รายงานการวิจัย

เรื่อง

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด

DESIGN AND FABRICATION THE FORMING CORN SOAP MACHINE

โดย

นายบุญทัน ศรีบุญเรือง

ลงทะเบียนวันที่ 13 พ.ย. 2549
เลขทะเบียน 069507
เลขหมู่

ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ

คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2548

คำนิยม

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบเพื่อศึกษาถึงความสามรถและประสิทธิภาพของเครื่อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและออกแบบให้ใช้งานได้จริงในเชิงอุตสาหกรรม ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากเจ้าหน้าที่และอาจารย์ในภาควิชาฯทุกท่าน โดยเฉพาะนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ของภาควิชาฯ ตลอดจนขอขอบคุณหัวหน้าภาควิชาฯที่ได้อนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองด้วยดีตลอดมา และผลของงานวิจัยคงเป็นประโยชน์กับการพัฒนาต่อไป

บุญทัน ศรีบุญเรือง

กรกฎาคม 2549

บทคัดย่อ

เครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด ได้ถูกออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบขึ้นเพื่อทำการผสมและฉีดขึ้นรูป ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ ชุดถังผสม ชุดหัวจ่าย และชุดลำเลียงแม่พิมพ์ โดยชุดถังผสมมีขนาด ∅ 450×400 mm มีใบกวนเป็นตัวกวนผสมถูกขับโดยมอเตอร์เกียร์ น้ำสบู่ถูกลำเลียงไปชุดหัวจ่ายโดยปั๊ม Centrifugal และใช้ Timer เป็นตัวควบคุมปริมาณการไหลของน้ำสบู่ ใช้มอเตอร์ไดรฟ์วาล์วควบคุมการจ่ายของหัวจ่าย ชุดลำเลียงแม่พิมพ์จะถูกลำเลียงมาในลักษณะหมุนวนอยู่บนจานหมุนรูปแปดเหลี่ยมซึ่งด้านบนแบ่งเป็น 4 ช่องสำหรับวางแม่พิมพ์ โดยถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เบรค จากการทดสอบเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพดพบว่า เวลาที่เหมาะสมในการฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์คือ 7 วินาที และเวลาพักหัวจ่ายคือ 4 วินาที โดยได้สบู่แบบสมบูรณ์ 7 ก้อน จากทั้งหมดที่จะได้แปด 8 ก้อน และความสามารถของเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพดสามารถฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์ได้ 1,440 ก้อนภายในเวลา 1 ชั่วโมง

ABSTRACT

The forming corn soap machine is designed and fabrication the prototype machine that was to mix and forming. It has 3 components to be a part of tank mix , injector and to transport of molds. In a part of tank mix , diameter of tank mix is 450×400 mm. , a propeller is rotating by motor gear , a centrifugal pump is sucking liquid soap to transport to a part of injector and a timer is controller flow rate of liquid soap. Injector to be control by motor drive valve. Molds to be transport together with rotating of an octagon plate which on top to divide 4 block for put the molds and to be drive by motor break. From the testing the forming corn soap machine found the time of appropriate injection to mold is 7 second and the time to stop work injector is 4 second with result it can forming the full corn soap is 7 cake from 8 cake and capacity of the forming corn soap machine can forming corn soap is 1,440 cake per hour.

สารบัญ

สารบัญ	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
Abstract	(ค)
สารบัญตาราง	(ง)
สารบัญภาพ	(ฉ)
อธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(ซ)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
ขอบเขตของโครงงาน	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
ข้อมูลเกี่ยวกับข้าวโพด	3
สบู่ขัดผิวข้าวโพด	4
การขึ้นรูป	5
โซดาไฟ	7
การเคลื่อนที่ของของไหล	8
ความหนืดของของไหล	9
ใบกวน	12
มอเตอร์	14
อาร์ทีดี	15
ลวดความร้อนไฟฟ้า	16
เครื่องสูบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	17
แบริ่งแบบกลิ้ง	18
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	24
อุปกรณ์	24
วิธีการ	26
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	34
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก	41
ภาคผนวก ก	42
ภาคผนวก ข	43
ภาคผนวก ค	47

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงคุณสมบัติของลวดความร้อนที่ทำด้วย Nickel-Chrome Alloys	17

ตารางผนวกที่

ข.1 แสดงจำนวนสบู่ที่ได้แบบเต็มแม่พิมพ์ ไม่เต็มแม่พิมพ์ และล้นแม่พิมพ์ ที่ส่วนผสม 10 , 20 และ 30 สูตร	43
ข.2 แสดงชนิดของใบกวน	46

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	เครื่องขึ้นรูปลูกกวาดสอดไส้	6
1.2	เครื่องขึ้นรูปขนมหวานโดยใช้ลมเป่าขนมออกจากแม่พิมพ์	6
1.3	เครื่องขึ้นรูปช็อกโกแลต	6
1.4	แสดงลักษณะของของไหลสถิตย์กับความดัน	8
1.5	แสดงมโนทัศน์ของความหนืด	9
1.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนกับอัตราการเฉือนของของไหลต่างๆ	10
1.7	แสดงระบบที่ไม่ขึ้นกับเวลา	11
1.8	แสดงระบบที่ขึ้นกับเวลา	12
1.9	แบบของใบกวน	13
1.10	แสดงทิศทางการไหลของของไหลขณะผ่านออกจากใบพัดของ Centrifugal Pump	18
1.11	แสดงลักษณะทั่วๆ ไปของ Centrifugal Pump	18
1.12	แบริ่งแบบกลิ้งหรือตลับลูกปืน	19
1.13	เปรียบเทียบความเสียดทานของแบริ่งแบบต่างๆ	19
1.14	แบริ่งแบบเม็ดกลมร่องลึก	20
1.15	การประกอบโดยวงแหวนเยื้องศูนย์	20
1.16	แบริ่งแบบเม็ดกลมร่องลึก	21
1.17	แมกนีโตแบริ่ง	21
1.18	แบริ่งแบบเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม และการประกอบกันเป็นคู่	22
1.19	แบริ่งแบบเม็ดกลมปรับแนวแกนได้เอง	22
1.20	แบริ่งแบบเม็ดกลมกันรุน	23

ภาพผนวกที่

ค.1	ค่า viscosity (μ) as a function of temperature.	46
ค.2	ค่า Kinematic viscosity (V) as a function of temperature.	47
ค.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง modified generalized Reynolds number กับ modified power number	48
ค.4	แสดงก้อนสบู่ข้าวโพดที่ได้จากการทดสอบ	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ค.5 แสดงภาพด้านหน้าของก้อนสบู่ข้าวโพดที่ได้จากการทดสอบ	49
ค.6 การเตรียมแม่พิมพ์สบู่ข้าวโพดที่ใช้ในการทดสอบ	50
ค.7 ภาพเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด	50

อธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

D_t	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของถังผสม (m)
V	=	ปริมาตรถังผสม (m^3)
h	=	ความสูงของถังผสม (cm)
D_i	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด (cm)
H_i	=	ระยะสูงจากก้นถังถึงใบกวน (cm)
μ	=	ค่าความหนืด ($N.s/m^2$)
ν	=	ค่าความหนืดจลน์ (m^2/s)
ρ	=	ค่าความหนาแน่น (kg/L)
N_{Re}	=	อัตราส่วนระหว่างความเฉื่อยของของเหลวต่อแรงหนืดของของเหลว
n	=	ความเร็วรอบต่อวินาที (rps)
N_p	=	อัตราส่วนระหว่างแรงภายนอกต่อความเฉื่อยของของเหลว
g_c	=	สัมประสิทธิ์ความโน้มถ่วง = 9.81 $kgm/kg.s^2$
P	=	กำลังมอเตอร์ (Watts)
T	=	โมเมนต์บิด (N.m)
N	=	ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)

บทที่ 1
บทนำ

เนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดสระบุรี เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวโพดเพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์ แต่ในภาวะปัจจุบันราคาจำหน่ายของข้าวโพดไม่แน่นอน เกษตรกรที่ตำบลหัวปลวก อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี จึงได้มีแนวคิดที่จะนำเมล็ดข้าวโพดมาแปรรูปเป็นผลผลิตต่างๆ และได้นำข้าวโพดมาเป็นส่วนผสมของสบู่ขัดผิว ซึ่งได้รับรางวัลระดับ 4 ดาว ประเภทผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่ไม่ใช่อาหารและยา จากการประกวดคัดเลือกสินค้า OTOP งานคัดสรรสุดยอดสินค้าหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ ระดับภาคกลาง สามารถทำรายได้ให้กับกลุ่มส่งเสริมอาชีพทำสบู่ข้าวโพดได้เป็นอย่างดีซึ่งโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" ที่กรมส่งเสริมการเกษตรได้ดำเนินการ เป็นกระบวนการพัฒนาเพื่อเพิ่มรายได้ โดยการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นหรือชุมชนของตน ให้สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจุดเด่น เป็นเอกลักษณ์ของชุมชนเพื่อใช้เป็นจุดขายหลัก อีกทั้งเพื่อให้เกษตรกรและสถาบันเกษตรกรมีการพัฒนาผลผลิตและผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพอย่างเพียงพอตรงกับความต้องการของตลาด สามารถเข้าสู่ตลาดสากลได้ ด้วยเหตุนี้สบู่ข้าวโพดของจังหวัดสระบุรีจึงได้รับความสนใจจากผู้คนมากขึ้น มียอดการสั่งซื้อและจำหน่ายเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้สินค้าไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด เนื่องจากเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตสบู่ข้าวโพดนั้นยังใช้ภูมิปัญญาชาวบ้าน ใช้แรงงานคน ทำให้ประสบปัญหาคือ ผลิตได้ในปริมาณครั้งละไม่มากเมื่อเทียบกับความต้องการของตลาด และเมื่อต้องการให้ได้ผลผลิตในปริมาณมาก จึงต้องเสียเวลาในการผลิตมากเช่นกัน ดังนั้น กลุ่มส่งเสริมอาชีพทำสบู่ข้าวโพดจึงมีความต้องการเครื่องจักรที่จะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตได้

จากความต้องการของกลุ่มส่งเสริมอาชีพทำสบู่ข้าวโพดที่ต้องการเครื่องจักรที่สามารถให้ปริมาณการผลิตต่อครั้งมีจำนวนสูงขึ้นจากเดิม จึงมีความประสงค์ที่จะออกแบบและสร้างเครื่องเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพดเพื่อเป็นต้นแบบในการศึกษาและสร้างเครื่องที่สามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด
2. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ที่มีข้าวโพดเป็นส่วนผสม ซึ่งข้าวโพดที่ใช้เป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นำมาบดเป็นวัตถุดิบในการทดสอบการทำงานของเครื่องนั้น สามารถขึ้นรูปสบู่ข้าวโพดได้ในปริมาณครั้งละ 8 ก้อน โดยการศึกษาการทำงานของเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด จะใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาจำนวนสบู่ที่ถูกขึ้นรูปจากลักษณะของน้ำสบู่ในแม่พิมพ์ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือเต็ม ไม่เต็ม และล้นแม่พิมพ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาวิธีการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด
2. ผลที่ได้จากการศึกษาการทำงานของเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพดสามารถนำไปเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพดต่อไป
3. เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

บทที่ 2
ทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลเกี่ยวกับข้าวโพด

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างมาก โดยจะออกมาในรูปของอาหารสัตว์ ซึ่งมีมูลค่าเพิ่มมากกว่าการส่งออกในรูปข้าวโพดเมล็ด และความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากหลังจากที่มีการขยายการเลี้ยงสัตว์ตั้งแต่ปี พ.ศ.2535 เป็นผลให้การส่งออกลดลงตามลำดับ ปัจจุบันการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในและมีปริมาณไม่แน่นอน เนื่องจากการผลิตขึ้นกับดินฟ้าอากาศ ทำให้มีความเสี่ยงต่อความเสียหายจากความแห้งแล้งมากและพื้นที่ปลูกต้องแข่งขันกับพืชเศรษฐกิจอื่นที่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า ในระยะ 4-5 ปี ที่ผ่านมาประเทศไทย จำเป็นต้องนำเข้าเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการใช้ภายในทั้งๆ ที่ในอดีตไทยเคยเป็นประเทศผู้ส่งออกรายใหญ่รายหนึ่งของโลกและไทยมีศักยภาพด้านการผลิตการตลาดที่สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ ดังนั้นจึงควรเร่งรัดการผลิตภายในประเทศให้เพิ่มขึ้นทันกับความต้องการใช้และมีเหลือส่งออก

แหล่งผลิตในประเทศที่สำคัญ

ภาคเหนือ ได้แก่ เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ พิษณุโลก
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ นครราชสีมา ศรีสะเกษ ชัยภูมิ
ภาคกลาง ได้แก่ สระบุรี ลพบุรี
ภาคตะวันตก ได้แก่ สุพรรณบุรี กาญจนบุรี
ภาคตะวันออก ได้แก่ สระแก้ว จันทบุรี

การใช้ประโยชน์จากข้าวโพด

1. ใช้เป็นอาหารมนุษย์ ได้แก่ การใช้เมล็ดข้าวโพดเป็นอาหารประจำวัน เช่น การทุบเมล็ดให้แตกแล้วหุงต้มรับประทาน หรือใช้แป้งข้าวโพดทำเป็นขนมปังโรตี ประชาชนที่รับประทานข้าวโพดในรูปเมล็ดและแป้ง ได้แก่ ประเทศอินเดีย อินโดนีเซีย ฟิลปปินส์ ปากีสถาน เม็กซิโก อิตาลี ปอร์ตุเกต อเมริกาใต้ และหลายประเทศในยุโรป

2. ใช้เป็นอาหารสัตว์ เมล็ดข้าวโพดเป็นธัญญพืชที่มีคุณค่าอาหารสูงเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ในหลายประเทศ เช่น อเมริกา ออสเตรเลีย เดนมาร์ก สำหรับประเทศที่มีพลเมืองหนาแน่นทำให้ไม่มีพื้นที่ว่างพอที่จะปลูกข้าวโพด แต่ต้องการเนื้อสัตว์มากจึงจำเป็นต้องสั่งเมล็ดข้าวโพดจากประเทศที่ปลูกข้าวโพดได้ มากเพื่อเอาไปเลี้ยงสัตว์ ประเทศเหล่านี้ ได้แก่

ญี่ปุ่น สิงคโปร์ ไต้หวัน และประเทศทางตะวันออกกลาง เป็นต้น สำหรับประเทศที่ปลูกข้าวโพดเองสามารถใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในรูปแบบต่างๆ กันคือ เมล็ด ซัง ต้นสด ต้นแก่ และผลพลอยได้อื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมข้าวโพด ได้แก่ เปลือก เมล็ด กากและรำ เป็นต้น ในประเทศไทยปัจจุบันมีโรงงานอาหารสัตว์ได้ใช้ข้าวโพดเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของอาหารสัตว์ ฉะนั้นความต้องการข้าวโพดของโรงงานเหล่านี้จึงมีปริมาณสูงมาก

3. ใช้ในอุตสาหกรรม แป้งข้าวโพดเป็นแป้งที่มีคุณภาพดี และนิยมใช้เป็นอุตสาหกรรมในการประกอบอาหารในรูปแบบต่างๆ ได้มากมายหลายชนิด สำหรับผลพลอยได้จากเมล็ดข้าวโพดได้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อาหารกระป๋อง อาหารแห้ง น้ำมัน น้ำตาล น้ำเชื่อมแอลกอฮอล์ น้ำส้ม เวชภัณฑ์น้ำหอม น้ำมันใส่ผม แบตเตอรี่ อุปกรณ์กันความร้อน เครื่องเคลือบ สีย้อมหมึก พรมน้ำมันน้ำยาซักเงา สารแทนพวกยาง สารเคมี สารระเบิด อุตสาหกรรมกระดาษแผ่นใยอัดแน่นซึ่งใช้ทำจุกก๊อกและกล้องสูบยา วัตถุฉนวนไฟฟ้า (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2543)

<u>สบู่ขัดผิวข้าวโพด</u>

วัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นวัตถุดิบธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ การใช้สบู่ชนิดนี้จึงเท่ากับเป็นการรักษาสภาพแวดล้อม ลดการใช้สารเคมีใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและยังสามารถสร้างรายได้ให้กับผู้ผลิตอีกด้วย

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หรือข้าวโพดไร่ เป็นธัญพืชสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ผลผลิตที่ได้นำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ หลายประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมน้ำมัน น้ำหอม กระดาษ ยา ผ้า และอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มักไม่ได้คำนึงว่าข้าวโพดที่ตนเองปลูกนั้น นอกจากจะขายให้แก่พ่อค้าในท้องถิ่นเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ดังกล่าวแล้วนั้น ยังสามารถนำมาทำประโยชน์ใช้เอง หรือสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อเสริมรายได้ให้แก่ครอบครัวได้โดยตรง เช่น การนำข้าวโพดมาทำเป็นสบู่ขัดผิว ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ได้เล็งเห็นความเป็นไปได้ในการนำเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาแปรรูปทำผลิตภัณฑ์สบู่ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เป็นที่รู้จักภายในประเทศ และเป็นโอกาสดีในการแนะนำผลิตภัณฑ์ใหม่ที่แปลกแยกไปจากสบู่ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดในปัจจุบันและยังเป็นการใช้วัตถุดิบที่มีอยู่อย่างมากให้เกิดประโยชน์อีกด้วย สบู่ข้าวโพดได้จากการทำปฏิกิริยาเคมีให้เกิดสบู่แล้วเติมข้าวโพดบดละเอียดลงไปในเนื้อสบู่ เมล็ดข้าวโพดแห้งบดละเอียดที่นำมาใส่ในสบู่นั้นทำให้สบู่ข้าวโพดมีเนื้อสาก ขึ้น มีคุณสมบัติในการขัดผิว กำจัดสิ่งอุดตันรูขุม

ขน ดูดซับความมันเหมาะสำหรับผู้ที่มีผิวมัน สูตรที่ได้คิดค้นนี้ยังได้ผสมงาบด ซึ่งเมล็ดงามีวิตามินอีช่วยชะลอผิวเหี่ยวย่น นอกจากนี้ยังได้เพิ่มกลีเซอรีนและวิตามันอีเพื่อให้ความชุ่มชื้น และถนอมผิวมากยิ่งขึ้น

สบู่ข้าวโพดที่แนะนำให้ทำในระบบครัวเรือนนี้ เป็นสบู่ที่ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ แตกต่างจากสบู่ที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งผลิตในระบบอุตสาหกรรม สบู่ที่ผลิตใช้เองนี้ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชสกับน้ำด่างไซดาไฟ ผลของปฏิกิริยาจะได้สบู่ และกลีเซอรีนเกิดขึ้น ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง ไม่มีการใส่สารเพิ่มฟอง สี หรือสารกันบูดที่อาจจะระคายเคืองต่อผิว จึงเหมาะสำหรับผู้ที่มักมีผิวแพ้ง่ายและจะใส่เฉพาะสารเคมีบางชนิดที่จำเป็นเท่านั้น ได้แก่ น้ำหอม เนื่องจากผู้ใช้โดยทั่วไปมักติดในกลิ่นของสบู่ จะต้องหอม แต่สบู่ที่ได้จากปฏิกิริยาโดยตรงนั้นจะมีกลิ่นเฉพาะตัวที่ผู้ใช้นิยมใช้ทั่วไปมักไม่ชอบ อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า วัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นวัตถุดิบธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ การใช้สบู่ชนิดนี้จึงเท่ากับเป็นการรักษาสภาพแวดล้อม ลดการใช้สารเคมี ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์สูงสุด และยังสามารถสร้างรายได้ให้กับผู้ผลิตอีกด้วย (ชุติมา, 2545)

<u>การขึ้นรูป (Forming)</u>

มีการออกแบบเครื่องมือหลายชนิดสำหรับการขึ้นรูป ในที่นี้จะยกตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้สำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ลูกกวาดและขนมหวาน

เครื่องขึ้นรูปลูกกวาดและขนมหวาน

เครื่องขึ้นรูปลูกกวาดและขนมหวานประกอบด้วยแม่พิมพ์ซึ่งมีขนาดและรูปร่างเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์เฉพาะอย่างติดอยู่กับสายพานซึ่งเคลื่อนที่อยู่ใต้ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ซึ่งจะหยอดน้ำตาลร้อนๆ ลงมาด้วยปริมาตรที่เที่ยงตรงแน่นอนลงไปในพิมพ์แต่ละอัน เครื่องหยอดนี้สามารถหยอดน้ำตาลชนิดเดียว หยอดเป็นชั้นหรือหยอดเฉพาะตรงกลางก็ได้ (ภาพที่1.1) เช่น หยอดไส้ช็อกโกแลตในลูกกวาดแข็ง หลังจากนั้นผลิตภัณฑ์จะไหลผ่านเข้าไปในอุโมงค์ทำความเย็น และถูกแกะออกเมื่อแข็งได้ที่และแม่พิมพ์ก็จะเริ่มทำงานต่อในรอบต่อไป (ภาพที่1.2) ภาพที่ 1.3 เป็นเครื่องขึ้นรูปช็อกโกแลต

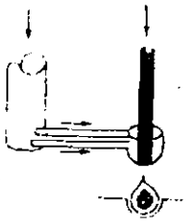
มีเครื่องมือ 3 ชนิดที่นิยมใช้กันดังต่อไปนี้ โดยเครื่องเหล่านี้จะแตกต่างกันที่วิธีแกะผลิตภัณฑ์ออกรวมทั้งวัตถุดิบที่ใช้ทำแม่พิมพ์

1. แม่พิมพ์โลหะที่จะมีหมุดติดอยู่เพื่อแกะผลิตภัณฑ์ ใช้ในการผลิตลูกกวาดแข็ง เช่น บัทเทอร์สกอตต์

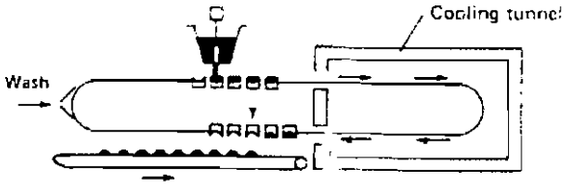
2. แม่พิมพ์ที่ทำมาจากพลาสติก ซึ่งจะแกะผลิตภัณฑ์ออกโดยการบิดด้วยวิธีทางกล ซึ่งจะใช้กับลูกกวาดแบบนิ่ม เช่น ทอฟฟี่ ฟัดจ์ ฟองดองซ์และช็อกโกแลต

3. แม่พิมพ์อลูมิเนียมเคลือบด้วยโพลิเททราฟลูออโรเอทิลีน (polytetrafluoroethylene) ซึ่งใช้ลมเป่าผลิตภัณฑ์ออก นิยมใช้กับเยลลี่ กัม ฟองดองซ์

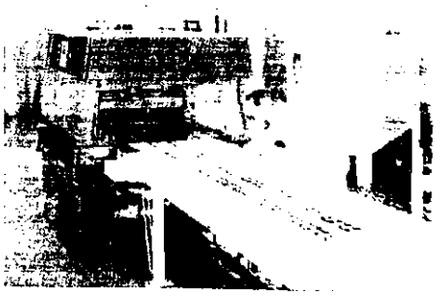
เครื่องทุกชนิดทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ เช่น การอัดลูกกวาดผ่านเกลียวอัดและถูกตกแต่งรูปร่างด้วยชุดลูกกลิ้งเพื่อให้ได้เส้นน้ำตาลยาว ลูกกวาดแต่ละเม็ดจะถูกตัดจากสายและทำรูปร่างด้วยหน้าแปลน (die) (วิไล, 2545)



<u>ภาพที่ 1.1</u> เครื่องขึ้นรูปลูกกวาดสอดไส้
ที่มา : วิไล (2545)



<u>ภาพที่ 1.2</u> เครื่องขึ้นรูปขนมหวานโดยใช้ลมเป่าขนมออกจากแม่พิมพ์
ที่มา : วิไล (2545)



<u>ภาพที่ 1.3</u> เครื่องขึ้นรูปช็อกโกแลต
ที่มา : วิไล (2545)

โซดาไฟ

โซดาไฟ หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารสีขาว ไม่มีกลิ่น อยู่ในรูปของเม็ด เกล็ด ก้อน หรือแท่ง โดยทั่วไปแล้วอยู่ในรูปของสารละลาย ใช้ทำให้กรดกลายเป็นกลาง (Acid neutralization) และใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน ทำกระดาษ ทอผ้า พลาสติก ระเบิด ฟอกย้อม สี น้ำยาล้างสี และน้ำยาทำความสะอาด อันตรายเฉียบพลัน ถ้าหายใจเข้าไป ฝุ่น ควันของสารสามารถทำความระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ (จมูก ลำคอ ปอด) และอาจเกิดปอดอักเสบ น้ำท่วมปอดได้ หากเข้าตาจะระคายเคืองต่อตาอย่างรุนแรง โดยความรุนแรงขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ระยะเวลาและความเร็วในการแทรกซึมผ่านเข้าไปนัยน์ตา การทำลายจะมีช่วยตั้งแต่ระคายเคืองอย่างรุนแรงและเกิดเป็นแผลเล็กน้อยจนถึงเป็นเม็ดตุ่มพอง ทำให้มองเห็นภาพไม่ชัด สามารถพัฒนากลายเป็นต้อหรือทำให้ตาบอดสนิทได้ หากถูกผิวหนังจะกัดผิวหนังอย่างรุนแรง ทำให้เกิดการไหม้จนเป็นแผลลึกและเป็นแผลเป็น ความรุนแรงขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและระยะเวลาในการสัมผัส ผู้ที่สัมผัสจะไม่รู้สึกเจ็บปวดในทันที แต่อาจจะใช้เวลาหลายนาที หรือเป็นชั่วโมงหลังจากนั้น หากรับประทานเข้าไปจะเกิดอาการเจ็บปวดอย่างรุนแรง เกิดการไหม้ในปาก ลำคอ และทางเดินอาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย หมดสติ และอาจเสียชีวิตได้ อันตรายเรื้อรังหากสัมผัสสารซ้ำๆ เป็นระยะเวลานาน จะทำให้เกิดอาการแห้งแตก เกิดอาการอักเสบของผิวหนัง ผู้ที่เคยได้รับสารเข้าไปทางปากอาจมีการพัฒนากลายเป็นมะเร็งได้ในภายหลัง 12-42 ปี หลังจากกินเข้าไป นอกจากนี้แล้วผิวหนังที่ถูกสารกัดอย่างรุนแรงก็อาจเป็นมะเร็งได้ การปฐมพยาบาล ถ้าหายใจเข้าไปให้ย้ายผู้ป่วยออกมาให้ได้รับอากาศบริสุทธิ์ แล้วรีบนำส่งแพทย์ทันที หากเข้าตาให้รีบล้างตาด้วยน้ำอุ่น โดยค่อยๆ ให้น้ำไหลผ่านตา 30 นาที เปิดเปลือกตาไว้ อย่าให้น้ำล้างตาไหลเข้าตาข้างที่ไม่เป็นอะไร หากยังไม่หายระคายเคืองให้ทำซ้ำอีกครั้งแล้วรีบนำส่งแพทย์ หากถูกผิวหนังให้รีบล้างออกทันทีโดยให้น้ำไหลผ่านบริเวณที่ถูกสาร อย่างน้อย 30 นาที พร้อมกับถอดชุดอุปกรณ์ต่างๆ ที่เปื้อนสารออก หากยังไม่หายระคายเคืองให้ทำซ้ำ แล้ว รีบนำส่งแพทย์

โซดาไฟจะทำปฏิกิริยากับโลหะ โดยจะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นก๊าซไวไฟและระเบิดได้ อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น หน้ากากป้องกันสารพิษ แว่นนิรภัย หรือกระบังหน้า ถุงมือ ชุดคลุมทั้งตัว รองเท้าบู๊ท ให้ผู้ปฏิบัติงานสวมใส่ให้เหมาะสมตามลักษณะของงาน จัดให้มีฝักบัวล้างตา/ล้างตัว อยู่ใกล้เคียงบริเวณที่ทำงาน การเก็บและการใช้โซดาไฟ ให้เก็บในภาชนะกันน้ำที่ปิดสนิทมิดชิดในที่เย็น แยกจากสถานที่ทำงานและสารที่ทำปฏิกิริยาอย่างรุนแรงและสารที่ลุกติดไฟได้ง่าย จะต้องไม่เก็บในที่เดียวกัน มีการถ่ายเทอากาศที่ดี อย่าให้มีฝุ่นละอองสะสมอยู่ในห้องเก็บ ภาชนะบรรจุควรทำจาก สารประกอบนิเกิล หากภาชนะทำด้วยเหล็กอาจ

ขอมให้ได้หากอุณหภูมิไม่สูง ติดป้าย ห้ามใช้น้ำ ในบริเวณที่เก็บสารและใช้สารเมื่อต้องการเจือจางสารให้เติมสารเล็กน้อยลงในน้ำเพื่อป้องกันการเดือดและการกระจายเตรียมอุปกรณ์ฉุกเฉินให้พร้อมในกรณีที่เกิดไฟไหม้และสารรั่วไหลออกมา (นิรนาม, 2545)

<u>การเคลื่อนที่ของของไหล</u>

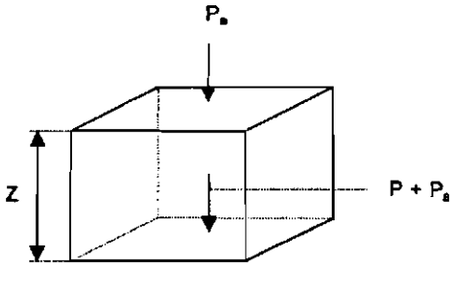
อาหารมากมายหลายชนิดมีสถานะเป็นของไหล (Fluid) อาหารเหล่านี้ย่อมจะต้องมีการขนถ่ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เราสามารถควบคุมอัตราการไหล ตลอดจนเลือกใช้หรือออกแบบเครื่องมือส่วนต่างๆ ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ได้โดยศึกษาธรรมชาติของการไหลของของไหล (Fluid Mechanics)

ในอุตสาหกรรมอาหารได้จัดแบ่งของของไหลเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้คือ

- ของเหลวใส ได้แก่ น้ำ นม
- ของเหลวข้น ได้แก่ น้ำเชื่อม น้ำผึ้ง
- แก๊ส ได้แก่ อากาศ
- ของแข็งฟลูอิดไดส์ (Fluidised Solid) หมายถึงของแข็งที่มีขนาดเล็กแต่มีลักษณะการเคลื่อนที่คล้ายของไหล ได้แก่ แป้ง บางทีเรียกว่าพวกของแข็งพาร์ทิคิวเลท (Particulate Solid)

ของไหลสถิตย์

ของไหลสถิตย์ หมายถึง ของไหลที่อยู่กับที่ไม่มีการเคลื่อนที่ จะมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ จะมีความดันกระทำต่อสิ่งแวดล้อม



เมื่อ P = ความดันเนื่องจากมวลของของไหล

P_a = ความดันบรรยากาศ

Z = ความสูงของของไหล

<u>ภาพที่ 1.4</u> แสดงลักษณะของของไหลสถิตย์กับความดัน

ที่มา : เมธินี (2535)

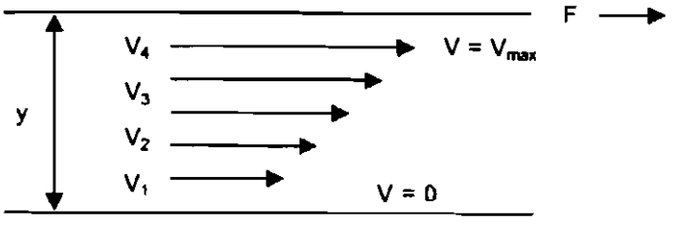
จากภาพที่ 1.4 แสดงให้เห็นว่า ความดันที่กระทำต่อผิวด้านบนของไหลสถิตย์ คือ ความดันบรรยากาศ (P_a) ส่วนที่กระทำกับผิวด้านล่าง คือ ความดันบรรยากาศกับความดันเนื่องจากมวลของการไหล ($P_a + P$) และ Z คือความสูงของของไหล

ของไหลที่เคลื่อนที่

การที่ของไหลสามารถเคลื่อนที่หรือไหลได้ จะต้องมีแรงหลายรูปแบบกระทำต่อของไหลนั้น เช่น ผลต่างของความดันระหว่างจุด 2 จุด ที่ของไหลเคลื่อนที่ไป หรือแรงจากภายนอก เช่น ปั๊ม (Pump) (เมธินี, 2535)

<u>ความหนืดของของไหล</u>

ความหนืดของของไหล เป็นสมบัติของของไหลที่เคลื่อนที่ เป็นแรงกระทำในของไหลที่พยายามต่อต้านการเคลื่อนที่ของของไหล ในการศึกษาเรื่องความหนืดของของไหลยึดหลักที่ว่าของไหลจะต้องประกอบเป็นชั้นต่างๆ ซ้อนกัน ถ้าสมมติให้ของไหลบรรจุอยู่ระหว่างแผ่นของแข็ง 2 แผ่น ดังภาพที่ 1.5 โดยแผ่นบนเคลื่อนที่ภายใต้แรงกระทำ (F) ส่วนแผ่นล่างหยุดอยู่กับที่ เนื่องจากของไหลมีความหนืด ดังนั้นของไหลแต่ละชั้นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เท่ากัน ชั้นที่อยู่ติดกับแผ่นล่างจะมีความเร็วเป็นศูนย์ ส่วนชั้นที่อยู่ติดกับแผ่นบนจะมีความเร็วสูงสุด ชั้นต่ำลงมาจะมีความเร็วลดลงตามลำดับ



<u>ภาพที่ 1.5</u> แสดงมโนทัศน์ของความหนืด

ที่มา : เมธินี (2535)

เมื่อ F = แรงที่ทำให้แผ่นของแข็งเคลื่อนที่

V_n = ความเร็วของของไหลแต่ละชั้น

y = ระยะห่างระหว่างแผ่นของแข็ง 2 แผ่น

dy = ระยะห่างระหว่างของของไหล

dv = ผลต่างของความเร็วของไหลที่อยู่ห่างกันเป็นระยะทาง dy

จากกฎของนิวตันจะได้ว่า

$$F/A \quad \alpha \quad dv/dy$$

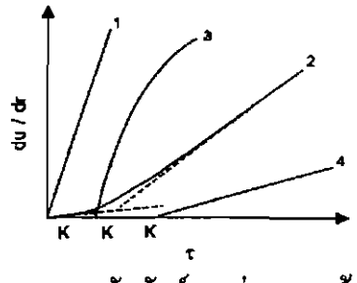
เมื่อ F/A = ความเค้นเฉือน (Shear Stress)

dv/dy = อัตราการเฉือน (Shear Rate) หรือการเปลี่ยนแปลงของความเร็วต่อระยะทาง dy (Velocity Gradient)

ถ้าให้ μ = ค่าคงที่การแปรผันนี้ จะได้ว่า

$$\mu = \frac{F/A}{dv/dy} = \frac{\tau}{dv/dy}$$

ของไหลใดที่มีค่า μ คงที่ไม่เปลี่ยนตามค่า τ และ dv/dy เรียกของไหลนั้นว่าของไหลนิวโตเนียน (Newtonian Fluid) ส่วนของไหลที่มีค่าเปลี่ยนตามค่า τ และ dv/dy เรียกว่าของไหลนอนนิวโตเนียน (Non- Newtonian Fluid) การที่จะทราบว่าค่าของไหลเป็นแบบใด จะต้องทำการวัดค่า τ และ dv/dy โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า วิสโคมิเตอร์ (Viscometer)



1 = Newtonian Fluid

2 = Pseudoplastic Fluid

3 = Dialatant Fluid

4 = Bingham Fluid

<u>ภาพที่ 1.6</u> แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนกับอัตราการเฉือนของของไหลต่างๆ

ที่มา : เมธินี (2535)

กราฟเส้นที่ 1 แสดงว่าเป็นของไหลนิวโตเนียน เส้นกราฟมีความชัน (Slope) คงที่ ซึ่งหมายถึงค่า μ มีค่าคงที่นั่นเอง

กราฟเส้นที่ 2 และ 3 ค่าความชันของกราฟมีค่าไม่คงที่ ส่วนกราฟเส้นที่ 4 นั้นไม่ได้เริ่มต้นจากจุดศูนย์ ทั้งหมดนี้จัดเป็นของไหลนอนนิวโตเนียน

กราฟเส้นที่ 2 แสดงพฤติกรรมของของไหลที่เรียกว่าของไหลซูโดพลาสติก(Pseudoplastic Fluid) พวกนี้จะมีค่า μ ลดลงเมื่อ dv/dy มีค่าเพิ่มขึ้น

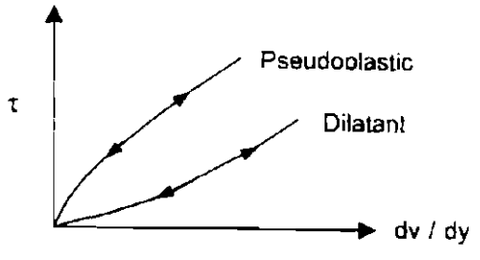
กราฟเส้นที่ 3 เป็นลักษณะเฉพาะของการไหลไดเลเทนต์ (Dialatant Fluid) ซึ่งมีค่า μ เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ dv/dy

กราฟเส้นที่ 4 จะเป็นของไหลพวก (Bingham Fluid) ซึ่งที่ความเค้นเฉือนมีค่าต่ำของไหลพวกนี้จะไม่มีการเคลื่อนที่ จนกระทั่งค่าความเค้นเฉือนเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับค่าพิกัดหนึ่ง ซึ่งมีชื่อเรียกว่า ยีลด์สเตรส (Yield Stress) ของไหลจึงจะมีการเคลื่อนที่ และมีพฤติกรรมเหมือนกับของไหลนิวโตเนียน กล่าวคือ เส้นกราฟมีความชันคงที่

ของไหลนอนนิวโตเนียน สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

พวกไม่ขึ้นกับเวลา

ค่าความหนืดของของไหลพวกนี้จะขึ้นอยู่กับความเค้นเฉือนและอัตราการเฉือน แต่จะไม่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ของไหลได้รับความเค้นเฉือนแต่อย่างใด นั่นคือความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนและอัตราการเฉือนจะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับเวลา ดังแสดงในภาพที่ 1.7 ของไหลนอนนิวโตเนียนประเภทนี้ได้แก่ ของไหลซูโดพลาสติก (Pseudoplastic Fluid) และไดเลเทนต์ (Dialatant Fluid)

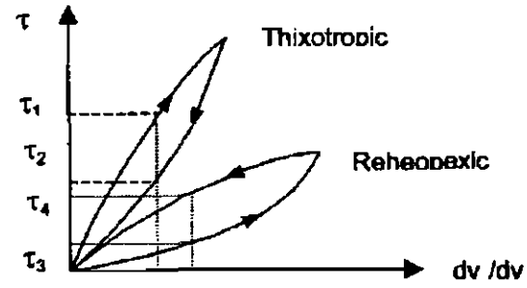


ภาพที่ 1.7 แสดงระบบที่ไม่ขึ้นกับเวลา

ที่มา : เมธินี (2535)

พวกที่ขึ้นกับเวลา

ค่าความหนืดของของไหลพวกนี้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับความเค้นเฉือนที่ได้รับแล้ว ของไหลพวกนี้จะมีค่าความหนืดเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่ได้รับแรงเฉือนด้วย โดยพวกที่มีค่าความหนืดลดลงตามเวลา เรียกว่า ของไหลทิโซโทรปิค (Thixotropic) ส่วนพวกที่มีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลานั้น เรียกว่า ของไหลรีโอเพคซิค (Reheopexic) ภาพที่ 1.8 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นเฉือนกับอัตราการเฉือนของของไหลประเภทนี้ (เมธินี, 2535)



ภาพที่ 1.8 แสดงระบบที่ขึ้นกับเวลา
ที่มา : เมธินี (2535)

ใบกวน

รูปร่างของใบกวน สามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ ดังแสดงในภาพที่ 1.9

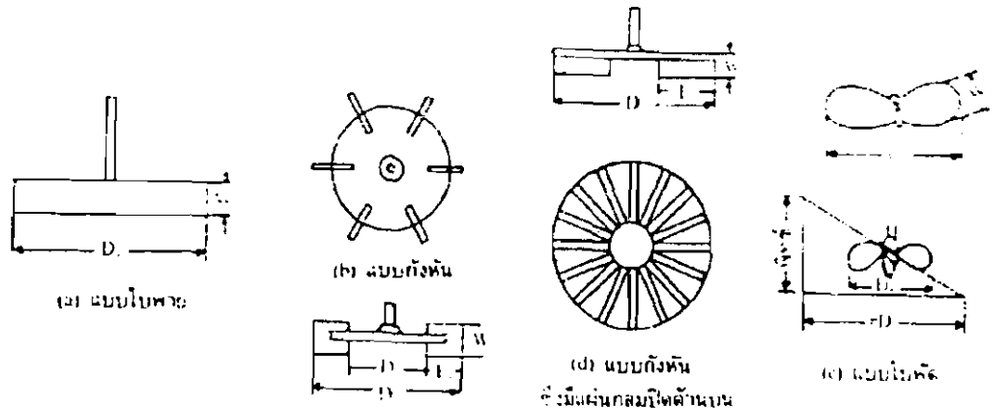
1. แบบใบพาย (Paddles) จะมีลักษณะเป็นแท่งยาว อาจจะมี 2 ก้านหรือ 4 ก้าน ใบพัดแบบนี้จะทำให้ของเหลวผสมกันแบบ Radially and Tangentially Flow

2. แบบกังหัน (Turbines) จะมีลักษณะเป็นใบหลายแฉก ใบกวนอาจจะเป็นใบตรงหรือใบโค้ง การผสมจะเป็นแบบ Radially and Tangentially Flow

3. แบบใบพัด (Propellers) ลักษณะใบพัดอาจมี 2 แฉกขึ้นไป มีรูตรงกลางขนาดต่างๆ กัน ตามขนาดของหม้อกวนผสม ซึ่งอาจจะใช้มากกว่า 1 ใบพัด ในการกวนผสมเพื่อทำให้เกิดการผสมอย่างเร็ว จะเกิดลักษณะของ High Turbulence ลักษณะของการไหลของของเหลวจะเป็นแบบ Axial-Flow (สมบัติ, 2535)

ลักษณะการไหลของของเหลวภายในถัง ซึ่งเกิดจากการหมุนของใบกวนทั้ง 3 แบบ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. การไหลวนเป็นวงในแนวเส้นรอบวงของถัง
2. การไหลในแนวรัศมีของถัง (ระหว่างก้านใบกวนกับผนังของถัง)
3. การไหลในแนวแกนของก้านใบ (ในลักษณะขึ้นลงในแนวดิ่ง) (วิวัฒน์, 2538)



<u>ภาพที่ 1.9</u> แบบของใบกวน
ที่มา : วิวัฒน์ (2538)

ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังงานที่ใช้ในการกวนของเหลวนั้นมีดังนี้คือ คุณสมบัติทางกายภาพของของเหลวที่จะกวน [ความหนาแน่น : ρ (kg/m^3), ความหนืด : μ (kg/m.s) ขนาด และชนิดของใบกวน [ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง : D_i (m), ความสูง : W_i (m)], รอบหมุน : n (rps)], อัตราส่วนระหว่างขนาดของหม้อกวนกับใบกวน (D_t/D_i, H_t/D_i, H_i/D_i) โดยที่ D_t(m) คือเส้นผ่าศูนย์กลางของหม้อกวน, H_t(m) คือระยะสูงจากก้นถังกวนถึงใบกวน เป็นต้น วิธีการคำนวณที่สะดวกที่สุดนั้นอาศัยการคำนวณโดยอ่านค่าจากเส้นกราฟ ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขกำลัง (power number, $N_p = Pg_c/n^3Di^5\rho$ = อัตราส่วนระหว่างแรงภายนอกต่อความเฉื่อยของของเหลว โดย g_c คือ สัมประสิทธิ์ความโน้มถ่วง = 9.81 kgm/kg.s^2) และตัวเลขเรย์โนลส์ (Reynold number, N_{Re} คือ อัตราส่วนระหว่างความเฉื่อยของของเหลวต่อแรงหนืดของของเหลว)

$$N_{Re} = \frac{nD_i^2\rho}{\mu} \quad ...(2.1)$$

คำนวณหาขนาดถังกวนพร้อมใบกวน

- ขนาดปริมาตรถัง

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} \quad ...(2.2)$$

- ปริมาตรใช้ดิคที่ 100 %

$$V = \pi\left(\frac{D_f^2}{4}\right)h \quad ...(2.3)$$

- หากำลังมอเตอร์

$$P = \frac{n^3 D_i^5 \rho N_p}{g_c} \quad ...(2.4)$$

<u>มอเตอร์ (Motors)</u>

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะสามารถทำงานได้รวดเร็วและมีและมีประสิทธิภาพสูง ผ่อนแรงให้ผู้ใช้ได้มากนั้นจะต้องมีตัวเลขที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลนั่นก็คือ มอเตอร์ มอเตอร์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. มอเตอร์กระแสสลับ (Ac. Motors)
2. มอเตอร์กระแสตรง (Dc. Motors)

แต่ในที่นี้จะแสดงรายละเอียดเฉพาะมอเตอร์กระแสสลับระบบ Single phase ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการออกแบบนี้

CAPACITIVE-START MOTOR

มอเตอร์ชนิดนี้ใช้คอนเดนเซอร์ ช่วยสตาร์ท เหมาะกับการใช้งานหนักทั่วไปที่

ต้องการการทดสตาร์ทและการหมุนค่าสูงๆ ปัจจุบันนิยมใช้กันอยู่ทั่วไป ขนาดตั้งแต่ 100 วัตต์ หรือ 1/8 แรงม้า ขึ้นไป มอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์จำแนกได้ 3 ชนิด แต่ละชนิดมีคุณลักษณะแตกต่างกัน แต่มีสิ่งที่เหมือนกันคือ ขดสเตเตอร์มี 2 ชุด ขดหลักชุดหนึ่งและขดประกอบชุดหนึ่ง ขดประกอบจะต้องจัดวางให้ทำมุม 90° ทางไฟฟ้ากับขดหลัก และจะต้องต่อนุกรมกับคอนเดนเซอร์ หรือ คาปาซิเตอร์เสมอ

CAPACITOR-START MOTOR

ได้แก่ มอเตอร์คาปาซิเตอร์ที่ใช้ขดประกอบกับตัวคาปาซิเตอร์เฉพาะตอนหมุน สตาร์ทเท่านั้น

PERMANENT-SPLIT CAPACITOR-START MOTOR

ได้แก่ มอเตอร์คาปาซิเตอร์ที่ใช้ขดประกอบกับตัวคาปาซิเตอร์อยู่ในวงจรตลอดเวลาที่หมุน ใช้งานโดยไม่เปลี่ยนค่าความจุของคาปาซิเตอร์แต่อย่างใด

TWO-VALAE CAPACITOR MOTOR

หมายถึง มอเตอร์ที่ใช้ค่าคาปาซิเตอร์ขณะหมุนสตาร์ทค่าหนึ่ง และขณะหมุนทำงานปกติอีกค่าหนึ่ง รวมใช้ค่าคาปาซิเตอร์ทำงาน 2 ค่า ข้อสังเกตอื่นๆ ที่ควรทราบก็คือ คาปาซิเตอร์ที่ใช้ต่อในวงจรขดประกอบตลอดเวลาที่มอเตอร์ใช้งานอยู่นั้น ช่วยให้มอเตอร์ลดรอบใช้งานต่ำลงมาจากความเร็วซิงโคนัสได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมอเตอร์เหนี่ยวนำธรรมดาทำไม่ได้ หรือถ้าหากทำได้จะลดลงมาต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วซิงโกนัสไม่ได้เด็ดขาด (บุญญศักดิ์ ,2524)

<u>อาร์ทีดี (RTD)</u>

RTD เป็นคำย่อมาจาก Resistance Temperature Detector หรือความหมายในภาษาไทยก็คือ อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้า หากถามว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอย่างไร คำตอบก็คือ ค่าความต้านทานจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น หรืออาจจะกล่าวได้ว่าค่าความต้านทานเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ

โครงสร้างของ RTD

RTD ทำด้วยลวดโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดค่าความต้านทานที่ต้องการ ณ อุณหภูมิ 0°C ลวดโลหะดังกล่าวนี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้าและมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน แกนที่ใช่ส่วนมากจะทำมาจากสารประเภทเซรามิกหรือแก้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษในกระบวนการผลิต RTD ก็คือ ขณะใช้งานขดลวดนี้ต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรวมทั้งความสั่นสะเทือนได้ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากเมื่อขดลวดได้รับความร้อนจะขยายตัวและเมื่อเย็นลงจะหดตัว พร้อมกันนี้แกนที่ใช้พันขดลวดก็จะต้องมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่สัมพันธ์กับการขยายตัวของขดลวด การพันขดลวดเขาจะทำกันในขณะที่ขดลวดร้อนจนอ่อนตัว หลังจากนั้นต้องผ่านกรรมวิธีการอบร้อนคลายความเครียด (strain) ที่มีอยู่ในขดลวดด้วยอุณหภูมิอย่างน้อย 500°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง RTD โดยทั่วไปจะถูกบรรจุอยู่ในฝักโลหะ (sheath) ฉนวนที่ใช้ก็จะเป็นพวกแม็กนีเซียมออกไซด์ หรืออลูมิเนียมออกไซด์ ช่วงที่มีผลต่อการวัดโดยตรงจะอยู่ตรงส่วนปลาย ซึ่งอาจมีความยาว 0.5 ถึง 2.5 นิ้ว

RTD โดยทั่วไปแล้วจะทำมาจากโลหะที่มีความต้านทานสูง ตัวอย่างเช่น พลาตินัม ทองแดง นิเกิล สำหรับทังสเตนจะใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิที่ต้องการย่านวัดสูงๆ แต่เนื่องจากมันเปราะและแตกหักง่ายจึงทำให้ไม่ค่อยนำมาใช้งาน ส่วนโลหะที่นิยมนำมาใช้ทำ RTD และให้ผลในการตอบสนองค่อนข้างเป็นเส้นตรงก็คือ พลาตินัม (นิรนาม, 2544)

<u>ลวดความร้อนไฟฟ้า (Electric Heater)</u>

หลักการทำงานโดยทั่วไปคือ การให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดความต้านทานจึงเกิดพลังงานความร้อนออกมา มีอยู่ด้วยกันหลายชนิดเช่น

1. Tubular Heater
2. Tubular-Finned Heater
3. Tubular-Rediant Heater
4. Mica Band and Strip Heater
5. Flexible Cable Heater

ซึ่งตัวลวดความร้อนเองนั้นจะมีคุณสมบัติที่น่าสนใจ 3 ประการด้วยกันคือ

1. สภาพความต้านทาน (Resistivity) คือ ความต้านทานซึ่งมีหน่วยวัดเป็น Ω
2. สัมประสิทธิ์ความต้านทานอุณหภูมิ (Temperature Coefficient of Resistance) คือ

แฟคเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของวัสดุที่ใช้ทำลวดความร้อน

3. อุณหภูมิสูงสุด (Maximum Temperature) คือ อุณหภูมิที่สูงสุดของวัสดุที่สามารถทนได้

วัสดุที่ใช้ทำลวดความร้อนนั้นแบ่งได้เป็นแบบ Oxidation Resistance ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ง่าย และ Non Oxidation Resistance ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ยากมาก

<u>ตารางที่ 1.1</u> แสดงคุณสมบัติของลวดความร้อนที่ทำด้วย Nickel-Chrome Alloys

Designation	Composition	Resistivity (Ω)	Max. Temperature($^{\circ}$C)
ASTM A grade	80%Ni-20%Cr	655	1000
	70%Ni-30%Cr	705	1250
ASTM C grade	60%Ni-15%Cr-25%Fe	688	1125
ASTM D grade	35%Ni-20%Cr-45%Fe	626	1100

ที่มา : Eric *et al.* (1988)

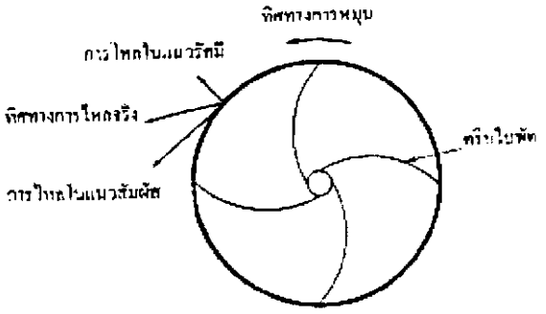
<u>เครื่องสูบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Pumps)</u>

เครื่องสูบประเภทนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการสูบน้ำ นม สารหล่อลื่น สารละลายเคมี วัสดุทางการเกษตรที่จะใช้ในการแปรรูปเป็นต้น ให้ค่าประสิทธิภาพในการสูบถึง 90% และยังสามารถออกแบบเพื่อการทำงานที่ระดับความดันสูง ๆ ได้ ชิ้นส่วนที่หมุนอยู่ภายในเรือน

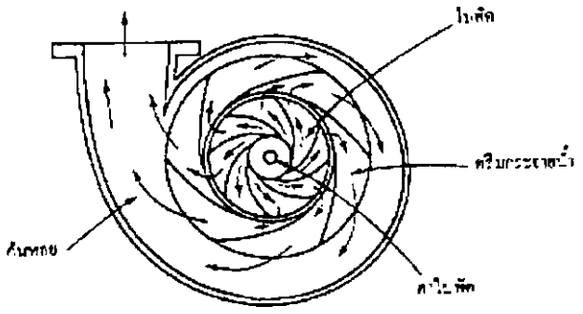
เครื่องสูบจะทำให้เกิดการขับดันของไหลเราเรียกว่าโรเตอร์ (Rotor) หรือใบพัด (Impeller) ตัวแพร่กระจายน้ำ (Diffuser) จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนเฮดความเร็ว (Velocity Head , $V^2/2g$) ให้อยู่ในรูปความดันสถิต (Static Pressure) ของไหลที่ถูกสูบจะไหลผ่านเข้าสู่ช่องทางเข้าซึ่งขนานกับพื้นระนาบ และถูกผลักดันออกไปตามแนวรัศมีของใบพัดหรือโรเตอร์

กลไกการส่งผ่านพลังงานในโรเตอร์ หรือใบพัดจะเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของของไหล ก่อให้เกิดความแตกต่างความดันภายในระบบเกิดการขับดันของไหลให้เกิดการไหลในแนวเส้นรอบวง (Tangentail Flow) เป็นผลให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) ทำให้เกิดการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทุกทางออกไปทางท่อส่ง ดังนั้นของไหลที่ถูกขับดันออกมาก็จะมีทิศทางการไหลที่เกิดจากผลรวมของแรงทั้งสอง

ดังรูปที่ 1.10 (อนุตร, 2543)



ภาพที่ 1.10 แสดงทิศทางการไหลของของไหลขณะผ่านออกจากใบพัดของ Centrifugal Pump
ที่มา : อนุตร (2543)

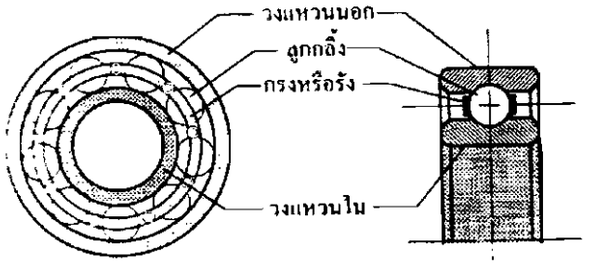


ภาพที่ 1.11 แสดงลักษณะทั่วๆ ไปของ Centrifugal Pump
ที่มา : อนุตร (2543)

เบริ่งแบบกลิ้ง

แบริ่งแบบกลิ้ง (rolling bearing) หรือตลับลูกปืน เป็นชิ้นส่วนที่ใช้รองรับเพลาและส่งถ่ายโหลดจากเพลาผ่านลูกกลิ้ง(rolling element) ซึ่งอยู่ระหว่างวงแหวนในและวงแหวนนอก แบริ่งแบบกลิ้งดังแสดงในภาพที่ 1.12 ประกอบด้วยวงแหวนในและวงแหวนนอก (วงแหวนในใช้สวมเข้ากับเพลาและวงแหวนนอกยึดอยู่ในตัวเรือนแบริ่ง) มีลูกกลิ้งแบบเม็ดกลมหรือเม็ดทรงกระบอกอยู่ระหว่างวงแหวนในและวงแหวนนอกโดยมีกรงหรือรัง (cage) ยึดคั่นแยกลูกกลิ้งให้มีระยะห่างคงที่ เมื่อวงแหวนใดวงแหวนหนึ่งหมุน ลูกกลิ้งแบบเม็ดกลมหรือแบบเม็ดทรงกระบอก

จะกลิ้งอยู่ในรางของวงแหวนซึ่งทำให้ความเสียดทานระหว่างรางและลูกกลิ้งลดลงมาก แต่เนื่องจากมีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างรางและลูกกลิ้งน้อย (โหลดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มีค่าสูง) ลูกกลิ้งและวงแหวนจึงต้องทำจากเหล็กกล้าที่มีความแข็งและความต้านแรงสูง



ภาพที่ 1.12 แบริ่งแบบกลิ้งหรือตลับลูกปืน
ที่มา : จำรูญ (2542)

คุณสมบัติทั่วๆ ไปของแบริ่งแบบนี้ ได้แก่

1. ความเสียดทานขณะเริ่มต้นหมุนและเมื่อหมุนแล้วเกือบเท่ากัน ความเสียดทานต่ำกว่าเจอร์นัลแบริ่ง ยกเว้นที่ความเร็วรอบสูง ดูภาพที่ 1.13 แสดงการเปรียบเทียบความเสียดทานของแบริ่ง

2. ต้องการการหล่อลื่นและการบำรุงรักษาน้อย

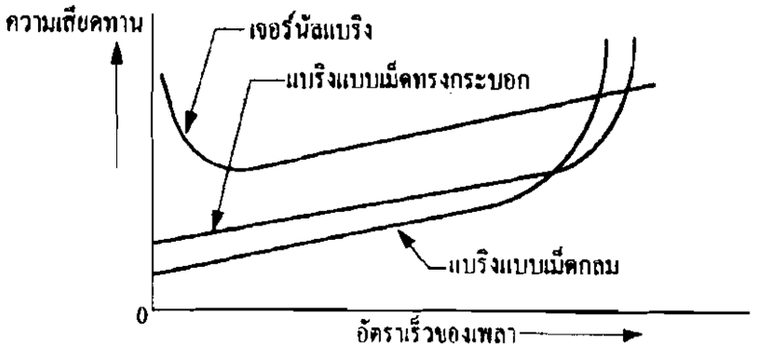
3.ใช้เนื้อที่ตามแนวแกนน้อย แต่ตามแนวรัศมีใช้เนื้อที่มากกว่าเจอร์นัลแบริ่ง (journal bearing)

4. มีเสียงดังและราคาแพงกว่าเจอร์นัลแบริ่ง

5. อายุใช้งานจำกัด (รางหรือลูกกลิ้งมักเสียหายเนื่องจากการสึกหรอหรือความล้าที่ผิว)

6. แบริ่งบางประเภทสามารถรับได้ทั้งโหลดในแนวรัศมีและในแนวแกน

7. การถอดเปลี่ยนใหม่ทำได้ง่าย



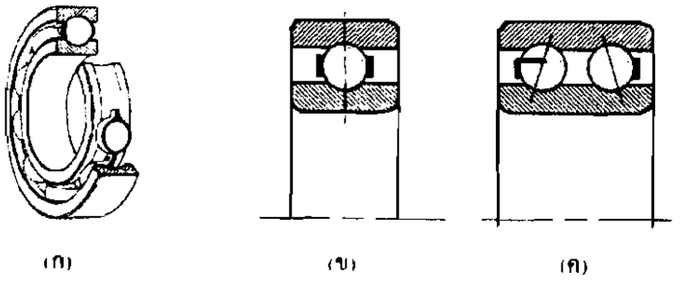
ภาพที่ 1.13 เปรียบเทียบความเสียดทานของแบริ่งแบบต่างๆ

ที่มา : จำรูญ (2542)

แบริ่งเป็นชิ้นส่วนมาตรฐานที่มีการผลิตขายโดยบริษัทต่างๆ โดยทั่วๆ ไปผู้ออกแบบเครื่องจักรกลจะเลือกขนาดของแบริงจากข้อมูลที่มีอยู่ในหนังสือคู่มือของบริษัทผู้ผลิต แบริ่งนั้นๆ

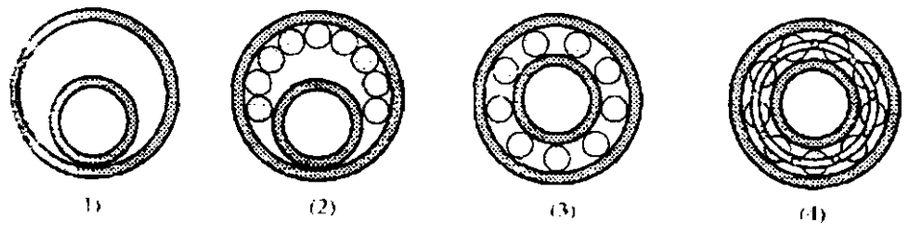
แบริ่งแบบเม็ดกลม แบริ่งแบบเม็ดกลมประเภทต่างๆ ได้แก่

1. แบริ่งแบบเม็ดกลมร่องลึก (Deep groove ball bearing) แบริ่งแบบนี้แยกส่วนไม่ได้ มีรางร่องลึกสำหรับเม็กกลมกลิ้ง ภาพที่ 1.14 (ก) และภาพที่ 1.14 (ข) เป็นแบริ่งแบบเม็ดกลมร่องลึกแถวเดียวมมโดยปกติใช้สำหรับรับโหลดในแนวรัศมี แต่สามารถรับโหลดในแนวแกนได้ร้อยละ 70 ของโหลดในแนวรัศมี เป็นแบริ่งที่ใช้งานอย่างกว้างขวางมากที่สุด ภาพที่ 1.14(ค) แบริ่งแบบเม็ดกลมร่องลึกสองแถว สามารถรับโหลดในแนวรัศมีและในแนวแกนได้กว่าแบบแถวเดียว ความกว้างจะกว้างกว่าแบบแถวเดียวประมาณร้อยละ 60 ถึงร้อยละ 80 สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน ภาพที่ 1.15 แสดงขั้นตอนการประกอบแบริ่งแบบเม็ดกลมร่องลึก



ภาพที่ 1.14 แบริ่งแบบเม็ดกลมร่องลึก

ที่มา : จำรูญ (2542)

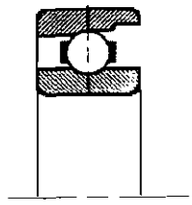


ภาพที่ 1.15 การประกอบโดยวงแหวนเยื้องศูนย์

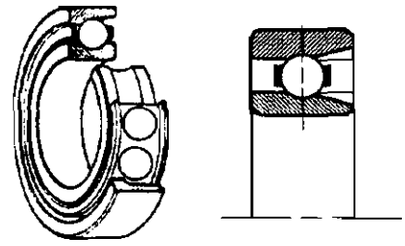
ที่มา : จำรูญ (2542)

2. เบริ่งแบบเม็ดกลมร่องลึก (Filling notch) ดังแสดงในภาพที่ 1.16 จะมีรอยบากบนด้านหนึ่งของวงแหวนสำหรับเติมเม็ดกลม ซึ่งทำให้เพิ่มความสามารถในการรับโหลดในแนวรัศมี แต่ความสามารถในการรับโหลดในแนวแกนจะลดลง เนื่องจากเม็ดกลมชนรอยบาก

3. แมกนีโตแบริง (Magneto bearing) ดังแสดงในภาพที่ 1.17 ร่องที่วงแหวนในของแบริ่งแบบนี้จะตื้นกว่าแบริ่งแบบเม็ดกลมร่องลึก ด้านหนึ่งของวงแหวนนอกจะมีบ่า ร่องอีกด้านไม่มีบ่า วงแหวนนอกสามารถแยกส่วนออกมาได้ ซึ่งเป็นข้อดีต่อการประกอบแมกนีโตแบริ่งเป็นแบริ่งขนาดเล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเพลาตั้งแต่ 4 ถึง 30 มิลลิเมตร ใช้งานในมอเตอร์เล็กๆ แมกนีโตเล็กๆ ไจโรสโคป (gyroscope) เป็นต้น



ภาพที่ 1.16 แบริ่งแบบเม็ดกลมร่องลึก

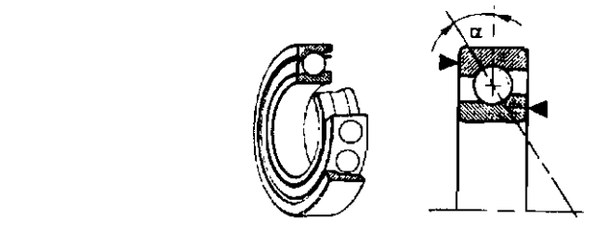


ภาพที่ 1.17 แมกนีโตแบริ่ง

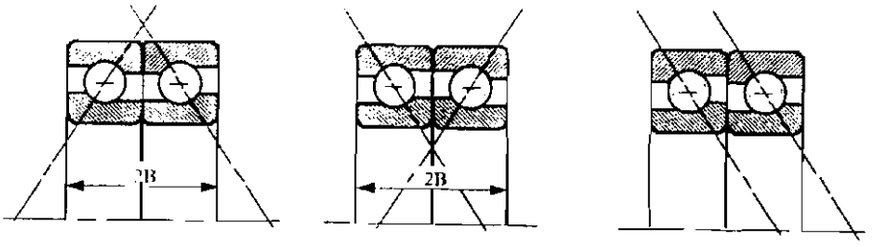
ที่มา : จำรูญ (2542)

4. เบริ่งแบบเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม (Angular contact ball bearing) ดังแสดงในภาพที่ 1.18 แบริ่งแบบนี้แยกส่วนไม่ได้ สามารถรับโหลดในแนวแกนได้สูง แบริ่งแบบเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมแถวเดียว ดังภาพที่ 1.18 (ก) รับโหลดในแนวแกนได้ทิศทางเดียว ความสามารถในการรับโหลดรุนขึ้นอยู่กับมุมสัมผัส (contact angle) α มุมสัมผัส α ที่โตกว่าจะสามารถรับโหลดรุนได้สูงกว่างานที่มีความเร็วรอบสูงนิยมมุมสัมผัส น้อยๆการใช้แบริ่งประกอบกันเป็นคู่ (Duplex)

ตามปกติจะประกอบแบบหลังชนกัน (แบบ DB) หรือแบบหน้าชนกัน (แบบ DF) หรือแบบแทนเดี่ม (tandem) (แบบ DT) ดังภาพที่ 1.18 (ข) ถึงภาพที่ 1.18 (ง) แบบ DB และ DF สำหรับรับโหลดรุนได้ 2 ทิศทาง ส่วนแบบ DT สำหรับรับโหลดในทิศทางเดียวและในบริเวณที่จำเป็นต้องการให้โหลดบนแต่ละแบริ่งเท่ากัน



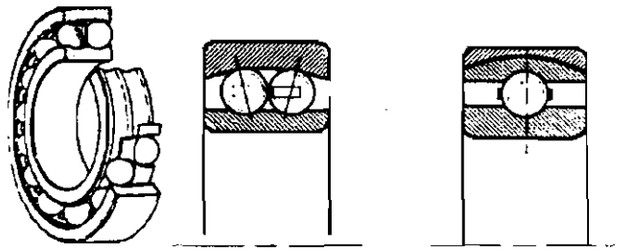
(ก)



(ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 1.18 แบริ่งแบบเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม และการประกอบกันเป็นคู่
ที่มา : จำรูญ (2542)

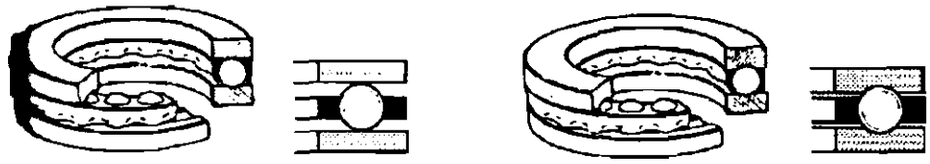
5. **แบริ่งแบบเม็ดกลมปรับแนวแกนได้เอง** (Self-aligning ball bearing) แยกส่วนไม่ได้ ความสามารถในการรับโหลดต่ำกว่าแบบร่องลึก เพราะว่ารัศมีของวงแหวนโตขึ้นทำให้เกิดความเค้นสัมผัสสูง ภาพที่ 1.19 (ก) เป็นแบบปรับแนวแกนได้เองภายใน ภาพที่ 1.19 (ข) เป็นแบบปรับแนวแกนได้เองภายนอก



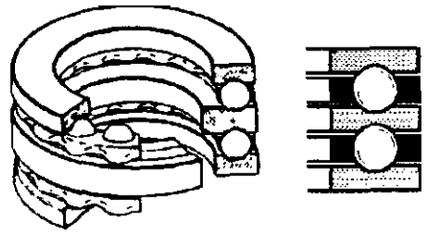
(ก) (ข)

ภาพที่ 1.19 แบริ่งแบบเม็ดกลมปรับแนวแกนได้เอง
ที่มา : จำรูญ (2542)

6. แบริ่งแบบเม็ดกลมกันรุน (Thrust ball bearing) ดังแสดงในภาพที่ 1.20 มีอยู่ 3 ประเภท (1) แบบรางราบ (2) แบบรางร่องเดี่ยว (3) แบบรางร่องคู่ แบริ่งแบบนี้สามารถแยกส่วนได้ ต้องการได้แนวแกนที่เที่ยงตรงของเพลา ต้องการโหลดต่ำสุดที่ความเร็วรอบสูง (จำรูญ, 2542)



(ก) แบบรางราบ (ข) แบบรางร่องเดี่ยว



(ค) แบบรางร่องคู่

ภาพที่ 1.20 แบริ่งแบบเม็ดกลมกันรุน
ที่มา : จำรูญ (2542)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ในการออกแบบและดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด มีอุปกรณ์และวัสดุต่างๆ ตามรายการดังนี้

1. วัสดุโครงสร้าง

- เหล็กฉาก ขนาด 1¼" ×1¼" × 2 mm
- เหล็กฉาก ขนาด 1" × 1" × 2 mm
- เหล็กกล่อง ขนาด 1¼" × 1¼" × 2 mm
- เหล็กแผ่น หนา 4 mm.
- เหล็กแผ่น หนา 5 mm.
- สแตนเลสแผ่น หนา 2 mm
- เพลาสแตนเลส ยาว 500 mm
- เพลาเหล็ก ยาว 150 mm
- แบริ่ง
- นัตและสกรู

2. อุปกรณ์ทางไฟฟ้า

- มอเตอร์เกียร์
- มอเตอร์เบรค
- Heater
- RTD
- มอเตอร์ไดรฟ์วาล์ว
- วาล์ว
- ปั๊ม
- Temperature Control
- ตู้ควบคุม
- เบรคเกอร์

- แม็กเนติก
- ฟิวส์
- Timer
- รีเลย์
- สวิตช์ Push Button

3. เครื่องมือเครื่องจักร

3.1 สำหรับสร้างเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด

- เครื่องกลึง
- เครื่องตัดโลหะแผ่น
- เครื่องกัด
- เครื่องไส
- เครื่องเจียระไน
- เครื่องเชื่อม
- เครื่องเจาะ
- เครื่องมือวัดทางกล เช่น ตลับเมตร, เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
- เครื่องมือกลอื่นๆ เช่น ประแจ, ค้อน เป็นต้น

3.2 สำหรับทดสอบสบู่ข้าวโพด

- เครื่องวัดความหนืด
- เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล
- เทอร์โมมิเตอร์
- นาฬิกาจับเวลา
- บีกเกอร์
- หม้อสแตนเลส
- ไม้พาย
- แม่พิมพ์
-

4. อื่นๆ

ส่วนผสมของสบู่ข้าวโพด 10 สูตร ได้แก่

-	น้ำมันมะพร้าว	2200	กรัม
-	น้ำมันมะกอก	1000	กรัม
-	น้ำมันปาล์ม	800	กรัม
-	โซดาไฟ	750	กรัม
-	น้ำ	1400	กรัม
-	ข้าวโพดบด	200	กรัม
-	งาบด	25	กรัม
-	กลีเซอรีน	250	กรัม
-	วิตามินอี	20	กรัม
-	น้ำหอม	30	กรัม

วิธีการและการวางแผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 แสดงแผนการดำเนินงานและสร้างเครื่องต้นแบบขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2546		พ.ศ. 2547								
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. เสนอโครงงานวิศวกรรม พร้อมชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	←	→									
2. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล	←	—	—	→							
3. ออกแบบและคำนวณ		←	—	—	→						
4. ส่งแบบร่างโครงงาน				←	→						
5. ดำเนินการสร้างเครื่อง					←	—	—	—	→		
6. ทำการแก้ไขปรับปรุง โครงงาน									←	→	
7. จัดทำรายงานและส่ง รูปเล่มโครงงาน									←	—	→

การคำนวณหาขนาดถังกวน

คิดปริมาตรถังกวนความจุ 70 ลิตร

ปริมาตร 70 ลิตร มีค่าเท่ากับ 0.07 m^3

แทนค่า ในสมการที่ 2.2

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{(4)(0.07)}{\pi}}$$

$$= 0.45 \quad m$$

ปริมาตรที่ใช้ คิดที่ 80%

ที่ความจุถัง 80% คิดเป็น 0.07 m^3

ถ้าความจุถัง 100% คิดเป็น $(0.07 \times 100\%)/(80\%)$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0875 m^3

จากสมการที่ 2.3

$$V = \pi\left(\frac{D^2}{4}\right)h$$

$$0.0875 = \pi\left(\frac{0.45^2}{4}\right)h$$

$$h = \frac{(0.0875 \times 4)}{\pi(0.45)^2}$$

$$= 0.55 \quad m$$

แต่ในการสร้างจะใช้ขนาด D_t = 45 เซนติเมตร และใช้ขนาด h = 45 เซนติเมตร เพื่อความเหมาะสม

การคำนวณหาขนาดของใบกวน

ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของใบกวน ซึ่งหาได้จากตารางอัตราส่วนในการกวน ในตารางผนวกที่ ข.2

009507

สถาบันวิทยบริการ

แทนค่าในสมการ

$$N_{Re} = \frac{(2.5\,\text{rps})(0.3\,\text{m})^2(1310.8\,\text{kg/m}^3)}{6.09\times10^{-2}\,\text{kg/m.s}}$$

$$= 4842$$

จากค่า N_{Re} สามารถที่จะนำมาหาค่า N_p ได้จากภาพผนวกที่ ค.3 โดยใช้เส้นกราฟของใบกวนแบบ Turbines จะได้ $N_p = 0.75$

จากสมการที่ 2.4 $$P = \frac{n^3 D_i^5 \rho N_p}{g_c}$$

$$P = \frac{(2.5\,\text{rps})^3(0.3\,\text{m})^5(1310.8\,\text{kg/m}^3)(0.75)}{9.81\,\text{m/s}^2}$$

$$= (3.81\,\text{kg m/s})\,(9.81\,\text{m/s}^2)$$

$$= 37.38 \quad \text{Watts}$$

ดังนั้น จึงเลือกใช้มอเตอร์ที่มีขนาด 90 Watts เพราะความหนืดที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าความหนืดเริ่มต้นในการกวน และเพื่อป้องกันมอเตอร์รับ Load จากการกวนน้ำสบู่ที่จะค่อยมีความหนืดมากขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาที่กวน ดังนั้นจึงเลือกขนาดมอเตอร์เผื่อไว้ก่อน

การคำนวณหาขนาดเพลาขับจานหมุนและมอเตอร์

การส่งกำลังจากเครื่องยนต์ไปสู่ล้อขับหรือจากมอเตอร์เพื่อขับเฟือง จะใช้เพลาถ่ายทอดทอร์กภายใต้การหมุนที่อัตราเร็วรอบหนึ่ง การส่งกำลังของเพลาที่อัตราเร็วรอบหนึ่งๆ ผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุทำเพลาและพื้นที่หน้าตัดเพลา โดยไม่ทำให้ความเค้นเฉือยอมได้เกินความเค้นเฉือนสูงสุดขณะเพลาถ่ายทอดกำลังที่ต้องการภายใต้การหมุนที่อัตราเร็วกำหนด

กำลังทางกล นิยามจากผลคูณระหว่างทอร์กและอัตราเร็วเชิงมุม นั่นคือ

$$P = T\omega$$

หรือ $$P = \frac{2\pi NT}{60}$$

สำหรับการเลือกขนาดเพลาจากวัสดุชนิดหนึ่งๆ โดยต้องการถ่ายทอดกำลังด้วยอัตราเร็วรอบที่ความถี่ f นั่นคือ ทอร์กสามารถคำนวณได้จาก $T = P/2\pi f$ ทั้งนี้พิจารณาการบิดช่วงยืดหยุ่นและความเค้นยอมได้สูงสุด (τ_{max}) ดังนั้น พิจารณารัศมีของเพลาต้นได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{1}{2}\pi r^3 = \frac{T}{\tau_{max}}$$

ซึ่งเหล็กที่เลือกใช้ คือ St 37 ดังนั้น $\tau_{all} = 15\ N/mm^2$

คำนวณหาขนาดเพลาโดยคิดจากน้ำหนักจานหมุน

น้ำหนักจานหมุนจากวัสดุที่ใช้ คือ

- เหล็กฉาก ขนาด ½"×½"×2 mm ยาว 300 mm ทั้งหมด 4 ชิ้น น้ำหนัก 0.68 kg
- สแตนเลสแผ่นตัดเป็นรูปแปดเหลี่ยม ยาวด้านละ 280 mm. น้ำหนัก 8.84 kg

เมื่อพิจารณาการทำงานของจานหมุน จานหมุนจะต้องรับน้ำหนักของสบู่ 32 ก้อน (1 ก้อน = 80 g โดยเฉลี่ย) และถาดสแตนเลส 4 ถาด (1 ถาด = 200 g) นั่นคือ

- สบู่ 32 ก้อน มีน้ำหนัก $32 \times 80 = 2560$ g
- ถาดสแตนเลส 4 ถาด มีน้ำหนัก $4 \times 200 = 800$ g

รวมน้ำหนักทั้งหมด $0.68 + 8.84 + 2.56 + 0.8 = 12.88$ kg ซึ่งสามารถคำนวณหาแรงบิดที่กระทำกับเพลาได้จาก

$$\begin{aligned} T &= Fr \\ &= (12.88\ kg)(9.81\ m/s^2)(0.36\ m) \\ &= 45.48 \quad N.m \end{aligned}$$

แทน T ในสมการ

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}\pi r^3 &= \frac{T}{\tau_{max}} \\ r^3 &= \frac{(2)(45.48\ N.m)}{\pi(15\ N/mm^2)} \\ r &= 0.012 \quad m \\ &= 12 \quad mm \end{aligned}$$

$$d = 24 \quad mm$$

เพื่อเป็นการง่ายในการเลือกใช้แบริ่งและเพลาที่หาได้ง่ายตามท้องตลาด จึงเลือกใช้เพลาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm

เนื่องจากชุดจานหมุน หมุนด้วยความเร็วต่ำ 10 rpm และมอเตอร์ที่ใช้เป็นชนิดที่ทดรอบและมีเบรคในตัว ซึ่งสามารถกำหนดตำแหน่งในการหมุนได้ ดังนั้น คำนวณหาขนาดมอเตอร์ได้จาก

$$P = \frac{2\pi NT}{60}$$

$$= \frac{2\pi(10\ \text{rpm})(45.48\ \text{N.m})}{60}$$

$$= 47.62 \quad \text{Watts}$$

จึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 60 Watts เพื่อป้องกันมอเตอร์รับ Load จากน้ำหนักของจานหมุน

การดำเนินการสร้าง

1. โครงสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด ตามแบบ PE-47-003

1.1 โครงสร้างรองรับถังกวน โดยตัดเหล็กตามขนาดดังนี้

1.1.1 เหล็กกล่อง ขนาด 1¼" × 1¼" × 2 mm ยาว 800 mm จำนวน 6 ชิ้น

1.1.2 เหล็กกล่อง ขนาด 1¼" × 1¼" × 2 mm ยาว 740 mm จำนวน 8 ชิ้น

1.1.3 เหล็กกล่อง ขนาด 1¼" × 1¼" × 2 mm ยาว 450 mm จำนวน 2 ชิ้น

1.2 โครงสร้างรองรับจานหมุน โดยตัดเหล็กตามขนาดดังนี้

1.2.1 เหล็กกล่อง ขนาด 1¼" × 1¼" × 2 mm ยาว 650 mm จำนวน 4 ชิ้น

1.2.2 เหล็กกล่อง ขนาด 1¼" × 1¼" × 2 mm ยาว 340 mm จำนวน 4 ชิ้น

1.2.3 เหล็กกล่อง ขนาด 1¼" × 1¼" × 2 mm ยาว 245 mm จำนวน 4 ชิ้น

1.2.4 เหล็กแผ่นหนา 6 mm ขนาด 300 × 300 mm จำนวน 1 แผ่น เจาะรูกลางแผ่นขนาด ∅ 300 mm

1.2.5 เหล็กแผ่นหนา 4 mm ขนาด 100 × 100 mm จำนวน 6 แผ่น

1.2.6 นำชิ้นส่วนที่ได้ทั้งหมดมาสร้างตามแบบ โดยประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ด้วยการ

เชื่อมไฟฟ้า พร้อมทั้งติดล้อเหล็ก

1.3 โครงฐานวางมอเตอร์ใบกวน ตามแบบ PE-47-008 โดยตัดเหล็กตามขนาดดังนี้

1.3.1 เหล็กฉาก ขนาด 1¼" × 1¼" × 2 mm ยาว 800 mm จำนวน 2 ชิ้น

1.3.2 เหล็กแผ่นหนา 5 mm ขนาด 75 × 100 mm จำนวน 2 แผ่น

1.3.3 เหล็กแผ่นหนา 5 mm ขนาด 100 × 100 mm จำนวน 2 แผ่น

1.3.4 เหล็กแผ่นหนา 5 mm ขนาด 100 × 155 mm จำนวน 1 แผ่นเจาะรูกลางแผ่น ขนาด ∅ 300 mm

2. ทำการสร้างถังกวน ตามแบบ PE-47-004

2.1 ตัดสแตนเลสแผ่นหนา 2 mm ขนาด 400 × 1400 mm ม้วนเป็นทรงกระบอก

2.2 ตัดสแตนเลสแผ่นหนา 4 mm ทำเป็นหน้าแปลน ∅ ใน 45 mm ∅ นอก 48 mm

2.3 ตัดสแตนเลสแผ่นหนา 2 mm เป็นรูปกรวยสูง 50 mm

3. ทำการสร้างใบกวน ตามแบบ PE-47-006

3.1 ตัดเพลาสแตนเลส ∅ 1" ยาว 475 mm

3.2 ตัดสแตนเลสแผ่นหนา 2 mm เป็นรูปใบพัด ขนาด ∅ 20 mm จำนวน 2 ใบ ประกอบติดกับเพลาเป็นใบกวน

4. ทำการสร้างจานหมุน ตามแบบ PE-47-009

4.1 ตัดสแตนเลสแผ่นหนา 2 mm เป็นรูปแปดเหลี่ยม ยาวด้านละ 280 mm ตามแบบ

4.2 ด้านบนแบ่งเป็น 4 ช่อง ขนาด 200 × 250 mm ตามแบบ

วิธีการทดสอบ

1. ชั่งส่วนผสมของสบู่ข้าวโพดมาให้ได้ 20 สูตร ดังนี้

1.1	น้ำมันมะพร้าว	4400	กรัม
1.2	น้ำมันมะกอก	2000	กรัม
1.3	น้ำมันปาล์ม	1600	กรัม
1.4	โซดาไฟ	1500	กรัม
1.5	น้ำ	2800	กรัม
1.6	ข้าวโพดบด	400	กรัม
1.7	งาบด	50	กรัม
1.8	กลีเซอรีน	500	กรัม
1.9	วิตามินอี	40	กรัม

1.10 น้ำหอม 60 กรัม

2. ปรับ Timer ที่ควบคุมเวลาฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์และ Timer ที่ควบคุมเวลาพักหัวจ่ายเป็น 6 ระดับดังนี้ 4 และ 3 วินาที , 5 และ 3 วินาที , 6 และ 4 วินาที , 7 และ 3 วินาที , 8 และ 5 วินาที , 9 และ 5 วินาที ตามลำดับ

3. ผสมส่วนผสมทั้งหมดลงในถังกวน โดยเริ่มจาก

3.1 ค่อยๆ ใส่โซดาไฟลงในน้ำที่เตรียมไว้ กวนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันตั้งทิ้งไว้จนอุณหภูมิลดลงเหลือ 45 องศาเซลเซียส

3.2 เทน้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะกอก และน้ำมันปาล์มลงในถังกวน โดยปรับตั้ง Temperature Control ให้ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 45 องศาเซลเซียส

3.3 ใส่สารละลายโซดาไฟ (ในข้อ 3.1) ลงในน้ำมันผสม (ในข้อ 3.2) รอให้เครื่องกวนจนสบู่จับตัวเหนียวข้นเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นใส่ข้าวโพดบด งาบด กลีเซอรีน วิตามินอี และน้ำหอม

4. เมื่อเครื่องฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์ ทำการแยกแม่พิมพ์ที่มีน้ำสบู่เต็ม , ไม่เต็มและล้นแม่พิมพ์ บันทึกผลการทดสอบ

5. ในแต่ละระดับเวลา ให้ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

6. นำผลมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ โดยเลือกเวลาในการฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์และเวลาพักหัวจ่ายที่เหมาะสมที่สุด

7. ทำการชั่งส่วนผสมของสบู่ข้าวโพดอีกครั้งให้ได้ 10 สูตร

8. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 3-4 โดยปรับ Timer ทั้งสองตัวตามเวลาที่ได้ทดสอบไปแล้วและเห็นว่าเหมาะสมที่สุด

9. ทำการทดสอบซ้ำตั้งแต่ข้อ 7-8 แต่เปลี่ยนส่วนผสมเป็น 20 และ 30 สูตร ตามลำดับ

10. เปรียบเทียบจำนวนสบู่ที่ได้จากการทดสอบ

11. สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

สถานที่ทำการทดสอบ

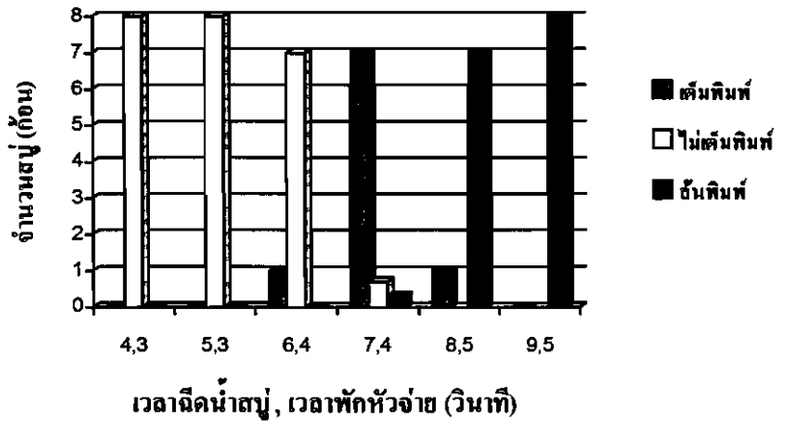
คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์

การทดสอบเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด เพื่อหาเวลาฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์และเวลาพักหัวจ่ายที่เหมาะสม รวมไปถึงจำนวนสบู่ที่เครื่องสามารถฉีดได้ การทดสอบแบ่งเป็นการทดสอบที่ส่วนผสม 10 , 20 และ 30 สูตร ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.1- 4.3

ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาที่เหมาะสมในการฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์และเวลาพักหัวจ่าย โดยใช้ส่วนผสม 20 สูตร

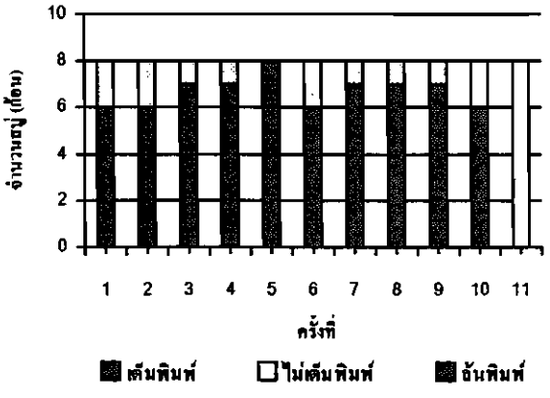
เวลาฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์ (วินาที)	เวลาพักหัวจ่าย (วินาที)	ครั้งที่	จำนวนสบู่ที่ได้ (ก้อน)		
			เต็มพิมพ์	ไม่เต็มพิมพ์	ล้นพิมพ์
4	3	1	-	8	-
		2	-	8	-
		3	-	8	-
5	3	1	-	8	-
		2	-	8	-
		3	-	8	-
6	4	1	2	6	-
		2	1	7	-
		3	1	7	-
7	4	1	7	1	-
		2	7	1	-
		3	7	-	1
8	5	1	2	-	6
		2	1	-	7
		3	-	-	8
9	5	1	-	-	8
		2	-	-	8
		3	-	-	8



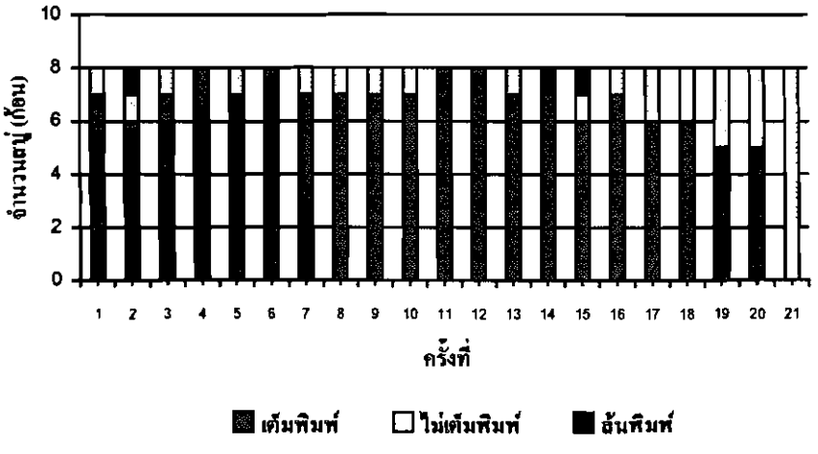
ภาพที่ 4.1 แสดงจำนวนสบู่ที่ได้จากการตั้งเวลาในการฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์และเวลาพักหัวจ่ายที่เวลาต่างๆ

จากตารางและภาพที่ 4.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์และเวลาพักหัวจ่ายที่เหมาะสมซึ่งพบว่า เวลาฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์ที่ 7 วินาที และเวลาพักหัวจ่ายที่ 4 วินาที สามารถฉีดน้ำสบู่ได้โดยเฉลี่ยแบบเต็มพิมพ์จำนวน 7 ก้อน ไม่เต็มพิมพ์จำนวน 0.7 ก้อน และล้นพิมพ์จำนวน 0.3 ก้อน ซึ่งเป็นเวลาที่ได้สบู่แบบเต็มพิมพ์มากที่สุดและเหมาะสมที่สุด ที่ส่วนผสม 20 สูตร

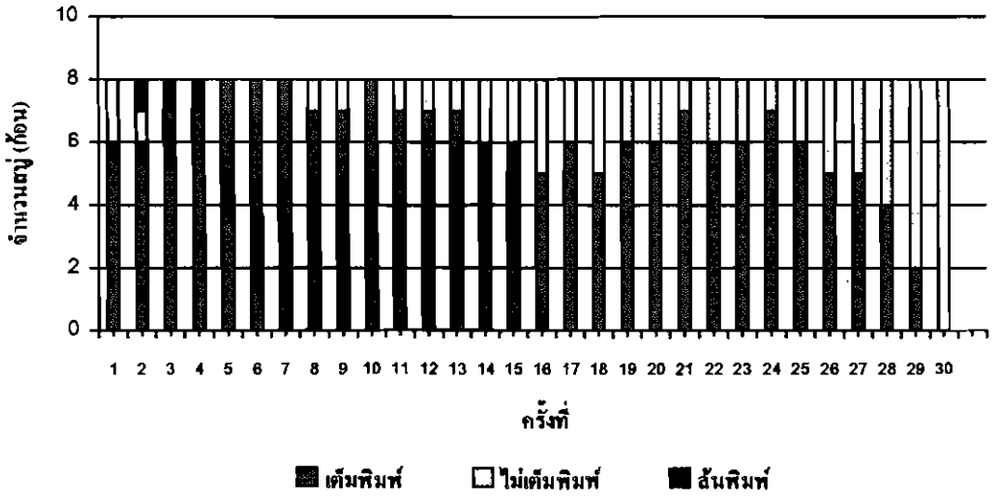
เมื่อทำการทดสอบเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด โดยใช้ปริมาณส่วนผสม 10 , 20 และ 30 สูตรตามลำดับ ได้ผลการทดสอบตามตารางผนวกที่ ข.1 และสามารถนำผลการทดสอบมาเขียนเป็นกราฟเพื่อแสดงจำนวนสบู่ที่ได้จากการทดสอบที่ส่วนผสมต่างๆได้ดังนี้



ภาพที่ 4.2 แสดงจำนวนสบู่ที่ได้จากการผสม 10 สูตร



ภาพที่ 4.3 แสดงจำนวนสบู่ที่ได้จากการผสม 20 สูตร



ภาพที่ 4.4 แสดงจำนวนสบู่ที่ได้จากการผสม 30 สูตร

จากผลการทดสอบดังตารางผนวกที่ ข.1 และภาพที่ 4.2-4.4 ข้างต้น พบว่าปริมาณส่วนผสมที่ 10 , 20 และ 30 สูตร สามารถฉีดน้ำสบู่ได้ทั้งหมด 88 , 167 และ 240 ก้อน ตามลำดับ โดยนับรวมทั้งแบบเต็มพิมพ์ ไม่เต็มพิมพ์ และล้นพิมพ์ แต่จะสังเกตเห็นว่าในการฉีดน้ำสบู่ช่วงครั้งหลังๆ ของการผสมแต่ละสูตร จำนวนสบู่ที่ได้แบบไม่เต็มพิมพ์จะเพิ่มมากขึ้น โดยจะเห็นได้ชัดในการทดสอบที่ส่วนผสม 20 สูตร ตั้งแต่ครั้งที่ 15 เป็นต้นไป จำนวนสบู่แบบไม่เต็มพิมพ์ค่อยๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำสบู่ลดลงทำให้อัตราการดูดน้ำสบู่ของปั๊มไม่สม่ำเสมอ เป็นผลให้การฉีดน้ำสบู่ออกมาน้อยกว่าครั้งแรกๆ

ตารางที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียและเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง

ส่วนผสม (สูตร)	น้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (กรัม)	น้ำหนักสบู่ที่ได้แบบสมบูรณ์ (กรัม)	% การสูญเสีย
10	6,675	5,151	22.83
20	13,350	10,247	23.24
30	20,025	13,655	31.81

หมายเหตุ สบู่แบบสมบูรณ์ คือ มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 70-75 กรัม

จากตารางที่ 4.2 ในการผสมส่วนผสม 10 , 20 และ 30 สูตรนั้น สามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียได้ จากสูตร

$$\% \text{ การสูญเสีย} = \frac{(\text{นน.ส่วนผสมทั้งหมด} - \text{นน.สบู่ที่ได้แบบสมบูรณ์})}{\text{นน.ส่วนผสมทั้งหมด}} \times 100$$

จากการคำนวณจะเห็นว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของน้ำสบู่มีค่าแปรผันตามน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

ความสามารถของเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด

ในการหาความสามารถของเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพดนั้น ได้ทำการจับเวลาเริ่มตั้งแต่เครื่องเริ่มฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์ พบว่า

เครื่องใช้เวลาในการฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์ 7 วินาที เวลาพักหัวจ่าย 4 วินาที และเวลาขณะจานหมุนหมุนไปถาดถัดไป 2 วินาที รวมเวลาทั้งสิ้น 7+4+2 = 13 วินาที แสดงว่าในเวลา 1 นาที เครื่องฉีดสบู่ได้ $\frac{60 \text{ วินาที}}{13 \text{ วินาที}}$ = 4.61 ครั้ง เพราะฉะนั้นจะถือว่าเครื่องฉีดสบู่ได้ 4 ครั้งต่อนาที

จากตารางผนวกที่ ข.1

ที่ส่วนผสม 10 สูตร ได้สบู่แบบเต็มพิมพ์จำนวน 67 ก้อน ฉีดได้ 11 ครั้ง

เฉลี่ยครั้งละ $\frac{67}{11}$ = 6.09 ก้อน

นั่นคือ ในเวลา 1 นาที จะได้สบู่ (6 ก้อน ×4 ครั้ง/นาที) = 24 ก้อน

แสดงว่า หากเครื่องทำงานต่อเนื่องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้

กำลังการผลิตต่อชั่วโมง = (24 ก้อน/นาที)× 60 นาที

= 1,440 ก้อน/ชม.

ที่ส่วนผสม 20 สูตร ได้สบู่แบบเต็มพิมพ์จำนวน 136 ก้อน ฉีดได้ 21 ครั้ง

เฉลี่ยครั้งละ $\frac{136}{21}$ = 6.48 ก้อน

นั่นคือ ในเวลา 1 นาที จะได้สบู่ (6 ก้อน ×4 ครั้ง/นาที) = 24 ก้อน

แสดงว่า หากเครื่องทำงานต่อเนื่องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้

กำลังการผลิตต่อชั่วโมง = (24 ก้อน/นาที)× 60 นาที

= 1,440 ก้อน/ชม.

ที่ส่วนผสม 30 สูตร ได้สบู่แบบเต็มพิมพ์จำนวน 181 ก้อน ฉีดได้ 30 ครั้ง

เฉลี่ยครั้งละ $\frac{181}{30}$ = 6.03 ก้อน

นั่นคือ ในเวลา 1 นาที จะได้สบู่ (6 ก้อน ×4 ครั้ง/นาที) = 24 ก้อน

แสดงว่า หากเครื่องทำงานต่อเนื่องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้

กำลังการผลิตต่อชั่วโมง = (24 ก้อน/นาที)× 60 นาที

= 1,440 ก้อน/ชม.

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด สามารถวัดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องได้คือ มีกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 11.33 แอมป์ โดยการใช้ชุดวัดกระแสไฟฟ้าในการวัด ดังนั้นสามารถหาพลังงานที่เครื่องใช้ได้ ดังนี้

$$P = VI$$

$$P = 220 \text{ (โวลต์)} \times 11.33 \text{ (แอมป์)}$$

$$P = 2,492 \text{ วัตต์}$$

แสดงว่า พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพดใช้ในเวลา 1 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 2.49 กิโลวัตต์ชั่วโมง

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เวลาที่ใช้ในการฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์คือ 7 วินาที และเวลาพักหัวจ่ายคือ 4 วินาที และได้สบู่แบบสมบูรณ์ 7 ก้อน จากปริมาณทั้งหมดที่จะได้ 8 ก้อนที่ส่วนผสม 20 สูตร

2. เครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพดสามารถฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์ได้ 1,440 ก้อน สำหรับการผสมส่วนผสมที่ 10 , 20 และ 30 สูตร ภายในเวลา 1 ชั่วโมง

3. เครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพดใช้กำลังไฟฟ้าในการทำงานเท่ากับ 2.49 กิโลวัตต์ชั่วโมง

ปัญหาที่พบ

1. ปริมาณน้ำสบู่ที่ออกจากหัวจ่ายแต่ละครั้งไม่ครบทั้ง 8 หัว

2. ปริมาณผลิตภัณฑ์สุดท้ายต่ำ เนื่องจากทำการทดสอบในปริมาณน้อย มีผลิตภัณฑ์ติดค้างที่ใบกวนและถังกวน ทำให้เกิดการสูญเสียของปริมาณผลิตภัณฑ์

3. การทำปฏิกิริยาของโซดาไฟกับน้ำทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นมาก เมื่อนำไปผสมกับส่วนผสมอื่น จึงทำให้อุณหภูมิของน้ำสบู่ค่อยๆ สูงขึ้น แม้ฮีทเตอร์จะไม่ทำงานแล้วก็ตาม

ข้อเสนอแนะ

1. การควบคุมการไหลของน้ำสบู่ควรทำการควบคุมหัวต่อหัว เพราะจะทำให้ควบคุมปริมาณของน้ำสบู่ได้ตามที่ต้องการ

2. ควรทดสอบหาอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อใช้ควบคุมฮีทเตอร์ เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมเมื่อเกิดความร้อนจากการทำปฏิกิริยาของโซดาไฟกับน้ำ

3. ควรหาเวลาฉีดน้ำสบู่ลงแม่พิมพ์และเวลาพักหัวจ่ายทุกสูตร ทั้งส่วนผสมที่ 10 , 20 และ 30 สูตร

4. ควรใช้ปั๊มแบบโรตารีลอน เพื่อให้อัตราการไหลดีขึ้น

5. ส่วนผสมของสบู่มีส่วนสำคัญต่อความหนืดของน้ำสบู่ โดยจะต้องใช้น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ 100 %

เอกสารอ้างอิง

จำรูญ ตันติพิศาลกุล. 2542. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 2. ว.เพ็ชรสกุล, กรุงเทพฯ. 328 น.

ชุติมา คชวัฒน์. 2545. สบู่ข้าวโพด. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:
http://www.libsever.dor.go.th/main.itda/product/prod_44.htm

นิรนาม. 2544. อาร์ทีดี, น. 54-58. ใน เอกสารการวัดและเครื่องมือวัด. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี

นิรนาม. 2545. โซดาไฟ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:
http://www.nice.labour.go.th/ChemicalSheet/1310-73-2.HTML

บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ. 2524. ไฟฟ้าเบื้องต้น. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

เมธินี เห่วซึ่งเจริญ. 2535. วิศวกรรมอาหารเล่ม 1. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 239 น.

วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล. 2538. คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ. 322 น.

วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ. 506 น.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2543. ข้าวโพด. ใน เอกสารคำแนะนำพันธุ์ข้าวโพด. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, นครสวรรค์

อนุตร จำลองกุล. 2543. การเลือกใช้งานและติดตั้งเครื่องสูบ เครื่องอัด พัดลม. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี. 164 น.

Eric,C.G.,and L.B.,David, 1988 Handbook of Applied Thermal Design. McGraw-Hill Book co.Ltd., New York. USA. 525 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพแสดงส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด

1. ภาพเครื่อง
2. ภาพแยกชิ้นส่วน
3. โครงเหล็ก
4. ถังกวน
5. ฝาปิดฮีทเตอร์
6. เพลาใบกวน
7. ฝาปิดถังกวน
8. ฐานวางมอเตอร์ใบกวน
9. จานหมุน
10. เพลาจานหมุน
11. หัวจ่าย
12. ฮีทเตอร์

ภาคผนวก ข

ตารางผนวกที่ ข.1 แสดงจำนวนสบู่ที่ได้แบบเต็มแม่พิมพ์ ไม่เต็มแม่พิมพ์ และล้นแม่พิมพ์ ที่ส่วนผสม 10 , 20 และ 30 สูตร

ส่วนผสม (สูตร)	ครั้งที่	เต็มพิมพ์		ไม่เต็มพิมพ์		ล้นพิมพ์	
		จำนวน (ก้อน)	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวน (ก้อน)	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวน (ก้อน)	น้ำหนัก (กรัม)
10	1	6	458	2	131	-	-
	2	6	465	2	134	-	-
	3	7	548	1	74	-	-
	4	7	542	1	68	-	-
	5	8	602	-	-	-	-
	6	6	476	2	132	-	-
	7	7	534	1	71	-	-
	8	7	542	1	69	-	-
	9	7	527	1	72	-	-
	10	6	457	2	132	-	-
	11	-	-	8	486	-	-
20	1	7	525	1	68	-	-
	2	6	452	1	69	1	81
	3	7	529	1	71	-	-
	4	8	602	-	-	-	-
	5	7	527	1	72	-	-
	6	8	604	-	-	-	-
	7	7	528	1	70	-	-
	8	7	525	1	73	-	-
	9	7	527	1	74	-	-
	10	7	531	1	74	-	-

ตารางผนวกที่ ข.1 (ต่อ) แสดงจำนวนสบู่ที่ได้แบบเต็มแม่พิมพ์ ไม่เต็มแม่พิมพ์ และล้นแม่พิมพ์ ที่ส่วนผสม 10 , 20 และ 30 สูตร

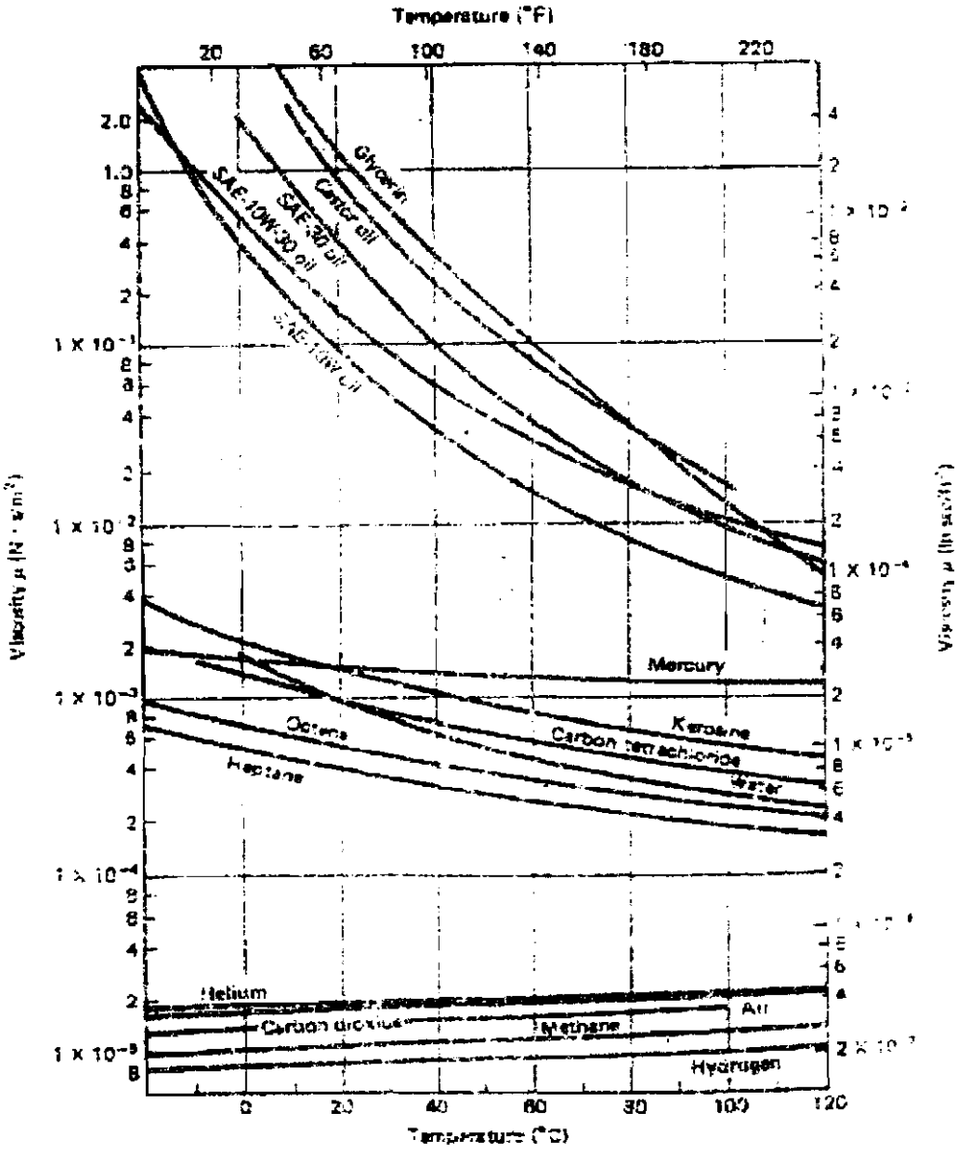
ตารางผนวกที่ ข.1 (ต่อ) แสดงจำนวนสบู่ที่ได้แบบเต็มแม่พิมพ์ ไม่เต็มแม่พิมพ์ และล้นแม่พิมพ์ ที่ส่วนผสม 10 , 20 และ 30 สูตร

ส่วนผสม (สูตร)	ครั้งที่	เต็มพิมพ์		ไม่เต็มพิมพ์		ล้นพิมพ์	
		จำนวน (ก้อน)	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวน (ก้อน)	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวน (ก้อน)	น้ำหนัก (กรัม)
30	13	7	525	1	72	-	-
	14	6	451	2	148	-	-
	15	6	455	2	147	-	-
	16	5	376	3	222	-	-
	17	6	452	2	146	-	-
	18	5	375	3	220	-	-
	19	6	453	2	145	-	-
	20	6	452	2	149	-	-
	21	7	538	1	69	-	-
	22	6	454	2	144	-	-
	23	6	451	2	146	-	-
	24	7	525	1	70	-	-
	25	6	450	2	145	-	-
	26	5	384	3	200	-	-
	27	5	377	3	210	-	-
	28	4	302	4	274	-	-
	29	2	151	6	408	-	-
	30	-	-	8	544	-	-

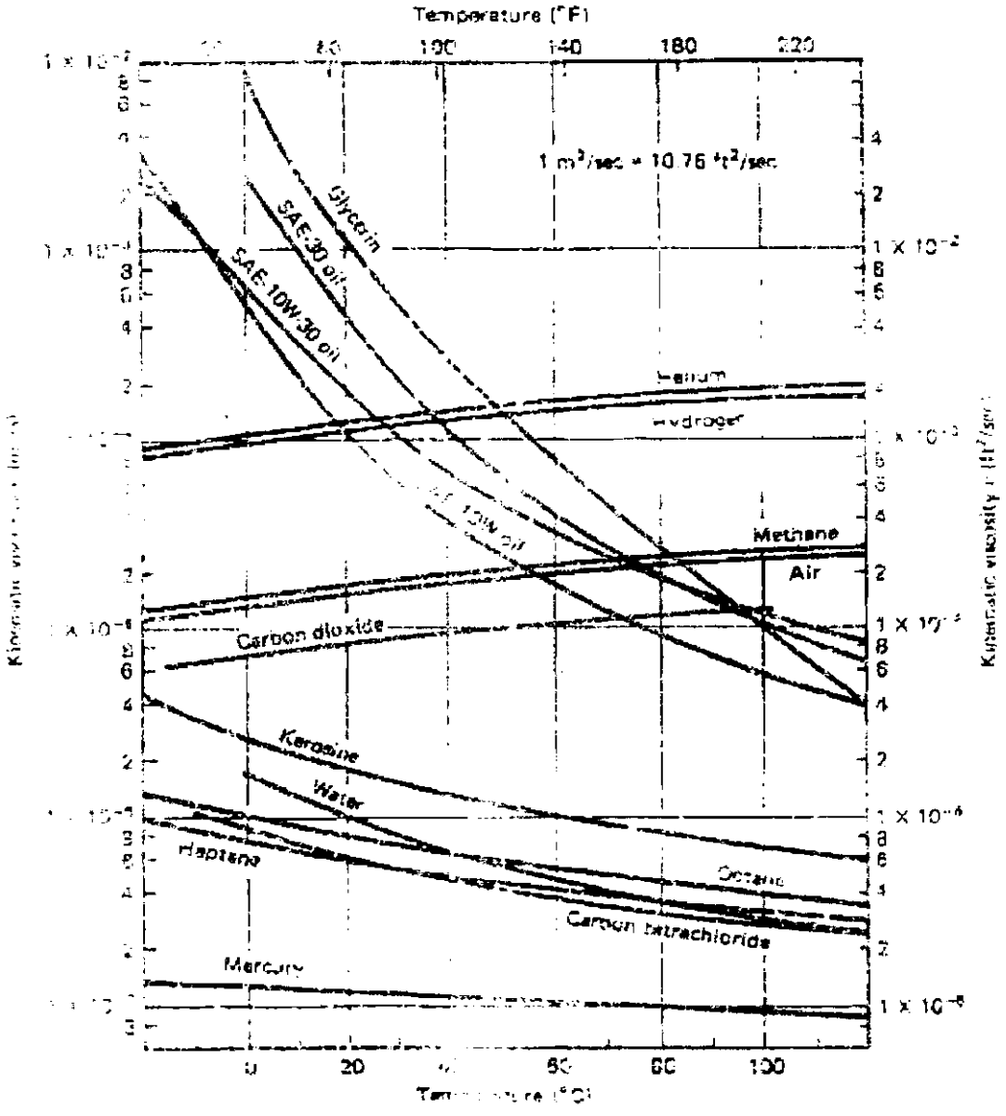
ตารางผนวกที่ ข.2 แสดงชนิดของใบกวน

ชนิดของใบกวน	D_f/D_i	H_f/D_i	H_i/D_i	แผ่นกัน		เส้นโค้ง
				จำนวนแผ่น	W_f/D_i	หมายเลข
กังหันแบบมีแผ่นกลมปิดด้านบน ชนิด 16 ใบ, $H_f/D_i = 0.35$, $W_f/D_i = 0.1$	2.3	2.5	0.75	4	0.11	2
ใบกวนแบบใบพาย, $W_f/D_i = 0.25$	3	3	1	4	0.10	3
ใบกวนแบบใบพาย, $W_f/D_i = 0.25$	3	3.2	0.33	0	-	4
ใบกวนแบบใบพัดโดยมีพิทช์ = D_i	3	3	1	4	0.10	5

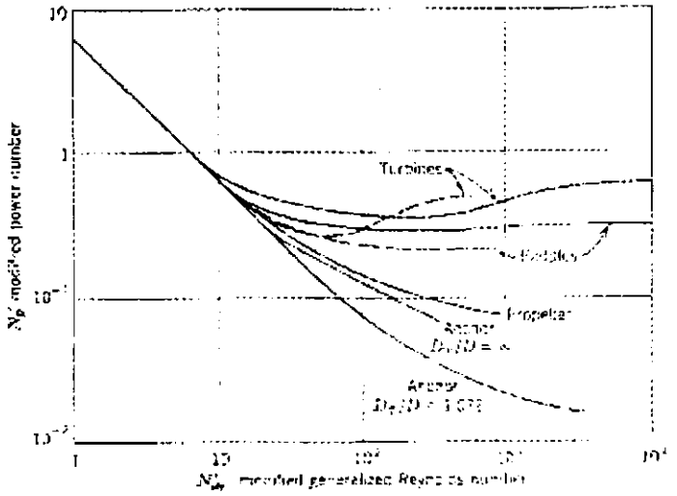
ภาคผนวก ค



<u>ภาพผนวกที่ ค.1</u> ค่า viscosity (μ) as a function of temperature.



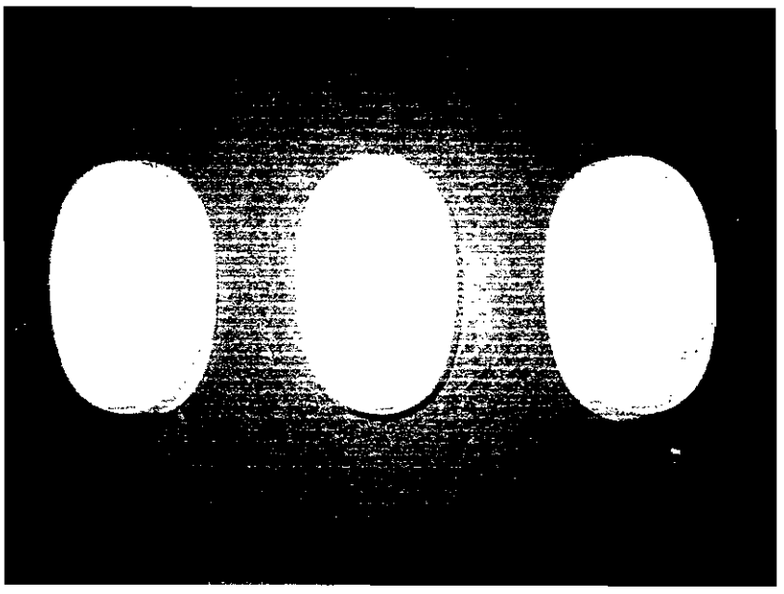
ภาพผนวกที่ ค.2 ค่า Kinematic viscosity (V) as a function of temperature.



ภาพผนวกที่ ค.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง modified generalized Reynolds number กับ modified power number

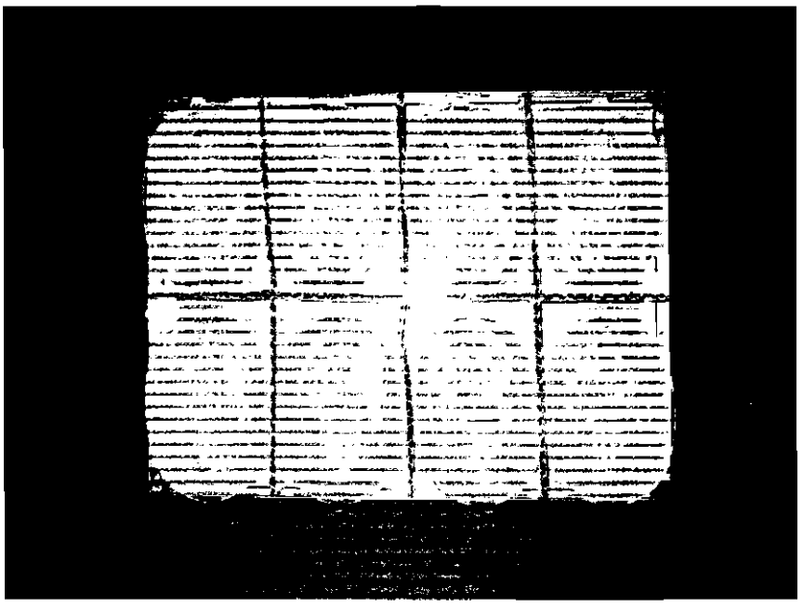
(ก) (ข) (ค)

ภาพผนวกที่ ค.4 แสดงก้อนสบู่ข้าวโพดที่ได้จากการทดสอบ โดย
(ก) ไม่เต็มพิมพ์ (ข) เต็มพิมพ์ (ค) ล้นพิมพ์

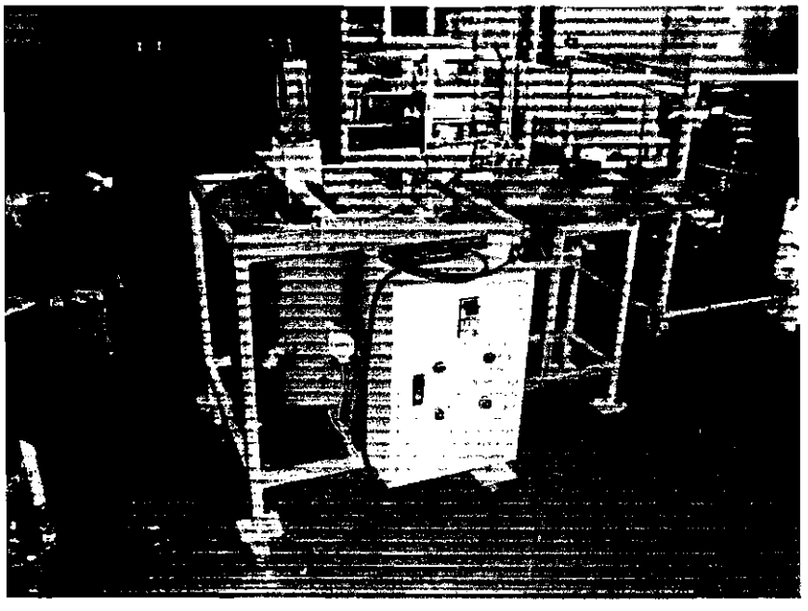


ภาพผนวกที่ ค.5 แสดงภาพด้านหน้าของก้อนสบู่ข้าวโพดที่ได้จากการทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ



ภาพผนวกที่ ค.6 การเตรียมแม่พิมพ์สบู่ข้าวโพดที่ใช้ในการทดสอบ



ภาพผนวกที่ ค.7 ภาพเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสบู่ข้าวโพด