง. เก็บความร้อน	-1
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	12. เหตุผลใดที่กระบอกลูกสูบต้องใช้วัสดุที่ทนต่อการขัดสีและกัดกร่อน ก. ความดันที่เกิดขึ้นจากการเอกซ์ทрудสูง ข. เกิดการเสียดสีระหว่างเกลียวและกระบอกลูกสูบ ค. ความร้อนสูง ง. พลาสติกเหลวกัดเซาะกระบอกลูกสูบ	-0.66
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	13. กระบอกลูกสูบต้องทำจากอัลลอยด์แล้วนำไปทำไนไตรด์ (Nitride) เมื่อต้องการให้คุณสมบัติของกระบอกลูกสูบเป็นอย่างไร ก. เพิ่มความแข็ง ข. เพิ่มความลื่น ค. เพิ่มความสวยงาม ง. รับความร้อนง่าย	1

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ค่าความ สอดคล้อง
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	14. เมื่อก้าวถึงคำว่า “อะแดปเตอร์” ในเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมักจะต้องอยู่กับอุปกรณ์ชนิดใด ก. แผ่นเบรกเกอร์ ข. กระบอก ค. สกรู ง. ถังเติมวัตถุดิบ	-0.66
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	15. อุปกรณ์ใดถูกออกแบบให้รองรับแรงย้อนกลับ ซึ่งเกิดขึ้นจากการขับของสกรู ก. อะแดปเตอร์ ข. เพสเซ็น ค. หัวทราย ง. กระบอก	1
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	16. เหตุใดมอเตอร์ที่ใช้ขับเกลียวต้องเป็นมอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์ ก. เพื่อให้เกิดความเร็วรอบที่สูง ข. ทนทานต่อการใช้งานต่อเนื่อง ค. ราคาถูก ง่ายต่อการบำรุงรักษา ง. เพื่ออัตราการหมุนอย่างต่อเนื่องและไม่กระตุก	1
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	17. ข้อใดคือเหตุผลของการแบ่งจุดแผ่นความร้อนออกเป็นช่วงๆ 4-6 ช่วง ก. ต้องการควบคุมความร้อนให้สม่ำเสมอ ข. ง่ายต่อการบำรุงรักษา ค. ให้เกิดการกระจายความร้อนทั่วกระบอก ง. เพื่อปรับเพิ่ม-ลดอุณหภูมิได้อย่างอิสระ	1

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ค่าความ สอดคล้อง
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	18. เมื่อเนื้อของพลาสติกที่ถูกเป่าออกมาผ่านทางหัวทราย มีลักษณะปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรก ผู้ปฏิบัติงานควรตรวจสอบที่ส่วนใด ก. กรวยเติมพลาสติก ข. ตะแกรง ค. จุดกระบอกและสกรู ง. หัวทราย	1
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	19. เมื่อผู้ปฏิบัติงานต้องการเพิ่มหรือลดขนาดถุงพลาสติก ผู้ปฏิบัติงานควรทำอย่างไร ก. เพิ่ม-ลด วาล์วลมเข้าไปยังลูกโป่ง ข. ปรับเข้า-ออก กรอบบีบลูกโป่ง ค. ปรับการกดตัวของลูกกลิ้งตึง ง. เพิ่ม-ลด การขัดเม็ดพลาสติก	1
3. สามารถบอกถึงหลักการทำงานของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	20. อุปกรณ์ใดที่มีผลต่อความหนา-บางของถุงพลาสติก ก. ลูกกลิ้งตัวบน ข. กรอบบีบลูกโป่ง ค. หัวทราย ง. วาล์วลมเข้าลูกโป่ง	0.33
4. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย	21. ลักษณะบุคลิกภาพในข้อใดที่สามารถเป็นผู้ปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้ ก. พกปากกาที่กระเป๋าสีทุกครั้งเพื่อจดข้อผิดพลาด ข. สวมเสื้อแจ็กเก็ตกระดุมเหล็กเพื่อความเรียบร้อย ค. อยู่ในธรรมะ ไม่ดื่มที่จะคล่องสร้อยพระทุกครั้งที่มาทำงาน ง. เชื่อในโชคกลาง สักยันต์ลงอาคมสวมเสื้อยืดมาปฏิบัติงาน	1

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ค่าความ สอดคล้อง
5. มีความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น	22. เมื่อเกิดปัญหากับถุงพลาสติกที่มีลักษณะของพับข้างของถุงพลาสติกทั้ง 2 ข้างไม่เท่ากัน ผู้ปฏิบัติงานสามารถสังเกตข้อผิดพลาดที่ส่วนใด ก. เนื้อลูกโป่งเป็นคลื่น ข. ลูกโป่งลอยตัวผิดปกติ ค. ลูกโป่งไม่นิ่ง สายไปมา ง. ลูกโป่งมีทรงที่ผิดปกติ	1
5. มีความรู้ในการทำงานกับเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกอย่างปลอดภัย	23. ในการกำหนดการควบคุมรอบมอเตอร์ขับเคลื่อน โดยอินเวอร์เตอร์ ถ้าผู้ปฏิบัติงานเร่งอินเวอร์เตอร์มากกว่าปกติจะส่งผลเสียอย่างไรมากที่สุด ก. ใช้กำลังไฟฟ้าสิ้นเปลือง ข. กำลังการผลิตลดลง ค. ความร้อนสะสมบริเวณกระบอกลูกสูบลมมาก ง. ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนเกิดความเสียหาย	1
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้	24. ขั้นตอนแรกของการเริ่มเปิดเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกคือขั้นตอนใด ก. เต็มวัฏจักรลงในกรวยตัววัด ข. เปิดไฟชุดควบคุมหัวตรวจ ค. เปิดเบรกเกอร์ชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ง. ทำความสะอาดเครื่องจักร	1
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้	25. ชุดควบคุมแผ่นความร้อนบริเวณกระบอกลูกสูบลม 1 ชุด ควบคุมแผ่นความร้อนกี่แผ่น ก. 2 แผ่น ข. 3 แผ่น ค. 4 แผ่น ง. 1 แผ่น	-1

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ค่าความ สอดคล้อง
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้	26. ผู้ปฏิบัติงานควรทำความสะอาด หัวทรายเมื่อใด ก. ทุกครั้งที่ทำการปิดเครื่อง ข. ทุก ๆ 1,000 ชั่วโมง ค. ทุก ๆ 300 ชั่วโมง ง. พิจารณาตามความปนเปื้อนของ สิ่งสกปรกที่ออกมาจากพลาสติก	0.66
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้	27. เมื่อพลาสติกละลายเหลวมากจนไม่ สามารถลำเลียงผ่านชุดกระบอกและสกรู ได้ แสดงว่าผู้ปฏิบัติงานปรับตัวไฟ บริเวณใดของชุดกระบอกและสกรูผิด ก. หัวกระบอก ข. กลางกระบอก ค. ลักษณะเม็ดพลาสติก ง. อุณหภูมิในการทำงาน	1
6. มีทักษะในการใช้เครื่องจักรเป่า ถุงพลาสติกและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้	28. ผู้ปฏิบัติงานสามารถปรับเพิ่ม-ลด การเร่งรอบอินเวอร์เตอร์มอเตอร์ขับเคลื่อน ได้มากหรือน้อยกว่าที่กำหนดได้ เล็กน้อยโดยรอบของอินเวอร์เตอร์จะ สัมพันธ์กับสิ่งใด ก. ขนาดถุงพลาสติก ข. ความหนา-บางของถุงพลาสติก ค. ลักษณะเม็ดพลาสติก ง. อุณหภูมิในการทำงาน	1
7. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพ สินค้าสำเร็จรูปได้	29. เครื่องมือวัดความหนา-บางของ ถุงพลาสติกที่เรียกว่า “เครื่องมือวัดผล” มีหน่วยเป็นหน่วยอะไร ก. มิลลิเมตร ข. ไมครอน ค. นาโนเมตร ง. ไม่มีหน่วย	0.33

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ค่าความ สอดคล้อง
7. มีทักษะในการตรวจสอบคุณภาพ สินค้าสำเร็จรูปได้	30. การตัดพลาสติกออกมาส่วนหนึ่งจาก ม้วนแล้ว ผู้ปฏิบัติงานสอดท่อนมือทั้ง 2 ข้างเข้าไปด้านในแล้วกระแทกออก จากกันด้วยความแรง เราเรียกการ ตรวจสอบดังกล่าวว่าเป็นการทดสอบ ลักษณะใด ก. ตรวจสอบความหนา-บาง ข. ตรวจสอบความเหนียว ค. ตรวจสอบขนาด ง. ตรวจสอบความยืดหยุ่น	0.33
รวม		0.43

แบบวัดความสามารถในการปฏิบัติงาน

ใบให้คะแนนตามขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ชื่อผู้ปฏิบัติงาน

ชื่อผู้ประเมิน

คำชี้แจง : แบบวัดนี้ใช้เฉพาะกรรมการผู้ชำนาญการที่เป็นผู้สังเกตเท่านั้นโดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลง
ในช่องขั้นตอนการปฏิบัติที่ตรงกับการสังเกตของกรรมการโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามที่กำหนด
ดังนี้

ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติถูกต้องครบทั้งกระบวนการ	2	คะแนน
ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติผิดพลาด 1 จุด	1	คะแนน
ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติผิดพลาดมากกว่า 1 จุด	0	คะแนน

ประเมินขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก					
รูปแบบการพัฒนาทักษะ ด้านการปฏิบัติงาน	หัวข้องานที่ทำการประเมิน	คะแนน เต็ม	เกณฑ์ คะแนน	คะแนน ที่ได้	คำแนะนำ
1. ขั้นการรับรู้ (4 ข้อ = 8 คะแนน)	1.1 จดจำและจำแนกวัตถุดิบเพื่อใช้ ในการผลิตถุงพลาสติกได้	2	2		0.66
			1		
			0		
	1.2 จดจำและจำแนกขนาดของ ถุงพลาสติกที่มีในท้องตลาดได้	2	2		0.66
			1		
			0		
	1.3 จดจำชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของ เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้	2	2		0.66
			1		
			0		
	1.4 มีการตอบสนองต่อวิทยากร อย่างต่อเนื่อง	2	2		0.33
			1		
			0		
2. ขั้นเตรียมความพร้อม (4 ข้อ = 8 คะแนน)	2.1 ความพร้อมของเครื่องแต่งกาย ในการปฏิบัติงาน	2	2		1
			1		
			0		

ประเมินขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก					
รูปแบบการพัฒนาทักษะ ด้านการปฏิบัติงาน	หัวข้องานที่ทำการประเมิน	คะแนน เต็ม	เกณฑ์ คะแนน	คะแนน ที่ได้	คำแนะนำ
2. ขั้นเตรียมความพร้อม (4 ข้อ = 8 คะแนน)	2.2 ความพร้อมของการใช้เครื่องมือ	2	2		-1
			1		
			0		
	2.3 การเตรียมวัตถุดิบสำหรับการ เดินเครื่อง	2	2		1
			1		
			0		
	2.4 การเตรียมสถานที่และเครื่องจักร ให้พร้อมต่อการปฏิบัติงาน	2	2		1
			1		
			0		
3. ขั้นการตอบสนอง (6 ข้อ = 12 คะแนน)	3.1 เปิดไฟฟ้าตู้ควบคุมหลักได้	2	2		1
			1		
			0		
	3.2 ควบคุมการปรับไฟชุดควบคุม อุณหภูมิกรบอบได้	2	2		1
			1		
			0		
	3.3 ควบคุมการเร่งอัตราการขึ้นเม็ด พลาสติกจากชุดควบคุม อิเล็กทรอนิกส์ (อินเวอร์เตอร์) ได้	2	2		1
			1		
			0		
	3.4 ควบคุมขนาดของลูกโป่งได้ ถูกต้องและคงที่	2	2		1
			1		
			0		
	3.5 ตัดฟิล์มพลาสติกและดึงเข้าม้วน ได้	2	2		1
			1		
			0		

ประเมินขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก					
รูปแบบการพัฒนาทักษะด้านการปฏิบัติงาน	หัวข้องานที่ทำการประเมิน	คะแนนเต็ม	เกณฑ์คะแนน	คะแนนที่ได้	คำแนะนำ
3. ขั้นการตอบสนอง (6 ข้อ = 12 คะแนน)	3.6 ควบคุมความเร็วของลูกกลิ้งเก็บม้วนให้เหมาะสมตามความเร็วของพลาสติกได้	2	2		1
			1		
			0		
4. ขั้นลงมือ (2 ข้อ = 4 คะแนน)	4.1 ปรับขนาดความกว้างและพับข้างของฟิล์มพลาสติกได้ตามขนาดที่มาตรฐานกำหนด	2	2		0.33
			1		
			0		
	4.2 ปรับความหนาของฟิล์มพลาสติกได้ตามความหนาที่มาตรฐานกำหนด	2	2		1
			1		
			0		
5. ขั้นที่ 5 (2 ข้อ = 4 คะแนน)	5.1 สามารถเริ่มปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกได้ตั้งแต่ขั้นตอนแรกคือ การเปิดไฟฟ้าควบคุม	2	2		1
			1		
			0		
6. ขั้นที่ 6 ขั้นแก้ปัญหา (2 ข้อ = 4 คะแนน)	6.1 สามารถแก้ปัญหาที่วิทยากรทดสอบได้ (ปัญหา 1)	2	2		1
			1		
			0		
	6.2 สามารถแก้ปัญหาที่วิทยากรทดสอบได้ (ปัญหา 2)	2	2		1
			1		
			0		
รวม					0.77

ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

ผู้อบรมคนที่	กรรมการให้คะแนนคนที่		x^2	y^2	xy
	1(x)	2(y)			
1	38	39	1444	1521	1482
2	39	39	1521	1521	1521
3	39	38	1521	1444	1482
4	38	37	1444	1369	1406
5	36	38	1296	1444	1368
6	37	37	1369	1369	1369
7	36	37	1296	1369	1332
8	35	35	1225	1225	1225
9	36	36	1296	1296	1296
ผลรวม	334	336	12412	12558	12481

ค่าความเชื่อมั่นแบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกมีค่าเท่ากับ 0.759

คำนวณหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้แบบทดสอบที่เหมือนกันสองฉบับโดยให้คะแนนจากกรรมการผู้ประเมินทั้ง 2 ท่าน ประเมินพนักงานคนเดียวกันในระยะเวลาเดียวกัน คำนวณโดยหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ให้โดยกรรมการทั้ง 2 ท่านโดยใช้สูตรคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson product-moment coefficient correlation)

$$r_{tt} = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2][N \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

r_{tt}	=	ความเชื่อมั่นของแบบประเมินอิงเกณฑ์
N	=	จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม
$\sum x$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของผู้สังเกตคนที่ 1
$\sum x^2$	=	ผลรวมทั้งหมดของคะแนนของผู้สังเกตคนที่ 1 ยกกำลังสอง
$\sum y$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของผู้สังเกตคนที่ 2
$\sum y^2$	=	ผลรวมทั้งหมดของคะแนนของผู้สังเกตคนที่ 2 ยกกำลังสอง
$\sum xy$	=	ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนของผู้สังเกตการณ์แต่ละคน

ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบหมวดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมพลาสติก จำนวน 8 ข้อ

Item	Subject	N1	N2	Total	U	L	P	U/N1	U/N2	B
1	1	4	5	9	4	2	0.667	1.000	0.400	0.600
2	1	4	5	9	4	3	0.778	1.000	0.600	0.400
3	1	4	5	9	4	4	0.889	1.000	0.800	0.200
4	2	1	8	9	1	5	0.667	1.000	0.625	0.375
5	2	1	8	9	1	6	0.778	1.000	0.750	0.250
6	2	1	8	9	1	5	0.667	1.000	0.625	0.375
7	2	1	8	9	1	6	0.778	1.000	0.750	0.250
8	2	1	8	9	1	5	0.667	1.000	0.625	0.375

ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบหมวดที่ 2 เรื่องส่วนประกอบหน้าที่หลักการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น จำนวน 15 ข้อ

Item	Subject	N1	N2	Total	U	L	P	U/N1	U/N2	B
1	1	1	8	9	1	6	0.778	1.000	0.750	0.250
2	1	1	8	9	1	6	0.778	1.000	0.750	0.250
3	1	1	8	9	1	6	0.778	1.000	0.750	0.250
4	1	1	8	9	1	6	0.778	1.000	0.750	0.250
5	1	1	8	9	1	4	0.556	1.000	0.500	0.500
6	1	1	8	9	1	5	0.667	1.000	0.625	0.375
7	1	1	8	9	1	7	0.889	1.000	0.875	0.125
8	1	1	8	9	1	7	0.889	1.000	0.875	0.125
9	1	1	8	9	1	7	0.889	1.000	0.875	0.125
10	1	1	8	9	1	7	0.889	1.000	0.875	0.125
11	1	1	8	9	1	5	0.667	1.000	0.625	0.375
12	1	1	8	9	1	7	0.889	1.000	0.875	0.125
13	2	7	2	9	7	0	0.778	1.000	0.000	1.000
14	3	6	3	9	6	2	0.889	1.000	0.667	0.333
15	3	6	3	9	6	1	0.778	1.000	0.333	0.667

ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบหมวดที่ 3 เรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติกและการตรวจสอบคุณภาพ จำนวน 7 ข้อ

Item	Subject	N1	N2	Total	U	L	P	U/N1	U/N2	B
1	1	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
2	1	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
3	1	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
4	1	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
5	1	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
6	2	6	3	9	6	2	0.889	1.000	0.667	0.333
7	2	6	3	9	6	1	0.778	1.000	0.333	0.667

ตารางแสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบหลังการฝึกอบรวม 3 หมวด จำนวน 30 ข้อ

Item	Subject	N1	N2	Total	U	L	P	U/N1	U/N2	B
1	1	5	4	9	5	2	0.778	1.000	0.500	0.500
2	1	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
3	1	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
4	2	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
5	2	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
6	2	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
7	2	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
8	2	5	4	9	5	3	0.889	1.000	0.750	0.250
9	3	7	2	9	7	1	0.889	1.000	0.500	0.500
10	3	7	2	9	7	1	0.889	1.000	0.500	0.500
11	3	7	2	9	5	1	0.667	0.714	0.500	0.214
12	3	7	2	9	7	1	0.889	1.000	0.500	0.500
13	3	7	2	9	7	1	0.889	1.000	0.500	0.500
14	3	7	2	9	7	1	0.889	1.000	0.500	0.500
15	3	7	2	9	7	1	0.889	1.000	0.500	0.500
16	3	7	2	9	6	1	0.778	0.857	0.500	0.357
17	3	7	2	9	7	1	0.889	1.000	0.500	0.500
18	3	7	2	9	6	1	0.778	0.857	0.500	0.357
19	3	7	2	9	6	2	0.889	0.857	1.000	-0.143

Item	Subject	N1	N2	Total	U	L	P	U/N1	U/N2	B
20	3	7	2	9	7	1	0.889	1.000	0.500	0.500
21	4	9	0	9	9	0	1.000	1.000	0.000	1.000
22	5	7	2	9	7	1	0.889	1.000	0.500	0.500
23	5	7	2	9	7	1	0.889	1.000	0.500	0.500
24	6	6	3	9	6	2	0.889	1.000	0.667	0.333
25	6	6	3	9	6	2	0.889	1.000	0.667	0.333
26	6	6	3	9	6	2	0.889	1.000	0.667	0.333
27	6	6	3	9	6	2	0.889	1.000	0.667	0.333
28	6	6	3	9	6	2	0.889	1.000	0.667	0.333
29	7	6	3	9	6	2	0.889	1.000	0.667	0.333
30	7	6	3	9	6	1	0.778	1.000	0.333	0.667

ภาคผนวก ง

ที่ ศบ 0519.12/10475



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุโขมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๐ พฤศจิกายน 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน หัวหน้าผู้จัดการ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชินะชัยพลาย

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายสมเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 086-0000-048

ที่ ศบ 0519.12/10473



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุโขมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๖๐ พฤศจิกายน 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนจันทร์ประดิษฐารามพิทยาคม

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชินประดิษฐสุข นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอกาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์กัลยา ชอดดี เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินการฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก และ แบบทดสอบการฝึกอบรม การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชูเกียรติ ชินประดิษฐสุข และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 086-0000-048

ที่ ศธ 0519.12/1๕474



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

20 พฤศจิกายน 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน หัวหน้าผู้จัดการ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชัยยง แมชชีนเนอรี่

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายชัยยง เอื้อนพรหมราช เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรศัพท 086-0000-048

ที่ ศบ 0519.12/10492



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๐ พฤศจิกายน 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายการตลาด บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายประสิทธิ์ ค่อมณี เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมเรื่องการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 086-0000-048



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 5730

ที่ ศร 0519.12/104๗1

วันที่ ๑๐ พฤศจิกายน 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณะศึกษาศาสตร์

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข นิติระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปฏิญานพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปฏิญานพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันธกุล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจหลักสูตร และ วิเคราะห์หลักสูตรฝึกอบรมเรื่องการใช้ เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ศธ 0519.12/๐47๐



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๐ พฤศจิกายน 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ชมพูนุท สุขหวาน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจหลักสูตร และ วิเคราะห์หลักสูตรฝึกอบรมเรื่องการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรศัพท 086-0000-048

ที่ ศร 0519.12/๑๔๖๑



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๖๐ พฤศจิกายน 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเทคโนโลยีสยาม

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์กิตติ รัตนธานี เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจหลักสูตร และ วิเคราะห์หลักสูตรฝึกอบรมเรื่องการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรศัทพ์ 086-0000-048

ที่ ศธ 0519.12/0146



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑ มกราคม 2552

เรื่อง ขออนุญาตเคราะห้เพื่อการวิจัย

เรียน หัวหน้าผู้จัดการ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชินะชีพพลาย

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เรื่อง การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอกาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้ห้องฝึกอบรม โกดัง 1 เพื่อให้พนักงาน จำนวน 29 คน ทำแบบทดสอบการพัฒนาหลักสูตร ฝึกอบรม เรื่อง การใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก ในระหว่างเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2552

จึงเรียนมาเพื่อขออนุญาตเคราะห้ ได้โปรดพิจารณาให้ นายชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข ได้เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5067

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 086-0000-048

ภาคผนวก จ

รายชื่อผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้เครื่องจักรเป่าถุงพลาสติก จำนวน 15 คน ได้แก่

1. นายสมชาย ปาละจุม
2. นายแสวง รูปจะโป๊ะ
3. นายพรศักดิ์ ปานงาม
4. นายปณิพัส วิภูนต์
5. นายณัฐพงษ์ วงศ์สีดา
6. นายกอบเดช หวังเกษม
7. นายณัฐพล สุวรรณพล
8. นายอนุสรณ์ แซ่อึ้ง
9. นายกฤษฎา หอเนตรวิจิตร
10. นายทองเย็น บุญกล้า
11. นายอุทิศ สุนประโคน
12. นายสมชัย ศรัทธาธรรม
13. นายประมุข สังขะกุล
14. นายบัญญัติ ใจมั่น
15. นายสำรอง วงศ์คำ

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	ชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 15 สิงหาคม พุทธศักราช 2521
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลนนทรี กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	43/122-5 หมู่ 1 ถนน พระราม 2 แขวง แสมดำ เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10150
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ประจำแผนกวิทยาศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2545	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ช่างอุตสาหกรรม (ปวส.) สาขาช่างยนต์ จากโรงเรียนเทคโนโลยีสยาม กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2548	ปริญญาตรี บริหารธุรกิจบัณฑิต (บธ.บ.) สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2552	ปริญญาโท การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร