

ร.ร. ๗๖๖

ส. ๑๑๖๗

ร. ๓

การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ปริญญานิพนธ์

ของ

สกล นันทศรีวิวัฒน์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม ๒๕๔๓

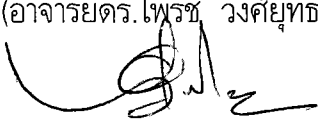
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

 ประธาน

(อาจารย์ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

 กรรมการ

(อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ)

คณะกรรมการสอบ

 ประธาน

(อาจารย์ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

 กรรมการ

(อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ)

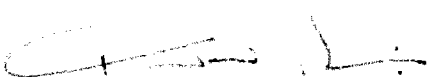
 กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ดร.อุปวิทย์ สู้คันธกุล)

 กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ไอบาส สุขหวาน)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่ ...3... เดือน ...พฤษภาคม... พ.ศ. 2543

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์วีโรจน์ เอ็งสุโสภณ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนการแก้ไขปรับปรุงสำนวนภาษาในการเขียนเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล อาจารย์โอภาส สุขหวาน กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำเพื่อแก้ไขให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ทองเหมาะ จำปาเงิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพฑูรย์ ประสมศรี อาจารย์สมบุรณ์ ขจรเดชะศักดิ์ อาจารย์อุทัย ผ่องรัศมี อาจารย์ภูมิ ภิงคารวัฒน์ อาจารย์ทำนอง เจริญรูป อาจารย์พิชัย พิมพ์ทองงาม อาจารย์ณรงค์ชัย ชื้อสตัยและอาจารย์พันธ์ศักดิ์ บุญปรก ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติม นับเป็นคุณค่าอย่างยิ่งแก่การศึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณประสิทธิ์ สิงห์ถม ผู้จัดการห้างหุ้นส่วนพิษณุยนต์ จำกัด คุณสาตี คุณวิริยะ ผู้จัดการร้านเทอดไทยรวมช่าง คุณสงวน โพธิ์พระ ผู้จัดการร้านสงวนโพธิ์พระ และคุณลี อิงคพร ผู้จัดการร้านเพชรไพโรจน์ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสนับสนุนในการศึกษาวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา การพานิช อธิการบดี สถาบันราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และสนับสนุนในการศึกษาวิจัย

ผู้วิจัยขอแนะนำคุณพระศรีรัตนตรัย กุศลผลบุญ และกรรมดีที่จะบังเกิดขึ้น จากงานวิจัยนี้ ขอมอบแด่ คุณบิดา คุณมารดา ผู้มีอุปการะคุณ ภรรยาและบุตรทั้งสองรวมถึงบุคคลที่ให้การสนับสนุนทุกท่าน

สกล นันทศรีวิวัฒน์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	จุดมุ่งหมายของการวิจัย	2
	ความสำคัญของการวิจัย	2
	ขอบเขตของการวิจัย	2
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	สมมุติฐานการวิจัย	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล	6
	วัสดุและคุณสมบัติของวัสดุ	8
	สมรรถนะและประสิทธิภาพ	16
	การเพิ่มผลผลิต	17
	ประวัติความเป็นมาของเครื่องยนต์	18
	ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ของเครื่องยนต์	19
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับเครื่องยนต์ของเครื่องยนต์	42
	กระบวนการของเครื่องยนต์ของเครื่องยนต์	43
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	51
3	การดำเนินการวิจัย	53
	วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	53
	สถานที่และเวลาในการวิจัย	55
	การดำเนินการวิจัย	55
	การวิเคราะห์ข้อมูล	61

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	64
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของเครื่องหยอดขนมทองหยอด	64
ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ	70
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	71
จุดมุ่งหมายของการวิจัย	71
ความสำคัญของการวิจัย	71
สมมุติฐานการวิจัย	71
การดำเนินการวิจัย	71
ผลการวิจัย	72
อภิปรายผล	73
ข้อเสนอแนะ	75
บรรณานุกรม	77
ภาคผนวก	80
ก. ส่วนประกอบของเครื่องหยอดขนมทองหยอด	81
ข. คู่มือการใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอด	108
ค. แบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพ เครื่องหยอดขนมทองหยอด	116
ง. หนังสือขอความอนุเคราะห์	121
จ. ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงเบนมาตรฐาน	130
ประวัติของผู้วิจัย	133

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบความคิดการวิจัย	5
2 แสดงภาระและความเค้น	9
3 ประเภทของภาระ	11
4 แสดงเส้นใยแนวแรงและแนวเส้นใยความเค้น	12
5 แสดงระยะโค้งของคาน	13
6 การบิดตัวของเพลากลม	14
7 ชั้นงานที่มึมน้ำดูดซึมน้ำด้วยเหล็กเหนียว	15
8 แสดงระบบการผลิต	17
9 มอเตอร์ชนิดแยกเฟสสตาร์ท	21
10 โครงสร้างแรงปฏิกิริยาและขนาดของสายพานลิม	22
11 สายพานลิมรูปพรรณ	23
12 สายพานลิมเส้นบางเปิดด้านข้าง	24
13 รูปแบบของล้อพูลล์สายพาน	26
14 หน้าตัดสายพานลิมและล้อสายพาน	27
15 ลักษณะและขนาดล้อสายพานลิม	27
16 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพาน	29
17 การยึดด้วยลิมส่งกำลัง	29
18 การกำหนดขนาดลิมและปฏิกิริยาของแรง	30
19 แบบฟอร์มลิมตาม DIN 6885	31
20 แสดงรูปร่างลักษณะเพล	32
21 เฟืองฟันตรงและเฟืองสะพาน	33
22 การเรียกชื่อส่วนของฟันเฟือง	34
23 อัตราทดมากกว่า 1	36
24 อัตราทดน้อยกว่า 1	36
25 เบร้งลูกปืนสำหรับแรงในแนวต่าง ๆ ของบริษัท SKF	37

ภาพประกอบ	หน้า
26 แผ่นกีดแบ่งทองหยอด	41
27 แผ่นเลื่อนตัดแบ่งทองหยอด	41
28 กล่องบรรจุแบ่งทองหยอด	42
29 เครื่องตีไข่	42
30 ถ้วยตวง	43
31 แสดงลำดับขั้นตอนกระบวนการทำทองหยอด	44
32 กระทะทองเหลือง	46
33 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องหยอดขนมทองหยอด	47
34 โครงสร้างของไข่	48
35 รูปทรงของทองหยอด	51
36 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	56

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 เปรียบเทียบเครื่องหยอดขนมทองหยอด	18
2 ขนาดหน้าตัดและความยาวสายพานลึมห้าแถบตามมาตรฐาน DIN 7753 หรือ ISO 4184	25
3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางฟิตช์ dp ของล้อสายพานลึมห้าตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975 (E) และ ISO/R 253-1962 (E)	28
4 ค่าตัวประกอบ K_2	28
5 กำหนดขนาดลึมห้าส่งกำลังฟอรม A	31
6 เบร้งลูกปืนตุ้กตา	38
7 อายุการใช้งานของเบร้ง	39
8 ค่าความเร็วคงที่ของลูกปืนชนิดต่าง ๆ	40
9 ไขขนาดต่าง ๆ ตามน้ำหนัก	49
10 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ทางด้านลักษณะทางกายภาพ	64
11 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ทางด้านลักษณะการใช้งาน	65
12 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ทางด้านลักษณะการบำรุงรักษา	66
13 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ทางด้านความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน	67
14 แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ เครื่องหยอดขนมทองหยอด	68
15 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอด ขนมทองหยอด	69
16 แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องหยอด ขนมทองหยอด	69
17 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อ เครื่องหยอดขนมทองหยอด	70
18 ตรวจสอบความแข็งแรงของเพลลา	104

ตาราง	หน้า
19 แสดงผลการวิเคราะห์ความเปี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินสมรรถนะ ลักษณะทางกายภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด	130
20 แสดงผลการวิเคราะห์ความเปี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินสมรรถนะ ลักษณะการใช้งานเครื่องหยอดขนมทองหยอด	130
21 แสดงผลการวิเคราะห์ความเปี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินสมรรถนะ ลักษณะการบำรุงรักษาเครื่องหยอดขนมทองหยอด	131
22 แสดงผลการวิเคราะห์ความเปี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินสมรรถนะ ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งานเครื่องหยอดขนมทองหยอด	131
23 แสดงผลการวิเคราะห์ความเปี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินประสิทธิภาพ เครื่องหยอดขนมทองหยอด	131

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ไทยเป็นชาติเก่าแก่ที่มีอารยธรรมของตนเองมาเป็นเวลาช้านาน นับตั้งแต่ก่อตั้งบ้านเมืองและสถาปนาอาณาจักรไทยขึ้น และเรียกอาณาจักรที่สถาปนาขึ้นว่า อาณาจักรสุโขทัย คนไทยได้สร้างแบบแผนประเพณีวัฒนธรรมเป็นแบบอย่างเฉพาะตัวขึ้นมากมาย และประเพณีวัฒนธรรมไทยได้รับการสืบทอดต่อเนื่องมาอย่างมิได้ขาดตอน จึงทำให้หลายสิ่งหลายอย่างที่ปรากฏอยู่ในทุกวันนี้ คือ ผลแห่งความคิดสร้างสรรค์อันวิเศษของบรรพบุรุษไทยในสมัยโบราณ (วันชัย อิงปัญจลาภ. 2539 : 1) แตกต่างจากประเทศอื่น ๆ ตลอดเวลาอันยาวนานนี้การทำขนมไทยได้ผูกพันกับประเพณีและวัฒนธรรมไทย จนนับได้ว่าเป็นเอกลักษณ์ของไทยอย่างหนึ่ง (มิตรรา หอรัตนชัย และ อวยศรี ชูฤกษ์. 2538 : 1)

ขนมไทยจัดเป็นมรดกทางวัฒนธรรมที่เก่าแก่มากที่สุดอย่างหนึ่ง มีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ที่บ่งบอกความเป็นไทย ทั้งโดยรูปลักษณ์และโดยรสชาติที่ได้รับการสืบทอดมาจากบรรพบุรุษ ขนมไทยเป็นขนมที่มีกลิ่นหอมน่ารับประทาน ซึ่งกลิ่นหอมมาจากการใช้น้ำลอยดอกมะลิ เช่น ลูกชุบ ทองหยอด ขนมชั้น เป็นต้น (วันชัย อิงปัญจลาภ. 2539 : 1) เมื่อถึงเทศกาล งานบุญ วันตรุษสารท และพิธีมงคลต่าง ๆ คนไทยเรามักจะทำบุญเลี้ยงพระ เลี้ยงแขกด้วยขนมที่มีความหมายในทางที่เป็นสิริมงคลทั้งสิ้น

ส่วนผสมของขนมไทยในสมัยก่อนมีอยู่ 3 อย่าง คือ แป้ง น้ำตาล และมะพร้าว ซึ่งเป็นส่วนที่ขาดไม่ได้ ทั้ง 3 สิ่งถูกนำมาทำโดยใช้วิธีการทำแตกต่างกันไป จึงเกิดขนมมากมายหลายชนิด ต่อมาเมื่อไทยเราได้มีการติดต่อกับชาวต่างชาติ ก็ได้รับอิทธิพลการทำขนม ทำให้มีการเพิ่มส่วนผสม จากเดิมมีส่วนผสมเพียง 3 อย่าง ก็ได้มีไข่และส่วนผสมอื่น ๆ เพิ่มเข้ามา เช่น ทองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง ขนมเหล่านี้ได้รับอิทธิพลมาจากชาวโปรตุเกส นอกจากนี้ยังมีขนมอีกหลายชนิด ที่ไม่ใช่ขนมไทยแท้ แต่คนในสมัยนี้นึกว่าเป็นขนมไทยก็เนื่องมาจากการที่คนไทยเป็นคนช่างคิด ช่างดัดแปลง ทำให้ขนมเหล่านั้นถูกปรับปรุงเปลี่ยนแปลงจนมีลักษณะที่ไม่เหมือนต้นตำรับ และได้กลายเป็นขนมไทยเราไป เช่น สังขยา ขนมหม้อแกว ทองหยอด (สามารถ สุดโต. 2539 : 4) ขนมทองหยอดมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว คือ มีขนาดเท่ากับหัวแม่มือ รูปร่างคล้ายหยอดน้ำ มีสีเหลืองทอง รสหวาน กลิ่นหอม ชวนรับประทาน ลักษณะของทองหยอดที่ดี เนื้อจะนุ่มไม่แข็งเป็นไต และไม่มีความเหนียวของไข่

ในการผลิตขนมทองหยอดนั้นจะมีการผลิตด้วยมือเป็นหลัก เมื่อนำมาจำหน่ายให้กับผู้บริโภค และก็ได้มีการต้อนรับจากผู้บริโภคมากขึ้น ต่อมาได้มีการส่งเสริมอาชีพอิสระให้คนที่สนใจเสน่ห์ของขนมทองหยอด ทำเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน เพื่อให้มีรายได้เลี้ยงครอบครัว จนมีความต้องการขนมทองหยอด

มากขึ้น การผลิตด้วยมือทำได้ไม่พอเพียงกับผู้บริโภค เพราะต้องใช้แรงงานคนและเวลาในการผลิตมาก ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงไม่ค่อยมีผู้ผลิตรายใด ที่จะผลิตขนมทองหยอดครั้งละมาก ๆ ได้ ขนมทองหยอดจะมีความต้องการสูงขึ้นเรื่อย ๆ และการหาแรงงานคนก็หายากขึ้นทุกวัน จึงมีผู้คิดออกแบบสร้างเครื่องหยอดขนมทองหยอดแบบ 2 หัว แทนแรงงานคนที่มีอยู่เดิม เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณการผลิตให้มากขึ้น

จากการได้พบปะหารือกับชาวบ้านในจังหวัดเพชรบุรี ที่มีอาชีพในการผลิตขนมทองหยอดเพื่อจำหน่าย โดยใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอดแบบ 2 หัว ก็บอกว่าสะดวกขึ้นมาก ทำให้ลดแรงงานคนลงไป และเป็นการเพิ่มผลผลิตอีกด้วย แต่ก็ยังไม่พอนื่องจากบางครั้งมีลูกค้ามาจากต่างจังหวัด หรือตามห้างสรรพสินค้ามาสั่งจำนวนมาก ๆ ทำให้การผลิตขนมทองหยอดไม่ทันต่อความต้องการของตลาด

จากสภาพปัญหาและเหตุผลดังกล่าวเป็นเหตุให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาค้นคว้าหาวิธีพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอดขึ้นมา เพื่อให้การผลิตได้ปริมาณมากขึ้น เครื่องหยอดขนมทองหยอดที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาได้คำนึงถึงประโยชน์หลาย ๆ ด้าน ทั้งในด้านการอนุรักษ์ขนมไทย การเสริมรายได้ในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยเน้นความสะดวกสะดวกรวดเร็วในการปฏิบัติงาน การลดแรงงาน ความเมื่อยง่าย และยังเป็น การเพิ่มผลผลิต ได้ปริมาณที่มากขึ้น โดยตัวเครื่องมีขนาดกะทัดรัด แบ่งออกเป็น ส่วนโครงสร้างระบบส่งกำลังและระบบผลิต มีการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด $\frac{1}{4}$ แรงม้า เป็นต้น กำลังใช้ไฟ 220 โวลต์ สามารถผลิตขนมทองหยอดได้ครั้งละ 4 ลูก ขึ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องหยอดขนมทองหยอด จะมีการปิดด้วยแผ่นเหล็ก เพื่อป้องกันอันตราย ขณะปฏิบัติงาน และการใช้เครื่องมีความสะดวกเพียงแต่เปิดสวิตช์ไฟเครื่องสามารถทำงานได้ และหยุดเครื่องโดยอัตโนมัติ

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด
2. เพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้เครื่องหยอดขนมทองหยอด สามารถนำไปใช้เป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก และเพื่อการศึกษาค้นคว้า และพัฒนาต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1. โครงสร้างเครื่องหยอดขนมทองหยอด เป็นโครงเหล็กที่ถูกสร้างขึ้นตามการออกแบบเป็นตัวให้ขึ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องหยอดขนมทองหยอดจับยึด

2. ระบบส่งกำลังของเครื่องหยอดขนมทองหยอด มีส่วนประกอบสำคัญ 6 ส่วน คือ

2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว เป็นต้นกำลังที่ทำให้เกิดแรงบิด โดยการหมุน ทำให้เกิดการทำงานและส่งกำลังไปขับเคลื่อนสายพาน เพื่อให้มีการทำงานทั้งระบบ

2.2 เฟลาส่งกำลัง เป็นชิ้นส่วนที่หมุนรอบตัวเอง เพื่อส่งถ่ายกำลังไปยังจุดที่ต้องการบนเฟลา จะมีส่วนประกอบ เช่น เฟืองล้อสายพาน ลิมส่งกำลัง

2.3 สายพานลิม สายพานที่ทำจากยางมีชั้นใยสังเคราะห์หุ้มอยู่รอบ ๆ ใช้ส่งกำลังระหว่างล้อสายพานด้วยกัน เนื่องจากมีคุณสมบัติในการอ่อนตัว

2.4 ล้อสายพาน วัสดุที่ทำจากเหล็กหล่อมีร่องเพื่อรองรับสายพานให้อยู่ตรงกลางเป็นตัวรับกำลังจากเฟลาและส่งกำลังระหว่างล้อสายพานด้วยกัน

2.5 ลิมส่งกำลัง ชิ้นส่วนที่ส่งกำลังระหว่างเฟลากับล้อสายพานหรือเฟือง และป้องกันมิให้ชิ้นส่วนที่ยึดติดอยู่กับเฟลาเกิดความเสียหาย เนื่องจากการส่งกำลัง

2.6 เฟืองส่งกำลัง เฟืองซึ่งได้รับการส่งกำลังมาจากก้านส่งกำลัง เพื่อนำไปควบคุมแผ่นกดแป้งทองหยอด

3. ระบบการผลิตของเครื่องหยอดขนมทองหยอด มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ

3.1 กล่องบรรจุแป้งทองหยอด ที่มีลักษณะเป็นกล่องทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำด้วยเหล็กไร้สนิมสำหรับบรรจุแป้งทองหยอด

3.2 แผ่นเลื่อนตัดทองหยอด แผ่นสี่เหลี่ยมตัดเซาะร่องเป็นรูปตัววีจำนวน 4 ร่อง ทำด้วยเหล็กไร้สนิมยึดติดกับก้านส่งกำลังเพื่อทำหน้าที่เลื่อนตัดแป้งทองหยอด

3.3 แผ่นกดแป้งทองหยอด แผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้ายึดติดอยู่กับเฟลาและอยู่ส่วนบนของกระบอกบรรจุแป้งทองหยอดเพื่อทำหน้าที่กดแป้งทองหยอด

4. ตัวแปรที่ศึกษา ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรที่จะทำการศึกษาไว้ 2 ด้าน ดังนี้ คือ

4.1 สมรรถนะเครื่องหยอดขนมทองหยอด เป็นตัวชี้วัดความสามารถของเครื่องหยอดขนมทองหยอด สามารถจัดกลุ่มสมรรถนะเครื่องหยอดขนมทองหยอดได้ 4 ด้าน ดังนี้

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพ

4.1.2 ลักษณะการใช้งาน

4.1.3 ลักษณะการบำรุงรักษา

4.1.4 ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน

4.2 ประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด เป็นตัวชี้วัดการทำงานของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ซึ่งสามารถจัดกลุ่มประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอดได้ 4 ด้าน ดังนี้

- 4.2.1 อัตราการผลิตขนมทองหยอด
- 4.2.2 ลดขั้นตอนการผลิตขนมทองหยอด
- 4.2.3 ต้นทุนการผลิตขนมทองหยอด
- 4.2.4 ผลผลิตขนมทองหยอดจะมีการเสียน้อย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด หมายถึง การกำหนดรูปแบบลักษณะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ขึ้นมาใหม่เพื่อให้มีสมรรถนะ และประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องที่มีอยู่
2. โครงสร้าง หมายถึง เป็นโครงหลักที่ถูกสร้างขึ้นมาตามการออกแบบและพัฒนาเพื่อให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ จับยึด
3. การทำงาน 1 รอบ หมายถึง การทำงานของแผ่นเลื่อนตัดของกลไก เริ่มจากการเปิดสวิตช์ไฟให้ระบบทำงานจะผลิตทองหยอดได้ 4 ลูก : 1 ครั้ง
4. ทองหยอด หมายถึง ขนมไทยประเภทหนึ่งจัดเป็นอาหารหวาน นิยมรับประทานเป็นอาหารว่าง และหลังรับประทานอาหารคาว โดยมีส่วนผสมดังนี้
 - 4.1 ส่วนผสมแป้งทองหยอด

ไข่ไก่เบอร์ 1	จำนวน	20	ฟอง
แป้งข้าวเจ้า	จำนวน	1	ถ้วย (120 ซี.ซี.)
 - 4.2 ส่วนผสมน้ำเชื่อมใส

น้ำตาลทรายขาว	จำนวน	3	ถ้วย (360 ซี.ซี.)
น้ำลอยดอกมะลิ	จำนวน	3	ถ้วย (360 ซี.ซี.)
 - 4.3 ส่วนผสมน้ำเชื่อมข้น

น้ำตาลทรายขาว	จำนวน	5	ถ้วย (600 ซี.ซี.)
น้ำลอยดอกมะลิ	จำนวน	2½	ถ้วย (30 ซี.ซี.)
5. เครื่องหยอดขนมทองหยอด หมายถึง เครื่องมือที่สร้างขึ้นตามการออกแบบ เพื่อใช้ในการผลิตขนมทองหยอด และใช้กำลังของกระแสไฟฟ้าไปหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า สามารถควบคุมการทำงานได้
6. สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด หมายถึง ความสามารถของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ซึ่งสามารถจัดกลุ่มสมรรถนะเครื่องหยอดขนมทองหยอดได้ 4 ด้าน ดังนี้
 - 6.1 ลักษณะทางกายภาพ หมายถึง ขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอด สวยงามกะทัดรัด ชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนออกแบบให้มีรูปทรงที่สามารถแยกชิ้น และประกอบได้ มีความแข็งแรง ปลอดภัยขณะใช้งานและขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอดออกแบบได้อย่างเหมาะสม

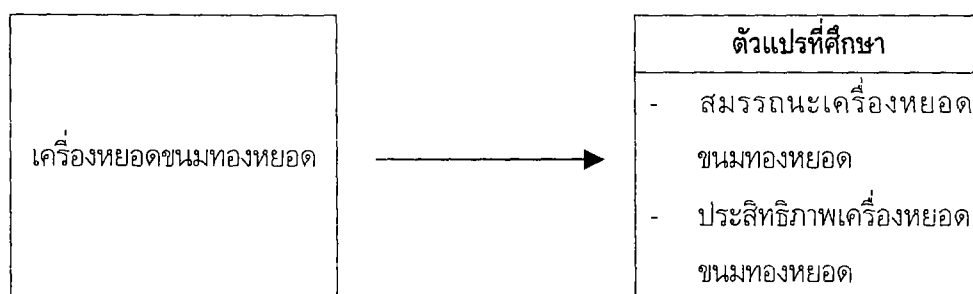
6.2 ลักษณะการใช้งาน หมายถึง การบรรจุวัตถุดิบสามารถทำได้สะดวก ประหยัดเวลาในการใส่แป้งทองหยอด การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันและการหยุดการปฏิบัติงานทำได้โดยอัตโนมัติ

6.3 ลักษณะการบำรุงรักษา หมายถึง การบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้อย่างเหมาะสม การประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นไม่ก่อให้เกิดการชำรุดเสียหาย ถ้าชำรุดก็สามารถซ่อมแซมและเปลี่ยนได้ง่าย ทั้งนี้วัสดุทุกชิ้นหาได้ง่ายและราคาถูก

6.4 ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน หมายถึง ผู้ปฏิบัติงาน 1 หรือ 2 คน สามารถใช้งานได้ มีความปลอดภัย โดยนำไปใช้งานเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย

7. ประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด หมายถึง อัตราการผลิตทองหยอดไม่น้อยกว่า 120 ลูกภายในเวลา 1 นาที ลดขั้นตอนการผลิตทำให้ต้นทุนการผลิตขนมทองหยอดลดลง และผลผลิตขนมทองหยอดจะมีของเสียน้อย

กรอบความคิดการวิจัย การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด



ภาพประกอบ 1 กรอบความคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

เครื่องหยอดขนมทองหยอด มีสมรรถนะและประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ จากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้ ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ โดยแยกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล
2. วัสดุและคุณสมบัติของวัสดุ
3. สมรรถนะและประสิทธิภาพ
4. การเพิ่มผลผลิต
5. ประวัติความเป็นมาของหมอบ
6. ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องหมอบ
7. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้กับเครื่องหมอบ
8. กระบวนการหมอบ
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลส่วนใหญ่ที่ออกแบบแล้ว นำมาประกอบเป็นชุดประกอบ (assembly) หรือนำเอาชุดประกอบหลาย ๆ ชุดมาประกอบรวมกันเป็นเครื่องจักรกล เช่น เครื่องกัด ฯลฯ ได้อย่างเหมาะสมเจาะพอดี (optimum) การจะออกแบบชิ้นส่วน หรือเครื่องจักรกลที่ใช้งานได้ดีนั้น ประการแรกจะต้องมีการรวบรวมวิธีแก้ปัญหาในการออกแบบได้หลายรูปแบบ มีประสบการณ์มากพอสมควร มีพื้นฐานทางวิศวกรรมลึกซึ้งรวมทั้งการมีจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ที่ดี และมีความรู้เกี่ยวกับวิศวกรรมคุณค่า (value engineering) ด้วย (มานพ ตันตระกูล. 2540 : 1)

การออกแบบเครื่องจักรกล นอกจากจะต้องคิดถึงความเป็นไปได้เชิงวิศวกรรม ความสะดวกในการใช้งานและง่ายต่อการบำรุงรักษาแล้วยังต้องคำนึงถึงความแข็งแรงทนทานอีกด้วย เครื่องจักรกลจะแข็งแรงทนทานมากน้อยเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของชิ้นส่วนประกอบ ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณชิ้นส่วนประกอบให้มีความแข็งแรงพอเพียงกับขนาดและภาระของเครื่อง และจะต้องออกแบบให้ถูกต้องเหมาะสมสะดวกแก่การถอดประกอบและเปลี่ยนแทนได้เมื่อเกิดการชำรุดเสียหาย หรือหมดอายุการใช้งาน (บรรเลง ศรีนิล และกิตติ นิงสานนท์. 2530 : 1)

1.1 หลักเกณฑ์ทั่วไปในการออกแบบเครื่องจักรกลและชิ้นส่วนในทางวิศวกรรม วิธีการดำเนินการออกแบบเครื่องจักรกล หรือชิ้นส่วนจะต้องประกอบไปด้วยหลักการ และขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1.1 การวางแผน (planning) : การเลือกงานที่จะออกแบบ

1.1.2 แนวคิด (concept) : การแจกรูปแบบของการออกแบบ การแบ่งแยกของระบบทำงานรวมไปเป็นระบบการทำงานย่อย (subsystem) การรวมแนวการออกแบบเพื่อให้เกิดเป็นระบบทำงานรวม การประเมินคุณค่าแนวการออกแบบในเชิงวิศวกรรม และเชิงเศรษฐศาสตร์

1.1.3 การออกแบบร่าง (lay out) : เป็นการออกแบบร่างอย่างเป็นมาตราส่วน โดยจะต้องมีการประเมินคุณค่าการออกแบบร่างเชิงวิศวกรรม และเชิงเศรษฐศาสตร์ และการปรับปรุงออกแบบร่างให้ดีขึ้นด้วยการออกแบบร่างในโซนต่าง ๆ ให้ดูเหมาะสมมากขึ้น

1.1.4 การออกแบบรายละเอียด : เป็นการออกแบบรูปร่างชิ้นส่วนย่อยให้มีความเหมาะสม การเขียนรายละเอียด การเขียนแบบ การเลือกใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน เช่น สกรู สลัก โซ่ สายพาน ฯลฯ ตารางรายการวัสดุ วิธีการผลิต การประกอบ การขนส่ง และการเก็บรักษา การตรวจสอบต้นทุนการผลิต การสร้างชุดต้นแบบ (prototype) หรือโมเดล (model) และการตัดสินใจเพื่อการผลิต

1.2 การออกแบบทางวิศวกรรมเครื่องกล การออกแบบเครื่องกล หมายถึง การออกแบบสิ่งต่าง ๆ ระบบต่าง ๆ ของเครื่องจักรกล ผลิตภัณฑ์ โครงสร้าง อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล ส่วนใหญ่แล้วจะใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์วัสดุและวิทยาศาสตร์ทางวิศวกรรมเครื่องกล

การออกแบบเครื่องจักรกลจะต้องมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดจำแนกชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่าง ๆ ตั้งแต่การคำนวณจากข้อมูลที่ทราบ เช่น งานที่ได้กำลังงานที่ใช้ แล้วคำนวณหาแรงในแต่ละส่วน ตามลำดับหน้าที่ของการทำงานของเครื่อง โดยใช้หลักการของกลศาสตร์ แล้วทำการออกแบบแต่ละชิ้นส่วนเพื่อให้สามารถทำงานได้ ตามหน้าที่โดยไม่พังหรือเสียหาย

เราจำเป็นต้องใช้หลักการของความแข็งแรงของวัสดุ来帮助แก้ปัญหา ทางวิศวกรรม โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะให้ขนาดของชิ้นส่วนเครื่องจักรมีความถูกต้องเหมาะสม ในวิธีการนั้นผู้ออกแบบจะต้องทำการวิเคราะห์ความเค้น (stress) เพื่อตัดสินใจที่จะให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ สามารถรับความเค้นสูงสุด (maximum stress) แต่ละชนิดได้ (อนันต์ วงศ์กระจ่าง. 2533 : 1)

ข้อที่ผู้วิจัยต้องพิจารณาในการออกแบบ สิ่งสำคัญที่สุดที่จะต้องคำนึงถึงในการออกแบบ คือ ความแข็งแรง (strength) ซึ่งจัดเป็น องค์ประกอบหลักในการกำหนดรูปร่างและขนาดของชิ้นส่วน จึงกล่าวได้ว่าความแข็งแรงจึงเป็นข้อพิจารณาในการออกแบบที่สำคัญอย่างหนึ่ง และสิ่งอื่น ๆ อีกหลายอย่าง ที่จะต้องพิจารณา ซึ่งอาจจะเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดกระทบกระเทือนต่อการออกแบบชิ้นส่วน หรือต่อทุกระบบ และในสภาพการออกแบบที่อยู่ใต้ข้อกำหนด ข้อพิจารณาบางอย่างในการออกแบบจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดวิกฤตขึ้นได้ ซึ่งนั่นก็หมายถึงชิ้นส่วน หรือเครื่องจักรกล หรือระบบที่ได้ออกแบบมีความเสียหาย ไม่สามารถใช้งานได้ หรือใช้งานได้ไม่ถึงขีดความสามารถตามที่ออกแบบไว้ ดังนั้นในการออกแบบดังกล่าว จะเป็นแนวทางในการกำหนดชนิดวัสดุ ขบวนการทำและการประกอบชิ้นส่วนในระบบ ให้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับการสร้างเครื่องหยอดขนมทองหยอด

2. วัสดุและคุณสมบัติของวัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องมืออุปกรณ์ ชิ้นส่วนต่าง ๆ มีมากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จะสร้าง เป็นการยากที่จะกำหนดถึงชนิดของวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่งให้แน่นอนลงไปได้ ผู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ การกำหนดวัสดุในการออกแบบ ควรจะต้องมีความเข้าใจพื้นฐานของวัสดุชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่คุณสมบัติ ชนิดและมาตรฐาน ขนาดมาตรฐานที่ผลิตออกจำหน่าย ตลอดจนกรรมวิธีทางความร้อนที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุ

2.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ หมายถึง คุณสมบัติของวัสดุในการตอบสนองต่อแรงทางกล (mechanical force) ที่มากระทำไม่ว่าจะเป็นลักษณะใดก็ตาม

คุณสมบัติทางกลของวัสดุเป็นข้อมูลสำคัญที่สามารถช่วยให้เราตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของวัสดุตามความต้องการในการออกแบบได้ถูกต้อง คุณสมบัติทางกลของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบดังนี้

2.1.1 ความแข็งแรง เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัสดุ ก็จะเกิดแรงต้านภายในวัสดุขึ้นเพื่อต้านแรงที่มากระทำนั้น ถ้าแรงที่มากระทำมีค่ามากกว่าแรงภายในวัสดุที่จะต้านได้ วัสดุนั้นจะเสียรูป ขาดหรือแตกหักไป ความสามารถในการต้านทานแรงของวัสดุนี้คือความแข็งแรง

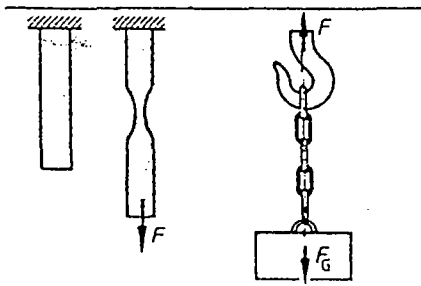
2.1.2 ความเค้น เป็นผลมาจากแรงภายนอกมากระทำกับชิ้นส่วน โดยคิดกระจายสม่ำเสมอบนพื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วนที่รับแรง ค่าของความเค้นนี้จะขึ้นกับพื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วนที่อยู่ภายใต้แรงเท่าใดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัด เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงของวัสดุที่ทำชิ้นส่วนนั้น

2.1.3 ความเครียด คือ อัตราการยืดหรือหดตัวของวัสดุ เมื่ออยู่ภายใต้แรงกระทำต่อความยาวเดิม วัสดุที่มีความเหนียวสูงจะยืดตัวได้มากจะมีค่าความเครียดสูง วัสดุที่มีความแข็งแรงสูงและมีความแข็งจะมีความเครียดต่ำ (อนันต์ วงศ์กระจ่าง, 2533 : 55)

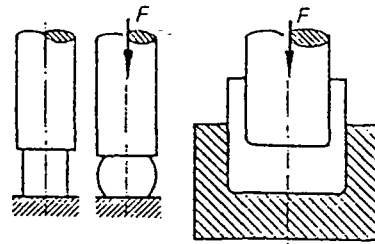
2.2 ภาระและความเค้น การรับภาระของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจะเกิดจากการที่มีแรงมากระทำต่อชิ้นส่วนตามทิศทางที่แรงมากระทำ โดยจะมีแรงดึง แรงอัด แรงเฉื่อย แรงดัด และแรงบิด ภาพประกอบ 2 สำหรับแรงกดนั้น จะรวมการกดโก่งและแรงกดตามพื้นที่ การกดโก่งนั้นแรงกดโก่งจะทำให้ชิ้นส่วนเครื่องจักรโก่งงอ ส่วนแรงกดตามพื้นที่นั้นจะเกิดจากการสัมผัสของชิ้นส่วนสองชิ้น เช่น แรงกดของเพลานในร่องเพลาน

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ตัวอย่างเช่น เกลาของกระปุกเกียร์ที่มีการรับแรงดัดและแรงหมุนบิดในเวลาเดียวกัน ในกรณีเช่นนี้จะเรียกว่า การรับภาระร่วม การที่มีแรงกระทำต่อชิ้นงานจะทำให้เกิดความเค้นในชิ้นงาน ความเค้นนี้จะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของขนาดแรงและรูปร่างขนาดภาคตัดขวางของชิ้นงานที่รับแรงดัดแรงหมุนบิดและแรงกดโก่ง โดยจะกำหนดเป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (N/mm^2)

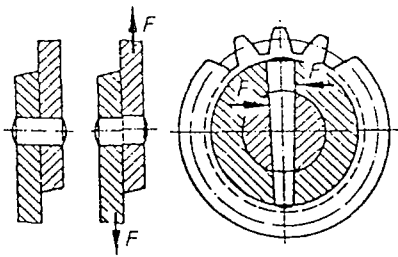
ชิ้นงานวัสดุที่รับแรงดึงจนแตกหักขาดจะเรียกว่า ความต้านแรงดึง (tensile strength) หากเป็นการรับแรงอัด จะเรียกว่า ความเค้นอัด (compressive strength) หรือถ้ารับแรงเฉือนจะเรียกว่า ความเค้นเฉือน (shear strength) ภาพประกอบ 2



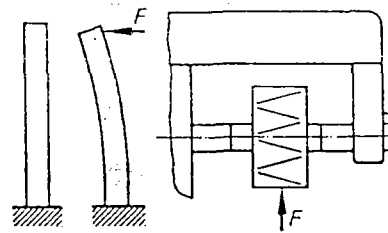
ก. การรับแรงดึงของชิ้นงาน



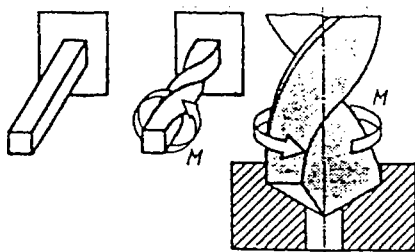
ข. การรับแรงอัดของชิ้นงาน



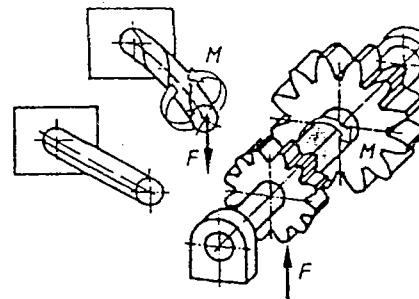
ค. การรับแรงเฉือนของชิ้นงาน



ง. การรับแรงดัดของชิ้นงาน



จ. การรับแรงหมุนบิดของชิ้นส่วน



ฉ. การรับแรงหลายลักษณะรวมกัน

ภาพประกอบ 2 แสดงภาวะและความเค้น
(मानप दान्तरबन्धित्य और फुलन 2536 : 1-2)

2.3 ประเภทของภาระ แรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในระยะเวลาสั้น สามารถแบ่งได้ดังนี้

2.3.1 ภาระสถิตย์ (statics load) เป็นลักษณะที่ภาระหรือแรงกระทำต่อชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ความเค้นจะเริ่มจากศูนย์ไปถึงค่าสูงสุดแล้วอยู่คงที่ ภาพประกอบ 3ก.

ตัวอย่าง การหมุนของเพลาชับของพัดลม ความเค้นบิดจะเกิดการที่เพลารับหมุน (ศูนย์) ไปจนถึงความเร็วรอบที่ (ค่าความเค้นบิดจะอยู่สูงสุดคงที่)

2.3.2 ภาระพลวัต (dynamics load) จะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดพิกัดหรือทิศทางของความเค้นไปตลอด ซึ่งสามารถแบ่งแยกได้ดังนี้

ก. ภาระพลวัตขึ้นลง (fluctuating load หรือ varying load) ความเค้นจะขึ้นลงระหว่างศูนย์ถึงค่าสูงสุด ภาพประกอบ 3ข.

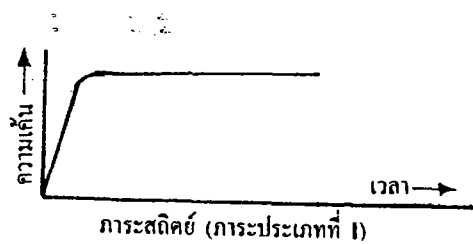
ตัวอย่าง การรับภาระดัดของกระเดื่องกลัดลินไอดีหรือไอเสียในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

ข. ภาระพลวัตสลับ (alternating load) ความเค้นจะสลับขึ้นลงตลอดระหว่างค่าความเค้นบวกและค่าความเค้นลบ ภาพประกอบ 3ค.

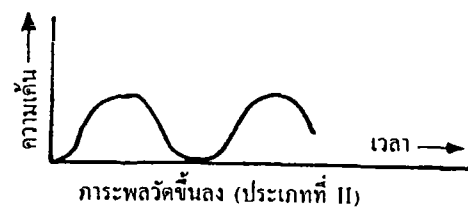
ตัวอย่าง เพลาที่หมุนขับในทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา เพลารับภาระดัดหรือบิดหรือภาระทั้งสองรวมกัน

ค. ภาระพลวัตทั่วไป (general dynamic load) ความเค้นจะมีค่าระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด และค่าต่ำสุดโดยอิสระ ภาพประกอบ 3ง.

ตัวอย่าง การหมุนบิดของเพลากัดสปีนเดิลในขณะกัตนอนชิ้นงานที่รับภาระพลวัตหรือมีรอบบาก จะเกิดแตกหักหรือขาดเนื่องจากการล้าของเนื้อวัสดุได้ง่ายหรือเร็วกว่าชิ้นงานที่รับภาระสถิตย์



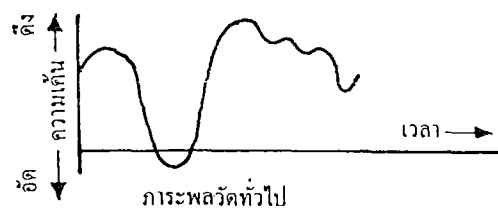
ก.



ข.



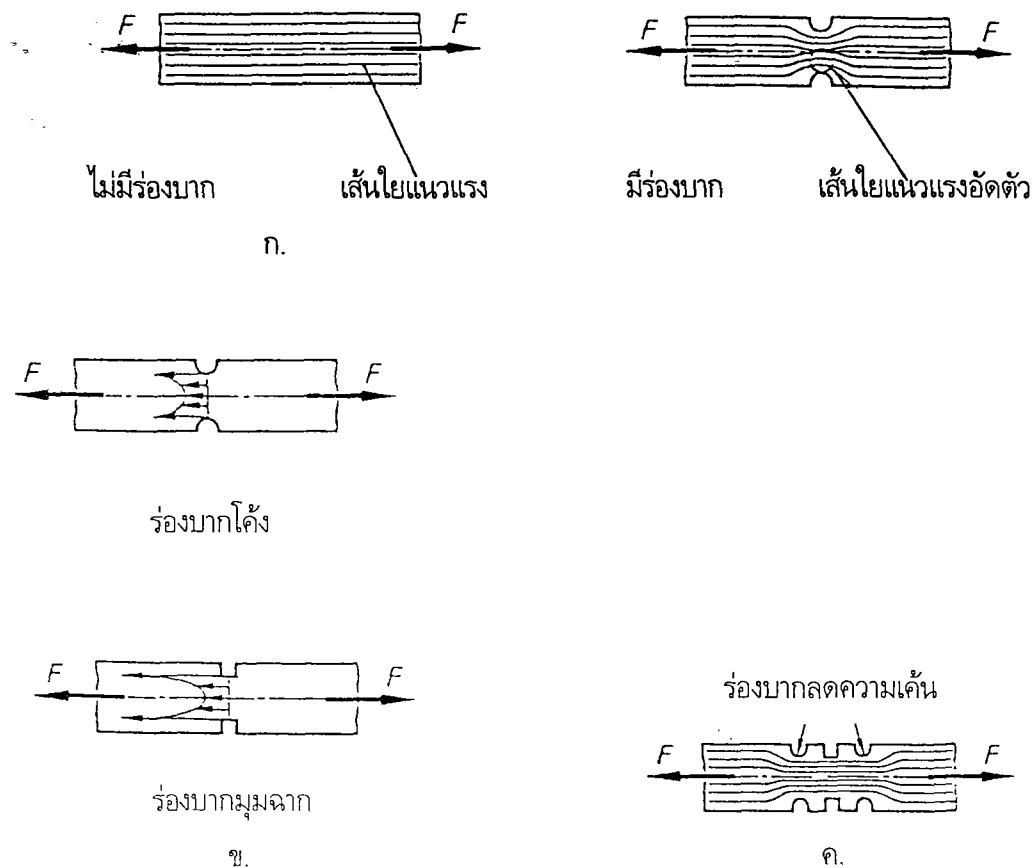
ค.



ง.

ภาพประกอบ 3 ประเภทของภาระ
(มานพ ดันตรบัณฑิตย์ และผู้อื่น 2536 : 3)

ชิ้นงานที่ไม่มีร่องบากจะมีเส้นใยแนวแรงในขณะรับแรงดึงสม่ำเสมอ ส่วนชิ้นงานที่มีร่องบากจะมีเส้นใยแนวแรงในขณะรับแรงดึง เป็นแนวเส้นใยอัดตัว ภาพประกอบ 4ก. ที่เป็นสาเหตุความเค้นสูงขึ้นบริเวณร่องบากทำให้เกิดการร้าวแตกหักหรือขาดได้ ร่องบากจะทำให้ภาคตัดขวางของชิ้นงานน้อยลง เช่น ร่องตบ่าของเพลาร่องลิ้มบนเพลา เปลาที่มีผิวกลึงหยาบ ส่วนเพลาที่ทำจากเหล็กหล่อเทาจะมีเกิดแกรไฟต์แทรกอยู่ให้เป็นผลเป็นร่องบากภายในเนื้อหล่อเทาเช่นกัน ขนาดและรูปร่างของร่องบากมีผลต่อความไว ร่องบากเป็นอย่างมาก ภาพประกอบ 4ข. เปลาที่มีการตกร่องเป็นรัศมีจะช่วยลดแนวเส้นใยความเค้นที่หักมุม ให้น้อยลง ซึ่งจะทำให้เพลาทนต่อการหัก ขาดได้นานขึ้น นอกจากนี้ผิวชิ้นงานที่ผ่านการปาดผิวหยาบจะมีผลต่อความไว ร่องบากมากกว่าผิวที่มีความละเอียดมากกว่า ภาพประกอบ 4ค.



ภาพประกอบ 4 แสดงเส้นใยแนวแรงและแนวเส้นใยความเค้น
(มานพ ตันตระกูล และผู้อื่น 2536 : 3-4)

รูป ก. เส้นใยแนวแรงในแท่งชิ้นงานที่รับแรงดึง

รูป ข. แนวเส้นใยความเค้นในแท่งชิ้นงานที่รับแรงดึง

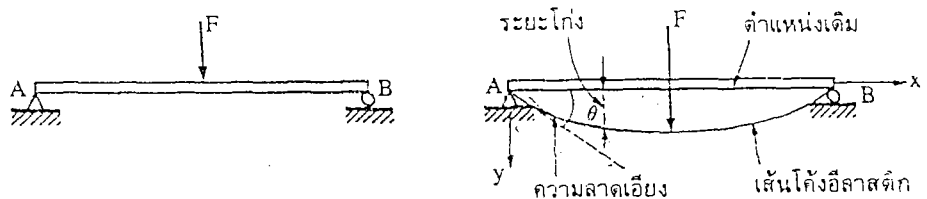
รูป ค. แนวเส้นใยของแรงที่เกิดจากร่องบากโค้ง

2.4 การโค้งของคาน คานเป็นส่วนโค้งของโครงสร้างที่ทำหน้าที่รับโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนซึ่งเกิดจากแรงภายนอกที่กระทำหรือน้ำหนักบรรทุกบนคานนั้น เมื่อคานได้รับน้ำหนักหรือแรงภายนอกกระทำ คานก็จะเกิดการแอ่นลงหรือโก่งงอทำให้คานไม่อยู่ในแนวตรงเหมือนตอนแรกที่ยังไม่ได้รับน้ำหนัก ฉะนั้นในการคำนวณและออกแบบคานที่รับน้ำหนัก ผู้วิจัยจะต้องคำนึงถึงการโก่งของคานด้วย นอกเหนือไปจากความเค้นดัดและความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในคานตามปกติแล้ว มิฉะนั้นแล้วคานหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลเหล่านั้น อาจจะไม่สามารถทำงานได้ดีตามที่ต้องการ หรืออาจจะเกิดการเสียหายก่อนกำหนดได้ จึงมีความจำเป็นที่ผู้วิจัย จะต้องคิดค่าโก่งของคานด้วย ดังภาพประกอบ 5

2.4.1 เส้นโค้งอีลาสติก (elastic curve) เป็นเส้นที่อยู่ในแนวแกนสะเทินของคาน ซึ่งแสดงลักษณะการโก่งของคาน เมื่อมีแรงภายนอกหรือน้ำหนักบรรทุกกระทำอยู่บนคาน ในขณะที่คานยังไม่มีแรงภายนอกหรือน้ำหนักมากระทำบนคาน เส้นโค้งอีลาสติกนี้จะเส้นตรงและอยู่ในแนวเดียวกันกับแนวของแกนสะเทิน เมื่อคานรับแรงภายนอกหรือน้ำหนักบรรทุกขึ้น เส้นโค้งอีลาสติกก็จะแอ่นหรือโก่งไปจากตำแหน่งเดิมลักษณะของการโก่งของคานนี้ขึ้นอยู่กับค่าของโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานนั้น

2.4.2 ความลาดเอียง (slope) ของคานที่จุดใดหมายถึงมุมระหว่างแนวเดิมของคานกับเส้นสัมผัส ซึ่งสัมผัสกับเส้นโค้งอีลาสติกที่จุดนั้น

2.4.3 ระยะโก่ง (deflection) หรือการแอ่นของคานที่จุดใด ๆ หมายถึงระยะในแนวดิ่งที่จุดนั้นบนเส้นโค้งอีลาสติกที่เคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม (ก่อนจะรับน้ำหนักนั้น)



ภาพประกอบ 5 แสดงระยะโก่งของคาน

(สุรเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์. 2538 : 459 - 493)

ข้อสมมติฐานในการคำนวณหาระยะโก่งของคานมีดังนี้

1. ก่อนที่คานจะรับน้ำหนักหรือแรงภายนอก คานจะต้องอยู่ในแนวตรงระดับเดียวกับแนวระดับเสมอ

2. การโก่งของคานจะคิดเฉพาะเนื่องจากโมเมนต์ดัดเพียงอย่างเดียว

3. ความเค้นที่เกิดจากน้ำหนักหรือแรงที่กระทำจะต้องไม่เกินขีดจำกัดความยืดหยุ่น

4. ระยะเวลาของหน้าตัดคานก่อนรับและหลังรับโมเมนต์ดัดจะยังคงเป็นระนาบเดิม

5. การโก่งของคานจะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความยาวของคาน

คานเมื่อได้รับน้ำหนักหรือแรงภายนอกมากระทำแล้ว คานจะเกิดการโก่งงอ เพื่อเป็นการป้องกันการโก่งงอหรือแอ่นตัวให้น้อยที่สุด ผู้วิจัยเลือกใช้คานที่ทำจากเหล็กฉาก St37 เนื่องจากจะรับน้ำหนักได้ดีและป้องกันการโก่งงอด้วย

2.6 เหล็กเหนียว (wrought iron) ลักษณะ เหล็กเหนียวเป็นเหล็กที่ผลิตโดยการหลอมละลายธาตุคาร์บอนออกจากเหล็กหลอมเหลว แล้วนำไปอัดรีด (hammering and rolling) เหล็กเหนียวจะประกอบด้วยเนื้อเหล็กกับมีคาร์บอนผสมอยู่น้อยกว่า ร้อยละ 0.1 เปอร์เซนต์

คุณสมบัติ คุณสมบัติโดยทั่วไปของเหล็กเหนียวอ่อนและเหนียวมาก ยืดต่อการตีขึ้นรูปและตีอัดให้ติดกัน เหล็กชนิดนี้ไม่สามารถจะชุบแข็งได้ แต่สามารถปรับปรุงความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกได้ โดยการผสมโลหะลงไปในเนื้อเหล็ก เช่น นิเกิลระหว่าง ร้อยละ 1.5 - 3.5 เปอร์เซนต์

ค่าความแข็งแรงของเหล็กเหนียวที่ผ่านกรรมวิธีการรีดจากการทดสอบได้ค่าดังนี้

Ultimate strength s_u = 330

Ultimate shear strength ss_u = 248

Tensile Yield strength s_y = 172

อัตราการยืดตัว (จากชิ้นทดสอบยาว 50 mm)

ความแข็งแรงสูงสุดน้อยกว่า

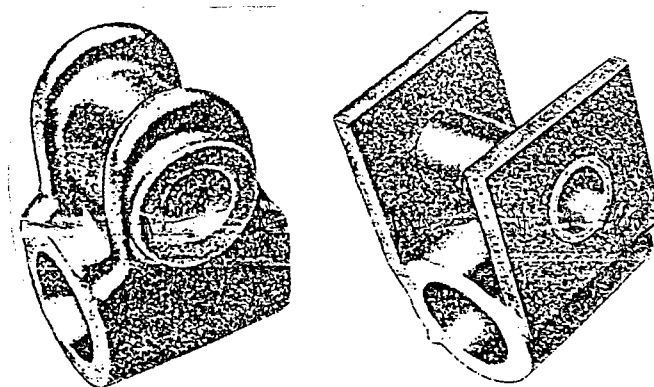
คุณสมบัติอื่น ๆ คือมีความเหนียวและต้านการกัดกร่อนได้ดีเท่า ๆ กับเหล็กกล้า

การใช้งาน เหล็กเหนียว ใช้สำหรับหมุดย้ำ ท่อน้ำ และงานอัดขึ้นรูปทั่ว ๆ ไป

2.7 เหล็กหล่อ (cast steel) ลักษณะ เป็นเหล็กที่ได้จากการนำเอาเหล็กดิบ (pig iron) มาหลอมใหม่ในเตาคิวโบลา แล้วเติมเศษเหล็กฟลักซ์ และวัสดุอื่น ๆ ลงไปแล้วนำไปเทลงในแบบหล่อ

คุณสมบัติ คุณสมบัติโดยทั่วไปของเหล็กหล่อสามารถดัดโค้งได้ง่าย มีความต้านทานแรงดึงต่ำ แต่ต้านแรงกด (compressive strength) ได้สูง และสามารถทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง คุณสมบัติได้โดยผสมโลหะชนิดต่าง ๆ เข้าไปและผ่านกรรมวิธีทางความร้อนต่าง ๆ กัน

การใช้งาน ให้ทำชิ้นส่วนทางกล ซึ่งจะเลือกตามลักษณะของงานจากชนิดต่าง ๆ ของเหล็กหล่อ ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 ชิ้นงานที่มีหน้าตัดขาวหล่อด้วยเหล็กเหนียว

(มานพ ตันตระกูล และผู้อื่น 2536 : 61-63)

2.8 เหล็กสแตนเลสกลุ่มนัมเบอร์ 400 ประกอบด้วย Fe, และโครเมียม Cr เป็นธาตุหลัก การผลิตเหล็กสแตนเลสส่วนใหญ่จะมีโครเมียมอยู่ ร้อยละ 11.5 เปอร์เซนต์ หรือมากกว่านี้ เมื่อโครเมียมอยู่ร้อยละ 11.5 เปอร์เซนต์ หรือมากกว่ารวมตัวเข้ากับเหล็ก จะปรากฏโครเมียมออกไซด์ที่ละเอียด จับเคลือบเป็นฟิล์มบริเวณผิวงาน ฟิล์มที่โครเมียมออกไซด์นี้เองเป็นตัวหน่วงเหนี่ยวไม่ให้เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน (oxidation) เปลี่ยนเป็นสนิมหรือผุกร่อน ซึ่งไม่สามารถผุกร่อนได้ง่ายนี้เองเรียกชื่อใหม่ว่าเหล็กสแตนเลส (stainless steel)

เหล็กสแตนเลสประกอบด้วยเหล็กและโครเมียม มีอยู่ประมาณ 15 ชนิด ที่รู้จักทั่วไป คือ ตั้งแต่ นัมเบอร์ 400 ปกติจะเป็นเหล็กสแตนเลสโครเมียมโดยตรง "Straightchrome stainless steels" มีอยู่น้อยมากที่มีความเหนียว และสามารถดัดแปลงแปรรูปได้ดีด้วยเครื่องมือกลนัมเบอร์ 400 ใช้ผลิตแผ่นโครเมียมสำหรับตกแต่งรถยนต์ ใบมีดโกนใบมีดตัดนารองรับวาล์วและชิ้นส่วนอื่นๆ ในปัจจุบัน

เหล็กสแตนเลสกลุ่มนัมเบอร์ 400 มีใช้กันมาก 3 ชนิด มีความแตกต่างของโครเมียมจากร้อยละ 13.5 - 29.5 เปอร์เซนต์ และเหล็กสแตนเลสกลุ่ม 400 นี้ เป็นกลุ่มที่แม่เหล็กดูดติดได้ดี เพิ่มนิเกิลในอัตราส่วนที่ถูกต้อง ผลที่ได้คือสแตนเลสกลุ่มนัมเบอร์ 300 ทั่วไป เรียกชนิดนี้ว่า "โครนิเกิล" โดยให้โครเมียมเป็นตัวแรกนิเกิลเป็นตัวประกอบ ดังนั้นจึงใช้ตัวเลขเรียกชื่อ เช่น สแตนเลส 18/8 เพราะมีโครเมียมอยู่ ร้อยละ 18 เปอร์เซนต์

ประโยชน์ของนิเกิลในสแตนเลส

1. นิเกิลทำให้ทนการกัดกร่อนเพิ่มขึ้น
2. ลดการนำความร้อน
3. เพิ่มความคงทนต่อแรงกระแทก
4. เพิ่มความเหนียว
5. เพิ่มความคงทนต่อการล้าตัว
6. เพิ่มความต้านทานกระแสไฟฟ้า

3. สมรรถนะและประสิทธิภาพ

สมรรถนะและประสิทธิภาพตาม พจนานุกรมไทย ฉบับปรับปรุงใหม่พิมพ์ครั้งที่ 15,2538. ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

สมรรถนะ (สะ - มัด - ละ - นะ) หมายถึง กำลังความสามารถ, ความเชี่ยวชาญ

ประสิทธิภาพ (ประ - ลิต - ทิ - พาบ) หมายถึง ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติงานให้สำเร็จ

3.1 สำหรับสมรรถนะของเครื่องยนต์ หมายถึง ความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ ดังนั้นความสามารถของเครื่องยนต์ จึงเป็นเครื่องบอกให้ทราบถึง คุณลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องยนต์นั้น ๆ อันสามารถนำมาใช้เป็นข้อพิจารณาในการเลือกและใช้เครื่องยนต์ได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ นอกจากนั้น

การศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยละเอียดแล้วยังสามารถนำมาใช้ปรับปรุงการทำงานของเครื่องยนต์ให้ดีขึ้นได้อีกด้วย (ประณต กุลประสูตร. 2533 : 59)

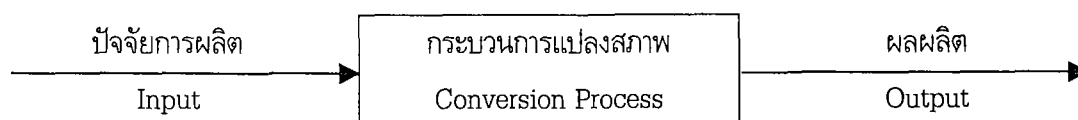
3.2 สำหรับประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ หมายถึง ความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งจำแนกออกได้ 2 ประเภทคือ ประสิทธิภาพเชิงกล และประสิทธิภาพเชิงความร้อน (ประณต กุลประสูตร. 2533 : 83)

ส่วนสมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด จะเป็นความสามารถในการทำงานของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ดังนั้นสมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอดจึงเป็นเครื่องบอกให้ทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นข้อพิจารณาในการเลือก และใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอดได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ซึ่งสามารถจัดกลุ่มสมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอดได้ 4 ด้านด้วยกัน คือ ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา และความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน

ส่วนประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด จะเป็นความสามารถในการผลิตทองหยอดได้ไม่น้อยกว่า 120 ลูก ภายในเวลา 1 นาที ส่วนกระบอบบรรจุแป้งทองหยอดจะบรรจุได้จำนวน 4.5 ลิตร ต่อการทำงาน 1 ครั้ง และช่วยให้ประหยัดพลังงานที่ใช้เนื่องจากใช้มอเตอร์ที่มีขนาด $\frac{1}{4}$ แรงม้า

4. การเพิ่มผลผลิต

การผลิตเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการสร้างสิ่งหนึ่งสิ่งใดขึ้นมา จากการใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ การดำเนินการผลิตจะเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของการกระทำก่อนหลัง กล่าวคือ จากวัตถุดิบที่มีอยู่จะถูกแปลงสภาพให้เป็นผลผลิตที่อยู่ในรูปตามต้องการ เพื่อให้การผลิตบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวนี้ จึงจำเป็นต้องมีการจัดการให้อยู่ในรูปของระบบการผลิต ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วนคือ ปัจจัยการผลิต (input) กระบวนการแปลงสภาพ (conversion process) และผลผลิต (output) ที่อาจเป็นสินค้าและบริการ ภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงระบบการผลิต

การผลิตที่มีประสิทธิภาพนั้น จะต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านปริมาณ คุณภาพ เวลา และราคา ซึ่งทั้งหมดนี้ จะต้องนำมารวมไว้ในระบบการผลิต โดยมีการวางแผนและควบคุมการผลิตเป็นแกนกลาง กิจกรรมต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบการผลิตนั้นสามารถจำแนกได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ การวางแผน (planning) การดำเนินงาน (operation) และควบคุม (control) (ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2541 : 1)

ในระบบการผลิตของเครื่องหยอดขนมทองหยอดที่ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างและพัฒนาขึ้นมานั้น จะเป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มผลผลิตทองหยอดให้ได้ปริมาณมากขึ้น คือ เป็นแบบ 4 หัว จึงมากกว่าของเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบันตามแหล่งผลิต หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กที่มีอยู่เป็นแบบ 2 หัว จึงทำให้การผลิตทันต่อความต้องการของผู้บริโภค

ตาราง 1 เปรียบเทียบเครื่องหยอดขนมทองหยอด

เครื่องหยอดขนมทองหยอด	เครื่องหยอดขนมทองหยอดที่พัฒนา
1. ใช้มอเตอร์ขนาด $\frac{1}{2}$ แรงม้า ไฟ 220 โวลต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที	1. ใช้มอเตอร์ขนาด $\frac{1}{4}$ แรงม้า ไฟ 220 โวลต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที
2. การทำงานของแผ่นเลื่อนตัดทองหยอดได้ 36 ครั้ง ต่อนาที เท่ากับผลิตทองหยอดได้ 72 ลูกต่อนาที	2. การทำงานของแผ่นเลื่อนตัดทองหยอดได้ 77 ครั้ง ต่อนาที เท่ากับผลิตทองหยอดได้ 308 ลูกต่อนาที
3. กล่องบรรจุแป้งทองหยอดได้ประมาณ 3 ลิตร ต่อการทำงาน 1 ครั้ง	3. กล่องบรรจุแป้งทองหยอดได้ประมาณ 4.5 ลิตร ต่อการทำงาน 1 ครั้ง
4. มีขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอดกะทัดรัด แต่ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจะไม่มีการจัดเก็บ หรือปิดด้วยแผ่นเหล็กเวลาปฏิบัติงานต้องระมัดระวังอันตรายจากสายพานและล้อสายพาน	4. มีขนาดของเครื่องกะทัดรัด ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องออกแบบมาเพื่อติดตั้งให้มิดชิด และจะถูกปิดด้วยแผ่นเหล็ก เป็นการป้องกันอันตรายเวลาปฏิบัติงาน

5. ประวัติความเป็นมาของขนมทองหยอด

ประวัติความเป็นมาของขนมไทยตามหลักฐานที่ค้นคว้าได้จากหนังสือไตรภูมิพระร่วงในสมัยสุโขทัย ที่ได้กล่าวถึงชื่อขนมต้ม กับในหนังสือจดหมายเหตุคำให้การขุนหลวงหาวัด ในสมัยอยุธยา ซึ่งได้กล่าวไว้ตอนหนึ่งว่า “บ้านหม้อปั้นหม้อข้าวหม้อแกงใหญ่เล็ก และกระทะ เต้าขนมครก ขนมเบื้อง” และอีกฉบับหนึ่งกล่าวถึง “ย่านป่าขนม ขายขนมชะมด กงเกวียน ต้นถั่ว ลำป้านนี้”

ในหนังสือประชุมพงศาวดารภาคที่ 40 ฉบับหอสมุดแห่งชาติ “เรื่อง จดหมายเหตุของคณะพ่อค้าฝรั่งเศส” ซึ่งเป็นสำเนาจดหมายมองซิเออร์เดแลนด มีไปถึง มองซิเออร์บารอง ผู้อำนวยการใหญ่ในประเทศไทย สยาม ลงวันที่ 26 เดือนธันวาคม ค.ศ. 1682 (พ.ศ. 2225) มีความว่า

“ยังมีข้าราชการอยู่คนหนึ่งซึ่งพระเจ้ากรุงสยามได้ยกย่องตั้งให้เป็นพระ ซึ่งเป็นตำแหน่งชั้นที่ 2 ของเมืองนี้ ขุนนางผู้นี้ชื่อคอนสตันติน ฟอลคอน เป็นชาวอังกฤษและได้แต่งงาน มีภรรยาในเมืองนี้เองขุนนางผู้นี้เป็นคนฉลาด ไหวพริบ ตรึกตรองการลึกซึ้ง จึงได้ทำการงานจนเป็นคนโปรดปรานมาได้ 2 ปีแล้ว และคนทั้งหลายก็เรียกล้อเล่นว่าเป็นเจ้าพระยาคลังหนที่ 2 ขุนนางผู้นี้ทำการค้าขายมากกว่าพ่อค้าทั้งปวง...”

ภรรยาของคอนสตันติน ฟอลคอน รู้จักกันในนาม ท้าวทองกีบม้า ซึ่งรับราชการเป็นหัวหน้าเครื่องในโรงครัวหลวง แผ่นดินสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวท้ายสระ เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2251 - พ.ศ. 2275 ท้าวทองกีบม้ามีชื่อจริงว่า มาริ กีมาร์ (Marie Guimar) เกิดในรัชสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ราวปี พ.ศ. 2201 หรือ 2202 บิดาชื่อ ฟานิก (Fanik) เป็นลูกครึ่งญี่ปุ่นผสมแขกเบงกอล แต่บางแห่งก็สันนิษฐานว่า บิดาของมาริ กีมาร์ มีเชื้อสายโปรตุเกสจากย่าของเธอ มารดาของท้าวทองกีบม้าเป็นชาวญี่ปุ่นชื่อ อูรุซุลายามาตา (Ursula Yamada)

ท่านท้าวทองกีบม้าเป็นผู้เริ่มสอนให้ชาวสยามทำขนมหวาน คือ ขนมทองหยิบ ขนมทองหยอด ขนมฝอยทอง ขนมทองโปร่ง ขนมทองพลุ ขนมฝิง ขนมฝรั่ง ขนมชิง ขนมไข่เต่า ขนมทองม้วน ขนมลำป้านี้ ขนมหม้อแกว ในครั้งนี้อาจถือเป็นจุดที่พลิกเปลี่ยนโฉมหน้าของขนมไทยครั้งสำคัญ โดยมีการนำไข่เข้ามาเป็นส่วนประกอบหลัก และมีการใช้น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลละเอียดยามาเป็นส่วนประกอบรองอีกด้วย ซึ่งนอกเหนือไปจากแป้งและน้ำตาล มะพร้าว ที่มีอยู่แต่เดิม

ท่านท้าวทองกีบม้า เป็นคนเชื้อสาย ใญ่บุญ ชอบช่วยเหลือผู้อื่น โดยมักอุปการะเด็กกำพร้า ลูกทาส หรือลูกครึ่งที่มีมารดาเป็นชาวพื้นเมือง บิดาเป็นชาวยุโรป ถูกทอดทิ้งไม่เหลียวแลเป็นจำนวนมาก และบรรดาเด็กสาวที่นางอุปการะนี้ทุกคนจะได้รับการอบรมสั่งสอนให้รู้จักวิธีการทำอาหารคาวหวานต่าง ๆ จนกลายเป็นความรู้ติดตัวไปในยามที่แต่งงาน หรือมีครอบครัวก็นำเอาความรู้ที่ได้รับการอบรมสั่งสอน ไปทำและเผยแพร่ต่อ ๆ ไปอีก ทำให้ได้รับการทำขนมหวานและอาหารคาวที่ปรุงแต่งเป็นอย่างดีเป็นพิเศษเป็นของสูงในพระราชวังได้รับการเผยแพร่ออกมาสู่ประชาชนทั่วไป

ขนมไทยมีประวัติความเป็นมาอันยาวนาน ซึ่งมีข้อสังเกตว่าเป็นของที่เกิดจากข้าวที่นำมาตำหรือบดจนป่นละเอียด เรียกว่า แป้ง แล้วผสมน้ำตาลเพียงสองอย่างเท่านั้นก่อน ต่อมาเมื่อมะพร้าวเข้าไปผสมขนมไทยยุคแรกจึงมีส่วนประกอบหลักคือ แป้ง น้ำตาลและมะพร้าว ซึ่งของสามสิ่งนี้ก็เป็นของพื้นบ้านพื้นเมืองที่มีอยู่โดยทั่วไป ขนมประเภทที่ใช้ข้าว (แป้ง) น้ำตาล และมะพร้าว คงมีมาแต่สมัยสุโขทัย ส่วนขนมที่มีไข่ผสมอยู่มีในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช (วันชัย อิงปัญจลาภ. 2539 : 3-5)

จะเห็นได้ว่าขนมทองหยอด จัดเป็นขนมไทยอีกประเภทหนึ่ง ถึงแม้ว่าได้รับอิทธิพลจากขนมฝรั่งเนื่องจากขนมทองหยอดได้มีการพัฒนาการทำขนม ในสมัยสมเด็จพระนารายณ์ โดยมีการปรับปรุงรสชาติให้ดีขึ้น และได้นำทอดวิธีการทำขนมทองหยอด ให้กับลูกหลานจนนับได้ว่าขนมทองหยอดจัดเป็นมรดกทางวัฒนธรรมที่เก่าแก่มากที่สุดอย่างหนึ่ง

6. ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

เครื่องหยอดขนมทองหยอด จะมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

2-9 6.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว (single-phase induction motors) เป็นมอเตอร์ที่มีโครงสร้างและหลักการทำงานในการที่ทำให้มันหมุนได้คล้ายกับมอเตอร์เหนี่ยวนำหลายเฟส จะแตกต่างกันตอนที่

ตัวอยู่กับที่มีการพันขดลวดเป็นแบบเฟสเดียวและได้รับไฟเฟสเดียวด้วย ดังนั้นจึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กสลับกันไปมาขึ้นที่ตัวอยู่กับที่ซึ่งไม่ใช่สนามแม่เหล็กหมุนที่ความเร็ว synchronous เหมือนอย่างกับพวกที่พันแบบสองเฟสหรือสามเฟส จากเหตุผลนี้จึงทำให้เส้นแรงที่สลับไปมานี้ไม่สามารถที่จะทำให้เกิดแรงหมุนขึ้นได้ในขณะที่ตัวหมุนยังหยุดอยู่ นี่ก็คือสาเหตุว่าทำไมมอเตอร์เฟสเดียวจึงไม่มีแรงบิดเริ่มแรกในตัวของมันเอง

อย่างไรก็ดีถ้าหากว่าตัวหมุนถูกทำให้หมุนไปด้วยมือหรือวิธีใดวิธีหนึ่งในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ย่อมทำให้เกิดแรงบิดและอัตราเริ่มเกิดขึ้นกับมอเตอร์นั้นจนกระทั่งมีความเร็วเต็มที่

ตัวหมุน (rotor) ของมอเตอร์แบบนี้ส่วนใหญ่เป็นแบบกรงกระรอก (squirrel cage) ส่วนทางตัวอยู่กับที่นั้นมีการพันขดลวดตัวนำผิวด้านแตกต่างกันไปบ้างแล้วแต่ละชนิดของมอเตอร์ การที่กล่าวว่ามีมอเตอร์เฟสเดียวมีโครงสร้างและหลักการทำงานในการที่ทำให้มันหมุนได้คล้ายกับมอเตอร์เหนี่ยวนำหลายเฟสนั้นหมายความว่ามอเตอร์แบบนี้มีทั้งตัวอยู่กับที่และตัวหมุน โดยที่ตัวอยู่กับที่นั้นจะมีการพันขดลวดเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในขณะเริ่มแรก หรือมีอยู่ตลอดไปก็ได้โดยอาศัยอุปกรณ์ช่วยอื่น ๆ เช่น ขดเริ่มทำให้หมุน (starting winding) หรือตัวประจุ (capacitor) ต่อรวมกับขดทำให้หมุน หรืออาจทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเลื่อนหรือเคลื่อนไปรอบหรือเกิดสนามแม่เหล็กโดยอาศัยคุณสมบัติของตัวหมุนและตัวอยู่กับที่ร่วมกันก็ได้ ส่วนตัวหมุน นั้นก็อาจเป็นแบบกรงกระรอกหรืออาจไม่เป็นก็ได้แต่ก็ต้องเป็นตัวที่จะทำให้เกิดมีการเหนี่ยวนำขึ้นในตัวมัน เพื่อทำให้เกิดแรงบิดขึ้นได้เมื่อมีสนามแม่เหล็กหรือหมุนผ่านตัวมัน ซึ่งจะกล่าวแยกเป็นเรื่อง ๆ ไปตามชนิดของมอเตอร์แบบต่าง ๆ

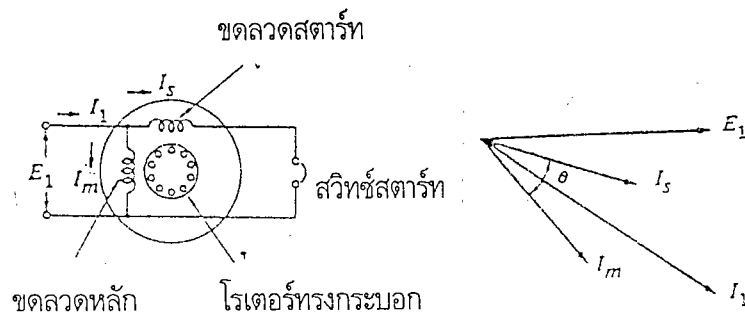
ชนิด และสมบัติของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว

โดยที่มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวต้องจรมพันเฟสเดียวในขดลวดปฐมภูมิ (สเตเตอร์) ดังนั้นจึงไม่สามารถสร้างสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นได้ ซึ่งถ้านำไปต่อวงจรเข้ากับไฟป้อนเข้าระบบก็จะไม่สามารถสตาร์ทได้อย่างไรก็ดีในกรณีมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส ขณะที่ไฟเฟสใดเฟสหนึ่งหายไป ขณะใช้งานหมุนอยู่ก็จะกลายเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวถูกสตาร์ทขึ้นได้ไม่ว่าวิธีใดก็จะสามารถสร้างสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นได้เอง และสามารถให้แรงบิดหมุนต่อเนื่องไปได้

วิธีหมุนบางอย่างใช้ตัวสตาร์ทเตอร์ และในวงจรของขดลวดสตาร์ทของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวสามารถแยกออกได้เป็นหลายชนิด ซึ่งชนิดที่พบบ่อยใช้อยู่ทั่ว ๆ ไปได้แก่ ชนิดแยกเฟสสตาร์ท ชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ท และชนิดคาปาซิเตอร์ถาวร

6.1.1 ชนิดแยกเฟสสตาร์ท ลักษณะของโรเตอร์ก็เป็นแบบกรงกระรอก เช่นเดียวกันกับกรณีของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสกรงกระรอก แต่ทางด้านสเตเตอร์ นอกจากจะมีขดลวดหลักแล้วยังต้องเพิ่มขดลวดสตาร์ทวางตัวห่างออกจากขดลวดหลักเท่ากับ 90° ทางไฟฟ้า และต่อวงจรไว้แบบขนาน จะทำให้อัตราส่วนของความต้านทานต่อการเหนี่ยวนำในขดลวดหลัก และขดลวดสตาร์ทแตกต่างกันออกไป ซึ่งจะมีผลทำให้เฟสของกระแสแตกต่างกันออกไปดังภาพประกอบ 9 และผลกระแสทั้งสองด้าน ดังกล่าว จะทำให้มีสนามแม่เหล็กหมุนเกิดขึ้นทำให้สตาร์ทได้ เมื่อสตาร์ทขึ้นแล้ว ด้วยเหตุผลดังที่ได้อธิบายมาแล้วมอเตอร์จะ

สามารถทำงานได้แม้ไม่มีขดลวดสตาร์ท และถ้าปล่อยให้วงจรสตาร์ทต่ออยู่ และมีการไหลผ่านขดลวดสตาร์ท ซึ่งทำด้วยลวดขนาดเล็กกว่าขดลวดหลักจะไหม้เสียหายนได้ ดังนั้นเมื่อมอเตอร์เดินมาความเร็วรอบถึง 70 - 80 เปอร์เซนต์ ของความเร็วเต็มพิกัดสวิตช์แรงเหวี่ยงหรือรีเลย์จะทำหน้าที่ตัดวงจรขดลวดสตาร์ทออก โดยอัตโนมัติจากวงจร



ภาพประกอบ ๙ มอเตอร์ชนิดแยกเฟสสตาร์ท

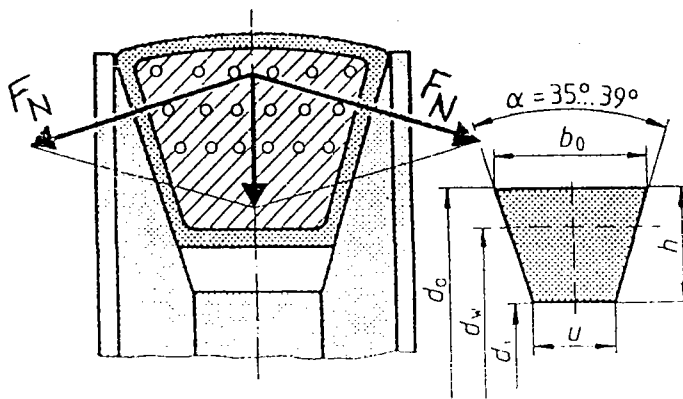
(ประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ. 2540 : 340)

สมบัติความเร็วรอบ-แรงบิด และการนำไปใช้งาน

มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวมีสมบัติความเร็วรอบ-แรงบิด แตกต่างกันไปแล้ว แต่กรรมวิธีการสตาร์ท ตัวอย่างของสมบัติความเร็วรอบ-แรงบิดของการสตาร์ทแบบต่าง ๆ ดังนั้นในการเลือกชนิดของมอเตอร์ลักษณะสมบัติของการสตาร์ทของโหลด จึงเป็นสิ่งที่ต้องได้รับการพิจารณาอย่างละเอียด เพื่อให้เลือกมอเตอร์ได้เหมาะสมกับงาน

6.2 สายพานลิ้ม ใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมาก โดยต้องการแรงดึงขึ้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียว กับร่องรูปลิ้มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย และมีแรงดึงขึ้นต้นค่อนข้างต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่ไม่มีเหตุผล จุกเงิน ก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรคได้ด้วย

การขับด้วยสายพานลิ้ม มีข้อดีคือเงียบ และสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนั้นยังมีขนาดกระทัดรัด มีประสิทธิภาพดี และแบร็งของเพลไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งใช้สายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7:1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10:1



ภาพประกอบ 10 โครงสร้าง แรงปฏิกิริยา และขนาดของสายพานลิ่ม
(มานพ ตันตระกูลพิทย และผู้อื่น. 2536 : 76)

สายพานลิ่มจะไม่รับแรงตามแนวรัศมีโดยตรงเหมือนสายพานแบน แต่จะรับแรงตามแนวตั้งฉากกับด้านข้างของสายพานลิ่ม ดังภาพประกอบ 10 สายพานลิ่มที่มีความตึงและค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน μ เท่ากับสายพานแบน จะสามารถส่งกำลังได้ดีกว่าสายพานแบนได้ถึง 3 เท่า ซึ่งข้อดีและข้อเสียของสายพานลิ่มเมื่อเทียบกับสายพานแบน มีดังนี้คือ

ข้อดี

1. ส่งกำลังได้ดีในขณะที่ยังไม่เกิดการลื่นไถล
2. มีการลื่นไถล ขณะส่งกำลังน้อยมาก (ที่ประสิทธิภาพ $\eta \approx 0,96$)
3. มีมุมโอปน้อย แต่ให้อัตราทดได้มากถึง $i_{\max} \approx 15 : 1$ โดยที่ไม่ต้องมีลูกกลิ้งกดสายพาน
4. เปลืองที่น้อย, มีระยะห่างระหว่างแกนเพลาน้อยกว่า
5. ส่งถ่ายกำลังงานได้สูงที่ขนาดล้อสายพานและเพลาล็กกว่า
6. สามารถให้หมุนย้อนทิศทางได้
7. สามารถจัดเรียงสายพานลิ่มได้หลายเส้นทำให้ส่งถ่ายกำลังงานได้มาก

ข้อเสีย

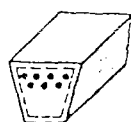
1. ต้นทุนการผลิตสูงกว่าสายพานแบน
2. มีระยะห่างระหว่างแกนเพลากำกัฏ
3. ไม่สามารถจัดสายพานส่งกำลังให้เป็นลักษณะไขว้สลับได้

ตามมาตรฐาน DIN 2211 จะกำหนดให้มุมด้านข้างของร่องล้อยายพานอยู่ระหว่าง 32° ถึง 38° (ตามแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อยายพาน) ส่วนมุมของสายพานลิ่มที่กำหนดตาม DIN 2218 จะอยู่ระหว่าง 35° ถึง 39° แต่เมื่อนำสายพานลิ่มมาประกอบให้ตึงเข้ากับล้อยายพานแล้ว จะเกิดการยืด และในขณะหมุนดัดแนวสัณหะร่องล้อยายพาน ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อยายพานเล็กและมีระยะห่างระหว่างแกนเพลลา $a = d_u + (3/2) \cdot h$ (d_u = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไดนอกสุดล้อยายพาน, h = ความสูงสายพาน) จะไม่มีการสูญเสีย (ลื่น) ขณะส่งกำลัง

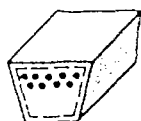
เพื่อให้สัมพันธ์กับการใช้งานจะมีการแบ่งสายพานลิ่มเป็นรูปพรรณดังต่อไปนี้

ก) สายพานลิ่มปกติ เป็นสายพานที่กำลังจะถูกทดแทนด้วยการนำเอาสายพานลิ่มเส้นบางที่มีประสิทธิภาพกำลังงานดีกว่ามาใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ล้อยายพานที่มีขนาดเล็กจะมีการนำสายพานลิ่มเส้นบางเปิดด้านข้างมาใช้งาน ดังภาพประกอบ 12

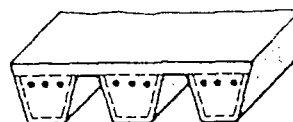
สายพานลิ่มชนิดที่มีการวัดเคโนเซชั่น และมีพลาสติกไยแก้วสั้น ๆ เสริมด้านล่าง จะทำให้ด้านข้างของสายพานทนแรงดัดและการสึกหรอได้สูงขึ้น



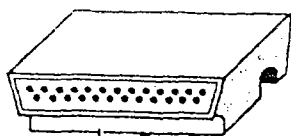
แบบบาง



แบบปกติ



สายพานลิ่มร่วม



สายพานลิ่มหน้ากว้าง



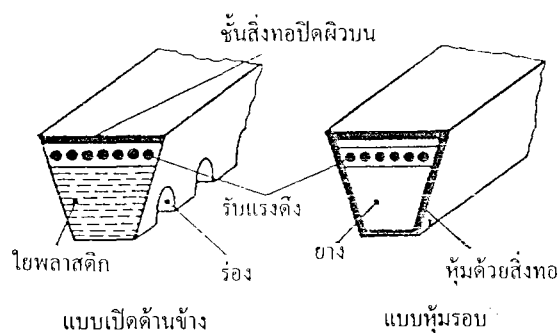
สายพานลิ่มแหลม

ภาพประกอบ 11 สายพานลิ่มรูปพรรณ

(มานพ ตันตระกูล และผู้อื่น. 2536 : 77)

สายพานที่มีร่องฟันใต้สายพานจะเหมาะสำหรับใช้งานกับล้อสายพานขนาดเล็ก สายพานลิ้มเส้นอยู่ชานานจะนิยมนำมาใช้ขับเคลื่อนอุปกรณ์หมุนเร็วในยานยนต์

ข) สายพานลิ้มร่วม ภาพประกอบ 11 จะนำมาใช้งานในการส่งกำลังมาก ๆ เพราะจะมีสายพานลิ้มอยู่ชานานติดกันหลายเส้นด้านบน สายพานนี้จะมีแผ่นปิดยางสังเคราะห์ จึงเหมาะสมกับงานที่มีการถ่ายเทโมเมนตัมแบบไม่สม่ำเสมอและมีระยะห่างระหว่างแกนเพลามาก ๆ



ภาพประกอบ 12 สายพานลิ้มเส้นบางเปิดด้านข้าง

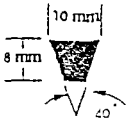
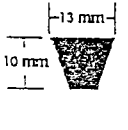
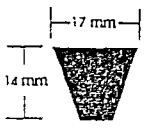
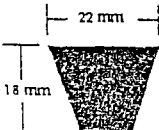
(มานพ ตันตระกูล และผู้อื่น. 2536 : 77)

6.2.2 โค้ดของสายพานลิ้ม ขนาดหน้าตัดสายพานลิ้ม ตามมาตรฐานสากล (ISO) จะตรงกับมาตรฐานเยอรมัน (DIN) ซึ่งมีจำนวนทั้งในและต่างประเทศ โดยจำแนกสภาพใช้งานปกติเป็น 2 แบบ ดังต่อไปนี้

1. สายพานลิ้มแบบหน้ากว้างปกติ จะมีขนาดหน้าตัด 5 ขนาด ความยาวของสายพานลิ้มแบบหน้ากว้างปกติในระบบเมตริกมาตรฐาน ISO หรือ DIN จะวัดแนวขอบใน สำหรับความยาวสายพานระบบนิ้ว (Imperial) จะวัดตามแนวเส้นรอบวงกลมพิตซ์ เช่น สายพานลิ้มหน้ากว้างปกติ 13 mm. มีความยาววัดตามขอบใน 710 mm. มีการกำหนดสัญลักษณ์ตามมาตรฐานเยอรมันว่า “สายพานลิ้ม DIN 2251-13 Li 710” ซึ่งเท่ากับมาตรฐานสากล คือ “ISO-13 A × 710”

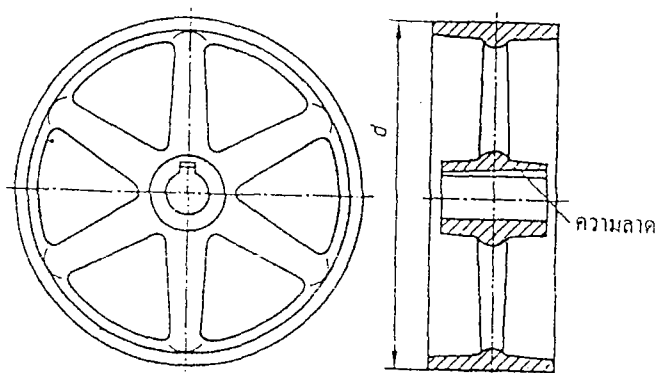
2. สายพานลิ้มหน้าแคบ จะมีขนาดหน้าตัด 4 ขนาด ดังตาราง 2 ความยาวของสายพานลิ้มหน้าแคบตามมาตรฐาน ISO หรือ DIN จะมีหน่วยเป็น mm. โดยวัดความยาว L_w ตามแนวเส้นรอบวงกลมพิตซ์ เช่น สายพานลิ้มหน้าแคบ 10 mm. มีความยาววัดตามแนวเส้นรอบวงกลมพิตซ์ 710 mm. (ใช้ในงานเครื่องกล) มีการกำหนดสัญลักษณ์ตามมาตรฐานเยอรมันว่า “สายพานลิ้มหน้าแคบ DIN 7753 - SPZL_w 710” ซึ่งเท่ากับมาตรฐานสากล คือ “ISO-SPZ × 710”

ตาราง 2 ขนาดหน้าตัดและความยาวสายพานลิ่มหน้าแคบตามมาตรฐาน DIN 7753 หรือ ISO 4184
(मानप दानतरबनतय. 2540 : 41)

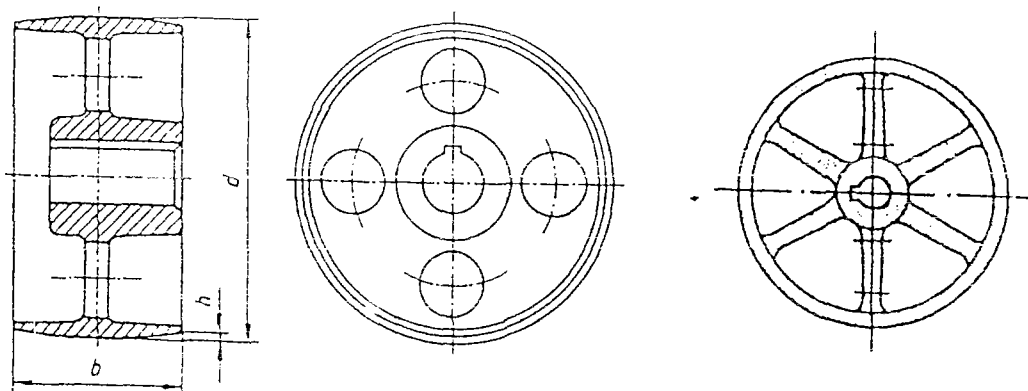
 SPZ SECTION 40°	 SPA SECTION 40°	 SPB SECTION 40°	 SPC SECTION 40°
SPZ	SPA	SPB	SPC
512	732	1250	3750
560	750	1260	4000
562	757	1270	4250
587	782	1280	4500
600	800	1320	4750
612	807	1340	5000
615	832	1400	5300
630	850	1410	5600
646	857	1450	6000
662	882	1465	6300
670	900	1500	6700
687	907		7100
700	925		
710	932		
722	940		
737	950	9000	
750	957		12500
762	969		
772	982		
787	1000		
800	7007		
			
			

สายพานลิ่มที่ผู้วิจัยเลือกใช้จะมีขนาดหน้าตัดและความยาวสายพานลิ่มหน้าแคบตามมาตรฐาน
DIN 7753 หรือ ISO 4184 SPB 1250 และ 1320

6.3 ล้อสายพาน การส่งกำลังโดยสายพานแบบทำได้โดยใช้ความเสียดทานระหว่างผิวหน้าล้อสายพานกับผิวหน้าของสายพาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบรายละเอียดเกี่ยวกับล้อสายพาน เพื่อที่จะนำไปใช้งานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ลักษณะของล้อสายพานที่ใช้งานทั่วไป ดูได้จากภาพประกอบ 16 ล้อสายพานจะยึดติดกับเพลาด้วยลิ้ม ดังนั้นที่ดุมล้อสายพานจึงต้องเจาะร่องลิ้มไว้เพื่อใช้ยึดกับเพลာ เพื่อให้ล้อสายพานมีน้ำหนักเบาจึงมักทำเป็นแขนยื่นออกจากดุมล้อไปยังผิว (วิธีที่ อึ้งภาภรณ์ และชาญ ฤกษ์งาม. 2536 : 264)



(ก) แบบ Z (รูปทรงกระบอก) ตั้งแต่ขนาด $\varnothing d > 160 \text{ mm}$ 224 mm.



(ข) แบบ G (รูปผิวโค้ง)

(ค) แบบถอดแยกเป็น 2 ชั้นได้

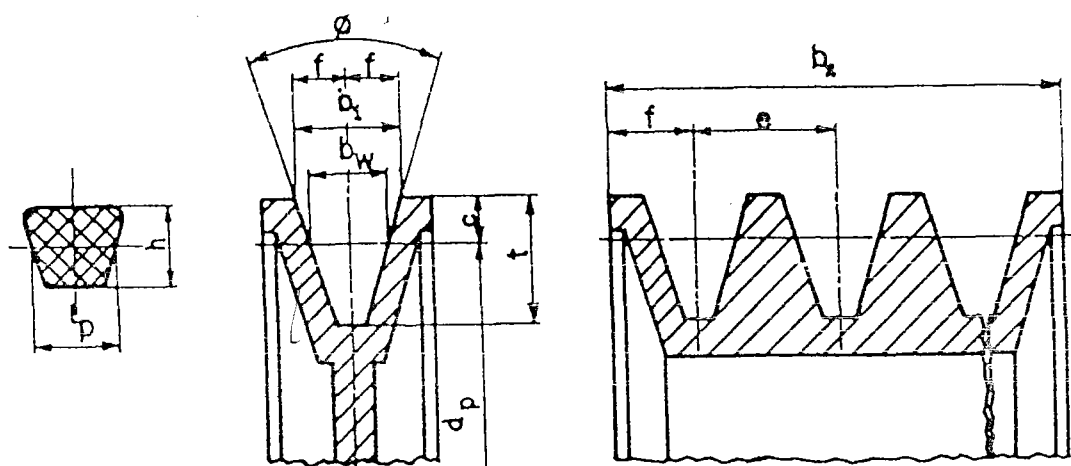
ภาพประกอบ 13 รูปแบบของล้อพูล์สายพาน

(มานพ ตันตรบัณฑิตย์ และผู้อื่น. 2536 :75)

ล้อสายพานส่วนใหญ่จะทำจากเหล็กหล่อเทา (GG-15, GG-20) สำหรับล้อสายพานที่ใช้งานกับภาระมาก ๆ จะทำจากเหล็กกล้าหล่อ (GS-33, GS-45) หรือจากเหล็กกล้า (แผ่น), โลหะเบาที่ได้จากการรีดขึ้นรูปหรือเชื่อมประสาน

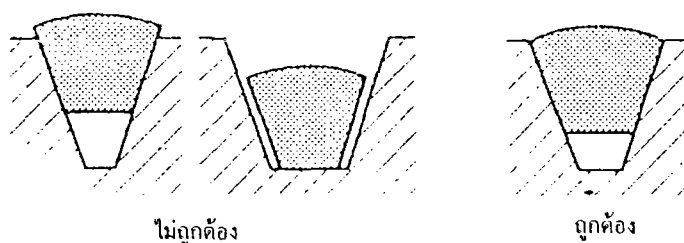
ล้อยางทุกชนิดจะต้องมีการถ่วงดุลน้ำหนักลักษณะสถิตย์ ส่วนใหญ่ในกรณีนี้ไวต่อการสั่นสะเทือนหรือใช้งานความเร็วสูง จะต้องถ่วงดุลน้ำหนักลักษณะพลวัต (Dynamic) โดยที่ความเร็วรอบ $v > 25$ m/s จะต้องถ่วงดุลน้ำหนักทั้งลักษณะสถิตย์และพลวัต

ขนาดสายพานและล้อยางสายพานลิ่ม มีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนด โดยใช้ความกว้างพิตช์ (pitch width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (narrow V-belts) มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดา มีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อยาง ดังภาพประกอบ 14 ส่วนขนาดต่าง ๆ ดูได้จากตาราง 2 และ 3 ภาพประกอบ 15 และ 16



ภาพประกอบ 14 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อยาง

(วิธี อังภาภรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2536 : 282)



ไม่ถูกต้อง

ถูกต้อง

ภาพประกอบ 15 ลักษณะและขนาดล้อยางสายพานลิ่ม

(มานพ ดันตระบัณฑิตย์ และผู้อื่น. 2536 : 79)

ตาราง 3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางฟิตซ์ d_p ของล้อยาสายพานลิ้มตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975(E) และ ISO/R 253-1962(E) (วิธีทึ่ อึงภำภรณ์ และชำญ ถนัดงำน. 2536 : 284)

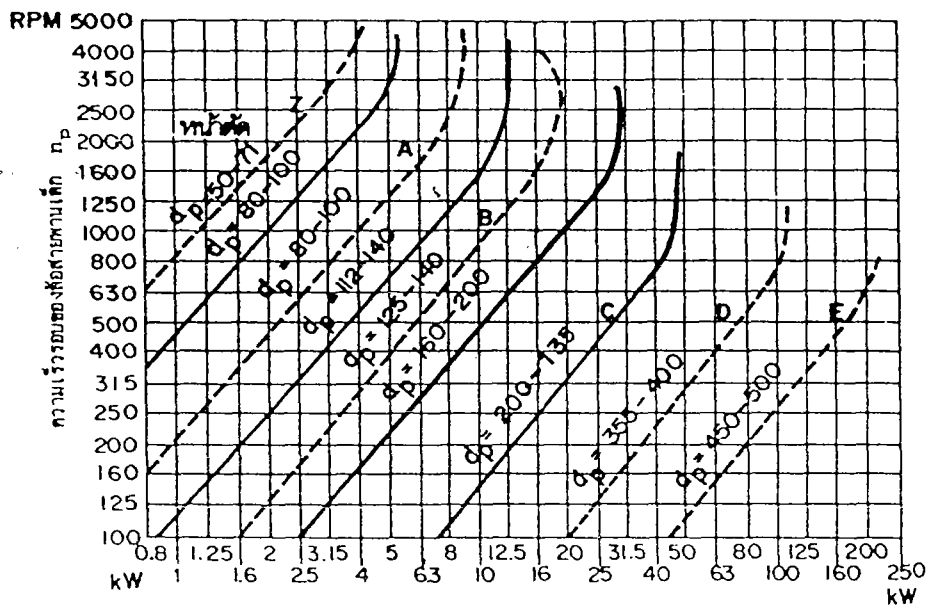
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อยาสายพานลิ้ม (มม.)							
25	60	100	170	280	500	900	1900
28	63	106	180	300	530	1000	2000
31.5	67	112	190	315	560	1060	2240
35.5	71	118	200	355	600	1120	2500
40	75	125	212	375	630	1250	
45	80	132	224	400	670	1400	
50	85	140	236	425	710	1500	
53	90	150	250	450	750	1600	
56	95	160	265	475	800	1800	

ตาราง 4 ค่าตัวประกอบ

(วิธีทึ่ อึงภำภรณ์ และชำญ ถนัดงำน. 2536 : 288)

หน้าตัดสายพาน	K_2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.367
D	1.332

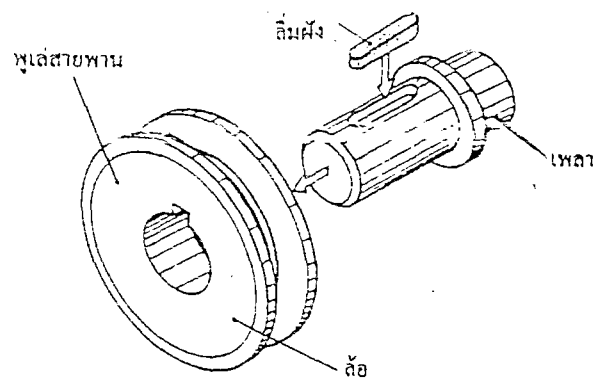
ล้อยาสายพานจะเป็นตัวรับกำลังจากเพลำและส่งกำลังระหว่างล้อยาสายพานด้วยกัน ผู้วิจัยเลือกใช้ล้อยาสายพานที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางฟิตซ์ $d_p = 63, 265$ และ 280 มม.



ภาพประกอบ 16 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดสายพาน

(วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ภูมิดาน. 2536 : 289)

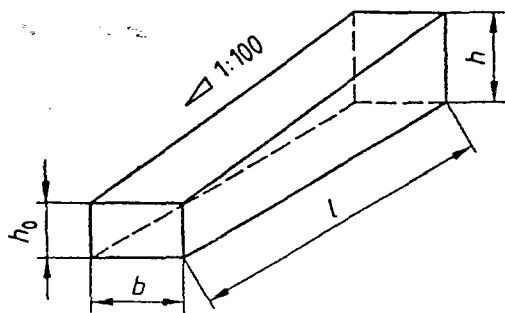
6.4 ลิ้มส่งกำลัง หน้าที่หลักของลิ้มคือ เป็นชิ้นส่วนที่ป้องกันการหมุนหรือการเคลื่อนที่สัมผัสของเพลากับชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่ยึดอยู่กับเพล เช่น เฟือง ล้อสายพาน เป็นต้น นอกจากนี้ลิ้มยังทำหน้าที่ป้องกันมิให้ชิ้นส่วนอื่นที่ยึดเพลาก่อให้เกิดการเสียหาย เนื่องจากการส่งกำลังหรือการหมุนไม่ราบเรียบ เช่น มีแรงกระตุกหรือกำลังส่งมากเกินไปเกินกำหนด กล่าวคือเมื่อเกิดกรณีเช่นนี้ขึ้น ลิ้มจะต้องเสียหายก่อน เช่น อาจโดนอัดแตกหรือเฉือนขาด ก่อนที่ชิ้นส่วนอื่นจะแตกหักเสียหาย ซึ่งก็หมายถึงวัสดุที่ใช้ทำลิ้มหรือขนาดออกลิ้มที่ออกแบบจะต้องมีความแข็งแรงต่ำกว่าชิ้นส่วนอื่น (อนันต์ วงศ์กระจ่าง. 2533 : 219) ดังภาพประกอบ 17



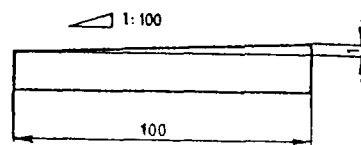
ภาพประกอบ 17 การยึดด้วยลิ้มส่งกำลัง

(มานพ ตันตระกูล และผู้อื่น. 2536 : 188)

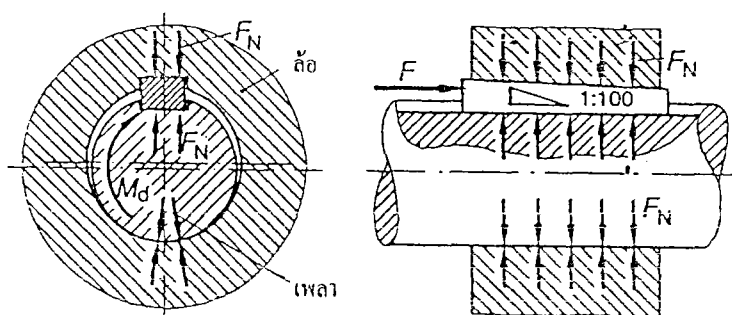
ในกรณีที่ล้อหรือเพลารับภาระมากเกินไป ลิ้มนี้จะเลื่อนไปสัมผัสร่องด้านข้างและรับภาระเฉือนเพิ่มขึ้นจากการที่ตอกอัดลิ้มส่งกำลังเข้าไปในร่องลิ้มอัดดันล้อให้แน่นนั้น แรงอัดดันให้ล้อและเพลานี้จากกันมีผลให้เกิดการขยับเลื่อนศูนย์แกนเพลาดังภาพประกอบ 18



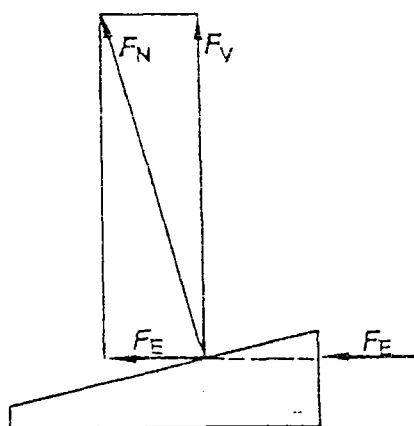
ก การกำหนดขนาดของลิ้ง



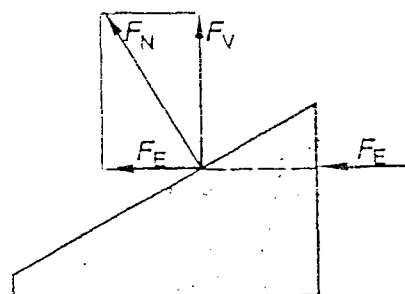
ข ความหมายของอัตราลด 1 : 100



ค ปฏิกริยาของแรงในขณะยัดด้วยลิ้งส่งกำลัง

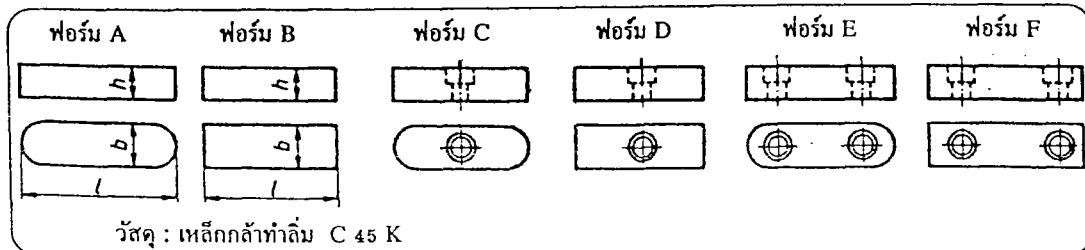
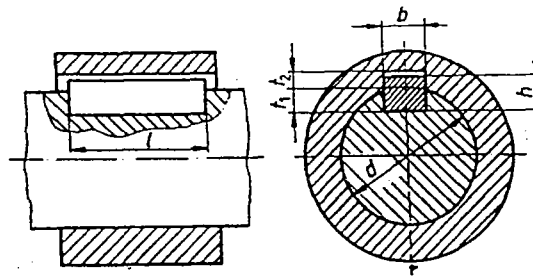


ง ปฏิกริยาของแรง เมื่อลิ้งมีความลาดน้อย



จ ปฏิกริยาของแรง เมื่อลิ้งมีความลาดมาก

ภาพประกอบ 18 การกำหนดขนาดลิ้ง และปฏิกริยาของแรง
(มานพ ตันตระกูล และผู้อื่น. 2536 : 189)



ภาพประกอบ 19 แบบฟอร์มลิ้มตาม DIN 6885

(मानप दंडतरबनचित्य और पूरन. 2540 : 2)

ตาราง 5 กำหนดขนาดลิ้มส่งกำลังฟอร์ม A

(मानप दंडतरबनचित्य. 2540 : 2)

ขนาดเส้นผ่าจาก	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130
ศูนย์กลางเพลาด ถึง	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150
ความกว้าง b	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36
ความสูง h	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	20
ความลึกร่องเพลาร t	1.6	2.5	3	3.5	4	5	5	5.5	6	7	7.5	9	9	10	11	12
ความลึกร่อง มีระยะฟรี	1.4	1.8	2.3	2.8	3.3	3.3	3.3	3.8	4.3	4.4	4.9	5.4	5.4	6.4	7.4	8.4
ดุมล้อ r_2 มีขนาดเพื่อ	0.9	1.2	1.7	2.2	2.4	2.4	2.4	2.9	3.4	3.4	3.9	4.4	4.4	5.4	6.4	7.1

ความยาวลิ้ม 1 : 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100

110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320 mm

ตัวอย่าง : ลิ้มขนาด ฟอร์ม A ที่มีขนาด $b = 16 \text{ mm}$, $h = 10 \text{ mm}$, $l = 50 \text{ mm}$ มีการกำหนดสัญลักษณ์

การเรียกว่า "ลิ้มขนาด DIN 6885-A16 $\times$ 10 $\times$ 50" $h = 10$ คือ $6 + 4.3 = 10.3 \text{ มม.}$ ฟรี

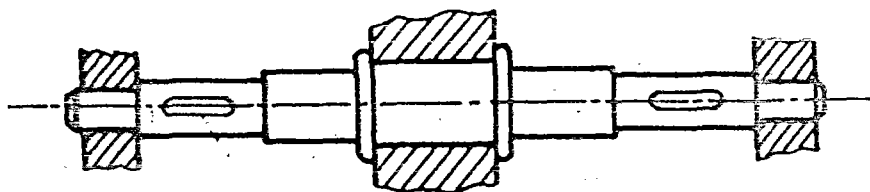
0.3 มม. ผู้วิจัยเลือกใช้ลิ้มมาตรฐาน ลิ้มฝั่ง DIN 6885-A8 $\times$ 7 $\times$ 28 มม.

6.5 เพลา เป็นชิ้นส่วนที่หมุนหรือไม่หมุน ซึ่งลักษณะทั่ว ๆ ไป จะมีหน้าตัดกลม บนเพลาก็มี ส่วนอื่น ๆ ประกอบอยู่เช่น เฟือง ล้อสายพาน มุเล่ ข้อเหวี่ยง จานโซ่ และชิ้นส่วนสำหรับการส่งกำลังอื่น ๆ เพลาอาจจะต้องรองรับภาระต่าง ๆ ได้แก่ bending loads, tension loads, compression loads หรือ

torsional loads ซึ่งภาระเหล่านี้อาจจะกระทำเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว หรือกระทำพร้อม ๆ กัน ในขณะเดียวกัน ในการออกแบบเพลาลังสำคัญที่จะต้องพิจารณาคือความแข็งแรงสถิตย์ และความแข็งแรงทางด้านความล้า และเพลาลังหนึ่งอาจจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่คงที่ ความเค้นแบบสลับในเวลาเดียวกันได้

ในการออกแบบเพลาลังจะต้องรักษาระยะโค้งของเพลาลังให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนด ในการให้ขนาดเพลาลังนั้นจะพิจารณาถึงระยะโค้งก่อน แล้วจึงทำการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้น เหตุผลก็เพราะว่า ถ้าเพลาลังที่นำมามีความแข็งแรงพอที่จะไม่ให้เกิดระยะโค้งมากแล้ว ความเค้นที่เกิดขึ้นก็จะอยู่ในช่วงที่มีความปลอดภัยแต่ก็ไม่ได้หมายความว่าผู้ออกแบบจะสมมติว่ามีความปลอดภัยแล้วเสมอไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการคำนวณตรวจสอบ เพื่อให้รู้ว่าการออกแบบนั้นมีความถูกต้องอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้จริง ๆ

เพลาลังเป็นส่วนเครื่องมือกล ที่มีความสำคัญของระบบการส่งผ่านกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลาลังอยู่ในรูปของโมเมนต์ แรงบิด (torque) ในการส่งผ่านกำลังระหว่างเพลาลังหนึ่งไปอีกเพลาลังหนึ่ง จำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง, โซ่, สายพาน, ฯลฯ ดังนั้นจึงเกิดแรงเนื่องจากการขบกันของเฟือง แรงเนื่องจากแรงจุดของโซ่ หรือแรงดึงของสายพานมากระทำต่อเพลาลังอันเป็นผลให้เกิดโมเมนต์ดัด (bending moments) ขึ้นบนเพลาลังและบางกรณีอาจมีแรงกระทำตามแนวแกนของเพลาลังด้วย ดังนั้นขณะที่เพลาลังทำหน้าที่ส่งผ่านกำลัง เพลาลังจะรับทั้งโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัดพร้อม ๆ กัน ภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 แสดงรูปร่างลักษณะของเพลาลัง
(บรรเลง ศรีนิล และกิตติ นิงสานนท์. 2530 : 156)

โดยปกติทั่วไป รูปหน้าตัดของเพลาลังจะเป็นวงกลม ขนาดไม่เท่ากัน แต่จะตกล่าเป็นชั้น ๆ บางตำแหน่งจะมีร่องลิ้น เพื่อใช้ในการติดตั้งมู่เล่ย์ เฟือง เบร้ง หรือชิ้นส่วนอื่น ๆ เพลาลังที่ใช้โดยทั่วไปจะมีทั้งเพลาลังกลวง และเพลาลังตัน

สำหรับวัสดุที่ใช้ทำเพลาลังส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กเหนียว เช่น St 50, St 60 หรือ St 70 ในกรณีที่ต้องการความแข็งแรงสูง ๆ และคงทนต่อการใช้งานมาก ๆ อาจใช้พวกเหล็กผสม (alloy steel)

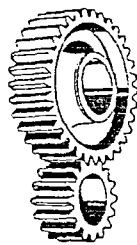
การออกแบบคำนวณหาขนาดของเฟลา

ในการออกแบบหาขนาดของเฟลา จะต้องพิจารณาถึงสิ่งเหล่านี้ คือ

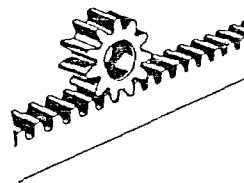
1. กำลังงานและภาระที่ใช้เฟลาส่งกำลัง
2. ความเค้นที่เกิดขึ้นกับเฟลา รวมทั้งรูปร่าง ขนาด วัสดุ และผิวงานสำเร็จ ซึ่งจะเป็นสาเหตุในการเกิด stress concentration ขึ้น ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของเฟลา
3. ความแกร่ง หมายถึง ความคงทนต่อการแอ่นตัวหรือการบิดไปของเฟลา เมื่อได้รับภาระ
4. critical speed หมายถึง การสั่นตัวของเฟลา อันเป็นผลเนื่องมาจากการแอ่นตัว

ในการออกแบบขนาดของเฟลาสำหรับงานปกติทั่วไป จะพิจารณาเฉพาะกำลังงาน ภาระ และคำนวณตรวจความเค้นที่เกิดขึ้นกับเฟลา เพื่อให้ได้ค่าความปลอดภัยเพียงพอ สำหรับงานพิเศษในบางกรณี จึงจะพิจารณาถึงความแกร่ง และ Critical Speed ผู้วิจัยเลือกใช้เหล็ก St 37 มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มม.

6.6 เฟือง ใช้ทำหน้าที่ถ่ายเทโมเมนต์หมุนระหว่างเฟลา 2 เฟลา ที่มีระยะห่างระหว่างแกนเฟลา ที่สั้น โดยถ่ายเทในรูปแบบของแรง หมายความว่า ไม่มีการสูญเสียจากการลื่นเหมือนสายพาน จึงมีอัตราทดที่คงที่ เฟืองเหมาะสำหรับการหมุนรอบต่ำไปจนรอบสูง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าเป็นเฟืองชนิดใด ตามแต่ตำแหน่งของเฟือง เฟลาที่วางไว้ประกบกันจะมีการเรียกชื่อเฟือง ดังภาพประกอบ 21 เมื่อเฟลาขนานกันก็จะให้เฟืองขับด้านข้าง แต่ถ้าจะให้เฟืองขับกันโดยมีแนวเฟลาตัดกันก็จะใช้เฟืองดอกจอก และจะถ้าให้เฟลาไขว้กันก็จะใช้เฟืองตัวหนอน



ก.



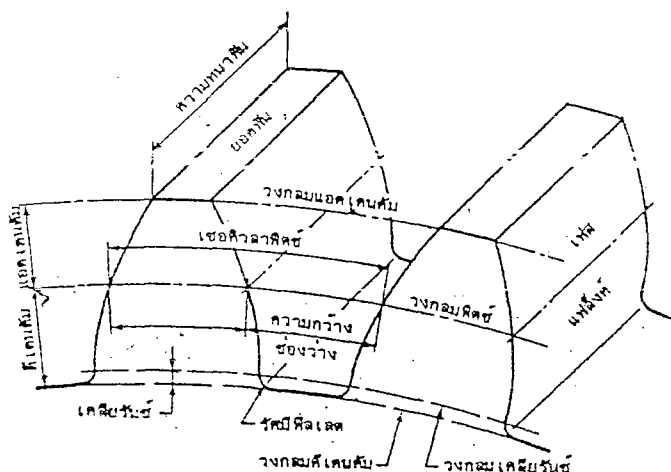
ข.

ภาพประกอบ 21 เฟืองฟันตรงและเฟืองสะพาน
(มานพ ตันตระบัณฑิตย์ และผู้อื่น. 2539 : 112)

ในการให้เฟืองตรงขบเฟืองสะพานจะสามารถขับให้เฟืองสะพานเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรงได้ หรือในทางตรงกันข้าม หากให้เฟืองสะพานเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงก็จะขับเฟืองตรงให้หมุนในแนววงกลมได้ ภาพประกอบ 21 ข เพื่อป้องกันการสึกหรอสูงของด้านข้างเฟือง ความร้อนและการเกิดเสียงดังระหว่างการขบกันของฟันเฟือง จึงควรให้ด้านข้างของฟันสัมผัสกันในลักษณะกลิ้งจากกัน การให้คู่ฟันขบสัมผัสได้นั้นจะต้องมีการออกแบบให้ด้านข้างของฟันเฟืองมีรูปร่างทางเรขาคณิตเป็นเส้นโค้งที่เหมาะสม

6.6.1 เฟืองตรง (spur gear) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งที่พบอยู่ในเครื่องจักรกลทั่วไป โดยใช้ทำหน้าที่ส่งกำลังและการหมุนจากเพลานึงไปยังอีกเพลานึงที่ขนานกัน ส่วนมากเฟืองขับ (driving gears) จะมีขนาดเล็กกว่าเฟืองตาม (driven gears) และมีชื่อเรียกเป็นพิเศษว่า พินเนียน (pinion) ส่วนเฟืองใหญ่เรียกว่าเฟือง แต่การใช้งานบางโอกาสก็อาจใช้เฟืองใหญ่เป็นเฟืองขับก็ได้ เนื่องจากว่าเฟืองที่ผลิตและใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ยังคงใช้ระบบหน่วยอังกฤษเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งก็จำเป็นต่อการเปลี่ยนเฟืองของเครื่องจักรกลที่ชำรุดเสียหาย ฉะนั้นเฟืองในระบบหน่วยอังกฤษก็ยังคงจะต้องผลิตออกมาอีกเป็นเวลานาน ดังนั้นจึงจะกล่าวถึงการออกแบบหรือการเลือกขนาดเฟือง ทั้งในระบบหน่วยอังกฤษ และในระบบหน่วยเอสไอ (SI) คละกันไป

ในการให้คำจำกัดความเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของเฟือง ให้พิจารณาภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 การเรียกชื่อส่วนของฟันเฟือง

(สมยศ จันเกษม และดิโยดดีลี ซิงะ. 2527 : 21-22)

วงกลมพิตซ์ (pitch circle) เป็นมิติหลักในการเรียกขนาดของเฟือง โดยบอกขนาดของเฟืองด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตซ์ (pitch diameter) ในทางทฤษฎีแล้วเฟืองคู่ที่ขบกันจะต้องมีเส้นสัมผัสกัน ณ วงกลมพิตซ์

เซอคิวลาพิตซ์ (circular pitch) p เป็นระยะที่วัดบนวงกลมพิตซ์ จากจุดหนึ่งบนฟันเฟืองไปยังอีกจุดหนึ่ง ณ ตำแหน่งเดียวกันบนฟันถัดไป ภาพประกอบ 22 จะเห็นได้ว่าระยะนี้มีค่าเท่ากับผลรวมของความกว้างฟันและความกว้างช่องว่างระหว่างฟัน

โมดูล (module) m เป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์กับจำนวนฟันบนเฟือง หน่วยที่ใช้วัดโมดูลคือมิลลิเมตร โมดูลนี้เป็นดัชนีสำหรับบอกขนาดของฟันเฟืองในระบบหน่วยเอสไอ

ไดอะมิทรีลพิตช์ (diametral pitch) P เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนฟันบนเฟืองกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ ฉะนั้นจึงเป็นส่วนกลับของโมดูล ไดอะมิทรีลพิตช์นี้เป็นดัชนี สำหรับบอกขนาดของฟันเฟืองในระบบหน่วยอังกฤษ ซึ่งกำลังได้รับการเปลี่ยนแปลงให้เป็นระบบหน่วยเอสไออยู่ ดังนั้นความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์จึงใช้บอกเป็นนิ้ว

แอดเดนดัม (addendum) a หรือช่วงสูงบน เป็นระยะที่วัดในแนวรัศมีระหว่างยอดฟัน (top land) ถึงวงกลมพิตช์

ดีเดนดัม (dedendum) d หรือช่วงสูงล่างเป็นระยะที่วัดในแนวรัศมีระหว่างโคนฟัน (bottom land) ถึงวงกลมพิตช์ ฉะนั้นความสูงของฟันเฟือง คือ ผลรวมระหว่าง a กับ d

เคลียร์นซ์ (clearance) c ในการที่เฟืองสองอันขบกัน ดีเดนดัมของเฟืองหนึ่งต้องมีค่ามากกว่า แอดเดนดัมของอีกเฟืองหนึ่ง เพื่อที่จะไม่ให้เกิดการขัดกันขึ้น ผลต่างระหว่างค่าดีเดนดัมและแอดเดนดัมนี้ เรียกว่า เคลียร์นซ์ c

แบ็คแลช (backlash) คือผลต่างระหว่างความกว้างช่องว่างระหว่างฟันเฟืองหนึ่งกับความกว้างของฟันเฟืองอันหนึ่งที่ขบกัน โดยวัดตามแนวเส้นวงกลมพิตช์ ฉะนั้นในการขบด้วยเฟืองที่มีแบ็คแลช เฟืองขบจะสามารถหมุนไปได้เป็นมุมเล็กน้อยก่อนที่จะเฟืองตามจะหมุนไปแบ็คแลชนี้จำเป็นจะต้องมีอยู่เสมอ ทั้งนี้เพื่อให้มีช่องว่างสำหรับน้ำมันหล่อลื่น และเพื่อให้เฟืองสามารถขยายตัวได้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ตลอดจนมีเผื่อเอาไว้สำหรับความผิดพลาดในการตัดรูปร่างของฟันเฟือง

ความหนาของฟัน (face width) b คือความหนาของฟันเฟืองวัดในทิศทางเดียวกับแนวแกนของเฟือง ซึ่งในที่นี้จะเรียกว่าความหนาเฟือง

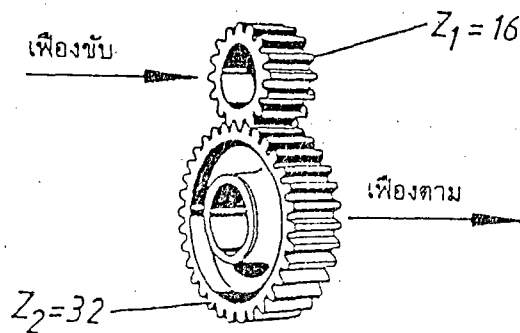
แฟล็งก์ (flank) คือผิวทางด้านข้างของฟันเฟือง ซึ่งอยู่ระหว่างวงกลมพิตช์กับวงกลมดีเดนดัม

อัตราทด (velocity ratio) m_v คืออัตราส่วนระหว่างความเร็วเชิงมุมของเฟืองขับต่อความเร็วเชิงมุมของเฟืองตาม ถ้าให้ "1" และ "2" แทนเฟืองขับและเฟืองตาม ตามลำดับ

อัตราทดเฟืองตรง หมายถึง เฟืองขับหมุนรอบตัวก็รอบทำให้เฟืองตามหมุนครบ 1 รอบ ที่มีผลขับเคลื่อนเพลงานตามความเร็วรอบและแรงที่เหมาะสม ถ้าอัตราทดมากกว่า 1 ($i > 1$) ดังภาพประกอบ 23 เฟืองขับมี 16 ฟัน เฟืองตามมี 32 ฟัน เฟืองตัวเล็กขับเฟืองตัวใหญ่เฟืองตัวเล็กหมุน 2 รอบ เฟืองตัวใหญ่

หมุน 1 รอบ อัตราทดคิดจากจำนวนฟันเฟืองตาม 32 ฟันหารด้วยจำนวนฟันเฟืองขับ $\frac{Z_2}{Z_1} = 2$ จะได้อัตรา

$$\text{ทดเฟือง } i = \frac{Z_2}{Z_1}$$



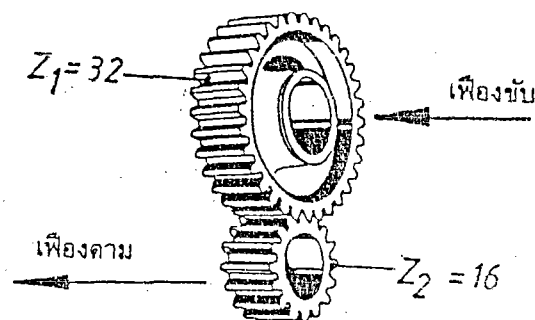
ภาพประกอบ 23 อัตราทดมากกว่า 1

(อำพล ชี้อตรง. 2536 : 219)

อัตราทدن้อยกว่า 1 ($i < 1$) ในทำนองเดียวกันกับอัตราทดมากกว่า 1 แต่เฟืองใหญ่เป็นเฟืองขับ

อัตราทดจึงคิดเป็น $i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{16}{32} = 0.5$ อัตราทदन้อยกว่า 1 เช่นนี้ หมายถึง เฟืองขับหมุนเพียง

0.5 รอบ (ครึ่งรอบ) เฟืองตามหมุน 1 รอบ ดังภาพประกอบ 24



ภาพประกอบ 24 อัตราทदन้อยกว่า 1

(อำพล ชี้อตรง. 2536 : 223)

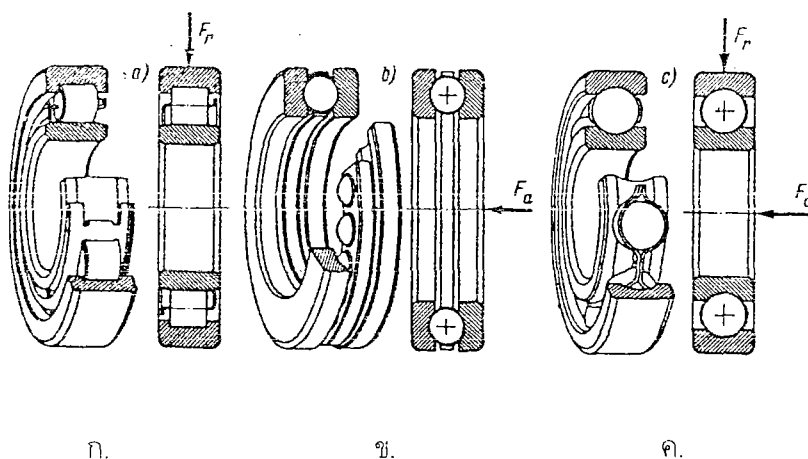
การเกิดอัตราทดจากความเร็วรอบ เป็นการคิดอัตราทดอีกวิธีหนึ่งคิดจากความเร็วรอบที่เฟืองหมุน ถ้าเป็นเฟืองตัวเล็กหมุน 500 รอบต่อนาที เฟืองตัวใหญ่หมุน 250 รอบต่อนาที อัตราทดจะได้ 2 เช่นเดียวกัน

กับที่กล่าวแล้ว โดยคิดดังนี้ $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{500}{250} = 2$ รอบต่อนาที

6.7 แบริ่งลูกปืน ใช้สำหรับรองรับเพลลา โครงสร้างของแบริ่งประกอบด้วยแหวนนอก แหวนใน และจะมีลูกปืนเป็นตัวลดความเสียดทานลักษณะเป็นลูกทรงกลม หรือทรงกระบอกลูกปืนจะวิ่งอยู่บนทางวิ่งของแหวนนอกและแหวนใน โดยมีกรงบังคับระยะห่างระหว่างลูกปืนแต่ละลูกความเสียดทานที่เกิดขึ้นกับแบริ่งลูกปืนจะเป็นแบบ Rolling Friction จึงมีความเสียดทานน้อยกว่าแบริ่งปลอกประมาณร้อยละ 25-50 เปอร์เซนต์ ทำให้กำลังงานสูญเสียไปเนื่องจากความเสียดทานน้อย นอกจากนี้การเยื้องศูนย์ของเพลลาและตัวแบริ่งมีน้อย เนื่องจากมีระยะคลอนน้อย การบำรุงรักษาและการหล่อลื่นทำได้ง่าย การผลิตแบริ่งลูกปืนจะเป็นมาตรฐานเหมือนกัน ๆ กัน ดังนั้นการถอดเปลี่ยนอะไหล่จึงทำได้ทุกเวลาและสถานที่

สำหรับข้อเสียของแบริ่งลูกปืนก็คือ ทนต่อแรงกระแทกไม่ดี ขณะใช้งานจะมีเสียงดังกว่าแบริ่งปลอก และยังจำเป็นต้องมีชิ้นส่วนไว้ใช้ยึดจับตัวแบริ่ง การถอดประกอบจึงยุ่งยาก

การแบ่งชนิดของแบริ่งลูกปืน อาจแบ่งตามลักษณะของการรับแรงแบริ่งที่ใช้รับแรงในแนวรัศมี เรียกว่า Radial bearing ใช้รับแรงในแนวแกน เรียกว่า Axial bearing หรือ Thrust bearing บางชนิดอาจใช้รับแรงในแนวรัศมีและในแนวแกนพร้อมกันก็ได้ ภาพประกอบ 25



ภาพประกอบ 25 แบริ่งลูกปืนสำหรับแรงในแนวต่าง ๆ ของบริษัท SKF

(บรรเลง ทรนิล และกิตติ นิงสานนท์. 2530 : 218)

รูป ก. Cylindrical Roller bearing ใช้รับแรงในแนวรัศมี

รูป ข. Ball Thrust bearing ใช้รับแรงในแนวแกน

รูป ค. Deep Groove ball bearing ใช้รับแรงในแนวแกน และแรงในแนวรัศมี

ประสิทธิภาพในการรับภาระและอายุการใช้งาน

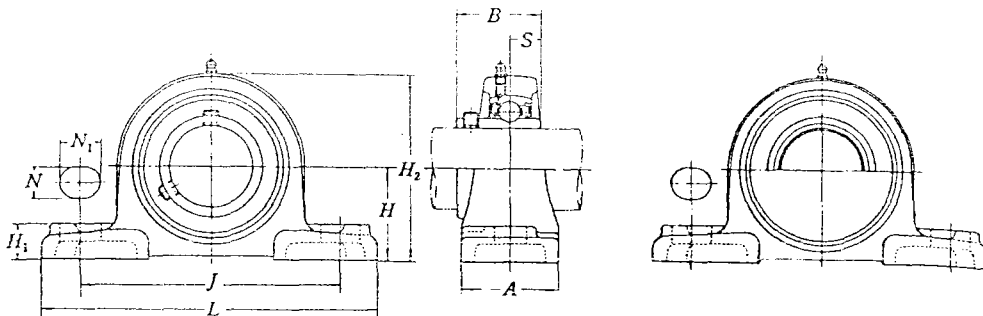
จากภาพประกอบ 25 แรง F_r หมายถึงแรงที่กระทำต่อเบร้งในแนวนรัศมี หรือแนวแกนอย่างเดียว บางตัวอาจใช้รับแรงทั้งสองพร้อมกัน ในการคำนวณจะใช้แรงเปรียบเทียบ F (equivalent load) ค่าแรงเปรียบเทียบ (F) จะถือว่ากระทำในแนวนรัศมี และแรงเปรียบเทียบ F นี้ต้องมีผลการกระทำเช่นเดียวกับแรงในแกนและแนวนรัศมีมากระทำต่อเบร้ง ในขณะที่เบร้งถูกใช้งานภาระที่เกิดขึ้นจะเป็น 2 ชนิด คือ Static load ซึ่งมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างขึ้นได้และ Dynamic load เกิดขึ้นขณะที่หมุนซึ่งมีผลให้วัสดุเกิดการล้าตัว

องค์ประกอบอื่นที่มีผลกระทบบต่ออายุการใช้งานของเบร้ง

อายุการใช้งานประเมินของเบร้งลูกกลิ้ง ขึ้นอยู่กับสภาพการประยุกต์ใช้งาน เช่น การหล่อลื่นที่เหมาะสม การเยื้องแนวมีน้อยที่สุด และการพิจารณาถึงระยะเผื่อดังตารางที่ 7 ระหว่างเบร้งกับเพลลา ฟิงระลึกไว้เสมอว่า อายุการใช้งานของเบร้งจะเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก หากว่าระบบการหล่อลื่นเบร้งอยู่ในขั้นดีมาก

ตาราง 5 เบร้งลูกปืนตุ้กตา

(NSK Ltd. 1996 : 246)



Shaft Diameter (mm)	Unit Numbers	Dimensions (mm)													Mounting Bolt Numbers
		L	A	J	H ₁	H	N	N ₁	H ₂	B	S	A ₄	A ₅	H ₃	
12	UCP 201	127	38	95	15	30.2	13	19	62	31	12.7	44.5	-	-	M10
15	UCP 202	127	38	95	15	30.2	13	19	62	31	12.7	44.5	-	-	M10
17	UCP 203	127	38	95	15	30.2	13	19	62	31	12.7	44.5	-	-	M10
20	UCP 204	127	38	95	15	33.3	13	19	65	31	12.7	44.5	6.2	69	M10
25	UCP 205	140	38	105	16	36.5	13	19	70	34.1	14.3	48	70	76	M10
	UCP 205	175	45	132	16	45	17	20	83	38	15	-	78	89	M14
30	UCP 206	165	48	121	18	42.9	17	21	83	38.1	15.9	53	74	87	M14
	UCP 306	180	50	140	19	50	17	20	94	43	17	-	84	99	M14

ตาราง 7 อายุการใช้งานของแบร้ง

(บรรเลง ศรณล และกิตติ นิงสานนท์. 2530 : 137)

ลักษณะงาน	จำนวน ช.ม.	ลักษณะงาน	จำนวน ช.ม.
อุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้าน	1000 - 2000	แบร้งเพลารือ	80000
พัคคผลมขนาดเล็ก	2000 - 4000	แบร้งเพื่องส่งกำลังในเรือ	20000 - 30000
มอเตอรืขนาดเล็กถึง 4 kw	8000 - 10000	แบร้งเครื่องกลการเกษตร	3000 - 6000
มอเตอรืขนาดกลาง	10000 - 15000	เครื่องยกของเล็ก	5000 - 10000
มอเตอรืขนาดใหญ่ติดตั้งอยู่กับที่	20000 - 30000	ชุดเพื่องทด	8000 - 15000
มอเตอรืขนาดใหญ่	50000 ขึ้นไป	ชุดเพื่องเครื่องมือกล	20000
มอเตอรืขนาดเล็ก	600 - 1200	เครื่องช่วยงานผลิต	7500 - 15000
รถยนต์, รถบรรทุกเล็ก	1500 - 2500	เครื่องรืดขนาดใหญ่	8000 - 10000
รถบรรทุกใหญ่, รถบัส	2000 - 5000	เครื่องเลื่อย	1000 - 15000
เพลารถวางขนวัสดุ	5000	เครื่องเจาะหิน (ในเหมือง)	4000 - 10000
เพลารถวางโดยสาร์	2000 - 25000	พัคคผลมขนาดใหญ่ ๆ	40000 - 50000
เพลารถไฟโดยสาร์	25000	รอกสำหรับงานหนัก	40000 - 60000
เพลารถไฟขนสินค้า	35000	เครื่องทำกระดาศ	50000 - 80000
ตัวรถจักร	20000 - 40000		หรือมากกว่า
งานสร้างเรือ	3000 - 5000	เครื่องย้อยหิน	20000 - 30000
เรือกลไฟใช้ใบจักร	15000 - 25000	เครื่องทำอิฐ	20000 - 30000

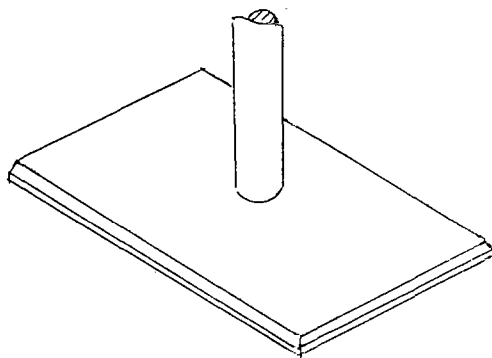
ตาราง 8 ค่าความเร็วคงที่ของลูกปืนชนิดต่าง ๆ

(บรรเลง ศรนิล และกิตติ นิงสานนท์. 2530 : 239)

	ชนิดของลูกปืน	N รอบ / นาที
	Deep groove ball bearing	
	แถวเดียว	500000
	แถวเดียว (มีแผ่นกันร้าว)	360000
	สองแถว	300000
	Angular contact bearing	
	(แวนไดแวนหนึ่งมีป่าข้างเดียว)	500000
	Angular contact bearing	
	แถวเดียว	500000
	แถวเดียว ประกอบเป็นคู่	400000
	สองแถว	360000
	Duplex bearing	400000
	Self aligning ball bearing	500000
	Self aligning ball bearing	
	(แวนไดกว้าง)	250000
	Cylindied roller bearing	
	แถวเดียว	500000
	สองแถว	300000
	Needle bearing	
	แถวเดียว	200000
	สองแถว	300000
	Taper Roller bearing	220000
	Tonne bearing	220000
	Self aligning Roller bearing	
	อนุกรมที่ 213	220000
	อนุกรมที่ 222, 223	320000
	อื่น ๆ	250000

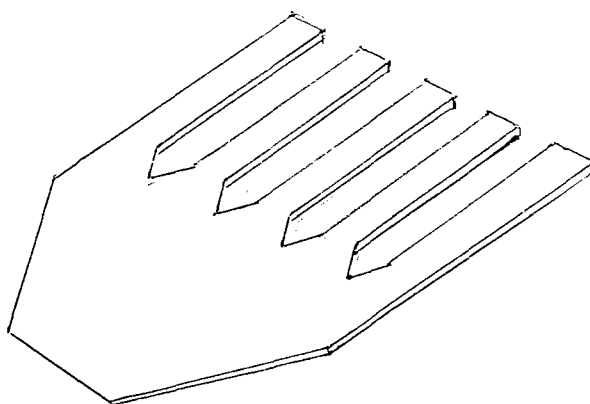
ผู้วิจัยเลือกใช้ลูกปืนตุ๊กตา เบอร์ Ucp 204 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มม. มีอายุการใช้งานลักษณะงานชุดเฟืองทด มีจำนวนชั่วโมง 8,000 - 15,000 และเครื่องช่วยงานผลิต มีจำนวนชั่วโมง 7,500 - 15,000 ชั่วโมง ส่วนค่าความเร็วคงที่ของลูกปืน แถวเดียว 500,000 รอบต่อนาที

6.8 แผ่นกดแป้งทองหยอด เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ติดตั้งอยู่ส่วนบนกล่องบรรจุแป้งทองหยอดและจะสวมเข้ากับกล่องบรรจุแป้งทองหยอดได้พอดี ซึ่งทำหน้าที่กดเพื่อควบคุมการไหลของแป้งทองหยอด แผ่นกดแป้งทองหยอดทำด้วยเหล็กไร้สนิม เพื่อป้องกันการเป็นสนิมและสะดวกต่อการทำความสะอาด ดังภาพประกอบ 26



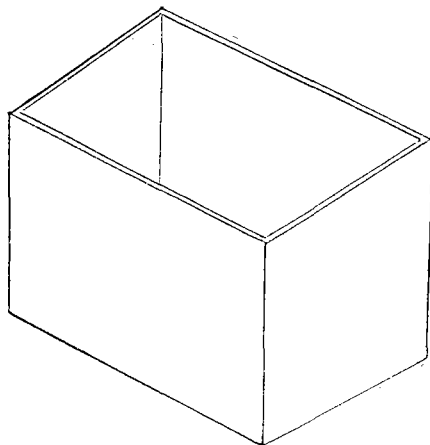
ภาพประกอบ 26 แผ่นกดแป้งทองหยอด

6.9 แผ่นเลื่อนตัดแป้งทองหยอด เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าตัดเซาะร่องเป็นรูปตัววี จำนวน 4 ช่อง เพื่อเป็นตัวควบคุมการตัดแป้งทองหยอด ให้มีขนาดพอดีกับความต้องการ แผ่นหมุนตัดแป้งทองหยอดนี้ทำด้วยเหล็กไร้สนิม เพื่อป้องกันการเป็นสนิม สะดวกต่อการทำความสะอาด ดังภาพประกอบ 27



ภาพประกอบ 27 แผ่นเลื่อนตัดแป้งทองหยอด

6.10 กล่องบรรจุแป้งทองหยอด เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนด้านล่างของกล่องจะเจาะรูไว้ 4 รู เพื่อให้แป้งทองหยอดไหลผ่าน กล่องบรรจุแป้งทองหยอด จะเป็นตัวบรรจุแป้งทองหยอดที่ได้จากการผสมกันตามอัตราส่วน ทำจากเหล็กไร้สนิม เพื่อป้องกันการเป็นสนิม และสะดวกต่อการทำความสะอาด ดังภาพประกอบ 28

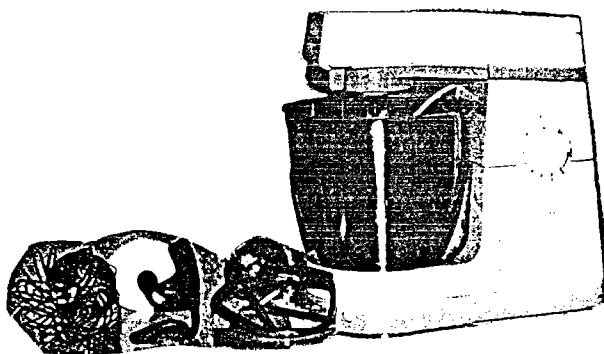


ภาพประกอบ 28 กล่องบรรจุแป้งทองหยอด

7. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับเครื่องหยอดขนมทองหยอด

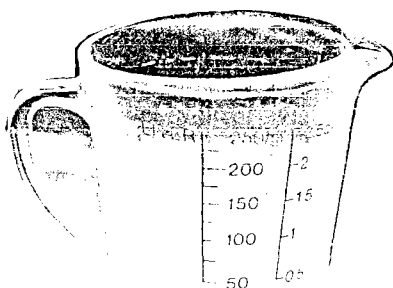
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับเครื่องหยอดขนมทองหยอดประกอบด้วย เครื่องตีไข่ ถ้วยตวง

7.1 เครื่องตีไข่ เป็นเครื่องมือที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด $\frac{1}{4}$ แรงม้าเป็นต้นกำลัง ตรงปลายมีใบ ไข่สำหรับตีไข่แดงให้ฟูเข้ากันอย่างดี โดยใส่ไข่แดงที่แยกออกจากไข่ขาวลงในภาชนะที่เตรียมไว้อย่างเพียงพอแล้วนำมาตั้งไว้กับเครื่องตีไข่เปิดสวิตช์ไฟ เพื่อให้เครื่องตีไข่ทำงานสามารถปรับความเร็วรอบได้ เมื่อใช้ขึ้นฟูตามที่ต้องการจึงใส่แป้งข้าวเจ้าที่ได้เตรียมไว้ตามสูตรการทำทองหยอดดีให้เข้ากันให้แป้งขึ้นขนาดหยอดได้นำใส่กระบอบบรรจุส่วนผสมทองหยอด ดังภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 เครื่องตีไข่

7.2 ถ้วยตวง เป็นถ้วยตวงทำจากพลาสติกหรือแก้วใส หรือทำจากอลูมิเนียม มีตัวเลขบอกขนาดบรรจุเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (ซี.ซี.) ไว้ บอกปริมาตรใช้สำหรับตวงแบ่งข้าวเจ้าว หรือน้ำตาลทราย น้ำลอยดอกมะลิ ที่ได้จัดเตรียมไว้ ดังภาพประกอบ 30



ภาพประกอบ 30 ถ้วยตวง

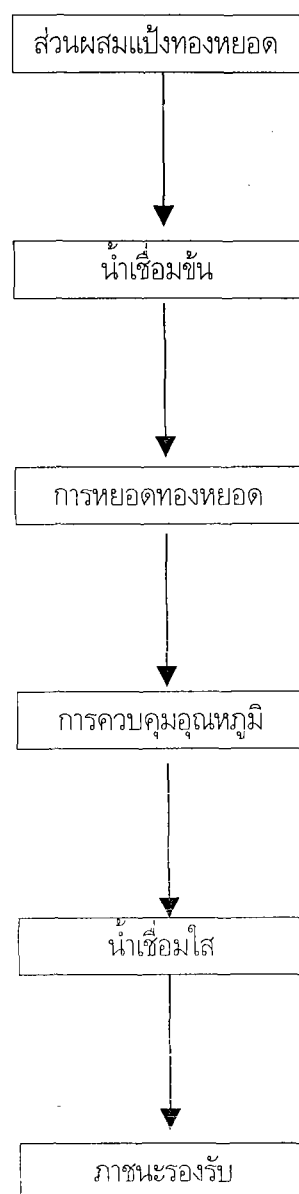
8. กระบวนการทำทองหยอด

กระบวนการทำทองหยอด จะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญในการทำงานหลายขั้นตอนด้วยกัน ดังภาพประกอบ 31 ซึ่งสรุปเป็นขั้นตอนสำคัญได้ 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบและอุปกรณ์ขั้นตอนการทำทองหยอด และขั้นตอนการพิจารณารูปทรงทองหยอด

1. ^๕ขั้นเตรียมวัสดุดิบ

2. ^๕ขั้นตอนการหยอดทองหยอด

3. ^๕ขั้นตอนพิจารณารูปทรงทองหยอด



ภาพประกอบ 31 แสดงลำดับขั้นตอนกระบวนการทำทองหยอด

8.1 ^๕ขั้นเตรียมวัสดุดิบและอุปกรณ์ ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย ^๕ขั้นตอนการเตรียมวัสดุดิบและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการทำทองหยอด สามารถแบ่งเป็น 2 ^๕ขั้นตอน

8.1.1 วัสดุดิบ การเตรียมวัสดุดิบสำหรับการทำทองหยอดนั้นประกอบไปด้วย ไข่ไก่ แป้งข้าวเจ้า น้ำตาลทราย น้ำสะอาด ดอกมะลิสด

8.1.1.1 ไข่ไก่ เป็นไข่ที่มีขายตามท้องตลาดทั่ว ๆ ไป ซึ่งมีหลายขนาด คือมีตั้งแต่เบอร์ 0-5 แต่ขนาดที่จะนำมาใช้ทำทองหยอดจะเป็นเบอร์ 1 การเลือกไข่ไก่นั้นจะต้องดูที่เปลือกไข่ ถ้าเป็นไข่ใหม่เปลือกไข่จะขรุขระและมีนวล ถ้าเปลือกไข่เรียบจะเป็นไข่เก่า

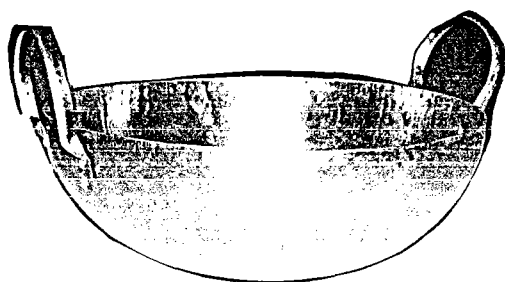
8.1.1.2 แป้งข้าวเจ้า เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพวกข้าวเจ้า โดยผ่านกรรมวิธีในการทำแป้งแล้วนำมาบรรจุถุงตามขนาดและน้ำหนักที่ได้รับใบวัดด้านข้างถุง แป้งข้าวเจ้ามีคุณสมบัติทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากมีส่วนประกอบคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน ไขมัน เซลลูโลส ไวตามิน เอนไซม์

8.1.1.3 น้ำตาลทราย เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอ้อยเป็นอาหารที่ให้พลังงานมาก มีคุณค่าทางโภชนาการ ประโยชน์ของน้ำตาลทรายคือ ให้ความหวานแก่อาหาร ให้อาหารมีสีสันทนรับประทาน ช่วยทำให้ขนมมีความนุ่ม โดยนำมาผสมกับน้ำตาลดอกมะลิตามอัตราส่วน เพื่อทำน้ำเชื่อมข้นเอาไว้ใช้ในการหยอดทองหยอด

8.1.1.4 น้ำสะอาดลอยดอกมะลิ ทองหยอดเป็นขนมที่มีรสหวาน กลิ่นหอมจากกลิ่นน้ำลอยดอกมะลิที่ได้จากธรรมชาติ โดยเด็ดดอกมะลิแต่เช้า นำดอกมะลิล้างน้ำแล้วห่อด้วยใบตองเก็บไว้ในที่เย็น ๆ พอถึงตอนเย็นประมาณ 6 โมงเย็น ตวงน้ำต้มสุกที่เย็นแล้วใส่ภาชนะที่มีฝาปิด เด็ดกลีบเลี้ยงดอกค่อย ๆ ใส่ดอกมะลิให้ก้นจุ่มอยู่ในน้ำ ดอกมะลิจะบานส่งกลิ่นหอมได้เต็มที่ อย่าใส่ดอกมะลิแน่นเกินไป ปิดฝาให้สนิท พอรุ่งเช้าของอีกวันค่อย ๆ ช้อนเอาดอกมะลิออกแล้วกรองน้ำลอยดอกมะลิก่อนนำไปใช้ทำทองหยอด

8.1.2 อุปกรณ์ การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการหยอดทองหยอด ประกอบด้วย กระทะทองเหลือง ทัพพี ถาด เตาแก๊ส

8.1.2.1 กระทะทองเหลือง เป็นอุปกรณ์ที่มีสีเหลืองทอง ส่วนบนกระทะเป็นวงกลมเหมือนกระทะทั่ว ๆ ไป ปิดกันเมื่อมองดูด้านข้าง ส่วนบนจะมีความโค้งมากกว่ากระทะทั่วไป มีหูหิ้วสองหู เพื่อความสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายจะตั้งอยู่บนเตา เพื่อละลายน้ำตาลทรายให้เป็นส่วนผสมน้ำเชื่อมใสและส่วนผสมน้ำเชื่อมข้นที่กำลังเดือด ดังภาพประกอบ 32



ภาพประกอบ 32 กระทะทองเหลือง

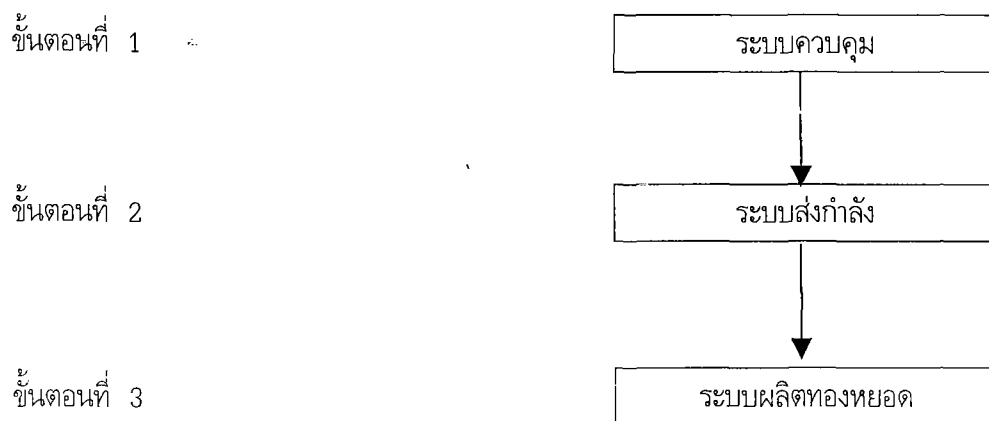
8.1.2.2 ทัพพี ทำหน้าที่ตักหรือช้อนเอาฟองออกจากน้ำเชื่อมชั้น จากการหยอดทองหยอดออก เนื่องจากฟองจากน้ำเชื่อมชั้นนั้นจะเป็นอุปสรรคต่อการหยอดทองหยอดเอง คือ เมื่อฟองเป็นมากขึ้นจะล้นออกจากกระทะทองเหลือง ทำให้หยอดลงเตาไฟเกิดการไหม้มีควันและมีกลิ่นเหม็นไหม้

8.1.2.3 ถาดรองรับ ทำหน้าที่เป็นถาดรองรับทองหยอดที่ได้จากการหยอดทองหยอดลงในกระทะทองเหลืองเมื่อสุกแล้ว จะใช้ทัพพีตักออกมา แช่ในน้ำเชื่อมใสเพื่อให้ทองหยอดได้ดูดซึม น้ำเชื่อมใสจนอืดและน้ำจึงใช้ทัพพีตักออกไปไว้ในถาดรองรับ

8.1.2.4 เตาแก๊ส เป็นเตาที่ให้ความร้อน ในการหยอดทองหยอด โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้มที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดให้พลังงานความร้อนสูง และต่ำโดยการปรับความเหมาะสมกับการหยอดทองหยอด และควรเติมแก๊สให้เต็มเสมอก่อนจะทำการหยอดทองหยอด

8.2 ขั้นตอนการหยอดทองหยอด ก่อนที่จะหยอดทองหยอดควรจะศึกษาคุณสมบัติการไหลของแป้งทองหยอดนั้นว่ามีคุณลักษณะที่เป็นผลดีต่ออัตราการไหลผ่านช่องทางที่กำหนดไว้มาก หรือน้อยขนาดไหน ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวคือ ควรมีคุณสมบัติการไหลมีความสัมพันธ์กันกับช่องทางกับแผ่นเลื่อนตัดได้ง่าย สามารถไหลผ่านช่องแคบหรือไหลไปตามช่องทางที่กำหนดไว้ เพื่อให้ตกลงในน้ำเชื่อมที่กำลังเดือดอยู่ในกระทะทองเหลือง รอให้สุกจึงนำเอาทองหยอดออกโดยใช้ทัพพีตักออกมาแช่ในน้ำเชื่อมแบบใสที่เตรียมไว้ในภาชนะด้านนอกเตา เพื่อต้องการให้น้ำเชื่อมใสซึมเข้าไปในเนื้อทองหยอดจนฉ่ำ จึงนำทองหยอดออกมาวางไว้ในถาดรองรับเพื่อรอให้ทองหยอดเย็นตัว

การทำงานของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ระบบควบคุม ระบบส่งกำลัง ระบบผลิตทองหยอด ดังภาพประกอบ 33



ภาพประกอบ 33 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องหอยอดขนมทองหอยอด

ขั้นตอนที่ 1 ระบบควบคุม เป็นสวิตช์ไฟฟ้าเพื่อเป็นการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า ควบคุมการเปิดสวิตช์ด้วยผู้ควบคุม และควบคุมการปิดด้วยกลไกที่ตั้งระยะไว้

ขั้นตอนที่ 2 ระบบส่งกำลัง จะประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด $\frac{1}{4}$ แรงม้า ใช้ไฟ 220 โวลต์ หมุนด้วยความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที เพื่อส่งกำลังให้กับล้อสายพานตัวที่ 2 และ 3 ซึ่งหมุนด้วยความเร็วรอบ 326 รอบต่อนาที แล้วส่งกำลังต่อมายังล้อสายพานตัวที่ 4 และ 5 ที่อยู่บนเพลาดียวกัน หมุนด้วยความเร็วรอบ 77 รอบต่อนาที จากนั้น จะส่งกำลังให้กับก้านต่อส่งกำลัง ซึ่งก้านต่อนี้จะไปควบคุมกลไกการทำงานของกลไกล็อกเฟือง และควบคุมแผ่นเลื่อนตัดอีก

ขั้นตอนที่ 3 ระบบผลิทองหยอด จะประกอบด้วย กล้องบรรจุแป้งทองหยอด เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าจุได้ 4.5 ลิตร ส่วนด้านล่างกล้องจะมีหัวหอยอดจำนวน 4 หัว เจาะรูไว้ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มม. เพื่อต้องการให้แป้งทองหยอดไหลออกมา ด้วยน้ำหนักกดของแผ่นกดแป้งทองหยอดขณะที่แป้งทองหยอดให้ตกลงในน้ำเชื่อมชั้นที่กำลังเดือดในกระทะ จึงเป็นอันสิ้นสุดขั้นตอนการทำงานของเครื่องหอยอดขนมทองหยอด 1 ครั้ง

ในขั้นตอนการทำทองหยอด ผู้วิจัยจะเสนอรายละเอียดเป็นขั้นตอนเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย ซึ่งมีขั้นตอนในการปฏิบัติงานได้ดังต่อไปนี้

8.2.1 ขั้นตอนการเลือกแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเจ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธัญพืชคือ ข้าวเจ้า จะมีกรรมวิธีเริ่มจากการสี เพื่อแยก endosperm ออกจากส่วนรำและจมูกข้าว และนำเอาส่วน endosperm ที่มีแป้งสตาrch ประกอบอยู่เป็นส่วนใหญ่ นั้นไปแช่น้ำไม่หรืออบแล้วนำไปตาก หรือทำให้แห้งเป็นผงนำมาบรรจุถุงตามน้ำหนัก เพื่อวางขายตามท้องตลาด แป้งข้าวเจ้าจะมีคุณสมบัติทั้งทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากจะมีส่วนประกอบคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ไขมัน เซลลูโลส วิตามิน เอนไซม์ ดังนั้นในขั้นตอนการเลือกแป้งข้าวเจ้าเพื่อเตรียมผสมกับไข่แดง ควรเลือกแป้งข้าวเจ้าที่มีสีขาวนวล บริสุทธิ์ และสังเกต วันเดือน ปี ที่ผลิต และหมดอายุด้วย

8.2.2 ขั้นตอนการเลือกไข่ ไข่เป็นอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยสารอาหารหลายชนิด เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ วิตามิน ดังภาพประกอบ 34 การพิจารณาคุณภาพของไข่ ประกอบด้วย ความใหม่-เก่า ของไข่ พิจารณาได้จากปัจจัยภายนอก ดังต่อไปนี้

8.2.2.1 ขนาดของโพรงอากาศ ถ้าไข่ใหม่โพรงอากาศจะเล็ก เนื่องจากภายในไข่ยังไม่สูญเสียความชื้นมากนัก

8.2.2.2 ไข่แดงควรอยู่ตรงกลาง

8.2.2.3 ไข่ขาวมีลักษณะข้น

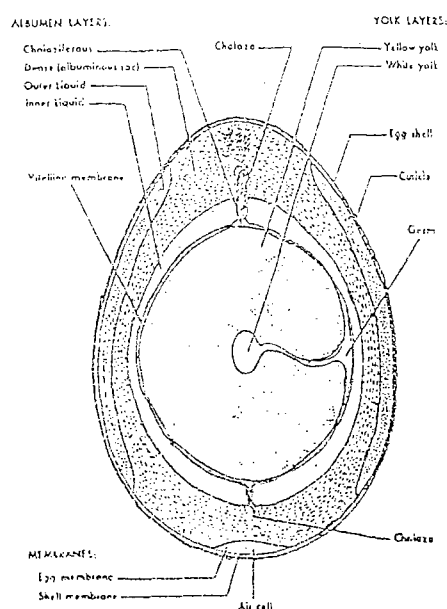
8.2.2.4 ความสะอาดเปลือกไข่ต้องสะอาดไม่มีสิ่งสกปรกติดอยู่

8.2.2.5 ความขรุขระหรือเรียบของเปลือกไข่ เป็นเครื่องบ่งชี้ความใหม่-เก่า เช่น เปลือกไข่ที่ขรุขระและมีนวลเป็นไข่ใหม่ ถ้าเปลือกไข่เรียบแสดงว่าไข่เก่า

8.2.2.6 รูปร่างของไข่ ไม่มีรอยร้าวหรือแตก รูปทรงปกติ

8.2.2.7 ไม่มีกลิ่นเหม็นเมื่อตอกไข่ จึงสามารถพิสูจน์กลิ่นได้ ถ้าเป็นไข่เก่าจะมีกลิ่นเหม็น

ขนาดของไข่ตามมาตรฐานสหรัฐอเมริกาจัดไข่ไว้ 6 ขนาด ซึ่งแต่ละขนาดวัดจากน้ำหนักเป็นออนซ์ต่อหนึ่งโหล ดังตาราง 9 ส่วนไข่ที่นำมาผสมเป็นเบ้งทองหยอด จะเป็นไข่ไก่แต่จะนำมาเฉพาะ ไข่แดงเท่านั้น เนื่องจากไข่แดงจะทำให้สีของทองหยอดมีสีเหลืองทองน่ารับประทาน ไข่จะมีขายตามท้องตลาดทั่วไป ดังภาพประกอบ 34 และตาราง 9



ภาพประกอบ 34 โครงสร้างของไข่

(เข็มทอง นิยมจินดา. 2538 : 32)

ตาราง 9 ไช้ขนาดต่าง ๆ ตามน้ำหนัก
(เข็มทอง นิยมจินดา. 2538 : 36)

ขนาด	น้ำหนักขั้นต่ำสุด (ออนซ์) ต่อหนึ่งโหล
จัมโบ้	30
ใหญ่พิเศษ	27
ใหญ่	24
กลาง	21
เล็ก	18
จิ๋ว	15

8.2.3 ขั้นตอนการเลือกน้ำตาลทราย น้ำตาลเป็นอาหารที่ให้พลังงานเป็นส่วนใหญ่ และมีคุณค่าทางโภชนาการ การเลือกน้ำตาลทราย ควรใช้น้ำตาลทรายชนิดเม็ดที่ได้จากอ้อยผ่านกรรมวิธีการทำน้ำตาล จนได้น้ำตาลทรายสำเร็จรูปบรรจุถุง เพื่อออกจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ประโยชน์ของน้ำตาลทราย คือ ให้ความหวานแก่อาหาร ให้อาหารที่สีส่นน่ารับประทาน และลักษณะที่ดีแก่ขนม เช่น ทำให้ขนมนุ่มขึ้น ช่วยในการถนอมอาหารนำไปกวนผสมกับน้ำเพื่อทำน้ำเชื่อมและเชื่อมในการหยอดทองหยอด

8.2.4 ส่วนผสมทองหยอด การทำแป้งทองหยอดนั้นจะประกอบไปด้วย ส่วนประกอบ 4 ส่วนด้วยกัน แต่ละส่วนจะต้องมีอัตราส่วนผสมที่มีความพอเหมาะจึงทำให้ทองหยอดเป็นรูปทรงและรสชาติที่น่ารับประทาน ส่วนผสมต่าง ๆ ประกอบด้วย

ไข่ไก่ เบอร์ 1	จำนวน 20 ฟอง
แป้งข้าวเจ้า	จำนวน 1 ถ้วย (120 ซี.ซี.)
น้ำตาลทรายขาว เพื่อทำน้ำเชื่อมใสสำหรับแช่ทองหยอด	จำนวน 3 ถ้วย (360 ซี.ซี.)
น้ำลอยดอกมะลิ	จำนวน 3 ถ้วย (360 ซี.ซี.)
น้ำตาลทรายขาว เพื่อทำน้ำเชื่อมข้นสำหรับหยอดทองหยอด	จำนวน 5 ถ้วย (600 ซี.ซี.)
น้ำลอยดอกมะลิ	จำนวน 2½ ถ้วย (300 ซี.ซี.)

8.2.5 วิธีหยอดทองหยอด วิธีหยอดทองหยอดนี้ผู้วิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ ในการปฏิบัติงาน คือ ส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้ากับไข่แดง และน้ำตาลทรายขาวกับน้ำลอยดอกมะลิ

8.2.5.1 การผสมแป้งข้าวเจ้ากับไข่แดง ต่อยไข่ใส่ชามหรือภาชนะรองรับแยก ไข่ขาวกับไข่แดงออกจากกัน รวมใส่ผ้าขาวที่สะอาดและแห้ง รีดเอาเยื่อออกนำไข่แดงใส่ชามตีให้ขึ้นฟู ด้วย เครื่องตีใช้ไฟฟ้าประมาณ 30 นาที เมื่อได้ที่แล้วตวงไข่แดง ตามอัตราส่วนใส่ในภาชนะที่ได้เตรียมไว้ พร้อมกับ ตวงแป้งข้าวเจ้าตามอัตราส่วน เช่นเดียวกันคนให้เข้ากันด้วยเครื่องตีไข่ โดยปรรอบให้ช้า จนส่วนผสมแป้ง ทองหยอดมีเนื้อเนียนขนาดหยอดได้ ควรระวังถ้าคนนานเกินไปจะทำให้แป้งเหนียว

8.2.5.2 การผสมน้ำตาลทรายขาวกับน้ำลอยดอกมะลิ นำน้ำลอยดอกมะลิที่ได้ เตรียมไว้ใส่ลงในกระทะทองเหลือง ยกกระทะทองเหลืองตั้งไฟกลางพอน้ำเริ่มร้อน นำน้ำตาลทรายขาวลงใน กระทะทองเหลือง ตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ แล้วคนให้เข้ากันพอน้ำเชื่อมเดือดฟองขึ้นเต็มให้ลดไฟลง เคี่ยวจนมีฟองสปกรมากใช้ทัพพีช้อนฟองสปกรใส่อ่างน้ำร้อนจุ่มทัพพีในน้ำร้อนทุกครั้งเพื่อล้างความ สปกรของทัพพี สังเกตดูว่าน้ำเชื่อมสะอาดแล้ว จึงทำการกรองด้วยผ้าขาวบางสะอาดชุบน้ำบิดหมาด 2 ชั้น แล้วนำน้ำเชื่อมใส่กระทะทองเหลืองสะอาดตั้งไฟใหม่ให้น้ำเชื่อมมีความข้นแต่ไม่ถึงกับตกผลึก น้ำเชื่อมขณะ หยอดทองหยอดจะต้องเดือดพล่านมีฟองเต็มกระทะจึงจะประคองให้ขนมทองหยอดได้รูปทรงอยู่ตัว

8.2.6 การหยอดทองหยอด คือการทำให้แป้งทองหยอด ซึ่งเกิดจากการผสมกันระหว่าง ไข่แดงกับแป้งข้าวเจ้าใส่ลงในกล่องบรรจุแป้งทองหยอดของเครื่องหยอดขนมทองหยอดที่ได้เตรียมไว้ตรวจสอบ เช็คความเรียบร้อยของตัวเครื่องอีกครั้งก่อนที่จะเดินเครื่อง เพื่อให้เครื่องหยอดขนมทองหยอดทำงานเมื่อ เรียบร้อยจึงเริ่มเดินเครื่องหยอดขนมทองหยอด แผ่นกดแป้งทองหยอดจะทำหน้าที่กดแป้งทองหยอด แป้งทองหยอดจะไหลออกจากช่องทางที่ได้กำหนดไว้ 4 ช่องทาง และในปริมาณที่เท่ากัน ขณะเดียวกันแผ่น เลื่อนตัดจะเป็นตัวควบคุมการไหลและรูปร่างของแป้งทองหยอดก่อนที่จะตกลงในน้ำเชื่อมที่กำลังเดือดอยู่ใน กระทะทองเหลือง น้ำเชื่อมขณะที่หยอดทองหยอดจะต้องเดือดพล่านมีฟองเต็มกระทะจึงจะประคองให้ขนม ทองหยอดได้รูปทรงอยู่ตัวดี จากนั้นจึงรอให้ขนมทองหยอดสุก ขณะที่รอให้ทองหยอดสุก ควรจะพรมน้ำไปที ละน้อยจนกว่าทองหยอดจะสุก เพื่อไม่ให้แป้งเชื่อมข้นเกินไป

เมื่อทองหยอดสุกลอยขึ้นประมาณ 2 นาที ตักทองหยอดออกมาใส่หม้อน้ำเชื่อมใส แช่ จนน้ำเชื่อมจืดเข้าข้างในดีแล้วจึงตักออกมาเรียงทองหยอดในภาชนะหรือถาดรองรับ จัดให้ปลายแหลมแบบ หยดนํ้าอยู่ข้างบน

8.3 ขั้นตอนการพิจารณารูปร่างทองหยอด เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการหยอดทองหยอด โดยใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอด เนื่องจากเป็นขนมที่ใช้กรรมวิธีทำหลายขั้นตอน เสียเวลามากจึงนับเป็น ขนมประเพณีจะต้องมีลักษณะทองหยอดรูปทรงกลมปลายแหลม คล้ายหยอดน้ำ สีเหลืองทอง มีรสชาติหวาน หอมมันวนวล ตามที่ต้องการ ดังภาพประกอบ 35



ภาพประกอบ 35 รูปทรงของทองหยอด

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สนทยา เลาบุตร (2535 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องกวาดตะกอนของถังตะกอน ในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีต้นทุนในการสร้างลดลงและเป็นการพัฒนาจากของเดิมที่มีการใช้งานอยู่ภายในประเทศ โดยที่เครื่องกวาดตะกอนนี้จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักอยู่ 4 ส่วน คือ แขนกวาดตะกอน สายพาน แท่นเบร้ง และชุดส่งกำลัง ผลจากการทดลองของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมานี้ สามารถใช้งานกับถังตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียได้เป็นอย่างดี และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าเครื่องกวาดตะกอนของเดิมที่ใช้อยู่ภายในประเทศ

ประทีป คงคา และผู้อื่น (2539 : 73) ได้ศึกษาออกแบบสร้างรถกวาดขยะ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานกับรุ่นเดิมแล้ว ถือว่าอยู่ในขั้นการใช้ได้ดี ถ้าเปรียบเทียบการออกแบบและการลดต้นทุนการผลิตแล้ว รถกวาดขยะคันนี้มีความซับซ้อน และต้นทุนในการผลิตจะสูงกว่าพอสมควรในการออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ จะออกแบบให้ง่ายต่อการผลิตแต่ประสิทธิภาพของรถกวาดไม่ได้ลดลงไปเลย จากการออกแบบและสร้างรถกวาดขยะคณะผู้จัดทำทราบถึงปัญหาต่าง ๆ คือ

1. ในการจัดซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องใช้เวลาในการเลือกซื้อให้ได้ขนาดตามต้องการ จึงทำให้เกิดความล่าช้า

2. ในการสร้างรถกวาดขยะ ชิ้นส่วนบางอย่างไม่สามารถจัดหาได้จึงต้องทำการดัดแปลงเพื่อให้รถกวาดขยะมีความสมบูรณ์มากที่สุด จึงเป็นอีกปัญหาที่ทำให้รถกวาดขยะเสร็จช้า

ผู้วิจัยได้พบคุณเยาวเรศ มงคลกำยำ และได้ศึกษาเครื่องผลิตลูกชิ้นแบบ 2 หัว ที่บ้านเลขที่ 15 ตำบลท่าหิน อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ได้ซื้อเครื่องผลิตลูกชิ้นจากร้าน โรงกลึง จงเสง เลขที่ 504/11 ซอยอยู่ดี ตรอกจันทร์สะพาน 2 เขตยานนาวา กรุงเทพฯ ในปีพุทธศักราช 2536 ประกอบด้วย ระบบส่งกำลัง ระบบผลิตลูกชิ้น และระบบควบคุมอุณหภูมิ ตัวเครื่องผลิตลูกชิ้น สามารถปรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกชิ้นได้ 9 ขนาด คือ หมายเลข 1 จะมีขนาดใหญ่ที่สุด หมายเลข 9 จะมีขนาดเล็กที่สุด การผลิตลูกชิ้นเพื่อจำหน่ายจะใช้เบอร์ 4 และ 5 และมีประสิทธิภาพการผลิตลูกชิ้น 250 ลูกต่อนาที ใช้หมู 15 กิโลกรัม ได้ลูกชิ้นจำนวน 5,000 ลูก ใช้เวลา 20 นาที

จากการศึกษางานวิจัย ผู้วิจัยพบว่าไม่มีการศึกษาหรือกล่าวถึง การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด แต่พบว่างานวิจัยบางเรื่องที่เกี่ยวข้อง และการสร้างเครื่องผลิตลูกชิ้น เช่น งานวิจัยของสนธยา เลาบุตร ได้กล่าวถึง องค์ประกอบหลักที่ใช้สร้างเครื่องกวาดตะกอนของถังตะกอน ในระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวแล้วข้างต้นหรือ ประทีป คงคา และผู้อื่น ได้ออกแบบสร้างรถกวาดขยะ โดยออกแบบให้ง่ายต่อการผลิต และมีประสิทธิภาพในการใช้งาน ส่วนการสร้างเครื่องผลิตลูกชิ้น จะเป็นแบบ 2 หัว สามารถปรับขนาดได้ 9 ขนาด และมีประสิทธิภาพในการผลิตลูกชิ้น 250 ลูกต่อนาที

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังรายละเอียดเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
2. สถานที่และระยะเวลาในการวิจัย
3. การดำเนินการวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยด้วยวิธีทดลอง ซึ่งจะต้องใช้วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์เป็นส่วนใหญ่ ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.1 วัสดุ

- | | |
|--|---------------|
| 1.1.1 เหล็กไร้สนิม ขนาด $\varnothing 40 \times 650$ มม. | จำนวน 1 ท่อน |
| 1.1.2 เหล็กเพลลา St 37 ขนาด 610×20 มม. | จำนวน 1 ท่อน |
| 1.1.3 เหล็กเพลลา St 37 ขนาด 350×20 มม. | จำนวน 1 ท่อน |
| 1.1.4 เหล็กแผ่น St 37 ขนาด $1,200 \times 2,400$ มม. | จำนวน 1 แผ่น |
| 1.1.5 เหล็กท่อ ขนาด $\varnothing 12$ มม. | จำนวน 1 ท่อน |
| 1.1.6 เหล็กเพลลา St 37 ขนาด $\varnothing 10$ มม. | จำนวน 1 ท่อน |
| 1.1.7 เหล็กเพลลา St 37 ขนาด $5 \times 25 \times 2,000$ มม. | จำนวน 1 ท่อน |
| 1.1.8 เหล็กฉาก St 37 ขนาด 40×3 มม. | จำนวน 1 ท่อน |
| 1.1.9 เหล็ก St 37 ขนาด 120×120 มม. | จำนวน 1 ท่อน |
| ✓ 1.1.10 เหล็กไร้สนิม ขนาด $1,000 \times 700 \times 3$ มม. | จำนวน 1 แผ่น |
| 1.1.11 ทองเหลือง ขนาด $\varnothing 50 \times 300$ มม. | จำนวน 1 ท่อน |
| 1.1.12 ล้อสายพาน ขนาด $\varnothing 265$ และ 280 มม. | จำนวน 2 ตัว |
| 1.1.13 ล้อสายพาน ขนาด $\varnothing 20 \times 63$ มม. | จำนวน 2 ตัว |
| 1.1.14 ล้อสายพานลิ้มหน้าแคบ SPB $\times 1250$ และ 1320 | จำนวน 2 เส้น |
| 1.1.15 สายพานลิ้มหน้าแคบ SPB $\times 1,450$ | จำนวน 1 เส้น |
| 1.1.16 มอเตอร์ไฟฟ้า $\frac{1}{4}$ แรงม้า 220 โวลต์ | จำนวน 1 ตัว ✓ |

1.1.17	ลูกปืนตุ้กตา UCP 204	จำนวน 10 ตัว
1.1.18	เฟืองปั๊มตรง ขนาด $\varnothing$ 100 มม. พิตช์ 3 มม.	จำนวน 2 ตัว
1.1.19	เฟืองสะพาน ยาว 400 มม. พิตช์ 15 มม.	จำนวน 1 ตัว
1.1.20	ลิมฝั่ง DIN 6885-A8 $\times$ 7 $\times$ 28 มม.	จำนวน 8 ตัว
1.1.21	ทึนเนอร์	จำนวน 1 กระป๋อง
1.1.22	กระดาดทราย เบอร์ 40	จำนวน 10 แผ่น
1.1.23	สลักเกลียวและนัตหกเหลี่ยม M10 DIN931	จำนวน 6 ตัว
1.1.24	สลักเกลียวและนัตหกเหลี่ยม M12 DIN931	จำนวน 20 ตัว
1.1.25	สายไฟ VCT ยาว 5 เมตร	จำนวน 1 เส้น
1.1.26	สวิตช์ไฟเปิด-ปิด	จำนวน 1 ตัว
1.1.27	สกรูพ่นกันสนิม	จำนวน 1 กระป๋อง
1.1.28	สีเคลือบ	จำนวน 1 กระป๋อง
1.1.29	ลวดเชื่อมไฟฟ้า ขนาด $\varnothing$ 2.6 มม.	จำนวน 20 เส้น
1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์		
1.2.1	เครื่องเชื่อมไฟฟ้าพร้อมอุปกรณ์	จำนวน 1 ชุด
1.2.2	เครื่องกลึงยันศูนย์พร้อมอุปกรณ์	จำนวน 1 เครื่อง
1.2.3	เครื่องกัดโลหะพร้อมอุปกรณ์	จำนวน 1 เครื่อง
1.2.4	เครื่องเลื่อยกล	จำนวน 1 เครื่อง
1.2.5	ตะไบเหล็ก ขนาด 30 มม.	จำนวน 1 ชุด
1.2.6	เครื่องเจาะตั้งพื้นขนาด $\frac{1}{2}$ แรงม้า	จำนวน 1 เครื่อง
1.2.7	สว่านไฟฟ้า	จำนวน 1 ตัว
1.2.8	ดอกสว่าน ขนาด $\varnothing$ 6, 10, 12 มม.	จำนวน 3 ดอก
1.2.9	เครื่องเจียรนัยแบบมือถือ	จำนวน 1 เครื่อง
1.2.10	ไซควงแบน ขนาด 150 มม.	จำนวน 1 อัน
1.2.11	ไซควงแฉก ขนาด 150 มม.	จำนวน 1 อัน
1.2.12	อุปกรณ์พ่นสี	จำนวน 1 ชุด
1.2.13	ปั๊มลม	จำนวน 1 เครื่อง

2. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

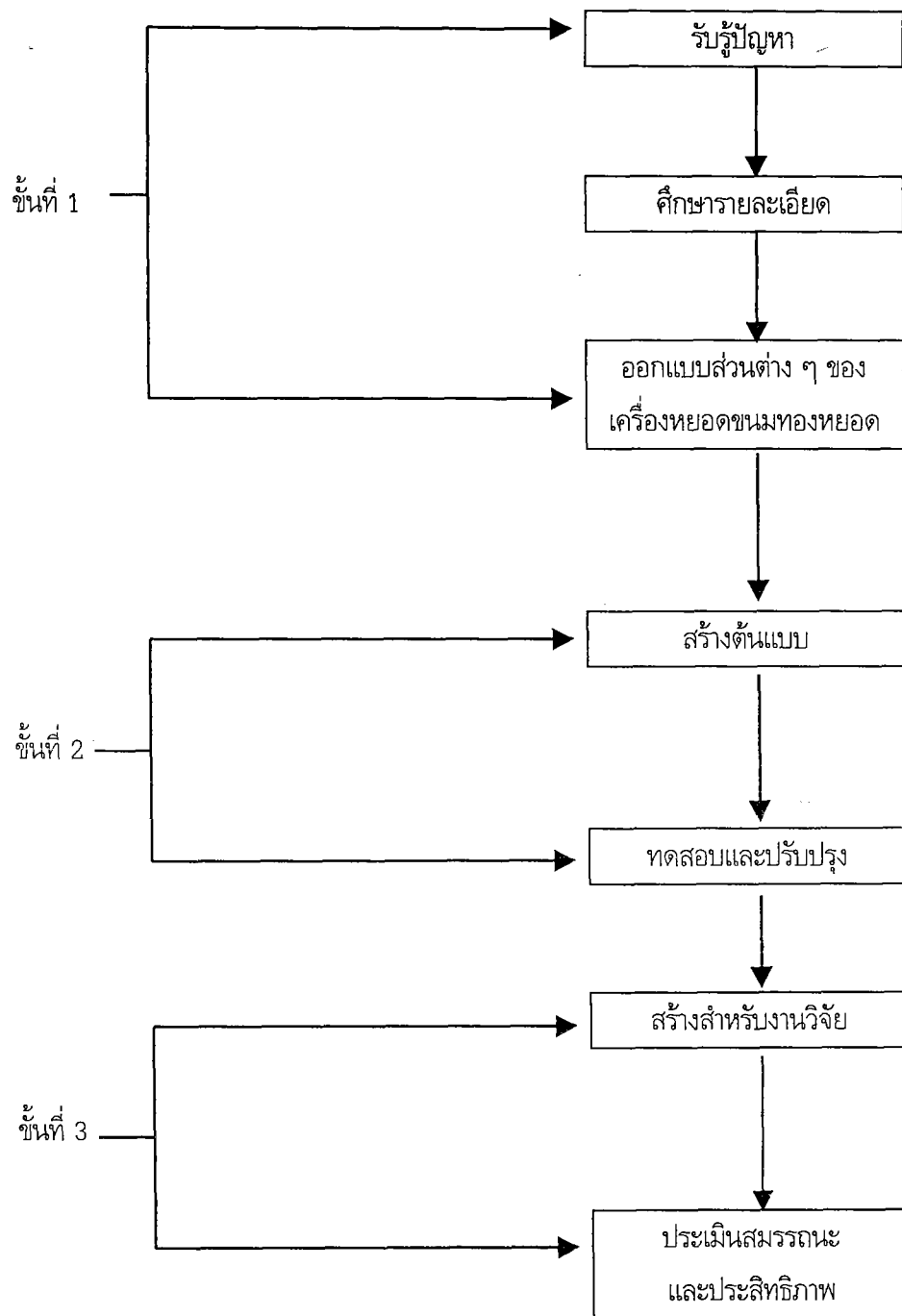
สถานที่สำหรับใช้ในการพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอดผู้วิจัยได้ใช้อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โปรแกรมเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏเพชรบุรี อ.เมือง จ.เพชรบุรี และโปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเทพสตรี อ.เมือง จ.ลพบุรี

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้เวลาในการสร้างตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2542 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2542

- 2.1 รวบรวมข้อมูลและศึกษาเพื่อการออกแบบเบื้องต้น
- 2.2 ออกแบบและเขียนแบบพร้อมกำหนดรายละเอียด
- 2.3 สร้างเครื่องตามแบบ
- 2.4 ทดลองใช้งานและแก้ไขปรับปรุง
- 2.5 นำเสนอ อาจารย์ที่ปรึกษาทดลองใช้งาน
- 2.6 ทดสอบหาสมรรถนะและประสิทธิภาพ

3. การดำเนินการวิจัย

ในการออกแบบพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด ผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ คือ ขั้นตอนที่ 1 ประกอบด้วยรับรู้ ปัญหา ศึกษารายละเอียด ออกแบบส่วนต่าง ๆ ของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ขั้นตอนที่ 2 สร้างต้นแบบ ทดสอบและปรับปรุง ขั้นตอนที่ 3 ประกอบด้วยการสร้างเพื่องานวิจัย และการประเมินสมรรถนะ ดังภาพประกอบ 36



ภาพประกอบ 36 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ชั้นที่ 1 การออกแบบส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องหยอดขนมทองหยอด จะประกอบไปด้วยรับรู้ปัญหา การศึกษารายละเอียดเพื่อหาข้อมูลในการออกแบบ ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้ายของการทดลอง ในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ศึกษาปัญหาขบวนการทำทองหยอด ทั้งอุตสาหกรรมในครัวเรือน และตามบ้านเรือน จากแหล่งทำทองหยอด และภาคคหกรรม ในสถานศึกษา

2. ศึกษาและค้นคว้าจากหนังสือ วารสารและตำราที่เกี่ยวกับทองหยอด

3. ศึกษาและค้นคว้าจากหนังสือ วารสารและตำราที่เกี่ยวกับการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

4. ศึกษาคุณสมบัติส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องจักรกล เพื่อจัดหาวัสดุที่เหมาะสม ที่จะนำมาผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ เหล่านั้น

5. ออกแบบร่างแบบและเขียนแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ในการเขียนแบบผู้วิจัยได้ดำเนินการเขียนแบบเป็นรายละเอียด แบบภาพประกอบ และภาพแยกชิ้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1 โครงสร้างเครื่องหยอดขนมทองหยอด ประกอบด้วยฐานรองรับ เป็นรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งมีความสูง 1230 มม. กว้าง 500 มม. ยาว 700 มม. ผู้วิจัยเลือกใช้เหล็กฉาก St 37 ขนาด 40×3 มม. ซึ่งเป็นเหล็กฉากที่มีราคาไม่แพงและหาซื้อได้ง่าย มีความแข็งแรงต่อการรองรับ จับยึดและรับน้ำหนักของชิ้นส่วนและชุดส่งกำลังได้ดี

5.2 ชุดส่งกำลัง เป็นส่วนที่ใช้ส่งกำลังโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ามีส่วนประกอบคือ มอเตอร์ไฟฟ้า สายพานลิ้ม ล้อสายพาน เพลา เฟืองสะพาน เฟืองฟันตรง ลิ้มส่งกำลัง แผ่นเลื่อนตัด

5.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า ผู้วิจัยเลือกมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวมีโครงสร้างและหลักการทำงานในการทำให้หมุนด้วยความเร็ว 1450 รอบต่อนาที จำนวน $\frac{1}{4}$ แรงม้า ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ เป็นตัวต้นกำลังในการส่งแรง

5.2.2 สายพานลิ้ม หน้าแคบ SPB $\times$ 1250 และ 1320 ใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมากจากล้อสายพานหนึ่ง ไปยังอีกล้อสายพานหนึ่ง สามารถรับแรงกระตุกได้มีขนาดกระทัดรัด มีประสิทธิภาพในการส่งกำลัง

5.2.3 ล้อสายพาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63, 265 และ 280 จะยึดติดกับเพลาด้วยลิ้ม โดยจะรับแรงขับหรือส่งแรงจากเพลา เพื่อส่งกำลังให้กับสายพานหรือรับแรงจากสายพานลิ้มส่งให้กับเพลาล้อสายพานส่วนใหญ่ทำจากเหล็กหล่อสีเทา (GG-15, GG-20) ผู้วิจัยเลือกใช้

5.2.4 เฟืองสะพาน ขนาดพิตช์ 8 มม. เป็นเฟืองฟันตรงเรียงกันเป็นแถว จะสามารถขับให้เฟืองสะพานเคลื่อนที่ไปมา ในแนวเส้นตรงได้หรือทางตรงกันข้ามเฟืองสะพานจะถูกขับเคลื่อนด้วยเฟืองฟันตรงที่ขบกันอยู่

5.2.5 กลไกล็อก เป็นกลไกเพื่อใช้ในการควบคุมแผ่นกดแป้งทองหยอดและได้รับการขับเคลื่อนจากกันต้อเพื่อทำการล็อกเฟืองฟันตรง

5.2.6 ข้อต่อ ผู้วิจัยเลือกใช้วัสดุที่ทำจากเหล็กเหนียว St 42 จะเป็นตัวรับกำลังการขับจากเพลาชับ เพื่อส่งกำลังและนำไปควบคุมแผ่นเลื่อนตัดแบ่งทองหยอดกับกลไกล็อกแผ่นกดแบ่งทองหยอด

5.2.7 เพลาส่งกำลังเป็นชิ้นส่วนที่หมุนรอบตัวเอง ซึ่งลักษณะทั่ว ๆ ไป จะมีหน้าตัดกลม บนเพลาลังจะมีส่วนประกอบอยู่ เช่น เฟือง ล้อสายพาน ลิ้ม เพลาลังจะต้องรองรับภาระต่าง ๆ ได้แก่ bending loads, tension loads, Compression loads และ torsion loads ในการออกแบบเพลาลัง จะต้องพิจารณาถึงความแข็งแรง ผู้วิจัยเลือกใช้เหล็ก St 37 มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มม. ซึ่งเป็นเหล็กที่มีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย มีความแข็งแรงเพียงพอต่อการรับภาระของชุดส่งกำลัง

5.2.8 เฟืองส่งกำลัง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มม. ระยะพิตซ์ 3 มม. ใช้สำหรับส่งกำลังระหว่างเฟืองฟันตรงกับเฟืองสะพาน เพื่อทำการควบคุมปริมาณการไหลของแบ่งทองหยอด

5.2.9 ลิ้มส่งกำลัง เป็นชิ้นส่วนมาตรฐานหาซื้อได้ตามท้องตลาด มีหน้าที่ส่งกำลังระหว่างล้อกับเพลาลัง เป็นชิ้นส่วนที่ป้องกันการหมุนหรือเคลื่อนที่ของเพลาลังกับชิ้นส่วนอื่น ๆ หรือการส่งกำลังจากการหมุนไปราบเรียบจากการกระตุก ผู้วิจัยเลือกใช้ลิ้มมาตรฐานเป็นลิ้มผั่ง DIN 6885-A8 $\times 7 \times 28$ มม. ทำจากวัสดุ St 60 ซึ่งเป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงรับแรงเค้นได้ดี

5.2.10 แผ่นเลื่อนตัดทองหยอด ผู้วิจัยเลือกใช้วัสดุที่ทำจากสแตนเลสเพื่อป้องกันการเป็นสนิม จะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมตัดเซาะร่องรูปตัววี จำนวน 4 ช่อง

5.3 แผ่นเหล็กปิดท้ายเครื่อง เป็นส่วนที่ปกปิดเพื่อป้องกันอันตราย จากผู้ปฏิบัติงานหรือวัสดุอุปกรณ์ในการหยอดทองหยอดไปสัมผัสกับชุดส่งกำลังขณะเดินเครื่องและเป็นการเพิ่มความสวยงาม ความเรียบร้อย ให้กับเครื่องด้วย ผู้วิจัยเลือกใช้เหล็กแผ่น St 37 ขนาด $1200 \times 2400 \times 1.5$ มม.

5.4 กล่องบรรจุแบ่งทองหยอด ผู้วิจัยเลือกใช้วัสดุที่ทำจากเหล็กไร้สนิมเพื่อป้องกันการเป็นสนิมและให้แบ่งทองหยอดไหลได้สะดวกกล่องตัวมีขนาด กว้าง 130 มม. ยาว 230 มม. สูง 150 มม. ส่วนล่างของกล่องบรรจุแบ่งทองหยอดจะเจาะรูไว้ 4 รู เพื่อติดตั้งหัวหยอดทองหยอด

5.5 หัวหยอดทองหยอด ผู้วิจัยเลือกใช้วัสดุจากทองเหลืองเนื่องจากขึ้นรูปในการทำเกลียวและเจาะรูได้สะดวก เพื่อป้องกันกับการเป็นสนิมได้อีกด้วยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเจาะ 20 มม.

5.6 สลักเกลียวและนัตหกเหลี่ยม ผู้วิจัยเลือกใช้ M10 $\times 1.25$ และ M12 $\times 1.5$ DIN 931 พร้อมแหวนรองฟอรั่ม B สบคม เพื่อเป็นตัวจับยึดวัสดุและอุปกรณ์เพื่อสะดวกต่อการประกอบ การถอดบำรุง

5.7 สวิตช์ไฟฟ้า เป็นสวิตช์ไฟฟ้าแบบ SAFETY BREAKER ใช้ไฟ 220 โวลต์ 15 แอมป์ เปิดและปิดด้วยมือ เพื่อนำกระแสไฟไปเลี้ยงมอเตอร์และตัดโดยอัตโนมัติ เมื่อวงจรไฟมีปัญหา

5.8 สายไฟ เป็นชนิด VCT ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดตั้งในงานเครื่องจักรกลต่าง ๆ ได้ ซึ่งทนอุณหภูมิได้สูงถึง 60°C ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลต์ ขนาด 2×2.5 มม.

ขั้นที่ 2 การดำเนินการสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องหยอดขนมทองหยอด แล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกัน สำหรับขั้นที่ 2 ผู้วิจัยเห็นว่าควรจะต้องแสดงขั้นตอนการสร้างเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้

1. เชื่อมฐานรองรับ คานรองรับ ทั้งส่วนล่างและส่วนบนให้ได้ฉาก จากนั้นเชื่อมแขนจับยึดด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้า
2. ใช้ดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 และ 12 มม. เจาะรูที่ฐานและแขนจับยึด เพื่อจับยึดมอเตอร์ไฟฟ้า ลูกปืนตุ๊กตา และกล่องบรรจุแป้งทองหยอด
3. ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าเข้ากับฐานยึดด้วยสลักเกลียว และนัต M 12 × 1.5
4. ประกอบลิ้มเข้ากับเพลาส่งกำลัง เพื่อจะได้ประกอบเฟืองฟันตรง
5. ประกอบลูกปืนตุ๊กตาเข้ากับเพลาส่งกำลัง พร้อมจับยึดด้วยสลักเกลียวและนัต เส้นผ่าศูนย์กลาง M12 × 1.5 ปรับระยะให้ได้ตามพิสัย
6. ประกอบแผ่นเลื่อนตัดเข้ากับเพลาส่งกำลังด้วยสลักเกลียว เส้นผ่าศูนย์กลาง M12 × 1.5 ให้แน่น
7. นำข้อต่อจับยึดเข้ากับเพลาลูกและกันต่อส่งกำลัง
8. ติดตั้งแขนจับยึดกล่องบรรจุแป้งทองหยอด
9. ติดตั้งเสาเหล็กจับยึดส่วนบนที่ควบคุมแผ่นกดแป้งทองหยอดและกลไกล็อกเฟือง
10. ติดตั้งชุดกลไกล็อกเฟืองกดแป้งทองหยอด
11. ประกอบแผ่นกดแป้งทองหยอดเข้ากับเพลาสแตนเลส
12. ติดตั้งสวิทช์ไฟฟ้าโดยประกอบสายไฟเข้ากับมอเตอร์และปลั๊กไฟฟ้า
13. ติดตั้งล้อยางพานที่มอเตอร์ เพลาส่งกำลัง พร้อมจัดวางแนวศูนย์ล้อยางพานปรับระยะเพื่อหาแนวศูนย์ของเพลาลูก
14. ประกอบสายพานลิ้ม ส่งกำลังเข้ากับล้อยางพานที่มอเตอร์
15. ประกอบสายพานลิ้มเข้ากับล้อยางพานระหว่างเพลาลูกเฟืองล็อกด้วยกัน
16. ติดตั้งแผ่นเหล็กปิดเครื่อง
17. ฟันสกรู 1 ครั้ง เมื่อแห้งจึงทำการขัดให้เรียบ จากนั้นจะฟันสกรูฟันอีกครั้งหนึ่งปล่อยให้แห้งแล้วขัดให้เกิดผิวเรียบอีก แล้วจึงฟันสกรูจึงเคลือบสกรู 2 ครั้ง สีสจะมีกลิ่นและทนต่อสภาพการเกิดสนิม
18. ทดลองการทำงานของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ว่ามีจุดบกพร่องที่ส่วนใดบ้าง เมื่อพบจุดบกพร่องต้องแก้ไขให้เรียบร้อย แล้วทดลองในขั้นตอนที่ผู้วิจัยทดลองส่วนของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ขั้นที่ 3 สร้างสำหรับงานวิจัยเพื่อประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้น โดยสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ และสำหรับการสร้างแบบประเมินผลมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาวิธีการและข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพ
2. สร้างแบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ประกอบด้วยคำชี้แจงและข้อแนะนำ ซึ่งมีรายละเอียดประกอบด้วย 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) กำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2535 : 114)

- 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
- 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
- 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
- 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
- 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ตอนที่ 2 เป็นแบบปลายเปิด สำหรับผู้ตอบแบบประเมินแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมและให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ

3. ตรวจสอบแบบประเมิน จะดำเนินการดังนี้
 - 3.1 นำแบบประเมินเสนอต่อกรรมการผู้ควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง
 - 3.2 นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 2 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่

3.2.1 อาจารย์อุทัย ผ่องศรี คอ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล ค.อ.ม. บริหารอาชีวและเทคนิคศึกษา ประธานโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

3.2.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพฑูรย์ ประสมศรี กศ.บ. อุตสาหกรรมศิลป์ อาจารย์ประจำโปรแกรมอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

4. ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล 6 คน ผู้ประกอบการธุรกิจอุตสาหกรรม 2 คน และผู้ประกอบการ 2 คน ตรวจสอบเครื่องหยอดขนมทองหยอด ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น พร้อมทั้งคู่มือการใช้และการประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพลงในแบบประเมิน

4.1 นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบเครื่องหยอดขนมทองหยอด ผู้เชี่ยวชาญได้แก่

4.1.1 ดร. ทองเหมาะ จำปาเงิน กศ.บ. อุตสาหกรรมศิลป์ M.E.d., Ph.D. Vocational Education and Psychology. หัวหน้าโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

4.1.2 อาจารย์สมบูรณ์ ขจรเดชะศักดิ์ กศ.บ. อุตสาหกรรมศิลป์ M.A.I.E. Industrial Education. คณะบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

4.1.3 อาจารย์อุทัย ผ่องรัศมี ค.อ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล ค.อ.ม. บริหารอาชีวะและเทคนิคศึกษา ประธานโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

4.1.4 อาจารย์ภูมิ ภิงคารวัฒน์ ค.อ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล อาจารย์ประจำโปรแกรมเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

4.1.5 อาจารย์ณรงค์ชัย ชื้อลัตย์ ค.อ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล อาจารย์ประจำแผนกช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร

4.1.6 อาจารย์พันธ์ศักดิ์ บุญปรก อส.บ. วิศวกรรมการขนถ่าย อาจารย์ประจำแผนกช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร

4.1.7 คุณสาลี คุณวิริยะ ผู้จัดการร้านเทอดไทยรวมช่าง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

4.1.8 คุณประสิทธิ์ สิงห์ถม ผู้จัดการห้างหุ้นส่วนพิษณุพันธ์ จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี

4.1.9 คุณสงวน โพธิ์พระ ผู้จัดการร้านสงวนโพธิ์พระ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

4.1.10 คุณลี อิงคพร ผู้จัดการร้านเพชรไฟโรจน์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำด้วยตนเอง ดังนี้

4.2.1 ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขนไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

4.2.2 มอบคู่มือการใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอด ให้ผู้เชี่ยวชาญก่อนการทดสอบ 15 วัน

4.2.3 เมื่อทดสอบแล้วผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นลงใน แบบประเมินสมรรถนะเพื่อนำผลการประเมินไปวิเคราะห์ต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำแบบทดสอบและประเมินผลมาดำเนินการวิเคราะห์หาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ด้วยวิธีการทางสถิติดังนี้

1. ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกลเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา ประสิทธิภาพการหยอดทองหยอดและความเหมาะสมด้านการนำไปใช้

2. นำคะแนนที่ได้มาคำนวณ

2.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$	คือ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
$\sum x$	คือ	ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
N	คือ	จำนวนกลุ่มตัวอย่างประชากร

2.2 หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้สูตร

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	SD	คือ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร
	x	คือ	ข้อมูลแต่ละจำนวน
	N	คือ	จำนวนของกลุ่มประชากร

3. กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลทางด้านสมรรถนะ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความ
4.50 - 5.00	ดีมาก
3.50 - 4.49	ดี
2.50 - 3.49	พอใช้
1.50 - 2.49	ต้องปรับปรุง
1.00 - 1.49	ใช้ไม่ได้

4. กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายทางด้านประสิทธิภาพ ดังต่อไปนี้

คะแนน	แปลความ	
5	ดีมาก	= ผ่านเกณฑ์
4	ดี	= ผ่านเกณฑ์
3	พอใช้	= ไม่ผ่านเกณฑ์
2	ต้องปรับปรุง	= ไม่ผ่านเกณฑ์
1	ใช้ไม่ได้	= ไม่ผ่านเกณฑ์

การนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูล จัดกระทำ 2 แบบดังนี้

1. เสนอเป็นการบรรยายเกี่ยวกับสมรรถนะ ทั้ง 4 ด้าน และประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนม
ทองหยอด 1 ด้าน ตารางแปลความหมายเกี่ยวกับข้อมูลที่เป็นการประเมินผลทาสสมรรถนะของเครื่องหยอดขนม
ทองหยอดของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล ผู้ประกอบการธุรกิจอุตสาหกรรม และผู้ประกอบการธุรกิจ
2. ส่วนข้อมูลจากคำถามปลายเปิดแสดงความคิดเห็นอิสระ ผู้วิจัยนำคำตอบและข้อเสนอแนะมารวบรวมเรียงลำดับเสนอเป็นข้อ จากข้อที่มีความถี่ของผู้ตอบมากที่สุดไปจนถึงน้อยที่สุดตามลำดับ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองตามขั้นตอน ประกอบด้วยขั้นตอนที่ 1 การออกแบบส่วนต่าง ๆ ของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบและปรับปรุงเครื่องหยอดขนมทองหยอด ขั้นตอนที่ 3 ประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ผู้วิจัยดำเนินการเสร็จทั้ง 3 ขั้นตอนแล้ว ได้นำข้อมูลการประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอดในขั้นตอนที่ 3 มาทำการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

จากการประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คน วิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอดจำนวน 4 ด้าน ดังต่อไปนี้ ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา และความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน ผู้วิจัยได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ซึ่งได้แสดงรายละเอียดผลการวิเคราะห์ ดังนี้

การประเมินสมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอดจะแสดงในตาราง 10 -13

ตาราง 10 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ด้านลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1.1 ขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอดกะทัดรัด	3.90	.57	ดี
1.2 ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบให้มีรูปร่างลักษณะที่สามารถแยกชิ้นและประกอบได้	4.00	.67	ดี
1.3 ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบและสร้างให้มีความแข็งแรงและมีความปลอดภัยขณะใช้งาน	3.80	.42	ดี
1.4 ออกแบบได้อย่างเหมาะสม	3.90	.57	ดี
1.5 รูปร่างของเครื่องหยอดขนมทองหยอดมีขนาดใหญ่	2.20	.42	ต้องปรับปรุง
รวม	3.56	0.86	ดี

จากตาราง 10 สามารถวิเคราะห์สมรรถนะลักษณะทางกายภาพ ของเครื่องหยอดขนมทองหยอดตามรายละเอียดสมรรถนะ ดังนี้

ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบให้มีรูปร่างลักษณะที่สามารถแยกชิ้นและประกอบได้ อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 4.00$ ขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอดกะทัดรัด อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 3.90$ ออกแบบได้อย่างเหมาะสม อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 3.90$ ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบ และสร้างให้มีความแข็งแรงและมีความปลอดภัยขณะใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 3.80$ ส่วนรูปร่างของเครื่องหยอดขนมทองหยอดมีขนาดใหญ่ อยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง คือ $\bar{X} = 2.20$

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อ แล้วนำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยรวม เพื่อเป็นตัวแทนลักษณะทางกายภาพ จึงสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะทางกายภาพทั่วไป อยู่ในเกณฑ์ดี คือค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 3.56$

ตาราง 11 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ด้านลักษณะการใช้งาน

ลักษณะการใช้งาน	$\bar{X}$	SD	แปลความ
2.1 การบรรจุวัตถุดิบเข้ากล่องบรรจุแป้งทองหยอดทำได้สะดวก	4.10	.57	ดี
2.2 การทำงานชิ้นส่วนต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน	3.90	.32	ดี
2.3 การหยุดการทำงานของเครื่องทำได้โดยอัตโนมัติ	3.40	.70	พอใช้
2.4 มีขั้นตอนการปฏิบัติงานน้อย	3.90	.74	ดี
รวม	3.83	0.37	ดี

จากตาราง 11 สามารถวิเคราะห์สมรรถนะลักษณะการใช้งานของ เครื่องหยอดขนมทองหยอดตามรายละเอียดสมรรถนะ ดังนี้

การบรรจุวัตถุดิบเข้ากล่องบรรจุแป้งทองหยอดทำได้สะดวก อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 4.10$ การทำงานชิ้นส่วนต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 3.90$ มีขั้นตอนการปฏิบัติงานน้อย อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 3.90$ และการหยุดการทำงานของเครื่องทำได้โดยอัตโนมัติ อยู่ในเกณฑ์พอใช้ คือ $\bar{X} = 3.40$

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อ แล้วนำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยรวม เพื่อเป็นตัวแทนของลักษณะการใช้งาน จึงสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะทางกายภาพทั่วไป อยู่ในเกณฑ์ดี คือ ค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 3.83$

ตาราง 12 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ด้านลักษณะการบำรุงรักษา

ลักษณะการบำรุงรักษา	$\bar{X}$	SD	แปลความ
3.1 การบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้โดยสะดวก	3.70	48	ดี
3.2 การประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นไม่ก่อให้เกิดความชำรุดเสียหาย	4.10	.57	ดี
3.3 เมื่อชิ้นส่วนใดชำรุดสามารถซ่อมแซมและเปลี่ยนได้	4.10	.32	ดี
3.4 วัสดุที่นำมาสร้างเครื่องหยอดขนมทองหยอดหาได้ง่ายและราคาไม่แพง	4.10	.57	ดี
รวม	4.00	0.51	ดี

จากตาราง 12 สามารถวิเคราะห์สมรรถนะลักษณะการบำรุงรักษา เครื่องหยอดขนมทองหยอดตามรายละเอียดสมรรถนะ ดังนี้

การประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นไม่ก่อให้เกิดความชำรุดเสียหาย อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 4.10$ เมื่อชิ้นส่วนใดชำรุดสามารถซ่อมแซม และเปลี่ยนได้ อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 4.10$ วัสดุที่นำมาสร้างเครื่องหยอดขนมทองหยอดหาได้ง่ายและราคาไม่แพงอยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 4.10$ ส่วนการบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้สะดวก อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 3.70$

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อ แล้วนำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยรวม เพื่อเป็นตัวแทนของลักษณะการบำรุงรักษา จึงสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะการบำรุงรักษา อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.00$

ตาราง 13 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ด้านความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน

ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน	$\bar{X}$	SD	แปลความ
4.1 ผู้ปฏิบัติงาน 1 หรือ 2 คน สามารถปฏิบัติงานได้	4.30	.48	ดี
4.2 มีความปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน	4.00	.47	ดี
4.3 นำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรืออุตสาหกรรมในครัวเรือน	4.00	.67	ดี
4.4 เคลื่อนย้ายไปปฏิบัติงานในที่ต้องการได้	3.60	.52	ดี
4.5 สะดวกต่อการนำไปปฏิบัติงานยังสถานที่ที่ต้องการ	3.90	.73	ดี
รวม	3.96	0.60	ดี

จากตาราง 13 สามารถวิเคราะห์สมรรถนะความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งานของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ตามรายละเอียดสมรรถนะ ดังนี้

ผู้ปฏิบัติงาน 1 หรือ 2 คน สามารถปฏิบัติงานได้ อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 4.30$ มีความปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 4.00$ นำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรืออุตสาหกรรมในครัวเรือน อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 4.00$ สะดวกต่อการนำไปปฏิบัติงานในที่ต้องการ อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 3.90$ และเคลื่อนย้ายไปปฏิบัติงานในที่ต้องการได้ อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 3.60$

เมื่อหาค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อ แล้วนำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยรวม เพื่อเป็นตัวแทนของความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน และสามารถสรุปได้ว่า ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ดี คือค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 3.96$

การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ตาราง 14 แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ประสิทธิภาพ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
5.1 ได้ผลผลิตขนมทองหยอดมากกว่า 120 ลูกต่อนาที	4.30	.48	ดี
5.2 ลดขั้นตอนการผลิตขนมทองหยอด	4.20	.42	ดี
5.3 ต้นทุนการผลิตขนมทองหยอดลดลง	4.10	.74	ดี
5.4 ผลผลิตขนมทองหยอดจะมีการเสียน้อย	3.50	.53	ดี
รวม	4.02	0.62	ดี

จากตาราง 14 สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ตามรายละเอียดประสิทธิภาพดังนี้

ได้ผลผลิตขนมทองหยอดมากกว่า 120 ลูกต่อนาที อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 4.30$ ผ่านเกณฑ์ ลดขั้นตอนการผลิตขนมทองหยอด อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 4.20$ ผ่านเกณฑ์ ต้นทุนการผลิตขนมทองหยอดลดลง อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 4.10$ ผ่านเกณฑ์ และผลผลิตขนมทองหยอดจะมีการเสียน้อย อยู่ในเกณฑ์ดี คือ $\bar{X} = 3.50$ ไม่ผ่านเกณฑ์

เมื่อหาค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อ แล้วนำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยรวม เพื่อเป็นตัวแทนของประสิทธิภาพ และสามารถสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพ อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.02$ ผ่านเกณฑ์

ตาราง 15 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

สมรรถนะ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1. ลักษณะทางกายภาพ	3.56	.53	ดี
2. ลักษณะการใช้งาน	3.83	.58	ดี
3. ลักษณะการบำรุงรักษา	4.00	.48	ดี
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน	3.96	.57	ดี
รวม	3.84	0.54	ดี

จากตาราง 15 สามารถวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

สมรรถนะทั้ง 4 ด้านของเครื่องหยอดขนมทองหยอด อยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันตามลำดับคือ ลักษณะทางกายภาพมีค่า $\bar{X} = 3.56$ ลักษณะการใช้งานมีค่า $\bar{X} = 3.83$ ลักษณะการบำรุงรักษามีค่า $\bar{X} = 4.00$ ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งานมีค่า $\bar{X} = 3.96$ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 3.84$

ตาราง 16 แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ประสิทธิภาพ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
ประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด	4.02	.62	ดี
รวม	4.02	0.62	ดี

จากตาราง 16 สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.02$

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับข้อมูลจากคำถามปลายเปิด เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระเกี่ยวกับสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิด และข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญนำเสนอในตาราง ดังนี้

ตาราง 17 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่แสดงความคิดเห็น
1. ควรมีฝาครอบสายพานตัวบนที่ควบคุมแผ่นกดแป้งทองหยอด	5
2. ขนาดของเครื่องควรให้มีขนาดกะทัดรัดกว่านี้ เพื่อสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย	3
3. ขนาดและความสวยงามของตัวทองหยอดควรมีขนาดเท่ากัน และคล้ายหยอดน้ำ	3
4. ควรระบุการปรับความห่างระหว่างหัวหยอดขนมทองหยอดกับน้ำเชื่อม	2
5. การออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ต้องคำนึงถึงวัสดุที่จะต้องไม่ก่อให้เกิดสนิม	2
6. การทำงานและการหยุดเครื่องควรจะเป็นอัตโนมัติที่ไม่มีเสียงดัง	1
7. ควรมีเครื่องมือนับจำนวนเม็ดทองหยอด	1

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อการพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด และทดสอบเพื่อประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องกล ผู้ประกอบการธุรกิจอุตสาหกรรม ผู้ประกอบการธุรกิจรวมทั้งสิ้นจำนวน 10 ท่าน เป็นผู้ประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพ

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด
2. เพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้เครื่องหยอดขนมทองหยอด สามารถนำไปใช้เป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก และใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้า และพัฒนาต่อไป

สมมุติฐานการวิจัย

เครื่องหยอดขนมทองหยอด มีสมรรถนะและประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ประกอบด้วย การรับรู้ปัญหาในอุตสาหกรรมในครัวเรือน และอุตสาหกรรมขนาดเล็ก จากนั้นศึกษาค้นคว้าจากหนังสือ เอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขนมทองหยอด และการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล แล้วจึงออกแบบ ร่างแบบ พร้อมเขียนแบบส่วนต่าง ๆ ของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ขั้นตอนที่ 2 ดำเนินการสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องหยอดขนมทองหยอด และนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นต้นแบบ ผู้วิจัยได้นำเครื่องหยอดขนมทองหยอดที่เป็นต้นแบบทำการทดสอบเพื่อปรับปรุงส่วนต่าง ๆ โดยเฉพาะการทำงานของกลไกต่าง ๆ ต้องมีความสัมพันธ์กัน

ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงต้นแบบของเครื่องหยอดขนมทองหยอดในขั้นตอนที่ 2 เพื่อนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 ท่าน เป็นผู้ประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพ ซึ่งได้ทำการประเมิน 5 ด้าน ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพ
2. ลักษณะการใช้งาน
3. ลักษณะการบำรุงรักษา
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน
5. ประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอดแบบ 4 หัว และได้ประเมินสมรรถนะ 4 ด้าน ประสิทธิภาพ 1 ด้าน ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน และประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำผลการวิจัยมานำเสนอเป็นหัวข้อเพื่อให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้

จากผลการประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ผลปรากฏได้ดังนี้

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ พบว่า ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบให้มีรูปร่างลักษณะที่สามารถแยกชิ้นและประกอบได้ อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.00$ ขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอดกะทัดรัด อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 3.90$ ออกแบบได้อย่างเหมาะสม อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 3.90$ ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบและสร้างให้มีความแข็งแรง มีความปลอดภัยขณะใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 3.80$ และรูปร่างของเครื่องหยอดขนมทองหยอดมีขนาดใหญ่ อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง คือมีค่า $\bar{X} = 2.20$ ผลแสดงลักษณะทางกายภาพในภาพรวมของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ด้านลักษณะทางกายภาพ อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 3.56$

การวิเคราะห์ลักษณะการใช้งาน พบว่า การบรรจุวัตถุดิบเข้ากล่องบรรจุแป้งทองหยอดทำได้สะดวก อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.10$ การทำงานชิ้นส่วนต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 3.90$ มีขั้นตอนการปฏิบัติงานน้อย อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 3.90$ และการหยุดการทำงานของเครื่องทำได้โดยอัตโนมัติ อยู่ในเกณฑ์พอใช้ คือมีค่า $\bar{X} = 3.40$ ผลการแสดงลักษณะการใช้งานในภาพรวมของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ด้านลักษณะการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 3.83$

การวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษา พบว่า เมื่อชิ้นส่วนใดชำรุดสามารถซ่อมแซมและเปลี่ยนได้ อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.10$ การประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นไม่ก่อให้เกิดความชำรุดเสียหาย อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.10$ วัสดุที่นำมาสร้างเครื่องหยอดขนมทองหยอดหาได้ง่าย และราคาไม่แพง อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.10$ และการบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้สะดวก อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 3.70$ ผลแสดงลักษณะการบำรุงรักษาในภาพรวมของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ด้านลักษณะการบำรุงรักษา อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.00$

การวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน พบว่า ผู้ปฏิบัติงาน 1 หรือ 2 คน สามารถปฏิบัติงานได้ อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.30$ มีความปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.00$ นำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรืออุตสาหกรรมในครัวเรือน อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.00$ สะดวกต่อการนำไปปฏิบัติงานยังสถานที่ที่ต้องการ อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 3.90$ และเคลื่อนย้ายไปปฏิบัติงานในที่ที่ต้องการได้ อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 3.60$ ผลแสดงความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน ในภาพรวมของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ด้านความเหมาะสมการนำไปใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 3.96$

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด พบว่า ได้ผลผลิตขนมทองหยอดมากกว่า 120 ลูกต่อหน้าที่ อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.30$ ลดขั้นตอนการผลิตขนมทองหยอด อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.20$ ต้นทุนการผลิตขนมทองหยอดลดลง อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.10$ และผลผลิตขนมทองหยอดจะมีการเสียน้อย อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 3.50$ ผลแสดงประสิทธิภาพในภาพรวมของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ด้านประสิทธิภาพ อยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่า $\bar{X} = 4.02$ ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

อภิปรายผล

จากการออกแบบสร้างเพื่อพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด นำมาอภิปรายผลดังนี้

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ พบว่า ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบให้มีรูปร่างลักษณะที่สามารถแยกชิ้นและประกอบได้ เนื่องจากชิ้นส่วนที่ถูกออกแบบมานั้น จะมีระยะและความห่างของแต่ละชิ้นส่วนที่สามารถติดตั้งและถอดประกอบได้สะดวก รวมถึงขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอดกะทัดรัด มีการออกแบบได้อย่างเหมาะสม ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบและสร้างให้มีความแข็งแรง เพราะส่วนใหญ่จะออกแบบสร้างด้วยเหล็ก และเหล็กไร้สนิม จึงทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงด้วย และมีความปลอดภัยขณะใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ดีสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ แต่รูปร่างของเครื่องหยอดขนมทองหยอดมีขนาดใหญ่ อยู่ในเกณฑ์ที่ ต้องปรับปรุง ซึ่งเป็นเพราะขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอดนั้น มีความกะทัดรัดและความเหมาะสมระหว่างส่วนของตัวเครื่องและกล่องบรรจุแป้งทองหยอด สอดคล้องกับงานวิจัยของ บรรเลง ศรีนิล และ กิตติ นิงสานนท์ เกี่ยวกับการคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล (2530) นั้นการออกแบบเครื่อง

จักรกล นอกจากจะต้องคิดถึงความเป็นไปได้เชิงวิศวกรรม ความสะดวกในการใช้งาน และง่ายต่อการบำรุงรักษา แล้วยังต้องคำนึงถึงความแข็งแรงทนทานด้วย

การวิเคราะห์ลักษณะการใช้งาน พบว่า การบรรจุวัตถุดิบเข้ากล่องบรรจุแป้งทองหยอดทำได้สะดวก เนื่องจาก เมื่อแป้งทองหยอดหมดสามารถยกแผ่นกดแป้งทองหยอดให้พื้นกล่องบรรจุแป้งทองหยอด แล้วเติมแป้งทองหยอดที่เตรียมไว้ลงในกล่องบรรจุแป้งทองหยอด ส่วนการทำงานชิ้นส่วนต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากกลไกการทำงานถูกออกแบบ และมีการจัดตำแหน่งอย่างถูกต้อง จึงทำให้ระบบกลไกการทำงานมีความสัมพันธ์กัน สอดคล้องกับเอกสารของ มานพ ตันตระกูลพันธ์ เกี่ยวกับเทคนิคการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลในโรงงาน (2540) นั้น การออกแบบชิ้นส่วนหรือเครื่องจักรกล ให้ใช้งานได้ดีนั้น ประการแรกจะต้องมีการรวบรวมวิธีแก้ปัญหาในการออกแบบได้หลายรูปแบบ และมีขั้นตอนการปฏิบัติงานน้อย อยู่ในเกณฑ์ดี สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ เนื่องจากในส่วนของตัวเครื่องหยอดขนมทองหยอด เมื่อเตรียมอุปกรณ์ และแป้งทองหยอดแล้ว เมื่อเปิดสวิทช์ไฟ เครื่องหยอดขนมทองหยอดจะทำงานเอง และจะหยุดโดยอัตโนมัติถ้าแป้งทองหยอดหมด แต่การหยุดการทำงานของเครื่องทำได้โดยอัตโนมัติ อยู่ในเกณฑ์พอใช้ ซึ่งเป็นเพราะใช้กลไกเป็นตัวควบคุมสวิทช์ไฟขณะที่แป้งทองหยอดหมด จึงทำให้เกิดเสียงดังจากการปิดสวิทช์ไฟ

การวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษา พบว่า เมื่อชิ้นส่วนใดชำรุดสามารถซ่อมแซมและเปลี่ยนได้ การประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นไม่ก่อให้เกิดความชำรุดเสียหาย วัสดุที่นำมาสร้างเครื่องหยอดขนมทองหยอดหาได้ง่าย ราคาไม่แพง และการบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้สะดวก อยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากชิ้นส่วนใดเกิดการชำรุดเสียหายสามารถที่จะถอดหรือซ่อมแซมได้ เพราะชิ้นส่วนต่าง ๆ จะถูกจับยึดติดตั้งกับโครงสร้างด้วยนอต ส่วนวัสดุที่นำมาสร้างเครื่องหยอดขนมทองหยอด หาได้ง่าย ราคาไม่แพง เนื่องจากใช้เหล็กฉาก และเหล็กเพลากลม เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงมีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่ว ๆ ไป สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประทีป คงคา และคนอื่น ๆ (2539) ที่ได้ศึกษาและออกแบบสร้างรถกวาดขยะ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานกับรุ่นที่มีอยู่แล้ว อยู่ในเกณฑ์ดี

การวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน พบว่า ผู้ปฏิบัติงาน 1 หรือ 2 คน สามารถปฏิบัติงานได้ มีความปลอดภัยขณะใช้งาน นำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรืออุตสาหกรรมในครัวเรือน สะดวกต่อการนำไปปฏิบัติงานยังสถานที่ที่ต้องการ และเคลื่อนย้ายไปปฏิบัติงานในที่ที่ต้องการได้ อยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจาก เครื่องหยอดขนมทองหยอด มีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานน้อยจึงทำให้ผู้ปฏิบัติงาน 1 หรือ 2 คน สามารถปฏิบัติงานได้ พร้อมมีความปลอดภัยขณะใช้งาน เนื่องจาก ชิ้นส่วนของเครื่องหยอดขนมทองหยอดที่มีการเคลื่อนที่จะถูกปิดไว้ด้วยแผ่นเหล็กจึงทำให้มีความปลอดภัย สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สนทยา เลหาบุตร (2535) ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องกวาดตะกอนของถึงตกตะกอน โดยเครื่องกวาดตะกอน จะประกอบด้วยชุดส่งกำลังเป็นหลัก สามารถใช้งานกับถังบำบัดน้ำเสียได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับเอกสารของ อนันท์ วงษ์กระจำง เกี่ยวกับการออกแบบ ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (2533) คือ สิ่งที่ออกแบบนั้น ต้องมีคุณภาพ หรือประเมิณสมรรถนะ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด พบว่า ได้ผลผลิตขนมทองหยอดมากกว่า 120 ลูกต่อนาที ลดขั้นตอนการผลิตขนมทองหยอด ต้นทุนการผลิตขนมทองหยอดลดลง และผลผลิตขนมทองหยอดจะมีการเสียน้อย อยู่ในเกณฑ์ดี เพราะจากการออกแบบสร้างเพื่อพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอดแบบ 4 หัว สามารถผลิตขนมทองหยอดได้ 308 ลูกต่อนาที จึงทำให้ลดขั้นตอนการผลิต ทำให้ต้นทุนการผลิตขนมทองหยอดลดลง เนื่องจากใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอดแทนแรงงานคน จึงทำให้ไม่เกิดการเมื่อยล้า และผลผลิตขนมทองหยอดจึงมีของเสียน้อย สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ และสอดคล้องกับการออกแบบสร้างเครื่องผลิตลูกขึ้นแบบ 2 หัว ที่มีประสิทธิภาพการผลิตลูกขึ้น นาทีละ 250 ลูกต่อนาที

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยขอเสนอแนะบางสิ่งบางอย่างเพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยในอนาคตดังนี้

1. การปรับปรุงเครื่องหยอดขนมทองหยอดที่ผู้วิจัยได้ออกแบบพัฒนาและสร้างขึ้น
 - 1.1 รูปร่างของเครื่องหยอดขนมทองหยอดควรมีความสวยงามกะทัดรัดเหมาะสมกับกล่องบรรจุแป้งทองหยอด และเพื่อความสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายไปปฏิบัติงานยังสถานที่ที่ต้องการ พร้อมสะดวกต่อการจัดเก็บ ถ้าสังเกตดู จะเห็นว่าเครื่องหยอดขนมทองหยอดยังมีขนาดใหญ่
 - 1.2 การหยุดการทำงานของเครื่องหยอดขนมทองหยอดควรควบคุมการทำงานของเครื่องด้วยสวิตช์ที่ไม่มีเสียงดัง เนื่องจากของที่ใช้จะเป็นสวิตช์ไฟฟ้าแบบ safety breaker และใช้กลไกเป็นตัวควบคุมการหยุดการทำงานของเครื่อง จึงทำให้เกิดเสียงดัง
 - 1.3 ปรับความเร็วของแผ่นกด และแผ่นเลื่อนตัดแป้งทองหยอดให้อยู่ประมาณ 40 - 50 รอบต่อนาที ซึ่งทำให้ทองหยอดตกลงกระแทกทองเหลืองมากจนเกินไป ทำให้เกิดปัญหาของความหนาแน่นของลูกทองหยอด เนื่องจากแผ่นกดแป้ง และแผ่นเลื่อนตัดมีความเร็ว 77 ครั้งต่อนาที ทำให้เม็ดทองหยอดตกลงกระแทกทองเหลืองมาก และสุกไม่ทัน
 - 1.4 กระแทกทองเหลือง ที่ใส่น้ำเชื่อมชั้น มีขนาดเล็กทำให้ไม่พอเพียงต่อการหยอดแป้งทองหยอดลงกระแทก จึงต้องหยุดเครื่อง รอจนให้ทองหยอดสุก แล้วจึงทำการหยอดทองหยอดต่อได้ ดังนั้นกระแทกทองเหลืองที่นำมาใช้การหยอดทองหยอดกับเครื่องหยอดขนมทองหยอด จึงต้องมีขนาดใหญ่ พอเหมาะกับหัวหยอดทองหยอดที่มีอยู่ 4 หัว
 - 1.5 เมื่อแป้งทองหยอดหมด เครื่องจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ บางครั้งต้องขยับเครื่องหยอดขนมทองหยอดออก เพื่อสะดวกต่อการใช้ทัพพีตักทองหยอดออกจากกระแทกทองเหลือง ทำให้เสียเวลาในการขยับเครื่อง ควรจะติดตั้งคันโยก เพื่อควบคุมให้แขนจับยึด กล่องบรรจุแป้งทองหยอดเคลื่อนตัวมาทางซ้ายหรือทางขวาของเครื่อง ผลที่ได้ก็อย่าง คือ สะดวกต่อการเติมส่วนผสมแป้งทองหยอด

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาวิจัยการสร้างเครื่องทำขนมแบบต่าง ๆ เช่น เครื่องทำฟอยทอง, ทองหยิบ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้อุตสาหกรรมทำขนมเปลี่ยนรูปแบบจากการใช้แรงงานคนมาเป็นการใช้เครื่องจักรแทน จะทำให้ผลผลิตที่มากพอเพียงต่อความต้องการ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กิตติ อินทรานนท์. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล. กรุงเทพฯ : ยูไนเต็ทบุ๊คส์, 2529.
- เข็มทอง นิมจินดา. ทฤษฎีอาหาร. กรุงเทพฯ : หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, 2538.
- คณาจารย์วิทยาลัยหอวัง. ตำรับอาหารวิทยาลัยในวัง. กรุงเทพฯ : แสงแดด, 2535.
- จรรยา สุบรรณ. อาหารและขนมไทย. กรุงเทพฯ : ม.ป.ป.
- จันทร์ ทศานนท์. อาหารไทย. กรุงเทพฯ : คณะคหกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา, ม.ป.ป.
- จำรูญ ดันติพิศาลกุล. คู่มือเขียนแบบวิศวกรรม 2. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540.
- ชุมพล ศฤงคารศิริ. การวางแผนและการควบคุมการผลิต. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541.
- แดงต้อย มาลี. ขนมหม้อแกว. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : เลิฟแลนด์ลิฟเฟรส, 2535.
- บรรเลง ศรีนิล และกิตติ นิงสานนท์. การคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2530.
- บรรเลง ศรีนิล และประเสริฐ ก้วยสมบูรณ์. ตารางงานโลหะ. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2530.
- ประณต กุลประสูต. เครื่องยนต์เล็ก. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2533.
- ประทีป คงคา และคนอื่น ๆ. การออกแบบและสร้างรถกวาดขยะ. ปรินซ์นิพนธ์ ค.อ.บ. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2539. อัดสำเนา.
- พุดนางะ อิจิโระ. เทคนิคการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลในโรงงาน. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2540.
- มานพ ดันตะระบัณฑิตย์. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2540.
- มานพ ดันตะระบัณฑิตย์. งานซ่อมบำรุงชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2536.
- มานพ ดันตะระบัณฑิตย์ และคนอื่น ๆ. ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2536.
- มิตรา หอรัตนชัย และอวยศรี ชูฤกษ์. ขนมไทยมรดกทางวัฒนธรรม. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูสวนสุนันทา, 2538.
- ยุพยงค์ สุทธิธรรม. ขนมไทย. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พรินติ้ง เฮ้าส์, 2540.

พจนานุกรมไทยราชบัณฑิตยสถาน, พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2538.

วรพจน์ ศรีวงษ์ดล และธีระพล เมธิกุล. **ออกแบบเครื่องจักรกล 2**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2531.

วรพงษ์ นิมิโชคสกุลชัย และปรีชา แจ่มทัศน์. **เทคนิคการอ่านแบบเครื่องกล**. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริม

อุตสาหกรรม, ม.ป.ป.

วรวิทย์ สมุทรวณิช. **คู่มืออาชีพอิสระชนมไทย**. กรุงเทพฯ : มติชน, 2539.

วริทธิ์ อึ้งอาภรณ์. **การออกแบบเครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์, 2536.

วันชัย อิงปัญจกาล. **ชนมไทย**, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2539.

สนทยา เลหาบุตร. **การออกแบบและพัฒนาเครื่องกวาดตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสีย**. วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม.

กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2535.

สมยศ จันเกษม และศิโยคัตลี ชิงะ. **การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าวิทยาเขตธนบุรี, 2537.

สมาน เจริญกิจพูลผล. **การออกแบบเครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ม.ป.ป.

สามารถ สุโต. **ตำรับชนมไทย**. กรุงเทพฯ : แสงแดด จำกัด, 2539.

สุรเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์. **กลศาสตร์ของแข็ง**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2538.

อนันท์ วงษ์กระจำง. **ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2533.

อำนวย อุดมศรี. **เขียนแบบวิศวกรรม**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2538.

อำพล ชือตรง. **ชิ้นส่วนเครื่องกล**. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2536.

Fag Rolling Bearings. Singapore : Fag South East Asia Pet, 1996.

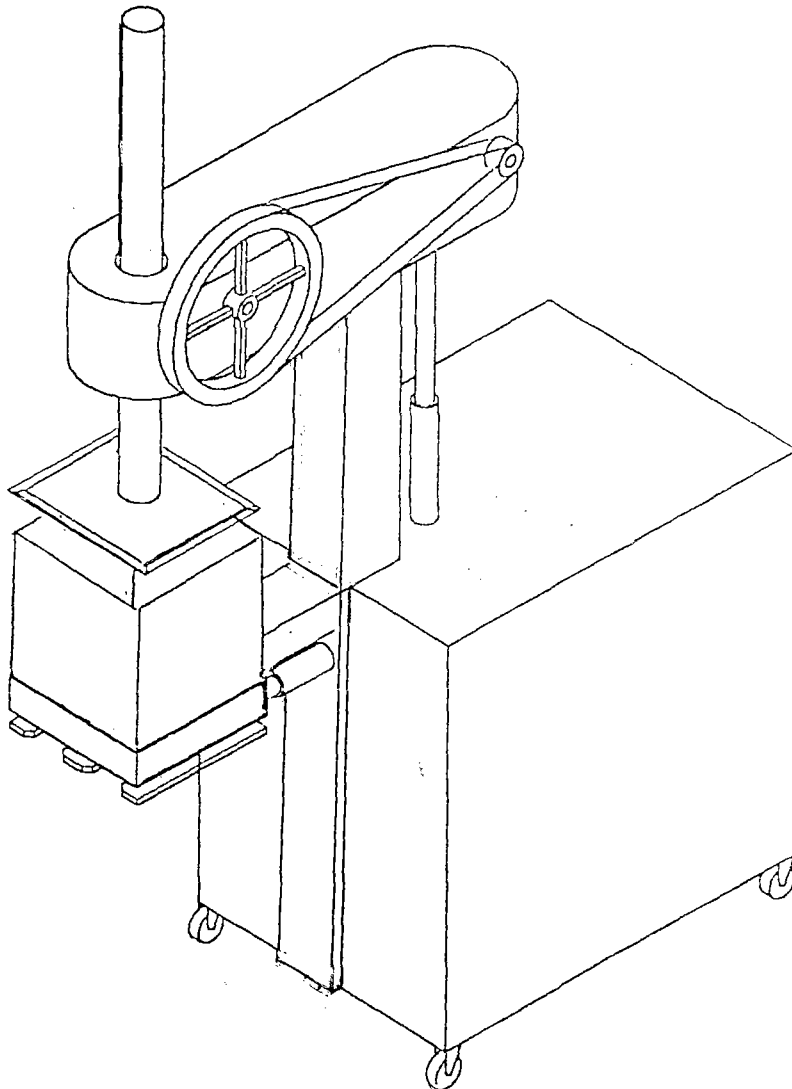
Rolling Bearings. Japan : motion & control, 1996.

ภาคผนวก

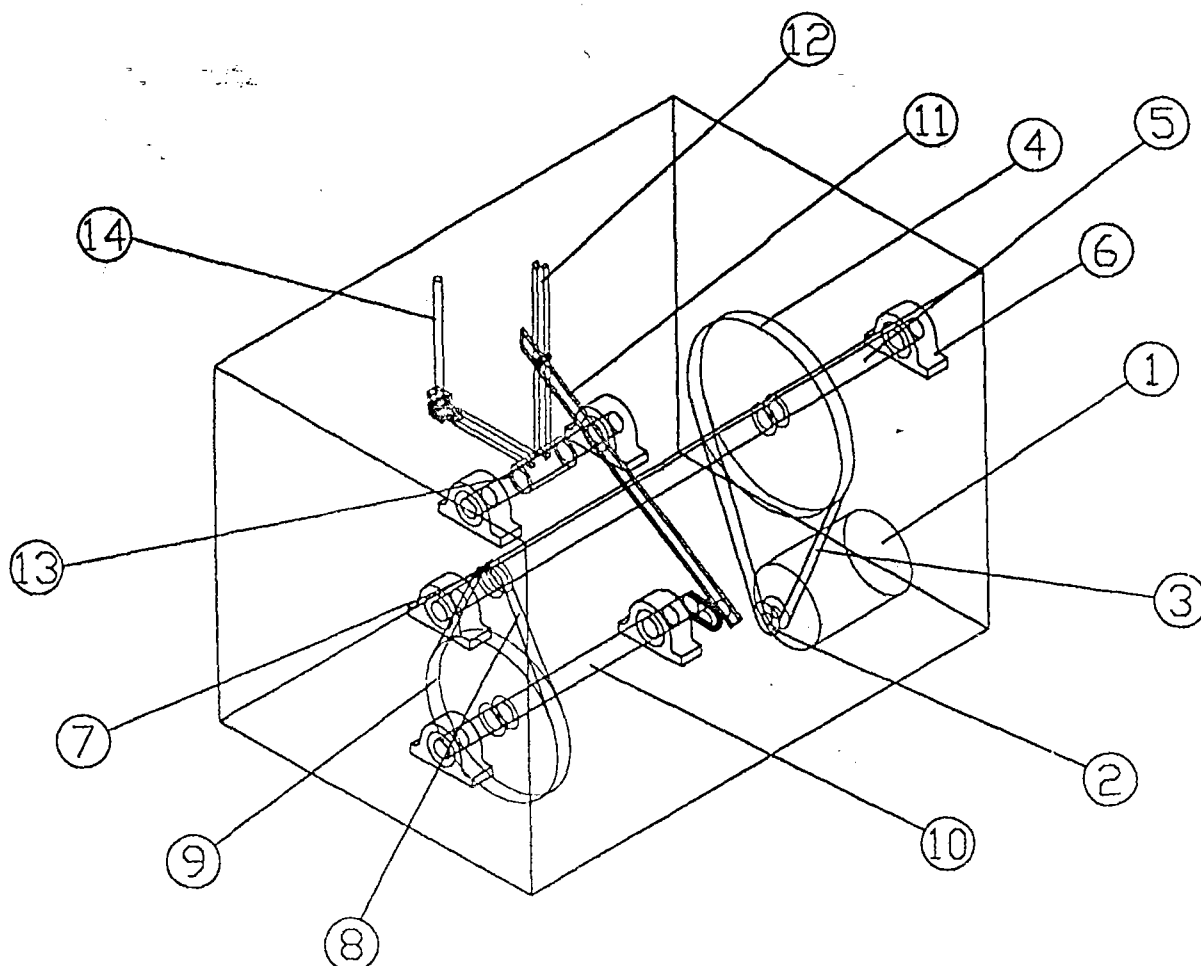
ภาคผนวก ก.

ส่วนประกอบของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

เครื่องหยอดขนมทองหยอด

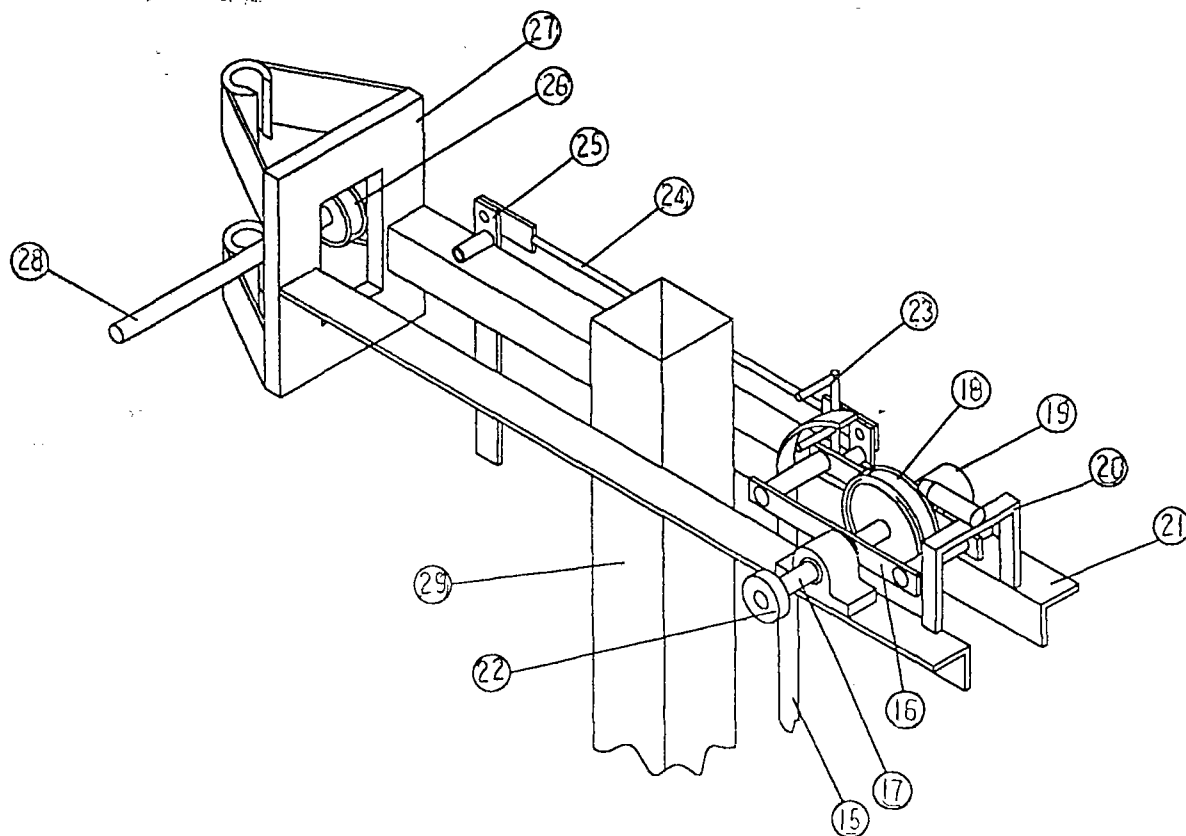


ส่วนประกอบของเครื่องหยอดขนมทองหยอด



14	เหล็กเพล	๑ 10 x 1160 มม.	St 37		!
12	เหล็กเพล	๑ 20 x 250 มม.	St 37		!
12	เหล็กแฉก	๑ 5 x 20 x 150 มม.	St 37		!
11	เหล็กแฉก	๑ 5 x 25 x 300 มม.	St 37		!
10	เหล็กเพล	๑ 20 x 350 มม.	St 37		!
9	ล้อสายพาน	๑ 265 มม.	GG - 15		!
8	สายพานลิ้ม	SPB 1250			!
7	ล้อสายพาน	๑ 63 มม.	GG - 15		!
6	ลูกปืนตึกดา	UCP 204			6
5	เหล็กเพล	๑ 20 x 500 มม.	St 37		!
4	ล้อสายพาน	๑ 260 มม.	GG - 15		!
3	สายพานลิ้ม	SPB 1320			!
2	ล้อสายพาน	๑ 63 มม.	GG - 15		!
1	มอเตอร์	1/4 แรงม้า			!
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้จัดทำ		มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ตรวจ ผ.ร.		
ผู้ออกแบบ		
นักออกแบบ		
ชื่อ	ชื่อ	หมายเลขแบบ
เครื่องหยอดขนมทองหยอด		



29	เหล็กหลัก	□ 120 × 120 × 1,230 มม.	St 37		1
25	เหล็กเหลา	φ 20 × 900 มม.	St 37		1
27	โครบั้งคืบ	□ 20 × 26 มม.	St 37		1
26	เพือตรง	φ 70 มม.	St 37		1
25	แผ่นจับการล็อก	□ 4 × 25 × 400 มม.	St 37		1
24	เหล็กเหลาส่งกำลัง	φ 8 × 150 มม.	St 37		1
23	ล็อกโครบั้งคืบ	φ 8 × 50 มม.	St 37		1
22	ล้อสายพาน	φ 50 มม.	CG - 15		1
21	เหล็กฉาก	L 3 × 40 มม.	St 37		2
20	ล็อกเพื่อง	□ 4 × 25 × 325 มม.	St 37		1
19	ลูกปืนผูกทาก	UPC 204			4
18	เพือตรง	φ 115, m = 2.5, z = 44	St 37		1
17	เหล็กเหลา	φ 20 × 190 มม.	St 37		1
16	โครบั้งคืบ	□ 4 × 25 × 270 มม.	St 37		1
15	เหล็กเหลา	φ 10 × 1,160 มม.	St 37		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน

ผู้ตรวจ

ผู้ตรวจ ม.ร.

ผู้ออกแบบ

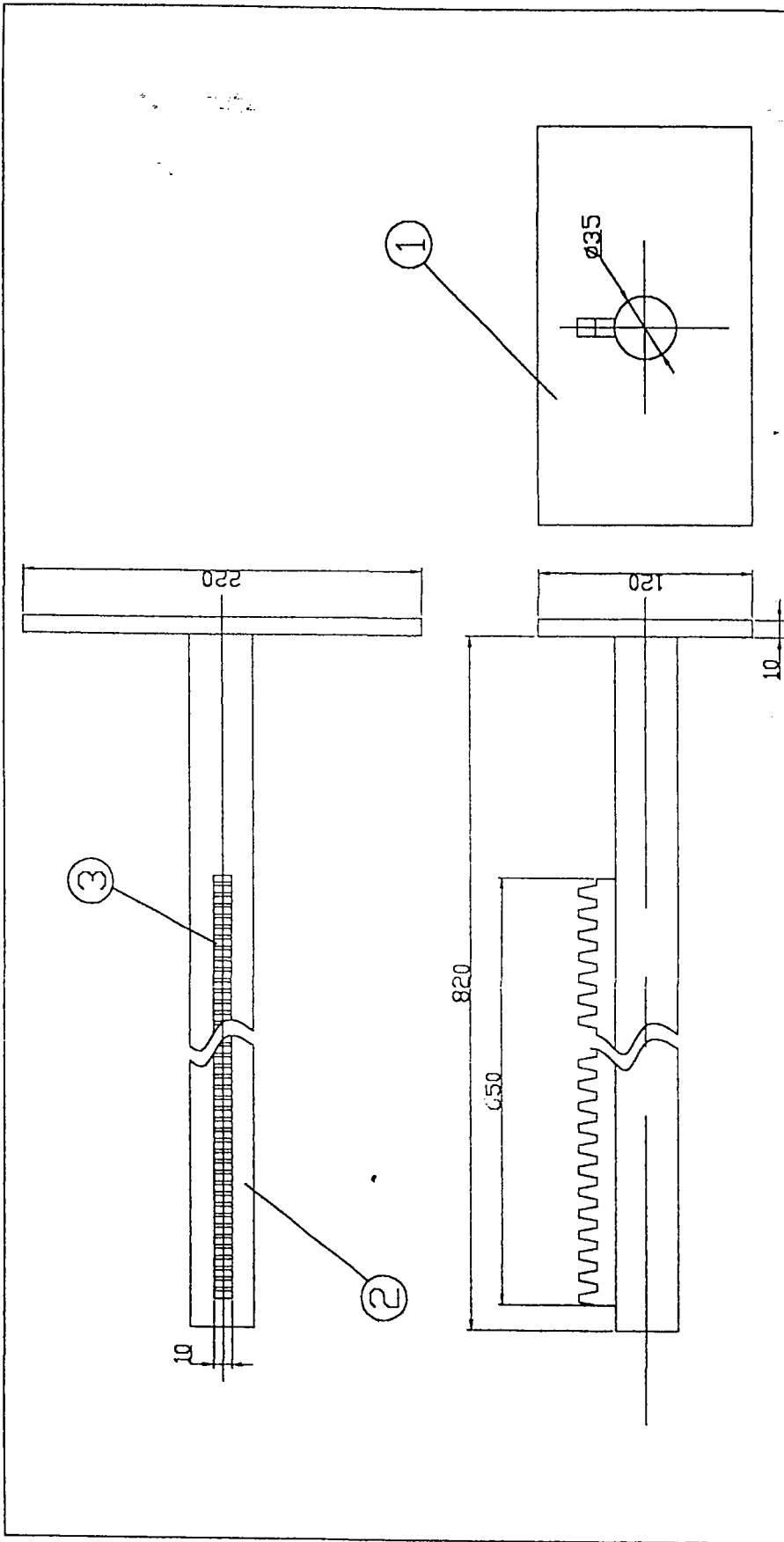
ภาคทฤษฎี

ภาคปฏิบัติ

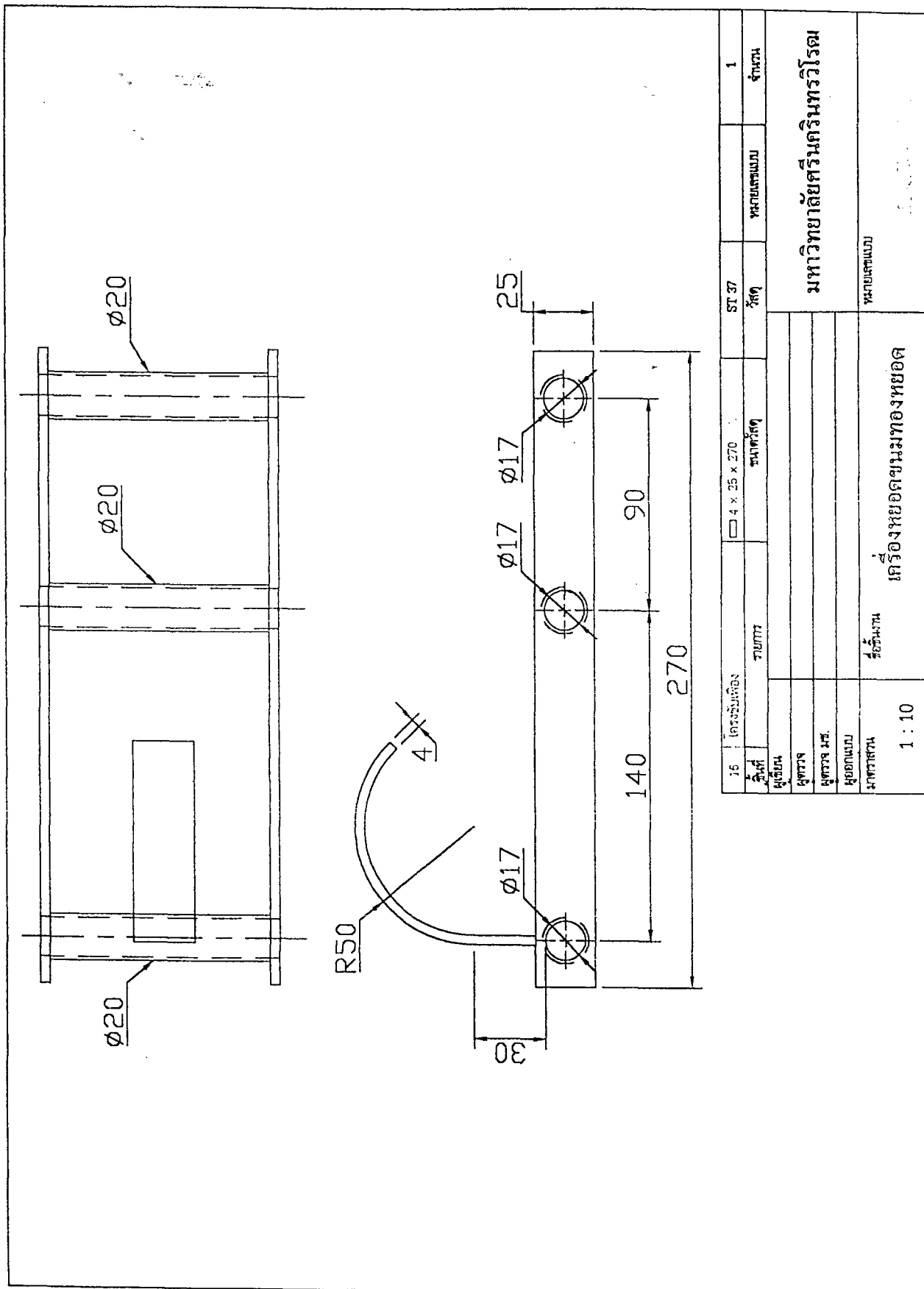
เครื่องหยอดขนมทองหยอด

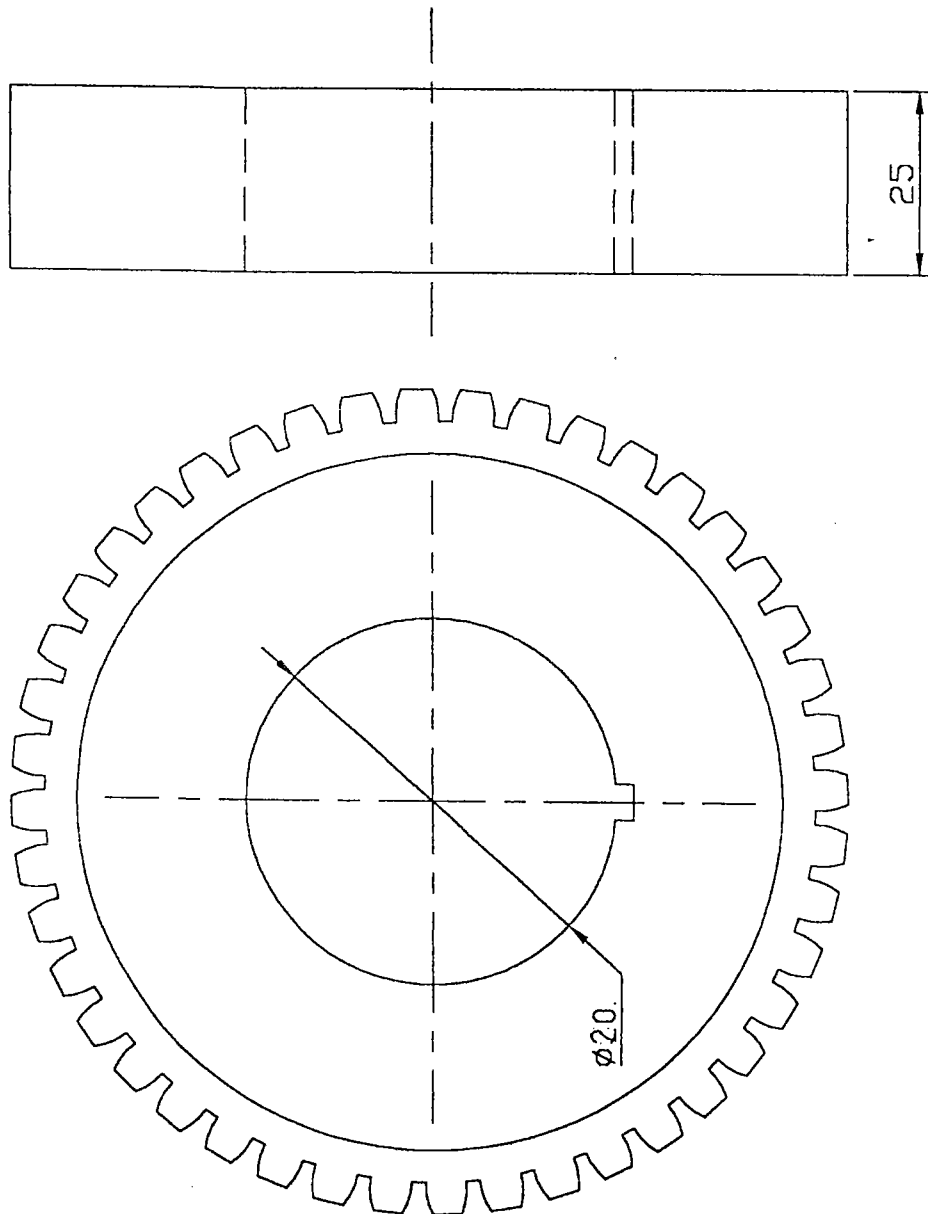
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

หมายเลขแบบ

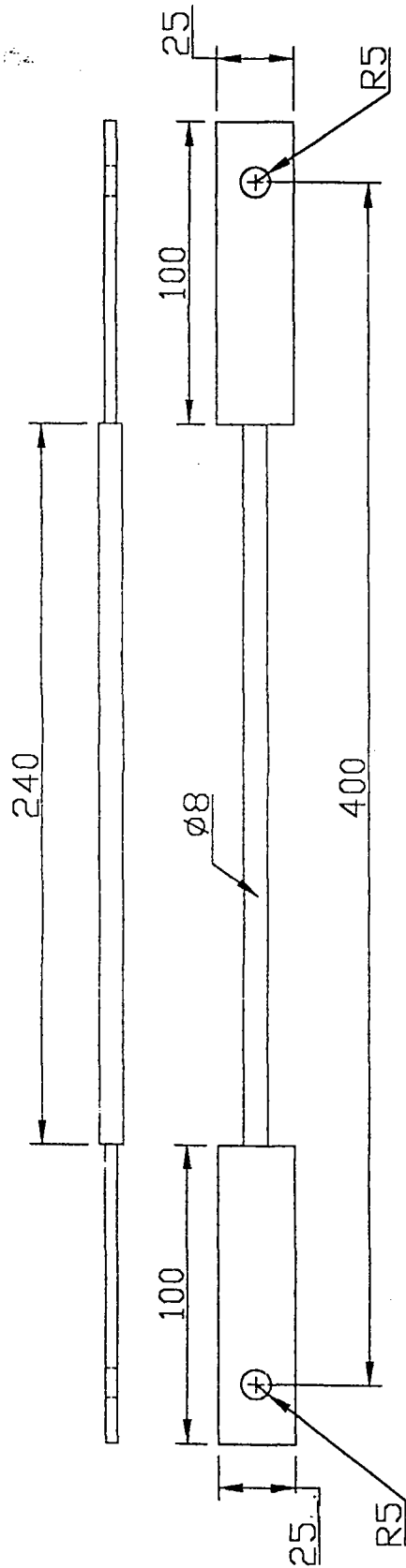


3	เพื่องัดรวม	ระบบกัด 8	ST 37	1
2	เหล็กเพล	35 x 820	ST 37	1
1	เหล็กแผ่น	120 x 220 x 10	ST 37	1
วัสดุ	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเหตุ
ผู้เขียน				
ผู้ตรวจ				
ผู้ตรวจ ม.ร.				
ผู้ออกแบบ				
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ				
มทร.สว.				
ชื่องาน	เครื่องหยดนมของหยอด			
1 : 10	หมายเหตุ			

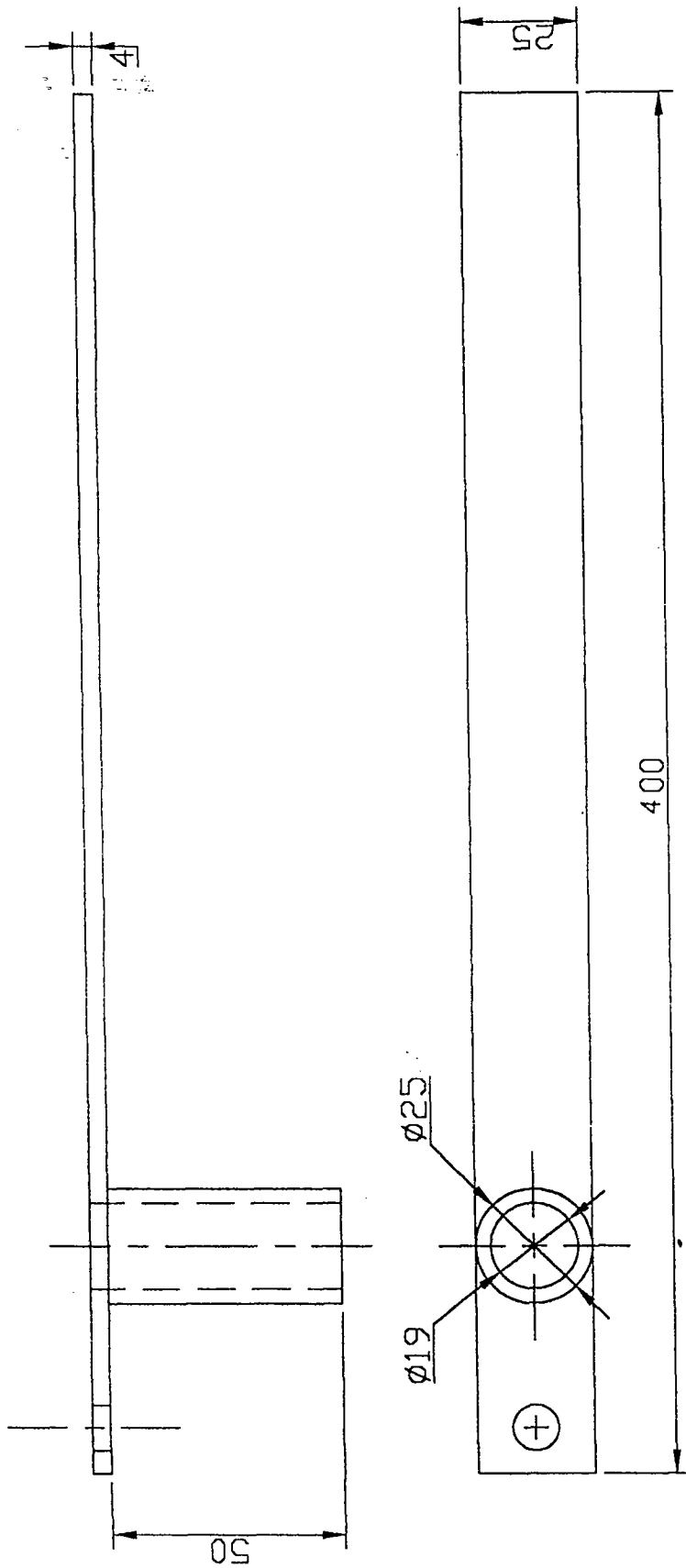




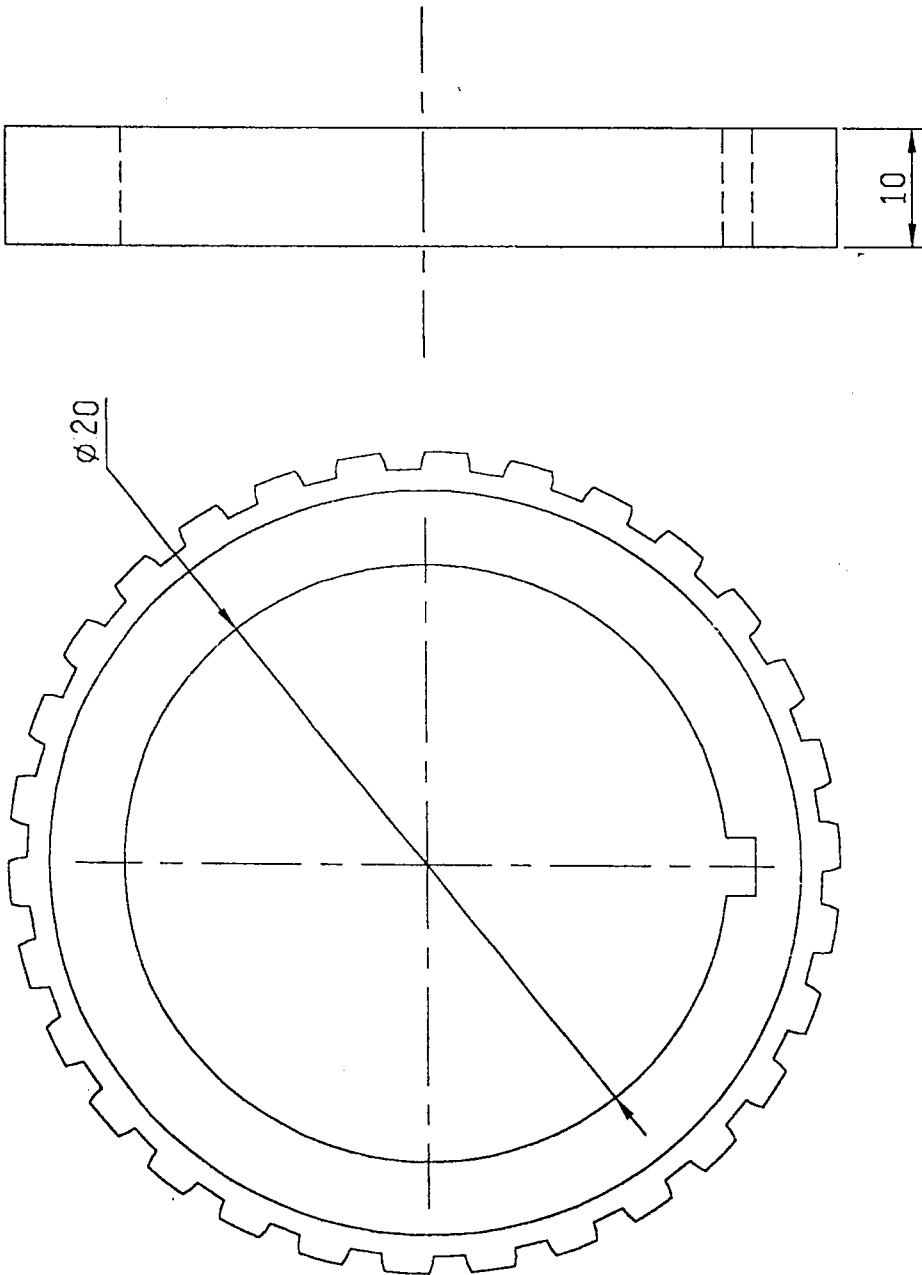
1E	เครื่องวัด	115, m = 2.5, Z = 44	ST 37	1
ผู้จัดทำ	รายการ	ขนาด	วัสดุ	จำนวน
ผู้เขียน				
ผู้ตรวจ				
ผู้ตรวจ ผ.ศ.				
ผู้ออกแบบ				
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ		
1 : 10	เครื่องหยอดขนมทองหยอด	หมายเหตุ		



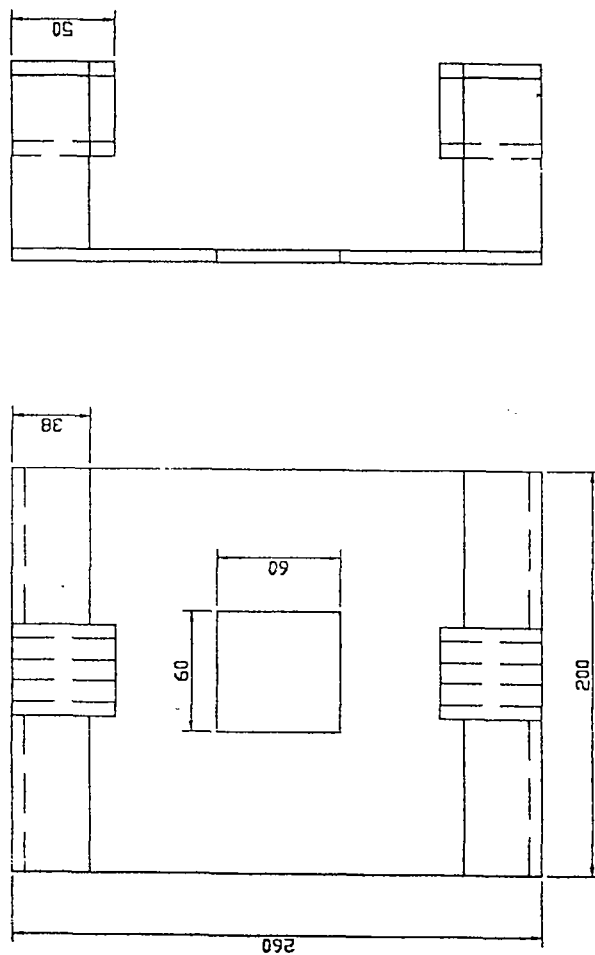
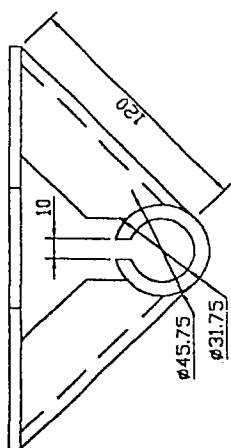
24	เหล็กพลาตัง	Ø 8 x 150	ST 37	1
ผู้เขียน	รายการ	ขนาด	วัสดุ	จำนวน
ผู้ตรวจ				
ผู้ทบทวน				
ผู้ออกแบบ				
วิศวกร				
1 : 10	เครื่องทดสอบ	เครื่องทดสอบ	หน่วย	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



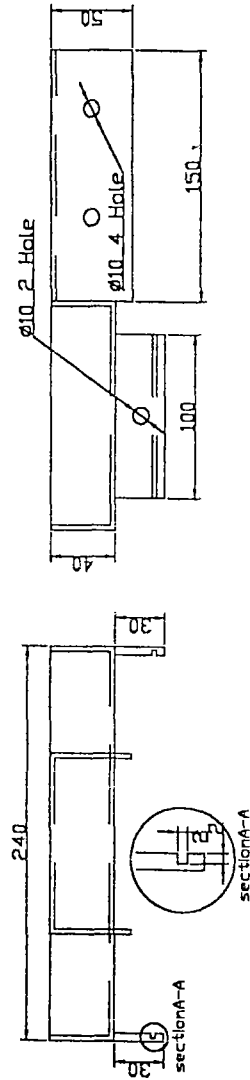
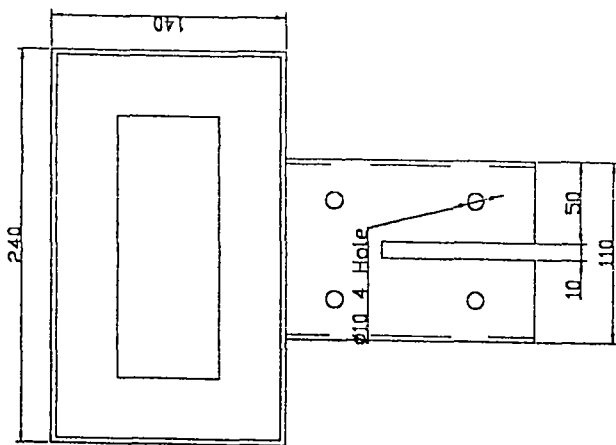
25	แบบร่างการเลือก	□ 4 x 25 x 400	ST 37	1
ผู้จัดทำ	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	จำนวน
ผู้เขียน				
ผู้ตรวจสอบ				
ผู้ตรวจสอบ				
ผู้ออกแบบ				
วิศวกร				
1 : 10	ชื่อชิ้นงาน	เครื่องหยอดขนมทองหยอด	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	
			หน้าตาแบบ	



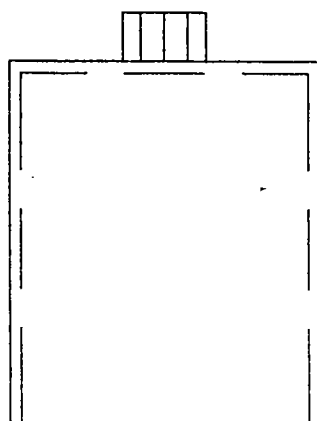
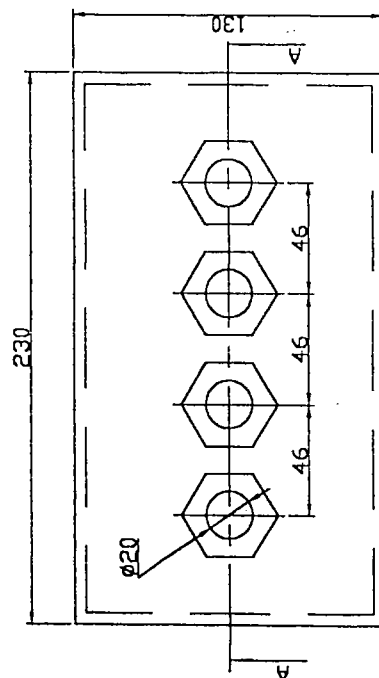
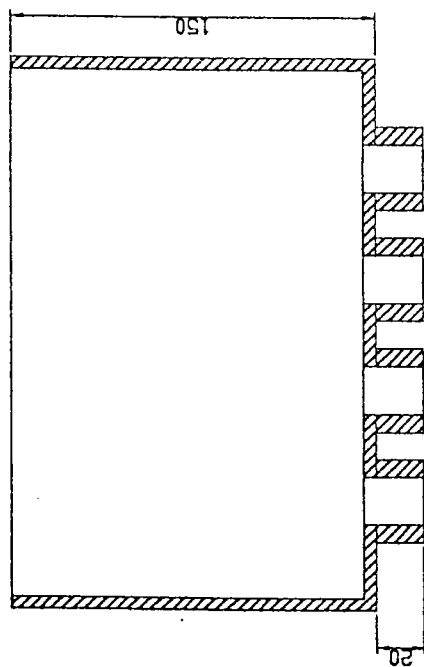
25	เรื่องทรง	ø 70 , Z = 30	ST 37	1
ผู้จัดทำ	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	จำนวน
ผู้เขียน				
ผู้ตรวจ				
ผู้ตรวจ มช.				
ผู้ออกแบบ				
มหาวิทยาลัยรัตนนคร	ชื่อวิชา	เครื่องหยอดขนมทองหยอด	มหาวิทยาลัยรัตนนครวิโรฒ	
1 : 10			หมายเหตุ	



27	โครงสร้าง	□ 280x200	ST 37	1
ผู้จัดทำ	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	จำนวน
ผู้เขียน				
ผู้ตรวจ				
ผู้ตรวจ ผ.บ.				
ผู้ออกแบบ				
มาตรฐาน				
มาตราส่วน	ชื่อรายการ	เครื่องหยอดขนมทองหยอด	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	
1 : 10			หมายเลขแบบ	



4	รูปทรงทั่วไปส่วนผสม	□ 240 x 1400 x 40	ST 37	จำนวน	1
วัสดุ	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หน่วย	จำนวน
ผู้เขียน					
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ผ.					
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐาน					
มาตราส่วน	1 : 10	ชื่อชิ้นงาน	เครื่องหยดขุ่นมาของหยอด	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	
				หน่วย	

[illegible]

การหาความเร็วรอบและการออกแบบเฟลา

จากรูปที่เป็นชุดส่งกำลังของเครื่องหยอดขนมทองหยอดที่มีมอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที เป็นต้นกำลังโดยมีขนาดกำหนดดังนี้

ล้อสายพาน d_1 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63 มม.

ล้อสายพาน d_2 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 280 มม.

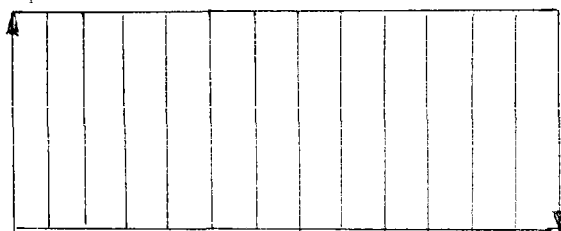
ล้อสายพาน d_3 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63 มม.

ล้อสายพาน d_4 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 265 มม.

ล้อสายพาน d_5 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม.

1. เขียน Torque diagram ของเฟลา II ⑩

$$Td_4 = 22961.367 \text{ N} \cdot \text{mm}$$



$$Td_5 = 22961.367 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

หา Torque ของมอเตอร์

$$P = 2\pi TN$$

$$Td_1 = \frac{P}{2\pi N} = \frac{186.50 \times 60}{2 \times 1450} = 1.228237 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\therefore Td_1 = 1228.237 \text{ N} \cdot \text{m}$$

หาแรงที่สายพาน $Td_1 = Fcd_1 \cdot rd_1$

$$Fcd_1 = \frac{Td_1}{rd_1} = \frac{1228.237}{\frac{63}{2}} = 38.991 \text{ N}$$

$$\therefore Fcd_1 = Fcd_2 = 38.991 \text{ N}$$

2. หา Torque ที่เฟลาหมายเลข ⑤ (Td_2)

$$\begin{aligned} Td_2 &= Fcd_2 \cdot rd_2 \\ &= 38.991 \times \frac{280}{2} \\ &= 5458.74 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

$$Td_2 = Td_3 = 5458.74 \text{ N} \cdot \text{mm} \text{ (เพราะอยู่บนเฟลาเดียวกัน)}$$

หาความเร็วรอบ (n_2) ที่เฟลา I

$$n_1 d_1 = n_2 d_2$$

$$n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2} = \frac{1450 \times 63}{280} = 326.25 \text{ rpm.}$$

$$n_2 = n_3 \text{ (เพราะอยู่บนเฟลาเดียวกัน)}$$

หาความเร็วรอบที่ (n_4) ที่เฟลา II

$$n_3 d_3 = n_4 d_4$$

$$n_4 = \frac{n_3 d_3}{d_4} = \frac{326.25 \times 63}{265} = 77.56 \text{ rpm.}$$

$$\therefore n_4 = 77.56 \text{ rpm. (จะเท่ากับจำนวนครั้งของแผ่นเลื่อนตัดแบ่งทองหยอด)}$$

$$n_4 = n_5 = 77.56 \text{ (เพราะอยู่บนเฟลาเดียวกัน)}$$

หา Torque ที่เฟลา II ⑩

$$\frac{T_3}{d_3} = \frac{T_4}{d_4}$$

$$T_4 = \frac{T d_3 \cdot d_4}{d_3} = \frac{5458.74 \times 265}{63}$$

$$= 22961.367 \text{ N-mm.}$$

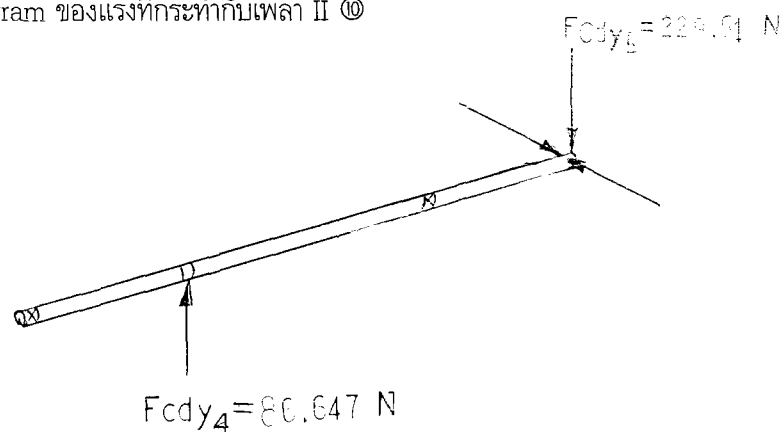
$$T d_4 = T d_5 = 22961.367 \text{ N-mm. (เพราะอยู่บนเฟลาเดียวกัน)}$$

หาแรงที่กระทำกับการหมุน (Fcd_5) แรงหมุนเป็นวงกลม

$$T d_5 = Fcd_5 \times r d_5$$

$$Fcd_5 = \frac{T d_5}{r d_5} = \frac{22961.367}{\frac{100}{2}} = 459.227 \text{ N}$$

3. หา Free body diagram ของแรงที่กระทำกับเฟลา II ⑩



$$\therefore Td_4 = Fcd_4 \cdot rd_4$$

$$Fcd_4 = \frac{Td_4}{rd_4} = \frac{22961.367}{265} = 86.647 \text{ N}$$

แตกแรงกับคาน ⑪ ทำมุมจากแกน $X = 30^\circ$

$$Fcd5x^{\cos 30^\circ} = 459.227 \cos 30^\circ$$

$$= 397.70 \text{ N}$$

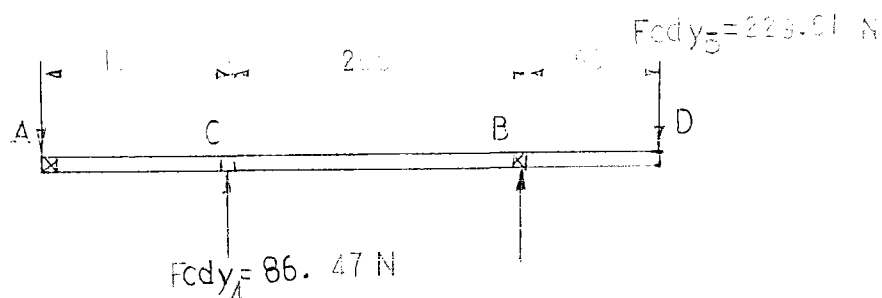
$$Fcd5x^{\sin 30^\circ} = 459.227 \sin 30^\circ$$

$$= 229.61 \text{ N}$$



4. แรงที่กระทำกับเพลานี้ ⑩ โดยแยกออกเป็น 2 พวก คือ แนวตั้งกับแนวระดับ แต่แรงจะเห็นว่าในแนวในแนวตั้งอย่างเดียว เพราะในแนวระดับนั้นจะเป็นการหักล้างกัน

แสดงแรงกระทำกับเพลานี้ในแนวตั้ง



5. หา Reaction ที่แรง A, B บนเพลานี้ ⑩

Reaction A_y , B_y

$$\sum M_A = 0;$$

$$(Fcdy_4 \times 100) + (Fcdy_5 \times 360) - (R_B \times 300) = 0$$

$$(86.647 \times 100) + (229.61 \times 360) - (R_B \times 300) = 0$$

$$R_B = \frac{8664.7 + 82659.6}{300} = \frac{73994.9}{300} = 246.65$$

$$\therefore R_B = 246.65 \text{ N}$$

$$\sum M_{ry} = 0;$$

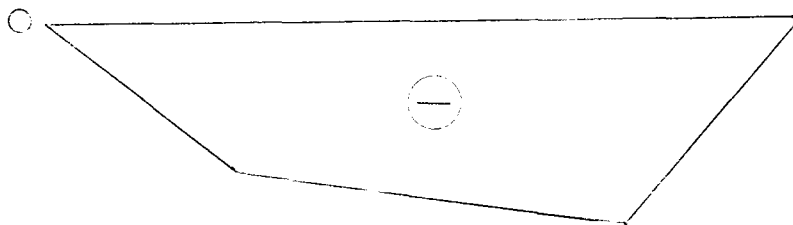
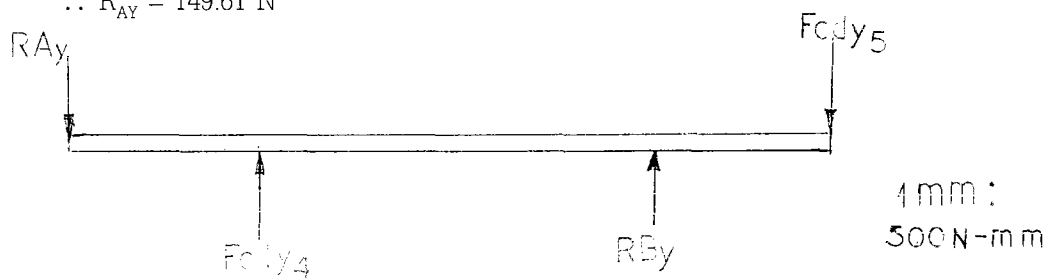
$$(F_{cdy_4} \times 200) + (F_{cdy_5} \times 60) - (R_{Ay} \times 300) = 0$$

$$(86.647 \times 200) + (229.61 \times 60) - (R_{Ay} \times 300) = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{17329.4 + 13776.6}{300}$$

$$= \frac{31106}{300}$$

$$\therefore R_{Ay} = 149.61 \text{ N}$$



6. เขียนสมการ Bending Moment ของแรงในแนวดิ่งที่เกิดจากเพล II @
แนวดิ่ง

$$BM_{cy} = 0$$

$$BM_{Ay} = -(R_{Ay} \times 100) = (-103.69 \times 100) = -10369 \text{ N-mm}$$

$$\begin{aligned} BM_{Ay} &= (R_{Ay} \times 300) + (F_{cdy_4} \times 200) = (-103.69 \times 300) + (86.647 \times 200) \\ &= -31107 + 17329.4 \\ &= -13777.6 \text{ N-mm.} \end{aligned}$$

$$BM_{Dy} = (R_{Ay} \times 360) + (F_{cdy_4} \times 260) + (R_{By} \times 60) = 0$$

7. หา Bending Moment Max ที่เกิดกับเพลลา II ⑩

BM. max เกิดที่จุด B 0

$$\begin{aligned} BM_B &= \sqrt{(BM_{BY})^2 + (BM_{BX})^2} \\ &= \sqrt{(13777.6)^2} \\ &= 13777.6 \text{ N-mm.} \end{aligned}$$

8. คำนวณหาขนาดของแบริ่ง เป็นจุดเริ่มต้นในการออกแบบเพลลา คือ จุด B

$$\begin{aligned} d &= \sqrt[3]{\frac{16}{\pi T_{all}} [\alpha(b.M)^2 + (\alpha t.T_{max})^2]^{\frac{1}{2}}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{16}{\pi T_{all}} [(1.5 \times 13777.6)^2 + (1 \times 22961.367)^2]^{\frac{1}{2}}} \\ &= \sqrt[3]{0.0764708 [(4.271 \times 10)^8 + (5.27224 \times 10)^8]^{\frac{1}{2}}} \\ &= \sqrt[3]{0.0764708 (30892.142)} \\ &= \sqrt[3]{2362.3468} \end{aligned}$$

$$\therefore d = 13.318 \text{ mm.}$$

เลือกเพลลาที่มีขนาด 20.00 mm (ตาราง 8.2)

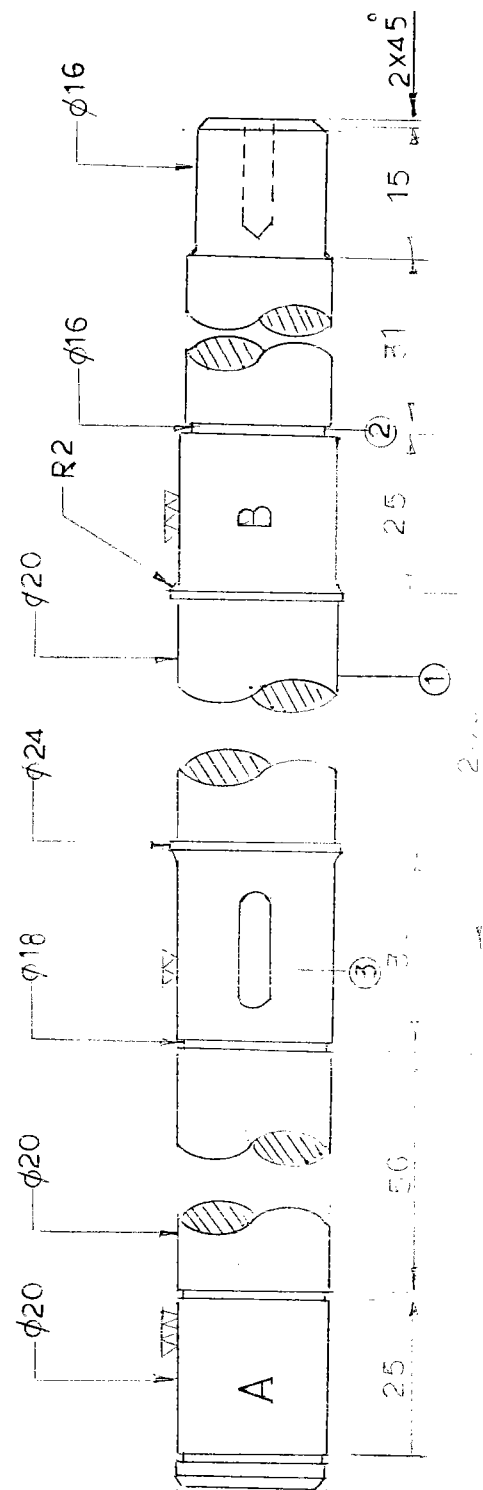
9. ออกแบบเพลลาจะเริ่มต้นมีจุด B ก่อน

ใช้แบริ่งตักดา นัมเบอร์ UCP 204 ซึ่งมีขนาด $d = 20 \text{ mm.}$

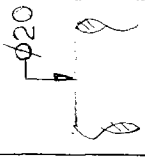
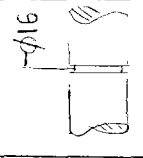
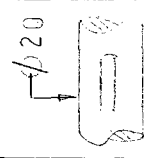
10. ตรวจสอบความแข็งแรงของเพลลา

- จุดเริ่มต้นในการออกแบบ
- จุดเปลี่ยนรูปร่าง
- จุดเปลี่ยนขนาด

$$\frac{bAS}{bc} \geq 1.5 \dots 2.5$$



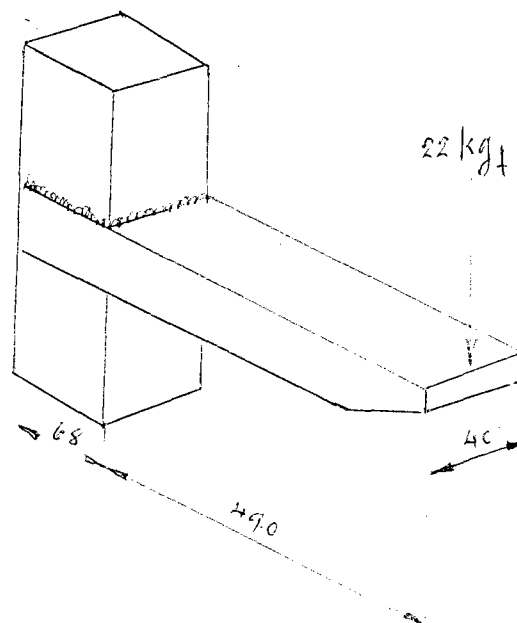
ตาราง 18 ตรวจสอบความแข็งแรงแรงของเพลลา

จุดที่	รูปร่าง	$b_A =$ 0.4664	$\beta_k =$ $\frac{1 + (R\alpha_k - 1)\eta_k}{b_0}$	$AS =$ $\frac{b_A}{\beta_k}$	$b_b =$ $\frac{32M}{\pi d^3}$	$\tau =$ $\frac{16T}{\pi d^3}$	$b.C = \sqrt{b^2 + 3\tau^2}$	$\frac{b_{AS}}{b.C}$	หมายเหตุ
1		170.2	$R = 1.2$ $\alpha_k = 1$ $\eta_k = 0.7$ $b_0 = 0.82$ $= 1.39$	$\frac{170.2}{1.39}$ $= 122.45$	$\frac{32 \times 13777.6}{\pi(20)^3}$ $= 17.54$	$\frac{16 \times 22961.369}{\pi(20)^3}$ $= 14.62$	$\sqrt{17.54^2 + 3(14.62)^2}$ $= 30.80$	$\frac{122.54}{30.80}$ $= 3.97$	ใช้ได้
2		170.2	$R = 1.5$ $\alpha_k = 0.9$ $\eta_k = 0.9$ $b_0 = 0.8$ $= 1.64$	$\frac{170.2}{1.64}$ $= 103.78$	$\frac{32 \times 13777.6}{\pi(20)^3}$ $= 48.12$	$\frac{16 \times 22961.369}{\pi(16)^3}$ $= 28.55$	$\sqrt{34.26^2 + 3(28.55)^2}$ $= 60.16$	$\frac{103.78}{60.16}$ $= 1.73$	ใช้ได้
3		170.2	$R = 1.2$ $\alpha_k = 0.85$ $b_0 = 0.9$ $\eta_k = 1$ $= 1.13$	$\frac{170.2}{1.13}$ $= 150.62$	$\frac{32 \times 13777.6}{\pi(20)^3}$ $= 17.54$	$\frac{16 \times 22961.369}{\pi(20)^3}$ $= 14.62$	$\sqrt{17.54^2 + 3(14.62)^2}$ $= 30.80$	$\frac{150.62}{30.80}$ $= 4.89$	ใช้ได้

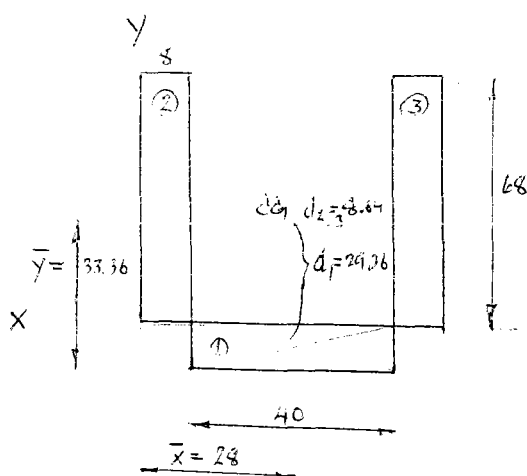
การหาความแข็งแรงของแนวเชื่อม

กล่องบรรจุแป้งทองหยอดเมื่อรวมกับแผ่นกดแป้งทองหยอดแล้วจะมีน้ำหนัก 22 Kg_f (ภาระเปลี่ยนแปลง)

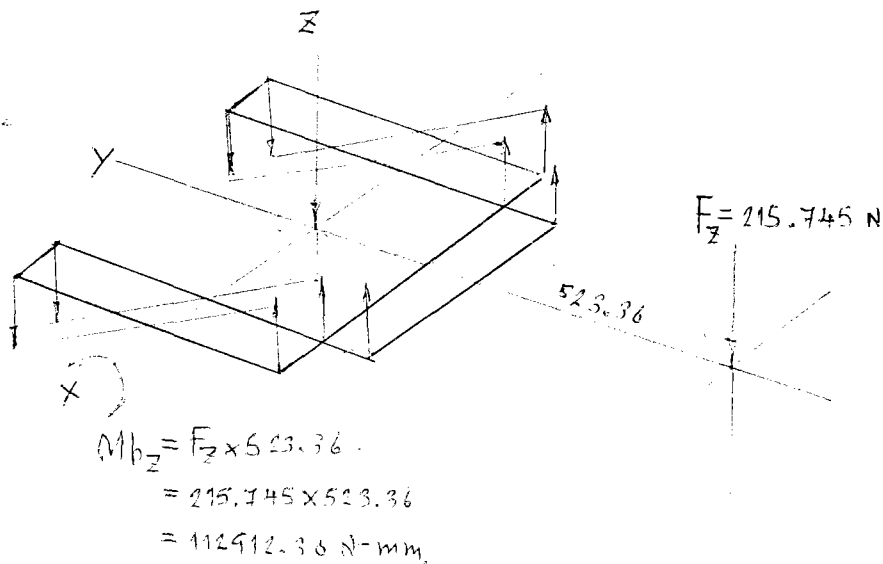
- ใช้วัสดุ St 37 คุณภาพงานเชื่อม ชั้นที่ III



จากรูปแนวเชื่อมมี 3 แนว หา CG ของแนวเชื่อม



$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3}{A_1 + A_2 + A_3} \\ &= \frac{(40 \times 8 \times 28) + (68 \times 8 \times 4) + (68 \times 8 \times 52)}{(40 \times 8) + 2(68 \times 8)} \\ &= \frac{39424}{1408} \\ &= 28 \text{ mm.} \\ \bar{y} &= \frac{A_1 Y_1 + A_2 Y_2 + A_3 Y_3}{A_1 + A_2 + A_3} \\ &= \frac{(40 \times 8 \times 4) + 2(68 \times 8 \times 42)}{(40 \times 8) + 2(68 \times 8)} \\ &= \frac{46976}{1408} \\ &= 33.36 \text{ mm.} \end{aligned}$$



จะเกิด Moment ที่รวมแกน X อย่างเดียว

เกิด Direct Shear ที่แนวเชื่อมที่ 2 และ 3

$$\begin{aligned}
 Mb_z &= F_x 523.36 \\
 &= 215.745 \times 523.39 \\
 &= 112912.30 \text{ N-mm}
 \end{aligned}$$

หาแรง I_x รอบแกน x (เพราะเมื่อพิจารณาจากแรงกระทำที่แนวเชื่อมแล้วจะเกิด Moment รอบแกน x และเกิด Direct Shear ด้วย)

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_1 + I_2 + I_3 \\
 &= \left(\frac{bh^3}{12} + Ad^2 \right)_1 + 2 \left(\frac{bh^3}{12} + Ad^2 \right)_{2,3} \\
 &= \left(\frac{40 \times 8^3}{12} + 40 \times 8 \times 29.36^2 \right) + 2 \left(\frac{8 \times 68^3}{12} + 8 \times 68 \times 8.64^2 \right)_{2,3} \\
 &= 277549.74 + 500461.43 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau &= \frac{F}{A} = \frac{215.745}{(40 \times 8) + 2(68 \times 8)} \\
 &= \frac{215.745}{1408}
 \end{aligned}$$

$$\tau = 0.1532279 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{2,3} &= \frac{Mc}{I_x} = \frac{215.745 \times 523.36 \times 42.64}{778011.17} \\
 &= 6.1883 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{รวม. Stresse } \sigma_c &= \sqrt{\sigma_c^2 + 3\tau^2} \\
 &= \sqrt{6.188^2 + 3(0.153)^2} \\
 &= \sqrt{38.36}
 \end{aligned}$$

$$\sigma_c = 6.1936 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

จากการเปิดตารางความเค้นสูงที่อนุญาตให้ใช้งานได้ (stresse Allowance) สำหรับแนวเชื่อมคือ วัสดุ St37 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเชื่อมชั้นที่ III ได้ $50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Ans

สรุป

1. การหาความเร็วรอบ (N_g) ซึ่งเท่ากับจำนวนครั้งของแผ่นเลื่อนตัดแบ่งทองหยอด 77.56 rpm. หรือ 77 ครั้ง/นาที

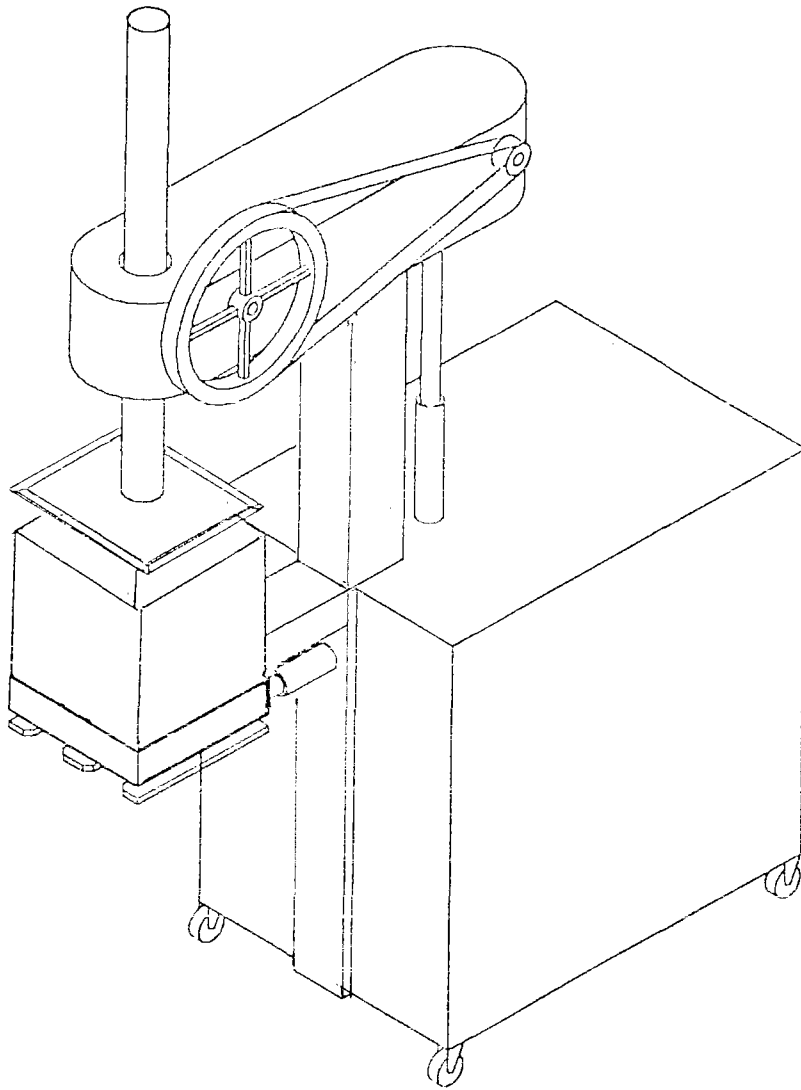
2. การเริ่มต้นออกแบบเพลามีจุด B ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพล (d) เท่ากับ 20 มม.
3. ใช้แบร็งด์ักตา นัมเบอร์ Ucp มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (d) เท่ากับ 20 มม.
4. ผลการตรวจสอบความแข็งแรงของเพลทั้ง 3 จุดคือใช้งานได้
5. แนวเชื่อมยึดระหว่างเสาหลักกับคานของกล่องบรรจุแป้งทองหยอดใช้งานได้มีความแข็งแรง

ภาคผนวก ข.

คู่มือการใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอด

คู่มือ

การใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอด



คำนำ

คู่มือการใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอด จัดทำขึ้นเพื่อให้ท่านผู้ใช้ได้ทำความเข้าใจกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพร้อมวิธีการใช้งาน ทั้งยังได้อธิบายให้เห็นถึงการทำงานของเครื่องด้วย ถ้าท่านได้อ่านคู่มือฉบับนี้แล้วท่านจะสามารถใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอดได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย เพราะนอกจากจะอธิบายถึงชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องและการใช้งานแล้วยังได้เสริมในส่วนของการบำรุงรักษา และความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

ท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่า คู่มือการใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอด จะช่วยให้ผู้อ่านได้ใช้เครื่องนี้ได้อย่างถูกต้อง

สกล นันทศรีวิวัฒน์

สารบัญ

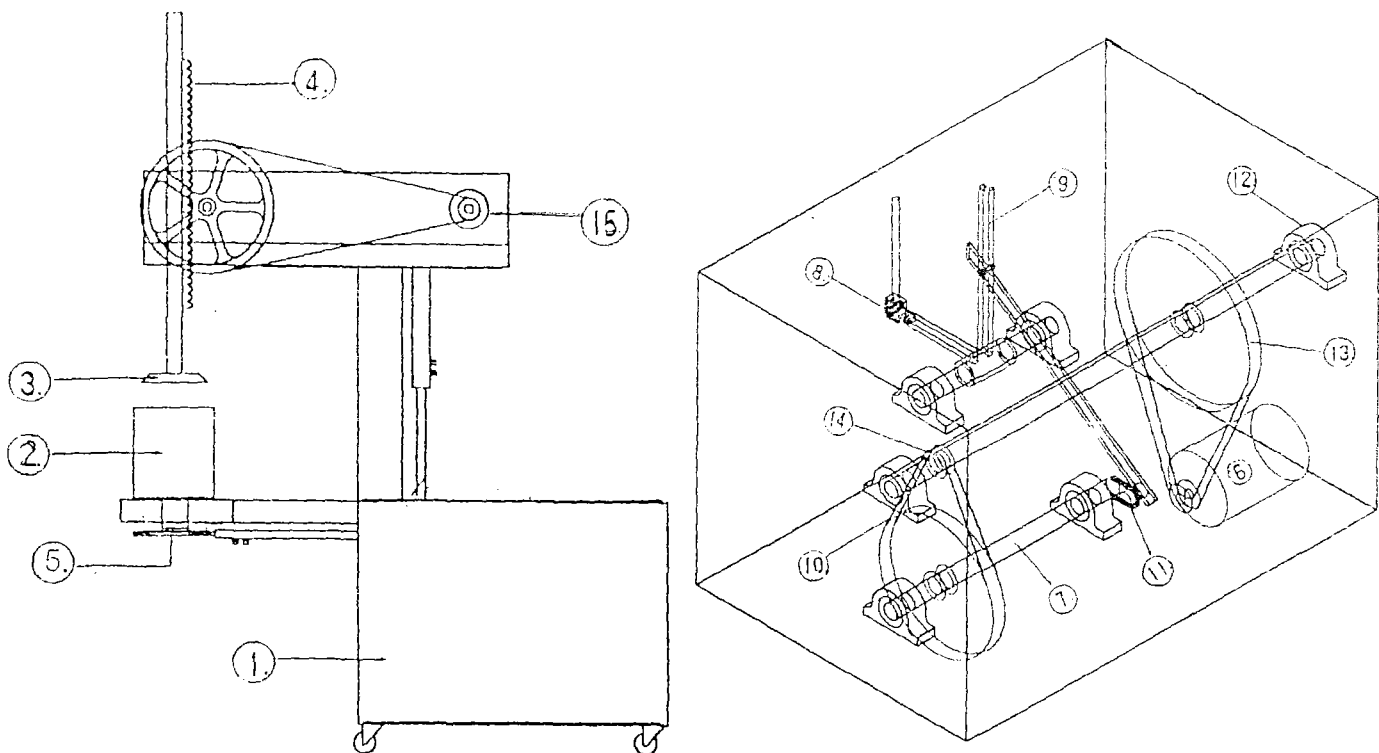
	หน้า
ลักษณะเฉพาะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด	1
ส่วนประกอบของเครื่องหยอดขนมทองหยอด	1
หน้าที่ของส่วนประกอบเครื่องหยอดขนมทองหยอด	2
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วม	3
ขั้นตอนการเตรียมงาน	3
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	3
ขั้นตอนการบำรุงรักษา	3
ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	4

เครื่องหยอดขนมทองหยอด เป็นเครื่องที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการหยอดขนมทองหยอดแทนแรงงานคน ซึ่งสามารถนำไปใช้กับอุตสาหกรรมในครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียง 1 คน

ลักษณะเฉพาะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ชื่อ	เครื่องหยอดขนมทองหยอด
ชนิด	เป็นเครื่องหยอดขนมทองหยอดแบบ 4 รู
ความสามารถ	1 นาทีต่อการหยอด 77 ครั้ง
การนำไปใช้	1. อุตสาหกรรมในครัวเรือน 2. อุตสาหกรรมขนาดเล็ก
อื่น ๆ	สามารถเคลื่อนย้ายไปปฏิบัติงานในที่ต่าง ๆ ได้

ส่วนประกอบของเครื่องหยอดขนมทองหยอด



ภาพประกอบ 1. แสดงส่วนประกอบของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. เครื่องหยอดขนมทองหยอด | 2. กล่องบรรจุแป้งทองหยอด |
| 3. แผ่นกดแป้งทองหยอด | 4. เฟืองสะพาน |
| 5. แผ่นเลื่อนตัดทองหยอด | 6. มอเตอร์ไฟฟ้า |
| 7. เพลาส่งกำลัง | 8. ก้านจับยึดแผ่นเลื่อนตัด |
| 9. ก้านควบคุมกลไกล็อก | 10. สายพานลิ้ม |
| 11. ข้อต่อส่งกำลัง | 12. ลูกปืนตุ้กตา |
| 13. ล้อสายพาน | 14. ล้อสายพาน |
| 15. เฟืองล็อก | |

หน้าที่ของส่วนประกอบเครื่องหยอดขนมทองหยอด

1. เครื่องหยอดขนมทองหยอด เป็นเครื่องสำหรับหยอดขนมทองหยอดมีจำนวน 4 รู
2. กล่องบรรจุแป้งทองหยอด เป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนด้านล่างของกล่อง จะมีรูอยู่จำนวน 4 รู
3. แผ่นกดแป้งทองหยอด เป็นตัวกดแป้งเพื่อควบคุมการไหลของแป้ง
4. เฟืองสะพาน เป็นเฟืองฟันตรงจะควบคุมแผ่นกดแป้งทองหยอด
5. แผ่นเลื่อนตัดทองหยอด เป็นตัวควบคุมการไหลและตัดแป้งทองหยอด
6. มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นตัวต้นกำลังในการส่งแรงให้กับระบบส่งกำลังต่าง ๆ
7. เพลาส่งกำลัง เป็นชิ้นส่วนหมุนรอบตัวเองโดยรับภาระจากสายพานและส่งแรงให้กับสายพานที่อยู่บนเพลาดียวกัน
8. ก้านจับยึดแผ่นเลื่อนตัด เป็นตัวรับแรงจากเพลาลูก และส่งแรงให้กับแผ่นเลื่อนตัด โดยการเคลื่อนที่ไป - กลับ
9. ก้านควบคุมกลไกล็อก เป็นกลไกเพื่อใช้ควบคุมแผ่นกดแป้งทองหยอด
10. สายพานลิ้ม ใช้ส่งกำลังจากล้อสายพานหนึ่งไปอีกล้อสายพานหนึ่ง
11. ข้อต่อส่งกำลัง เป็นตัวรับกำลังขับเคลื่อนจากเพลาลูก เพื่อส่งกำลังไปควบคุมแผ่นเลื่อนตัดแป้งทองหยอด
12. ลูกปืนตุ้กตา เป็นตัวสำหรับรองรับเพลาลูกและเป็นตัวลดความเสียดทานจากการหมุนของเพลาลูก
- 13, 14. ล้อสายพาน เป็นตัวรับแรงขับเคลื่อนหรือส่งแรงจากเพลาลูกเพื่อส่งกำลังให้กับล้อสายพาน
15. เฟืองล็อก เป็นเฟืองเพื่อควบคุมการเลื่อนลงของแผ่นกดแป้งทองหยอด

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมการปฏิบัติงาน

1. เครื่องตัดโซ่ ทำหน้าที่ตัดโซ่แดงให้ฟู และแบ่งข้าวจ้าวให้เข้ากับโซ่แดง
2. ถ้วยตวง ใช้สำหรับตวงน้ำตาลทราย น้ำลอยดอกมะลิ และแบ่งข้าวจ้าวตามปริมาณที่

ต้องการ

ขั้นตอนการเตรียมงาน

1. เตรียมแบ่งข้าวจ้าว
2. เตรียมน้ำเชื่อม กะทะทองเหลือง และเตาแก๊ส
3. เตรียมเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. นำแบ่งทองหยอด ใส่ลงในกล่องบรรจุแบ่งทองหยอด
2. น้ำเชื่อมในกะทะทองเหลือง ควบคุมไฟเดือด
3. ปรับแผ่นกดแบ่งทองหยอดให้ลงมาติดกับแบ่งทองหยอดในกล่องบรรจุแบ่ง
4. เสียบปลั๊กไฟ พร้อมตรวจเช็คความเรียบร้อยของเครื่องอีกครั้ง
5. เปิดสวิตช์ไฟเพื่อให้เครื่องทำงาน
6. ทองหยอดจะไหลออกจากรู ทั้ง 4 รู
7. แผ่นเลื่อนตัดทองหยอดจะเป็นตัวตัดทองหยอดให้ตกลงในน้ำเชื่อมที่กำลังเดือด
8. รอประมาณ 1-2 นาที ทองหยอดจะลอยขึ้นมาแสดงว่าสุกแล้ว
9. ใช้ทัพพีตักเอาทองหยอดที่สุกแล้ว ออกจากกะทะทองเหลือง เพื่อนำมาแช่ลงในน้ำเชื่อมใส่อีกครั้ง จนทองหยอดมีความฉ่ำจึงตักออกมาวางไว้ที่ถาดรองรับ
10. เมื่อทองหยอดหมดสวิตช์ไฟจะถูกตัดโดยอัตโนมัติ

ขั้นตอนการบำรุงรักษา

1. เมื่อใช้งานเสร็จให้ล้างทำความสะอาดกล่องบรรจุ และแผ่นกดแบ่งทองหยอดด้วยน้ำสะอาด แล้วใช้ผ้าเช็ดให้แห้ง
2. ใช้ผ้าทำความสะอาดส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง
3. ถอดปลั๊กไฟออกแล้วม้วนเก็บสายไฟให้เรียบร้อย

ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

ผู้ปฏิบัติงานเวลาเลียบปลั๊กซ์ และเปิดสวิทช์ไฟอย่าให้มือเปียกน้ำ

ภาคผนวก ค.

แบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพ

เครื่องหยอดขนมทองหยอด

แบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพ

เครื่องหยอดขนมทองหยอด

คำชี้แจง

1. แบบประเมินที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญ ประเมินเครื่องหยอดขนมทองหยอด 5 ด้าน ดังนี้

- 1.1 ลักษณะทางกายภาพ
- 1.2 ลักษณะการใช้งาน
- 1.3 ลักษณะการบำรุงรักษา
- 1.4 ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน
- 1.5 ประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด

2. แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องหยอดขนมทองหยอด

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 1 มีทั้งหมด 22 ข้อ
2. โปรดขีดเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่าน หลังจากทดสอบใช้เครื่องหยอดขนมทองหยอด โดยมีค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

5	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดี
3	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับพอใช้
2	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ข้อที่	รายละเอียดหัวข้อ	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
1	ลักษณะทางกายภาพ 1.1 ขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอดกะทัดรัด 1.2 ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบให้มีรูปร่างลักษณะที่สามารถแยกชิ้นส่วนและประกอบได้ 1.3 ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบและสร้างให้มีความแข็งแรงและความปลอดภัยขณะใช้งาน 1.4 ออกแบบได้เหมาะสม 1.5 รูปร่างของเครื่องหยอดขนมทองหยอดมีขนาดใหญ่					
2	ลักษณะการใช้งาน 2.1 การบรรจุวัตถุดิบเข้ากล่องบรรจุแป้งทองหยอดทำได้สะดวก 2.2 การทำงานชิ้นส่วนต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน 2.3 การหยุดการทำงานของเครื่องทำได้โดยอัตโนมัติ 2.4 มีขั้นตอนการปฏิบัติงานน้อย					
3	ลักษณะการบำรุงรักษา 3.1 การบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้อย่างสะดวก 3.2 การประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นไม่ก่อให้เกิดความชำรุดเสียหาย 3.3 เมื่อชิ้นส่วนใดชำรุดสามารถซ่อมแซมและเปลี่ยนได้ 3.4 วัสดุที่นำมาสร้างเครื่องหยอดขนมทองหยอดทำได้ง่ายและราคาไม่แพง					

ข้อที่	รายละเอียดหัวข้อ	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
4	ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน 4.1 ผู้ปฏิบัติงาน 1 หรือ 2 คน สามารถปฏิบัติงานได้ 4.2 มีความปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน 4.3 นำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรืออุตสาหกรรมในครัวเรือน 4.4 เคลื่อนย้ายไปปฏิบัติงานในที่ต้องการได้ 4.5 สะดวกต่อการนำไปปฏิบัติงานยังสถานที่ที่ต้องการ					
5	ประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด 5.1 ได้ผลผลิตขนมทองหยอดมากกว่า 120 ลูกต่อนาที 5.2 ลดขั้นตอนการผลิตขนมทองหยอด 5.3 ต้นทุนการผลิตขนมทองหยอดลดลง 5.4 ผลผลิตขนมทองหยอดจะมีการเสียน้อย					

หมายเหตุ กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายทางด้านประสิทธิภาพ ดังต่อไปนี้

คะแนน แปลความ

5	ผลการประเมินในระดับดีมาก	=	ผ่านเกณฑ์
4	ผลการประเมินในระดับดี	=	ผ่านเกณฑ์
3	ผลการประเมินในระดับพอใช้	=	ไม่ผ่านเกณฑ์
2	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง	=	ไม่ผ่านเกณฑ์
1	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้	=	ไม่ผ่านเกณฑ์

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

อื่นๆ _____

ภาคผนวก ง.
หนังสือขอความอนุเคราะห์



ที่ ทม 1007/ 5471

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

14 พฤศจิกายน 2542

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด" โดยมี ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธโกธ และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุภะภณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพฑูรย์ ประสมศรี และ อาจารย์อภัย ฝ่องรัมย์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5646

โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1007/ 5323



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

16 พฤศจิกายน 2542

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ประกอบการธุรกิจ ร้านสงวนโพธิ์พระ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด" โดยมี ดร.โพธิ์ วงศ์ยุทธโกกร และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสม เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตให้ คุณสงวน โพธิ์พระ ตอบแบบสอบถามแบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ในระหว่างเดือนธันวาคม 2542

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ ได้เก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5646

โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1007/ 5334



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๔ พฤศจิกายน 2542

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ประกอบการธุรกิจอุตสาหกรรม ร้านเพชรไพโรจน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด" โดยมี ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสมณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตให้ คุณเสี อิงคพร ตอบแบบสอบถามแบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของ เครื่องหยอดขนมทองหยอด ในระหว่างเดือนธันวาคม 2542

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ให้โปรดพิจารณาให้ นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ ได้เก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5646

โทรสาร. 258-4119



ที่ ทม 1007/ ๕๖๕

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๔ พฤศจิกายน 2542

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ประกอบการธุรกิจอุตสาหกรรม เกือบไทยรวมช่าง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายสกล นันทศิริวัฒน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องแยกของเหลวของเหลว" โดยมี ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธโกธ และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุภสมณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตให้ คุณสาส์ คุณวิริยะ ตอบแบบสอบถามแบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องแยกของเหลวของเหลว ในระหว่างเดือนธันวาคม 2542

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ นายสกล นันทศิริวัฒน์ ให้เก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5646

โทรสาร. 258-4119



ที่ ทม 1007/ 5126

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒-๒ พฤศจิกายน 2542

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้จัดการห้างหุ้นส่วนมีชนยนต์ จำกัด

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด" โดยมี ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธโกธ และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุรสภณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตให้ สุนทรสิทธิ์ สิงห์ถม ตอบแบบสอบถามแบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ในระหว่างเดือนธันวาคม 2542

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ ได้เก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5646

โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1007/ 5194



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๔ พฤศจิกายน 2542

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาระบบเครื่องหยอดขนมทองหยอด" โดยมี ดร.ไพรัช วงศ์บุทโธกร และ อาจารย์วิจิตรจน์ เอ็งสุรสมณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตให้ อาจารย์ณรงค์ชัย ชื้อสัดย์ และ อาจารย์พันธ์ศักดิ์ บุญปรก ตอบแบบสอบถามแบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ในระหว่างเดือนธันวาคม 2542

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ ได้เก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5646

โทรสาร. 258-4119



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๒ พฤศจิกายน 2542

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน คณะคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏเพชรบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด" โดยมี ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธโกกร และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสมณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตใช้สถานที่ของอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เพื่อทดลองประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด และขออนุญาตให้ ดร.ทองเหมาะ จาปาเงิน อาจารย์สมบูรณ์ ขจรเดชะศักดิ์ อาจารย์อุทัย ผ่องศรีมี และ อาจารย์ภูมิ หิงคารวัฒน์ ตอบแบบสอบถามแบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ในระหว่างเดือนธันวาคม 2542

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ นายสกล นันทศรีวิวัฒน์ ได้เก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5646

โทรสาร. 258-4119

ภาคผนวก จ.

ผลการวิเคราะห์ความยั่งยืน

ผลการวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบแบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอดเป็นรายหัวข้อ เพื่อให้ทราบว่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลอยู่ในระดับใด โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินสมรรถนะทางกายภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

หัวข้อ	ลักษณะทางกายภาพ										$\sum x^2$	$\sum x$	SD
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}			
1.1	5	4	4	4	4	4	4	4	3	3	155	39	.57
1.2	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	164	40	.67
1.3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	146	38	.42
1.4	5	4	4	4	4	4	4	4	3	3	155	39	.57
1.5	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	50	22	.42

ตาราง 20 แสดงผลการวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินสมรรถนะลักษณะการใช้งานของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

หัวข้อ	ลักษณะการใช้งาน										$\sum x^2$	$\sum x$	SD
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}			
2.1	5	5	4	4	4	4	4	4	4	3	171	41	.57
2.2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	153	39	.32
2.3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	134	34	.70
2.4	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	157	39	.74

ตาราง 21 แสดงผลการวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินสมรรถนะลักษณะการบำรุงรักษา
ของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

หัวข้อ	ลักษณะการบำรุงรักษา										$\sum x^2$	$\sum x$	SD
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}			
3.1	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	169	37	.48
3.2	5	5	4	4	4	4	4	4	4	3	171	41	.57
3.3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	169	41	.32
3.4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	3	171	41	.57

ตาราง 22 แสดงผลการวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินสมรรถนะความเหมาะสม
ด้านการนำไปใช้งานของเครื่องหยอดขนมทองหยอด

หัวข้อ	ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน										$\sum x^2$	$\sum x$	SD
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}			
4.1	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	187	43	.48
4.2	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	162	40	.47
4.3	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	164	40	.67
4.4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	132	36	.52
4.5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	157	39	.73

ตาราง 23 แสดงผลการวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินประสิทธิภาพ
เครื่องหยอดขนมทองหยอด

หัวข้อ	ประสิทธิภาพ										$\sum x^2$	$\sum x$	SD
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}			
5.1	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	187	43	.48
5.2	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	178	42	.42
5.3	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	153	41	.74
5.4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	125	35	.53

จากตาราง 19 20 21 22 และ 13 สามารถวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอดเป็นรายข้อดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญ 10 ท่าน มีความคิดเห็นแตกต่างกันเกี่ยวกับ

- 1.1 ขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอดกะทัดรัด คิดเป็นคะแนนได้ .57 คะแนน
- 1.2 ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบให้มีรูปร่างลักษณะที่สามารถแยกชิ้นประกอบได้คิดเป็นคะแนนได้ .67 คะแนน
- 1.3 ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบและสร้างให้มีความแข็งแรงและมีความปลอดภัยขณะใช้งานคิดเป็นคะแนนได้ .42 คะแนน
- 1.4 ออกแบบได้อย่างเหมาะสม คิดเป็นคะแนนได้ .57 คะแนน
- 1.5 รูปร่างของเครื่องหยอดขนมทองหยอดมีขนาดใหญ่คิดเป็นคะแนนได้ .42 คะแนน
- 1.1 การบรรจุวัตถุดิบเข้ากล่องบรรจุแป้งทองหยอดทำได้สะดวก คิดเป็นคะแนนได้ .57 คะแนน
- 1.2 การทำงานชิ้นส่วนต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน คิดเป็นคะแนน .32 คะแนน
- 1.3 การหยุดการทำงานของเครื่องทำได้โดยอัตโนมัติ คิดเป็นคะแนนได้ .70 คะแนน
- 1.4 มีขั้นตอนการปฏิบัติงานน้อย คิดเป็นคะแนนได้ .74 คะแนน
- 1.1 การบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้อย่างสะดวก คิดเป็นคะแนนได้ .48 คะแนน
- 1.2 การประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นไม่ก่อให้เกิดความชำรุดเสียหาย คิดเป็นคะแนนได้ .57 คะแนน
- 1.3 เมื่อชิ้นส่วนชำรุด สามารถซ่อมแซมและเปลี่ยนได้ คิดเป็นคะแนนได้ .32 คะแนน
- 1.4 วัสดุที่นำมาสร้างเครื่องหยอดขนมทองหยอดหาได้ง่ายและราคาไม่แพง คิดเป็นคะแนนได้ .57 คะแนน
- 4.1 ผู้ปฏิบัติงาน 1 หรือ 2 คน สามารถปฏิบัติงานได้ คิดเป็นคะแนนได้ .48 คะแนน
- 4.2 มีความปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน คิดเป็นคะแนนได้ .47 คะแนน
- 4.3 นำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรืออุตสาหกรรมในครัวเรือนคิดเป็นคะแนนได้ .67 คะแนน
- 4.4 เคลื่อนย้ายไปปฏิบัติงานในที่ต้องการได้ คิดเป็นคะแนนได้ .52 คะแนน
- 4.5 สะดวกต่อการนำไปปฏิบัติงานยังสถานที่ที่ต้องการได้ คิดเป็นคะแนนได้ .73 คะแนน
- 5.1 ได้ผลผลิตขนมทองหยอดมากกว่า 120 ลูกต่อนาที คิดเป็นคะแนนได้ .47 คะแนน
- 5.2 ลดขั้นตอนการผลิตขนมทองหยอด คิดเป็นคะแนนได้ .42 คะแนน
- 5.3 ต้นทุนการผลิตขนมทองหยอดลดลง คิดเป็นคะแนนได้ .74 คะแนน
- 5.4 ผลผลิตขนมทองหยอดจะมีการเสียน้อย คิดเป็นคะแนนได้ .53 คะแนน

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายสกล นันทศิริวัฒน์	
เกิดวันที่ 12 เดือน ธันวาคม พุทธศักราช 2497	
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 14 หมู่ 6 ตำบลถนนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	อาจารย์ 1 ระดับ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันราชภัฏเทพสตรี อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2506	ประถมศึกษา จากโรงเรียนบ้านถนนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี
พ.ศ. 2513	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนโคกกระเทียมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี
พ.ศ. 2518	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ช่างยนต์) จากโรงเรียนช่างกลละโว้ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี
พ.ศ. 2522	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ช่างยนต์) จากวิทยาลัยเทคนิคสยาม กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2524	ครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) จากวิทยาลัยครูเทพสตรี อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี
พ.ศ. 2530	ค.อ.บ. (เครื่องกล) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2543	กศ.ม. (อุตสาหกรรม) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด

บทคัดย่อ

ของ

สกล นันทศรีวัฒน์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอก อุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2543

จุดมุ่งหมายในการวิจัยครั้งนี้คือ การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอดจำนวน 4 หัว โดยการวัดสมรรถนะ 4 ด้าน ประสิทธิภาพ 1 ด้าน ซึ่งได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน และประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด ผลของการวิจัย ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 ท่าน ประกอบด้วย ผู้ที่มีประสบการณ์ทางด้านเครื่องกล จำนวน 6 ท่าน ผู้ประกอบธุรกิจอุตสาหกรรมจำนวน 2 ท่าน และผู้ประกอบการธุรกิจจำนวน 2 ท่าน ประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ผลการประเมินมีดังนี้ ลักษณะทางกายภาพ อยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 ลักษณะการใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 ลักษณะการบำรุงรักษา อยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.96 และประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด อยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.02

จึงสรุปได้ว่า สมรรถนะและประสิทธิภาพเครื่องหยอดขนมทองหยอด อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ แต่ถ้าพิจารณารายละเอียดในแต่ละสมรรถนะจะพบว่า สมรรถนะด้านลักษณะทางกายภาพ เกี่ยวกับรูปร่างของเครื่องหยอดขนมทองหยอด ยังต้องปรับปรุง และลักษณะการใช้งานเกี่ยวกับการหยุดการทำงานของเครื่องทำได้โดยอัตโนมัติ พบว่ายังมีสมรรถนะอยู่ในระดับพอใช้

A DEVELOPMENT OF TONG YORD DROP MACHINE

AN ABSTRACT

BY

SAKOL NANTHASRIVIWAT

Present in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Industrial Educational.

At Srinakharinwirot University

May 2000

The purpose of this research was to develop a "tong yord" drop machine with 4 heads, The measurement of this machine were 4 capabilities and 1 efficiency namely : physical character, working character, maintaining character, working suitability and its efficiency. Ten experienced experts, i.e. 6 in mechanics 2 in industrial business dealers, and the other 2 in business owners helped evaluate its capabilities and its efficiency. The result were as follows : physical character was in the criterion at average of 3.50; working character was in the criterion at the average of 3.83; maintaining character was in the criterion at the average of 4.00 working suitability was in the criterion at the average of 3.96, in addition, its efficiency was in the criterion at the average of 4.02.

All in all the capabilities and efficiency of the "tong yord" drop machine was in the criterion which was in accordance with the hypothesis set. When having a look at the details of each capability, it was found that the capability of physical character that is the sharps of the "tong yord" drop machine needed improving. However, working character on the automatic stop of the machine was still in a fair character.