



ประสิทธิภาพพลังงานอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์พลาสติก*

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ
ภาควิชาเคมี สำนักวิทยาศาสตร์
ราชบัณฑิตยสถาน

บทคัดย่อ

เพื่อจำแนกประเภทของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก โดยอ้างอิงจากประสิทธิภาพพลังงาน ได้มีการศึกษาประสิทธิภาพพลังงานของ ๑๔ กระบวนการผลิตที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกของไทย ผลจากการศึกษา ค่าปริมาณการบริโภคพลังงานจำเพาะพบว่าสามารถจำแนกกระบวนการผลิตได้เป็น ๓ กลุ่ม คือ กลุ่มที่บริโภคพลังงานแบบสม่ำเสมอและต่อเนื่อง กลุ่มที่บริโภคพลังงานแบบไม่สม่ำเสมอตามรอบการผลิต และกลุ่มที่บริโภคพลังงานแบบผสมระหว่างกลุ่มที่ ๑ และกลุ่มที่ ๒

คำสำคัญ : อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก, ประสิทธิภาพพลังงาน, การจำแนกกลุ่มอุตสาหกรรม, กระบวนการผลิต, ปริมาณการบริโภคพลังงานจำเพาะ

๑. ความนำ

ในฐานะอุตสาหกรรมต้นน้ำของอุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมปิโตรเคมีจะผลิตเม็ดพลาสติกซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก การพัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเคมีย่อมก่อให้เกิดการพัฒนาความหลากหลายด้านลักษณะสมบัติของเม็ดพลาสติก ซึ่งนำไปสู่ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์พลาสติก

แต่โดยที่วัตถุดิบหลักของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี คือ เชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) ซึ่งเป็นพลังงานหลักของโลก การเปลี่ยนแปลงของราคาเชื้อเพลิงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงราคาเม็ดพลาสติก อันจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก จึงเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมพลาสติกพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานรูปอื่น ๆ ทั้งในส่วนที่เป็นที่มาของ

วัตถุดิบและพลังงานสำหรับการผลิต การขึ้นรูปเม็ดพลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์ นอกเหนือจากเครื่องจักรแล้วยังต้องการอุปกรณ์ที่เรียกว่าแม่พิมพ์ (mold and die) ดังนั้น ความสามารถของอุตสาหกรรมแม่พิมพ์จะเป็นส่วนช่วยให้เกิดความหลากหลายของรูปแบบของผลิตภัณฑ์พลาสติก รวมทั้งต้นทุนการผลิตสินค้า

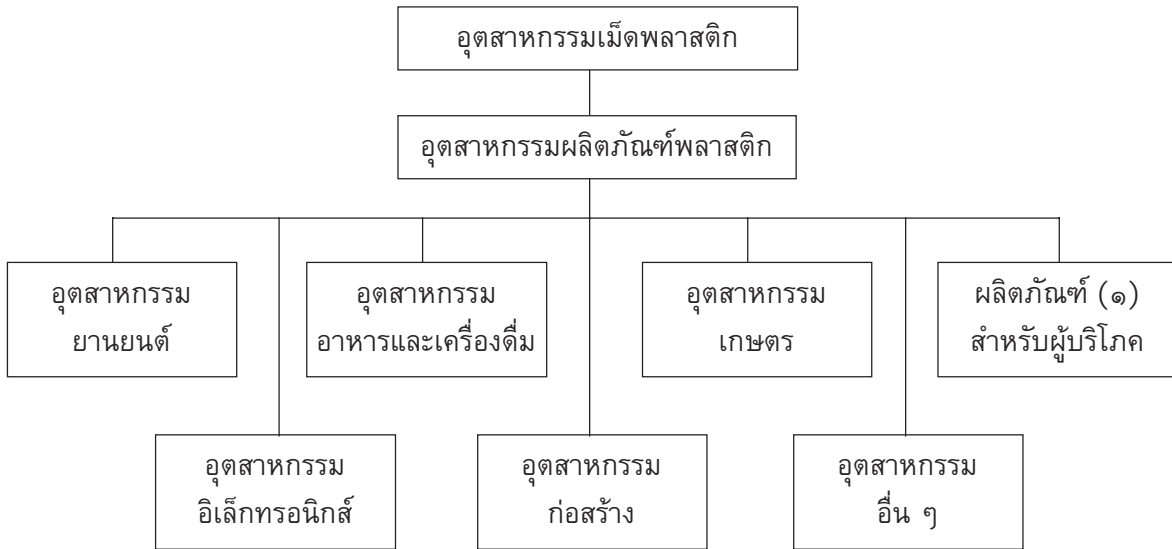
* บรรยายในการประชุมสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสถาน เมื่อวันที่ ๔ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๔๘.



รูปที่ ๑ แสดงโครงสร้างอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกไทย ซึ่งประกอบด้วยโรงงานทั้งสิ้น ๔,๕๖๐ โรง (อ้างอิงข้อมูล พ.ศ. ๒๕๔๗ ของ

กองควบคุมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม) มีจำนวนแรงงานทั้งสิ้น ๑๘๓,๗๐๓ คน และมีจำนวนเงินลงทุนกว่า

๑๓๖,๗๘๕ ล้านบาท มีมูลค่าการส่งออกมากกว่าปีละ ๗๐,๐๐๐ ล้านบาท



(๑) หมายถึง ผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค เช่น เครื่องใช้ในสำนักงานและเครื่องใช้ในครัวเรือน ฯลฯ

รูปที่ ๑ โครงสร้างอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก

๒. การวัดประสิทธิภาพพลังงานในอุตสาหกรรม

การที่จะทราบถึงความเหมาะสมในการบริโภคพลังงานของอุตสาหกรรม จำเป็นต้องทราบถึงประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน หรือที่เรียกว่า ประสิทธิภาพพลังงาน (energy efficiency) การพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน หรือการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพพลังงานเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้พลังงานลดลง ในขณะที่การผลิต/บริการคงตัว หรือการใช้พลังงานคงตัวเมื่อมีการเพิ่มการผลิต/บริการ

เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพพลังงาน จำเป็นต้องทราบข้อมูล ๒ ส่วน ส่วนแรก คือ ปริมาณพลังงานที่มีการใช้ไป และส่วนที่ ๒ คือ ผลผลิต/บริการที่เกิดจากการใช้พลังงาน การคำนวณหาประสิทธิภาพพลังงานในโรงงานแต่ละโรงอาจไม่มีปัญหามากนัก เพราะโรงงานจะมีข้อมูลทั้ง ๒ ส่วน (ถ้ามีการตรวจวัดและเก็บรวบรวม) แต่ในระดับอุตสาหกรรมและกลุ่มอุตสาหกรรม การเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง ๒ ส่วนต้องการหน่วยงานที่รับผิดชอบในการเก็บรวบรวมข้อมูลใน

ระดับมหภาค ในบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา มีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการบริโภคพลังงานในอุตสาหกรรม (manufacturing energy consumption survey) ทูกรอบ ๕ ปี และหลังสุดเป็นการเผยแพร่ผลการสำรวจของ ค.ศ. ๒๐๐๒ หลังจากนี้จะเปลี่ยนรอบการสำรวจให้เหลือ ๔ ปี

ด้านโรงงานและอุตสาหกรรม ข้อมูลการบริโภคพลังงานที่สอดคล้องกับผลผลิต สามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่าตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพ



พลังงาน คือ ค่าความเข้มพลังงาน (energy intensity) และค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน (energy elasticity/coefficient) โดยใช้ค่าความเข้มพลังงานเป็นตัวกำหนดเป้าหมายสำหรับการพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน

การคำนวณค่าความเข้มพลังงาน (EI) อาจคำนวณได้จากหลายสูตร ตัวอย่างเช่น

$$EI = \text{พลังงาน/ปริมาณการผลิต}$$

$$= \text{พลังงาน/มูลค่าการผลิต}$$

$$= \text{พลังงาน/มูลค่าการขนส่ง}$$

$$= \text{พลังงาน/มูลค่าเพิ่ม}$$

โดยค่าความเข้มพลังงาน เป็นค่าของตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพพลังงานในระดับอุตสาหกรรมสำหรับอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการผลิตหลายอย่าง (หลายประเภทของผลิตภัณฑ์) ค่าของความเข้มพลังงานในแต่ละช่วงเวลาจะแปรผันตามค่าการบริโภคพลังงานจำเพาะ (specific energy consumption, SEC) ของกระบวนการผลิตและโครงสร้างการผลิตแต่ละอย่าง ซึ่งหมายถึงสัดส่วนการผลิตของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ภายในอุตสาหกรรม

สำหรับค่าความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน (EE) ซึ่งมักใช้เป็นตัวบ่งชี้ความไวในการเปลี่ยนแปลงการบริโภคพลังงานอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงผลผลิต/มูลค่าทางเศรษฐกิจของผลผลิต จะคำนวณได้จากสูตร

$$EE = \frac{E/E}{P/P}$$

โดยที่ E = พลังงาน

E = ผลต่างของการบริโภคพลังงานระหว่างคูปีที่ต้องการเปรียบเทียบ (ถ้าต้องการเปรียบเทียบมากกว่าคูปีจะเป็นการเปรียบเทียบทุกปีกับปีฐาน)

P = ผลผลิต/มูลค่าทางเศรษฐกิจของผลผลิต

P = ผลต่างของผลผลิต/มูลค่าระหว่างคูปี (ถ้าต้องการเปรียบเทียบมากกว่าคูปี จะเป็นการเปรียบเทียบทุกปีกับปีฐาน ในกรณีที่เป็นการเปรียบเทียบของมูลค่า จะมีการปรับมูลค่าไปสู่มูลค่าปีฐานด้วยดัชนีลาสเปร์รี่หรือดัชนีดีวีเซีย)

๓. ประสิทธิภาพพลังงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก

ด้วยเหตุที่ต้องการศึกษาว่าสามารถจำแนกประเภทของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยอ้างอิงจากประสิทธิภาพพลังงานได้หรือไม่ จึงได้มีการศึกษาประสิทธิภาพพลังงานของแต่ละประเภทของกระบวนการผลิต ซึ่งจำแนกออกเป็น ๑๔ กระบวนการผลิต หลังจากวัดประสิทธิภาพพลังงานของกระบวนการผลิตแต่ละอย่างจะมีการวัดกลุ่มของกระบวนการผลิตที่มี

ลักษณะการบริโภคพลังงานและค่าตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพพลังงานที่ใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน

ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพพลังงานที่ใช้วัดประสิทธิภาพพลังงานของแต่ละกระบวนการผลิตจะใช้ค่า SEC ซึ่งในที่นี้จะเป็นสัดส่วนระหว่างค่าพลังงานเมื่อเทียบกับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ ผลจากการตรวจวัดการบริโภคพลังงาน ๓๒ โรงงาน สรุปค่า SEC เฉลี่ยของกระบวนการผลิตแต่ละอย่างได้ดังตารางที่ ๑

จากลักษณะการบริโภคพลังงานและค่า SEC จะสามารถจำแนกกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกได้เป็น ๓ กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มพลังงานที่ ๑ เป็นกลุ่มที่การบริโภคพลังงานแบบสม่ำเสมอต่อเนื่อง ประกอบด้วยกระบวนการผลิต

- blow film extrusion
- film extrusion
- sheet extrusion
- pipe & tube extrusion
- profile extrusion
- laminating
- calendering

กลุ่มพลังงานที่ ๒ เป็นกลุ่มที่บริโภคพลังงานแบบไม่สม่ำเสมอตามรอบการผลิต ประกอบด้วยกระบวนการผลิต

- blow molding
- stretch blow molding
- injection molding
- roto molding



ตารางที่ ๑ ค่า SEC ของกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต	SEC
blow film extrusion	0.715
sheet extrusion	0.867
film extrusion	0.732
pipe/tube extrusion	0.688
profile extrusion	0.732
blow molding	1.716
stretch blow molding	2.53
roto molding	2.07
compress molding	2.14
injection molding	2.04
tape/yarn extrusion	0.835*

* หมายเหตุ ไม่รวมพลังงานในส่วนที่นำ tape/yarn ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ทอกระสอบ ถุง ฯลฯ

- thermo forming
- compressed molding

กลุ่มพลังงานที่ ๓ เป็นกลุ่มที่มีการบริโภคพลังงานแบบผสมระหว่างการบริโภคแบบกลุ่มที่ ๑ และกลุ่มที่ ๒ ประกอบด้วยกระบวนการผลิต

- tape/yarn/filament

เมื่อจำเป็นต้องวิเคราะห์การบริโภคพลังงานที่อ้างอิงกับการบริโภควัตถุดิบ การจำแนกกลุ่มพลังงานที่ ๓ ไม่อาจทำได้ เนื่องจากกระบวนการผลิตเป็นแบบผสม ดังนั้น วัตถุดิบจะเข้าสู่กระบวนการผลิตแบบ sheet extrusion ก่อนที่จะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการตัดเป็น

เทป ฯลฯ ซึ่งปริมาณวัตถุดิบจะถูกจำแนกของกระบวนการผลิตแบบ sheet extrusion และโดยที่ค่า SEC ของกลุ่มนี้ไม่แตกต่างจากกลุ่มพลังงานที่ ๑ มากนัก จึงรวมการวิเคราะห์การบริโภคพลังงานของกลุ่มพลังงานที่ ๓ ไว้ในกลุ่มพลังงานที่ ๑

จากค่า SEC ของแต่ละกระบวนการผลิตในแต่ละกลุ่ม และโครงสร้างการผลิต อ้างอิงกับวัตถุดิบของแต่ละกลุ่ม จะสามารถประเมินผลการบริโภคพลังงาน ความเข้มพลังงาน และความยืดหยุ่นพลังงาน ได้ดังตารางที่ ๒

๔. สรุป

ผลจากการตรวจวัดและประเมินการบริโภคพลังงาน พบว่าใน ค.ศ. ๒๐๐๕ การบริโภคพลังงานไฟฟ้าของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก ๔,๕๙๗ ล้านกิโลวัตต์ ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ ๘ ของการบริโภคพลังงานไฟฟ้ารวมของทั้งภาคอุตสาหกรรม

ที่มา : โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่าง ๆ (SEC) (อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กันยายน ๒๕๔๙.



ตารางที่ ๒ ผลการประเมินการบริโภคพลังงาน ความเข้มพลังงาน และความยืดหยุ่นพลังงาน

	ค.ศ.					
	๒๐๐๐	๒๐๐๑	๒๐๐๒	๒๐๐๓	๒๐๐๔	๒๐๐๕
กลุ่มพลังงานที่ ๑						
ปริมาณวัตถุดิบ (พินตัน)	๑,๕๑๐.๗๙๔๖๖	๑,๖๒๖.๖๓๐๑๘	๑,๘๑๙.๔๔๙๔๙	๑,๙๖๙.๔๒๘๙๐	๒,๑๒๐.๕๒๒๐๖	๒,๑๕๑.๗๑๑๗๑
สัดส่วนการผลิต	๐.๖๐๐๔๑	๐.๕๙๘๓๔	๐.๖๐๓๔๖	๐.๕๙๖๘๔	๐.๕๙๔๑๔	๐.๕๙๓๕๒
ความเข้มพลังงาน (kWh/kg)	๐.๗๐๓๖๒	๐.๗๐๒๖๔	๐.๗๐๑๘๗	๐.๗๐๒๗๕	๐.๗๐๔๔๓	๐.๗๐๕๙๘
กลุ่มพลังงานที่ ๒						
ปริมาณวัตถุดิบ (พินตัน)	๑,๐๐๕.๔๘๗๓๔	๑,๐๙๑.๙๒๐๘๒	๑,๑๙๕.๕๕๗๕๑	๑,๓๓๑.๓๓๔๑๐	๑,๔๔๘.๕๕๙๙๔	๑,๔๗๓.๖๓๗๒๙
สัดส่วนการผลิต	๐.๓๙๙๕๙	๐.๔๐๑๖๖	๐.๓๙๖๕๕	๐.๔๐๓๑๖	๐.๔๐๕๙๖	๐.๔๐๖๔๘
ความเข้มพลังงาน (kWh/kg)	๒.๐๙๑๙๗	๒.๐๙๐๙๙	๒.๐๘๘๑๖	๒.๐๘๗๑๑	๒.๐๘๙๑๖	๒.๐๙๐๖๘
ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด (พินตัน)	๒,๕๑๖.๒๘๒๐๐	๒,๗๑๘.๕๕๑๐๐	๓,๐๑๕.๐๐๗๐๐	๓,๒๙๙.๗๖๓๐๐	๓,๕๖๙.๐๘๒๐๐	๓,๖๒๕.๓๔๙๐๐
ปริมาณการบริโภคพลังงาน (Final energy, ล้าน kWh)	๓,๑๖๖.๔๖๙๙๖	๓,๔๒๖.๑๓๒๘๐	๓,๗๗๓.๕๔๐๐๒	๔,๑๖๐.๕๕๕๕๘	๔,๕๒๐.๐๐๐๒๐๙	๔,๕๙๗.๘๒๓๐๖
ปริมาณการบริโภคพลังงานปฐมภูมิ (Primary Energy, ล้าน MJ)	๒๕,๓๓๑.๗๕๙๗๐	๒๗,๔๐๙.๐๖๒๔๓	๓๐,๑๘๘.๓๒๐๑๖	๓๓,๒๘๔.๔๔๓๘๒	๓๖,๑๖๐.๐๑๖๗๕	๓๖,๗๙๒.๕๙๔๔๙
ความเข้มพลังงาน (Final) (kWh/kg)	๑.๒๕๘๓๙	๑.๒๖๐๒๘	๑.๒๕๑๕๙	๑.๒๖๐๘๖	๑.๒๖๖๔๔	๑.๒๖๘๒๔
ความเข้มพลังงาน (Final) (kWh/1,000 บาท)	๓๒.๕๕๗๗๙	๓๒.๙๗๗	๔๒.๒๕๖๖๕	๓๒.๗๓๐๔๑	๒๕.๙๕๐๖๘	๒๔.๑๑๑๙๙
ความเข้มพลังงาน (Primary) (MJ/kg)	๑๐.๐๖๗๑๔	๑๐.๐๘๒๒๓	๑๐.๐๑๒๖๙	๑๐.๐๘๖๙๒	๑๐.๑๓๑๔๙	๑๐.๑๔๕๙๔
ความยืดหยุ่น/สัมประสิทธิ์พลังงาน	-	๑.๐๒๐๑๒	๐.๙๒๙๘๓	๑.๐๘๕๙๔	๑.๐๕๘๕๘	๑.๐๙๑๖๘

Abstract Energy Efficiency in Plastic Product Industry

Sirichan Tongprasert

Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Institute, Thailand

In order to classify the plastic products industry based on its energy efficiency, 14 industrial processes of the industry were studied. According to its specific energy consumption, the industrial processes can be classified into three groups; the processes which uniformly and continuously consumed energy, the process which unevenly consumed energy according to production cycle and the processes which combined both types of energy consumption.

Key words: plastic products industry, energy efficiency, industrial classification, industrial process, specific energy consumption