รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น

ผู้วิจัย ธศ. วนิดา รัตนมณี
นายประโชติ ดำสองสี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากเงินรายได้
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2553

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย “การออกแบบและสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น” ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์ให้ความสนับสนุนจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ที่ได้ให้แนวคิด คำแนะนำ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในการดำเนินงานมาโดยตลอด เพื่อให้ผลงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ กลุ่มแม่บ้านสตรีผลิตภัณฑ์ตาลโตนด บ้านคลองฉนวน ต.ชุมพล อ.สทิงพระ จ.สงขลา สำหรับความอนุเคราะห์สถานที่เข้าไปศึกษา จัดทำงานวิจัย ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณธนากร เกียรติขวัญบุตร และภาควิชาวิศวกรรมเคมี สำหรับความช่วยเหลือด้านการทดสอบความหนืดของน้ำตาลโตนดเหลว รวมทั้งการเป็นธุระจัดหาอุปกรณ์ประกอบการทดลองให้กับโครงงานนี้

ขอขอบคุณ หน่วยวิจัยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ สำหรับความช่วยเหลือด้านค่าใช้จ่ายในการเดินทางและในการทดลองใช้เครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่น

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในการทำผลงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์จากงบประมาณเงินรายได้ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2550

วนิดา รัตนมณี

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง “การออกแบบและสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น” มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบและสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นให้กับเกษตรกรที่ผลิตน้ำตาลแว่นที่ทำมาจากน้ำตาลโตนด โดยขั้นตอนในการทำโครงงานก็จะเริ่มต้นจากการสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบและสร้างเครื่องจักรเพื่อแก้ไขปัญหา ตลอดจนการวิเคราะห์คุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้กระบวนการผลิตน้ำตาลแว่นมีกำลังการผลิตที่ต่ำ คือ การหยอดน้ำตาลเหลวลงสู่แว่นซึ่งมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 27 แว่นต่อนาที ส่งผลให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของท้องตลาด ตลอดจนกระบวนการผลิตน้ำตาลแว่นแบบเดิมมีความยุ่งยากหลากหลายขั้นตอน จากสาเหตุต่างๆ เหล่านี้ จึงได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นขึ้นมา เครื่องต้นแบบประกอบด้วยชุดหม้ออุ่นน้ำตาลเหลว ชุดลำเลียงแว่นน้ำตาลโตนดและชุดควบคุมการหยอด การออกแบบเป็นการออกแบบให้ทั้ง 3 ส่วนทำงานสัมพันธ์กันในลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติ เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นใช้ผู้ผลิต 2 คนต่อ 1 เครื่อง คือ มีหน้าที่ในการวางแว่นเพื่อหยอดน้ำตาลเหลวและบรรจุแว่นที่หยอดสำเร็จแล้วใส่ถุง เครื่องต้นแบบที่ได้ทำการสร้างขึ้นนี้มีต้นทุนในการดำเนินการสร้างทั้งหมดประมาณ 64,055 บาท ซึ่งงานวิจัยนี้ดำเนินการสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นสามารถใช้งานได้จริง จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าเครื่องจักรมีอัตรากำลังการผลิตอยู่ที่ 53 แว่นต่อนาที โดยมีค่าความสูญเสียคิดเป็น 26.83% ส่งผลให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 26 แว่นต่อนาทีคิดเป็น 96.29% และจากการวิเคราะห์คุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ทำให้พบว่าปริมาณการผลิตที่คุ้มทุนเท่ากับ 213 กิโลกรัม โดยมีระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องจักรอยู่ที่ 93 วัน

ABSTRACT

The research of "Design and development of the machine prototype aided sugar tanot" aimed to design and create sugar Tanot maker machine prototype for farmers. Step of this research is surveying data about problem in sugar tanot production process, analyzing data and finding cause of problem in production process, respectively. The next step were designing, creating the machine to fix problems and analyzing the worth of economy, respectively. The main problem of sugar tanot production is low capacity of production processing. The lowest process capacity was dropping sugar tanot that is 27 pieces per minute. This affected not enough amounts of products on market requirement. In additional, traditional production process is complicate process. So, this research design and created. The machine prototype included with boiling set to boil sugar tanot concentrate, handling set to convey sugar tanot and dropping controller set. The machine required 2 workers to put block of sugar tanot and contain the product into bags. Cost of this effective machine is 64,055 baht. The capacity of the machine is 53 pieces of sugar tanot per minute. Economic analysis show amount of break even product is 213 kilograms and payback period is 93 days.

สารบัญ

หน้า

สารบัญ

รายการตาราง

รายการภาพประกอบ

1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 5

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 5

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 37

3 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการออกแบบเครื่อง 41

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำตาลแว่น 41

3.2 การวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไข 48

3.3 การออกแบบเชิงความคิด 49

3.4 รายละเอียดการออกแบบ 53

4 การสร้างเครื่องผลิตน้ำตาลแว่นและการประเมินผล 63

4.1 การสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น 63

4.2 การประเมินผลเบื้องต้น 72

4.3 การปรับปรุงเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่นและผลการทดลอง 74

4.4 ข้อเสนอแนะจากการปรับปรุงเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่น 77

5 สรุปผล 82

บรรณานุกรม 84

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ฮีทเตอร์ชนิดต่าง ๆ ตามลักษณะการใช้งาน	16
3.1	กำลังการผลิตต่อคนในหนึ่งรอบการผลิตน้ำตาลแว่น	46
3.2	ผลการทดลองหาอัตราการไหลของน้ำผึ้งเหลว	54
4.1	ราคาวัสดุที่ใช้ในการสร้างและค่าใช่จ่ายในการดำเนินการสร้าง	70
4.2	น้ำหนักของน้ำตาลที่หยอดได้และน้ำหนักของน้ำตาลที่สูญเสีย	72
4.3	การเปรียบเทียบกำลังการผลิตก่อนใช้เครื่อง และหลังใช้เครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น	73
4.4	การเปรียบเทียบปริมาณการผลิต	73
4.5	การเปรียบเทียบวิธีการเดิมกับการใช้เครื่องหยอดน้ำตาลแว่น	81

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
2.1	โครงสร้างของผังก้างปลา	7
2.2	องค์ประกอบที่สำคัญของการขนถ่ายวัสดุ	13
2.3	ลักษณะของฮีทเตอร์แผ่น	18
2.4	ตัวอย่างการนำฮีทเตอร์แผ่นไปใช้งาน	18
2.5	ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวด	24
2.6	ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดที่มีกระแสไหล	25
2.7	การเพิ่มเหล็กอ่อนเข้ามาเพื่อเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก	25
2.8	การเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้ง	26
2.9	ตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนักไปใช้งาน	27
2.10	ตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมากไปใช้งาน	28
2.11	การเพิ่มเติมสปริงเชื่อมต่อเพื่อให้แน่ใจว่าโซลินอยด์จะดูดได้เต็มที่กว่า	29
2.12	การใช้ข้อต่อมาช่วยให้แกนกระทุ้งเคลื่อนที่อยู่ในแนวแกน	29
2.13	ส่วนประกอบของโซ่ส่งกำลังแบบลูกกลิ้ง	30
2.14	ลักษณะการขบกันระหว่างข้อโซ่ส่งกำลังกับเฟืองโซ่	31
2.15	ภาพจริงและแบบร่างของอุปกรณ์ช่วยหยอดน้ำตาลแว่น	38
3.1	น้ำผึ้งเหลวจากน้ำตาลโตนด	42
3.2	แว่นจากใบตาลโตนด	42
3.3	กระบวนการผลิตน้ำตาลแว่น	43
3.4	การเคี่ยวน้ำผึ้งเหลวพร้อมส่วนผสม	44
3.5	การเรียงแว่นในแผง	44
3.6	การคนน้ำตาลในกระทะบนพื้น	45
3.7	การคนน้ำตาลให้เกิดผลึก	45
3.8	การหยอดน้ำตาลลงแว่น	46
3.9	ผลิตภัณฑ์น้ำตาลแว่นบรรจุถุง	46
3.10	ผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการหยอดน้ำตาลแว่น	48
3.11	แบบเบื้องต้นสายพานลำเลียง	50

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3.12	แบบเบื้องต้นโซ่ลำเลียง	51
3.13	แบบแนวคิดของลิมิทสวิตซ์	51
3.14	หม้ออุ่นน้ำผึ้งเหลวและชุดเปิด–ปิด รูหยอดน้ำผึ้งเหลว	55
3.15	บล็อกสำหรับวางแว่น	56
3.16	บล็อกไม้ไผ่	57
3.17	เพลาขับ	58
3.18	เฟืองขับโซ่	58
3.19	ลักษณะของโซลินอยด์เบรก	60
3.20	ลักษณะของฮีทเตอร์แผ่น	60
3.21	ลักษณะของโครงเครื่องที่ได้ทำการออกแบบ	61
4.1	การประกอบโครงของเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น	63
4.2	การประกอบหม้อสแตนเลสเข้ากับโครงของเครื่อง	64
4.3	การทดลองประกอบชุด เปิด–ปิด รูหยอดน้ำตาล	64
4.4	โครงเครื่องที่ทาสีกันสนิม	65
4.5	มอเตอร์และชุดเกียร์ทดที่ประกอบเข้ากับโครงของเครื่อง	65
4.6	เครื่องที่ประกอบเพลา เฟืองขับโซ่และโซ่ข้อปีกเสร็จเรียบร้อย	66
4.7	บล็อกสำหรับวางแว่นที่ยึดติดกับโซ่ข้อปีกเรียบร้อยแล้ว	66
4.8	เครื่องที่ทำการประกอบชุดเปิด – ปิดรูหยอดน้ำตาลแล้ว	67
4.9	การติดตั้งโซลินอยด์เบรก	67
4.10	การติดฮีทเตอร์เข้ากับหม้ออุ่นน้ำตาล	68
4.11	ลิมิทสวิตซ์ที่ถูกติดตั้ง	68
4.12	การติดตั้งไทม์เมอร์	69
4.13	เครื่องที่สร้างเสร็จสมบูรณ์	69
4.14	การใส่วัตถุดิบทดลองน้ำตาลเหลวลงไปในเครื่อง	71
4.15	ผลผลิตที่ได้จากการทดลองเดินเครื่อง	71
4.16	การเพิ่มระบบกระจายความร้อนโดยเพิ่มผนังหม้ออุ่น	74
4.17	บล็อกอลูมิเนียม	75
4.18	การเติมน้ำมันในหม้ออุ่นน้ำผึ้ง	76

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
4.19	การทดลองหยอดน้ำตาลแว่น	76
4.20	ฮีทเตอร์แบบสวมรอบรูหยอด	77
4.21	กลไกการหยอดน้ำตาลแว่นระบบวาล์ว	77
4.22	การทำงานของวาล์วปิดรูหยอด	78
4.23	กราฟแสดงจุดคุ้มทุนในการผลิตน้ำตาลแว่น	80
4.24	กราฟแสดงระยะเวลาคืนทุนในการผลิตน้ำตาลแว่น	81

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในช่วงเวลาที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่เกี่ยวข้องกับการทำนา ทำไร่ ปลูกผัก เลี้ยงปลา ตลอดจนการค้าขาย ซึ่งสินค้าที่นำมาขายนั้น ล้วนแต่เป็นผลผลิตทางการเกษตรทั้งสิ้น มีทั้งผลผลิตที่สามารถขายได้โดยไม่ต้องแปรรูป และผลผลิตที่มีการนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเกษตรกร ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ อยู่คู่คนไทยมาตั้งแต่สมัยบรรพบุรุษ รวมไปถึงผลผลิตชนิดหนึ่งที่เป็นผลิตผลจากการเกษตรที่มีการนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า และเพื่อคงไว้ซึ่งภูมิปัญญาท้องถิ่น สืบทอดรุ่นต่อรุ่น นั่นคือ การทำน้ำตาลแว่น โดยในปัจจุบันคนสมัยใหม่มักจะไม่รู้จักกันมากนัก ทั้งนี้เป็นเพราะ น้ำตาลแว่นจะเป็นที่รู้จักและนิยมใช้กันมากในกลุ่มผู้ทำหน้าที่ประกอบอาหาร ขนมหวาน ของฝาก ทั้งในครัวเรือนและในกลุ่มธุรกิจ นอกจากนี้แล้ว น้ำตาลแว่น ยังเป็นที่รู้จักในอุตสาหกรรมการทำช็อกโกแลตของต่างประเทศ อาทิเช่น ประเทศมาเลเซีย รวมไปถึงผู้นับถือศาสนาอิสลามด้วย หากกล่าวถึงอุตสาหกรรมภายในประเทศ มักจะได้ยินแต่เพียงน้ำตาลทราย เพราะน้ำตาลทรายมีการทำเป็นธุรกิจขนาดใหญ่ ส่วนน้ำตาลแว่นจะนิยมทำกันในครัวเรือน แล้วส่งออกเป็นวัตถุดิบให้กับ อุตสาหกรรมของหวานต่างๆ

หากทำการศึกษาตลาด และ สภาพปัจจุบันของน้ำตาลแว่น ก็จะพบว่ามีการส่งออกน้ำตาลแว่นไปขายยังต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากขายได้ราคาดีกว่าตลาดภายในประเทศ 2-3 เท่า และส่วนใหญ่ผู้ขายส่งออกจะเป็นกลุ่มนายทุน ทำให้รายได้และผลกำไรส่วนใหญ่ จะตกไปอยู่ในมือของนายทุน อีกทั้งหากหน่วยงานหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ขาดการดูแลให้ความสนใจผลิตผลน้ำตาลแว่น ต่อไปในอนาคตกรรมวิธีการทำน้ำตาลแว่น ผลผลิตน้ำตาลแว่น ภูมิปัญญาท้องถิ่นซึ่งเป็นของดั้งเดิม นับแต่สมัยบรรพบุรุษก็จะเลือนหายไปจากวิถีชีวิตของคนยุคใหม่

ในอดีต น้ำตาลแว่น นิยมทำมาจากน้ำตาลโตนด ซึ่งต้นตาลโตนดเป็นพืชที่อยู่คู่คนไทยมาช้านานจนทุกวันนี้ ได้กลายเป็นพืชเศรษฐกิจอย่างหนึ่งในพื้นที่ภาคใต้ โดยเฉพาะบนพื้นที่ราบทางฝั่งทะเลตะวันออก ตั้งแต่จังหวัดชุมพร มาจนถึงพัทลุง สงขลาและปัตตานี นิยมปลูกไว้ตามคันนา และที่เห็นได้ชัดก็คือ พื้นที่บริเวณที่นาในอำเภอระโนด กระแสสินธุ์ สทิงพระ และสิงหนคร ของจังหวัดสงขลา ส่วนกรรมวิธีการทำน้ำตาลแว่น จากน้ำตาลโตนด ก็จะเริ่มจากการนำกระบอกไม้ไผ่ใส่เศษไม้ผะยอม (ผะยอมเป็นไม้ยืนต้น ใช้แทนสารกันบูด) จากนั้นปีนขึ้นไปบน

ต้นตาลโตนด แล้วใช้มีดปาดงวงตาล นำกระบอกไม้ไผ่รองรับน้ำตาลสด แล้วนำน้ำตาลสดที่ได้ไปเคี่ยวจนได้ที่ หยอดใส่แว่นที่เตรียมไว้ ก็จะได้น้ำตาลแว่นที่ทำมาจากน้ำตาลโตนด แต่เมื่อยุคสมัยมีการเปลี่ยนแปลง วัตถุดิบเริ่มมีไม่เพียงพอกับความต้องการของท้องตลาด และ การแข่งขันที่มีสูงขึ้น ทำให้ชาวบ้านหันมาทำน้ำตาลแว่นแบบผสมน้ำตาลทรายลงไป จนมาถึงในปัจจุบัน มีการนำน้ำตาลโตนดไปเป็นวัตถุดิบในการทำเหล้า ซึ่งสามารถขายได้สะดวกกว่า ราคาสูงกว่า จึงส่งผลให้ชาวบ้านเลิกทำน้ำตาลแว่น เนื่องจากมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ผลิตได้ครั้งละไม่มากนัก ส่วนการทำน้ำตาลแว่นจากน้ำตาลทราย จะใช้กรรมวิธีเดียวกันกับน้ำตาลโตนด ส่งผลให้กรรมวิธีในการทำยังคงมีความยุ่งยาก หลากหลายขั้นตอน และแต่ละขั้นตอนล้วนต้องใช้ความชำนาญในการทำทั้งสิ้น ประกอบกับสภาวะแวดล้อมขณะทำน้ำตาลแว่น มีอุณหภูมิที่สูงอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้คนหนุ่มสาว ซึ่งจะเป็นผู้สืบทอดกรรมวิธีการทำน้ำตาลแว่นรุ่นต่อ ๆไป นิยมหันไปประกอบอาชีพรับจ้างในโรงงานอุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้น คงเหลือทิ้งไว้แต่เพียงผู้สูงอายุที่นั่งหยอดน้ำตาลแว่น ซึ่งนับวันก็ชราภาพลงไปทุกวัน ทั้งยังมีแนวโน้มว่า น้ำตาลแว่นซึ่งเป็นผลผลิตส่งออกของฝากประจำท้องถิ่น ภูมิปัญญาชาวบ้าน จะหมดไปจากท้องตลาดพร้อมๆ กับยุคสมัยของผู้สูงอายุกลุ่มนี้

ในขณะที่ตลาด และความต้องการของผลผลิตน้ำตาลแว่นยังคงมีเพิ่มมากขึ้น แต่การสนับสนุนด้านการผลิต และการแปรรูปยังคงเป็นปัญหาอยู่ สืบเนื่องจากปัจจุบันกระบวนการทำน้ำตาลแว่นยังคงมีความยุ่งยาก หลากหลายขั้นตอน ทั้งในขั้นตอนการเคี่ยวน้ำตาล (ดังแสดงในรูปที่ 1) การเรียงแว่น (ดังแสดงในรูปที่ 2) การหยอดน้ำตาลลงแว่น (ดังแสดงในรูปที่ 3) รวมไปถึงการบรรจุภัณฑ์เพื่อส่งไปจำหน่าย (ดังแสดงในรูปที่ 4) ซึ่งกระบวนการต่างๆเหล่านี้ ต้องใช้ระยะเวลานาน ทำให้ไม่สามารถผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดได้ และจากกระบวนการต่างๆดังกล่าว ชาวบ้านหรือเกษตรกรที่ทำน้ำตาลแว่น มักจะขาดการให้ความสนใจด้านความสะอาด ด้านคุณภาพ มักจะให้ความสนใจเฉพาะด้านสี และรสชาติของผลผลิตน้ำตาลแว่น จึงส่งผลให้ผลิตผลน้ำตาลแว่น ไม่สามารถขายได้ราคาตามที่ต้องการ จากข้อมูลต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปปัญหาเป็นประเด็นที่สำคัญ คือ

1. กำลังการผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด โดยปัจจุบันผลิตน้ำตาลแว่น 2 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ และเล็ก โดยกำลังการผลิตปัจจุบันคือ 230,000 และ 6,000 แว่นต่อวัน ตามลำดับ

2. กระบวนการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลแว่นมีคุณภาพไม่ตรงกับความต้องการ ทั้งยังมีสภาพแวดล้อมในการผลิตที่ไม่เหมาะสมอีกด้วย

รูปที่ 1ขั้นตอนการเคี่ยวน้ำตาล

รูปที่ 2 ขั้นตอนการเรียงแว่น

รูปที่ 3 ขั้นตอนการหยอดน้ำตาลลงแว่น

รูปที่ 4 ขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์

จากปัญหากระบวนการผลิตน้ำตาลแว่น พบว่าขั้นตอนที่มีความยุ่งยาก ใช้เวลานาน และต้องใช้ความชำนาญในการทำมากที่สุด คือ ขั้นตอนการหยอดน้ำตาลลงแว่น ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะออกแบบ และสร้างเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่น แทนการใช้แรงงานคน เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการผลิตและเพิ่มกำลังการผลิต ช่วยทุ่นแรงให้กับชาวบ้านผู้ที่ทำน้ำตาลแว่น ทำให้คนอื่นๆสามารถทำน้ำตาลแว่นได้ แม้จะไม่มีประสบการณ์ในการทำ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อทำการออกแบบ และสร้างเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่น โดยสามารถผลิตได้วันละอย่างน้อย 51,000 แว่น สำหรับแว่นขนาดใหญ่ และ 42,120 แว่นสำหรับแว่นขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในการทำวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตของการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาการทำน้ำตาลแว่นเฉพาะกลุ่มแม่บ้านสตรีผลิตภัณฑ์ตาลโตนด บ้านคลองฉนวน ต.ชุมพล อ.สทิงพระ จ.สงขลา
2. ศึกษาการทำงานเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้ำตาลแว่น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้ คือ

1. สามารถเพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการแปรรูปได้
2. เป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรที่ปลูกต้นตาลโตนด และส่งเสริมให้มีการปลูกต้นตาลโตนด เพื่อการทำน้ำตาลแว่นทดแทนการส่งเสริมอุตสาหกรรมเหล้าจากน้ำตาลโตนด
3. เป็นแนวทางให้เกษตรกรในชุมชนสามารถพัฒนาศักยภาพที่มีอยู่ และเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับชาวบ้านในชุมชน ตลอดจนองค์กรของรัฐที่เกี่ยวข้อง
4. รักษาวิถีชาวบ้านให้คงอยู่อย่างมีประสิทธิภาพสืบต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการวิจัยนั้น จะต้องมีขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องจักร ตลอดจนข้อมูลต่าง ๆ ของตาลโตนดเพื่อนำไปใช้คิดวิเคราะห์ในการทำวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยชิ้นนี้มีการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ทั้งทฤษฎีที่เกี่ยวกับการศึกษาการทำงานเพื่อหาแนวทางในการเพิ่มกำลังการผลิต การออกแบบเครื่องจักร ตลอดจนการสร้างเครื่องจักรเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.1.1 ทฤษฎีแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

ผังแสดงเหตุและผล อาจจะเรียกย่อ ๆ ว่าผังก้างปลา หรือถ้าเรียกเป็นภาษาอังกฤษอาจจะใช้ตัวย่อว่า CE Diagram ซึ่งมีนิยามปรากฏในมาตรฐานของญี่ปุ่น หรือ JIS Standards (Japanese Industrial Standards) ในมาตรฐาน JIS ได้ระบุนิยามของ CE Diagram คือ ผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพ กับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรืออาจจะกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นแผนผังที่ใช้ในการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุต่าง ๆ ว่ามีอะไรบ้างที่มาเกี่ยวข้องกัน สัมพันธ์ต่อเนื่องกันอย่างไร จึงทำให้ผลปรากฏตามมาในขั้นสุดท้ายโดยการระดมความคิดอย่างเป็นอิสระของทุกคนในกลุ่มกิจกรรมด้านการควบคุมคุณภาพ ซึ่งผังแสดงเหตุและผลจะมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

ประโยชน์ของการใช้ผังก้างปลา

1. ใช้เป็นเครื่องมือในการระดมความคิดจากสมองของทุกคนที่เป็นสมาชิกกลุ่มคุณภาพอย่างเป็นหมวดหมู่ ซึ่งได้ผลมากที่สุด

2. แสดงให้เห็นสาเหตุต่าง ๆ ของปัญหาและผลที่เกิดขึ้นที่มีมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปมสำคัญที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไข

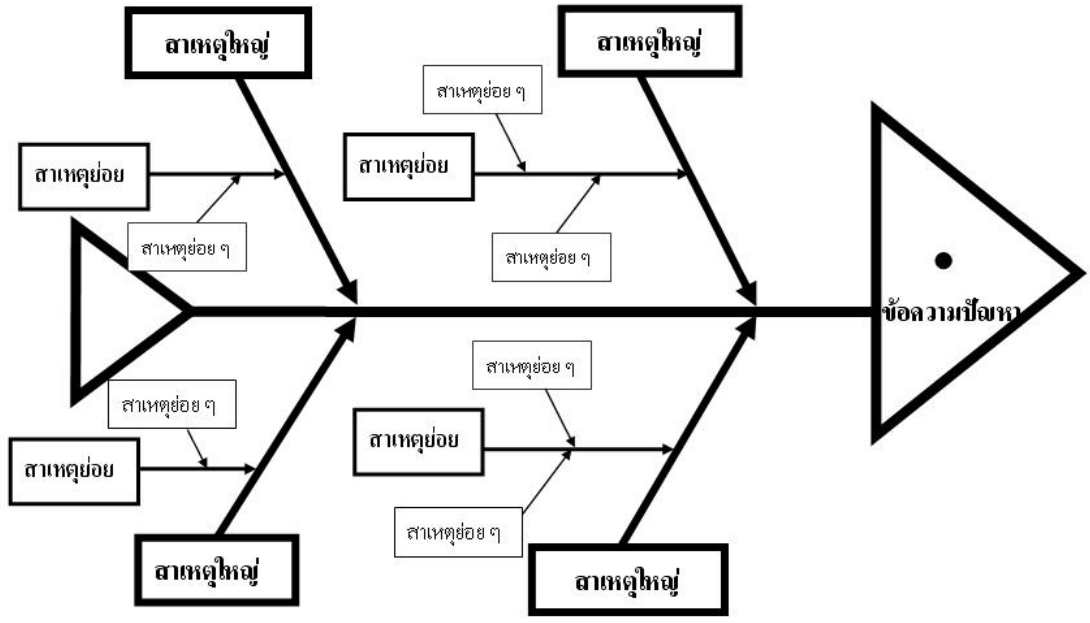
3. แผนผังนี้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ ได้มากมาย ทั้งในหน้าที่การงาน สังคม แม้กระทั่งชีวิตประจำวัน

วิธีสร้างผังก้างปลา

การสร้างผังก้างปลาที่จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริง ๆ นั้นไม่ใช่เรื่องง่าย ผู้ที่สามารถสร้างผังก้างปลาได้อย่างถูกต้อง คือ ผู้ที่มีโอกาสแก้ปัญหาทางคุณภาพได้อย่างถูกต้องเช่นกัน

โครงสร้างของผังก้างปลา

ผังก้างปลา หรือผังแสดงเหตุและผล ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนโครงกระดูกที่เป็นตัวปลา ซึ่งได้รวบรวมปัจจัยอันเป็นสาเหตุของปัญหา และส่วนหัวปลาที่เป็นข้อสรุปของสาเหตุที่กลายเป็นตัวปัญหา โดยตามความนิยมจะเขียนหัวปลาอยู่ทางขวามือและตัวปลา (หางปลา) อยู่ทางซ้ายมือเสมอแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของผังก้างปลา

ที่มา : http://panchalee.wordpress.com/2009/09/10/research_to_learning2/

ขั้นตอนการสร้างผังก้างปลา

ขั้นที่ 1. กำหนดลักษณะคุณภาพที่เป็นปัญหา (อาจจะมากกว่า 1 ลักษณะก็ได้)

ขั้นที่ 2. เลือกเอาคุณลักษณะที่เป็นปัญหามา 1 อัน แล้วเขียนลงทางขวามือของกระดาษพร้อมตีกรอบสี่เหลี่ยม

ขั้นที่ 3. เขียนก้างปลาจากซ้ายไปขวาโดยเริ่มจากกระดูกสันหลังก่อน

ขั้นที่ 4. เขียนสาเหตุหลักๆ เติมลงบนเส้นกระดูกสันหลังทั้งบนและล่าง พร้อมกับตีกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อระบุสาเหตุหลัก

ขั้นที่ 5. ในก้างใหญ่ที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหา ให้ใส่ก้างรองลงไปที่แต่ละปลายก้างรองให้ใส่ข้อความที่เป็นสาเหตุรอง ของแต่ละสาเหตุหลัก

ขั้นที่ 6. ในแต่ละก้างรองที่เป็นสาเหตุรอง ให้เขียนก้างย่อย ที่เข้าใจว่าจะเป็นสาเหตุย่อย ๆ ของสาเหตุรองอันนั้น

ขั้นที่ 7. พิจารณาทบทวนว่าการใส่สาเหตุต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันตามระดับชั้นถูกต้องหรือไม่ แล้วใส่ข้อมูลเพิ่มเติมให้ครบถ้วน

ข้อสังเกตุในการนำผังก้างปลาไปใช้

ก่อนสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัว เพื่อจะได้ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา (Setting Priority) ก่อนนำไปปฏิบัติต่อไป ควรอาศัยข้อมูลสถิติหรือตัวเลขในการพิจารณาใส่น้ำหนักหรือให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยสาเหตุ พยายามเลี่ยงการใช้ความรู้สึกของตนเอง (ยกเว้นกรณีไม่มีข้อมูลสนับสนุนก็อาจจะอาศัยประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ) โดยส่วนมากมักจะใช้หลักการ 4M และ 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่าง ๆ ซึ่ง 4M และ1E นี้มาจาก

M - Man	คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร
M - Machine	เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก
M - Material	วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ
M - Method	กระบวนการทำงาน
E - Environment	อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน

ขณะใช้ผังก้างปลา ก็ให้ทำการปรับปรุงแต่งเติมแก้ไขอย่างต่อเนื่องด้วยเพราะว่าผังก้างปลาที่เขียนครั้งแรกอาจจะไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อนำไปใช้แก้ปัญหาแล้วอาจจะได้ข้อมูลและข้อเท็จจริงมากขึ้นมาอีกมาก และอาจจะไปหักล้างความเข้าใจแต่เดิมก็ได้ การปรับปรุงไปเรื่อย ๆ จึงเป็นการบันทึกผลการศึกษาค้นคว้าประกอบการแก้ไขปัญหาในการผลิตที่ดี

2.1.2 การเพิ่มผลผลิต (Productivity)

การเพิ่มผลผลิต หมายถึง การปรับปรุงประสิทธิภาพ คุณภาพและลดต้นทุน เพื่อให้ผลผลิตมีปริมาณเพียงพอกับความต้องการของตลาด ประกอบกับการเพิ่มมูลค่าของสินค้าและบริการให้มีสูงขึ้นเพื่อให้ต้นทุนลดลง การเพิ่มผลผลิตสามารถทำได้ด้วย 2 วิธีหลัก ๆ คือ

1. การเพิ่มผลผลิตเชิงปริมาณเป็นวิธีการเพิ่มผลผลิตที่อาศัยการเพิ่มคน เพิ่มอุปกรณ์ เพิ่มเครื่องจักร เพิ่มเวลาทำงานให้มากขึ้น โดยวิธีนี้จะเป็นวิธีที่ประหยัดจึงมีผู้นิยมใช้กันมาก แต่อัตราการผลิตต่อคนต่อเครื่องจักรหรือต่อ 1 หน่วย โดยระยะเวลาจะไม่เพิ่มขึ้น

2. การเพิ่มผลผลิตเชิงคุณภาพ เป็นวิธีการเพิ่มปริมาณการผลิตที่อาศัยการเพิ่มอัตราการปฏิบัติงานโดยไม่มีเวลาหยุดพักในช่วงเวลาที่กำหนด เพิ่มความประณีตและการปรับปรุงงานเพื่อกำจัดความสูญเปล่า การทำงานหนักเกินไปและกำหนดมาตรฐานของผลผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้เป็น 100 % วิธีการนี้ใช้เพิ่มอัตราการผลิตต่อคนต่อเครื่องจักรหรือต่อหนึ่งหน่วยเวลาได้

ประสิทธิภาพการผลิต คือ อัตราส่วนของปริมาณผลิตผลที่ผลิตได้ต่อปริมาณทรัพยากรที่ใช้ไป ซึ่งอาจจะแสดงเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ประสิทธิภาพการผลิต = ปริมาณผลิตผลที่ได้ / ปริมาณทรัพยากรที่ใช้ไป

= ปริมาณผลผลิต / จำนวนคนหรือจำนวนเครื่อง

2.1.3 การศึกษาการทำงาน (Work Study)

การศึกษาการทำงานหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การศึกษาการเคลื่อนที่และเวลา (Motion & Time Study) เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่ใช้ในการศึกษา เพื่อปรับปรุงและควบคุมการทำงานของคนให้เหมาะสมยิ่งขึ้น การศึกษาการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเรียกว่าการศึกษาการเคลื่อนที่ (Motion Study) หรือการศึกษาวิธีการ (Method Study) ส่วนที่สองเรียกว่าการศึกษาเวลา (Time Study) หรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการวัดงาน (Work Measurement)

1. การศึกษาการเคลื่อนที่ (Motion Study) หมายถึง การศึกษาการทำงานของคนงาน โดยพิจารณาถึงวัสดุกระบวนการทำงาน ผลิตภัณฑ์ สถานที่ทำงาน และเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนการทำงานเพื่อหาวิธีการปรับปรุงการทำงานให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

2. การศึกษาเวลา (Time Study) หมายถึง เทคนิคของการวัดผลงานเพื่อหาเวลาและหาอัตราการทำงานของงานส่วนย่อยของงานชิ้นหนึ่ง ๆ ภายใต้สภาวะอันหนึ่ง นอกจากนี้ก็เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในการหาเวลาเท่าที่ควรในการทำงานชิ้นหนึ่งในระดับการทำงานที่เหมาะสม

3. การยศาสตร์ (Ergonomics) หมายถึง การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคนกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน เนื้อหาและทฤษฎีที่เกี่ยวเนื่องกับ

หลักการยศาสตร์มีส่วนที่เกี่ยวข้องหลายส่วนด้วยกัน รายงานฉบับนี้ขอยกประเด็นหัวข้อสำคัญ ๆ ดังต่อไปนี้

ชีวกลศาสตร์ในการทำงาน คือ การศึกษาความสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างผู้ร่วมปฏิบัติงานกับเครื่องมือ เครื่องจักร และวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในอันที่จะเพิ่มพูนประสิทธิภาพของผู้ปฏิบัติงานและคุณภาพของงาน ในขณะเดียวกันก็พยายามที่จะลดอัตราเสี่ยงของการเกิดความผิดปกติหรืออาการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้นต่อระบบกล้ามเนื้อและระบบกระดูกของร่างกายผู้ปฏิบัติงาน ประโยชน์ที่อาจจะได้รับจากการนำเอาความรู้ทางด้านชีวกลศาสตร์ในการทำงาน และเพื่อการนำมาประยุกต์ใช้มีหลากหลายด้วยกัน อาทิเช่น เป็นแนวทางการปฏิบัติสำหรับการออกแบบเชิงวิศวกรรม หรือการปรับปรุงพัฒนาแผนแบบของเครื่องมือเครื่องจักร และแผนผังของงาน ช่วยเร่งเร้าหรือกระตุ้นให้มีการคิดค้นหาแนวทางเลือกใหม่ ๆ ที่ดีสำหรับการทำงานเป็นแบบประเมินคุณค่าและความต้องการแรงงาน หรือจำนวนของคนงานต่อปริมาณงานที่ต้องทำให้เหมาะสมพอดีไม่ขาดไม่เกิน นำเอาไปประยุกต์ใช้ในเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน ช่วยลดความผิดปกติซึ่งจะเกิดขึ้นกับร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งจะส่งผลดีในอันที่จะช่วยลดค่ารักษาพยาบาล ค่าชดเชย หรือสินไหมทดแทน ตลอดจนเวลาปฏิบัติงานที่ขาดหายไปเนื่องจากความเจ็บป่วยของการทำงานของคนงาน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในที่ปฏิบัติงาน และการเพิ่มผลผลิตทั้งในด้านปริมาณและด้านคุณภาพ เป็นต้น

ความเมื่อยล้า (Fatigue) หมายความว่า สภาวะของร่างกายที่มีความรู้สึกเหนื่อยและเพลีย ซึ่งความรู้สึกนี้เป็นเพียงสภาวะหนึ่งของร่างกาย ความเมื่อยล้าสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ดังนี้ ประเภทที่ 1 ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ (Muscular Fatigue) และประเภทที่ 2 ความเมื่อยล้าทั่ว ๆ ไป (General Fatigue) ซึ่งได้แก่ความเมื่อยล้าทางร่างกายโดยทั่วไป (General Bodily Fatigue) ความเมื่อยล้าทางจิตใจ (Mental Fatigue) ความเมื่อยล้าทางระบบประสาท (Nervous Fatigue) ความเมื่อยล้าแบบเรื้อรัง (Chronic Fatigue) ความเมื่อยล้าเนื่องจากช่วงเวลาปฏิบัติงาน และเวลานอนไม่แน่นอน (Circadian Fatigue) สาเหตุของการเกิดความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านรูปแบบของงาน สภาวะและสิ่งแวดล้อมในการทำงาน ระยะช่วงเวลาปฏิบัติงานและตัวผู้ปฏิบัติงานเอง

ท่าทางการทำงาน (Work Posture) โดยปกติในขณะทำงานนั้น ร่างกายของคนที่ทำงานอยู่จำเป็นจะต้องอยู่ในลักษณะที่มั่นคง มีเสถียรภาพและควรมีท่าทางที่สบายตัวพอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะออกแรงทางกายภาพ ทั้งนี้การรักษาท่าทางการทำงานที่เหมาะสมนั้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้นและยังช่วยลดอันตรายอันอาจเกิดจากการทำงานให้มีน้อยลงด้วย

ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมและไม่อยู่ในสมดุลจะส่งผลกระทบต่อความเมื่อยล้า ความไม่สะดวกสบาย การเจ็บป่วยของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายและความผิดปกติต่าง ๆ เช่น เกิดความเมื่อยที่กล้ามเนื้อคอ แรงกดที่ข้อต่อ การปวดหลังส่วนล่าง การเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ การปวดกระดูกสันหลัง ส่วนต้นคอ เอ็นอักเสบ ฯลฯ ความสำคัญและคุณประโยชน์ของท่าทางการทำงานที่เหมาะสม คือ ช่วยให้การออกแรงที่กล้ามเนื้อเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยประหยัดพลังงาน ลดการสูญเสียพลังงานของร่างกายโดยไม่จำเป็น ช่วยให้ระบบการมองเห็นที่ดีขึ้นและมีผลต่อการลดความเค้นของกล้ามเนื้อคอและหลังของผู้ปฏิบัติงาน อีกทั้งยังช่วยให้การแลกเปลี่ยนถ่ายเทความร้อนระหว่างร่างกายกับสิ่งแวดล้อมเป็นไปอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อท่าทางการทำงานของคน ได้แก่การจัดผังของสถานที่ปฏิบัติงาน คุณภาพของการออกแบบเครื่องไม้เครื่องมือที่ใช้ประกอบการปฏิบัติงาน วิธีการทำงาน พฤติกรรมการทำงานของตัวผู้ปฏิบัติงานเอง ลักษณะของการใช้สายตาในการทำงานและปริมาณมากน้อยของการออกแรงทำงาน

ลักษณะงานที่เหมาะสมในท่ายืน การใช้แขนและมือ เหมือนกับการนั่งทำงาน โดยต้องปรับระดับความสูงของพื้นผิวงาน จัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจนส่วนประกอบของชิ้นงานให้วางเป็นระเบียบและควรวางไว้ให้ใกล้ ๆ กัน เพื่อที่จะได้มีความสะดวกต่อการใช้งาน และกรณีที่ต้องมีการยกหรือเคลื่อนย้ายชิ้นงานที่มีน้ำหนักมากต้องมีอุปกรณ์ช่วย การทำงานในท่ายืนจะเหมาะสมกับงานที่มีน้ำหนักมากเกินกว่า 4-5 กิโลกรัม ซึ่งต้องมีการหยิบจับชิ้นงานหรือส่วนของชิ้นงานบ่อย ๆ พื้นผิวงานมีหลายส่วนมีการเคลื่อนย้ายจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งบ่อย ๆ และงานที่ต้องก้ม ๆ เงย ๆ หรือใช้แรงดึง–ดันบ่อย ๆ การปรับระดับความสูงของผิวงานให้มีความเหมาะสมกับการทำงานในท่ายืนจะสามารถช่วยลดความเครียดต่อกระดูกสันหลังและข้อต่าง ๆ ในร่างกาย เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของคนงานให้มากขึ้นและลดอุบัติการณ์ความเสี่ยงและความเจ็บป่วยจากการทำงานได้ ซึ่งตำแหน่งต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับลักษณะงานจะมีรายละเอียดดังนี้ คือ

งานละเอียด พื้นผิวงานควรมีความสูง 7-10 เซนติเมตร เหนือระดับเอว ซึ่งสามารถวางท่อนแขนใน แนวขนานกับพื้นได้ในท่างอศอกประมาณ 90 องศาหรือสูงประมาณ 95-105 เซนติเมตร สำหรับ ผู้หญิงและประมาณ 100-110 เซนติเมตร สำหรับผู้ชาย

ชิ้นงานที่มีน้ำหนักเบา พื้นผิวงานควรอยู่ในแนวระดับต่ำกว่าเอว 5 เซนติเมตร หรือประมาณ 85-90 เซนติเมตร สำหรับผู้หญิง และ 90-95 เซนติเมตร สำหรับผู้ชาย

ชิ้นงานที่มีน้ำหนักมาก พื้นผิวงานควรจะต่ำลงไปอีก โดยจะสูงประมาณ 70-85 เซนติเมตร สำหรับผู้หญิง และ 75-90 เซนติเมตร สำหรับผู้ชาย (นริศ เจริญพร, 2548)

สำหรับทฤษฎีท่าทางการทำงานถูกนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบความสูงของโครงเครื่อง เพื่อให้เครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น มีขนาดและความสูงที่เหมาะสมกับการทำงาน

2.1.4 วิศวกรรมความปลอดภัย (Safety Engineering)

วิศวกรรมความปลอดภัยเป็นการศึกษาหลักการขั้นพื้นฐานทางวิศวกรรม เพื่อการป้องกัน อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ อุบัติเหตุ คือเหตุการณ์หรือบางอย่างที่เกิดขึ้นอย่างกะทันหัน โดยไม่มีการวางแผนควบคุมและก่อให้เกิดความเสียหายหรือบาดเจ็บ การเกิดอุบัติเหตุแต่ละครั้งก่อให้เกิดความสูญเสียต่อบุคคลที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย โดยเกิดตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงผู้บริหารระดับต่ำ คนงานที่ได้รับบาดเจ็บ เพื่อนของคนงานที่ได้รับบาดเจ็บ และครอบครัวของผู้บาดเจ็บ ซึ่งความสูญเสียที่เกิดขึ้นบางอย่างนั้นสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ทั้งยังสามารถคำนวณออกมาเป็นจำนวนเงินได้ เช่น ค่ายา ค่ารักษาพยาบาล ค่าชดเชย เป็นต้น แต่ความสูญเสียบางอย่างไม่สามารถมองเห็นหรือคำนวณออกมาเป็นจำนวนเงินที่แท้จริงได้ โดยอัตราระหว่างความสูญเสียซ่อนเร้นต่อความสูญเสียที่มองเห็นได้จะมีค่าอยู่ประมาณ 1:4

ตัวอย่างของความสูญเสียซ่อนเร้น (Hidden Cost) ได้แก่ ความสูญเสียเวลาของผู้บาดเจ็บ ความสูญเสียเนื่องจากเพื่อนผู้บาดเจ็บต้องหยุดงานนำผู้บาดเจ็บส่งโรงพยาบาล ความสูญเสียเวลาของพยาบาลและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล ความสูญเสียเนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานลดลง และความสูญเสียเนื่องจากความเสียหายของอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ เป็นต้น

2. อันตรายจากการตกและหกล้ม การตกเป็นแหล่งของการบาดเจ็บอีกแหล่งหนึ่งซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายเป็นจำนวนไม่น้อย จากการสำรวจอุบัติเหตุของการตกในประเทศอังกฤษระหว่างปี ค.ศ. 1974–1976 พบว่ามีอุบัติเหตุจากการตกจากที่สูงประมาณ 16.5% ของอุบัติเหตุทั้งหมดและเป็นอุบัติเหตุวัสดุหล่นใส่อีกประมาณ 6% ของอุบัติเหตุทั้งหมด โดยเฉพาะในงานก่อสร้าง โดยทั่วไปแล้วการตกในระดับเดียวกันหรือการหกล้มจะเกิดขึ้นมากกว่าการตกจากที่สูง แต่โอกาสที่จะได้รับบาดเจ็บรุนแรงจะน้อยกว่า

3. อันตรายจากการขนย้ายด้วยมือ แม้ว่าในโรงงานอุตสาหกรรมทุกวันนี้จะใช้เครื่องจักรในการขนย้ายเป็นส่วนใหญ่ แต่การขนย้ายวัสดุหรือการยกของโดยใช้แรงคนก็ยังมีความจำเป็นอยู่ การขนย้ายวัสดุที่ผิดวิธีหรือขนาดโตเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อกระดูกสันหลังตลอดจนมือและนิ้วมือได้ การลดอันตรายจากการขนย้ายด้วยมือสามารถทำได้โดยการจำกัดน้ำหนักขนาดของวัสดุและอบรมให้คนงานย้ายวัสดุให้ถูกวิธี

ลักษณะของการเคลื่อนย้ายที่ปลอดภัย การฝึกทำการขนย้ายวัสดุที่ปลอดภัยให้เป็นนิสัยของคนงานจะมีส่วนช่วยในการลดความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดการบาดเจ็บได้ โดยลักษณะดังกล่าวได้แก่ การตรวจสอบสิ่งต่อไปนี้

1) ตรวจสอบวัสดุที่ต้องการจะขนย้ายหรือยกก่อนทุกครั้งว่ามีคม ลื่น หรือผิวขรุขระหรือไม่ ถ้ามีก็ควรจะสวมถุงมือ

2) เช็ดน้ำมันและสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่ติดอยู่ที่วัสดุ

3) ต้องแน่ใจว่าไม่มีน้ำมันหรือจาระบีติดอยู่ที่มือ

4) ต้องจับวัสดุให้แน่นและมั่นคง

5) สวมรองเท้าเพื่อป้องกันวัสดุหล่นใส่เท้า

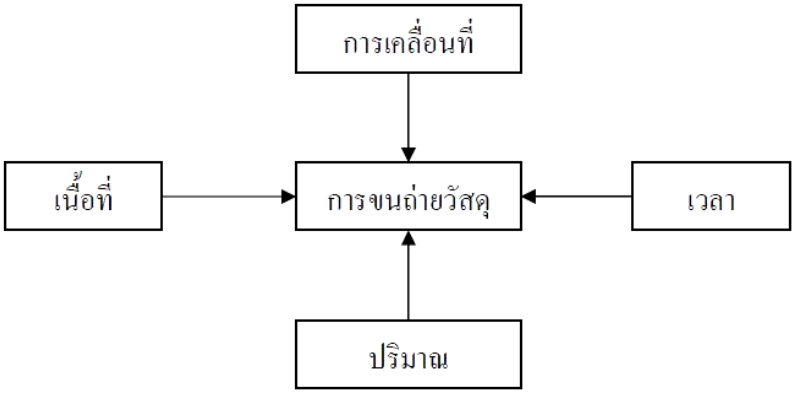
6) สวมแว่นตาและถุงมือ เมื่อขนย้ายลวดหรือกล่องที่รัดด้วยโลหะ

4. สุขวิทยาในโรงงานอุตสาหกรรม ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น นอกจากจะมีอันตรายที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บแก่คนงานแล้วยังมีอันตรายที่มีผลต่อสุขภาพอนามัย ซึ่งทำให้คนงานมีอาการเจ็บปวดขึ้นมาอีกด้วย

2.1.5 ระบบการขนถ่ายวัสดุ (Material Handing System)

การขนถ่ายวัสดุ หมายถึง การขนย้าย การเคลื่อนที่และการขนส่งผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบตลอดจนวัสดุต่าง ๆ จากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งโดยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงการจัดเก็บ การบรรจุ หีบห่อ การหาร่องรอย การชี้เฉพาะและการควบคุมการเคลื่อนย้าย ซึ่งไม่รวมในส่วนกระบวนการผลิต มีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้ (อิสรา ธีระวัฒน์สกุล, 2542)

1. องค์ประกอบสำคัญของการขนถ่ายวัสดุ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของการขนถ่ายวัสดุ

ที่มา : อิสรา ธีระวัฒน์สกุล, 2542

จากรูปที่ 2.2 ระบบการขนถ่ายวัสดุมีองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 4 ประการ เพื่อการ นำไปสู่ระบบขนถ่ายวัสดุที่มีประสิทธิภาพ ดังนี้

การเคลื่อนที่ (Motion) เป็นการย้ายวัสดุหรือสินค้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งแต่ละ ประเภทมีการเคลื่อนที่แตกต่างกันออกไปเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

เวลา (Time) การผลิตต้องอาศัยเวลาเป็นตัวกำหนดในการเคลื่อนที่เพื่อให้มีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง

ปริมาณ (Quantity) สินค้าและวัสดุที่จะเคลื่อนย้ายต้องมีปริมาณที่เหมาะสมกับระบบของการขนย้ายเพื่อประหยัดเวลาและประหยัดค่าใช้จ่าย

เนื้อที่ (Space) การเคลื่อนที่หรือการขนถ่ายวัสดุ จำเป็นต้องใช้เนื้อที่สำหรับติดตั้งกลไก ของระบบการขนถ่าย วางของและวัสดุสินค้า ก่อน–หลัง การขนถ่าย

2. ประโยชน์ของระบบการขนถ่ายวัสดุ ระบบการเคลื่อนย้ายวัสดุจำเป็นต้องมีการจัดการที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นในกระบวนการการเคลื่อนย้ายวัสดุที่ดีจึงควรมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

การลดต้นทุนระบบการขนถ่ายวัสดุที่มีประสิทธิภาพจะสามารถลดต้นทุนลดค่าใช้จ่ายลงได้หลายส่วนด้วยกันไม่ว่าจะเป็น จำนวนแรงงานทางอ้อม แรงงานทางตรงในการขนย้าย งานใน การขนย้าย การสูญเสียและการทำลายวัสดุ ลดงานกระดาษหรือลดปริมาณวัสดุในระบบ

การเพิ่มสมรรถภาพในการใช้ประโยชน์พื้นที่ดีขึ้น การปรับปรุงแผนผังโรงงานให้ดีขึ้น การใช้ประโยชน์เครื่องมือสูงขึ้นและการยกของได้เร็วขึ้น

การปรับปรุงสภาพการทำงานให้มีความปลอดภัยสูงขึ้นต่อคนงาน วัสดุ และเครื่องมือ งานง่ายและเบาขึ้น ทำให้ความผิดพลาดจากการขนย้ายน้อยลง

3. ประเภทของอุปกรณ์กระบวนการขนถ่ายวัสดุมีอุปกรณ์เกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายมากมายหลายชนิด เครื่องมือและอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถแยกออกได้เป็น 6 ประเภท คือ

รถเข็น(Hand Truck) มีลักษณะเป็นแผ่นไม้และมีล้อสำหรับการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นการ เคลื่อนย้ายโดยใช้มือในการขนวัสดุ เช่น ดอลลี(Dollies) รถเข็น 2 ล้อ รถเข็น 4 ล้อ

รถยกแบบใช้คนลาก(Hand Lift Truck) รถยกแบบฟอร์คลิฟท์ (Forklift Truck) ที่มีการขนย้ายด้วยมือ เป็นต้น

รถบรรทุกที่สามารถขับเคลื่อนได้ (Powered Truck) เป็นรถที่มีกำลังขับเคลื่อนและมีแผ่นไม้หรือโลหะเพื่อใช้ในการขนย้ายวัสดุ การขับก็จะทำโดยมนุษย์และกำลังการขับเคลื่อนมาจากแบตเตอรี่ แก๊สโซลีน หรือแก๊สโพรเพน เช่น รถยกแบบโฟร์คลิฟท์ซึ่งเป็นรถที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซลหรือแบตเตอรี่ไฟฟ้า เป็นต้น

เครน (Cane) กระเช้ารางเดี่ยว (Monorail) และเครื่องยก (Hoist) เป็นอุปกรณ์การขนย้าย ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีการขนย้ายด้วยมือ โดยได้รับการออกแบบเพื่อการยกของ ปล่อยของลง และการเคลื่อนย้ายของที่มีน้ำหนักมาก

เครื่องลำเลียง (Conveyor) เป็นอุปกรณ์การขนย้ายที่มีขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานเชิงกลหรืออาจเป็นการทำงานแบบอัตโนมัติได้รับการออกแบบเพื่อเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างตำแหน่งที่เรากำหนดไปตามทางที่มีอยู่แล้ว เช่น เครื่องลำเลียงแบบรางลื่น เครื่องลำเลียงแบบลูกกลิ้ง เครื่องลำเลียงแบบสายพาน เครื่องลำเลียงแบบโซ่ เป็นต้น

รถเคลื่อนย้ายโดยอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle Systems, AGVS) เป็นรถนำทางโดยอัตโนมัติมีการออกแบบเพื่อให้เดินไปตามทางที่มีการกำหนดไว้แล้ว

อุปกรณ์การขนย้ายแบบอื่น ๆ เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ลิฟต์ ท่อ รถไฟ เครื่องบิน และเรือ เป็นต้น

4. ลูกกลิ้งลำเลียง ประเภทของลูกกลิ้งลำเลียง ลูกกลิ้งลำเลียงสามารถแบ่งออกตามต้นกำลังขับได้ 2 ประเภท ใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ

ลูกกลิ้งลำเลียงด้วยแรงโน้มถ่วง (Gravity Roller Conveyor) ลูกกลิ้งลำเลียงชนิดนี้สามารถประหยัดพลังงานได้เนื่องจากอาศัยแรงโน้มถ่วงที่เกิดจากน้ำหนักของวัสดุเองเมื่ออยู่บนระนาบที่เหมาะสม วัสดุลำเลียงจะสามารถเคลื่อนที่ลงเองตามแรงโน้มถ่วงของโลก

ลูกกลิ้งลำเลียงด้วยแรงขับ (Power Roller Conveyer) ลูกกลิ้งลำเลียงชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับลูกกลิ้งโดยใช้สายพาน (Belt) หรือโซ่ (Chain) เป็นตัวส่งกำลัง

ลูกกลิ้งขับด้วยสายพานเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด สำหรับวัสดุที่มีน้ำหนักเบา การออกแบบจะต้องใช้สายพานแยกขับลูกกลิ้งทีละตัว หรืออาจใช้สายพานเส้นเดียวขับลูกกลิ้งทุกตัวโดยอาศัยความฝืด

ลูกกลิ้งขับด้วยโซ่ เป็นการใช้โซ่เป็นตัวส่งกำลังจากมอเตอร์มาขับลูกกลิ้งจะมีทั้งแบบโซ่ เดี่ยวและแบบโซ่คู่ต่อกับลูกกลิ้งแต่ละตัว

งานวิจัยนี้จะใช้หลักการลำเลียงโดยใช้โซ่ ซึ่งใช้มอเตอร์เป็นตัวขับจานโซ่ให้ทำหน้าที่ในการลำเลียงบล็อกไม้ไผ่และแว่นที่ทำจากใบตาลโตนดให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งหัวหยอดน้ำตาล จากนั้นหัวหยอดจะทำการหยอดน้ำตาลจนเสร็จ โซ่ก็จะลำเลียงบล็อกและแว่นที่หยอดน้ำตาลแล้วไปยังจุดเก็บนับจำนวนแว่น ซึ่งบล็อกไม้ไผ่ก็จะถูกใช้หมุนเวียนตลอดกระบวนการผลิต

2.1.6 พลังงานความร้อน

พลังงานความร้อน ในที่นี้จะกล่าวถึงส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเพื่อสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นโดยตรง นั่นคือในส่วนของแหล่งให้พลังงานความร้อนด้วยฮีทเตอร์ ซึ่ง

ฮีทเตอร์เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในอุตสาหกรรม มีหลักการพื้นฐาน คือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานสูงลวดตัวนำจะร้อน ดังนั้นลวดที่ใช้ผลิตฮีทเตอร์จะต้องมีคุณสมบัติเหนียวและทนอุณหภูมิได้สูง สำหรับลวดฮีทเตอร์ของ NH เป็นลวด Khantal (นิกเกิ้ล:โครเมียม / 80:20) จากประเทศสวีเดน ทนอุณหภูมิได้ถึง 1,250°C เป็นลวดผลิตฮีทเตอร์ที่ดีที่สุดในโลก ส่วนประกอบอื่น ๆ ในการผลิตฮีทเตอร์มีดังนี้

ฉนวนแมกนีเซียมออกไซค์ (MgO) จาก USA มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำแต่นำความร้อนดีมาก ทำหน้าที่กั้นกลางระหว่างลวดฮีทเตอร์กับปลอกโลหะเพื่อป้องกันไม่ให้มีกระแสรั่ว (Leak Current) จากลวดฮีทเตอร์ออกไปยังผิวโลหะมีจุดที่สำคัญ คือ ห้ามมีความชื้นในฉนวนเด็ดขาด เพราะจะทำให้ค่าความนำไฟฟ้าสูงขึ้น หากมีความชื้นแก้ไขได้โดยการอบในเตาอบท่อสแตนเลส 304 และ 316 จากออสเตรเลีย เลือกที่มีความหนามากเป็นพิเศษทำให้ทนอุณหภูมิได้สูงกว่าปกติ

Insulation Tester เป็นเครื่องทดสอบความเป็นฉนวนของฮีทเตอร์เพื่อให้แน่ใจว่าในการใช้งานจริงจะไม่มีกระแสรั่วจากลวดฮีทเตอร์สู่ผิวโลหะ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ได้ มาตรฐานของ NH ได้กำหนดการทดสอบแรงดันที่ 1,500 VAC และค่าความเป็นฉนวนต้องมากกว่า 500 MW

ชนิดของฮีทเตอร์ ฮีทเตอร์มีหลายชนิด มีข้อดี-ข้อเสีย และลักษณะการใช้งานแตกต่างกันดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ฮีทเตอร์ชนิดต่าง ๆ ตามลักษณะการใช้งาน

ชื่อเรียกฮีทเตอร์	**ลักษณะฮีทเตอร์**	**การใช้งาน**
ฮีทเตอร์แท่ง Cartridge Heater		ใช้ให้ความร้อน กับวัสดุที่เป็นของแข็ง เช่น เหล็ก และโลหะต่าง ๆ ตัวอย่างการใช้งาน เช่น งานบรรจุหีบห่อ งานขึ้นรูปพลาสติก
ฮีทเตอร์ครีบ Finned Heater		ใช้ให้ความร้อนกับอากาศ เช่น ใช้ในห้องอบแห้งในเตาอบ

ตารางที่ 2.1 ฮีทเตอร์ชนิดต่าง ๆ ตามลักษณะการใช้งาน (ต่อ)

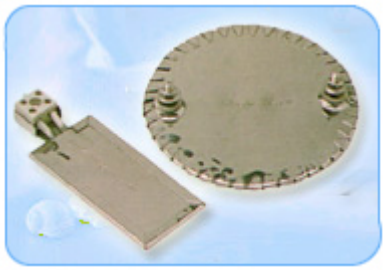
ฮีทเตอร์ท่อกลม Tubular Heater		ใช้ให้ความร้อนกับอากาศในลักษณะเดียวกันกับฮีทเตอร์ครีบ
ฮีทเตอร์จุ่ม Immersion Heater		เรียกว่าฮีทเตอร์ต้มน้ำ ใช้ให้ความร้อนกับของเหลวทุกชนิด เช่น งานต้มน้ำ งานต้มน้ำมัน
ฮีทเตอร์บอบบิ้น Bobbin Heater		ใช้ให้ความร้อนของเหลวเหมือนฮีทเตอร์จุ่ม
ฮีทเตอร์อินฟราเรด Infrared Heater		ใช้ให้ความร้อนกับวัตถุโดยไม่ต้องสัมผัสโดยตรง ไม่เหมาะกับวัตถุที่มีลักษณะมันวาว เนื่องจากวัตถุมันวาวจะมีคุณสมบัติสะท้อนแสง ทำให้ไม่สามารถดูดซับรังสีอินฟราเรดได้อย่างเต็มที่
ฮีทเตอร์รัดท่อ Band Heater		ใช้ให้ความร้อนกับของเหลวที่อยู่ในท่อ
ฮีทเตอร์แผ่น Strip Heater		ใช้ให้ความร้อนโดยแนบกับวัตถุโดยตรง

ที่มา : http://www.hi-den.com/products.html

จากข้อมูลทั่วไปในตารางที่ 2.1 ซึ่งได้แสดงเกี่ยวกับฮีทเตอร์ชนิดต่าง ๆ ตามลักษณะการใช้งานนั้น จึงได้ทำการวิเคราะห์และศึกษาข้อมูลความเหมาะสมในการนำฮีทเตอร์แผ่นมาประยุกต์ใช้กับเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นและตรงตามลักษณะที่จะนำไปใช้งานใช้มากที่สุดโดยได้ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับฮีทเตอร์แผ่นดังนี้

ฮีทเตอร์แผ่น (Strip Heater) ใช้ให้ความร้อนโดยแนบกับวัตถุโดยตรงแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 ทั้งนี้ฮีทเตอร์แผ่นมีคุณลักษณะต่าง ๆ มากมาย เช่น ให้ความร้อนคงที่สม่ำเสมอ วัสดุตัว

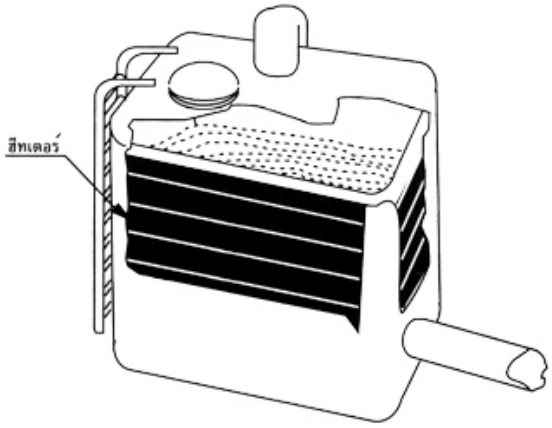
เรือนทำจากสเตนเลสชั้นดี มีขดลวดความร้อน Ni-Cr พันอยู่ในแกนเซรามิคส์ทนความร้อนสูง ทนทาน อายุการใช้งานยาวนาน อีกทั้งยังมีหลากหลายขนาดความยาวและวัตต์ให้เลือกใช้อีกด้วย



รูปที่ 2.3 ลักษณะของฮีทเตอร์แผ่น

ประโยชน์ของการนำไปใช้งานนั้นจะมีการนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย เช่น ใช้เพื่อให้ความร้อนกับมีดตัดพลาสติก เครื่องบรรจุหีบห่อ ใช้ในการให้ความร้อนขั้นต้นกับน้ำมัน ใช้กับเตาอบแบบต่าง ๆ ใช้ในการให้ความร้อนกับภาชนะต่าง ๆ เพื่ออุ่นหรือต้ม เป็นต้น

ตัวอย่างการนำฮีทเตอร์แผ่นไปใช้งานดังรูปที่ 2.4 ใช้ติดข้างนอกของถังหรือท่อเพื่ออุ่นหรือต้มของเหลว เช่น น้ำ น้ำมัน และของเหลวทั่วไป



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการนำฮีทเตอร์แผ่นไปใช้งาน

งานวิจัยนี้ได้มีการเลือกใช้ฮีทเตอร์ชนิดแผ่น เนื่องจากสามารถใช้อุ่นเพื่อให้ความร้อนแก่ของเหลวได้หลากหลายชนิด อีกทั้งยังใช้ติดตั้งบริเวณผนังด้านนอกของหม้ออุ่นน้ำตาลเหลวได้สะดวกเพราะสามารถเลือกตำแหน่งในการติดตั้งฮีทเตอร์ได้ เหตุนี้จึงได้มีการนำฮีทเตอร์แผ่นมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ความร้อนในเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น

2.1.7 การออกแบบเครื่องจักรกล (Machine Design)

การออกแบบเครื่องจักรกล หมายถึง การออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกันเป็นระบบการทำงานของเครื่องจักรกล อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ในการออกแบบผู้ออกแบบจะต้องนำความรู้ทางวัสดุศาสตร์ กลศาสตร์ และวิศวกรรมเครื่องกลแขนงต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้โดยยึดหลักว่าเมื่อออกแบบแล้วจะมีผลให้ชิ้นส่วนที่ออกแบบนั้นสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดความเสียหายจากการโก่งงอ แตกหัก หรือพังทลาย ในการออกแบบที่ดีควรจะต้องคำนึงถึงหน้าที่สำหรับการออกแบบเครื่องจักรกล ข้อกำหนดบังคับในการออกแบบ ตลอดจนหลักการและขั้นตอนในการออกแบบ สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1. หน้าที่สำหรับการออกแบบเครื่องจักรกล

ในการออกแบบเครื่องจักรกลจะต้องเริ่มพิจารณาหน้าที่ที่จำเป็นที่ควรมีของเครื่องจักรกลที่กำลังจะสร้าง ต่อจากนั้นจะพิจารณาถึงกลไกและโครงสร้างที่จะบรรลุถึงหน้าที่ที่ได้พิจารณาในตอนแรก ถึงแม้ว่าหน้าที่ของเครื่องจักรกลจะมีอยู่มากมาย แต่จะมีหน้าที่ร่วมพื้นฐานอยู่หลายอย่างด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วย

หน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หน้าที่พื้นฐานอันหนึ่งของเครื่องจักรกล คือการทำให้วัตถุเคลื่อนที่ ซึ่งอาจจะทำให้ตัวของเครื่องจักรกลเองเคลื่อนที่ได้ หน้าที่ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง เป็นหน้าที่ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือตัวเครื่องจักรเองที่เคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งแบบเส้นตรงอาจเป็นการเคลื่อนที่บนรางที่กำหนดตายตัวหรือการยกของขึ้นการเลื่อนและการเปิดประตู เป็นต้น

การเคลื่อนที่แบบหมุน อาจจะเป็นการหมุนของเพลา หรืออาจเป็นการเคลื่อนย้ายตำแหน่งวัตถุโดยแขนกลรอบแกนหมุน

การเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่ระหว่างแบบเส้นตรงกับแบบหมุน เป็นหน้าที่เปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่จากแบบเส้นตรงเป็นแบบหมุน ในทางกลับกัน สามารถจะเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่จากแบบหมุนเป็นแบบเส้นตรง

การเคลื่อนที่ของวัตถุมากกว่า 1 สิ่งพร้อมกัน เป็นหน้าที่ในการเคลื่อนที่วัตถุมากกว่า 1 สิ่งพร้อมกัน โดยรวมเป็นหน้าที่เดียวกัน เช่น การถือวัตถุมากกว่า 1 สิ่งแล้วเคลื่อนที่ เป็นต้น

การเปลี่ยนรูปประเภทต่าง ๆ เป็นหน้าที่ในการเปลี่ยนรูปทรงของวัตถุ เช่น กลไกสปริงที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนรูปทรงโดยการ ยืด-หดงอ บิดเป็นเกลียว เป็นต้น

การเคลื่อนที่ของของไหล เป็นหน้าที่ในการสร้างการไหลของของเหลวหรือก๊าซ รวมใช้การไหลนี้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่

หน้าที่ที่ทำให้เกิดการรองรับแรง เนื่องจากทุกวัตถุมีน้ำหนัก ดังนั้นพื้นฐานแรก ๆ ของเครื่องจักรกลก็คือ ต้องรับน้ำหนัก นอกจากนี้ในการออกแรงใด ๆ ก็ตามจะมีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นเสมอ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องรับแรงปฏิกิริยานี้ ในการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งนั้นจำเป็นที่จะต้องมีสิ่งรองรับความเฉื่อยของวัตถุด้วย นอกจากนี้ยังรวมถึงหน้าที่รองรับแรงดันทั้งภายในและภายนอกของของเหลวและก๊าซ

การจำกัดการส่งต่อแรงในการทำงานใด ๆ ของเครื่องจักรกลที่อยู่กับที่นั้นจะมีแรงเกิดขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องจำกัดแรงที่เกิดขึ้นในเครื่องจักรกลเท่านั้น ไม่เช่นนั้นจะเกิดการเคลื่อนไหวหรือการเคลื่อนที่ได้

การรักษาสมดุลของแรง วัตถุจะล้มหากจุดศูนย์กลางของมวลอยู่นอกฐาน ดังนั้นจะต้องมีการรักษาสมดุลโดยการถ่วงน้ำหนัก

การเพิ่มความแกร่งและการเพิ่มสมดุลของความแกร่ง หากความแกร่งและความแข็งแรงของส่วนที่รับแรงไม่ดีพอจะทำให้เกิดการเสียรูปทรงได้ง่ายและทำให้เครื่องจักรกลไม่สามารถทำหน้าที่ที่ควรจะเป็น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มความแกร่งและความแข็งแรงให้เพียงพอ ทั้งนี้ในทางกลับกันการป้องกันการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรจำเป็นต้องใช้วัสดุที่ยืดหยุ่นได้ ซึ่งการออกแบบจึงต้องเลือกพิจารณาความแข็งแกร่งและความแข็งแรงที่ได้รับอย่างเหมาะสมด้วย

หน้าที่การส่งต่อแรงและแรงบิดที่เกิดขึ้นนั้น ถือเป็นหน้าที่พื้นฐานอีกอันหนึ่งของเครื่องจักรกล การส่งต่อแรงเป็นหน้าที่หนึ่งที่ใช้ในการส่งต่อแรงจากตำแหน่งหนึ่งผ่านโครงสร้างไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง เช่น การส่งผ่านแรงดึงและแรงกด อีกทั้งในส่วนการส่งต่อแรงบิดเป็นหน้าที่ในการส่งต่อกำลังแรงบิดหรือแรงที่ทำให้เกิดการหมุน

การเปลี่ยนทิศทางของแรง ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนทิศทางของแรง เช่น จากการรับแรงในแนวราบเป็นการส่งแรงในแนวดิ่ง เป็นต้น

การส่งต่อความดันของไหล ทำหน้าที่ในการส่งต่อความดันของไหล

หน้าที่รองรับตำแหน่งหรือเชื่อมต่อส่วนประกอบเข้าด้วยกันในพื้นที่เป็นหน้าที่สำคัญของเครื่องจักรกล คือ การทำให้เกิดการเคลื่อนที่ การรองรับและส่งต่อแรงตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การจะบรรลุถึงหน้าที่ข้างต้นนี้ การวางตำแหน่งและการเชื่อมต่อส่วนประกอบต่าง ๆ รวมเข้าด้วยกันเป็นโครงสร้างนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

การรักษารูปลักษณ์และตำแหน่งของตัวเครื่องจักรกลเอง หน้าที่การรักษาตำแหน่งติดตั้งไว้จะต้องรักษาตำแหน่งตั้งแต่ขณะติดตั้งของเครื่องจักรกลไม่ให้เกิดการล้ม

การรักษาตำแหน่งขณะเดินเครื่อง ซึ่งในกรณีที่ตัวเครื่องจักรกลทั้งหมดเคลื่อนที่ขณะทำงานจะต้องรักษารูปลักษณ์ของเครื่องจักรกลเอาไว้

การรักษาตำแหน่งขณะขนย้าย การที่จะต้องทำการขนย้ายเครื่องจักรกลไปยังตำแหน่งติดตั้ง จึงต้องระวังไม่ให้เกิดการล้ม เปลี่ยนรูปทรง หรือแยกออกจากกันขณะขนย้าย

การยึดและเชื่อมต่อชิ้นส่วน เป็นหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้ง ยึด และเชื่อมต่อชิ้นส่วนด้วยเครื่องจักรเอง

การยึดชิ้นส่วนเนื่องจากชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ประกอบเข้าเป็นโครงสร้างของเครื่องจักรกลไม่สามารถลอยอยู่ได้จะต้องมีการรองรับภายในตัวเครื่องและรักษาตำแหน่งต่าง ๆ เหล่านั้นเอาไว้

การเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วน การเชื่อมต่อชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันจะได้เป็นระบบของเครื่องจักรกลทั้งหมด และหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

การกำหนดตำแหน่งสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วน เป็นการกำหนดแนวแกนของชิ้นส่วนให้อยู่ในแนวเดียวกันให้ชิ้นส่วนอยู่บนระนาบเดียวกันหรือตั้งฉากกันรวมถึงกำหนดระยะห่างระหว่างกันของชิ้นส่วน

การเชื่อมต่อกับเครื่องจักรกลอื่น ๆ เพื่อให้มีความสามารถในการต่อและยึดติดกับเครื่องจักรกลอื่น ๆ ได้ ซึ่งเป็นการนำไปสู่การออกแบบให้เครื่องจักรกลมีประสิทธิภาพได้

2. ข้อกำหนดบังคับในการออกแบบ

ความแข็งแรง ซึ่งแรงที่มากระทำต้องไม่เกินขอบเขตที่วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างเครื่องจักรกลจะรับได้ และจะต้องเพิ่มความแข็งแกร่งของเครื่องจักรเพื่อไม่ให้เกิดการเสียรูปทรงจนเกินไปเมื่อมีการรับแรง

พื้นที่ ชิ้นส่วนจะต้องวางไว้ภายในพื้นที่ที่กำหนดภายในเครื่องจักรกล หรือภายในพื้นที่ที่กำหนดของเครื่องจักรกล ข้อกำหนดบังคับที่เกี่ยวกับพื้นที่ เช่น ความสูงจะต้องไม่เกินความสูงที่กำหนดไว้

น้ำหนัก ใช้เป็นข้อกำหนดว่าน้ำหนักเครื่องทั้งหมดหรือน้ำหนักของชิ้นส่วนบางส่วน เช่น ส่วนที่เคลื่อนที่ได้จะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ หากเกินกว่าที่กำหนดไว้อาจมีปัญหาในการขนส่งหรือปัญหาในการทำงาน นอกจากนี้ความเฉื่อยที่มีค่ามากอาจจะทำให้ลักษณะการทำงานด้อยลงก็เป็นได้

สามารถแปรรูปได้จะต้องเลือกวิธีการแปรรูป และควรพิจารณาถึงรูปทรงที่สามารถแปรรูปได้โดยวิธีการแปรรูปที่เลือก นอกจากนี้ควรหลีกเหลี่ยงการแปรรูปที่ยุ่งยาก รูปทรงควรเป็นรูปทรงที่ง่ายต่อการแปรรูป

สามารถประกอบแยกชิ้นส่วนได้ เลือกกลไกและรูปทรงที่สามารถประกอบและแยกชิ้นส่วนได้ จะต้องทำการสร้างพื้นที่หรือรูปทรงที่เครื่องมือใช้สอดใส่หรือเครื่องมือใช้ในการดำเนินการทำงานเพื่อการประกอบ

ง่ายต่อการควบคุมการทำงาน ขั้นตอนการควบคุมและรูปทรงจะต้องให้ง่ายต่อการทำงาน

มีความคงทน เลือกวัสดุที่ไม่เป็นสนิม โดยการชุบ เคลือบสี ทาสี เลือกใช้วัสดุที่คงทน เป็นต้น

มีความปลอดภัย การใช้ควรแยกชิ้นส่วนที่หมุนหรือส่วนที่เคลื่อนที่ออกจากสิ่งภายนอก ทำการจัดวางตำแหน่งและกำหนดทิศทางการทำงานเพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดจากการควบคุมการทำงานได้ยาก หรือแม้ว่าเกิดความผิดพลาดในการควบคุมการทำงาน เครื่องจะต้องทำงานด้วยความปลอดภัย พยายามไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการทำงาน ระวังการทำงานผิดปกติในกรณีฉุกเฉิน ในการเลือกใช้ชิ้นส่วนจะต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความแน่นอนสูง และไม่ควรเลือกใช้ชิ้นส่วนที่มีตำหนิ

มาตรฐานข้อบังคับ ควรเลือกใช้ของที่เป็นไปตามข้อกำหนดบังคับและการออกแบบตามข้อกำหนดบังคับ

3. หลักการและขั้นตอนในการออกแบบ

วัสดุทางวิศวกรรมเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญสำหรับการออกแบบ ซึ่งการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมเพื่อใช้ในงานผลิตเป็นสิ่งควรคำนึงถึงเป็นอย่างยิ่ง ลักษณะการเลือกใช้วัสดุที่สำคัญได้แก่ สมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี รูปร่าง รูปทรง การได้มาซึ่งวัตถุดิบ และกระบวนการแปรรูป ฯลฯ

การออกแบบเพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น สามารถใช้เทคโนโลยีในส่วนของความรู้ทางด้าน CAD ซึ่งเป็นคำย่อของ Computer Aided Design แปลว่าคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างชิ้นส่วน (Part) ด้วยแบบจำลองทางเรขาคณิต วิศวกรนิยมใช้ CAD software ในงานออกแบบสร้างชิ้นส่วนหรือเรียกว่าแบบจำลอง เพราะสามารถแสดงเป็นแบบ (Drawing) หรือไฟล์ข้อมูล CAD ทั้งนี้โปรแกรมที่ช่วยในงานออกแบบวิศวกรรม ตัวอย่างเช่น Auto CAD, Solid Edge, Solid Work, Unigraphics NX และโปรแกรมอื่น ๆ อีกมากมาย

กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงหลากหลายสิ่งด้วยกัน ตัวอย่างเช่น การออกแบบกลไกเครื่องจักร ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีข้อกำหนดและเข้าใจหน้าที่ในการทำงานร่วมของแต่ละกลไกในเครื่องจักรก่อนทำการเลือกกลไกที่เหมาะสมกับสภาวะต่าง ๆ

โดยการพิจารณาถึงกลไกเพื่อให้บรรลุหน้าที่การทำงานแบบใหม่หรือพิจารณาถึงกลไกใหม่ ๆ เพื่อหน้าที่การทำงานแบบเดิมนั้นสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขั้นตอนในการออกแบบ แนวคิดและองค์ประกอบในการออกแบบ สามารถแสดงขั้นตอนความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องโดยสามารถอธิบายพอสังเขปในแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1) รับรู้ความต้องการ การออกแบบจะเริ่มต้นจากผู้ออกแบบควรรับรู้ความต้องการในด้านการใช้งาน คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ความแข็งแรงทนทาน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างสรรค์ การออกแบบพัฒนา และปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2) กำหนดลักษณะจำเพาะและศึกษารายละเอียด รวบรวมสิ่งที่ต้องการให้มากที่สุด เช่น คุณลักษณะ อายุการใช้งาน ขนาด จำนวนที่ผลิต ราคา และสิ่งที่คาดว่าสามารถจะมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้างอันเนื่องมาจากการออกแบบ เช่น กรรมวิธีการผลิต การเลือกใช้วัสดุ ตลอดจนการแข่งขันทางด้านการตลาด

3) สังเคราะห์ความคิดในการออกแบบ ภายหลังทำการศึกษารายละเอียดสิ่งที่จะออกแบบ จากนั้นต้องดำเนินการสังเคราะห์ความคิดเพื่อวิเคราะห์และทำการหล่อหลอมความคิดเก่าและใหม่เข้าด้วยกันจนทำให้เกิดสิ่งใหม่ที่ดีกว่า มีคุณค่ากว่าและอำนวยประโยชน์ได้มากที่สุด

4) วิเคราะห์ ออกแบบ และปรับปรุง เมื่อผ่านสามขั้นตอนแล้วก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์รายละเอียดต่าง ๆ ของสิ่งที่จะออกแบบโดยพิจารณาถึงหน้าที่ในแต่ละชิ้นส่วน กลไกการทำงานที่สัมพันธ์กัน แล้วจึงทำการออกแบบส่วนประกอบใหญ่ ๆ และชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนให้มีความสัมพันธ์กันจนสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์โดยมีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสม ด้วยเหตุนี้จึงต้องย้อนกลับไปพิจารณาให้เป็นไปตามลักษณะจำเพาะ และทำการปรับปรุงให้เป็นไปตามความต้องการและการใช้งานให้มากที่สุด

5) ทดสอบและประเมิน เมื่อสร้างต้นแบบเสร็จแล้วต้องทำการทดสอบและประเมินผล ในปัจจุบันการทดสอบมีทั้งวิธีการทดสอบโดยกระทำจริงต่อต้นแบบทดสอบและทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยทำการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (Computer Aided Engineering) เพื่อบันทึกเป็นข้อมูลสำหรับใช้ย้อนกลับมาปรับปรุงการออกแบบเบื้องต้นหรือรายละเอียดบางประการ หลังจากปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแล้วก็ต้องทำการทดสอบใหม่จนกระทั่งสิ่งที่ออกแบบมีคุณภาพหรือมีสมรรถนะ สามารถทำงานได้ตามต้องการ

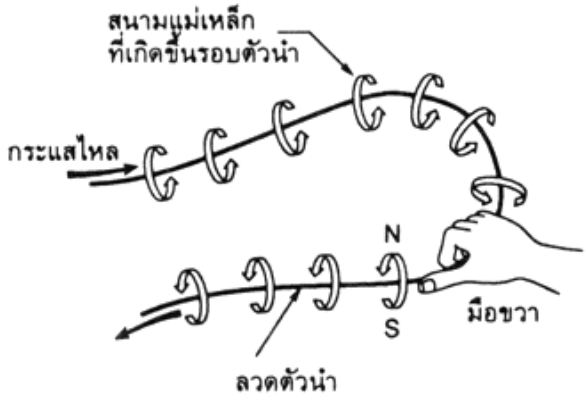
6) การนำเสนอ ขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบ คือการนำเสนอผลการออกแบบซึ่งจะเป็นสิ่งประดิษฐ์หรือผลิตภัณฑ์ที่จัดเป็นสินค้าต่อลูกค้าหรือผู้ที่ต้องการใช้โดยอาศัยสื่อต่าง ๆ เช่น รายงาน โฆษณา สิ่งพิมพ์ อินเตอร์เน็ตและอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ออกแบบ

2.1.8 ทฤษฎีกลไกเครื่องจักรกล

กลไกของเครื่องจักรกล ในที่นี้จะกล่าวถึงส่วนของกลไกที่นำมาใช้สร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นโดยตรง นั่นคือในส่วนของกลไกการทำงานของโซลินอยด์และกลไกการส่งกำลังด้วยโซ่ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

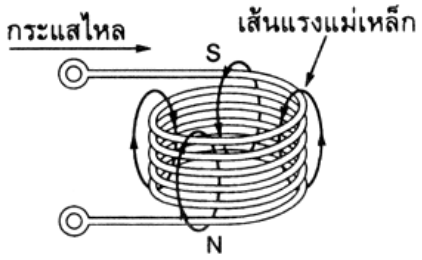
1. กลไกการทำงานของโซลินอยด์

คุณเออร์สเตด เป็นผู้ตั้งกฎไว้ว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดตัวนำใด ๆ ก็ตามจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น ๆ โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.5 และยังได้ออกกฎมือขวามาให้ดูทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กด้วย นั่นคือ ถ้าเอามือขวากำรอบเส้นลวดโดยนิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางกระแสไหล นิ้วที่เหลือทั้งหมดจะหันไปทางเดียวกันและจะแสดงทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วใต้ไปขั้วเหนือ



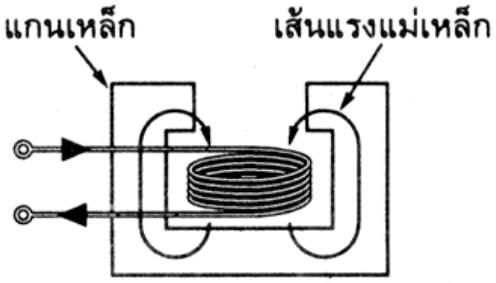
รูปที่ 2.5 ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวด

เมื่อนำเส้นลวดมาขดเป็นวง ๆ หลาย ๆ วง จะเกิดลักษณะของขดลวดขึ้นดังรูปที่ 2.6 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแต่ละขดจะอยู่ในทิศทางเสริมกันและยังก่อกำเนิดเป็นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กถาวรแท่งหนึ่งซึ่งพร้อมที่จะดูดสารแม่เหล็กทันที แต่เนื่องจากสภาพรอบ ๆ ขดลวดอาจเป็นอากาศเส้นแรงแม่เหล็กจึงไม่เข้มข้นมากนัก



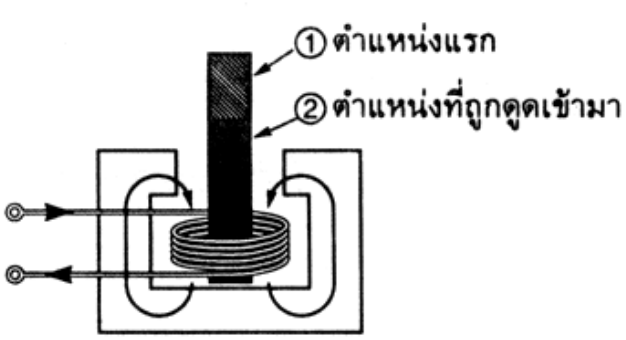
รูปที่ 2.6 ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดที่มีกระแสไหล

เพื่อที่จะไม่ให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกระจัดกระจายจึงใส่แกนเหล็กอ่อนรูปตัว C เข้ามารอบ ๆ ขดลวด เพื่อให้สนามแม่เหล็กมากขึ้นดังรูปที่ 2.7 ถ้านำแกนกระทุ้ง (plunger) มาใส่เข้าไปตรงกลางขดลวดในตำแหน่งที่ 1 แกนกระทุ้งจะถูกดูดให้ลึกเข้ามาจนถึงตำแหน่งที่ 2 ดังรูปที่ 2.8 ยิ่งระยะทางใกล้มากเท่าไร แรงดูดก็จะมากขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 2.7 การเพิ่มเหล็กอ่อนเข้ามาเพื่อเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก

มีข้อแตกต่างอยู่ระหว่างโซลินอยด์ไฟตรงและโซลินอยด์ไฟสลับ คือ ในโซลินอยด์ไฟตรง กระแสที่ไหลในขดลวดจะค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าแกนกระทุ้งจะอยู่ในตำแหน่งใดก็ตาม แต่โซลินอยด์ไฟสลับกระแสในขณะที่แกนกระทุ้งอยู่นอกขดลวดจะมีค่าสูง และเมื่อแกนกระทุ้งถูกดูดเข้ามาจนสุดขดลวดกระแสจะลดต่ำลง ซึ่งควรระวังอย่าให้เกิดการกระทุ้งในโซลินอยด์ไฟสลับ เพราะจะทำให้เกิดกระแสมาก ๆ ไหลค้างอยู่ทำให้ขดลวดร้อนขึ้นและอาจจะไหม้เสียหายได้



รูปที่ 2.8 การเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้ง

ในโครงสร้างของโซลินอยด์แบบไฟสลับนั้น จะต้องพันขดลวด shaded coil หรือแหวน (ring) ซึ่งเป็นลวดพันรอบแกนเหล็กเพียงรอบเดียวหรือไม่กี่รอบลัดวงจรเอาไว้เลย จุดประสงค์ที่พันไว้เพราะในไฟสลับกระแสจะลดลงมาเป็นศูนย์ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้แรงดูดแม่เหล็กลดลงและทำให้เกิดเสียงหึ่ง ๆ ขึ้น และการดูดก็ไม่ติดแน่น ขดลวดแหวนที่เพิ่มเติมเข้าไปนี้จะทำให้วงจรแม่เหล็กเกิดเป็นสภาพ 2 เฟส คือแม้ในขณะที่กระแสเป็นศูนย์ขดลวดแหวนซึ่งมีกระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำกับสนามแม่เหล็กจะยังคงมีแรงแม่เหล็กมาเสริมการดูดในช่วงนี้ได้แต่ก็จะทำให้เกิดการสูญเสีย (loss) ของความร้อนในขดลวดบ้างเป็นข้อแลกเปลี่ยน

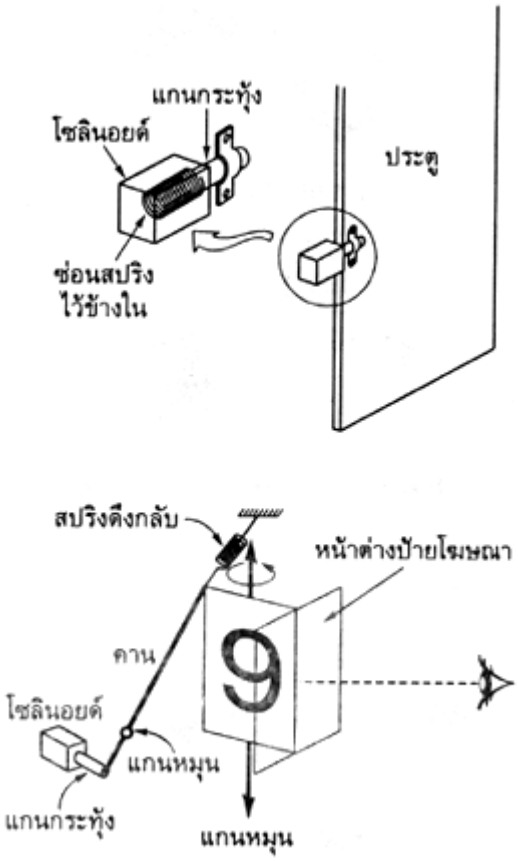
ขั้นตอนการเลือกใช้โซลินอยด์ ควรคำนึงถึงหลักใหญ่ ๆ ก่อนการนำไปใช้งานเพื่อให้ได้ตรงตามงานที่ต้องการอย่างแท้จริงจึงควรมีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1) แรงดันใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นไฟตรงหรือไฟสลับถ้าเป็นไฟสลับก็ต้องดูความถี่ใช้งานให้ตรงตามความต้องการด้วย

2) ช่วงชักใช้งาน (operating stroke) ของโซลินอยด์จะต้องเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าใด (ส่วนใหญ่จะกำหนดเป็นมิลลิเมตร)

3) ขนาดของโหลด ควรคำนวณว่าต้องใช้แรงขนาดเท่าใดซึ่งมักจะบอกขนาดเป็นกรัม

4) การใช้งานต่อเนื่องหรือไม่ การใช้งานต่อเนื่อง (continuous) หมายถึงผู้ใช้อาจจะใส่แรงดันไฟเข้าไปในขดลวดค้างไว้ได้เลย โดยขดลวดไม่ไหม้หรือเป็นแบบจังหวะ ๆ (intermitent duty) ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการนำไปใช้งานที่หลากหลายและตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนักไปใช้งานดังรูปที่ 2.9

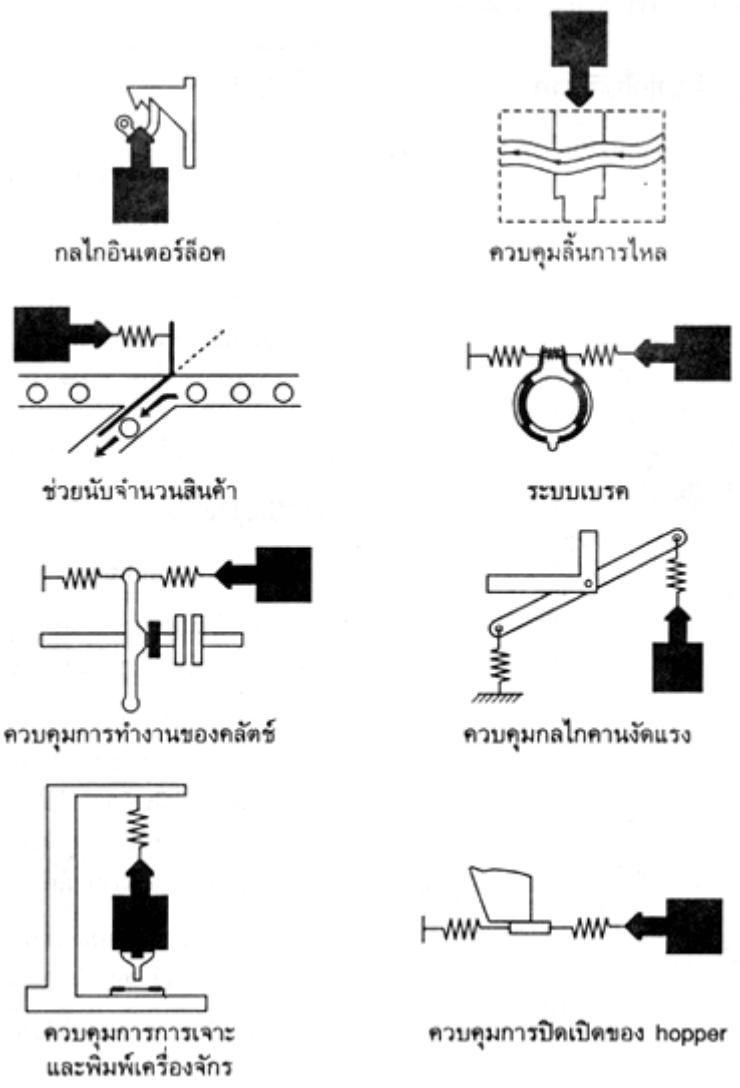


รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนักไปใช้งาน

แนวความคิดในการนำเอาโซลินอยด์ไปประยุกต์ใช้สำหรับโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนักนิยมใช้ทำเป็นกลอนล็อกประตู เมื่อมีแรงดันมาสัมผัสที่ขดลวดโซลินอยด์ก็จะดึงแกนกระทุ้งกลับเป็นการปลดล็อก ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1) ชู้ป้ายโฆษณา (display) ในกรณีนี้ถ้าโซลินอยด์ยังไม่ทำงาน สปริงจะดึงป้ายให้ตั้งฉากกับหน้าต่างป้ายทำให้มองไม่เห็นตัวหนังสือแต่ถ้าโซลินอยด์ได้รับแรงดันเข้ามาแกนกระทุ้งจะถูกดูดทำให้คานดีดงัดหน้าป้ายโฆษณาออกมาให้มองเห็นได้

2) ใช้กับกลไกของเล่นที่ทำด้วยอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น หุ่นยนต์ รถยนต์ และอื่น ๆ อีกมาก ซึ่งตัวอย่างการนำโซลินอยด์ไปประยุกต์ใช้แสดงได้ดังรูปที่ 2.10



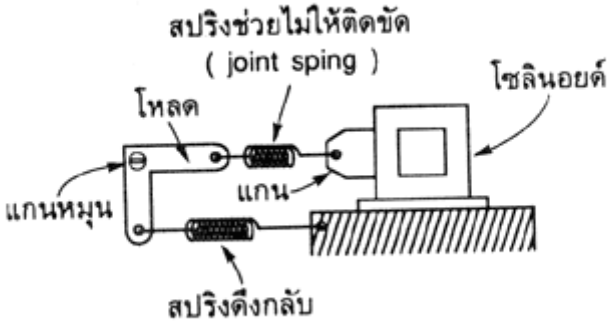
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมากไปใช้งาน

สำหรับโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมาก (เช่นในงานอุตสาหกรรม) ซึ่งประกอบด้วยกลไกอินเตอร์ ล็อกใช้กับพวกเครื่องหยอดเหรียญต่าง ๆ เครื่องเล่นทางอิเล็กทรอนิกส์ กระเดื่องทริปของเซอกิตเบรกเกอร์ ฯลฯ ควบคุมลิ้นของไหล ลิ้นปิดเปิดทางเดินของลม หรือน้ำมันในระบบนิวแมติกส์ และไฮโดรลิกส์ควบคุมลิ้นทิ้งน้ำของเครื่องซักผ้าช่วยในการนับจำนวนสินค้าโดยวงจรนับจะส่งแรงดันมาที่โซลินอยด์เป็นช่วงเวลาที่จะได้จำนวนตามต้องการ จากนั้นโซลินอยด์จะดูดและเบนทิศทางสินค้าไปลงหีบห่อตามจำนวนที่ถูกต้อง ระบบเบรกใช้ควบคุมระบบเบรกในเครื่องจักรกล เครื่องมือช่างไม้ ลิฟท์ รอก ฯลฯ ควบคุมการทำงานของคลัทช์โดยการดึงให้หน้าคลัทช์เข้ามาแตะกันเป็นการถ่ายทอดกำลังผ่านไปได้ ควบคุมกลไกคานงัดแรงในเครื่องมือสำนักงาน เครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องบันทึกสัญญาณควบคุมการเจาะและพิมพ์ของเครื่องจักรโดยการดัดแปลง

ติดตั้งหัวเจาะและพิมพ์เข้าบนแกนของโซลินอยด์ ควบคุมการปิดเปิดของฮอปเปอร์ (hopper- คล้ายกับปากกรวย มีหน้าที่เป็นทางไหลของวัตถุที่อยู่ในโซโล)

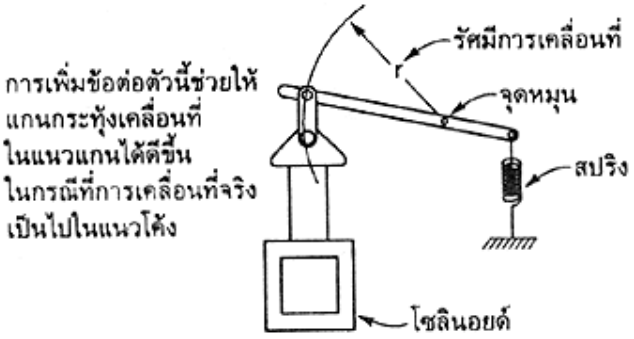
ข้อระวังในการใช้โซลินอยด์เพื่อให้อายุยืนยาวที่สุด

1) ถ้าคุณกำลังใช้โซลินอยด์ไฟสลับจะต้องทำกลไกให้มั่นใจได้ว่าโซลินอยด์จะดูดแกนเข้าเต็มที่ ถ้าไม่เช่นนั้นกระแสในโซลินอยด์จะสูงและเกิดความร้อนทำให้ขดลวดอาจจะไหม้ได้ การดัดแปลงแก้ไขก็จะกระทำกันดังรูปที่ 2.11 โดยถ้าเกิดมีการติดขัดด้านโหลดสปริงเชื่อมต่อ (joint spring) เพิ่มเติมนี้จะยืดตัวให้แกนเคลื่อนที่เข้าไปสุดได้



รูปที่ 2.11 การเพิ่มเติมสปริงเชื่อมต่อเพื่อให้แน่ใจว่าโซลินอยด์จะดูดได้เต็มที่กว่า

2) ควรทำให้แนวการเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้งอยู่ในแนวแกนเสมอในกรณีที่ การเคลื่อนที่จะเป็นส่วนโค้งก็อาจเพิ่มข้อต่อดังรูปที่ 2.12 เพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้งอยู่ในแนวแกนมากขึ้น



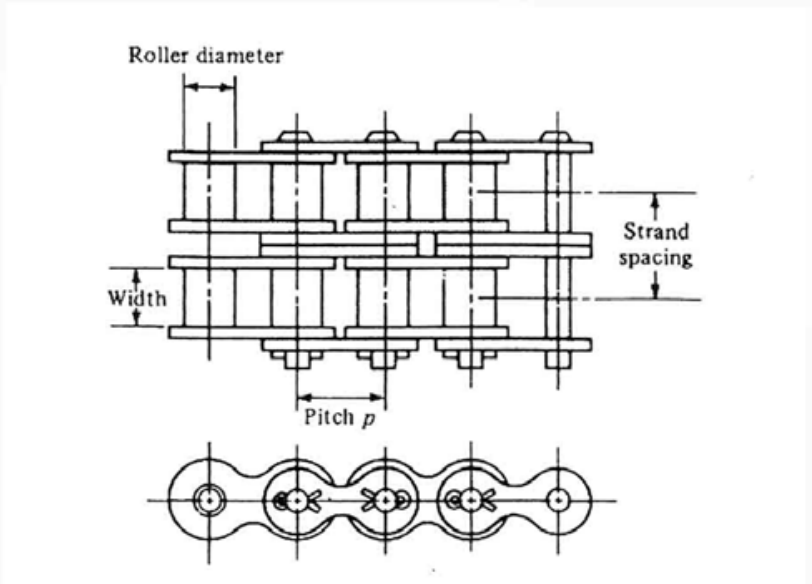
รูปที่ 2.12 การใช้ข้อต่อมาช่วยให้แกนกระทุ้งเคลื่อนที่อยู่ในแนวแกน

3) อย่าวางตำแหน่งโซลินอยด์อยู่ใกล้หรือติดกับสารแม่เหล็กเพราะอาจจะมีสนามแม่เหล็กส่วนหนึ่งรั่วไหลออกไปได้อันจะเป็นเหตุให้แรงดึงดูดลดลง ซึ่งควรแก้ไขโดยเพิ่มฉนวนแม่เหล็กแทรกเข้าไปด้วย

4) ต้องติดตั้งตัวถังของโซลินอยด์ให้แน่นหนา เนื่องจากโซลินอยด์เป็นตัวส่งกำลังทางกล ฉะนั้นเมื่อมีแรงกิริยาออกมาก็ย่อมต้องมีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นกับตัวถังของโซลินอยด์ ดังนั้นถ้ายึดไม่แน่นพอการใช้งานในระยะยาวอาจจะทำให้เกิดการสั่น หลุด หรือหลวมได้

2. กลไกการส่งกำลังด้วยโซ่ส่งกำลัง

โซ่ส่งกำลังประกอบด้วยแผ่นต่อเป็นข้อ ๆ ด้านในและด้านนอกยึดติดกันด้วยสลักและบูชโดยมีลูกกลิ้งสวมซ้อนอยู่กับบูชโดยลักษณะและการเรียกชื่อส่วนประกอบต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 2.13

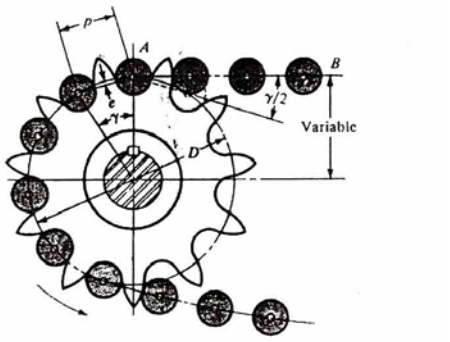


รูปที่ 2.13 ส่วนประกอบของโซ่ส่งกำลังแบบลูกกลิ้ง

สำหรับขนาดมาตรฐานของโซ่ส่งกำลังจะถูกกำหนดด้วยขนาด 4 ค่า คือ

- ระยะพิตช์ (Pitch) หมายถึง ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งแต่ละตัว
- ระยะกว้าง (Width) หมายถึง ช่องว่างระหว่างข้อต่อลูกกลิ้ง
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง (Roller diameter)
- ระยะมัลติเปิลสแตรน (Multiple-strand spacing) หมายถึงระยะที่วัดตามแนวแกน ของลูกกลิ้งจากจุดกึ่งกลางของลูกกลิ้งตัวหนึ่งไปยังจุดกึ่งกลางของลูกกลิ้งอีกตัวหนึ่ง

เมื่อโซ่เกิดการส่งกำลังจะเกิดการขบกันระหว่างลูกกลิ้งของโซ่ส่งกำลังและฟันเฟืองของโซ่ส่งกำลัง แสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ลักษณะการขบกันระหว่างข้อโซ่ส่งกำลังกับเฟืองโซ่

โดยปกติการออกแบบระบบส่งกำลังด้วยโซ่ที่กำหนดให้มีความเร็วขับปานกลางและความเร็วขับสูงจะต้องเลือกใช้เฟืองโซ่ตัวขับที่มีฟันไม่น้อยกว่า 17 ฟัน

การออกแบบระบบการส่งกำลังด้วยโซ่ส่งกำลังมีข้อได้เปรียบที่แตกต่างจากการส่งกำลังแบบอื่น ๆ ดังนี้

- สามารถส่งกำลังในระยะที่ห่างระหว่างเพลาขับกับเพลาตามได้มากกว่า
- อายุการใช้งานค่อนข้างสูง มีความแข็งแรงทนทาน
- ไม่เกิดการลื่นไถลหรือการยืดโก่งตัวขณะส่งกำลังจึงทำให้สามารถส่งกำลังได้ในอัตราทดที่คงที่แน่นอน
- สามารถใช้ส่งกำลังในที่ที่มีความชื้นและฝุ่นละอองได้
- สามารถส่งกำลังจากตัวส่งกำลังขับตั้งต้นตัวเดียวขับเพลาได้หลายตัวในเวลาเดียวกัน
- แรงดึงที่ใช้ในการส่งกำลังด้วยโซ่ส่งกำลังจะไม่สูงมากจึงช่วยลดภาระเบื้องต้นของตลับลูกปืนที่รองรับเพลามีผลให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนเพิ่มขึ้น
- ราคาถูกกว่าระบบส่งกำลังแบบอื่น ๆ

การคำนวณความยาวโซ่ที่ใช้สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2.1 ดังนี้

สูตร $$\frac{L}{p} = \frac{2e}{p} + \frac{N1+N2}{2} + \frac{(N2-N1)^2}{4\pi^2(\frac{e}{p})} \qquad (2.1)$$

L	คือ	ความยาวโซ่ (cm)
$\frac{L}{p}$	คือ	ความยาวของโซ่ (ข้อ)
p	คือ	ระยะ pitch (cm)

e คือ ค่า center distance

N_1 คือ จำนวนฟันของตัวขับเล็ก

N_2 คือ จำนวนฟันของตัวขับใหญ่

การคำนวณจำนวนฟันของเฟืองขับที่ใช้สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2.2 ดังนี้

สูตร $V = \frac{Npn}{12}$ (2.2)

V คือ ความเร็วโซ่ (mm/min)

N คือ จำนวนฟันขับ

p คือ ระยะ pitch (mm)

n คือ ความเร็วรอบของตัวขับ rpm

จากสูตรสามารถหาจำนวนฟันขับได้ เมื่อทราบความเร็วของโซ่

การคำนวณขนาดของเพลาขับที่ใช้สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2.3 ดังนี้

สูตร $V = \frac{\pi dn}{60}$ (2.3)

V คือ ความเร็วโซ่ (mm/s)

d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา

n คือ ความเร็วรอบของตัวขับ rpm

การคำนวณกำลังของมอเตอร์ที่ใช้สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2.4 ดังนี้

สูตร $P = \frac{2\pi TN}{60}$ (2.4)

N คือ รอบของมอเตอร์ rpm

T คือ แรงบิดมีค่าเท่ากับ F x r

F คือ น้ำหนัก (N)

r คือ รัศมีของเพลาขับ (m)

2.1.9 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economy)

เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เป็นเรื่องของการวิเคราะห์ทางเทคนิคควบคู่ไปกับการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อศึกษาสิ่งที่ดีที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะว่าความสำเร็จทางวิศวกรรมในการสร้างหรือทำสิ่งใด ๆ ที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงการใช้เงินลงทุนไปได้ ทำให้ต้องเกี่ยวข้องกับเศรษฐศาสตร์อยู่ตลอดเวลา

1. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break-Even Analysis)

การลงทุนทำสิ่งใด ๆ สิ่งที่ผู้ลงทุนทั่วไปคำนึงถึงเป็นอันดับแรกคือ มีความคุ้มทุนมากหรือน้อย ดังนั้นการลงทุนจึงต้องทราบถึงจุดคุ้มทุน โดยจุดคุ้มทุนเป็นจุดที่ยอดรวมรายได้เท่ากับยอดรวมรายจ่าย (ต้นทุน)

ยอดรวมรายได้ = ยอดรวมรายจ่าย (ต้นทุน)

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเกิดขึ้นได้ต้องมีการหาข้อมูลต้นทุน หลังจากได้ข้อมูลต้องจำแนกข้อมูลนั้น และคำนวณหาค่าที่จุดคุ้มทุนขั้นตอนโดยสรุปมีดังนี้

การรวบรวมข้อมูลด้านรายได้ รายได้เกิดจากการขายสินค้า มักแปรผันตรงกับปริมาณการขายความสัมพันธ์ระหว่าง รายได้ ปริมาณการขาย และราคาสินค้า หาได้ดังสมการที่ 2.5

$$R = pN \qquad (2.5)$$

โดยกำหนด R = รายได้ (บาท)

N = ปริมาณการขาย (ชิ้น)

p = ราคาสินค้าต่อหน่วย (บาท/ชิ้น)

ราคาสินค้ามีการเปลี่ยนแปลงตามสภาวะเศรษฐกิจ และอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราระหว่างประเทศ อุปสงค์ อุปทาน ยอดปริมาณการซื้อมากน้อยของลูกค้า ซื้อปริมาณมากอาจได้รับส่วนลดจากการซื้อมาก ซื้อปริมาณน้อยส่วนลดจากการซื้อย่อมได้ส่วนลดน้อย นอกจากนี้ยังอาจขึ้นกับ ระยะเวลาการจ่ายเงิน จ่ายเป็นเงินสด หรือเครดิตด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนราคาสินค้าอาจมีหลายราคาได้

การเก็บรวบรวมข้อมูลด้านค่าใช้จ่าย ข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายต้องจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

ต้นทุนคงที่ ต้นทุนส่วนนี้ไม่ได้ขึ้นกับปริมาณการขายหรือปริมาณการผลิต เป็นต้นทุนคงที่ เช่น ค่าเช่า ค่าเสื่อมราคา เงินเดือนผู้บริหาร ค่ารักษา ความปลอดภัย ค่าประกันภัยต่าง ๆ เป็นต้น

ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนส่วนนี้สัมพันธ์กับปริมาณการผลิตในลักษณะแปรผันตามปริมาณการผลิต ผลิตมากใช้มาก ผลิตน้อยใช้น้อย เช่นวัตถุดิบ ทางตรง ค่าแรงทางตรง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการผลิต ค่าซ่อมบำรุง ค่ากล่องบรรจุสินค้า เป็นต้น

ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับปริมาณการขาย เป็นดังสมการที่ 2.6

$$C = F + V \tag{2.6}$$

แต่ $V = Nv$

เพราะฉะนั้น $C = F + Nv$

โดยกำหนด
- C = ค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น (บาท)
- F = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)
- V = ค่าใช้จ่ายแปรผัน (บาท)
- N = ปริมาณการขาย (ชิ้น)
- V = ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย (บาท/ชิ้น)

2. การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์หาค่าจุดคุ้มทุนว่าอยู่ที่จุดใด ค่าใดต้องเริ่มต้นจากคำนิยามของคำว่าจุดคุ้มทุนที่ต้องการนั้นเอง แสดงดังสมการที่ 2.7

รายได้รวม = รายจ่ายรวม

ดังนั้น $R = C$

$$N^*p = F + N^*v$$

$$N^* = F / p - v \tag{2.7}$$

ค่า p – v มีชื่อเรียกว่า ส่วนผลได้ต่อหน่วย (Marginal Contribution) เป็นส่วนที่ราคาขายต่อหน่วยหักต้นทุนแปรผันต่อหน่วย รายได้ที่เหลือจากนั้นมีไว้จ่ายเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ เมื่อคำนวณหาค่า N* ได้ ผลลัพธ์ของ N* คือ จำนวนที่ทำให้เกิดจุดคุ้มทุนที่ต้องการนั่นเอง

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนด้วยวิธีสร้างแผนภูมิ (Break-Even Chart)

ขั้นที่ 1 ลากเส้นตรง 2 เส้นในแนวนอน (Horizontal Line) เป็นแนวแกน X กับลากเส้นใน แนวดิ่งหรือแนวตั้ง (Vertical Line) เป็นแกน Y ทั้งนี้กำหนดให้แกน X เป็นจำนวนหรือปริมาณ หน่วยผลิต ส่วนแกน Y กำหนดให้เป็นจำนวนเงินที่เป็นรายได้ ต้นทุนแปรผัน และต้นทุนคงที่

ขั้นที่ 2 ลากเส้นที่เป็นต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผันลงในแกน X-Y เนื่องจากต้นทุนคงที่มีค่าคงที่ไม่ได้แปรผันตามปริมาณการผลิต ดังนั้นเส้นที่ได้ในแผนภูมิจุดคุ้มทุนจึงขนานกับแกน X ส่วนต้นทุนที่เป็นต้นทุนแปรผันสามารถลากเส้นได้จากการรู้ความชัน (Slope) ของเส้น หากพิจารณาจากแผนภูมิจุดคุ้มทุน ความชันคือต้นทุนต่อหน่วย ในขั้นนี้สามารถลากเส้นต้นทุนได้ 2 เส้น คือ เส้นต้นทุนคงที่กับต้นทุนแปรผัน

ขั้นที่ 3 ลากเส้นรายได้ลงในแผนภูมิจุดคุ้มทุนด้วยความชันที่เป็นราคาต่อหน่วย

จุดตัดที่ได้ คือจุดคุ้มทุนที่กล่าวถึง เหนือจุดคุ้มทุนไปทางขวามือจะมีกำไรเกิดขึ้น ตรงข้ามจุดในตำแหน่งต่ำกว่าจุดคุ้มทุนทางซ้ายมือ จะเกิดการขาดทุน

3. ค่าเสื่อมราคา (Depreciation)

ค่าเสื่อมราคา หมายถึง ทรัพย์สินที่ลดมูลค่าตามกาลเวลาที่ผ่านไป หรือตามระยะเวลาการ ใช้งาน ทรัพย์สินนำมาคิดค่าเสื่อมราคา ควรมีลักษณะดังนี้

1) ต้องเป็นสิ่งที่ใช้ในทางธุรกิจหรือสร้างรายได้

2) มีอายุการใช้งานยาวนานมากกว่า 1 ปีขึ้นไป

3) ต้องเป็นสิ่งที่สึกหรอ ล้าสมัย หรือเสื่อมตามธรรมชาติ

4) ต้องไม่ใช้สินค้าคงคลัง สินค้าในสต๊อก หรือทรัพย์สินเพื่อการลงทุน

มูลค่าทางพาณิชย์ หมายถึง มูลค่าปัจจุบัน (Present Worth) ที่เจ้าของทรัพย์สินจะได้รับ ประโยชน์ (กำไร) ในอนาคตจากคุณสมบัติจำเพาะ (Particular Property) ของทรัพย์สินนั้น การวัดมูลค่าที่ใช้กันทั่วไปคือมูลค่าทางการตลาด (Market Value) อันหมายถึงผู้ซื้อและผู้ขายทั้ง 2 ฝ่ายพึงพอใจในเงื่อนไขข้อตกลงร่วมกันที่จะทำการแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน ทั้งนี้ผู้ซื้อมีความมั่นใจว่าราคาตลาดของสิ่งของที่ตนเองต้องการซื้อในมูลค่าปัจจุบันสามารถทำให้ตนเองได้รับกำไร ดอกเบี้ย หรือประโยชน์บางสิ่งที่ต้องการจากสิ่งที่ซื้อในอนาคต

ในการคิดค่าเสื่อมราคา มักนิยมนำเอามูลค่าทางการตลาดมาเป็นมูลค่าเริ่มต้นของการคิดค่าเสื่อมราคา ดังนั้นเมื่อมีการนำทรัพย์สินหรือเครื่องจักรมาใช้งานจะทำให้มูลค่าลดลง มูลค่านี้คือ มูลค่าการใช้งานนั่นเอง

จุดมุ่งหมายของการคิดค่าเสื่อมราคา คือต้องการถอนทุนที่ลงทุนไปกลับคืนมาแล้ว เนื่องจากค่าเสื่อมราคาเป็นทุนชนิดหนึ่งที่เกิดจากการนำทรัพย์สินไปใช้งานเช่นเดียวกับต้นทุนแรงงาน ต้นทุนวัตถุดิบ ค่าเสื่อมราคาจึงเป็นต้นทุนสินค้าตัวหนึ่งที่ต้องนำมาคิดหักออกจากรายได้ เพื่อใช้หาผลกำไรที่เกิดขึ้นอีกทั้งยังนำไปคิดหักลดหย่อนทางด้านภาษีและนำไปลงบันทึกข้อมูลทางบัญชี

การคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight Line Depreciation) เป็นการคิดค่าเสื่อมราคาด้วยการจัดสรรไว้เท่า ๆ กันตลอดอายุการใช้งาน วิธีนี้นิยมใช้ทั่วไปเพราะเข้าใจง่าย คำนวณง่าย มีสูตรคำนวณดังสมการที่ 2.8

$$d_k = (C - SVn)/N \qquad (2.8)$$

$$d_k^* = kd_k \qquad \text{เมื่อ } 1 \geq k \geq N$$

$$BV_k = C - d_k^*$$

โดยกำหนด d_k = ค่าเสื่อมราคาแบบรายปี ปีที่ k (บาท)

d_k^* = ค่าเสื่อมราคาสะสมจนถึงปีที่ k (บาท)

BV_k = มูลค่าทางบัญชีปลายปีที่ k (บาท)

C = มูลค่าเริ่มต้น (บาท)

SV_N = มูลค่าซากเมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน (บาท)

N = อายุการใช้งาน (ปี)

4. การคำนวณค่าไฟฟ้า

การคำนวณค่าไฟฟ้าหลักสำคัญจะต้องรู้ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าและอัตราค่าไฟฟ้า ซึ่งแต่ละประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้ามีอัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันออกไป แต่หลักการในการคิดค่าไฟฟ้านั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกันและอาจต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าเฉพาะอัตราปกติของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 ได้แก่ บ้านเรือนที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นสถานที่ตั้งของกรณีศึกษากลุ่มแม่บ้านสตรีผลิตภัณฑ์ตาลโตนด บ้านคลองฉนวน ต.ชุมพล อ.สทิงพระ จ.สงขลา โดยการคิดคำนวณเป็นอัตราจำนวนหน่วยปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าจากปริมาณกระแสไฟฟ้า ซึ่งจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2.9 เมื่อทำการคำนวณจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าได้แล้วจึงนำไปคำนวณค่าไฟฟ้าด้วยโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้า

หน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อเดือน = (จำนวนวัตต์ x จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อเดือน)/1000 (2.9)

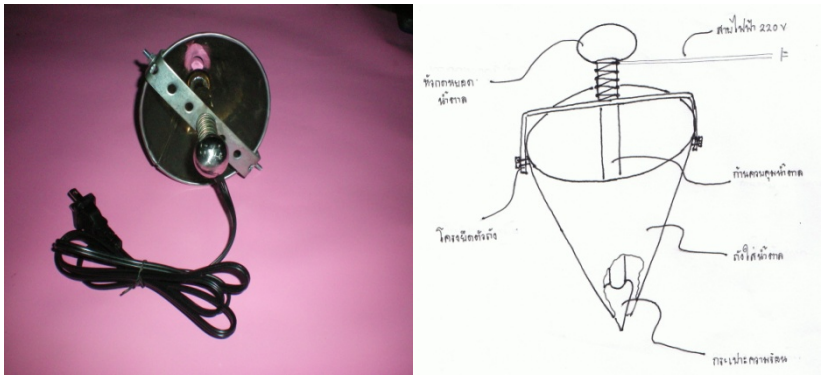
จากทฤษฎีที่ได้กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นเป็นส่วนหนึ่งซึ่งจะนำไปสู่การคิดวิเคราะห์เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น ด้วยการนำเครื่องจักรที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นไปใช้แก้ไขปัญหาด้านกำลังการผลิตของน้ำตาลแว่น และเพื่อคงไว้ซึ่งภูมิปัญญาชาวบ้านของชุมชนสืบต่อไป

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยหยอดน้ำตาลแว่นอย่างง่าย เป็นเครื่องที่มีความสะดวกและประหยัดเวลา เนื่องจากมีขดลวดความร้อนทำหน้าที่ช่วยอุ่นป้องกันน้ำตาลที่เตรียมไว้จะแข็งตัวก่อนที่จะนำไปหยอดลงในแว่นที่เตรียมไว้และสามารถหยอดได้ครั้งละมากๆ โดยไม่ต้องตักน้ำตาลที่เตรียมไว้บ่อย ๆ เพราะแบบดั้งเดิมจะต้องเสียเวลาในการตักน้ำตาลเหลวเพื่อนำมาหยอดลงแว่น จึงทำให้มีการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการหยอดน้ำตาลแว่น เพื่อสนับสนุนสินค้า OTOP ของชุมชน ต.ชุมพล อ.สทิงพระ จ.สงขลา สามารถใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว ประหยัดเวลาในการทำงานและสามารถหยอดได้ดีกับขนาดของน้ำตาลแว่นที่มีขนาดใหญ่และขนาดกลาง ซึ่งมีวิธีการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยหยอดน้ำตาลแว่นดังนี้

1. ศึกษาวิธีการทำน้ำตาลแว่นแบบเก่าและปัญหาที่เกิดขึ้น
2. ศึกษาความหนืดของน้ำตาลแว่นขณะที่ไหลลงสู่ที่รองรับ
3. ทำการทดลองหยอดน้ำตาลแว่นกับอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น
4. ทำการปรับปรุงหัวหยอดและกลไกเปิด–ปิด ให้ตรงกับการทดลองที่ได้
5. การวิเคราะห์ข้อมูลอุปกรณ์ช่วยหยอดน้ำตาลแว่น โดยที่ขณะหยอดต้องคำนึงถึงขนาดของหัวหยอดกับระยะห่างระหว่างหัวหยอดกับแว่นที่รองรับน้ำตาล อีกทั้งต้องคำนึงถึงความหนืดของน้ำตาลที่เหมาะสมเพื่อให้การหยอดที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งทางคณะผู้จัดทำจะต้องทำการปรับปรุงและวิจัยต่อ เพื่อจะให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นกว่าเดิม

เครื่องหยอดนี้ใช้งานได้ง่าย ไม่มีกลไกที่ซับซ้อน มีความปลอดภัยและสามารถซ่อมบำรุงได้ง่ายดังแสดงในรูปที่ 2.15 ตัวเครื่องเป็นกรวยสแตนเลสสูง 20 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร บรรจุน้ำตาลโตนดเหลวแล้วต่อเข้ากับอุปกรณ์ให้ความร้อน จากนั้นกดปุ่มที่ใช้หลักการของสปริงเพื่อเปิด–ปิด ให้น้ำตาลโตนดเหลวไหลเข้าไปภายในแว่นแต่ละแว่น ทั้งนี้อุปกรณ์ให้ความร้อนจะทำงานตลอดเวลา และการหยอดจะใช้แรงงานคนในการหยอดซึ่งหยอดได้ประมาณ 35 แว่นต่อหนึ่งนาที แต่ยังคงมีข้อเสียในด้านของการเพิ่มกำลังการผลิตยังคงไม่เพียงพอต่อความต้องการของท้องตลาด อีกทั้งผู้ใช้งานอุปกรณ์ชนิดนี้ยังคงต้องเกิดความเมื่อยล้าในขณะทำงานอีกด้วย (กษม ศิริวงศ์ศาล และอับบาส หมัดหมัน, 2550)



รูปที่ 2.15 ภาพจริงและแบบร่างของอุปกรณ์ช่วยหยอดน้ำตาลแว่น
ที่มา : กษม ศิริวงศ์ศาล และอับบาส มัดหมัน, 2550

งานวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดขนมคุกกี้อัตโนมัตินี้เป็นการศึกษาเพื่อให้สามารถหยอดแป้งคุกกี้ได้สะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งโครงสร้างหลัก ๆ ของเครื่องแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของซอฟท์แวร์ โดยส่วนของฮาร์ดแวร์ประกอบไปด้วยส่วนหลัก ๆ คือ ชุดขับเคลื่อนแกน X และ Y โดยทั้งสองแกนนี้มีการทำงานเหมือนกัน คือทำหน้าที่ขับเคลื่อนชุดหยอดแป้งโดยอาศัยการขับตรงจากมอเตอร์และส่วนต่อมา คือชุดยกกระบอกหยอดแป้งให้ขึ้นลงโดยใช้ชุดเฟืองทดเพื่อที่จะสามารถยกกระบอกแป้งที่มีน้ำหนักมาก ๆ ได้ ในส่วนของซอฟท์แวร์ประกอบด้วยสองส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนของชุดบอร์ดขับมอเตอร์ ทำหน้าที่ขับมอเตอร์ทุกตัวโดยรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่รับค่าจากคอมพิวเตอร์โดยทำการเขียนโปรแกรมสั่งงานด้วยภาษา C แล้วส่งค่าไปยังบอร์ดขับมอเตอร์เพื่อขับมอเตอร์ไปตามทิศทางที่ได้กำหนดไว้ (ภูมิ ทิพย์มณฑา และเสธ์ เพชรสุภา, 2548)

งานวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดน้ำตาลมะพร้าว มะพร้าวเป็นพืชทางด้านเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งมีการปลูกมะพร้าวเป็นจำนวนมากกว่า 3,896 ไร่ ส่วนประกอบของมะพร้าวสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง น้ำตาลมะพร้าวก็เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมะพร้าวซึ่งเป็นที่รู้จักและได้รับความนิยม อีกทั้งในปัจจุบันชุมชนมีศักยภาพในการพัฒนาน้ำตาลมะพร้าวให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น แต่ชุมชนยังไม่มีเทคโนโลยีเพียงพอที่จะพัฒนาไปเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน จึงเกิดแนวคิดที่จะสร้างเครื่องจักรที่สามารถหยอดน้ำตาลมะพร้าวให้ได้น้ำหนักและขนาดที่ใกล้เคียงกันทุกก้อน มีการทำงานที่รวดเร็วต่อเนื่องและปลอดภัย การออกแบบได้ใช้ทฤษฎีการออกแบบเครื่องจักร การควบคุมแบบอัตโนมัติและระบบนิวเมติกส์มาประยุกต์โดยออกแบบให้โต๊ะทำงานนั้นมีลักษณะเป็น

จานกลมสามารถหมุนได้เป็นจังหวะ ๆ อาศัยหลักการของจานแบ่งและกลไกของ Ratchet (เฟืองซึ่งมีสปริงสับทำให้หมุนไปทางเดียว) เป็นตัวทำให้เกิดการหมุนเป็นจังหวะ ๆ เพื่อให้สามารถหยอดน้ำตาลมะพร้าวลงพิมพ์ที่วางอยู่รอบโต๊ะได้ ชุดกดน้ำตาลมะพร้าวและชุดขับเคลื่อนกลไก Ratchet จะใช้ระบบต้นกำลังขับทั้งหมดเป็นระบบนิวเมติกส์เพื่อบังคับตำแหน่งในการหยอดน้ำตาลด้วยลูกปืนและล็อคตำแหน่งด้วยแรงดันของสปริง การควบคุมลำดับการทำงานของเครื่องจะใช้วงจรรีเลย์ การทำงานของเครื่องหยอดน้ำตาลมะพร้าวที่ได้วางไว้ คือภายใน 1 นาที สามารถที่จะหยอดน้ำตาลมะพร้าวได้จำนวน 20 ก้อน น้ำหนักต่อก้อนเท่ากับ 25±3 กรัม และถังบรรจุน้ำตาลมะพร้าวสามารถบรรจุน้ำตาลมะพร้าวได้ 15 กิโลกรัม ซึ่งจากการทดสอบการใช้เครื่องพบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ (เฉลิมชนม์ สงวนศักดิ์ภักดี และณรงค์วิทย์ ตั้งศิริเศรษฐ, 2545)

งานวิจัยปรับปรุงและพัฒนาเครื่องหยอดน้ำตาลมะพร้าว เกิดจากคณะผู้จัดทำได้มีแนวคิดที่จะสร้างและพัฒนาเครื่องหยอดน้ำตาลมะพร้าวให้สามารถหยอดน้ำตาลมะพร้าวโดยมีน้ำหนักและขนาดเท่ากันทุก ๆ ก้อน เครื่องมีการทำงานที่รวดเร็วต่อเนื่อง อีกทั้งเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์และช่วยให้สามารถผลิตน้ำตาลก้อนได้มากขึ้นส่งผลให้มีรายได้เพิ่มขึ้น เครื่องหยอดน้ำตาลมะพร้าวที่พัฒนาและสร้างขึ้นใหม่มีส่วนประกอบหลัก คือ ส่วนที่เป็นแผ่น Plate ดันน้ำตาลลงสู่แบบพิมพ์ โดยมีมอเตอร์เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนและมีแผ่นเปิด–ปิด รูไหลน้ำตาลเป็นตัวควบคุมขนาดและปริมาณของน้ำตาล และได้ออกแบบให้มีรอบการทำงาน คือ 30 วินาทีต่อ 19 ถ้วย แต่ละถ้วยบรรจุน้ำตาลได้ 50±5 กรัม โดยเมื่อหยอดจริงได้ค่าเฉลี่ยทั้ง 19 ถ้วย อยู่ที่ 48.01 กรัม ต่อถ้วย ดังนั้น 1 นาทีสามารถหยอดได้ 1.824 กิโลกรัม ทั้งนี้งานวิจัยเครื่องหยอดน้ำตาลมะพร้าวที่ได้ปรับปรุงและพัฒนาขึ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตในการผลิตน้ำตาลมะพร้าวเป็นก้อนโดยต้องการให้มีมาตรฐานสูงกว่าเครื่องแบบเดิม และสามารถนำเครื่องมาใช้ในอุตสาหกรรมขนาดย่อม (SMEs) ต่อไปได้ (นัฐวุฒิ เมฆสุข และบดินทร์ ทัพซ้าย, 2548)

งานวิจัยเครื่องหยอดขนมตะโก้ ปัจจุบันขนมตะโก้นับว่าเป็นขนมไทยอีกชนิดหนึ่งที่คนนิยมบริโภค การผลิตขนมตะโก้เพื่อการจำหน่ายนั้นยังมีขั้นตอนที่ต้องใช้เวลานานอีกทั้งต้องใช้แรงงานคนมากด้วย ซึ่งกระบวนการหยอดขนมตะโก้นั้นเป็นกระบวนการหนึ่งที่ต้องเสียเวลามาก ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างเครื่องหยอดขนมตะโก้เพื่อช่วยประหยัดเวลาในการทำงาน ทั้งยังเพิ่มคุณภาพให้กับขนมตะโก้อีกด้วย เครื่องหยอดขนมตะโก้อาศัยทฤษฎีเครื่องบรรจุขนมตะโก้ประยุกต์เข้ากับหลักการของสกรูขนถ่ายแนวดิ่งและอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกเพื่อช่วยในการหยอด โดยใช้ระยะพิชิตของสกรูขนถ่ายในการวัดปริมาตร ซึ่งควบคุมการหยอดด้วยสเต็ปมอเตอร์การทำงานจะเป็นลำดับขั้นตอนที่สัมพันธ์กันทั้งระบบ กล่าวคือเมื่อสายพานได้ลำเลียงกระทงใบเตยเข้ามาถึงตำแหน่งของถังตัววุ้นตะโก้ ตัววุ้นตะโก้จะถูกหยอดใส่กระทงใบเตยจากนั้นสายพานก็จะลำเลียงกระทงใบเตยที่หยอดตัววุ้นตะโก้แล้วไปยังตำแหน่งของถังหน้ากะทิ ต่อมาหน้ากะทิจะถูกหยอดลง

บนตัวตะโก้เป็นอันเสร็จหนึ่งกระทง โดยกำหนดอัตรากำลังการผลิตไว้ภายในเวลา 1 ชั่วโมงจะสามารถหยอดขนมตะโก้ได้ 500 กระทง ซึ่งผลการทดสอบพบว่าภายใน 1 ชั่วโมง เครื่องหยอดขนมตะโก้สามารถหยอดได้ 873 กระทง (เกษรินทร์ สุทธิวาร, พงศกร บรรณสาร และวีระยุทธ ดวงจินดา, 2548)

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องข้างต้น สามารถนำข้อมูลที่ได้รับทั้งทางด้านของภาพรวมของกลไกเครื่องจักรต่าง ๆ และลักษณะการทำงานของเครื่องโดยมีการนำระบบการลำเลียงด้วยสายพาน ระบบสกรูขนถ่าย ระบบนิวเมติกส์ การใช้งานสเต็ปมอเตอร์ รวมไปถึงการนำระบบอัตโนมัติเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความสะดวกรวดเร็ว ความเป็นมาตรฐานด้านเวลาในการผลิต ตลอดจนเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการผลิตให้กับผลิตผลที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร

บทที่ 3

การเก็บรวบรวมข้อมูล และการออกแบบเครื่อง

เนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย ส่วนของการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำตาลแว่น นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไข จากนั้นจึงทำการออกแบบเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นตั้งแต่การออกแบบระบบการทำงาน จนถึงการออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำตาลแว่น

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำตาลแว่นของกลุ่มแม่บ้านสตรีผลิตภัณฑ์ตาลโตนด บ้านคลองฉนวน ต.ชุมพล อ.สทิงพระ จ.สงขลา สามารถรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ได้ดังนี้

3.1.1 ข้อมูลการผลิตน้ำตาลแว่น

การผลิตน้ำตาลแว่นมีข้อมูลที่สำคัญ 2 ส่วน คือข้อมูลด้านวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลแว่นและข้อมูลด้านกระบวนการผลิตน้ำตาลแว่น ซึ่งทั้ง 2 ส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลแว่น

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลแว่นที่สำคัญ คือน้ำผึ้งเหลวจากน้ำตาลโตนด และแว่นจากใบตาลโตนด น้ำผึ้งเหลวจากน้ำตาลโตนดมีลักษณะเป็นของเหลวข้น สีน้ำตาลเข้ม ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ในกรณีศึกษามีการรับวัตถุดิบโดยเฉลี่ย 20.34 ลิตรต่อวัน การคิดค่าใช้จ่ายจะมีการคิดราคาต่อปี๊บ โดยมีราคาปี๊บละ 800–900 บาท (1 ปี๊บ = 20 ลิตร = 20 กิโลกรัม) ส่วนแว่นจากใบตาลโตนดมีลักษณะเป็นวงกลม ทำจากใบตาลโตนด ดังแสดงในรูปที่ 3.2 อัตราการรับซื้อแว่น คือ 1,000 แว่น ราคา 12 บาท แบ่งออกเป็น 2 ขนาดคือ

(1) แว่นขนาดเล็ก (เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.77 เซนติเมตร) ปริมาณการรับเฉลี่ยวันละ 27,660 แว่น (รับได้ไม่จำกัดตามความสามารถของเกษตรกร)

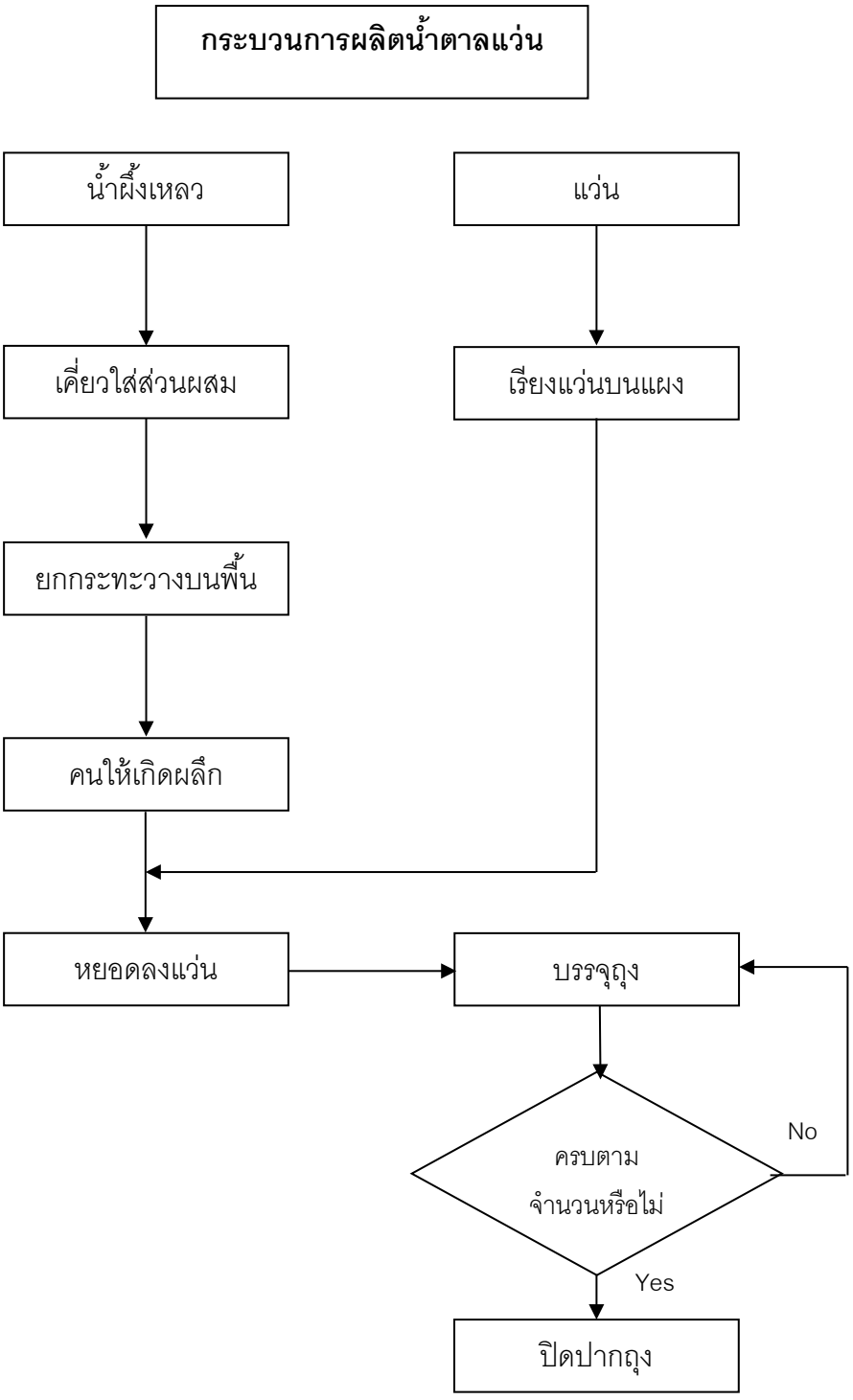
(2) แว่นขนาดกลาง (เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 2.58 เซนติเมตร) ปริมาณการรับเฉลี่ยวันละ 15,300 แว่น (รับได้ไม่จำกัดตามความสามารถของเกษตรกร)

รูปที่ 3.1 น้ำผึ้งเหลวจากน้ำตาลโตนด

รูปที่ 3.2 แว่นจากใบตาลโตนด

2 กระบวนการผลิตน้ำตาลแว่น

กระบวนการผลิตน้ำตาลแว่น ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอนด้วยกัน คือ การเคี่ยวใส่ส่วนผสม การคนให้เกิดผลึก การหยอดลงแว่น และการบรรจุถุง ซึ่งลำดับขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิตน้ำตาลแว่นได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตน้ำตาลแว่น

ขั้นตอนการทำน้ำตาลแว่น สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

1. เคี่ยวใส่ส่วนผสม เป็นการนำน้ำผึ้งเหลว 3 ลิตร (3 กิโลกรัม) เคี่ยวในกระทะ จากนั้นใส่ส่วนผสมต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ น้ำตาลทราย 5 กิโลกรัม และน้ำ 6 ลิตร (6 กิโลกรัม) เคี่ยวตั้งไฟ

เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้น้ำตาลทรายเกิดการหลอมละลายรวมกับน้ำผึ้งเหลวกลายเป็นสารละลายเนื้อผสม ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และในระหว่างที่มีการเคี่ยวน้ำผึ้งเหลวก็จะมีการเรียงแว่นเตรียมไว้ในแผงไม้ไผ่ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยการเรียงแว่นจะเป็นการนำแว่นที่ทำจากใบตาลโตนดวางเรียงในแผงให้เป็นแนวจนเต็มแผง โดยแว่นเล็กสามารถเรียงแว่นได้แผงละ 1,550-1,650 แว่น และแว่นกลางแผงละ 960–1,020 แว่น รูปแบบการเรียงแว่นนั้นขึ้นอยู่กับความชำนาญของแต่ละคน

รูปที่ 3.4 การเคี่ยวน้ำผึ้งเหลวพร้อมส่วนผสม

รูปที่ 3.5 การเรียงแว่นในแผง

(2) ยกกระทะวางบนพื้น เป็นการนำน้ำตาลที่ผ่านการเคี่ยวใส่ส่วนผสมแล้ววางบนพื้นเพื่อให้อุณหภูมิของน้ำตาลที่เคี่ยวเสร็จลดลงและสะดวกต่อการคนให้เกิดผลึกในขั้นตอนต่อไปดังแสดงในรูปที่ 3.6

(3) คนให้เกิดผลึก ซึ่งจะคนด้วยไม้พายเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้น้ำตาลตกผลึกบางส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3.7 จากการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ทั้งก่อนคนและหลังคน 5 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิก่อนคนเป็น 111 °C และหลังคนเป็น 107 °C ระหว่างการคนน้ำตาลเริ่มที่

จะจับตัวผสานกันไม่ไหลเยิ้มเกิดความเหนียวมากยิ่งขึ้น ทั้งยังทำให้การแข็งตัวเกิดได้รวดเร็วยิ่งขึ้นอีกด้วย (น้ำตาลโตนดเป็นน้ำตาลที่ไม่มีการตกผลึก แต่น้ำตาลทรายที่ผสมเข้าไปจะทำให้เกิดการตกผลึกผสานตัวเกาะกันได้ดียิ่งขึ้น)

(4) หยอดลงแว่น เป็นการนำน้ำตาลที่ผ่านการคนให้เกิดผลึกจนกลายเป็นน้ำตาลเหนียวเข้มข้นแล้วหยอดลงไปในแว่นบนแผงที่เตรียมไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 และจะต้องอุ่นกระทะด้วยเตาแก๊สให้ร้อนตลอดเวลาเพื่อไม่ให้น้ำตาลแข็งตัวกลายเป็นก้อนติดในกระทะ อุณหภูมิในการอุ่นคงที่ 107 °C โดยน้ำตาลที่ผ่านการคนให้เกิดผลึก 1 กระทะจะหยอดน้ำตาลแว่นขนาดเล็กได้ 5,450 แว่น และหยอดน้ำตาลแว่นขนาดกลางได้ 2,448 แว่น จากการชั่งน้ำหนักของน้ำตาลแว่นแว่นเล็กจำนวน 50 แว่น แว่นใหญ่จำนวน 50 แว่น พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของแว่นเล็กอยู่ที่ 2.24 กรัม และน้ำหนักเฉลี่ยของแว่นกลางอยู่ที่ 5.02 กรัม

(5) บรรจุถุง เป็นการนำน้ำตาลแว่นที่แห้งและแข็งตัวแล้วบรรจุถุงตามความต้องการของท้องตลาดเพื่อนำไปจำหน่ายต่อไปดังแสดงในรูปที่ 3.9 โดยแว่นเล็กบรรจุถุงละ 100 แว่น น้ำหนัก 220 กรัม และแว่นกลางบรรจุถุงละ 40 แว่น น้ำหนัก 200 กรัม

รูปที่ 3.6 การคนน้ำตาลในกระทะบนพื้น

รูปที่ 3.7 การคนน้ำตาลให้เกิดผลึก

รูปที่ 3.8 การหยอดน้ำตาลลงแว่น

รูปที่ 3.9 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลแว่นบรรจุถุง

3.1.2 ข้อมูลเวลาและกำลังการผลิตน้ำตาลแว่น

จากการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตน้ำตาลแว่นนั้น กำลังการผลิตในขั้นตอนการผลิตหลัก ๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กำลังการผลิตต่อคนในหนึ่งรอบการผลิตน้ำตาลแว่น

ขั้นตอนการผลิต	**ปริมาณการผลิต (1 กระทะ)**	**ผู้ผลิต (คน)**	**ระยะเวลา (นาที)**	**กำลังการผลิตต่อคน (kg / นาที)**
1. เคี่ยวน้ำผึ้งเหลวใส่ส่วนผสม	14 kg	1	30	0.47 kg / นาที
2. คนให้น้ำตาลเกิดผลึก	12 kg	1	5	2.4 kg / นาที

ตารางที่ 3.1 กำลังการผลิตต่อคนในหนึ่งรอบการผลิตน้ำตาลแว่น (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	ปริมาณการผลิต (1 กระทะ)	ผู้ผลิต (คน)	ระยะเวลา (นาที)	กำลังการผลิตต่อคน (kg / นาที)
3. เรียงแว่น				
แว่นเล็ก	5,450 แว่น	3	45	40.37 แว่น / นาที
แว่นกลาง	2,448 แว่น	3	30	27.2 แว่น / นาที
4. หยอดลงแว่น				
แว่นเล็ก	12 kg	4	200	0.015 kg / นาที
แว่นกลาง	12 kg	4	150	0.02 kg / นาที
5. บรรจุถุง				
แว่นเล็ก	12 kg (55 ถุง)	1	110	0.11 kg / นาที
แว่นกลาง	12 kg (60 ถุง)	1	90	0.13 kg / นาที

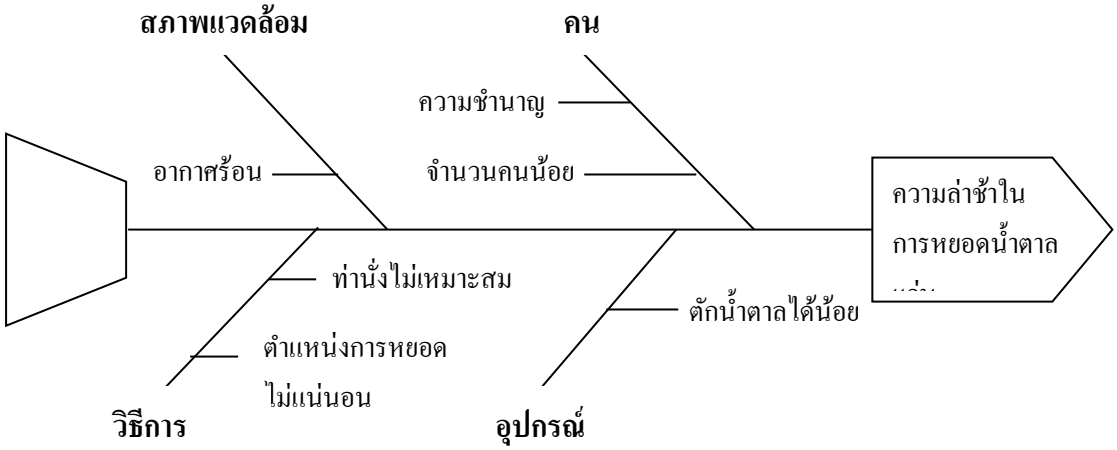
*** หนึ่งรอบการผลิต คือ การเคี่ยวน้ำผึ้งเหลวใส่ส่วนผสมแล้ว 1 กระทะ จนกระทั่งบรรจุถุงจำหน่าย

ในการผลิตน้ำตาลแว่นซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก จากการศึกษาในแต่ละขั้นตอนการผลิตพบว่าขั้นตอนการเคี่ยวน้ำผึ้งเหลวใส่ส่วนผสม 1 กระทะผลิตได้ 14 กิโลกรัม ใช้เวลา 30 นาที ใช้คน 1 คนในการเคี่ยว กำลังการผลิตต่อคนในขั้นตอนนี้จึงมีค่าเป็น $\frac{14}{30}$ = 0.47 กิโลกรัมต่อนาที ในขั้นตอนการคนน้ำตาลให้เกิดผลึก 1 กระทะผลิตได้ 12 กิโลกรัม ใช้เวลา 5 นาที ใช้คน 1 คน กำลังการผลิตต่อคนในขั้นตอนนี้จึงมีค่าเป็น $\frac{12}{5}$ = 2.4 กิโลกรัมต่อนาที ในขั้นตอนการเรียงแว่น 1 รอบการผลิต ผลิตได้ 5,450 แว่นสำหรับแว่นเล็ก และ 2,448 แว่นสำหรับแว่นกลางใช้เวลา 45 นาทีสำหรับแว่นเล็ก และ 30 นาทีสำหรับแว่นกลาง ใช้คน 3 คน กำลังการผลิตต่อคนในขั้นตอนนี้จึงเป็น $\frac{5,450}{45(3)}$ = 40.37 แว่นต่อนาทีสำหรับแว่นเล็ก และสำหรับแว่นกลางเป็น $\frac{2,448}{30(3)}$ = 27.2 แว่นต่อนาที ในขั้นตอนการหยอดลงแว่น 1 กระทะผลิตได้ 12 กิโลกรัม แว่นเล็กใช้เวลา 200 นาที แว่นกลางใช้เวลา 150 นาที ใช้คน 4 คนในการหยอด กำลังการผลิตต่อคนในขั้นตอนนี้จึงเป็น $\frac{12}{200(4)}$ = 0.015 กิโลกรัมต่อนาทีสำหรับแว่นเล็ก และสำหรับแว่นกลางเป็น $\frac{12}{150(4)}$ = 0.02 กิโลกรัมต่อนาที ในขั้นตอนการบรรจุถุง 1 รอบการผลิต ผลิตได้ 12 กิโลกรัม ใช้เวลา 110 นาทีสำหรับแว่นเล็ก 90 นาทีสำหรับแว่นกลาง ใช้คน 1 คนในการบรรจุถุง กำลังการผลิตในขั้นตอนนี้จึงเป็น $\frac{12}{110}$ = 0.11 กิโลกรัมต่อนาทีสำหรับแว่นเล็ก และสำหรับแว่นกลางเป็น $\frac{12}{90}$ = 0.13 กิโลกรัมต่อนาที จาก

การคำนวณพบว่าขั้นตอนการหยอดลงแว่นมีกำลังการผลิตต่ำสุด ใช้คนและใช้เวลาในการผลิตมากที่สุด จึงได้มีการศึกษาถึงสาเหตุของความล่าช้าในขั้นตอนนี้ในหัวข้อถัดไป

3.2 การวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่ากำลังการผลิตน้ำตาลแว่นในแต่ละรอบการผลิต ขั้นตอนการหยอดน้ำตาลลงแว่นเป็นขั้นตอนที่มีกำลังการผลิตต่ำสุด กำลังการผลิตน้ำตาลแว่นจึงขึ้นอยู่กับขั้นตอนการหยอดน้ำตาลแว่นเป็นส่วนใหญ่ วิจัยจึงได้นำขั้นตอนการหยอดน้ำตาลแว่นมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้วิธีผังก้างปลามาวิเคราะห์ ซึ่งสาเหตุที่พบในขั้นตอนการหยอดน้ำตาลแว่นแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการหยอดน้ำตาลแว่น

จากผังก้างปลาแสดงสาเหตุของปัญหาในกระบวนการหยอดน้ำตาลแว่น สามารถอธิบายสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดปัญหา ได้ดังนี้

1. คน ในการหยอดน้ำตาลแว่นนั้น ความชำนาญของผู้หยอดน้ำตาลแว่นมีผลต่อความเร็วในการหยอดน้ำตาลแว่น โดยผู้ที่มีประสบการณ์และความชำนาญมากจะสามารถหยอดน้ำตาลแว่นได้เร็ว ส่วนผู้ที่มีประสบการณ์และความชำนาญน้อยจะหยอดน้ำตาลแว่นได้ช้ากว่า จำนวนคนมีผลต่อความเร็วในการหยอดน้ำตาล คือ จำนวนคนน้อยแต่มีพื้นที่ในการหยอดของแต่ละคนมาก จึงต้องเอื้อมมือไปหยอดในตำแหน่งที่ไกลตัวทำให้เกิดความล่าช้าในการหยอดได้

2. สภาพแวดล้อม ในการหยอดน้ำตาลแว่นต้องมีการให้ความร้อนกับน้ำผึ้งเหลวตลอดเวลา เพื่อไม่ให้น้ำผึ้งเหลวแข็งตัว การทำงานจึงต้องนั่งทำงานใกล้กับกระทะซึ่งอุณหภูมิ

บริเวณที่ทำงานอยู่ที่ 39–40 °C อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นของบริเวณทำงานนี้จึงเป็นอุปสรรคต่อการทำงานเพราะจะทำให้เกิดความล้าได้ง่าย เมื่อคนเกิดความล้าในการทำงานทำให้ความเร็วในการทำงานลดลงส่งผลให้กำลังการผลิตช้าลง

3. วิธีการทำงาน ในการหยอดน้ำตาลแว่นนั้นต้องใช้เวลานานและนั่งหยอดอยู่กับที่เดิมตลอดเวลา ทำให้มีความยากลำบากในการหยอดลงแว่นที่อยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากที่นั่ง อีกทั้งลำดับการหยอดของแต่ละคนนั้นยังมีความแตกต่างกันตามความชำนาญ บางคนมีความชำนาญในการหยอดเป็นแนว บางคนมีความชำนาญในการหยอดเป็นกลุ่มอาจทำให้เกิดความสับสนในการหยอดได้

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการหยอดน้ำตาลแว่นนั้นมีเพียงสองชิ้น คือไม้พายที่ใช้ในการตักน้ำผึ้งเหลวจากกระทะและไม้เกียดใช้ในการปาดน้ำตาลลงแว่น การตักน้ำผึ้งเหลวเพื่อนำไปหยอดนั้นจะมีการตักโดยใช้ไม้พายคนในกระทะแล้วยกขึ้นมาส่งผลให้น้ำผึ้งเหลวติดไม้พายขึ้นมา จากนั้นใช้ไม้เกียดปาดน้ำผึ้งเหลวลงสู่แว่นที่ได้จัดเรียงไว้โดยในการตักแต่ละครั้งจะหยอดได้เพียง 2–3 แว่นเท่านั้น และเมื่อหยอดเป็นเวลานาน ๆ น้ำผึ้งเหลวจะแห้งแข็งติดไม้พายทำให้ต้องคอยปาดออกอยู่บ่อย ๆ ส่งผลให้เสียเวลาในการทำงานอีกด้วย

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในกระบวนการหยอดน้ำตาลแว่นพบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการหยอดน้ำตาล คือการใช้คนในการผลิตน้ำตาลแว่น แนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างหนึ่ง คือ การใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยในการผลิตเพื่อให้เกิดการทำงานที่รวดเร็วยิ่งขึ้นทดแทนกำลังคนที่นับวันจะขาดหายไป อีกทั้งยังช่วยหลีกเลี่ยงการทำงานที่จะทำให้เกิดความเมื่อยล้าและยังสามารถผลิตน้ำตาลแว่นให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของท้องตลาดได้

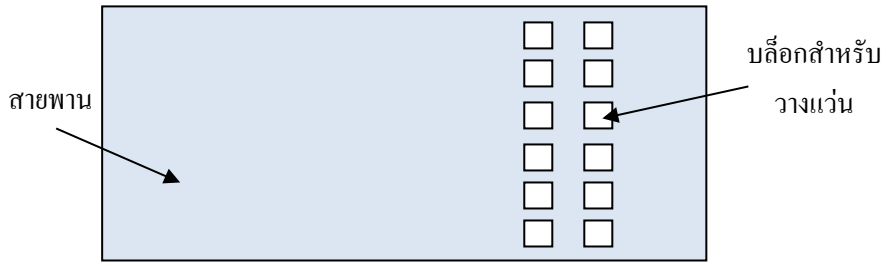
3.3 **การออกแบบเชิงความคิด** (Conceptual Design)

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงเกิดแนวคิดในการออกแบบเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นให้สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาดังกล่าว โดยเครื่องที่ทำการออกแบบ ประกอบด้วย โครงสร้างและหน้าที่ และกลไกการควบคุมของ 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนของการลำเลียง ส่วนของการหยอดน้ำตาล และส่วนของการควบคุมอุณหภูมิ

3.3.1 ส่วนของการลำเลียง

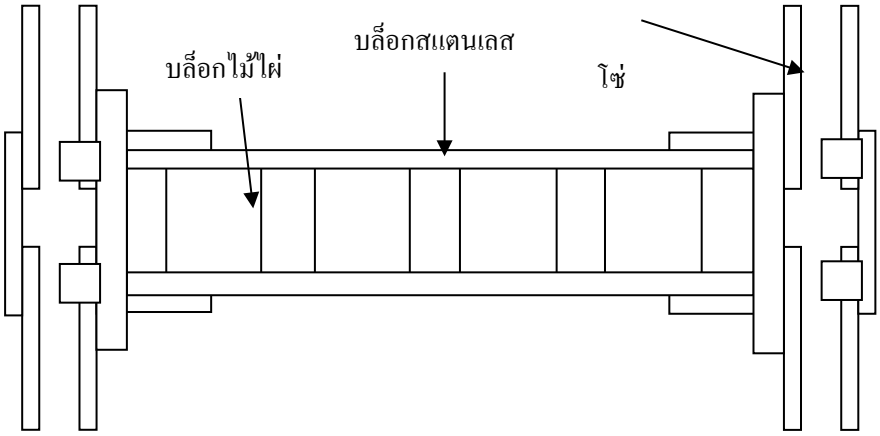
ส่วนของการลำเลียงเป็นส่วนที่ลำเลียงแว่นมายังตำแหน่งหยอดน้ำตาลและลำเลียงไปยังส่วนรองรับน้ำตาลแว่นเพื่อนำไปบรรจุถุง โดยแนวคิดต่าง ๆ ในการออกแบบส่วนของการลำเลียงสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. แนวคิดสายพานลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 3.11 สายพานลำเลียงทำหน้าที่เป็นตัวลำเลียงแว่นโดยให้มีบล็อกสำหรับวางแว่นอยู่บนสายพานเพื่อให้ง่ายต่อการวางแว่นและควบคุมตำแหน่งของแว่นให้ตรงกับรูหยอดน้ำตาล การใช้สายพานลำเลียงจะช่วยให้การผลิตมีความต่อเนื่องมากขึ้น อีกทั้งยังมีความสะอาดปลอดภัย แต่สายพานที่ใช้กับวัสดุประเภทอาหารและทนต่อความร้อนนั้นมีราคาแพง



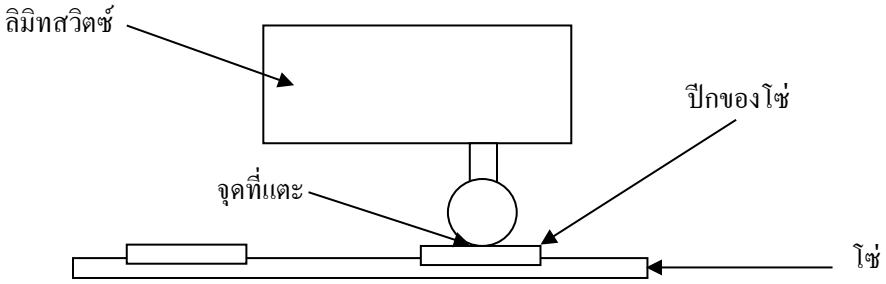
รูปที่ 3.11 แบบเบื้องต้นสายพานลำเลียง

2. แนวคิดโซ่ลำเลียง โซ่ลำเลียงทำหน้าที่เป็นตัวลำเลียงแว่น ลักษณะของโซ่จะเป็นโซ่ข้อปีกซึ่งปีกของข้อโซ่มีไว้สำหรับยึดบล็อกสแตนเลสซึ่งเป็นส่วนที่รองรับบล็อกไม้ไผ่ที่ใช้ในการวางแว่น การใช้โซ่ลำเลียงช่วยให้การผลิตมีความต่อเนื่อง บล็อกไม้ไผ่สามารถทำได้หลายขนาดและสามารถวางแว่นได้หลายขนาด ในการใช้โซ่ลำเลียงอาจจะต้องใช้บล็อกไม้ไผ่จำนวนมากในการบรรจุแว่นเพื่อนำไปวางบนบล็อกสแตนเลส ถึงแม้การใช้โซ่ลำเลียงจะมีชิ้นส่วนค่อนข้างมากแต่ราคาวัสดุนั้นไม่แพงมากนัก ลักษณะเบื้องต้นของแนวคิดโซ่ลำเลียงแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แบบเบื้องต้นโซ่ลำเลียง

3. แนวคิดลิมิทสวิตซ์และไทม์เมอร์ ลิมิทสวิตซ์ทำหน้าเป็นตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยให้ลิมิทสวิตซ์อยู่ในแนวการเคลื่อนที่ของโซ่ลำเลียง ใช้การแตะตัวลิมิทสวิตซ์เป็นตัวควบคุมระบบการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.13 การแตะลิมิทสวิตซ์จะทำให้มอเตอร์หยุดทำงานและให้ไทม์เมอร์เป็นตัวควบคุมเวลาในการหยุดของมอเตอร์และเวลาในการหยอดน้ำตาล ตัวไทม์เมอร์สามารถปรับระยะเวลาได้ตามต้องการ การใช้ลิมิทสวิตซ์นั้นใช้ต้นทุนต่ำเนื่องจากอุปกรณ์ราคาไม่แพง แต่การติดตั้งระบบให้มีความสัมพันธ์กันนั้นมีความยุ่งยากซับซ้อน



รูปที่ 3.13 แบบแนวคิดของลิมิทสวิตซ์

3.3.2 ส่วนของการหยอดน้ำตาล

ส่วนของการหยอดน้ำตาลเป็นส่วนที่ทำหน้าที่หยอดน้ำตาลลงแว่น ลักษณะของการหยอดน้ำตาลจะเป็นการปล่อยให้น้ำตาลไหลผ่านรูหยอดลงในแว่นโดยจะมีหัว เปิด-ปิด รู

หยอดน้ำตาล ควบคุมการไหลและหยุดของน้ำตาล การทำงานในส่วนของการหยอดน้ำตาลจะมีความสัมพันธ์กับส่วนของการลำเลียง คือ เมื่อลำเลียงน้ำตาลมายังตำแหน่งที่ต้องการแล้วส่วนของการหยอดน้ำตาลจะทำงานและเมื่อส่วนของการหยอดน้ำตาลทำงานเสร็จส่วนของการลำเลียงก็จะทำงานต่อสลับกัน โดยแนวคิดต่าง ๆ ในการออกแบบในส่วนของการลำเลียงสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. แนวคิดหม้ออุ่นน้ำตาล หม้ออุ่นน้ำตาลทำหน้าที่บรรจุน้ำผึ้งเหลวที่ผ่านการเคี่ยวจนเกิดผลึกแล้วเพื่อที่จะหยอดลงบนแว่น ลักษณะการหยอดจะเป็นการให้น้ำผึ้งเหลวไหลผ่านรูหยอดลงในแว่น มีตัวควบคุมการปิดเปิดของรูหยอดน้ำตาล และตัวให้ความร้อนแก่น้ำผึ้งเหลว เพื่อไม่ให้น้ำผึ้งเหลวแข็งตัว วัสดุที่ใช้สร้างจะต้องมีความปลอดภัย เนื่องจากเป็นการบรรจุอาหาร และต้องเป็นวัสดุที่ทนความร้อนสูง

2. แนวคิดระบบนิวเมติกส์ คือ ทำหน้าที่เป็นตัวส่งกำลังในการ เปิด-ปิด รูหยอดน้ำตาล ระบบนิวเมติกส์นั้นมีความรวดเร็วแม่นยำ แต่การใช้ระบบนิวเมติกส์นั้นต้องใช้ปั๊มลมในการปั๊มลมเข้าสู่ระบบทำให้เกิดเสียงดังเวลาใช้งาน

3. แนวคิดโซลินอยด์เบรก โซลินอยด์เบรกทำหน้าที่เป็นตัวส่งกำลังในการ เปิด-ปิด รูหยอดน้ำตาล โดยใช้หลักของขดลวดเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า คือเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็กดูดให้แกนกระทุ้งขยับ ซึ่งแรงในการดูดนี้นำมาใช้เป็นแรงในการเปิด-ปิด รูหยอดน้ำตาล การติดตั้งโซลินอยด์นั้นไม่ยุ่งยากซับซ้อน อีกทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งน้อย แต่การใช้โซลินอยด์ขนาดใหญ่จะทำให้เกิดเสียงดังเวลาทำงาน

3.3.3 ส่วนของการควบคุมอุณหภูมิ

ส่วนของการควบคุมอุณหภูมิเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่น้ำตาลเพื่อไม่ให้น้ำตาลแข็งตัวและรักษาความหนืดของน้ำตาลให้สามารถหยอดลงแว่นได้ โดยแนวคิดต่าง ๆ ในการออกแบบในส่วนของการควบคุมอุณหภูมิสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. แนวคิดการใช้เตาแก๊ส เตาแก๊สทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่น้ำตาลแว่น โดยให้ความร้อนอยู่ใต้หม้ออุ่นน้ำตาล การควบคุมความร้อนทำได้การเพิ่มลดความแรงของแก๊ส การใช้แก๊สมีข้อดีคือต้นทุนต่ำ แต่การติดตั้งหัวเตาแก๊สให้สอดคล้องกับรูปร่างของหม้ออุ่นน้ำตาลนั้นทำได้ยาก

2. แนวคิดการใช้ฮีทเตอร์แผ่น ฮีทเตอร์แผ่นทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่น้ำตาล โดยการแปะติดกับหม้ออุ่นน้ำตาล การติดตั้งฮีทเตอร์แผ่นทำได้ง่ายแต่ความร้อนที่ได้จะเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณที่สัมผัสกับฮีทเตอร์และบริเวณใกล้ ๆ การจะทำให้ความร้อนทั่วถึงจะต้องใช้ฮีทเตอร์แผ่น

ขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ใช้ต้นทุนสูงขึ้นอีกด้วย การควบคุมอุณหภูมิสามารถทำได้โดยการติดตัวควบคุมอุณหภูมิเข้าไป

จากกการประมวลผลข้อมูลแนวคิดการออกแบบในส่วนต่าง ๆ ได้ข้อสรุปคือ ส่วนของการลำเลียงได้เลือกใช้โซ่ลำเลียงในการลำเลียงเนื่องจากต้นทุนต่ำและใช้งานได้หลากหลายขนาด ใช้ลิมิทสวิตซ์เป็นตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์ และใช้ไทม์เมอร์เป็นตัวควบคุมเวลา ส่วนของการหยอดน้ำตาล ได้เลือกใช้โซลินอยด์เบรก เป็นตัวควบคุมการเปิด–ปิด รูหยอดน้ำตาล เนื่องจากติดตั้งง่ายและใช้อุปกรณ์น้อย และส่วนของการควบคุมอุณหภูมิได้เลือกใช้ฮีทเตอร์แผ่นในการให้ความร้อนเนื่องจากติดตั้งง่ายและควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย

3.4 **รายละเอียดการออกแบบ** (Detail Design)

รายละเอียดการออกแบบ เป็นการอธิบายและแจกแจงรายละเอียดของแบบจากแนวความคิดข้างต้นที่ได้กล่าวมาให้เป็นแบบของเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นที่พร้อมดำเนินการสร้างได้ทันที รายละเอียดการออกแบบทั้งสามส่วนสามารถแจกแจงรายละเอียดได้ดังนี้

3.4.1 หม้ออุ่นน้ำผึ้งเหลวกับชุดเปิด–ปิด รูหยอด

ในการออกแบบอย่างละเอียดก่อนการดำเนินการสร้างได้มีการวิเคราะห์และค้นคว้าข้อมูลเพื่อให้มั่นใจได้ว่าแบบที่จะสร้างสามารถใช้งานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพแล้วจึงออกมาเป็นแบบที่พร้อมจะดำเนินการสร้าง

หลักการและเหตุผลในการออกแบบ

หม้ออุ่นน้ำผึ้งเหลวและชุดเปิด–ปิด รูหยอดน้ำตาล เป็นส่วนที่สำคัญมากส่วนหนึ่งของการสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น เนื่องจากในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่รองรับน้ำผึ้งเหลวไว้ แล้วปล่อยให้น้ำตาลไหลออกมาตรงกับรูหยอดให้ลงในแว่น ซึ่งเป็นส่วนที่จะเข้ามาช่วยผลิตในส่วนของการหยอด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองหาอัตราการไหลของน้ำผึ้งเหลวและคำนึงถึงปริมาตรของหม้ออุ่นน้ำตาลเหลวเพื่อให้สามารถรองรับน้ำปริมาณผึ้งเหลวในการเคี่ยวแต่ละครั้งได้

การทดลองหาอัตราการไหลของน้ำผึ้งเหลว

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อหาอัตราไหลของน้ำผึ้งเหลวผ่านรูหยอด

วัสดุอุปกรณ์

1.) น้ำผึ้งเหลว

2.) แว่น

3) รูหยอดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร

4) นาฬิกาจับเวลา

วิธีการทดลอง

1) เคี่ยวน้ำผึ้งเหลวให้ได้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 98–107 องศาเซลเซียส

2) เทลงในรูหยอดให้ไหลลงในแว่น

3) จับเวลาขณะที่น้ำผึ้งเหลวไหลจากรูหยอดลงแว่นจนเต็ม

4) ทำซ้ำหลายๆ ครั้ง

5) บันทึกผลและหาค่าเฉลี่ย

6) นำค่าที่ได้มาคำนวณอัตราการไหลเทียบกับเวลา

ผลการทดลอง แสดงได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองหาอัตราการไหลของน้ำผึ้งเหลว

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ระยะเวลา (วินาที)	2.23	2.17	1.98	2.04	1.86	2.24	1.95	2.02	2.13	2.08

จากผลการทดลองที่ได้ แสดงให้เห็นว่า

1) ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเท่ากับ 2.07 วินาที

2) ปริมาตรของน้ำตาลแว่นเท่ากับ 1.14 ลบ.ซม.

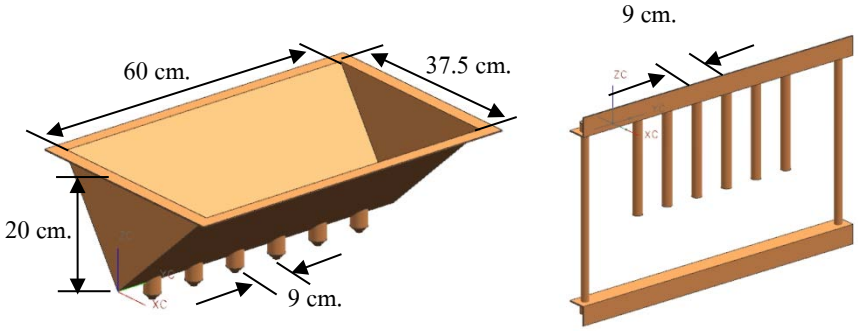
3) อัตราไหลของน้ำตาลเมื่อเทียบกับเวลาเท่ากับ 0.55 ลบ.ซม./วินาที

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ได้จากการทดลองในแต่ละครั้ง มีความแปรปรวนสูง แต่เป็นที่ยอมรับได้เนื่องจากขนาดแว่นที่ใช้นั้นมีความแปรปรวนสูง อีกทั้งในการผลิตน้ำตาลแว่นนั้นไม่ได้กำหนดปริมาณการหยอดที่แน่นอน เป็นเพียงการหยอดเพื่อให้เต็มแว่นเท่านั้น

ลักษณะของหม้ออุ่นและชุดเปิด-ปิด รูหยอด สามารถสรุปได้คือ หม้ออุ่นจะต้องมีขนาดและปริมาตรใกล้เคียงกับกระทะที่ใช้เคี่ยวน้ำผึ้งเหลว เพื่อให้สามารถรองรับน้ำผึ้งเหลวที่ผ่านการเคี่ยวจากกระทะได้ จากการวัดปริมาตรโดยการตวงด้วยน้ำ พบว่ากระทะที่ใช้เคี่ยวมีปริมาตร 20 ลิตร ส่วนหม้ออุ่นนั้นมีลักษณะเป็นทรงสามเหลี่ยมเพื่อให้การไหลคล่องตัวขึ้น โดยมีขนาดฐานกว้าง 37.5 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถเทน้ำผึ้งเหลวลงได้สะดวก มีความยาว 60 เซนติเมตร เพื่อให้มีความพอดีกับช่วงแขนของคน และมีความสูง 20 เซนติเมตร เพื่อให้ได้ปริมาตร โดยมีปริมาตร

เท่ากับ $\frac{1}{2} \times 37.5 \times 60 \times 20 = 22{,}500$ ลูกบาศก์เซนติเมตรหรือ 22.5 ลิตร ดังแสดงในรูปที่ 3.14 มีรูหยอดน้ำตาล 6 รู เพื่อให้กระจายทั่วความยาวหม้ออุ่น สามารถหยอดน้ำตาลแว่นได้ครั้งละ 6 แว่น



รูปที่ 3.14 หม้ออุ่นน้ำผึ้งเหลวและชุดเปิด–ปิด รูหยอดน้ำผึ้งเหลว

วัสดุที่ใช้สร้าง

1.) สเตนเลสแผ่น หนา 1.8 มิลลิเมตร

2.) ท่อสแตนเลส ขนาด 1 นิ้ว

3.) เหล็กฉาก ขนาด 2 นิ้ว

3.4.2 บล็อกสแตนเลส

หลักการและเหตุผลในการออกแบบ

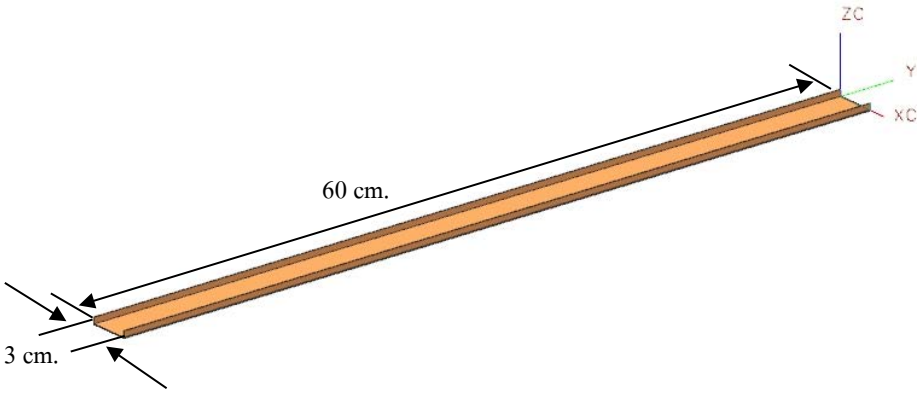
บล็อกสแตนเลสเป็นตัวรองรับบล็อกไม้ไผ่ซึ่งเป็นส่วนที่รองรับแว่น เพื่อที่จะลำเลียงไปยังตำแหน่งของการหยอดน้ำตาลและลำเลียงไปยังส่วนของการเก็บผลิตภัณฑ์ ในการออกแบบจะต้องคำนึงถึงความพอดีในการวางบล็อกไม้ไผ่ลงไป เพื่อให้มีขนาดที่พอดีกับขนาดของแว่น และการดูแลด้านความสะอาดและปลอดภัยเนื่องจากเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับอาหาร

สรุปลักษณะของบล็อกสำหรับวางแว่น

ข้อสรุปของบล็อกสำหรับวางแว่น คือ มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขอบขึ้นมาเล็กน้อยดังแสดงในรูปที่ 3.15 จากขนาดของหม้ออุ่นที่ยาว 60 เซนติเมตร และจากการวัดขนาดของแว่นกลาง 50 แว่น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.58 เซนติเมตร จึงให้ขนาดของบล็อกสแตนเลสกว้าง 3 เซนติเมตร (รองรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแว่นกลางได้) ยาว 60 เซนติเมตร (เท่ากับความยาวหม้ออุ่น) หนา 0.5 มิลลิเมตร ขอบสูง 5 มิลลิเมตร (เท่าความสูงของแว่น)

วัสดุที่ใช้สร้าง

สแตนเลสแผ่นหนา 0.5 mm



รูปที่ 3.15 บล็อกสำหรับวางแว่น

3.4.3 บล็อกไม้ไผ่

หลักการและเหตุผลในการออกแบบ

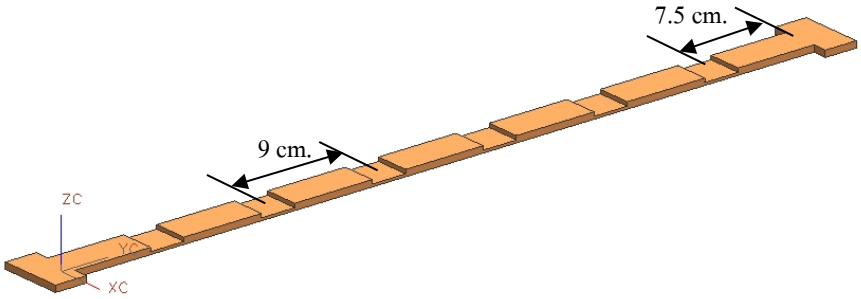
บล็อกไม้ไผ่เป็นส่วนรองรับแว่นและน้ำตาลที่หยอดลงมา ซึ่งบล็อกไม้ไผ่จะมีช่องสำหรับวางแว่น ตำแหน่งของช่องจะตรงกับรูหยอดน้ำตาล ผู้ใช้จะต้องนำแว่นวางในช่องจนครบแล้วนำมาวางในบล็อกสแตนเลสเพื่อให้บล็อกสแตนเลสเป็นตัวลำเลียงบล็อกไม้ไผ่ไปยังจุดหยอดน้ำตาล และไปยังจุดเก็บน้ำตาลแว่น

ข้อสรุปของบล็อกไม้ไผ่

จากขนาดของบล็อกสแตนเลสที่มีความยาว 60 เซนติเมตร กว้าง 3 เซนติเมตร ขอบสูง 5 มิลลิเมตร จึงให้ลักษณะของบล็อกไม้ไผ่เป็นแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร กว้าง 2.7 เซนติเมตร และยาว 65 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถวางลงในบล็อกสแตนเลสได้พอดี มีช่องสำหรับวางแว่น 6 ช่อง ห่างกันเท่ากับระยะห่างของหัวหยอดน้ำตาล ดังแสดงในรูปที่ 3.16

วัสดุที่ใช้สร้าง

ไม้ไผ่



รูปที่ 3.16 บล็อกไม้ไผ่

3.4.4 โซ่ข้อปีก

หลักการและเหตุผลในการออกแบบ

โซ่ข้อปีกเป็นส่วนที่ลำเลียงบล็อกสำหรับวางแว่นให้เคลื่อนที่ ดังนั้นในการเลือกใช้โซ่ข้อปีกจะต้องคำนึงถึงแรงดึงที่โซ่จะรับได้ และขนาดปีกของโซ่ให้มีขนาดพอดีกับขนาดของบล็อกเพื่อให้ง่ายต่อการจับยึด

ข้อสรุปของโซ่ข้อปีก

จากขนาดของบล็อกสแตนเลส โซ่ข้อปีกที่เลือกใช้คือ โซ่เบอร์ 60 มีจำนวนข้อโซ่เท่ากับ 144 ข้อ ติดปีกโซ่เพียงด้านเดียว ขนาดของปีกมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของบล็อกสเตนเลส

3.4.5 เพลาขับและเฟืองขับ

หลักการและเหตุผลในการออกแบบ

เพลาขับและเฟืองขับ เป็นตัวขับโซ่ให้เคลื่อนที่ ในการออกแบบเพลาขับจะต้องคำนึงถึงความเร็วในการเคลื่อนที่ของโซ่ ส่วนจำนวนฟันของเพลาขับนั้นจะต้องคำนึงถึงความยาวของโซ่ที่ใช้และระยะห่างของเพลาขับ ซึ่งจะต้องมีการคำนวณหาขนาดที่สามารถใช้งานได้

การคำนวณ

ความเร็วในการเคลื่อนที่

Feed ที่ต้องการ คือ 6 แว่นต่อ 2 วินาที

ระยะทาง คือ 116.5 มิลลิเมตรต่อ 6 แว่น

จากสมการ $V = f \times s$

จะได้ $V = (6 \text{ แว่น}/2 \text{ s}) \times (116.5 \text{ mm}/6 \text{ แว่น})$

= 58.25 mm/s

= 3,495 mm/min

ขนาดของเพลาขับ

จากสมการ $V = \frac{\pi dn}{60}$

$58.25 = \frac{\pi d60}{60}$

$d = 18.54$ mm

จำนวนฟันขับ

จากสมการ $\frac{L}{p} = \frac{2e}{p} + \frac{N1+N2}{2} + \frac{(N2-N1)^2}{4\pi^2(\frac{e}{p})}$

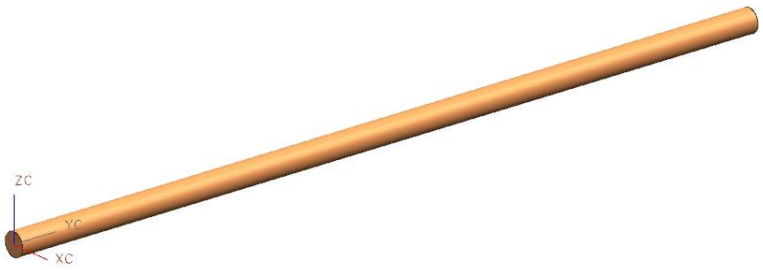
ในที่นี้ $N1 = N2$

$144 = \frac{2(1300)}{19.05} + N$

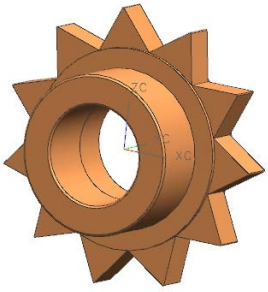
$N = 7.52$

ข้อสรุปของเพลาขับและเฟืองขับ

เพลาขับที่ใช้คือขนาด 25 มิลลิเมตร หรือ 1 นิ้ว ส่วนเฟืองขับใช้เฟือง 11 ฟัน ลักษณะของเพลาขับและเฟืองขับดังแสดงในรูปที่ 3.17 และ 3.18



รูปที่ 3.17 เพลาขับ



รูปที่ 3.18 เฟืองขับโซ่

3.4.6 มอเตอร์และชุดเกียร์ทดรอบ

หลักการและเหตุผลในการออกแบบ

มอเตอร์และชุดเกียร์ทดรอบ เป็นส่วนของกำลังในการขับโซ่ให้เคลื่อนที่ ในการออกแบบมอเตอร์ต้องคำนึงถึงภาระที่มอเตอร์รับและความเร็วที่เราต้องการ ซึ่งจะต้องมีการคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ที่สามารถทำงานได้

การคำนวณ

คำนวณรอบของมอเตอร์

จากสมการ $V = \frac{Npn}{12}$

$3495 = \frac{11 \times 19.5 \times n}{12}$

$n = 200 \text{ rpm}$

คำนวณกำลังของมอเตอร์

จากสมการ $P = \frac{2\pi TN}{60}$

$P = 261.8 \text{ Watt}$

ข้อสรุปของมอเตอร์และชุดเกียร์ทดรอบ

มอเตอร์ที่ใช้จะเป็นมอเตอร์ single phase 1.25 HP โดยมีชุดเกียร์ทดรอบสำเร็จโดยทดรอบเหลือ 24 รอบต่อนาที

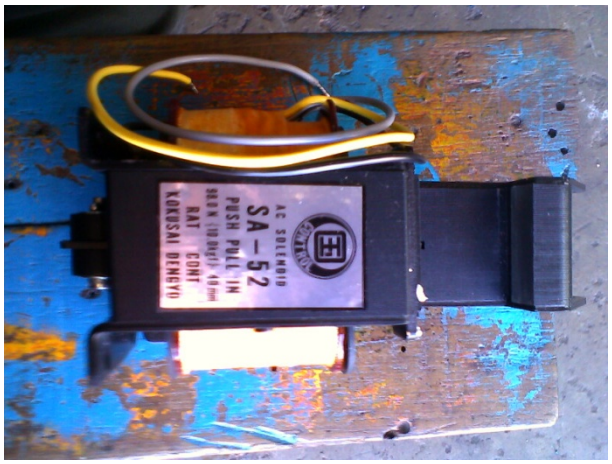
3.4.7 โซลินอยด์เบรก

หลักการและเหตุผลในการออกแบบ

โซลินอยด์เบรก เป็นตัวดึงให้ชุดเปิด–ปิด รูหยอดน้ำตาลขยับขึ้นและลงเพื่อเปิดปากรูน้ำตาลให้สามารถไหลลงมาได้ ในการเลือกใช้โซลินอยด์จะต้องคำนึงถึงน้ำหนักที่โซลินอยด์รับ และความถี่ในการทำงานเพื่อป้องกันไม่ให้โซลินอยด์ทำงานหนักเกินไปเพราะอาจทำให้มีอายุการใช้งานสั้นได้

ข้อสรุปของโซลินอยด์เบรก

โซลินอยด์เบรกที่ใช้เป็นแบบขนาดแรงดึง 10 กิโลกรัม ช่วงระยะของการดึงเท่ากับ 4 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ลักษณะของโซลินอยด์เบรก

3.4.8 ฮีทเตอร์

หลักการและเหตุผลในการออกแบบ

ฮีทเตอร์จะเป็นตัวที่ให้ความร้อนกับน้ำตาลอยู่ตลอดเวลา เพื่อป้องกันน้ำตาลแข็งตัวและสามารถไหลผ่านรูหยอดน้ำตาลได้ ในการเลือกชนิดและขนาดของฮีทเตอร์จะต้องคำนึงถึงความทั่วถึงของความร้อนและขนาดของสิ่งที่จะให้ความร้อน

ข้อสรุปของฮีทเตอร์

ฮีทเตอร์ที่ใช้จะเป็นฮีทเตอร์แผ่น ขนาดกว้าง 120 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร 220 โวลต์ 1,000 วัตต์ 2 ตัวติดเข้ากับหม้ออุ่นน้ำตาล ดังแสดงในรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.20 ลักษณะของฮีทเตอร์แผ่น

3.4.9 โครงเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น

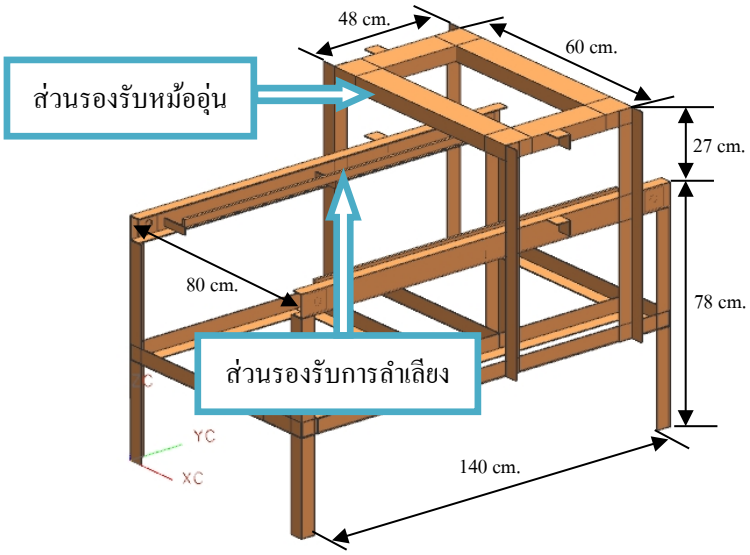
ในการออกแบบอย่างละเอียด ก่อนการดำเนินการสร้างได้มีการวิเคราะห์และค้นคว้าข้อมูลเพื่อให้มั่นใจได้ว่าแบบที่จะสร้างสามารถใช้งานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ จึงออกมาเป็นแบบที่พร้อมจะดำเนินการสร้าง

หลักการและเหตุผลในการออกแบบ

โครงเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นเพราะต้องรองรับส่วนประกอบอื่น ๆ ของเครื่องทั้งหมด การออกแบบโครงเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นควรคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวเนื่องในการออกแบบ ได้แก่ ความแข็งแรงของวัสดุที่ใช้ ขนาดของโครงเครื่องที่เหมาะสมต่อการทำงาน และขนาดของส่วนประกอบอื่น ๆ ของเครื่อง

สรุปลักษณะโครงเครื่อง

ข้อสรุปแบบการสร้างโครงเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นมีลักษณะทางกายภาพดังแสดงในรูปที่ 3.21 โดยมี 2 โครงสร้างหลัก คือ ส่วนรองรับการลำเลียงมีขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 140 เซนติเมตร สูง 78 เซนติเมตร และส่วนที่รองรับหม้ออุ่นน้ำตาลกว้าง 48 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร สูง 27 เซนติเมตร



รูปที่ 3.21 ลักษณะของโครงเครื่องที่ได้ทำการออกแบบ

วัสดุที่ใช้สร้าง

1) เหล็กฉาก 2 นิ้ว

2) เหล็กรูปโครงสร้างตัวยู

จากรายละเอียดการออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น ขั้นตอนถัดไปจะเป็นการสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นจึงทดสอบการใช้งาน ซึ่งจะอธิบายในส่วนต่อไป

บทที่ 4

การสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นและการประเมินผล

เนื้อหาในบทที่ 4 นี้ จะกล่าวถึงการดำเนินการสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น การทดลองใช้งานของเครื่อง การปรับปรุงเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่น การประเมินผลเบื้องต้น และการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

4.1 การสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น

ในการดำเนินการสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นนั้น ผู้วิจัยได้เลือกช่างผู้รับเหมางานสร้าง ให้ทำการรับผิดชอบงานสร้างเครื่องทั้งหมด

4.1.1 ขั้นตอนการสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น

ลำดับขั้นตอนการสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นมีดังนี้

1. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ สำหรับการสร้าง การสั่งซื้อวัสดุ–อุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้าง อาทิเช่น อุปกรณ์เครื่องมือช่าง เหล็กขนาดต่าง ๆ มอเตอร์ เฟืองขับ โซ่ หม้อสแตนเลส เป็นต้น

2. ตัดเหล็กตามขนาดและประกอบชิ้นส่วนโครงของเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น วัดขนาด และตรวจสอบความถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การประกอบโครงของเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น

3. ประกอบหม้อสแตนเลสเข้ากับโครงเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น และทดลองประกอบชุด เปิด–ปิด รูหยอดน้ำตาล ปรับระยะให้พอดีกับรูหยอด ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และ 4.3

รูปที่ 4.2 การประกอบหม้อสแตนเลสเข้ากับโครงของเครื่อง

รูปที่ 4.3 การทดลองประกอบชุด เปิด–ปิด รูหยอดน้ำตาล

4. ทาสีกันสนิมโครงเครื่อง รอให้สีแห้ง ดังรูปที่ 4.4

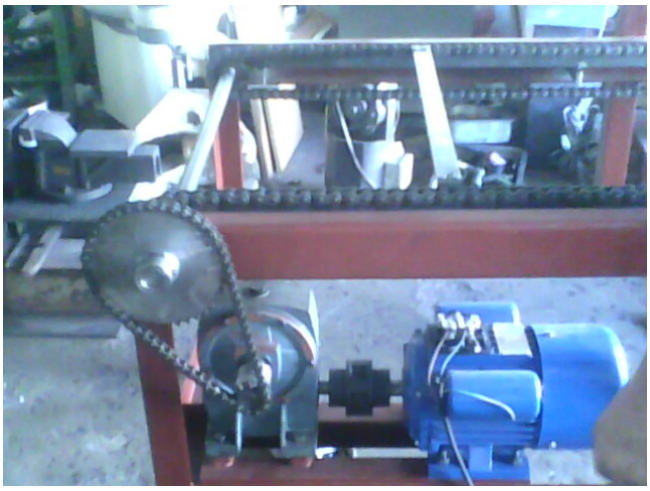
5. ประกอบมอเตอร์และชุดเกียร์ทดเข้ากับโครงของเครื่อง โดยให้มอเตอร์อยู่ทางด้านหน้าของเครื่อง และให้เฟืองขับอยู่ด้านนอกเครื่อง ดังแสดงในรูป 4.5

รูปที่ 4.4 โครงเครื่องที่ทาสีกันสนิม

รูปที่ 4.5 มอเตอร์และชุดเกียร์ทดที่ประกอบเข้ากับโครงของเครื่อง

6. ประกอบเพลา เฟืองขับและโซ่ข้อปีกเข้ากับโครงของเครื่อง สังเกตการหมุนของมอเตอร์เพื่อตรวจสอบความเร็วในการเคลื่อนที่ของโซ่ ดังแสดงในรูปที่ 4.6

7. ยึดบล็อกสำหรับวางแว่นเข้ากับโซ่ข้อปีก ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 เครื่องที่ประกอบเพลา เฟืองขับโซ่และโซ่ข้อปีกเสร็จเรียบร้อย

รูปที่ 4.7 บล็อกสำหรับวางแว่นที่ยึดติดกับโซ่ข้อปีกเรียบร้อยแล้ว

8. ประกอบชุด เปิด – ปิดรูหยอดน้ำตาลเข้ากับเครื่อง ดังรูปที่ 4.8

9. ติดตั้งโซลินอยด์เบรก ติดตั้งในลักษณะคานงัดในการดันให้ชุด เปิด-ปิด รูหยอดน้ำตาลเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.9

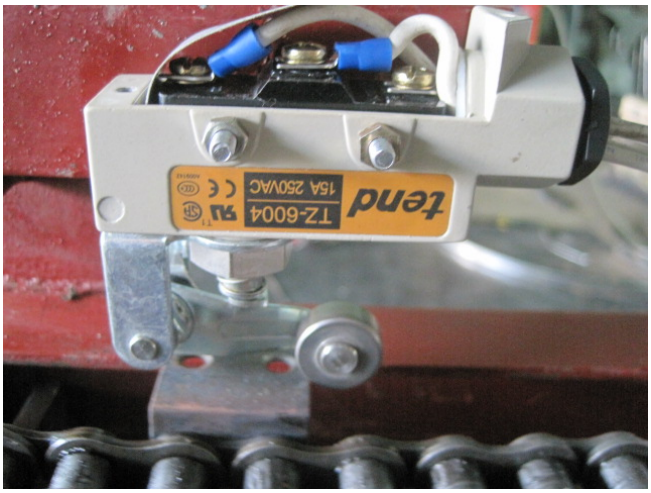
รูปที่ 4.8 เครื่องที่ทำการประกอบชุดเปิด – ปิดรูหยอดน้ำตาลแล้ว

รูปที่ 4.9 การติดตั้งโซลินอยด์เบรก

10. ติดตั้งฮีทเตอร์และตัวควบคุมอุณหภูมิเข้ากับหม้ออุ่น โดยใช้ฮีทเตอร์สองตัวแปะเข้ากับหม้ออุ่นน้ำตาล ดังแสดงในรูปที่ 4.10

11. ติดตั้งลิมิทสวิตซ์ ตั้งระยะหยุดของโซ่เพื่อให้บล็อกตรงกับตำแหน่งหัวหยอดน้ำตาล ดังแสดงในรูปที่ 4.11 ทดสอบการทำงาน ปรับตำแหน่งลิมิทสวิตซ์ให้สามารถหยุดได้ตรงตำแหน่ง

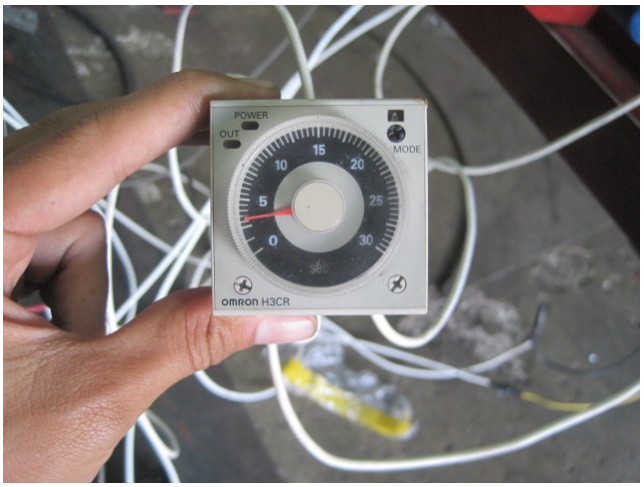
รูปที่ 4.10 การติดฮีทเตอร์เข้ากับหม้ออุ่นน้ำตาล



รูปที่ 4.11 ลิมิทสวิตซ์ที่ถูกติดตั้ง

12. ติดตั้งไทม์เมอร์ เชื่อมต่อระบบสายไฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.12 เก็บสายไฟให้เป็นระเบียบและสวยงาม

13. เครื่องที่สร้างเสร็จสมบูรณ์แสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.12 การติดตั้งไทม์เมอร์

รูปที่ 4.13 เครื่องที่สร้างเสร็จสมบูรณ์

จากกระบวนการสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น ทำให้ได้เครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นที่สร้างเสร็จสมบูรณ์ โดยเครื่องที่สร้างขึ้นจะต้องมีการทดลองการทำงาน และการวิเคราะห์หาความคุ้มค่าในการใช้งานต่อไป

4.1.2 งบประมาณการสร้าง

จากการออกแบบเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น จะต้องคำนึงถึงงบประมาณในการสร้าง โดยใช้งบประมาณให้น้อยที่สุดและสามารถใช้งานได้ดี ทั้งนี้รายละเอียดด้านราคาของวัสดุที่ใช้ ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น มีรายละเอียดของงบประมาณดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ราคาวัสดุที่ใช้ในการสร้างและค่าใช่จ่ายในการดำเนินการสร้าง

รายการวัสดุ	**จำนวน**	**ราคาต่อหน่วย (บาท)**	**ราคารวม (บาท)**
1. มอเตอร์พร้อมชุดเกียร์ทด	1 ชุด	11,300	11,300
2. เฟืองโซ่พร้อมชุดตลับลูกปืน	1 ชุด	3,180	3,180
3. โซ่ข้อปีก	2 เส้น	2,800	5,600
4. แกนเพลา	2 เส้น	350	700
5. ชุดแผ่นให้ความร้อน	2 ชุด	2,800	5600
6. ชุดควบคุมอุณหภูมิ	1 ชุด	4,200	4,200
7. โซลินอยด์เบรก	1 ตัว	1,700	1,700
8. ลิมิตสวิทซ์	1 ตัว	620	620
9. ไทม์เมอร์	2 ชุด	1,420	2,840
10. โครงเหล็ก	1 ชุด	4,515	4,515
11. ชุดเปิด-ปิด รูหยอดน้ำตาล	1 ชุด	1,800	1,800
		รวม	42,055
ค่าแรงในการสร้างเครื่อง		-	22,000
		รวมทั้งสิ้น	64,055

4.1.3 การทดลองการทำงานของเครื่อง

ในขั้นตอนการทดลองการทำงานของเครื่องนั้น ได้ทำการทดลองโดยใช้วัสดุทดลองที่นำมาจากกลุ่มแม่บ้านสตรีผลิตภัณฑ์ตาลโตนด บ้านคลองฉนวน ต.ชุมพล อ.สทิงพระ จ.สงขลา ซึ่งในการทดลองได้ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอนดังนี้

1. เปิดเครื่องเดินระบบโดยไม่ใส่วัตถุดิบทดลองเป็นระยะเวลา 36 นาที เพื่อให้เครื่องเดินระบบครบรอบการทำงานจำนวน 2 รอบการผลิต และเป็นการตรวจสอบกลไกของระบบพร้อมทั้งหาข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นขณะเครื่องทำงานอีกด้วย

2. เปิดเครื่องเดินระบบโดยใส่วัตถุดิบทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 การใส่วัตถุดิบทดลองน้ำตาลเหลวลงไปในเครื่อง

3. เมื่อเครื่องทำงาน สามารถปรับแต่งปริมาตรน้ำตาลเหลวที่จะทำการหยอดได้ โดยใช้รีเลย์เวลาไทม์เมอร์เป็นตัวควบคุมความเร็วในการไหลของน้ำตาลเหลว ให้หยอดได้ตามต้องการ อีกทั้งความหนืดและความเร็วในการไหลของน้ำตาลเหลวจะถูกควบคุมได้โดยการปรับเพิ่ม–ลด อุณหภูมิของฮีทเตอร์

4. ลักษณะผลผลิตหรือน้ำตาลแว่นที่ได้ แสดงในรูปที่ 4.15

รูปที่ 4.15 ผลผลิตที่ได้จากการทดลองเดินเครื่อง

จากการทดลองการทำงานของเครื่องพบว่า เครื่องหยอดน้ำตาลแว่นที่สร้างขึ้น สามารถผลิตน้ำตาลแว่นได้ดังภาพประกอบที่ 4.15 และก็มีเศษน้ำตาลที่ใช้ไม่ได้รวมอยู่ด้วยซึ่งก็

คือเป็นน้ำหนักของน้ำตาลที่สูญเสียไป โดยน้ำหนักของน้ำตาลที่ผลิตได้และน้ำหนักของน้ำตาลที่สูญเสียไปจากการทดลองใช้เครื่อง เป็นดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักของน้ำตาลที่หยอดได้และน้ำหนักของน้ำตาลที่สูญเสีย

ชุดที่	น้ำตาลที่หยอดได้ (กรัม)	น้ำตาลที่สูญเสีย (กรัม)
1	35.3	9.2
2	36.1	9.3
3	35.6	9.9
4	35.7	9.7
5	34.9	9.8
6	35.0	9.6
7	35.5	9.4
8	35.4	9.0
9	35.8	9.5
10	34.8	9.6
รวม	354.1	95

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองเครื่องผลิตน้ำตาลแว่นที่สร้างขึ้นนั้นมีค่าความสูญเสียของน้ำตาลเหลว โดยมีค่าความสูญเสียใน 10 ชุดการผลิต (หนึ่งชุดเท่ากับ 6 แว่น) เท่ากับ 95 กรัม ต่อปริมาณการผลิต 354.1 กรัม มีค่าความสูญเสียคิดเป็น 26.83%

4.2 การประเมินผลเบื้องต้น

การประเมินผลเบื้องต้นเป็นการประเมินผลที่ได้จากการทดสอบการทำงานของเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น โดยทดลองให้เครื่องทำงานจริงและจับเวลาในการทำงาน นับจำนวนน้ำตาลแว่นที่ได้ จากนั้นนำมาหากำลังการผลิตที่แท้จริงของเครื่อง ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองและการเปรียบเทียบกำลังการผลิตแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบกำลังการผลิตก่อนใช้เครื่องและหลังใช้เครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น

ก่อนการใช้เครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น	หลังการใช้เครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น
แว่นเล็ก : กำลังการผลิต	**แว่นเล็ก** : กำลังการผลิต
เรียงแว่น 40.37 แว่น / นาที	เรียงแว่น 60 แว่น / นาที
หยอดลงแว่น 27.25 แว่น / นาที	หยอดลงแว่น 60 แว่น / นาที

จากตารางที่ 4.3 สามารถนำมาคำนวณและเปรียบเทียบเป็นปริมาณการผลิตต่อวัน เปรียบเทียบจำนวนคนที่ใช้ในการผลิต ระหว่างปริมาณการผลิตแบบเดิมและปริมาณการผลิตแบบใช้เครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบปริมาณการผลิต

ปริมาณการผลิตที่มีอยู่เดิม	ปริมาณการผลิตที่ใช้เครื่องช่วยผลิต
ผลิตน้ำตาลแว่นวันละ 8 ชั่วโมง	ผลิตน้ำตาลแว่นวันละ 6 ชั่วโมง
แว่นเล็กผลิตได้วันละ 192 ถุง ถุงละ 100 แว่น แว่นกลางผลิตได้วันละ192 ถุง ถุงละ 40 แว่น	แว่นเล็กผลิตได้วันละ 216 ถุง ถุงละ 100 แว่น แว่นกลางผลิตได้วันละ 405 ถุง ถุงละ 40 แว่น
ต้องมีผู้ผลิตอย่างน้อย 4 คน	ต้องมีผู้ผลิตอย่างน้อย 2 คน

ค่าความสูญเสียของน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น เป็นผลจากความสูญเสียของน้ำตาลแว่นที่เกิดจากการใช้เครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น โดยสามารถหาได้จากการที่ทดลองให้เครื่องทำงาน เมื่อให้เครื่องทำงานหยอดน้ำตาลจนหมด นำน้ำตาลแว่นที่ได้จากการหยอดและน้ำตาลส่วนที่สูญเสียมาชั่งน้ำหนัก หาค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลที่สูญเสียจากการทำงาน ซึ่งจากการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำตาลของเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นอยู่ที่ 26.83% ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินผลเบื้องต้น นอกจากค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นแล้ว จากการทดลองใช้เครื่องยังพบปัญหาทางเทคนิคระหว่างการทำงานของเครื่อง คือ กลไกในการหยอดน้ำตาลแว่นยังทำงานไม่ถูกต้องทำให้การหยอดน้ำตาลแว่นไม่เต็มแว่น การทำงานของฮีทเตอร์ไม่เป็นไปตามค่าที่เซตไว้ทำให้น้ำตาลไหม้ และมีการกระจายความร้อนไม่ทั่วถึง นอกจากนี้ขณะที่เครื่องทำงานยังมีเสียงดังเกิดขึ้นอีกด้วย

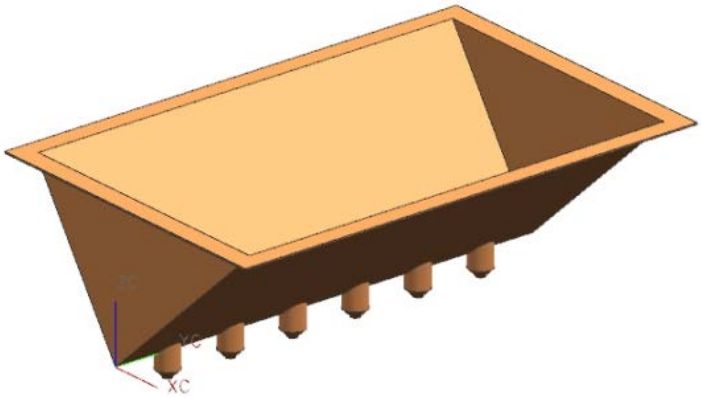
จากปัญหาข้างต้น งานที่ผู้วิจัยจะดำเนินการต่อไป คือ ทำการปรับปรุงเครื่องเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวให้สามารถนำเครื่องไปใช้งานจริงและมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น

4.3 การปรับปรุงเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่นและผลการทดลอง

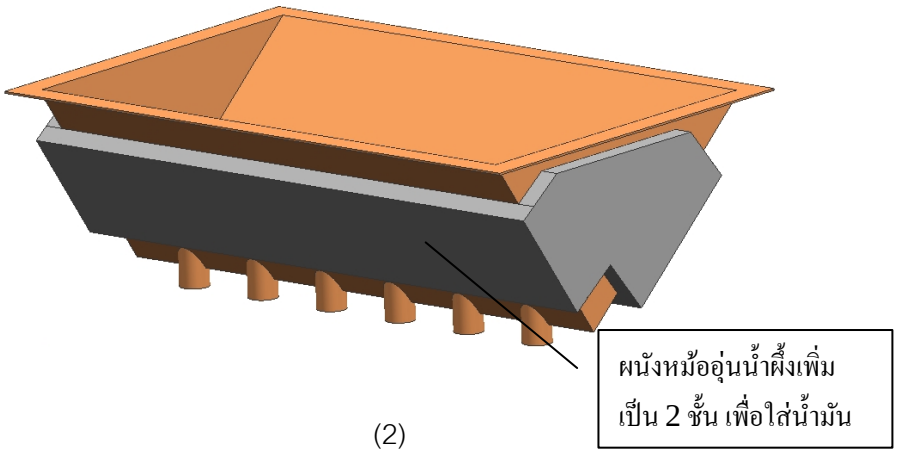
4.3.1 การปรับปรุงเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่น

1. การปรับปรุงหม้ออุ่นน้ำผึ้ง

จากการทดลองพบว่าการกระจายความร้อนไม่ทั่วหม้ออุ่นน้ำผึ้ง ทำให้น้ำผึ้งละลายได้ไม่ดี ติดอยู่ที่รูหยอด และรอบหม้ออุ่นน้ำผึ้ง ดังนั้นจึงมีการออกแบบเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่นโดยเพิ่มระบบกระจายความร้อนให้ทั่วหม้ออุ่นน้ำผึ้ง โดยอาศัยน้ำมันเป็นตัวกลางในการกระจายความร้อน ซึ่งได้ออกแบบปรับปรุงหม้ออุ่นโดยเพิ่มผนังอีก 1 ชั้นจากหม้ออุ่นแบบเก่า เพิ่มให้เกิดช่องว่างให้น้ำมันไหลวนพาความร้อนไปรอบหม้ออุ่น ดังแสดงในรูปที่ 4.16



(1)



(2)

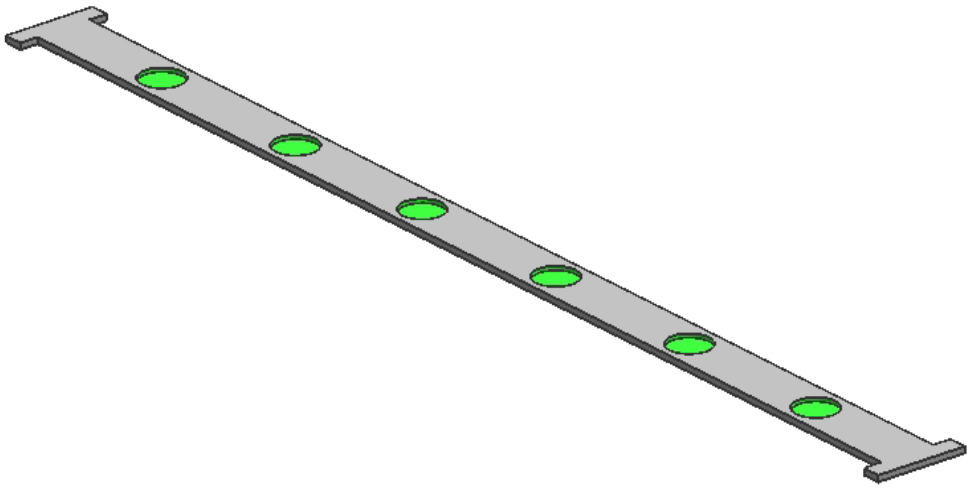
รูปที่ 4.16 การเพิ่มระบบกระจายความร้อนโดยเพิ่มผนังหม้ออุ่น

(1) หม้ออุ่นแบบเก่า

(2) หม้ออุ่นแบบใหม่

2. การปรับปรุงบล็อกอลูมิเนียม

จากการทดลองที่ผ่านมาได้ใช้บล็อกไม้ไผ่สำหรับเป็นส่วนรองรับแว่นและน้ำตาลที่หยอดลงมาซึ่งบล็อกไม้ไผ่จะมีช่องสำหรับวางแว่น ตำแหน่งของช่องจะตรงกับรูหยอดน้ำตาล ผู้ใช้จะต้องนำแว่นวางในช่องจนครบ แล้วนำมาวางในบล็อกสแตนเลสเพื่อให้บล็อกสแตนเลสเป็นตัวลำเลียงบล็อกไม้ไผ่ไปยังจุดหยอดน้ำตาล และไปยังจุดเก็บน้ำตาลแว่น ซึ่งรูปแบบนี้ทำให้เสียเวลาในการจัดวาง ตำแหน่งของแว่นน้ำตาลไม่แม่นยำ จึงได้มีการปรับปรุงทำบล็อกอลูมิเนียมขึ้นโดยมีขนาดและตำแหน่งที่แม่นยำ เนื่องจากในแต่ละตำแหน่งที่จะวางแว่นน้ำตาลได้ทำการเจาะรูในบนบล็อกอลูมิเนียมให้ตรงกับตำแหน่งรูหยอดของเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่น ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 บล็อกอลูมิเนียม

4.3.2 ผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่นเพื่อแก้ไขปัญหาการกระจายความร้อนไม่ทั่วถึงหม้ออุ่นน้ำผึ้ง แล้วได้นำไปทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มแม่บ้านสตรีผลิตภัณฑ์ตาลโตนด บ้านคลองฉนวน ต.ชุมพล อ.สทิงพระ จ.สงขลา โดยเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่นแบบใหม่จะต้องอาศัยน้ำมันเป็นตัวกลางในการพาความร้อนให้ไหลวนรอบหม้ออุ่นน้ำผึ้ง ดังนั้นจะต้องเติมน้ำมันลงในช่องน้ำมันของหม้ออุ่นน้ำผึ้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.18 และได้ทำการทดลองหยอดน้ำตาลแว่น ดังแสดงในรูปที่ 4.19

รูปที่ 4.18 การเติมน้ำมันในหม้ออุ่นน้ำผึ้ง

รูปที่ 4.19 การทดลองหยอดน้ำตาลแว่น

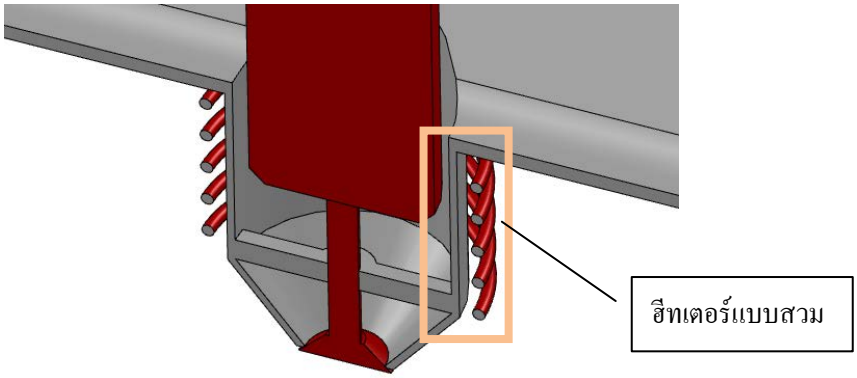
จากการทดลองเมื่อได้มีการปรับปรุงหม้ออุ่นโดยเพิ่มผนังอีกชั้นหนึ่งเพิ่มเป็นช่องใส่น้ำมันเพื่อกระจายความร้อนจากฮีทเตอร์ พบว่าการกระจายความร้อนให้แก่น้ำผึ้งดีขึ้น น้ำผึ้งละลายได้ดีขึ้น ทำให้ลดปัญหาของน้ำผึ้งที่ละลายไม่ทัน ส่งผลให้สามารถหยอดน้ำตาลแว่นได้ดีขึ้น

จากการทดลองทำบล็อกอลูมิเนียมพบว่ามีความสะดวกและลดเวลาในจัดวางแว่นน้ำตาลและสามารถวางแว่นได้ในตำแหน่งที่แม่นยำตรงตามรูหยอดของเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่น อีกทั้งการจัดบล็อกด้วยอลูมิเนียมยังสามารถช่วยให้น้ำตาลแว่นที่หยอดเสร็จเรียบร้อยแล้วออกจากบล็อกได้ง่ายกว่าบล็อกที่ทำจากไม้ไผ่

4.4 ข้อเสนอแนะจากการปรับปรุงเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่น

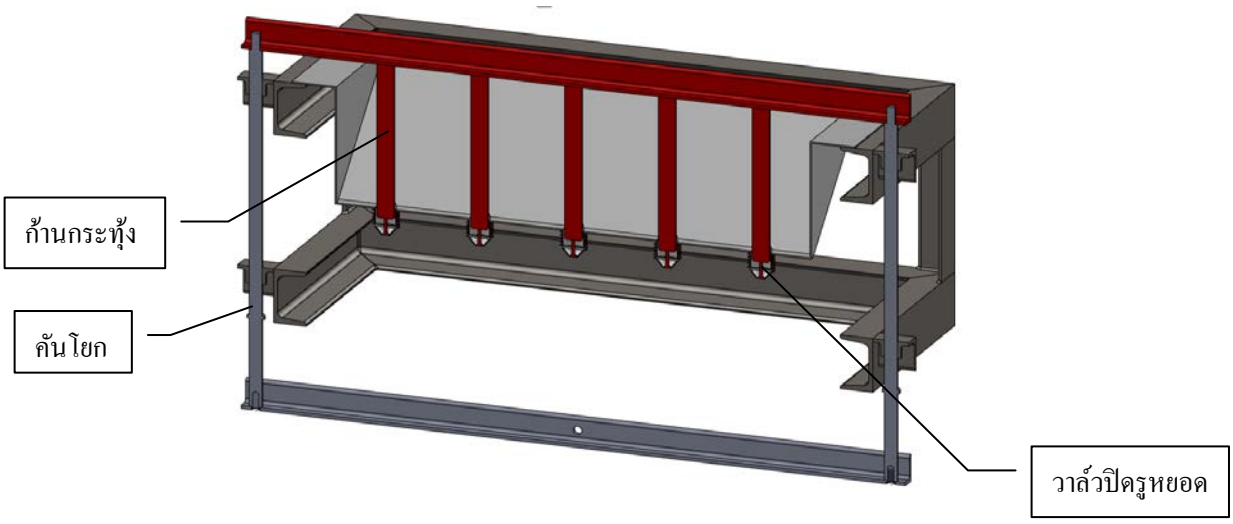
เนื่องจากการสร้างเครื่องต้นแบบในครั้งนี้ยังมีข้อที่ควรปรับปรุงเ พื่อแก้ไขปัญหาในทางปฏิบัติ แต่ยังไม่สามารถทำได้จริงในงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากงบประมาณมีจำกัด ดังนั้นจึงขอสรุปแนวทางแก้ไขดังนี้

1. จากการทดลองการแก้ไขปัญหาการกระจายความร้อนพบว่าความร้อนกระจายในหม้ออุ่นดีขึ้นแต่ความร้อนยังกระจายมาไม่ถึงรูหยอด ทำให้น้ำผึ้งแข็งตัวที่รูหยอด จึงเสนอว่าควรเพิ่มฮีทเตอร์แบบสวมที่รูหยอดเพื่อไม่ให้น้ำผึ้งไม่แข็งตัว ดังแสดงรูปที่ 4.20



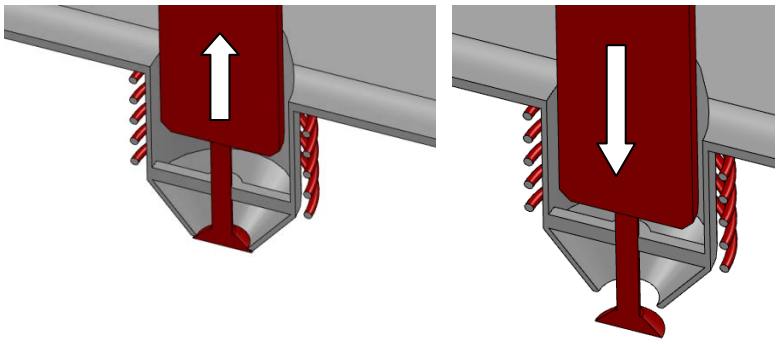
รูปที่ 4.20 ฮีทเตอร์แบบสวมรอบรูหยอด

2. จากปัญหากลไกการหยอดน้ำตาลแว่นยังทำงานไม่ถูกต้องทำให้การหยอดน้ำตาลแว่นไม่เต็มแว่น จึงเสนอว่าควรปรับระบบกลไกการหยอดน้ำตาลแว่นเป็นระบบวาล์ว ดังแสดงในรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 กลไกการหยอดน้ำตาลแว่นระบบวาล์ว

ลักษณะการการทำงานของระบบวาล์วเพื่อให้หยอดน้ำตาลได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยมีการทำงานเริ่มจากก้านกระทุ้งเคลื่อนที่ขึ้น วาล์วปิดรูหยอดจะปิดทำให้น้ำตาลไม่สามารถไหลผ่านรูหยอดได้ดังแสดงในรูปที่ 4.22 (1) และเมื่อก้านกระทุ้งเคลื่อนที่ลง วาล์วปิดรูหยอดจะเปิดให้น้ำตาลไหลผ่านหยอดลงในแว่นน้ำตาลดังแสดงในรูปที่ 4.22 (2)



รูปที่ 4.22 การทำงานของวาล์วปิดรูหยอด

(1) วาล์วปิดรูหยอดเคลื่อนที่ขึ้น

(2) วาล์วปิดรูหยอดเคลื่อนที่ลง

4.5 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์จะเป็นการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน โดยการหาต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนการผลิตและค่าแรง เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วยค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร สามารถหาได้หลากหลายวิธี โดยจะเลือกแสดงวิธีการประเมินค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรแบบเส้นตรง โดยกำหนดให้

ค่าเสื่อมราคาต่อปี = (P – L) / N

= (64,000 – 5,000) / 4

= 14,750 บาท

อัตราค่าเสื่อมราคาต่อปี = [(1 - (L / P)) / N] x 100%

= [(1 - (5,000 / 64,000)) / 4] x 100%

= 23.05 %

ต้นทุนแปรผัน ประกอบด้วย ค่าแรง ค่าไฟฟ้า และค่าวัสดุ

ค่าแรงต่อเดือน = ค่าแรงต่อคนต่อเดือน x จำนวนคน

= 12,000 x 2

= 24,000

ค่าไฟฟ้า

- กำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด = 2,550 วัตต์
- พลังงานไฟฟ้า = 2.55 x 7 x 26

= 464.1 หน่วย

- ค่าไฟฟ้าฐาน = 504.01 + 8.19

= 512.20 บาท

- ค่าไฟฟ้าแปรผัน = 464.1 x 0.9255

= 430 บาท

ค่าไฟฟ้ารวมภาษีมูลค่าเพิ่ม = (512.20 + 430) x 1.07

= 1,008.15 บาท

ค่าวัสดุ

จากปริมาณการผลิตแว่นกลาง 405 ถุงต่อวัน ถุงละ 200 กรัม คิดเป็น 81 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 2,430 กิโลกรัมต่อเดือน

ความสูญเสียจากการผลิตอยู่ที่ 26.83% ดังนั้นปริมาณที่ผลิตได้อยู่ที่ 73.13% ปริมาณวัสดุที่ใช้ทั้งหมดจึงเป็น $\frac{2,430 \times 100}{73.13}$ = 3,322 กิโลกรัม

โดยวัสดุที่ใช้ประกอบด้วย น้ำผึ้งเหลว 21.43% น้ำตาลทราย 35.71% หรือคิดเป็นน้ำผึ้งเหลว 712 กิโลกรัม น้ำตาลทราย 1,186 กิโลกรัม

จุดคุ้มทุน

การหาจุดคุ้มทุนนั้น จะต้องเริ่มจากการวิเคราะห์ก่อนว่าแต่ละเดือนมีค่าใช้จ่ายอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับการผลิต รายละเอียดค่าใช้จ่ายในส่วนของวัสดุจะคิดจาดส่วนที่ใช้จริงในการผลิต ไม่นับในส่วนที่สูญเสีย ซึ่งรายละเอียดของค่าใช้จ่ายต่อเดือนเป็นดังนี้

ต้นทุนคงที่

ค่าเสื่อมราคา	=	1,230	บาท
ค่าไฟฟ้าฐาน	=	512.20	บาท
รวม	=	1,742.2	บาท

ต้นทุนแปรผัน

ค่าแรงโดยตรงของผู้ผลิต 2 คน คนละ 12,000 บาท	=	24,000	บาท
ค่าไฟฟ้าแปรผัน	=	430	บาท

ค่าวัสดุ

- น้ำผึ้งเหลว 712 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 50 บาท = 35,600 บาท
- น้ำตาลทราย 1,186 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 24 บาท = 28,464 บาท
- แว่นใบตาล 667,800 แว่น = 5,832 บาท

ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร = 1,000 บาท

ค่าใช้จ่ายอื่นๆ = 5,000 บาท

รวม = 100,326 บาท

ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย = 100,326 / 2,430

= 41.2864 บาทต่อกิโลกรัม

ราคาขายต่อหน่วยเท่ากับ 50 บาทต่อกิโลกรัม

รายได้จากการขาย (คิดจากวัสดุที่ใช้จริง ไม่นับในส่วนสูญเสีย)

12,150 ถุง ถุงละ 10 บาท = 121,500 บาท

การคำนวณหาจุดคุ้มทุนสามารถหาได้จากสมการ

$$N = F / (P - V)$$

โดยที่ N คือ ปริมาณจุดที่ผลิตคุ้มทุนพอดี

F คือ ต้นทุนคงที่ (บาทต่อเดือน)

P คือ ราคาขายต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)

V คือ ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)

$$N = 1,742.2 / (50 - 41.2864)$$

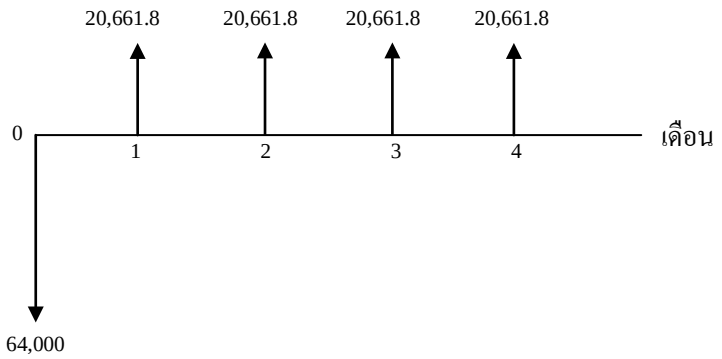
$$= 213.15 \text{ กิโลกรัม}$$

ระยะเวลาในการคืนทุนสามารถคำนวณได้ดังนี้

เงินลงทุนเริ่มต้น 64,000 บาท

รายได้สุทธิต่อเดือน 121,500 – (100,326 + 512.2) = 20,661.8 บาท

ระยะเวลาคืนทุน 93 วัน



ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบวิธีการเดิมกับการใช้เครื่องหยอดน้ำตาลแว่น

รายการ	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
ค่าแรงงาน	48,000	24,000
ค่าวัสดุ - น้ำผึ้งเหลว 712 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 50 บาท - น้ำตาลทราย 1,186 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 24 บาท - แว่นใบตาล 667,800 แว่น	 35,600 28,464 5,832	 35,600 28,464 5,832
เวลาที่ใช้ในการผลิต	8 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
อัตราการผลิต - แว่นเล็กผลิตได้วันละ -แว่นกลางผลิตได้วันละ	 19,200 แว่น 7,680 แว่น	 21,600 แว่น 16,200 แว่น

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ โดยเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีการผลิตแบบเดิมและหลังจากการนำเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นเข้ามาใช้ พบว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากสามารถเพิ่มกำลังการผลิตที่ได้มากกว่ากรรมวิธีการผลิตแบบเดิมโดยวิธีการใหม่ได้คำนวณจากการหักในส่วนที่สูญเสียไปแล้ว ซึ่งยังพบว่ามีกำลังการผลิตขึ้น ใช้แรงงานในการผลิตลดลงจากวิธีการเดิมที่ต้องใช้แรงงานถึง 4 คน แต่หลังจากที่ใช้เครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่นใช้แรงงานลดลงถึงครึ่งหนึ่ง อีกทั้งยังสามารถลดเวลาที่ใช้ในการผลิตได้ จากเดิมที่ใช้เวลาผลิตวันละ 8 ชั่งโมง เป็นวันละ 6 ชั่วโมง ทำให้สามารถผลิตได้สะดวก รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

บทที่ 5

สรุปผล

งานวิจัย “การออกแบบและสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น” มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบและสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่นให้กับเกษตรกรที่ผลิตน้ำตาลแว่นที่ทำมาจากน้ำตาลโตนด โดยขั้นตอนในการทำวิจัยจะเริ่มต้นจากการสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบและสร้างเครื่องจักรเพื่อแก้ไขปัญหา ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบปัญหา คือกระบวนการในการผลิตน้ำตาลแว่นมีความยากลำบาก ใช้ระยะเวลาในการผลิตนาน อีกทั้งปริมาณที่ผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ทำให้เกิดแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องช่วยผลิตน้ำตาลแว่น เพื่อลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการการผลิต และช่วยทุ่นแรงให้กับเกษตรกรผู้ผลิตน้ำตาลแว่น อีกทั้งยังช่วยให้บุคคลอื่น ๆ สามารถผลิตน้ำตาลแว่นได้ แม้จะไม่มีความชำนาญในการผลิตก็ตาม

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบขึ้นมา โดยสามารถผลิตได้วันละอย่างน้อย 51,000 แว่น สำหรับแว่นขนาดใหญ่ และ 42,120 แว่นสำหรับแว่นขนาดเล็กเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาของเกษตรกร ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยเครื่องจะประกอบด้วยชุดหม้ออุ่นน้ำตาลเหลว ชุดลำเลียงแว่นน้ำตาลโตนด และชุดควบคุมการหยอด การออกแบบเป็นการออกแบบให้ทั้ง 3 ส่วนทำงานสัมพันธ์กันในลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติ เมื่อทำการทดลองการทำงานของเครื่องพบว่าเครื่องผลิตน้ำตาลแว่นที่สร้างขึ้นสามารถให้ผลผลิตน้ำตาลแว่นได้แต่ก็มีเศษน้ำตาลที่ใช้ไม่ได้รวมอยู่ด้วยซึ่งคิดเป็นค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้น 26.83% ซึ่งยังเป็นค่าที่สูงอยู่อาจจะต้องมีการปรับปรุงเครื่องเพิ่มเติมเพื่อให้ค่าความสูญเสียลดน้อยลง

นอกจากนี้ตัวเครื่องเองก็ยังมีปัญหาในการใช้งานคือ กลไกในการหยอดน้ำตาลแว่นยังทำงานไม่ถูกต้องทำให้การหยอดน้ำตาลแว่นไม่เต็มแว่น การทำงานของฮีทเตอร์ไม่เป็นไปตามค่าที่เซตไว้ทำให้น้ำตาลไหม้ และมีการกระจายความร้อนไม่ทั่วถึง นอกจากนี้ขณะที่เครื่องทำงานยังมีเสียงดังเกิดขึ้นอีกด้วย ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุงเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่นในเรื่องของการกระจายความร้อนที่ไม่ทันถึง จากนั้นจึงทำการทดลองเครื่องหลังการปรับปรุงและนำเครื่องไปทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มแม่บ้านสตรีผลิตภัณฑ์ตาลโตนด บ้านคลองฉนวน ต.ชุมพล อ.สทิงพระ จ.สงขลา แต่อย่างไรการปรับปรุงเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่นยังไม่สามารถปรับปรุงได้ครบถ้วนในทุกปัญหาเนื่องจากยังมีข้อจำกัดในเรื่องของงบประมาณ ดังนั้นจึงได้เสนอแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่นดังนี้

1. เพิ่มฮีทเตอร์แบบสวมที่รูหยอด

2. ปรับระบบกลไกการหยอดน้ำตาลแว่นเป็นระบบวาล์ว

จากการทำงานวิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นและวิเคราะห์คุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าเครื่องต้นแบบที่ได้ทำการสร้างขึ้นนี้มีต้นทุนในการดำเนินการสร้างทั้งหมดประมาณ 64,000 บาท เครื่องจักรมีอัตรากำลังการผลิตอยู่ที่ 53 แว่นต่อนาที เป็นผลให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 26 แว่นต่อนาที โดยเครื่องทำงานติดต่อกันนาน 6 ชั่วโมง ซึ่งในการหาอัตราการผลิตนี้จะสนใจเฉพาะแว่นขนาดใหญ่ เนื่องจากในการใช้เครื่องช่วยหยอดน้ำตาลแว่นนี้สามารถเพิ่มอัตราการผลิตแว่นขนาดใหญ่ได้มาก มีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน และแว่นขนาดใหญ่ก็เป็นที่ต้องการมากกว่าแว่นขนาดเล็ก ซึ่งจากอัตราการผลิตที่ผลิตได้นั้นบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ที่ว่าเครื่องหยอดน้ำตาลแว่นขนาดใหญ่ได้ 51,000 แว่น/วัน และจากการวิเคราะห์คุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ทำให้พบว่าปริมาณการผลิตที่คุ้มทุนเท่ากับ 213 กิโลกรัม โดยมีระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องจักรอยู่ที่ 93 วัน

บรรณานุกรม

กษม ศิริวงศ์ศาล และอับบาส หมัดหมัน. 2550. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยหยอดน้ำตาลแว่นอย่างง่าย. สงขลา : สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

กฤษฎา ชัยกุล และวิทูรย์ สิมะโชคดี. 2540. เออร์กอนอมิคส์ วิทยาการจัดสภาพงานเพื่อการเพิ่มผลผลิตและความปลอดภัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

กานดา ใจภักดี. 2542. วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : ดวงกมล (2520).

เกษรินทร์ สุทธิวาร, พงศกร บรรณสาร และวีระยุทธ ดวงจินดา. 2548. เครื่องหยอดขนมตะโก้. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

จรัน ภาสุระ. 2540. เออร์กอนอมิกส์ ศาสตร์เพื่อการปรับสภาพแวดล้อมในการทำงานประจำวัน. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เฉลิมชนม์ สงวนศักดิ์ภักดี และณรงค์วิทย์ ตั้งศิริเศรษฐ. 2545. การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดน้ำตาลมะพร้าว. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

นัฐวุฒิ เมฆสุข และบดินทร์ ทัพซ้าย. 2548. ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องหยอดน้ำตาลมะพร้าว. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บุญเรือง มานะสุรการ. 2542. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. สงขลา : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พิเชฐ ตระการชัยศิริ. 2547. การออกแบบเครื่องจักร. สงขลา : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ภูมิ ทิพย์มณฑา และเสธ์ เพชรสุภา. 2547. การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดขนมคุกกี้อัตโนมัติ. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

แรงงานสากล,องค์การ (ILO). 2547. การศึกษาการทำงาน. แปลจากชื่อเรื่องในภาษาเดิมโดย จรูญ มหิทธาฟองกุล ชูเวช ชาญสง่าเวช วันชัย ริจิรวนิช และวิจิตร ตัณฑสุทธิ์. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี. 2548. การออกแบบเครื่องมือลำเลียงและโลจิสติกส์. เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น.

อิสรา ธีระวัฒน์สกุล. 2542. การศึกษาความเคลื่อนไหวและเวลา. เชียงใหม่ : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. “วิธีคิดค่าไฟฟ้า”. วันที่สืบค้น 1/12/2009 เวลา 19:20 น. <http://www.pea.co.th/th.htm>

วิษณุ กัมทรทิพย์.“สิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ถูกลักษณะ”.วันที่สืบค้น 15/01/2010 เวลา 22:00 น <http://www.si.mahidol.ac.th/department/Preventive/home/occhlthsafety/ergonomic.htm> คณะอนุกรรมการบริหารความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัย คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล

ไพฑูรย์ ศิริรักษ์. “ความเป็นมาของตาลโตนด”. วันที่สืบค้น 05/06/2009 เวลา 21.30 น. <http://sk.nfe.go.th/sating/stplib/local%20vjsidom/local6.html>

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8. “การสำรวจภูมิปัญญาท้องถิ่นในการทำตาลโตนด”วันที่สืบค้น 05/06/2009 เวลา 22.30 น. <http://www.samrancom.com/palmt.htm>

ฤทธิ์ ธีระโกเมน. “การนำโซลินอยด์ไปใช้งาน”. วันที่สืบค้น 25/12/2009 เวลา23:45 น. <http://www.telepart.net/index.php?lay=show&ac=article&Id=538725838&Ntype=36>