บทที่ 5 ผลการศึกษา

ในการศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้า พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมดคือ พลังงานไฟฟ้าซึ่งได้ทำการประเมินหาสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิต และศึกษาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องฉีดพลาสติกในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า คือ ฝาด้านในของกระติกน้ำร้อน ส่วนก้นของกระติกน้ำร้อน ฝาด้านนอกของกระติกน้ำร้อน และแขนจับกระติกน้ำร้อน ผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้ คือ ส่วนฐานใบมีดปั่นผลไม้ โถปั่นขนาดเล็ก ฐานเครื่องปั่นผลไม้ และเหยือกปั่นผลไม้ รวมทั้งศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานโดยไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต มีผลการศึกษาดังนี้

5.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า

กระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ได้ทำการศึกษานี้ประกอบไปด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอน คือ ผสมสีเม็ดพลาสติก ฉีดขึ้นรูปพลาสติก และหล่อเย็นชิ้นงาน จากข้อมูลการตรวจวัดไฟฟ้าพบว่าแต่ละขั้นตอนมีการใช้พลังงานไฟฟ้าดังนี้

5.1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการผสมสี

ขั้นตอนการผสมสีนี้เป็นการผสมสีเม็ดด้วยเครื่องผสมสี ซึ่งวัตถุดิบเกือบทั้งหมดจะต้องผ่านขั้นตอนนี้ก่อนที่จะนำไปเข้าเครื่องฉีดพลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า และผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้ ที่ต้องการใช้มีสีต่างๆ ยกเว้นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่น หรือลักษณะใสไม่มีสี เครื่องผสมสีที่ใช้ในการผสมสีใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานให้แก่มอเตอร์เพื่อขับสายพานทำให้ตัวถังผสมเกิดการหมุน เครื่องผสมสี 1 เครื่องมี 2 ถัง ความจุถังละ 50 kg สามารถผสมสีได้ครั้งละ 100 kg ในการผสมสีแต่ละครั้งเครื่องจะทำการหมุนพร้อมกันทั้ง 2 ถัง การผสมสีใช้เวลาครั้งละ 5 นาที ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผสมสีเม็ดพลาสติกแสดงดังตารางที่ 5.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการผสมสี พบว่าเมื่อทำการผสมสีที่น้ำหนักมากขึ้นจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นตามน้ำหนักที่ทำการผสมสี แต่ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน (kWh/kg) ที่ใช้ในการผสมสีมีค่าลดลงมาก เนื่องจากเครื่องผสมสีทำงานได้ใกล้เคียงกับค่าพิกัดของเครื่องมากขึ้น

ตารางที่ 5.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการผสมสี

จำนวนครั้งที่เก็บข้อมูล	นน.พิกัดของถังผสม (kg)	นน. ที่ผสมจริง (kg)	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเม็ดพลาสติกที่ผสมเทียบกับขนาดพิกัด(%)	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ดัชนีชี้วัดสมรรถนะ (kWh/kg)
1	50 + 50	20 + 0	20	0.612	0.05070	0.002535
2	50 + 50	20 + 3	23	0.665	0.05086	0.002211
3	50 + 50	20 + 20	40	0.726	0.06054	0.001514

จากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผสมสีเม็ดพลาสติกแสดงดังตารางที่ 5.1 โดยการผสมสีเม็ดพลาสติกครั้งแรกทำการผสมสีเพียง 1 ถัง น้ำหนักของเม็ดพลาสติกที่ผสมสีคือ 20 kg และอีกถังไม่มีเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผสมสีเป็นการเดินเครื่องถังเปล่า 1 ถัง ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.05070 kWh ค่าดัชนีวัดสมรรถนะด้านพลังงานเท่ากับ 0.002535 kWh/kg ผสมสีครั้งที่ 2 ทำการผสมสีเม็ดพลาสติกถังที่ 1 น้ำหนักของเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผสมสี 20 kg และอีกถังหนัก 3 kg ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.05086 kWh ค่าดัชนีวัดสมรรถนะด้านพลังงานเท่ากับ 0.002211 kWh/kg และครั้งที่ 3 ผสมสีเม็ดพลาสติกถังที่ 1 และถังที่ 2 มีน้ำหนักของเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผสมสี 20 kg ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.06054 kWh ค่าดัชนีวัดสมรรถนะด้านพลังงานเท่ากับ 0.001514 kWh/kg จะเห็นได้ว่าการผสมสีเม็ดพลาสติกครั้งที่ 3 นี้มีน้ำหนักมากที่สุดของการเก็บข้อมูล คือมีน้ำหนักรวม 40 kg คิดเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ผสมสีเป็น 40%ของขนาดพิกัด ใช้พลังงานไฟฟ้าในการผสมสีมากที่สุดเมื่อเทียบกับจำนวนน้ำหนักที่ผสมสีครั้งอื่นๆ แต่มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานน้อยที่สุด ดังนั้นในการผสมสีเม็ดพลาสติกแต่ละครั้งควรผสมที่น้ำหนักมากและใกล้เคียงกับพิกัดของเครื่องผสมสีเพื่อจะทำให้ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน (kWh/kg)ที่ใช้ในการผสมสีต่อกิโลกรัมมีค่าน้อย

5.1.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า

สำหรับขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้านี้เป็นการนำเม็ดพลาสติกที่ผ่านการผสมสีแล้วเข้าเครื่องฉีดพลาสติกเพื่อฉีดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องฉีดพลาสติกโดยแบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดคือ กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า และเครื่องปั่นผลไม้ โดยผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้าใช้เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 160 ตัน จำนวน 3 เครื่อง และจำนวน 170 ตัน จำนวน 2 เครื่อง ผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้ใช้เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 55 ตัน จำนวน 1 เครื่อง 190 ตัน จำนวน 1 เครื่อง 350 ตัน จำนวน 1 เครื่อง และจำนวน 420 ตัน จำนวน 1 เครื่อง ซึ่งมีค่าน้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดขึ้นรูปได้ของเครื่องฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กระติกน้ำร้อนไฟฟ้าแสดงดังตารางที่ 5.2 ค่าน้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ของเครื่องฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กระติกน้ำร้อนไฟฟ้าและผลิตภัณฑ์เครื่องปั่นผลไม้แสดงดังตารางที่ 5.3 ค่าน้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ของเครื่องฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั่นผลไม้

ตารางที่ 5.2 ค่าน้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ของเครื่องฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า

Code	ขนาดเครื่อง (tons. Clamping Force)	น้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ (g)
A1	160	249
A2	160	249
A3	160	249
B1	170	290
B2	170	450

จากตารางที่ 5.2 ค่าน้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ของเครื่องฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กระติกน้ำร้อนไฟฟ้าเครื่อง A1 ใช้สำหรับฉีดขึ้นรูปฝาด้านในของกระติกน้ำร้อนมีน้ำหนัก 92.5 g/ชิ้น ใช้เครื่องฉีดขนาด 160 ตัน น้ำหนักพิกัดที่สามารถฉีดได้สูงสุดของเครื่องฉีดคือ 249 g เครื่อง A2 และ A3 ใช้สำหรับฉีดขึ้นรูปส่วนที่เป็นฐานของกระติกน้ำร้อน มีน้ำหนัก 110.4 g/ชิ้น ใช้เครื่องฉีดขนาด 160 ตัน น้ำหนักพิกัดที่สามารถฉีดได้สูงสุดของเครื่องฉีดคือ 249 g เครื่อง B1 ใช้สำหรับฉีดขึ้นรูปฝาด้านนอกของกระติกน้ำร้อน มีน้ำหนัก 96 g/ชิ้น ใช้เครื่องฉีดขนาด 170 ตัน น้ำหนักพิกัดที่สามารถฉีดได้สูงสุดของเครื่องฉีดคือ 290 g และเครื่อง B2 ใช้สำหรับฉีดขึ้นรูปแขนจับของกระติกน้ำร้อน

มีน้ำหนัก 44.4 g/ชิ้น ฉีดขึ้นรูป 1 ครั้งได้ชิ้นงาน 2 ชิ้น รวมน้ำหนักของชิ้นงานเท่ากับ 88.8 g/ครั้ง ใช้เครื่องฉีดขนาด 170 ตัน น้ำหนักพิกัดที่สามารถฉีดได้สูงสุดของเครื่องฉีดคือ 450 g

ตารางที่ 5.3 ค่าน้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ของเครื่องฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั่นผลไม้

Code	ขนาดเครื่อง (tons. Clamping Force)	น้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ (g)
C1	55	63
D1	190	355
E1	350	641
F1	420	1,075

จากตารางที่ 5.3 ค่าน้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ของเครื่องฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั่นผลไม้ เครื่อง C1 ใช้สำหรับฉีดขึ้นรูปส่วนที่เป็นฐานใบมีด มีน้ำหนัก 33.6 g/ชิ้น ใช้เครื่องฉีดขนาด 55 ตัน น้ำหนักพิกัดที่สามารถฉีดได้สูงสุดของเครื่องฉีดคือ 63 g เครื่อง D1 ใช้สำหรับฉีดขึ้นรูปโถปั่นขนาดเล็ก มีน้ำหนัก 114.6 g/ชิ้นใช้เครื่องฉีดขนาด 190 ตัน น้ำหนักพิกัดที่สามารถฉีดได้สูงสุดของเครื่องฉีดคือ 355 g เครื่อง E1 ใช้สำหรับฉีดขึ้นรูปส่วที่ฐานของเครื่องปั่นผลไม้ มีน้ำหนัก 187.8 g/ชิ้นใช้เครื่องฉีดขนาด 350 ตัน น้ำหนักพิกัดที่สามารถฉีดได้สูงสุดของเครื่องฉีดคือ 641 g และเครื่อง F1 ใช้สำหรับฉีดขึ้นเหยือกปั่นผลไม้มีน้ำหนัก 328.6 g/ชิ้นใช้เครื่องฉีดขนาด 420 ตัน น้ำหนักพิกัดที่สามารถฉีดได้สูงสุดของเครื่องฉีดคือ 1,075 g

ในการพิจารณาน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ฉีดขึ้นรูปจะต้องมีการเผื่ออัตราการอัดพลาสติกเหลวในระหว่างการฉีดขึ้นรูปพลาสติกไว้ ประมาณ 25 - 75% เทียบกับน้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5.4 ปัจจัยที่ใช้เลือกแม่พิมพ์กับเครื่องฉีดพลาสติกของผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อน และตารางที่ 5.5 ปัจจัยที่ใช้เลือกแม่พิมพ์กับเครื่องฉีดพลาสติกของผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้ พบว่าเมื่อเผื่อน้ำหนักของชิ้นงานเพิ่มขึ้น 75 % ยังมีน้ำหนักที่น้อยกว่าน้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ของเครื่องฉีดพลาสติกมาก ยกเว้นเครื่องฉีดพลาสติก C1 ที่มีขนาด 55 ตัน ที่มีน้ำหนักของชิ้นงานที่ใกล้เคียงกับน้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ และการเลือกแม่พิมพ์ที่เหมาะสมกับเครื่องฉีดพลาสติกขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 อย่างคือ ขนาดแม่พิมพ์ ระยะห่างของการเปิดแม่พิมพ์เพื่อนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ และระยะห่างที่เครื่องฉีดเปิดได้สูงสุดที่สามารถเอาชิ้นงานออกจากเครื่องได้ เมื่อพิจารณาทั้ง 3 ปัจจัยแล้วพบว่าระยะห่างของการเปิดแม่พิมพ์

เพื่อนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ และระยะห่างที่เครื่องฉีดเปิดได้สูงสุดที่สามารถเอาชิ้นงานออกจากเครื่องได้ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นเครื่อง D1 ขนาด 190 ตัน ใช้แม่พิมพ์ที่มีขนาดเล็กกว่าระยะห่างที่เครื่องฉีดเปิดได้มาก จึงควรเลือกใช้เครื่องฉีดพลาสติกที่มีขนาดเล็กลงในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ฉีดขึ้นรูปพลาสติกเรียบร้อยแล้วส่วนใหญ่จะถูกนำออกจากเครื่องด้วยแขนกล ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าแสดงดังตารางที่ 5.6 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า และตารางที่ 5.7 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนเครื่องปั่นผลไม้ ช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลเท่ากับ 10 นาที เมื่อทำการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมาก จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีจำนวนน้อย เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมากจะใช้ระยะเวลาในการฉีดขึ้นรูปพลาสติกต่อชิ้น (Cycle Time) มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักน้อยกว่า ซึ่งระยะเวลาในการฉีดขึ้นรูปพลาสติกต่อชิ้น มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีระยะเวลาในการฉีดขึ้นรูปพลาสติกต่อชิ้น ที่แตกต่างกันตามรายละเอียดของชิ้นงานและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องฉีดพลาสติกแต่ละขนาดกับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ทำการฉีดขึ้นรูป พบว่าเมื่อทำการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมากจะใช้พลังงานไฟฟ้าในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต่อ 1 ชิ้น (kWh/ชิ้น)

ตารางที่ 5.4 ปัจจัยที่ใช้เลือกเครื่องฉีดผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อน

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	น้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ (g)	นน. ผลิตภัณฑ์ (g/ชิ้น)	เผื่อ นน.การอัดระหว่างการฉีดที่ 75 % (g/ชิ้น)	ขนาดแม่พิมพ์ กว้าง x หนา x สูง $(mm)^3$	ระยะห่างที่แม่พิมพ์เปิดเอาชิ้นงานออกจากเครื่องได้ (mm)	ระยะห่างที่แม่พิมพ์เปิดเอาชิ้นงานออกรวมกับความกว้างแม่พิมพ์ (mm)	ระยะห่างที่เครื่องฉีดเปิดเอาชิ้นงานออกได้มากที่สุด (mm)
A1	160	249	92.50	161.88	400x360x400	300	700	845
A2	160	249	110.40	193.20	450x417x400	340	790	845
A3	160	249	110.40	168.00	450x417x400	340	790	845
B1	170	290	96.00	155.40	400x421x400	350	750	850
B2	170	290	88.80	161.88	400x310x450	300	700	850

ตารางที่ 5.5 ปัจจัยที่ใช้เครื่องฉีดผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	น้ำหนักพิกัดสูงสุดที่สามารถฉีดได้ (g)	นน. ผลิตภัณฑ์ (g/ชิ้น)	เผื่อ นน.การอัดระหว่างการฉีดที่ 75 % (g/ชิ้น)	ขนาดแม่พิมพ์ กว้าง x หนา x สูง $(mm)^3$	ระยะห่างที่แม่พิมพ์เปิดเอาชิ้นงานออกจากเครื่องได้ (mm)	ระยะห่างที่แม่พิมพ์เปิดเอาชิ้นงานออกรวมกับความกว้างแม่พิมพ์ (mm)	ระยะห่างที่เครื่องฉีดเปิดเอาชิ้นงานออกได้มากที่สุด (mm)
C1	55	63	33.60	58.80	300x275x250	230	530	550
D1	190	355	114.60	200.55	350x400x300	430	780	1020
E1	350	641	187.80	328.65	500x530x500	420	1030	1260
F1	420	1,075	328.60	575.05	650x667x500	570	1220	1370

ตารางที่ 5.6 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	ผลิตภัณฑ์	รูปผลิตภัณฑ์	นน. ผลิตภัณฑ์ (g/ชิ้น)	Cycle Time (s)	ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล 10 นาที				พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อชิ้นทั้งหมด (kWh/ชิ้น)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อชิ้นงานที่ได้คุณภาพ (kWh/ชิ้น)	หมายเหตุ
						ไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ชิ้นงานที่ได้ทั้งหมด (ชิ้น)	ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ (ชิ้น)	ชิ้นงานเสีย (ชิ้น)			
A1	160	ฝาในกระติกน้ำร้อน (Lid Cover KP)		92.50	35	0.721	17	16	1	0.0424	0.0451	ทำงานปกติ
A2	160	ก้นกระติกน้ำร้อน (Bottom Cover KP)		110.40	40	0.701	15	13	2	0.0467	0.0539	ทำงานปกติ
						0.710	15	14	1	0.0473	0.0507	ทำงานปกติ
A3	160	ก้นกระติกน้ำร้อน (Bottom Cover KP)		110.40	36	0.964	16	12	4	0.06025	0.080	ทำงานปกติ
						1.011	16	13	3	0.0632	0.077	ทำงานปกติ
B1	170	ฝานอกกระติกน้ำร้อน (Out lid KP)		96.00	38	1.493	15	13	2	0.0995	0.115	ทำงานปกติ
						1.532	15	8	7	0.1021	0.192	ทำงานปกติ
B2	170	แขนจับกระติกน้ำร้อน (Handle KP)		88.80	55*	1.483	10	10	0	0.1483	0.1483	ทำงานปกติ
						1.535	10	9	1	0.1535	0.1705	ทำงานปกติ

*หมายเหตุ รอบเวลาที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ (Cycle Time) 55 วินาที ฉีดขึ้นรูป 1 ครั้งได้ผลิตภัณฑ์ 2 ชิ้น

ตารางที่ 5.7 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	ผลิตภัณฑ์	รูปผลิตภัณฑ์	นน. ผลิตภัณฑ์ (g/ชิ้น)	Cycle Time (s)	ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล 10 นาที				พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อชิ้นทั้งหมด (kWh/ชิ้น)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อชิ้นงานที่ได้คุณภาพ (kWh/ชิ้น)	หมายเหตุ
						ไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ชิ้นงานที่ได้ทั้งหมด (ชิ้น)	ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ (ชิ้น)	ชิ้นงานเสีย (ชิ้น)			
C1	55	ฐานใบมีด (Mill Base)		33.60	37	0.922	16	16	0	0.0576	0.0576	ทำงานปกติ
						0.892	16	16	0	0.0558	0.0558	ทำงานปกติ
D1	190	โถปั่นเล็ก (Mill Cove – EM - ICE)		114.60	48	0.738	12	11	1	0.0615	0.0671	ทำงานปกติ
						0.823	12	9	3	0.069	0.0914	ทำงานปกติ
E1	350	ฐานเครื่องปั่น (Motor Housing)		187.80	56	0.900	10	8	2	0.090	0.1125	ทำงานปกติ
						0.941	10	10	0	0.0941	0.0941	ทำงานปกติ
F1	420	เหยือกปั่นผลไม้ (Jug)		328.60	66	1.239	9	1	8	0.138	1.239	ตั้งค่าเครื่อง
						1.304	9	7	2	0.145	0.1863	ทำงานปกติ

เครื่องฉีดพลาสติกใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่กับมอเตอร์ในการขับสกูรเพื่อฉีดพลาสติก การเปิดปิดแม่พิมพ์ในขณะฉีดพลาสติก และฮีตเตอร์ในการหลอมเม็ดพลาสติก ดังนั้นเมื่อทำการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมากและมีรายละเอียดของผลิตภัณฑ์มาก เครื่องฉีดพลาสติกจะทำงานนานขึ้นและมีระยะเวลาในการฉีดขึ้นรูปพลาสติกต่อชิ้นนานขึ้นทำให้มีค่าพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น กรณีที่เครื่องฉีดพลาสติกมีจำนวนชิ้นงานที่เป็นของเสียมาก ควรมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดพลาสติกให้มีการฉีดขึ้นรูปพลาสติกได้ปกติ ซึ่งไม่ควรมีชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ หรือจำนวนน้อย เพราะการมีชิ้นงานเสียจำนวนมากจะส่งผลให้เกิดการสูญเปล่าของพลังงาน หรือพลังงานที่ใช้ต่อชิ้นงานที่มีคุณภาพสูง ยกตัวอย่างเช่น เครื่องฉีด F1 ขนาด 420 ตัน ใช้ในการฉีดขึ้นรูปเหยือกปั่นผลไม้ มีชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพจำนวน 2 ชิ้นงานที่มีคุณภาพคิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าต่อชิ้นเท่ากับ 0.1863 kWh/ชิ้น แต่ในกรณีที่เกิดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพมีจำนวนมากขึ้นเป็นจำนวน 8 ชิ้น คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าต่อชิ้นงานที่มีคุณภาพเท่ากับ 1.239 kWh/ชิ้น จะเห็นได้ว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชิ้นงานที่มีคุณภาพเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จะเกิดการสูญเสียด้านแรงงาน และโอกาศการใช้เครื่องฉีดพลาสติกอีกด้วย

ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยต่อน้ำหนักผลผลิตของชิ้นส่วนกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า และเครื่องปั่นผลไม้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5.6 และ5.7 ตามลำดับในกรณีที่เกิดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพจะมีผลทำให้ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยต่อน้ำหนักผลผลิตที่ได้คุณภาพโดยรวมเปลี่ยนแปลงไป เมื่อทำการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน หากมีชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพเกิดขึ้นมาก ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยต่อน้ำหนักผลผลิตที่ได้คุณภาพจะมีค่าสูงขึ้นด้วย เช่น การฉีดขึ้นรูปเหยือกปั่นผลไม้ ในช่วงเวลา 10 นาที มีชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพเกิดขึ้น 2 ชิ้น ทำให้เสียพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.1863 kWh แต่เมื่อในเวลาที่มีจำนวนชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพเพิ่มขึ้นเป็น 8 ชิ้นทำให้มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานสูงขึ้นเป็น 1.239 kWh ซึ่งปริมาณชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพจำนวนมากมักจะเกิดขึ้นในช่วงแรกของการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดพลาสติกเนื่องจากเหยือกปั่นผลไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปค่อนข้างยุ่งยาก ตัวผลิตภัณฑ์เป็นลักษณะใส สีของผลิตภัณฑ์ออกไปทางสีม่วง ถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกิดไปจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามมาตรฐาน และเกิดจุดดำที่ชิ้นงาน ถ้าหากมีน้ำมันที่แม่พิมพ์มากเกินไปก็จะเกิดคราบน้ำมันที่ชิ้นงาน ถ้ามีน้ำมันน้อยเกินไปเมื่อนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ก็จะเกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย จึงทำให้เกิดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพจำนวนมาก ซึ่งมีผลต่อค่าการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิต

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าการเกิดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน แรงงาน และผลผลิต ซึ่งจะส่งผลให้ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นการศึกษาถึงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สภาวะการทำงานต่างๆของเครื่องฉีดพลาสติก และมีการฝึกฝนบุคลากรให้มีความชำนาญในการควบคุมการทำงานของเครื่อง และตั้งเครื่องจะช่วยลดปริมาณชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เกิดน้อยที่สุดจะเป็นแนวทางที่สามารถช่วยลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าลงได้

5.1.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการหล่อเย็นชิ้นงาน

ระบบหล่อเย็นชิ้นงานที่ใช้ในโรงงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือน้ำหล่อเย็นที่ได้จาก Cooling tower และ Chiller โดยมีปั๊มน้ำที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำในระบบ ขั้นตอนการหล่อเย็นชิ้นงานนี้เกิดขึ้นพร้อมกันกับขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องฉีดพลาสติก โดยน้ำหล่อเย็นโดยแบ่งออกเป็นหล่อเย็นเครื่องฉีดพลาสติก และหล่อเย็นแม่พิมพ์ โดยน้ำหล่อเย็นเครื่องฉีดพลาสติกจะไหลผ่านท่อน้ำมันไฮดรอลิคเพื่อหล่อเย็นน้ำมันไฮดรอลิคให้มีอุณหภูมิไม่สูงจนเกินไป เพราะถ้าหากอุณหภูมิสูงมากเกินไปน้ำมันจะเสื่อมสภาพเร็ว ซึ่งส่งผลต่อการหล่อลื่น และเป็นการป้องกันการสึกหรอของปั๊มในเครื่องฉีดพลาสติกด้วย น้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์จะไหลผ่านแม่พิมพ์ทางช่องว่างภายในมาพิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้หล่อเย็นชิ้นงานให้ชิ้นงานแข็งตัวและคงรูป ทำให้ชิ้นงานที่ได้ออกมาสมบูรณ์ก่อนที่จะนำออกมาจากเครื่องฉีดพลาสติก โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้ทำการตรวจวัดในการศึกษาครั้งนี้แสดงดังตารางที่ 5.8 ค่าพลังงานไฟฟ้าของ Cooling tower และปั๊มน้ำ และตารางที่ 5.9 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของ Chiller

ตารางที่ 5.8 ค่าพลังงานไฟฟ้าของ Cooling tower และปั๊มน้ำ

ระบบหล่อเย็น	จำนวนเครื่องฉีดที่ทำงาน (เครื่อง)	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	นน.ผลิตภัณฑ์รวม (kg)	ดัชนีชี้วัดสมรรถนะ (kWh/kg)
Cooling tower	22	4.4389	2.1837	107.73	0.0203
	21	4.5548	2.1387	100.36	0.0213
			เฉลี่ย	104.05	0.0208
ปั๊มน้ำ	21	7.2859	3.6126	106.46	0.0339
	20	7.4049	3.2342	97.23	0.0333
			เฉลี่ย	101.85	0.0336

จากการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของ Cooling tower โดยเวลาที่ใช้ในการตรวจวัดคือ 30 นาที พบว่าค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยของ Cooling tower มีค่าเท่ากับ 0.0208 kWh/kg น้ำหนักผลิตภัณฑ์รวมเฉลี่ยเท่ากับ 104.05 kg การตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำในระบบหล่อเย็น มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยของปั๊มน้ำมีค่าเท่ากับ 0.0336 kWh/kg น้ำหนักผลิตภัณฑ์รวมเฉลี่ยเท่ากับ 101.85 kg

เมื่อเปรียบเทียบจากการตรวจวัดค่าพลังงานของ Cooling tower ทั้ง 2 ครั้งจะเห็นได้ว่าเมื่อมีจำนวนเครื่องฉีดพลาสติกที่เปิดใช้งานมากจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก แต่เมื่อมีนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานต่อกิโลกรัมแล้วพบว่าค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งการใช้ปั๊มน้ำเพื่อใช้ในการหมุนเวียนน้ำในระบบ ก็มีการใช้พลังงานไฟฟ้าไปในแนวเดียวกันกับ Cooling tower คือ ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.9 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของ Chiller

Code	ขนาดเครื่อง (Btu/hr.)	จำนวนเครื่องฉีดที่ทำงาน (เครื่อง)	เครื่องฉีดที่ทำงาน	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	นน. ผลิตภัณฑ์รวม (kg)	ดัชนีชี้วัดสมรรถนะ (kWh/kg)
X	เครื่องที่ 1 60,000	3	170 ton 1 เครื่อง 190 ton 2 เครื่อง	1.921	0.316	12.78	0.0247
		4	170 ton 1 เครื่อง 190 ton 3 เครื่อง	1.995	0.329	14.052	0.0234
					เฉลี่ย	13.416	0.02405
Y1	เครื่องที่ 2 92,000	5	130 ton 1 เครื่อง 160 ton 2 เครื่อง 170 ton 2 เครื่อง	2.895	0.435	19.38	0.0224
		6	130 ton 1 เครื่อง 160 ton 3 เครื่อง 170 ton 2 เครื่อง	7.516	1.211	20.64	0.0586
					เฉลี่ย	20.01	0.0405
Y2	เครื่องที่ 3 92,000	2	350 ton 1 เครื่อง 420 ton 1 เครื่อง	2.753	0.459	20.99	0.0219
		4	350 ton 2 เครื่อง 420 ton 2 เครื่อง	6.736	1.082	33.18	0.0326
					เฉลี่ย	27.08	0.0273

ในขั้นตอนการหล่อเย็นชิ้นงาน นอกจากจะมีน้ำหล่อเย็นจาก Cooling tower แล้วยังใช้น้ำเย็นช่วยในการหล่อเย็นชิ้นงานอีกด้วย จากการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของ Chiller โดยเวลาที่ใช้ในการตรวจวัดคือ 10 นาที ทำการวัดค่าพลังงานซ้ำ 2 ครั้ง เมื่อเครื่องฉีดพลาสติกเปิดทำงาน Chiller เครื่องที่ 1 ขนาด 60,000 Btu/hr. ผลิตน้ำเย็นเพื่อหล่อเย็นเครื่องฉีดพลาสติกในการตรวจวัดครั้งที่ 1 มีเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปฝาด้านนอกของกระติกน้ำร้อน) และขนาด 190 ตัน จำนวน 2 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปโถปั่นผลไม้จำนวน 1 เครื่อง) ในการตรวจวัดครั้งที่ 2 มีเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปฝาด้านนอกของกระติกน้ำร้อน) และขนาด 190 ตัน จำนวน 3 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปโถปั่นผลไม้จำนวน 1 เครื่อง) Chiller เครื่องที่ 2 ขนาด 92,000 Btu/hr. ผลิตน้ำเย็นเพื่อหล่อเย็นเครื่องฉีดพลาสติกในการตรวจวัดครั้งที่ 1 มีเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 130 ตัน จำนวน 1 เครื่อง ขนาด 160 ตัน จำนวน 2 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนจำนวน 2 เครื่อง) และ

ขนาด 170 ตัน จำนวน 2 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปฝาในของกระติกน้ำร้อน จำนวน 1 เครื่อง) ในการตรวจวัดครั้งที่ 2 มีเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 130 ตัน จำนวน 1 เครื่อง ขนาด 160 ตัน จำนวน 3 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนจำนวน 3 เครื่อง) และขนาด 170 ตัน จำนวน 2 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปฝาในของกระติกน้ำร้อน จำนวน 1 เครื่อง) และ Chiller เครื่องที่ 3 ขนาด 92,000 Btu/hr. ผลิตน้ำเย็นเพื่อหล่อเย็นเครื่องฉีดพลาสติกในการตรวจวัดครั้งที่ 1 มีเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 350 ตัน จำนวน 1 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปฐานเครื่องผลไม้จำนวน 1 เครื่อง) และขนาด 420 ตัน จำนวน 1 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปเหยือกปั่นผลไม้จำนวน 1 เครื่อง) และในการตรวจวัดครั้งที่ 2 มีเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 350 ตัน จำนวน 2 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปฐานเครื่องผลไม้จำนวน 1 เครื่อง) และขนาด 420 ตัน จำนวน 2 เครื่อง (ฉีดขึ้นรูปเหยือกปั่นผลไม้จำนวน 1 เครื่อง)

พบว่าค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยของ Chiller เครื่องที่ 1 ขนาด 60,000 Btu/hr. มีค่าเท่ากับ 0.02405 kWh/kg น้ำหนักผลิตภัณฑ์รวมเท่ากับ 13.41 kg ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยของ Chiller เครื่องที่ 2 ขนาด 92,000 Btu/hr. มีค่าเท่ากับ 0.0405 kWh/kg น้ำหนักผลิตภัณฑ์รวมเท่ากับ 20.01 kg ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยของ Chiller เครื่องที่ 3 ขนาด 92,000 Btu/hr. มีค่าเท่ากับ 0.0273 kWh/kg น้ำหนักผลิตภัณฑ์รวมเท่ากับ 27.08 kg ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยของการใช้งาน Chiller เพื่อผลิตน้ำเย็นในการหล่อเย็นชิ้นงานพบว่า Chiller เครื่องที่ 2 ขนาด 92,000 Btu/hr. มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากเครื่องฉีดพลาสติกที่เปิดใช้งานมีรายละเอียดของชิ้นงานมาก ทำให้จำเป็นต้องใช้เวลาในการหล่อเย็นนานขึ้นจึงทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์มีปริมาณมากขึ้น ดังนั้นค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยของ Chiller เครื่องที่ 2 ขนาด 92,000 Btu/hr. จึงมากกว่าเครื่อง Chiller อีก 2 เครื่อง

5.1.4 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต

จากผลการศึกษาสามรถสรุปค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าได้แสดงดังตารางที่ 5.10 ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานและสัดส่วนการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า และตารางที่ 5.11 ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานและสัดส่วนการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้ จะเห็นได้ว่าขั้นตอนที่ใช้พลังงานสูงสุด คือ กระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก ซึ่งทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์มีค่าสัดส่วนอยู่ระหว่าง 83.02 – 96.76% ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด การใช้พลังงานไฟฟ้าของ Chiller เพื่อผลิตน้ำเย็นในการหล่อเย็นชิ้นงานในแม่พิมพ์มีค่าอยู่ระหว่าง 1.213 – 6.928% การใช้พลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำในระบบหล่อเย็นมีค่าอยู่ระหว่าง 1.238 – 5.88% การใช้พลังงานไฟฟ้าของ Cooling tower มีค่าอยู่ระหว่าง 0.924 – 3.645% และการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผสมสีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.11 – 0.365% ตามลำดับ ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับน้ำหนัก ลวดลายของผลิตภัณฑ์ และขนาดของเครื่องฉีดพลาสติก นอกจากนี้การตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องฉีดพลาสติกยังส่งต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าอีกด้วย ถ้าหากมีการตั้งค่าไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพนอกจากจะสูญเสียพลังงานไฟฟ้าแล้วยังสูญเสียวัตถุดิบอีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานเพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพ และลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของเครื่องฉีดพลาสติกได้ด้วย

ตารางที่ 5.10 ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	ผลิตภัณฑ์	นน. ผลิตภัณฑ์ (g/ชิ้น)	ค่าเฉลี่ยพลังงานของชิ้นงานที่ได้คุณภาพ (kWh/kg)						ค่าเฉลี่ยพลังงานของชิ้นงานที่ได้คุณภาพ (%)					
				ผสมสี	ฉีดขึ้นรูป	หล่อเย็น	ปั๊มน้ำ	น้ำเย็น*	รวม	ผสมสี	ฉีดขึ้นรูป	หล่อเย็น	ปั๊มน้ำ	น้ำเย็น	รวม
A1	160	ฝาในกระติกน้ำร้อน	92.50	0.002087	0.4876	0.0208	0.0336	0.0405	0.5845	0.357	83.42	3.558	5.748	6.928	100
A2	160	ก้นกระติกน้ำร้อน	110.40	0.002087	0.4737	0.0208	0.0336	0.0405	0.5706	0.365	83.02	3.645	5.888	7.098	100
A3	160	ก้นกระติกน้ำร้อน	110.40	0.002087	0.7110	0.0208	0.0336	0.0405	0.8079	0.258	88.01	2.574	4.158	5.012	100
B1	170	ฝานอกกระติกน้ำร้อน	96.00	0.002087	1.5990	0.0208	0.0336	0.02405	1.6795	0.124	95.21	1.238	1.238	1.432	100
B2	170	แขนจับกระติกน้ำร้อน	44.40	0.002087	1.7950	0.0208	0.0336	0.0405	1.8919	0.110	94.88	1.099	1.775	2.141	100

หมายเหตุ *เครื่องฉีดพลาสติก B1 ใช้ Chiller เครื่องที่ 1

*เครื่องฉีดพลาสติก A1, A2, A3 และB2 ใช้ Chiller เครื่องที่ 2

ตารางที่ 5.11 ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	ผลิตภัณฑ์	นน.ผลิตภัณฑ์ (g/ชิ้น)	ค่าเฉลี่ยพลังงานของชิ้นงานที่ได้คุณภาพ (kWh/kg)						ค่าเฉลี่ยพลังงานของชิ้นงานที่ได้คุณภาพ (%)					
				ผสมสี**	ฉีดขึ้นรูป	หล่อเย็น	ปั๊มน้ำ	น้ำเย็น*	รวม	ผสมสี	ฉีดขึ้นรูป	หล่อเย็น	ปั๊มน้ำ	น้ำเย็น	รวม
C1	55	ฐานใบมีด	33.60	0.002087	1.6875	0.0208	0.0336	-	1.7439	0.119	96.76	1.193	1.926	-	100
D1	190	โถปั่นเล็ก	114.60	-	0.6915	0.0208	0.0336	0.02405	0.7699	-	89.81	2.701	4.364	3.123	100
E1	350	ฐานเครื่องปั่น	187.80	0.002087	0.5500	0.0208	0.0336	0.0273	0.6338	0.329	86.78	3.282	5.301	4.307	100
F1	420	เหยือกปั่นผลไม้	328.60	-	2.1687	0.0208	0.0336	0.0273	2.2504	-	96.37	0.924	1.493	1.213	100

หมายเหตุ *เครื่องฉีดพลาสติก C1 ไม่ใช้ Chiller ในการหล่อเย็นชิ้นงาน

*เครื่องฉีดพลาสติก D1 ใช้ Chiller เครื่องที่ 1

*เครื่องฉีดพลาสติก E1 และ F1 ใช้ Chiller เครื่องที่ 3

**เครื่องฉีดพลาสติก D1 ไม่มีการผสมสี

**เครื่องฉีดพลาสติก F1 ไม่มีการผสมสี

5.2 แนวทางในการลดการสูญเสียพลังงาน

จากการเข้าสำรวจ และเก็บข้อมูลภายในโรงงานที่ทำการศึกษานี้ พบว่ามีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าและความร้อนเกิดขึ้นในส่วนของเครื่องฉีดพลาสติก จึงได้ทำการประเมินหาค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น และเสนอแนวทางเพื่อลดการสูญเสียรวมทั้งมูลค่าที่สามารถประหยัดได้สำหรับแต่ละมาตรการ ดังนี้

5.2.1 การลดการสูญพลังงานเนื่องจากเกิดชิ้นงานเสียในกระบวนการผลิต

ในกระบวนการผลิตหลังจากทำการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว หากชิ้นงานที่ได้มีสภาพที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ชิ้นงานไม่เต็ม มีรอยขีดข่วน มีจุดดำ มีรอยประสาน คราบแก๊ส น้ำ หรือน้ำมัน เป็นต้น ชิ้นงานเหล่านี้จะถูกแยกว่าเป็นชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ ซึ่งจากผลการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกจะเห็นได้ว่า ถ้าในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้ามีชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพเกิดขึ้นมากมีผลทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อน้ำหนักผลผลิตมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าแล้วยังเป็นการสูญเสียทั้งแรงงาน เวลา และวัตถุดิบอีกด้วย

นอกจากชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพจะถูกนำกลับไปบดให้เป็นเศษพลาสติกด้วยเครื่องบดพลาสติกแล้ว จึงสามารถนำกลับมาผสมกับเม็ดพลาสติกเพื่อใช้ในการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ครั้งต่อไปได้ แต่จะทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบดชิ้นงานเสียแสดงดังตารางที่ 5.12 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ

ตารางที่ 5.12 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ

วัตถุดิบที่ใช้ในการบด	นน.พลาสติก (kg)	เวลา (นาที)	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ดัชนีชี้วัดสมรรถนะ (kWh/kg)
ชิ้นงานขนาดใหญ่	1.80	8	1.0563	0.14084	0.0780
รันเนอร์ขนาดปานกลาง	3.12	1.5	1.2270	0.08100	0.0260
รันเนอร์ขนาดใหญ่	3.76	4	1.5410	0.09880	0.0260
ชิ้นงานขนาดกลาง	5.58	5	1.7752	0.14793	0.0265
ชิ้นงานกับรันเนอร์	6.10	5	1.4832	0.12360	0.0203
รันเนอร์ชิ้นเล็ก	8.56	2	2.6476	0.07943	0.0093
				เฉลี่ย	0.0310

จากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพพบว่า ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานที่ใช้ในการบดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพจะขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงาน และน้ำหนักที่ใช้บดแต่ละครั้ง ซึ่งถ้าบดชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ จะใช้เวลาในการบดนานขึ้นทำให้มีพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบดสูง แต่ถ้าบดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพในปริมาณที่มากขึ้นและชิ้นงานขนาดเล็กจะทำให้ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานะมีค่าน้อยลง จากการตรวจวัดค่าพลังงานการบดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพพบว่า ถ้าบดชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนัก 1.8 kg จะมีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน 0.0780 kWh/kg แต่ถ้าบดชิ้นงานที่มีขนาดเล็กที่มีน้ำหนัก 8.56 kg จะมีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน 0.0093 kWh/kg และมีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานเฉลี่ยของการบดชิ้นงานเสียเท่ากับ 0.0310 kWh/kg ดังนั้นการบดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพจะต้องบดด้วยอัตราการบดชิ้นงานที่สูงจะทำให้มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานต่ำ แต่ถ้าหากมีอัตราการบดชิ้นงานน้อยจะทำให้มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานสูง ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปกับชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์และไม่ได้คุณภาพแต่ละชนิดจะมีค่าเท่ากับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผสมสี ฉีดขึ้นรูป และหล่อเย็น รวมกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบดนี้ด้วยซึ่งแสดงให้เห็นดังตารางที่ 5.13 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปกับชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า และตารางที่ 5.14 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปกับชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้ ซึ่งทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าต่างกันขึ้นอยู่กับการใช้พลังงานในขั้นตอนการฉีดขึ้นรูป ถ้าหากมีผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพจำนวนมาก การสูญเสียพลังงานจะมากขึ้นด้วย ดังนั้นแนวทางในการลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในภาพรวม คือ การลดปริมาณของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพให้เกิดน้อยที่สุด

สำหรับแนวทางในการลดการสูญเสียพลังงานในขั้นตอนการบดชิ้นงานสามารถทำได้โดยควบคุมให้พนักงานป้อนชิ้นงานเสียเข้าเครื่องบดพลาสติกในอัตราการบดที่สูงขึ้น และพนักงานควรจะมีการเตรียมผลิตภัณฑ์ที่จะทำการบดให้พร้อมและมีปริมาณมากพอสำหรับการทำงานแต่ละครั้ง

ตารางที่ 5.13 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปกับชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	ผลิตภัณฑ์	นน. ผลิตภัณฑ์ (g/ชิ้น)	ค่าเฉลี่ยพลังงานจำเพาะของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ (kWh/kg)							ค่าเฉลี่ยพลังงานของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ (%)						
				ผสมสี	ฉีดขึ้นรูป	หล่อเย็น	ปั๊มน้ำ	น้ำเย็น	บดชิ้นงาน*	รวม	ผสมสี	ฉีดขึ้นรูป	หล่อเย็น	ปั๊มน้ำ	น้ำเย็น	บดชิ้นงาน	รวม
A1	160	ฝาในกระติกน้ำร้อน	92.50	0.00208	0.4585	0.0208	0.0336	0.0405	0.00217	0.557	0.37	82.22	3.73	6.03	7.26	0.39	100
A2	160	ก้นกระติกน้ำร้อน	110.40	0.00208	0.4260	0.0208	0.0336	0.0405	0.00217	0.525	0.40	81.12	3.96	6.40	7.71	0.41	100
A3	160	ก้นกระติกน้ำร้อน	110.40	0.00208	0.5590	0.0208	0.0336	0.0405	0.00217	0.658	0.32	84.94	3.16	5.10	6.15	0.33	100
B1	170	ฝานอกกระติกน้ำร้อน	96.00	0.00208	1.0503	0.0208	0.0336	0.02405	0.00217	1.133	0.18	92.70	1.84	2.97	2.12	0.19	100
B2	170	แขนจับกระติกน้ำร้อน	88.80	0.00208	1.6993	0.0208	0.0336	0.0405	0.00217	1.798	0.12	94.49	1.16	1.87	2.25	0.12	100

***** หมายเหตุ เศษพลาสติกที่ได้จากการบดชิ้นงานเสียจะใช้ผสมกับเม็ดพลาสติกในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 7

ตารางที่ 5.14 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปกับชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	ผลิตภัณฑ์	นน. ผลิตภัณฑ์ (g/ชิ้น)	ค่าเฉลี่ยพลังงานจำเพาะ (kWh/kg)							ค่าเฉลี่ยพลังงานของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ (%)						
				ผสมสี	ฉีดขึ้นรูป	หล่อเย็น	ปั๊มน้ำ	น้ำเย็น	บดชิ้นงาน*	รวม	ผสมสี	ฉีดขึ้นรูป	หล่อเย็น	ปั๊มน้ำ	น้ำเย็น	บดชิ้นงาน	รวม
D1	190	โถปั่นเล็ก	114.60	-	0.5676	0.0208	0.0336	0.02405	-	0.6460	-	87.86	3.22	5.20	3.72	-	100
E1	350	ฐานเครื่องปั่น	187.80	0.00208	0.4901	0.0208	0.0336	0.0273	0.00217	0.5761	0.36	85.08	3.61	5.83	4.74	0.38	100
F1	420	เหยือกปั่นผลไม้	328.60	-	0.4299	0.0208	0.0336	0.0273	-	0.5116	-	84.03	4.07	6.57	5.34	-	100

***** หมายเหตุ เศษพลาสติกที่ได้จากการบดชิ้นงานเสียจะใช้ผสมกับเม็ดพลาสติกในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 7

จากค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปกับชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า และเครื่องปั่นผลไม้ แสดงดังตารางที่ 5.13 และตารางที่ 5.14 พบว่าถ้ามีชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพเกิดขึ้นจะมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนต่างๆ ซึ่งขั้นตอนที่มีการสูญเสียพลังงานมากที่สุดคือ ขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกเกิดการสูญเสียพลังงานเฉลี่ยของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพอยู่ระหว่าง 81.12 – 94.49% รองลงมาคือ ขั้นตอนหล่อเย็นด้วยน้ำเย็นมีค่าการสูญเสียพลังงานอยู่ระหว่าง 2.12 – 7.71% ปั๊มน้ำที่ใช้หมุนเวียนน้ำใน Cooling tower มีค่าการสูญเสียพลังงานอยู่ระหว่าง 1.87 – 6.57% ขั้นตอนการหล่อเย็นมีค่าการสูญเสียพลังงานอยู่ระหว่าง 1.16 – 4.07% ขั้นตอนการบดชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ และขั้นตอนการผสมสีเม็ดพลาสติกมีค่าการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุดอยู่ระหว่าง 0.12 – 0.41% ซึ่งถ้าหากลดจำนวนของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพไม่ให้เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นน้อยที่สุดจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการต่างๆได้ นอกจากนี้โถ่ปั่นขนาดเล็ก และเหยือกปั่นผลไม้ ไม่สามารถนำชิ้นงานที่ไม่มีคุณภาพกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบใหม่ได้ ดังนั้นเมื่อมีชิ้นงานที่ไม่มีคุณภาพทำให้ต้องสูญเสียทั้งพลังงาน และวัตถุดิบ ดังนั้นถ้าลดจำนวนชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพลงได้จะทำให้ลดการสูญเสียค่าพลังงานไฟฟ้าได้ซึ่งแสดงข้อมูลคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของชิ้นงานที่ได้คุณภาพ และไม่ได้คุณภาพดังตารางที่ 5.15 เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนและตารางที่ 5.16 เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้

ตารางที่ 5.15 เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพ และไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อน

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	ประเภทผลิตภัณฑ์	นน. ผลิตภัณฑ์ (g/ชิ้น)	จำนวนชิ้นงานทั้งหมด (ชิ้น)	ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้รวมทั้งหมด (kWh/ชิ้น)	ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ (%)	ชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ (%)
A1	160	ฝาในกระติกน้ำร้อน	92.50	17	0.0424	94.12	5.88
A2	160	ก้นกระติกน้ำร้อน	110.40	15	0.0470	86.66	13.34
A3	160	ก้นกระติกน้ำร้อน	110.40	16	0.0617	75.00	25.00
B1	170	ฝานอกกระติกน้ำร้อน	96.00	15	0.1008	73.33	26.67
B2	170	แขนจับกระติกน้ำร้อน	88.80	10	0.1509	90.00	10.00

จากตารางที่ 5.15 การตรวจวัดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า พบว่าฝาในกระติกน้ำร้อนที่ขึ้นรูปด้วยเครื่อง A1 ขนาด 160 ตัน มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานน้อยที่สุดเท่ากับ 0.0424 kWh/ชิ้น มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ 94.12% มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ไม่ได้ได้คุณภาพ 5.88 % เครื่อง A2 ขึ้นรูปส่วนก้นกระติกน้ำร้อนใช้เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 160 ตัน มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน 0.0470 kWh/ชิ้น มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ 86.66% มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ไม่ได้ได้คุณภาพ 13.34% เครื่อง A3 ขึ้นรูปส่วนก้นกระติกน้ำร้อนใช้เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 160 ตัน มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน 0.0617 kWh/ชิ้น มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ 75% มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ 25% เครื่อง B2 ขึ้นรูปแขนจับของกระติกน้ำร้อนใช้เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 170 ตัน มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน 0.1509 kWh/ชิ้น มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ 90% มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ไม่ได้ได้คุณภาพ 10% และเครื่อง B1 ขึ้นรูปฝาด้านนอกของกระติกน้ำร้อนใช้เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 170 ตัน มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน 0.1008 kWh/ชิ้น มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ 73.33% มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ไม่ได้ได้คุณภาพ 26.67%

จากข้อมูลข้างต้นสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ว่าในการขึ้นรูปส่วนก้นกระติกน้ำร้อน ถ้าหากไม่มีความจำเป็นในการเปิดใช้เครื่องฉีดพลาสติกทั้ง 2 เครื่องพร้อมกัน ควรจะเลือกใช้เครื่อง A2 ที่มีขนาดเครื่องฉีดพลาสติก 160 ตัน ถึงแม้ว่าในระยะเวลาการทำงานที่เท่ากัน เครื่อง A2 มีรอบการผลิตที่มากกว่าจึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่น้อยกว่าแต่เครื่อง A2 มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานน้อยกว่าคือ 0.0470 kWh/ชิ้น และยังมีเปอร์เซ็นต์ของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพเท่ากับ 13.34% แต่เครื่อง A3 มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน 0.0617 kWh/ชิ้น แต่มีเปอร์เซ็นต์ของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพเท่ากับ 25% นอกจากนี้ควรมีการกำหนดค่าผลิตภัณฑ์ไม่ให้เกิดของเสียจากค่าต่ำสุดที่เคยทำได้

ตารางที่ 5.16 เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพ และไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนเครื่องปั่นผลไม้

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	ผลิตภัณฑ์	นน. ผลิตภัณฑ์ (g/ชิ้น)	จำนวนชิ้นงานทั้งหมด (ชิ้น)	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวมทั้งหมด (kWh/ชิ้น)	ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ (%)	ชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ (%)
C1	55	ฐานใบมีด	33.60	16	0.0578	100.00	0
D1	190	โถปั่นเล็ก	114.60	12	0.0653	83.33	16.67
E1	350	ฐานเครื่องปั่น	187.80	10	0.0921	90.00	10.00
F1	420	เหยือกปั่นผลไม้	328.60	9	0.1415	55.55	44.45

จากตารางที่ 5.16 การตรวจวัดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้ พบว่าเครื่อง C1 ขึ้นรูปส่วนที่เป็นฐานใบมีดของเครื่องปั่นผลไม้ใช้เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 55 ตัน มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานน้อยที่สุดคือ 0.0578 kWh/ชิ้น มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ 100% ไม่มีชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพเกิดขึ้นเลย รองลงมาเป็นเครื่อง D1 ขึ้นรูปโถปั่นขนาดเล็กใช้เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 190 ตัน มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน 0.0653 kWh/ชิ้น มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ 83.33% มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ไม่ได้ได้คุณภาพ 16.67% เครื่อง E1 ขึ้นรูปฐานเครื่องปั่นผลไม้ใช้เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 350 ตัน มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน 0.0921 kWh/ชิ้น มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ 90% มีเปอร์เซ็นต์

ชิ้นงานที่ไม่ได้ได้คุณภาพ 10% และเหยือกปั่นผลไม้ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่อง F1 ที่ใช้เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 420 ตัน มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน 0.1415 kWh/ชิ้น มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ได้คุณภาพ 55.55% มีเปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ไม่ได้ได้คุณภาพ 44.45% มีค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานมากที่สุด เนื่องจากชิ้นงานมีน้ำหนักมาก ใช้ในระยะเวลาการฉีดขึ้นรูปนานกว่าผลิตภัณฑ์อื่นๆจึงทำให้ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานมีค่ามาก

5.2.2 ลดการสูญความร้อนบริเวณผิวกระบอกฉีดเนื่องจากไม่มีการหุ้มฉนวน

จากการตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิผิวกระบอกฉีดของเครื่องฉีดพลาสติกซึ่งไม่มีการหุ้มฉนวนพบว่าอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของกระบอกฉีดสำหรับเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 170 ตัน และ 350 ตัน มีค่าเท่ากับ 121.1 °C และ 129.1 °C ตามลำดับ สามารถคำนวนหาค่าความร้อนที่สูญเสียก่อนหุ้มฉนวนได้เท่ากับ 1,303.35 W และ 4,656.47 W สำหรับเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 170 ตัน และ 350 ตัน ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าการหุ้มฉนวนกระบอกฉีดที่มีความหนา 25 mm. สำหรับเครื่องฉีดพลาสติกทั้ง 2 ขนาด แสดงดังตารางที่ 5.17 ค่าความร้อนสูญเสียที่ลดลงหลังจากหุ้มฉนวน ซึ่งพบว่าหลังทำการหุ้มฉนวนแล้วค่าอุณหภูมิผิวฉนวนของเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 170 ตัน มีค่าเท่ากับ 68.72 °C และเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 350 ตัน มีค่าเท่ากับ 71.96 °C ฉนวนสามารถลดความร้อนสูญเสียลงได้ประมาณ 52 - 57% โดยมูลค่าการประหยัด และระยะเวลาคืนทุนจากการหุ้มฉนวนแสดงดังตารางที่ 5.18 มูลค่าการประหยัดและระยะเวลาคืนทุนเมื่อทำการหุ้มฉนวน พบว่าการหุ้มฉนวนของเครื่องฉีดพลาสติก B1 ขนาด 170 ตัน มีมูลค่าการประหยัดได้ในปีที่ 1 เท่ากับ 23,086.86 บาท มีระยะเวลาคืนทุนคิดที่มูลค่าการประหยัดได้ในปีที่ 1 เท่ากับ 0.5 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 196% และเครื่องฉีดพลาสติก E1 ขนาด 350 ตัน มีมูลค่าการประหยัดได้ในปีที่ 1 เท่ากับ 87,272.36 บาท มีระยะเวลาคืนทุนคิดที่มูลค่าการประหยัดได้ในปีที่ 1 เท่ากับ 0.3 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 357%

ตารางที่ 5.17 ค่าความร้อนสูญเสียที่ลดลงหลังจากหุ้มฉนวน

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	ความหนา (mm)	ความร้อนที่สูญเสียก่อนหุ้มฉนวน (W)	ความร้อนที่สูญเสียหลังหุ้มฉนวน (W)	อุณหภูมิผิวหลังหุ้มฉนวน (°C)
B1	170	25	1,303.35	184.21	68.72
E1	350	25	4,656.47	202.68	71.96

ตารางที่ 5.18 มูลค่าการประหยัดและระยะเวลาคืนทุนเมื่อทำการหุ้มฉนวน

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	ความหนา (mm)	ค่าหุ้มฉนวน (บาท)	มูลค่าประหยัดได้ในปีที่ 1 (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	IRR (%)
B1	170	25	12,000	23,086.86	0.5	196
E1	350	25	25,000	87,272.36	0.3	357

5.2.3 การลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหุ้มฉนวน

การฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า และผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้ ซึ่งกระบวนการผลิตมีขั้นตอนต่างๆคือ ขั้นตอนการผสมสี ขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก ขั้นตอนการหล่อเย็นแม่พิมพ์ และขั้นตอนการบดพลาสติกที่ไม่ได้คุณภาพ พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมดคือ พลังงานไฟฟ้า ซึ่งจากการหุ้มฉนวนกันความร้อนบริเวณผิวกระบอกฉีดของเครื่องฉีดพลาสติก B1 ที่มีขนาด 170 ตัน และการหุ้มฉนวนกันความร้อนบริเวณผิวกระบอกฉีดของเครื่องฉีดพลาสติก E1 ที่มีขนาด 350 ตัน ทำให้สามารถลดพลังงานไฟฟ้าลงได้ ซึ่งสามารถคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ แสดงดังตารางที่ 5.19 การลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ 5.19 การลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Code	ขนาดเครื่อง (ตัน)	พลังงานไฟฟ้าที่ลดได้ (kWh/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 (kg/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 (ตัน/ปี)
B1	170	7,934.17	4,300.32	4.30
E1	350	30,068.77	16,297.27	16.29
รวม		38,002.94	20,597.59	20.59

พบว่าเครื่องฉีดพลาสติก B1 ที่มีขนาด 170 ตัน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงได้ 7,934.17 kWh/ปี ซึ่งสามารถคิดเป็นปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 4,300.32 kg/ปี และเครื่องฉีดพลาสติก E1 ที่มีขนาด 350 ตัน ทำให้สามารถลดพลังงานไฟฟ้าลงได้ 30,068.77 kWh/ปี คิดเป็นปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 16,297.27 kg/ปี รวมปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 20,597.59 kg/ปี หรือสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 20.59 ตัน/ปี

5.2.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากชิ้นงานที่ได้ไม่คุณภาพ

การฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า และผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้ ซึ่งกระบวนการผลิตมีขั้นตอนต่างๆ คือ ขั้นตอนการผสมสี ขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก ขั้นตอนการหล่อเย็นแม่พิมพ์ และขั้นตอนการบดพลาสติกที่ไม่ได้คุณภาพ พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมดคือ พลังงานไฟฟ้า ซึ่งถ้าหากฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ได้คุณภาพจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปนั้นยังทำให้เป็นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพแสดงดังตารางที่ 5.20 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ

ตารางที่ 5.20 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ

ชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ (kWh/kg)	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 (kg ของ CO_2/kg ของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ)
กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า	33.85	18.35
เครื่องปั่นผลไม้	9.33	5.06
รวม	43.18	23.40

จากข้อมูลการตารางที่ 5.13 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปกับชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า และตารางที่ 5.14 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปกับชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้ สามารถนำค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปกับชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพมาคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่าผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) เท่ากับ 18.35 kg ของ CO_2/kg ของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ และผลิตภัณฑ์พลาสติกชิ้นส่วนของเครื่องปั่นผลไม้ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เท่ากับ 5.06 kg ของ CO_2/kg ของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ รวมมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) เท่ากับ 23.40 kg ของ CO_2/kg ชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ

5.2.5 ปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการ และพัฒนาบุคลากร

นอกจากการสูญเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นข้างต้นแล้ว การขาดการจัดการที่ดีและมีประสิทธิภาพของบุคลากรยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิตซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรทั้งในด้านของวัตถุดิบและพลังงานได้ จากการเข้าสำรวจกระบวนการผลิตภายในโรงงานที่ทำการศึกษานี้ พบว่ามีปัญหาในด้านต่างๆ ดังนี้

- ปัญหาทางด้านบุคลากร

เนื่องจากกระบวนการผลิตของโรงงานแห่งนี้ พนักงานมีส่วนสำคัญในการทำงานร่วมกับเครื่องจักร โดยเฉพาะในขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก ซึ่งต้องใช้พนักงานเป็นผู้ตัดแต่งผลิตภัณฑ์ที่ฉีดขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว ถ้าหากพนักงานตัดแต่งชิ้นงานเสียจะมีผลต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นประสิทธิภาพการตัดแต่งของพนักงานมีผลต่อปริมาณผลผลิต จากการสังเกตการทำงานภายในโรงฉีดพลาสติก พบว่าพนักงานจะไม่ได้ประจำอยู่ที่เครื่องใดเครื่องหนึ่งแต่จะสลับกันไปเรื่อยๆ ซึ่งพนักงานจะมีความชำนาญสำหรับเครื่องฉีดพลาสติกแต่ละเครื่อง และผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแตกต่างกัน ซึ่งหากโรงงานมีการสำรวจและจดบันทึกข้อมูลทางด้านสถิติ สำหรับการทำงานของพนักงานแต่ละคนก็จะสามารถทราบได้ว่าพนักงานคนใดเหมาะกับการทำงานที่เครื่องใด และมีการจัดการที่เหมาะสมได้

นอกจากนี้ช่างผู้ควบคุมเครื่องฉีดพลาสติกถือว่ามีส่วนสำคัญอย่างมากในกระบวนการผลิต ซึ่งปัญหาที่พบ คือช่างผู้ควบคุมงานยังขาดความรู้ความชำนาญในการปรับตั้งพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับการฉีดพลาสติกแต่ละชนิด ถ้าหากมีปัญหามักจะใช้วิธีลองถูกลองผิดในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ทำให้บางครั้งสูญเสียวัตถุดิบ และพลังงานไฟฟ้าไปโดยไม่ได้ผลผลิต

- จัดการให้มีการอบรมบุคลากร

ควรมีการส่งเสริมและเพิ่มศักยภาพของพนักงานโดยการจัดการอบรมทั้งในด้านการทำงาน และการปลูกจิตสำนึกในเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งการให้ความรู้แก่พนักงานในเรื่องต่างๆของกระบวนการผลิตโดยเฉพาะช่างผู้ควบคุมเครื่องฉีดพลาสติกควรมีการฝึกอบรม และให้ความรู้เกี่ยวกับเครื่องฉีดพลาสติกเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก หรือควรมีการจัดทำคู่มือการใช้งานเครื่องฉีดพลาสติก การเปลี่ยนแม่พิมพ์ และการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน

- จัดเก็บ และบันทึกข้อมูลต่างๆ ของกระบวนการผลิต

จากการเข้าไปสำรวจโรงฉีดพลาสติกได้มีการจดบันทึกข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผลิต ข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุ และวิธีการแก้ไขปัญหาต่างๆ ในกระบวนการฉีดขึ้นรูป

ผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ข้อมูลต่างๆเหล่านี้ สามารถนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงาน และการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในกระบวนการผลิตได้ ซึ่งจะสามารถนำมาวางแผนปรับปรุงการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง

- จัดการวางแผนและควบคุมการผลิต

ควรมีการวางแผนและควบคุมการผลิตให้มีความเหมาะสมทั้งในด้านของปริมาณวัตถุดิบ ปริมาณผลผลิต ขนาดของเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการผลิต และจำนวนเครื่องฉีดพลาสติกที่เปิดใช้งาน การควบคุมปัจจัยต่างๆเหล่านี้สามารถช่วยให้การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้การดำเนินการแก้ไขปัญหาต่างๆดังกล่าวจะต้องได้รับความร่วมมือทั้งจากพนักงาน หัวหน้างาน และผู้บริหารที่เกี่ยวข้องขององค์กรจึงจะสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุดในการลดการใช้พลังงาน ซึ่งจะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้