รายงานการวิจัย

เครื่องผลิตเส้นขนมจีนในขั้นตอนเดียว

Chinese Noodles Making Machine in One Ste

นาบประทีป ทิพย์ประชา

นายอเนก ไทยกุล

060968
641.5
ป177
2553

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย ประเภทอุดหนุนทั่วไปประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551

หัวข้อวิจัย เครื่องผลิตเส้นขนมจีนในขั้นตอนเดียว
โดย นายประทีป ทิพย์ประชา
นายอเนก ไทยกุล
สาขาการวิจัย วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมการวิจัย
หน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ปีงบประมาณ 2551

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการผลิตเส้นขนมจีนในประเทศไทย เป็นทางเลือกหนึ่งในอุตสาหกรรมขนาดย่อม หรือ SME ที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมเศรษฐกิจในช่วงที่เศรษฐกิจมีปัญหาอยู่ขณะนี้ เนื่องจากเป็นการส่งเสริมผู้ประกอบการขนาดย่อมให้สามารถประกอบอาชีพได้ โดยปกติกระบวนการการผลิตเส้นขนมจีนนั้นมีขั้นตอนหลัก ๆ อยู่ 4 ขั้นตอน คือ การนึ่งแป้ง การนวดแป้ง การอัดเส้น และการต้มเส้น จึงจะออกมาเป็นเส้นขนมจีนที่เรารับประทานกันอยู่ทุกวันนี้ โดยในกระบวนการดังกล่าวนี้จะต้องใช้กำลังคน 2-3 คนขึ้นไปในการทำ แล้วแต่ขนาดระบบ จึงจะทำงานต่อเนื่องกันได้ โดยการทำงานตามลำดับขั้นดังกล่าวจำเป็นต้องใช้พลังงานความร้อนในการนึ่งและต้ม และยังต้องใช้แรงงานคนในแต่ละขั้นตอน ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพรวมถึงการสิ้นเปลืองพลังงาน ทำให้ไม่มีประสิทธิผลเท่าที่ควร ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบการผลิตเส้นขนมจีนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในด้านพลังงานและจัดลำดับขั้นการทำงานให้เหมาะสมโดยใช้คนดำเนินการเพียงคนเดียว โดยการรวมเอากระบวนการนึ่งและนวดแป้งเข้าไว้ในขั้นตอนเดียวซึ่งอาศัยไอน้ำร้อนจากการต้มเส้นขนมจีนมาใช้ประโยชน์ในการนึ่งและนวดแป้ง เป็นการลดขั้นตอนการผลิต เวลาในการทำงาน กำลังคน และเป็นการใช้พลังงานความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อันส่งผลในแง่ของต้นทุนการผลิตที่ลดลงต่อไป ซึ่งการทำงานของระบบจะให้ความร้อนแก่หม้อต้มเส้นขนมจีนซึ่งจะส่งผลให้เกิดไอน้ำขึ้น (ปกติไอน้ำนี้จะปล่อยทิ้งไป) จึงนำเอาไอน้ำนี้ส่งไปเข้าถังนวดแป้งทำการนึ่งแป้งไปในขณะที่กำลังนวดแป้งจนกว่าจะได้แป้งที่มีความหนืดเหมาะต่อการอัดเส้น แล้วส่งแป้งเข้าอัดเป็นเส้นและลงหม้อต้มเส้นต่อไป เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวสามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง จากการทดลองพบว่าระบบดังกล่าวสามารถผลิตเส้นขนมจีนได้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งลดขั้นตอนและเวลาในการทำงานลงได้ไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้กำลังคนเพียงคนเดียว

Abstract

Knmhin manufacturing industries in Thailand. An alternative to a small industry or SME. Appropriate to support the economy during the economic problems now. Typically, manufacturing processes Knmhin there are four major process step is to steam flour, the thresh flour, stuffing the line and line cooking. In the process, this requires manpower to 2-3 people to do. Depending on system size. Has continued to work together. The procedure works by the need to use thermal energy to steam and boil. It also requires workers who in each step. It harmful to health including more power consumption. That makes no effective as hoped. The research is to develop the concept to production Knmhin in low energy consumption and sequence work properly. Using only one action. The process combines steam and thresh flour into a single step based on heat from the steam boiler Knmhin utilized in the steam and thresh flour step. This reduces manufacturing steps. Time work force and the use of thermal energy more efficiently. The result in terms of lower production costs continue. The functionality of the system will provide heat to the cooking pot. This will result in more steam. (Normally steam is vent to surrounding), so bring steam into tanks was sent to thresh flour to make dough steam while thresh flour until the dough viscosity suitable to compression line. Send flour to the line and press down to cooking pot. Process is completed. That the process can continue. From the trial showed that the system can produce Knmhin continued. Also reduce the process time and work more than 30 percent and using manpower only one.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องเครื่องผลิตเส้นขนมจีนในขั้นตอนเดียว สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิศวกรรมเครื่องกล ในการใช้สถานที่ เครื่องมือ เครื่องจักรต่าง ๆ และบุคลากรในสาขา ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือด้านต่าง ๆ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยประเภทอุดหนุนทั่วไปประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

บทคัดย่อ ค

กิตติกรรมประกาศ จ

สารบัญ ฉ

สารบัญตาราง ช

สารบัญรูปภาพ ซ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 วัตถุประสงค์โครงการวิจัย 1

1.2 ขอบเขตโครงการวิจัย 1

1.3 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย 3

1.6 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 การทำเส้นขนมจีนและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรรมวิธีในการทำเส้นขนมจีน 4

2.2 เพลา 8

2.3 แบริ่งลูกปืน 12

2.4 สายพาน 17

2.5 มอเตอร์ 22

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบ 34

3.2 การทดลองผลิตเส้นขนมจีน 39

บทที่ 4 ผลการวิจัย 44

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 47

5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการวิจัยต่อไป 47

บรรณานุกรม 49

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ความเค้นเฉือนสำหรับออกแบบเพลาส่งกำลังซึ่งทำจากเหล็กตาม ASME CODE	12
2-2 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	14

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน	2
2-1 แป้งสำเร็จภาพที่ใช้ในการทำเส้นขนมจีน	5
2-2 การนึ่งแป้งเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติความเหนียวของเนื้อแป้ง	5
2-3 ลักษณะของแป้งที่ผ่านการนึ่ง	6
2-4 การนำแป้งที่ผ่านการนึ่งเข้าเครื่องตีแป้ง	6
2-5 ลักษณะของแป้งที่ผ่านการตีจนเป็นเนื้อเดียวกัน และได้ความหนืดที่เหมาะสม	7
2-6 การนำแป้งที่ผ่านการตีจนมีความหนืดที่เหมาะสมใส่ในเครื่องอัดเส้น	7
2-7 ลักษณะเส้นขนมจีนที่ผ่านออกจากเครื่องอัดลงสู่น้ำเดือด	7
2-8 การตักเส้นขนมจีนที่ต้มสุกแล้วออกจากกระทะต้ม	8
2-9 เส้นขนมจีนที่ผ่านการต้มจนสุก	8
2-10 แสดงแบริ่งลูกปืน	12
2-11 แสดงภาพตัดของบอลแบริ่ง	13
2-12 แสดงภาพตัดของโรลเลอร์แบริ่ง	14
2-13 แสดงบอลทรัสต์แบริ่ง	15
2-14 แสดงโรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง	15
2-15 แสดงเทเปอร์โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง	15
2-16 แสดงแบริ่งลูกปืนตุ๊กตา	16
2-17 สายพานแบนแบบเปิด	18
2-18 สายพานแบนแบบเปิดมีล้อกดสายพาน	18
2-19 สายพานแบนแบบไขว้	19
2-20 สายพานแบนแบบกึ่งไขว้	19
2-21 สายพานแบนแบบไขว้มีล้อกดสายพาน	20
2-22 รูปหน้าตัดของสายพานลิ่ม มาตรฐาน	20
2-23 รูปหน้าตัดของสายพานลิ่มหน้าแคบ	21
2-24 รูปการส่งกำลังด้วยอัตราทดชั้นเดียว	21
2-25 การส่งกำลังด้วยอัตราทดหลายชั้น	22
2-26 แสดงการต่อความต้านทานจากภายนอกเข้ากับโรเตอร์แบบพันขดลวด	25
2-27 แสดงการจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	26
2-28 แสดงรูปคลื่นไซน์ของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นโดยกระแสไฟฟ้า 3 เฟส	26
2-29 แสดงการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส 2 ขั้ว	27

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2-30 แสดงทิศทางการเกิดของกระแสไฟฟ้าในโรเตอร์ของมอเตอร์	29
2-31 แสดงคลื่นของกระแสไฟฟ้าที่สเตเตอร์และโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	30
2-32 แสดงตำแหน่งการวางขดลวดของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว	30
2-33 แสดงวงจรของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิดค่าเดียว	31
2-34 แสดงคุณลักษณะระหว่างแรงบิดกับเปอร์เซ็นต์ความเร็วของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์	32
2-35 แสดงวงจรการกลับทิศทางการหมุนของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิดค่าเดียว	32
2-36 แสดงวงจรของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิด 2 ค่า	33
3-1 ลักษณะถังนวดแป้ง	36
3-2 ลักษณะแกนเพลานวดแป้ง	36
3-3 แสดงแบบโครงสร้างของถังไอน้ำ	37
3-4 โครงสร้างที่ใช้ในการยึดอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าเป็นชุดเดียวกัน	38
3-5 เครื่องผลิตเส้นขนมจีนเมื่อทำการประกอบเข้าด้วยกันพร้อมใช้งาน	38
3-6 แป้งสำเร็จรูปในถังนวดแป้ง	39
3-7 แป้งสำเร็จภาพที่กำลังนวดพร้อมทำการนึ่งด้วยไอน้ำจากขั้นตอนการต้มเส้น	40
3-8 แป้งที่ผ่านการนวดและนึ่งจนพร้อมที่จะอัดเป็นเส้น	40
3-9 การกรองแป้งก่อนทำการอัดเส้น	41
3-10 การอัดเส้นขนมจีนลงในกระทะต้มเส้น	41
3-11 เส้นขนมจีนที่สุกแล้วก่อนนำไปล้างน้ำสะอาด	42
3-12 เส้นขนมจีนที่สุกแล้วนำไปล้างน้ำสะอาด	42
3-13 เส้นขนมจีนที่ได้จากเครื่องผลิตเส้นขนมจีนในขั้นตอนเดียว	43
4-1 แป้งที่ได้รับการนวดและนึ่งไปพร้อม ๆ กัน	44
4-2 การอัดเส้นขนมจีนหลังจากการนึ่งและนวดเรียบร้อยแล้ว	45
4-3 เส้นขนมจีนที่ผ่านการต้มเรียบร้อยแล้ว	45
4-4 เส้นขนมจีนพร้อมรับประทาน ที่ได้จากเครื่องผลิตเส้นขนมจีนนี้	46
5-1 แผนภาพเปรียบเทียบกระบวนการผิดเส้นขนมจีน	48

บทที่ 1
บทนำ

การผลิตขนมจีนในประเทศ ไทยเริ่มมาแต่เมื่อใดนั้นไม่มีหลักฐานปรากฏแน่ชัด เข้าใจว่ามีการทำขนมจีนบริโภคกันมาช้านานแต่โบราณ ที่จัดหวัดพระนครศรีอยุธยา มีคลองชื่อคลองขนมจีน และคลองน้ำยาปรากฏอยู่ การบันทึกเกี่ยวกับขนมจีนเริ่มมา ตั้งแต่สมัยกรุงรัตนโกสินทร์ตอนต้นในแผ่นดินสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช ซึ่งมีการทำขนมจีนเลี้ยงเป็นงานใหญ่ ต่อมาในแผ่นดินสมเด็จ พระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว ก็มีการกล่าวถึงขนมจีนกันอีก โดยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว รับสั่งว่าขนมจีนมิใช่เป็นของชาวจีนแต่ชื่อเป็นจีนเท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้แน่ใจว่าเป็น ของคนไทยทำ

การผลิตเส้นขนมจีนเมื่อในอดีตนั้นจะอาศัยแรงคนในการทำทั้งหมด โดนเริ่มจากการนำข้าวจ้าวมาทำแป้งแล้วหมักก่อนจะนำแป้งไปต้มเพื่อให้แป้งนั้นสุกพอประมาณ เพื่อให้เกิดความเหนียวนุ่ม แล้วนำมาทำการนวดเพื่อให้แป้งนั้นเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด จากนั้นจะนำไปเข้าเครื่องอัดเส้นแล้วนำเส้นที่ได้ต้มจนสุก จึงนำไปล้างน้ำแล้วจัดรูปแบบเพื่อเก็บในภาชนะ ซึ่งขั้นตอนทั้งหมด ที่ทำนั้นจะต้องใช้ทั้งเวลาและกำลังคนที่มากและหลายขั้นตอน ปัจจุบันนี้ได้มีการทำแป้งสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการทำเส้นขนมจีนโดยเฉพาะ แต่ยังต้องมีขั้นตอนในการนำแป้งมานึ่งให้สุกพอประมาณเพื่อให้แป้งเกิดความเหนียว แล้วจึงนำแป้งไปนวด ก่อนจะนำเข้าเครื่องอัดเป็นเส้นแล้วจึงทำการต้มเส้นขนมจีนที่ได้ตามกระบวนการผลิต ซึ่งขั้นตอนในการนึ่งแป้งกับการทำเส้นยังคงต้องแยกกันทำและใช้แรงงานคนหลายคนในการผลิต เนื่องจากการโยกย้ายแป้งที่ทำการนึ่งนั้นร้อนจึงเป็นงานที่อันตรายพอสมควร

จากเหตุผลดังกล่าว หากสามารถที่จะทำให้การผลิตเส้นขนมจีนนั้นสามารถผลิตได้ในขั้นตอนเดียว คือการเอาแป้งสำเร็จรูปใส่เข้าไปในเครื่องแล้วผลิตเส้นขนมจีนออกมาเลย จะเป็นการลดขั้นตอน และแรงงานตามกระบวนการต่าง ๆ ได้ รวมถึงการลดเวลาและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางในการสร้างเครื่องผลิตเส้นขนมจีน ที่สามารถผลิตเส้นขนมจีนได้ในขั้นตอนเดียวโดยที่สามารถทำงานได้ด้วยคนเพียงคนเดียวขึ้นมา

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

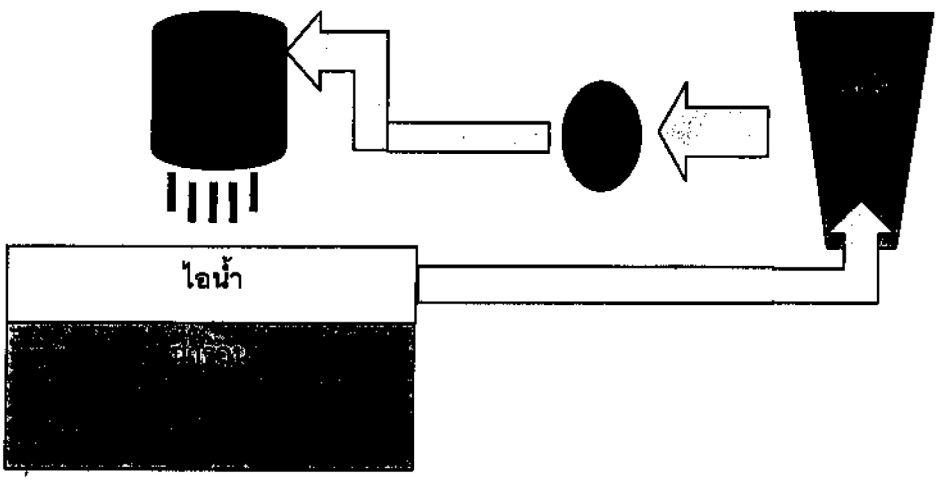
1. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องผลิตเส้นขนมจีน
2. เพื่อสร้างเครื่องผลิตเส้นขนมจีนในขั้นตอนเดียว
3. เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องผลิตเส้นขนมจีน

1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

สร้างเครื่องผลิตเส้นขนมจีนได้ในขั้นตอนเดียวโดยอาศัยกำลังคนเพียงคนเดียว

1.3 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

จากกรรมวิธีในการทำเส้นขนมจีนที่กล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นว่าขั้นตอนการทำจะต้องมาการให้ความร้อนแก่แป้ง 2 ครั้ง คือการนึ่งแป้ง และการต้มเส้นขนมจีน ซึ่งสองขั้นตอนนี้กระทำไม่พร้อมกัน เป็นการสูญเสียพลังงานไปมากกว่าการที่จะให้แป้งนั้นได้รับความร้อนจากแหล่งเดียวกันเพื่อให้เกิดผลสองประการ คือทั้งการนึ่งแป้งและการต้มเส้นขนมจีน ดังนั้นแนวทางที่จะทำการวิจัยในครั้งนี้จึงทำการออกแบบเพื่อให้การหมุนเวียนของแป้งที่เข้าไปในระบบนั้นได้รับความร้อนพร้อม ๆ กัน แล้วเสร็จสิ้นกระบวนการในขั้นตอนเดียว คือไม่ต้องมีการขนถ่ายแป้งจนกว่าจะเสร็จออกมาเป็นเส้นขนมจีน ดังนั้นในขั้นตอนการนวดแป้งจะทำขั้นตอนการนึ่งแป้งเข้ามาอยู่ในขั้นเดียวกันโดยนำไอน้ำจากการต้มเส้นมาทำการนึ่งแป้งในขณะนวดแป้งให้แป้งนั้นสุกจนเหนียวสามารถที่จะอัดให้เป็นเส้นได้



ภาพที่ 1.1 แสดงกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องผลิตเส้นขนมจีน
- เป็นการลดกำลังคน โดยอาศัยกำลังคนเพียงคนเดียว
- เป็นการสร้างเครื่องผลิตที่มีอยู่แล้ว มาพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุดและคุ้มค่ากว่า
- ผู้ที่จะนำไปใช้ประโยชน์ คือ ผู้ผลิตเส้นขนมจีนที่มีอยู่ทั่วในประเทศไทย

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้
2. ออกแบบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ เพื่อทำการสร้างเครื่องผลิตเส้นขนมจีนในขั้นตอนเดียว
3. ทดสอบการทำเส้นขนมจีน
4. ปรับปรุงแก้ไข
5. นำไปใช้ผลิตเส้นขนมจีน

1.6 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถผลิตเส้นขนมจีนโดยอาศัยกำลังคนเพียงคนเดียว
- สามารถลดขั้นตอนในการผลิตเส้นขนมจีนที่เกิดจากการขนย้ายโดยการยก จึงทำให้ลดปัญหาทางด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน
- สามารถประหยัดเวลาในการผลิต เป็นผลให้สามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีคุณค่า
- เกิดสุขอนามัยในการทำงาน

บทที่ 2
การทำเส้นขนมจีนและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรรมวิธีในการทำเส้นขนมจีน

ขนมจีน เป็นอาหารคาวอย่างหนึ่งของไทย ประกอบด้วยเส้นเรียกว่า เส้นขนมจีน และน้ำยา หรือน้ำยาขนมจีน เป็นที่นิยมทุกท้องถิ่นของไทย แต่มีการปรุงน้ำยาที่แตกต่างกันแม้ว่า ขนมจีน จะมีคำว่า "ขนม" แต่ก็ไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับขนมใดๆ ขณะเดียวกัน แม้จะมีคำว่า "จีน" แต่ก็ไม่ได้เกี่ยวข้องกับอาหารของจีน และแต่ละพื้นที่ก็มีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไป ภาคเหนือ เรียกว่า ขนมเส้น, ภาคอีสาน เรียกว่า ข้าวปุ้น, ภาคกลาง เรียกว่า ขนมจีน, ภาษาอังกฤษ อาจเรียกว่า **Thai Vermicelli** (Vermicelli) เป็นเส้นหมี่ชนิดหนึ่งของ อิตาลี่ คล้ายเส้นสปาเก็ตตี้แต่มีขนาดเล็กกว่า)

การคัดเลือกข้าวเพื่อใช้ทำเส้นขนมจีนนั้น ถือเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนโดยต้องคำนึงถึงปัจจัยเช่น พันธ์ข้าว แหล่งที่ปลูก วิธีการปลูก วิธีการสีข้าว และอายุการเก็บมีผลต่อสภาวะการของเนื้อสัมผัสของเส้นขนมจีน ข้าวที่นิยมนำมาใช้ทำเส้นขนมจีน ดังนี้

2.1.1 ข้าวเหลืองประทิวเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมือง ซึ่งเก็บรวงมาจากนาชาวนาในเพชรบุรี เมื่อ พ.ศ. 2498 แล้วนำไปปลูกคัดพันธุ์บริสุทธิ์ตามสถานีทดลองข้าวต่างๆ จนกระทั่งได้สายพันธุ์เปรี้ยว เมล็ดข้าวมีคุณภาพดีมาก ผ่านคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ได้เมื่อ ปี พ.ศ. 2508

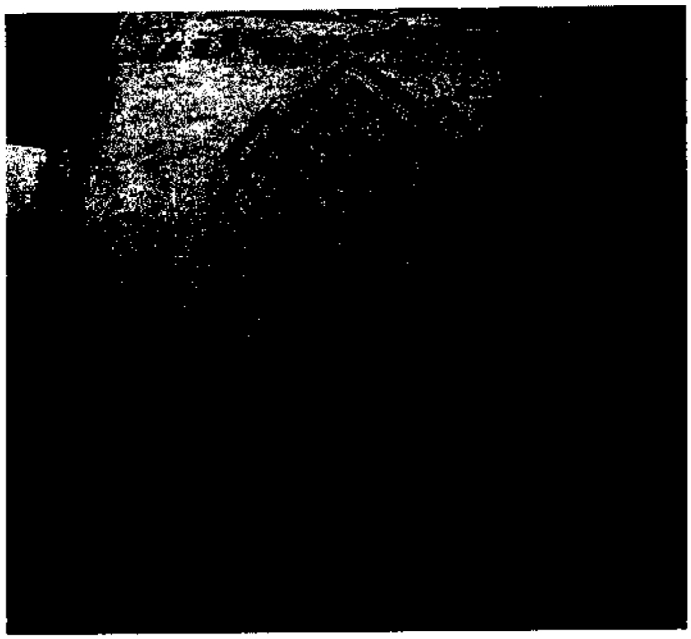
2.1.2 ข้าวตาแห้ง เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ชนะการประกวดเมื่อ พ.ศ. 2494 ได้นำไปปลูกคัดเลือกแบบคัดพันธุ์บริสุทธิ์ตามสถานีทดลองข้าวต่างๆ ทั่วประเทศ และได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ข้าว ให้ใช้ขยายพันธุ์ได้เมื่อ พ.ศ. 2499 และได้ยกเลิกไป

เมื่อ พ.ศ. 2506 เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ไม่ต้านทานโรค แต่เป็นพันธุ์ข้าวที่เมล็ดคุณภาพดี โรงสีรับซื้อและให้ราคาดี จึงเป็นที่นิยมปลูกของชาวนามาโดยตลอดและได้นำกลับมาให้ใช้ขยายพันธุ์ใหม่ในปี พ.ศ. 2506 จนถึงปัจจุบัน

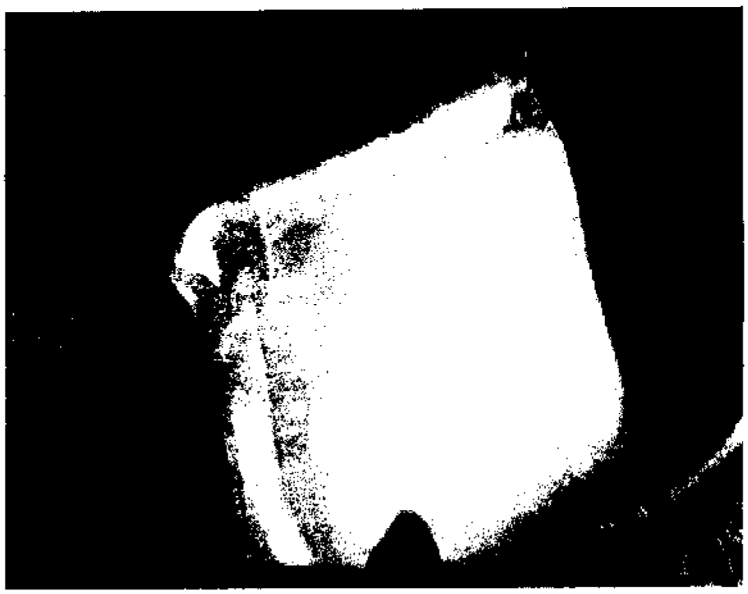
2.1.3 ข้าวชนิดปลายข้าวเจ้า หรือข้าวหัก หมายถึง เมล็ดข้าวเจ้าที่บางส่วนหักออกไปเพราะการสีข้าว ข้าวหักใหญ่ (Big Broken) หมายถึง เมล็ดข้าวที่บางส่วนหักออกไปเพราะการสีข้าว และคงเหลือเมล็ดยาว 5 ส่วนขึ้นไปของเมล็ดเต็ม แต่ไม่ถึง 8 ส่วน ตามขนาดของเมล็ดที่เรียกว่า ต้นข้าว ข้าวหัก (Broken) เมล็ดข้าวที่หักมาก เหลือเมล็ดขนาดความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนแต่ไม่ถึง 5 ส่วน ของเมล็ดเต็ม ปลายข้าว (Small Broken) หมายถึง เมล็ดข้าวที่ได้หลังการสี เมล็ดข้าวหักมากกว่าชนิดที่ 2 โดยมีขนาดความยาวต่ำกว่า 2.5 ส่วนของเมล็ด

การทำเส้นขนมจีนในปัจจุบันเริ่มจากการนำแป้งสำเร็จรูป (ภาพที่ 2-1) มาทำการนึ่งประมาณ 30 นาที ให้แป้งนั้นสุกพอประมาณเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้แป้งนั้นเหนียวขึ้น (ภาพที่ 2-2) ซึ่งการสุกของแป้งจะสุกเฉพาะบริเวณภายนอกของก้อนแป้งที่ทำการนึ่งเท่านั้น (ภาพที่ 2-3) จากนั้นจะนำแป้งที่ผ่านการนึ่งแล้วไปเข้าเครื่องตีแป้งเพื่อให้แป้งนั้นเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด

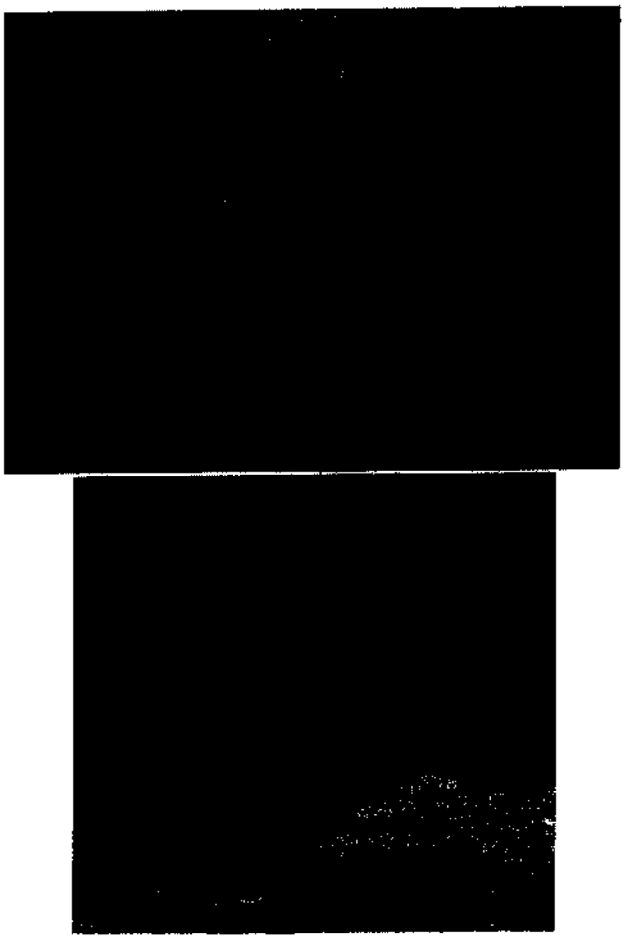
และมีความหนืดที่เหมาะสม (ภาพที่ 2-4) แล้วจึงนำเนื้อแป้งที่ดีจนเป็นเนื้อเดียวกัน (ภาพที่ 2-5) แล้วเทเข้าเครื่องอัด เพื่อทำการอัดให้เป็นเส้น (ภาพที่ 2-6) ก่อนจะต้มในน้ำเดือดจนสุก (ภาพที่ 2-7) จึงนำเส้นขนมจีนที่ได้ไปล้างน้ำเย็นที่สะอาด (ภาพที่ 2-8) แล้วจัดวางใส่ภาชนะบรรจุเพื่อนำไปจำหน่ายได้ต่อไป (ภาพที่ 2-9)



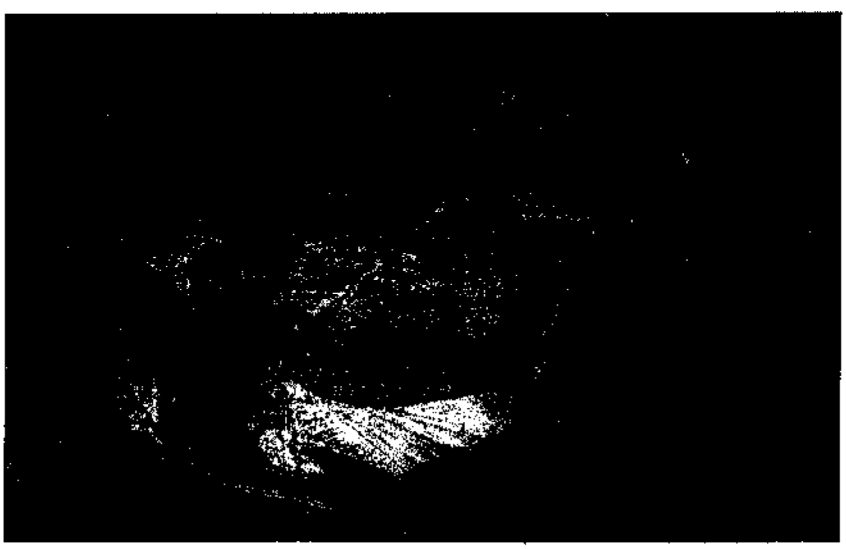
ภาพที่ 2-1 แป้งสำเร็จภาพที่ใช้ในการทำเส้นขนมจีน



ภาพที่ 2-2 การนึ่งแป้งเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติความเหนียวของเนื้อแป้ง

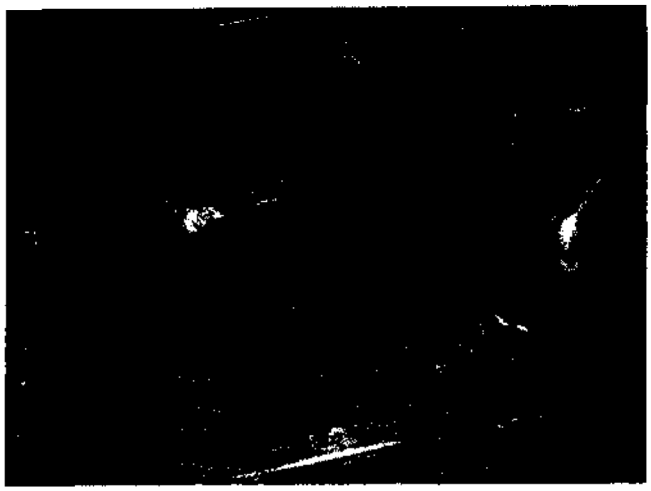


ภาพที่ 2-3 ลักษณะของแป้งที่ผ่านการนึ่ง
ซึ่งจะสังเกตเห็นเนื้อแป้งจะสุกเฉพาะบริเวณรอบนอกของก้อนแป้งเท่านั้น

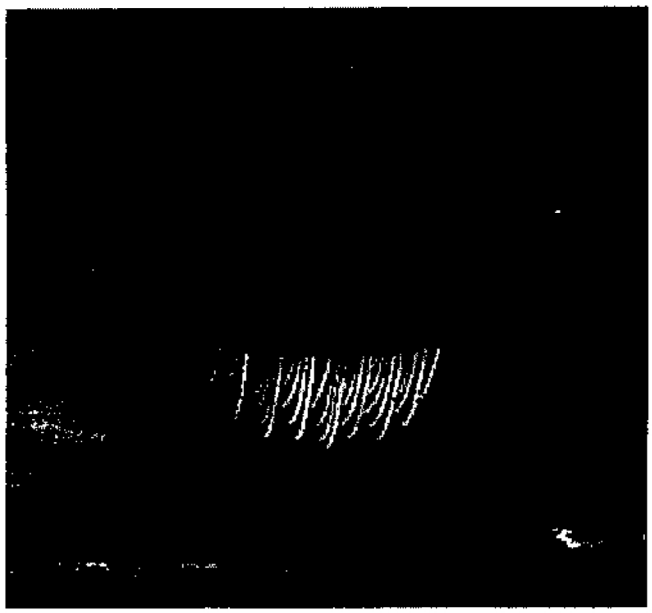


ภาพที่ 2-4 การนำแป้งที่ผ่านการนึ่งเข้าเครื่องตีแป้ง

ภาพที่ 2-5 ลักษณะของแป้งที่ผ่านการตีจนเป็นเนื้อเดียวกัน และได้ความหนืดที่เหมาะสม

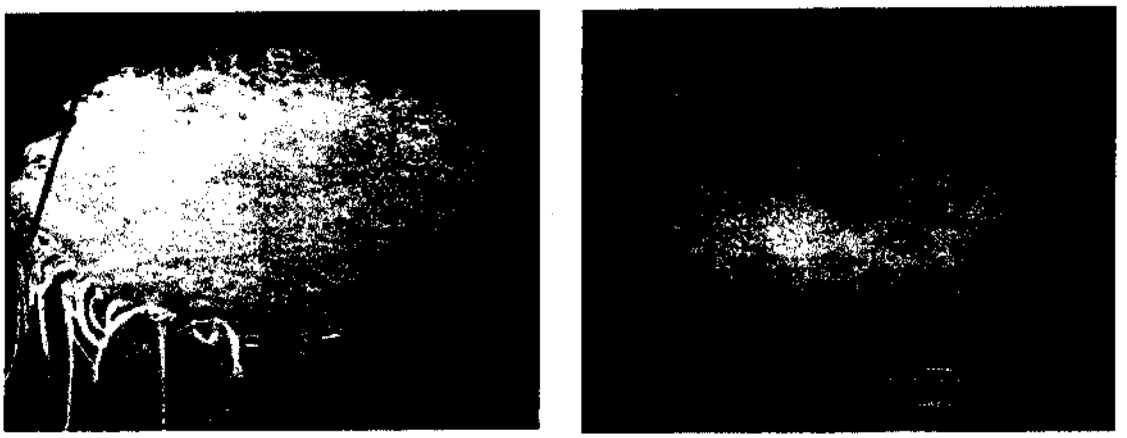


ภาพที่ 2-6 การนำแป้งที่ผ่านการตีจนมีความหนืดที่เหมาะสมใส่ในเครื่องอัดเส้น



ภาพที่ 2-7 ลักษณะเส้นขนมจีนที่ผ่านออกจากเครื่องอัดลงสู่น้ำเดือด

ภาพที่ 2-8 การตักเส้นขนมจีนที่ต้มสุกแล้วออกจากกระทะต้ม



ภาพที่ 2-9 (ซ้าย) เส้นขนมจีนที่ผ่านการต้มจนสุก ก่อนการล้างน้ำเย็นที่สะอาด
(ขวา) หลังจากล้างน้ำเย็นที่สะอาด แล้วจัดแต่งใส่ภาชนะบรรจุ
เพื่อนำไปจำหน่าย

2.2 เพลา

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง แกน (Axle) เป็นลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนนิยมเรียกกันว่าเพลาไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรืออยู่นิ่งก็ตาม

สพินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head-Stock Spindle)

สตับชาปต์ (Stub Shaft) หรือบางครั้งเรียกว่าเฮดชาฟต์ (Head Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ ที่มีขนาดและรูปร่างส่วนที่ยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่นๆ

เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลาเมน (Main Shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะ

แจ็คชาฟต์ (Jack Shaft) หรือเคาน์เตอร์ชาฟ (Counter Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

เพลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรืองอโค้งได้เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลงได้น้อย

เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด แรงดัดหรือแรงหลายๆอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วยแรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาอาจทำให้เพลาเกิดการเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องมีการออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะต่างๆนอกจากนั้นเพลายังจะต้องมีความแข็งเกร็ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดพายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดของเพลาเช่นกัน เพราะถ้าเพลามีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤต (Critical Speed) ของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลามีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลา เช่น บอลแบริ่ง (Ball Bearing) ก็ต้องมีการเยื้องแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่เหมาะกับเพลาด้วย

วัสดุที่ใช้ทำเพลาทั่วไปคือเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347, 3140, 4150, 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 ซ.ม. มักจะกลึงมาจากเหล็กคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

2.2.1 ความแข็งแรงของเพลา จะมีความสำคัญเมื่อแรงที่มากระทำเป็นแบบกระตุกและแบบวัฏจักร เพลาจะเกิดการเสียหายโดยการล้าในที่สุด และส่วนมากการเสียหายจะมีสาเหตุมาจากจุดที่มีความเค้นหนาแน่นสูงๆ เช่น ที่ร่องลิ่ม ร่องแหวน โคนเกลียวและอื่นๆ

2.2.2 ความแข็งแกร่งของเพลา เพลายาวๆ ที่อยู่ภายใต้โมเมนต์ดัดและโมเมนต์บิดควรพิจารณาความแข็งแกร่งเป็นหลักในการออกแบบถ้าเพลามีความแข็งแกร่งไม่พอ เช่น ระยะยุบตัวของเพลามากเกินกำหนดหรือมุมบิดของเพลาเกินค่าที่ยอมให้ได้เพลาจะเกิดการเสียหายขึ้น

2.2.3 ความเร็ววิกฤต ถ้าความเร็วของเพลาขณะที่ใช้งานมีค่าเท่ากับความถี่ธรรมชาติของเพลาเองเพลาจะเกิดการสั่นอย่างรุนแรง ทำให้เกิดการเสียหายได้มากที่สุด ความเร็วของเพลาดังกล่าวเรียกว่า ความเร็ววิกฤต ในการออกแบบเพลาเครื่องจักรกลที่หมุนด้วนความเร็วรอบสูงๆ ต้องออกแบบให้มีค่าความแข็งมาก นอกจากนี้เสื้อรองเพลาและโครงเครื่องจักรต้องมีความแข็งแรงสูงด้วย

2.2.4 ความเค้นที่เกิดขึ้นในเพลา เพลาที่ใช้ส่งกำลังจะอยู่ภายใต้โมเมนต์บิด โมเมนต์ดัด แรงในแนวแกน แรงเฉือนหรือผลรวมของภาระต่างๆ ที่กล่าวคือ ภาระที่กระทำกับเพลาเหล่านี้จะทำให้เกิดความเค้นขึ้นในเพลา

2.2.5 ความเค้นเนื่องจากโมเมนต์บิด พิจารณาเพลากลวงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d และ D ตามลำดับ หมุนส่งกำลัง P watt ด้วยความเร็ว N rpm อยู่ภายใต้ภาระชนิดต่างๆ โมเมนต์บิดหาได้จากสูตร

$$P = \frac{T(2\pi N)}{60}$$

$$T = \frac{60P}{(2\pi N)}$$

ดังนั้น ความเค้นเฉือนสูงสุดจะมีค่าเป็น

$$\tau_{MAX} = \frac{TR}{J} \qquad MN/m^2$$

$$= \frac{16T}{\{\pi D^3[1-(d/D)^4]\}} \qquad MN/m^2$$

ความเค้นเนื่องจากโมเมนต์ดัด M ในเพลามีค่าสูงสุดที่ผิวดังนี้

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

$$= \frac{32M}{\{\pi D^3[1-(d/D)^4]\}}$$

กำหนด

p = กำลังส่ง

T = แรงบิด

σ_{max} = ความเค้นสูงสุด

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา

N = ค่าความปลอดภัย

2.2.6 การพิจารณาในการออกแบบ

การคำนวณหาขนาดของเพลาที่พอเหมาะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำเพียงอย่างเดียวนั้นยังไม่เป็นการเพียงพอในการออกแบบ เช่น ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว (Cam Shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ต้องการให้มีตำแหน่งที่เที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลาจะต้องมีความแข็งแกร่งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนซึ่งมีผลทำให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น

ถึงแม้ว่าจะไม่มีมาตรฐานสำหรับพิกัดมุมบิดของเพลาไว้ก็ตามในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรกลทั่วไปไม่เกิน 0.3 องศาต่อความยาวเพลา 1.00 เมตร สำหรับเพลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มุมบิดได้ถึง 1 องศาต่อความยาวเพลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วจะให้มีมุมบิดได้ไม่เกิน 0.5 องศาตลอดความยาวของเพลา

ความแข็งแกร่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือความแข็งเกร็งทางด้านระยะโก่ง เพราะจะต้องใช้ระยะโก่งของเพลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างล้อสายพาน เฟือง โครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบริ่งสำหรับรองรับเพลาให้เหมาะสม ถ้าเพลามีระยะโก่งมากเกินไปจะทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสกันลดลง

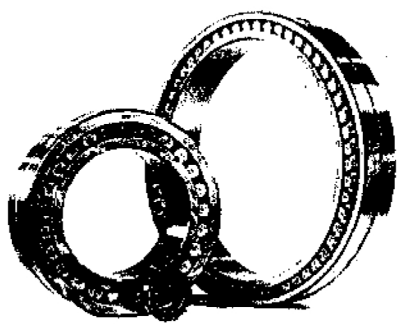
2.2.7 การออกแบบเพลาตาม ASME CODE ในปี พ.ศ. 2470 สภาวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา (ASME) ได้กำหนดโค้ด (CODE) สำหรับใช้ออกแบบเพลาส่งกำลังขึ้น โดยใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดเป็นหลัก และพิจารณาถึงอิทธิพลของลักษณะภาระที่กระทำต่างๆ เช่น แรงกระตุกหรือแรงกระแทกและแรงวัฏจักรต่างๆ ที่มีต่อเพลาโดยคิดเป็นแฟกเตอร์ของการกระตุกและการล้า (Shock and Fatigue Factor) คูณเข้ากับเทอมโมเมนต์ดัด (M) และโมเมนต์บิด (T) นอกจากนี้ถ้าเพลาอยู่ภายใต้แรงกดในแนวแกนเพลาก็จะมีคุณสมบัติเป็นเสาด้วย

ตารางที่ 2-1 ความเค้นเฉือนสำหรับออกแบบเพลาส่งกำลังซึ่งทำจากเหล็กตาม ASME CODE

ชนิดของเหล็กที่ใช้ทำเพลา	τ สำหรับภาระชนิดต่างๆ		
	โมเมนต์ดัด M	โมเมนต์บิดT	M+T
เหล็กรูปพรรณทั่วไป			
ไม่มีร่องลิ่ม	16,000	8,000	8,000
มีร่องลิ่ม	12,000	6,000	6,000
เหล็กชนิดพิเศษ			
ไม่มีร่องลิ่ม	$0.6\sigma_{yt}$ หรือ $< 0.36\sigma_{ut}$	$0.3\sigma_{yt}$ หรือ $< 0.18\sigma_{ut}$	
มีร่องลิ่ม	ลดค่าลง 25 % จากกรณีไม่มีร่องลิ่ม		

2.3 แบริ่งลูกปืน

แบริ่งลูกปืน คือ อุปกรณ์เครื่องจักรกล ซึ่งใช้ลูกบอลหรือลูกปืนรองรับเพลาหมุนเป็นอุปกรณ์ที่มีความเที่ยงตรงสูงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์จักรกลทั่วไป ดังนั้นในการติดตั้ง ใช้งานจำเป็นต้องมีความระมัดระวังอย่างเพียงพอ แบริ่งลูกปืนนี้ต่างจากแบริ่งแบบเลื่อน (Slip Bearing) กล่าวคือ แม้จะใช้ในสภาพที่เป็นอุดมคติ (Ideal Condition) ก็ยังอาจเกิดรอยขีดข่วนหรือแตกร้าวที่ลูกปืน เนื่องจากความล้าได้ การติดตั้งหรือการใช้งานที่ไม่เหมาะสม ยังทำให้อายุการใช้งานลดลงไปอย่างมาก ดังนั้น การปรับแต่งและการตรวจสอบจึงมีความสำคัญเพื่อให้สามารถตรวจพบสิ่งผิดปกติได้อย่างรวดเร็ว ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุได้ล่วงหน้า



ภาพที่ 2-10 แสดงแบริ่งลูกปืน

ตลับลูกปืนทำหน้าที่ลดความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส ทำให้สามารถลดปริมาณพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรและเนื่องจากความเสียดทานที่ลดลงจึงช่วยเพิ่มสมรรถนะในการทำงานของเครื่องจักร ลดการสึกหรอ มีผลให้การดูแลรักษาง่ายขึ้น

2.3.1 การเรียกขนาด

หน่วย : มิลลิเมตร (mm)

รูใน ×วงนอก×ความหนา

ขนาด : 12 × 18 × 4 (mm)

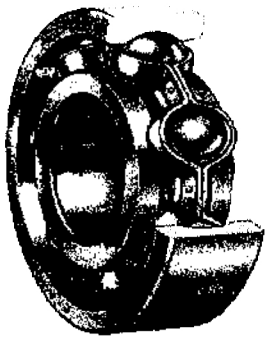
หน่วยนิ้ว : Inch

รูใน×วงนอก × ความหนา

2.3.2 ชนิดของแบริ่งลูกปืน

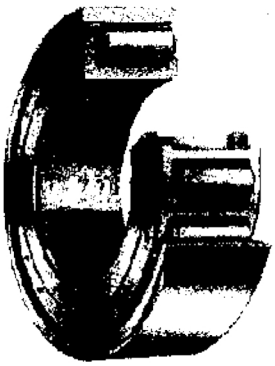
แบริ่ง มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับการออกแบบและการใช้งานเช่น บอลแบริ่ง โรลเลอร์แบริ่ง บอลทรัสต์แบริ่ง โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง และเทปเปอร์โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง

2.3.2.1 บอลแบริ่ง เป็นแบริ่งที่นิยมใช้กันมากสุด ตั้งแต่รองเท้าสเก็ตจนไปถึงฮาร์ดดิสก์ บอลแบริ่งสามารถรับแรงได้ทั้งสองแนวแต่เป็นแรงที่มีขนาดไม่มากนักแรงถูกส่งผ่านจากวงนอกไปวงใน โดยมีลูกบอลเป็นตัวกลางกลิ้งอยู่ จุดสัมผัสของลูกบอลระหว่างวงนอกและวงในเป็นจุดเล็ก ๆ จึงช่วยให้การหมุนเรียบและลื่น อย่างไรก็ตามถ้ารับแรงมากๆ ทำให้ลูกบอลบิดตัวได้



ภาพที่ 2-11 แสดงภาพตัดของบอลแบริ่ง

2.3.2.2 โรลเลอร์แบริ่ง นิยมใช้สำหรับออกแบบสายพานลำเลียงที่ต้องรับแรงในแนวรัศมีมากเป็นพิเศษ ดังนั้นแบริ่งแบบนี้ ส่วนที่กลิ้งจึงเป็นรูปทรงกระบอก จุดสัมผัสระหว่างวงนอก และวงในเป็นเส้นไม่ใช่จุด ทำให้สามารถรับน้ำหนักในแนวรัศมีได้มากกว่าบอลแบริ่ง อย่างไรก็ตาม โรลเลอร์แบริ่งไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรับน้ำหนักในแนวแกน



ภาพที่ 2-12 แสดงภาพตัดของโรลเลอร์แบริ่ง

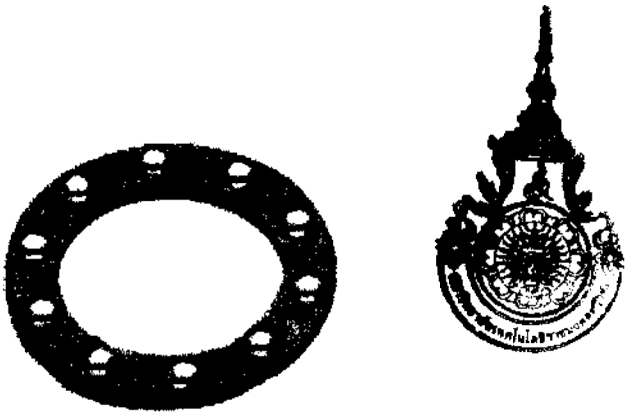
ความเสียดทานในโรลลิ่งแบริ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเสียดสีกันระหว่างลูกกลิ้งและรางบนวงแหวน ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสำหรับแบริ่งบางชนิด

ตารางที่ 2-2 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

ชนิดของแบริ่ง	ขณะเริ่มทำงาน		ขณะทำงาน	
	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน
บอลแบริ่ง	0.0025	0.0060	0.0015	0.0040
Spherical roller bearing	0.000	0.1200	0.0018	0.0080
Cylindrical roller bearing	0.0020	-	0.0011	-

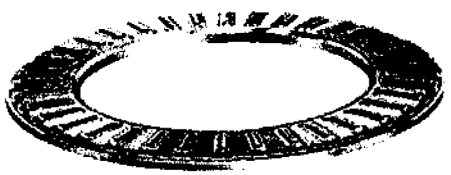
โดยปกติแล้วค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ แรง ความเร็ว การหล่อลื่น และซีลของแบริ่ง (Bearing Seal) ดังนั้น ในกรณีที่ผู้ออกแบบเห็นว่า ความเสียดทานในแบริ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับเครื่องจักรกลที่กำลังออกแบบอยู่ก็ควรที่จะปรึกษากับผู้ผลิตโดยตรงถึงแม้ว่าความเสียดทานนี้จะมีความสำคัญน้อยมากสำหรับงานทั่วไป แต่สมการทางทฤษฎีที่ใช้สำหรับคำนวณหากำลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากความเสียดทาน

2.3.2.3 บอลทรัสแบริ่ง นิยมใช้กับเก้าอี้หมุน หรือโต๊ะหมุน เป็นต้น ไม่สามารถรับแรงในแนวรัศมีได้



ภาพที่ 2-13 แสดงบอลทรัสต์แบริ่ง

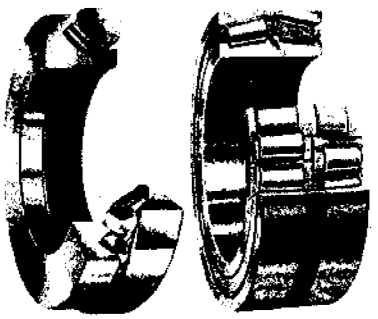
2.3.2.4 โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง ใช้สำหรับรับแรงในแนวแกนที่มีขนาดมาก ๆ



ภาพที่ 2-14 แสดงโรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง

2.3.2.5 เทเปอร์โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง ใช้สำหรับรับแรงในแนวแกน และรัศมีที่มีขนาดมาก ๆ เช่น กระดุมล้อของรถยนต์

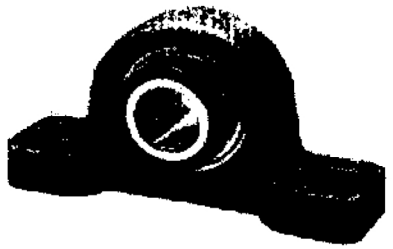
060968
641.5
ป 277
2553



ภาพที่ 2-15 แสดงเทเปอร์โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง

2.3.3 แบริ่งลูกปืนตุ๊กตาแบริ่งลูกปืนตุ๊กตา ประกอบไปด้วย แบริ่งลูกปืนเม็ดกลม รับแรงในแนวรัศมีซีลกันฝุ่นและตัวเสื้อตุ๊กตาที่มีทั้งแบบเหล็กหล่อคุณภาพสูง และแบบเหล็กแผ่นปั๊มขึ้นรูปสำหรับลักษณะ และมีรูปร่างมากมายหลายชนิดผิวด้านนอกของแบริ่งลูกปืนและผิวด้านในของ

เสื้อตุ๊กตาถูกออกแบบให้มีลักษณะโค้งมน ทำให้แบริ่งลูกปืนตุ๊กตานี้สามารถปรับแนวในการรับแรงได้



ภาพที่ 2-16 แสดงแบริ่งลูกปืนตุ๊กตา

โครงสร้างภายในแบริ่งลูกปืนเม็ดกลม ประกอบด้วย ลูกกลิ้งและรัง เช่นเดียวกับแบริ่งลูกปืนเม็ดกลมร่องลึก ชุดซีลกันฝุ่นใช้ซีลถึง 2 ชั้น โดยชั้นในเป็นยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber) ชั้นนอกเป็นฝาเหล็ก (Slinger) ซึ่งจะติดตั้งเอาไว้ทั้งสองของแบริ่งลูกปืนลักษณะการติดตั้งแบริ่งลูกปืนตุ๊กตากับเพลาสามารถติดติดตั้งได้ดังนี้

2.3.3.1 การยึดแกนในของแบริ่งลูกปืนกับเพลาให้แน่นด้วยสกรู

2.3.3.2 การยึดแกนในของแบริ่งลูกปืนแบบรูเรียวกับเพลาให้แน่นด้วยปลอกรัด

2.3.3.3 การยึดแกนในของแบริ่งลูกปืนแบบลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์กับเพลาให้แน่นด้วยแหวนล๊อค

2.3.4 การติดตั้งแบริ่งลูกปืน เนื่องจากแบริ่งชนิดนี้เป็นอุปกรณ์ที่มีความเที่ยงตรงสูง ดังนั้นสิ่งแรกที่จะต้องระมัดระวังในการติดตั้งก็คือ ต้องไม่ให้ฝุ่นผงเข้าไปไม่ให้เกิดสนิม ไม่ให้เกิดแรงกดดันจากแรงกระแทกและไม่ให้เกิดรอยขีดข่วนต่าง ๆ อายุการใช้งานของแบริ่ง แบริ่งที่ได้รับการติดตั้งและ หล่อลื่นอย่างดี และดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่นและไม่อยู่ภายใต้แรงกระทำที่มีค่าสูงเกินไปแบริ่ง จะเกิดการเสียหายเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นในวัสดุเท่านั้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแบริ่งที่เสียจะมี ผงโลหะหลุดออกมาทั้งนี้เพราะพื้นที่สัมผัสระหว่างลูกกลิ้งและวงแหวนมีค่าน้อย ดังนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นในลูกกลิ้งและวงแหวนจึงมีค่าสูงในขณะลูกกลิ้งหมุนรอบวงแหวนวัสดุบางส่วนที่รับแรงของแบริ่งอยู่

2.3.5 อายุใช้งานของแบริ่ง แบริ่งที่ได้รับการติดตั้งและหล่อลื่นอย่างดี ตลอดจนดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่นหรือผงต่างๆ และไม่อยู่ภายใต้แรงกระทำที่มีค่าสูงมากจนเกินความสามารถที่แบริ่งจะรับไว้ได้แล้วแบริ่งจะเสียหายเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นในวัสดุแบริ่งเท่านั้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแบริ่งที่เสียจะมีเศษผงโลหะหลุดออกมาเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพราะพื้นที่สัมผัสระหว่างลูกกลิ่งและวงแหวงมีค่าน้อย ดังนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นในลูกกลิ้งหรือวงแหวนจึงมีค่าสูงเข้าใกล้ความเค้นของ

เฮิร์ซ (ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงการหาและที่มาของความเค้นของเฮิร์ซ ซึ่งต้องใช้ทฤษฎีทางอิลาสติกซิตี้) ในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนไปรอบวงแหวน วัสดุส่วนที่รับแรงของแบริ่งจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่มีค่าเปลี่ยนจากศูนย์ไปยังค่าสูงสุดแล้วกลับมาเป็นศูนย์ (Repeated Stress) อยู่ตลอดเวลา แต่เนื่องจากค่าความเค้นนี้สูงกว่าขีดจำกัดความทนทาน (Endurance Limit) ของวัสดุแบริ่ง ดังนั้นจึงเกิดการสูญหายขึ้นโดยความล้า ซึ่งก็แสดงว่า อายุใช้งานของแบริ่งมีระยะเวลาจำกัด ขึ้นอยู่กับค่าของความเค้นที่กระทำซ้ำจากผลการทดลองของ Lundberg และ Palmgren ซึ่งได้ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการประเมินค่ามาตรฐานของ AFBMA พบว่า อายุใช้งาน L แปรผันเป็นสัดส่วนกลับกับแรงในแนวรัศมี P (ในกรณีที่มีทั้งแรงในแนวรัศมีและแรงรุน P จะเป็นแรงในแนวรัศมีสมมูล (Equivalent Radial Load)

2.3.6 การประเมินค่าอายุงานและแรงถึงแม้ว่าจะมีวิธีการผลิตและควบคุมคุณภาพของโรลเลอร์แบริ่งอย่างทันสมัย แต่ก็ปรากฏว่าแบริ่งชนิดเดียวกันที่ผลิตออกมาภายใต้วิธีการและเครื่องมือชิ้นเดียวกันจะมีอายุใช้งานแตกต่างกันไปมาก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากความยากลำบากในการควบคุมความกลมของลูกกลิ้งและความเรียบของผิวหน้าลูกกลิ่ง เป็นต้น ดังนั้นอายุใช้งานที่ทางผู้ผลิตอ้างถึงจึงมีรากฐานมาจากการใช้หลักวิชาการทางด้านสถิติเข้าช่วย ทางสมาคม AFBNA จึงได้ตั้งนิยามและจัดตั้งวิธีการเลือกแบริ่งขึ้น

2.4 สายพาน

สายพาน เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลประเภทฉุดดึง จะทำหน้าที่ส่งถ่ายโมเมนต์หมุนและการเคลื่อนที่ระหว่างเพลาตั้งแต่ 2 เพลาขึ้นไป การส่งกำลังด้วยสายพาน อาศัยหลักการส่งกำลังด้วยความฝืดของสายพาน กับล้อสายพาน หรือที่เรียกว่าแรงเสียดทาน แบ่งตามลักษณะหน้าตัดของสายพานได้หลายชนิด คือสายพานกลม สายพานแบน สายพานลิ่ม และสายพานฟัน ซึ่งส่งกำลังโดยอาศัยหลักการทางกลในการส่งกำลัง เหมือนแบบเฟือง หรือ โซ่ส่งกำลัง

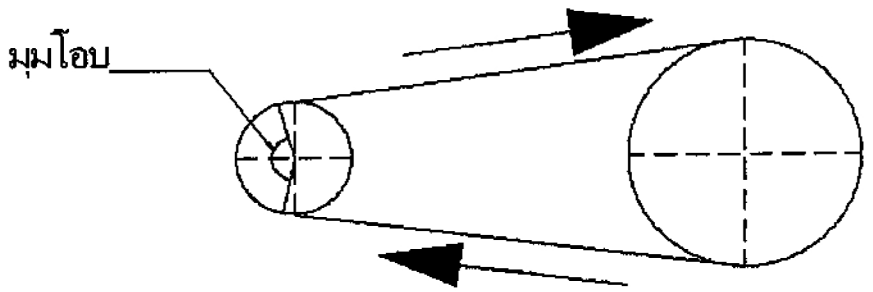
ข้อดี ของการส่งกำลังด้วยสายพาน สามารถส่งถ่ายกำลังที่มีระยะห่างระหว่างเพลาทั้งสองได้มากกว่าการส่งกำลังด้วยเฟือง มีการยืดหยุ่นตัวได้ดีทำให้การส่งกำลังไม่เกิดเสียงดัง ราคาถูก หาซื้อได้ง่าย เพราะว่ามีขนาดมาตรฐาน และมีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป

ข้อเสีย ของการส่งกำลังด้วยสายพาน สายพานส่วนใหญ่ ไม่เหมาะสำหรับงานที่ต้องการอัตราทดแน่นอน (ยกเว้นสายพานฟันมีอัตราทดแน่นอน) มีความแข็งแรงน้อยกว่าเฟือง ไม่เหมาะสำหรับงานบางสภาวะ เช่น การใช้งานอยู่ในน้ำมัน

2.4.1 สายพานแบน เป็นสายพานที่ใช้กับงานส่งกำลัง ที่มีระยะห่างในการส่งกำลังมากๆ และเป็นงานที่สามารถ ลื่นไถลได้ จะเห็นได้ในเครื่องมือกลสมัยก่อน ๆ เช่น เครื่องกลึงรุ่นเก่า ลักษณะการส่งกำลังมีอยู่สองรูปแบบ คือ

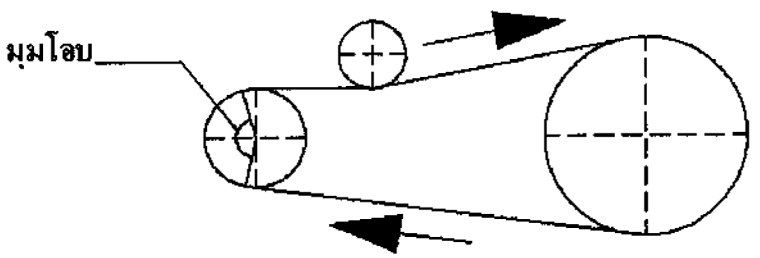
1.การส่งกำลังแบบแกนเพลาขนานกัน มี 3 ลักษณะ คือ

ก) สายพานแบนแบบเปิด (Open Drive) ใช้ส่งกำลังแบบแกนเพลาขนานกัน ด้านหย่อนของสายพานจะอยู่ด้านบน ด้านตึงจะอยู่ด้านล่าง เพื่อทำให้เกิดมุมโอบ หรือมุมสัมผัสมากขึ้นทำให้โอกาสลื่นไถลมีน้อย



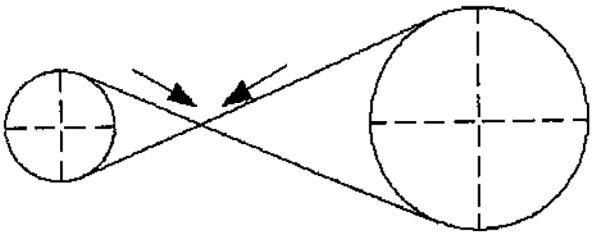
ภาพที่ 2-17 สายพานแบนแบบเปิด

ข) สายพานแบนแบบเปิดมีล้อกดสายพาน (Open Drive with Idler) เหมือนสายพานแบนแบบแรก แต่ต่างกันตรงที่มีล้อกดสายพานมาช่วยกด เพื่อทำให้เกิดมุมโอบมากขึ้นป้องกันการลื่นไถลของสายพาน



ภาพที่ 2-18 สายพานแบนแบบเปิดมีล้อกดสายพาน

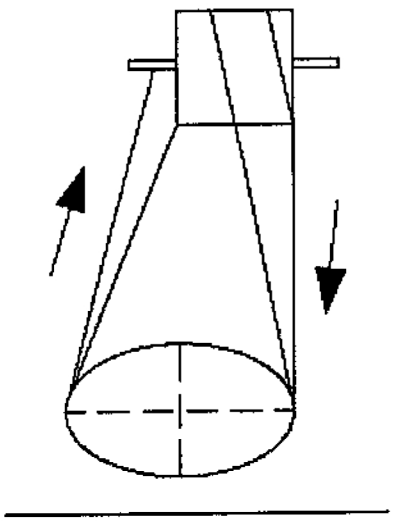
ค) สายพานแบนแบบไขว้ (Cross Belt Drive) ในการส่งกำลังทิศทางในการหมุนของล้อขับและล้อตามจะหมุนกลับทิศทางกัน มีข้อดีคือมีมุมโอบมาก แต่มีข้อเสียคือสายพานจะเสียดสีกันตรงกลาง



ภาพที่ 2-19 สายพานแบนแบบไขว้

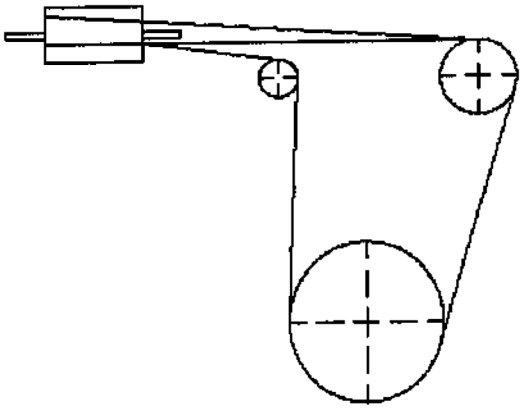
2. การส่งกำลังแบบแกนเพลาตัดกัน มี 2 ลักษณะคือ

ก) สายพานแบนแบบกึ่งไขว้ (Quarter Twist Drive) ใช้ส่งกำลังแบบแกนเพลาทำมุมตั้งฉากกัน มีข้อดีคือสามารถส่งกำลังโดยไม่ต้องมีล้อกดสายพาน แต่มีข้อเสียคือถ้ามูเล่ย์ทั้งสองมีระยะเยื้องกันมากสายพานอาจจะหลุดจากล้อสายพาน



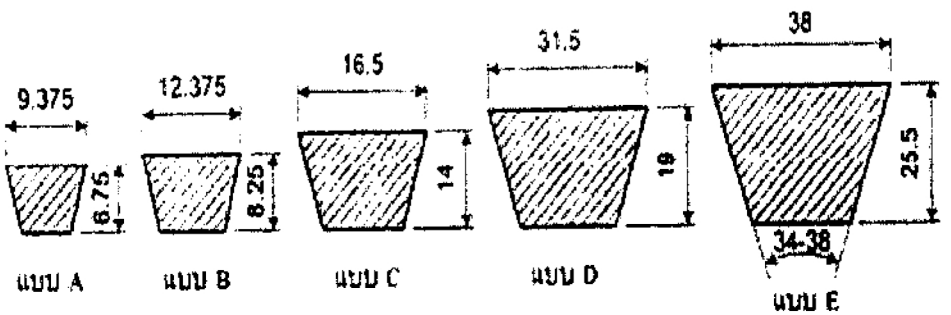
ภาพที่ 2-20 สายพานแบนแบบกึ่งไขว้

ข) สายพานแบนแบบกึ่งไขว้มีล้อกดสายพาน (Quarter Twist Drive with Idlers) ใช้ส่งกำลังแบบแกนเพลาทำมุมตั้งฉากกัน แต่จำเป็นต้องมีล้อกดสายพานมาช่วยเพื่อป้องกันสายพานหลุดออกจากล้อสายพาน

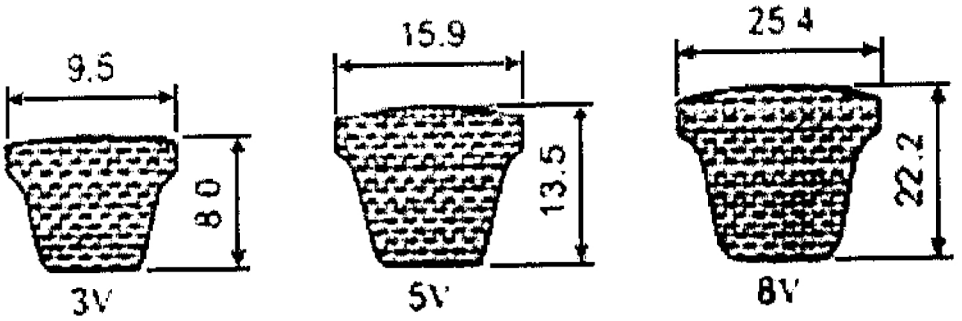


ภาพที่ 2-21 สายพานแบนแบบไขว้มีล้อกดสายพาน

2.4.2 สายพานลิ่มหรือสายพานตัววี มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ปัจจุบันนิยมใช้กันมากในงานเครื่องมือกล เพราะว่าหาง่ายราคาถูก โอกาสในการลื่นไถลมีน้อย ใช้อยู่สองแบบ คือ สายพานลิ่มมาตรฐาน เป็นสายพานลิ่มที่มีใช้อยู่ทั่วไป มีหน้าตัดของสายพานที่ใช้อยู่เป็นประจำ คือ มีหน้าตัดเป็นแบบ A B C D และ E ส่วนสายพานลิ่มอีกชนิดหนึ่ง คือ สายพานลิ่มหน้าแคบนิยมใช้ในเครื่องกลที่ส่งกำลังจากมอเตอร์ ของเครื่องจักรกล มีหน้าตัดแบบ SPZ SPA SPB และ SPC หรือแบบ 3V 5V และ 8V เป็นสายพานหน้าแคบแบบระบบนิ้ว



ภาพที่ 2-22 รูปหน้าตัดของสายพานลิ่ม มาตรฐาน

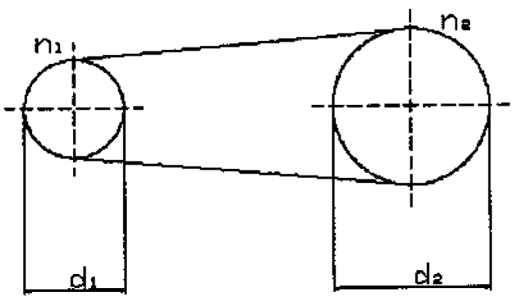


ภาพที่ 2-23 รูปหน้าตัดของสายพานลิ่มหน้าแคบ

2.4.3 อัตราทดจากการส่งกำลังด้วยสายพาน การส่งกำลังด้วยสายพานที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วๆ ไป มีสายพานแบน สายพานลิ่ม และสายพานฟัน ซึ่งมีวิธีการคำนวณหาอัตราทดดังนี้

อัตราทดของสายพานแบน เป็นสายพานที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม สามารถส่งกำลังได้แบบทดชั้นเดียวและส่งกำลังแบบทดสองชั้น มีวิธีการคำนวณดังนี้

การส่งกำลังด้วยอัตราทดชั้นเดียว



ภาพที่ 2-24 รูปการส่งกำลังด้วยอัตราทดชั้นเดียว

สูตรที่ 1 i = 21nn

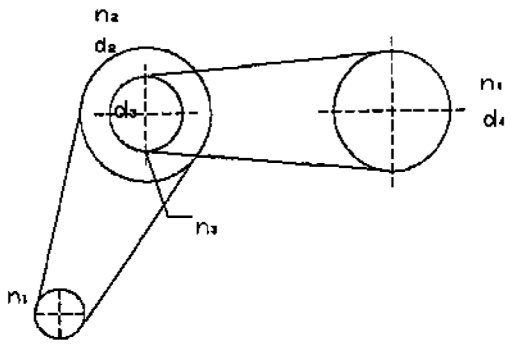
สูตรที่ 2 i = 12dd

สูตรที่ 3 =1221ddnn

หรือ $n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$

หมายเหตุ สูตรที่ 3 ได้จากการนำสูตรที่ 1 = สูตรที่ 2

การส่งกำลังด้วยอัตราทดหลายขั้น หมายถึงการส่งกำลังที่มีชุดล้อขับและล้อตามสองชุด คือ มีล้อสายพานทั้งหมด 4 ตัว คือ d_1, d_2, d_3 และ d_4 ส่วนความเร็วรอบก็จะมี 4 ตัวเหมือนกัน คือ n_1, n_2, n_3 และ n_4 แต่ n_2 จะเท่ากับ n_3 เพราะอยู่บนเพลาเดียวกัน สาเหตุที่ต้องใช้อัตราทดหลายขั้น เพราะว่าการส่งกำลังมีอัตราทดสูง ถ้าส่งด้วยอัตราทดขั้นเดียว ล้อตามของสายพานจะมีขนาดใหญ่มาก



ภาพที่ 2-25 การส่งกำลังด้วยอัตราทดหลายขั้น

อัตราทดคู่ที่ 1 $i_1 = 21$nn หรือ =12dd

อัตราทดคู่ที่ 2 $i_2 = 43$nn หรือ = 34dd

อัตราทดรวม สูตรที่ 1 $I_{รวม} = i_1 \times i_2$

อัตราทดรวม สูตรที่ 2 $I_{รวม} = 41$nn

อัตราทดรวม สูตรที่ 3 $I_{รวม} = 3412$

2.5 มอเตอร์

2.5.1 ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ามอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรมมอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงาน ดังนั้น เราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดจนคุณสมบัติการใช้งานมอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้น ๆ มอเตอร์ไฟฟ้า (MOTOR) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

2.5.2 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Three Phase Induction Motor) มอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้มากที่สุด ซึ่งมอเตอร์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำนี้อาจเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว

หรือมอเตอร์เหนี่ยวนำหลายเฟส (Poly Phase Induction Motor) ก็ได้ มอเตอร์เหนี่ยวนำหลายเฟสนั้นโดยมากแล้วจะเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3เฟส ซึ่งมีข้อดี และข้อด้อยคือ

ข้อดี (Advantage)

1. เป็นมอเตอร์ชนิดที่สร้างขึ้นได้ง่าย และ ทนทาน โดยเฉพาะชนิดกรงกระรอก (Squirrel-Cage Type)
2. ราคาไม่แพง และไม่เสียง่าย
3. มีประสิทธิภาพที่สูงพอในสภาวะที่มอเตอร์หมุนปกติ ไม่มีแปรงถ่านดังนั้นการสูญเสียเนื่องจาก ความฝืดจึงลดลงหรือมีค่าน้อยมาก และมีเพาเวอร์แฟกเตอร์ดี
4. ต้องการการดูแล และบำรุงรักษาต่ำ
5. สามารถที่จะเริ่มหมุน (Start) ได้ง่าย โดยเฉพาะชนิดกรงกระรอก

ข้อด้อย (Disadvantage)

1. ความเร็วรอบของมอเตอร์ไม่สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้อันเนื่องมาจากความถี่หลักมูลของแรงดันไฟฟ้าสลับที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้
2. มีคุณสมบัติเหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชันต์ ความเร็วรอบจะลดลงหรือเพิ่มขึ้นจะ ขึ้นอยู่กับโหลด
3. แรงบิดในขณะเริ่มหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำค่อนข้างต่ำกว่าแรงบิดขณะเริ่มหมุนของมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชันต์

2.5.2.1 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3เฟส ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ

2.5.2.1.1 สเตเตอร์หรือส่วนที่อยู่กับที่ (Stator)

2.5.2.1.2 โรเตอร์หรือส่วนที่หมุน (Rotor)

2.5.2.2 สเตเตอร์หรือส่วนที่อยู่กับที่สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3เฟสใช้หลักการเดียวกันกับของซิงโครนัสมอเตอร์ หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆอัดซ้อนเข้าด้วยกัน และทำเป็นช่องสลอตไว้บรรจุขดลวด และจำนวนขั้วแม่เหล็กจะเป็นตัวกำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อเราจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดที่สเตเตอร์ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่คงที่ค่าหนึ่ง และสนามแม่เหล็กนี้จะหมุน (Revolves or Rotate) ด้วยความเร็วที่เรียกว่าความเร็วซิงโครนัส และหาได้โดย

$$N_S = \frac{120f}{P}$$

N_S = ความเร็วซิงโครนัส

f = ความถี่หลักมูลของไฟฟ้ากระแสสลับ

P = จำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์

สนามแม่เหล็กที่หมุนจะเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าขึ้นในโรเตอร์ ซึ่งเป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำ

2.5.2.3 โรเตอร์ หรือส่วนที่หมุนโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3เฟส แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

ก. โรเตอร์แบบกรงกระรอก มอเตอร์ที่ใช้โรเตอร์ชนิดนี้เราเรียกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก โดยประมาณ 90% ของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะใช้โรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก ทั้งนี้เป็นเพราะว่าโรเตอร์ชนิดนี้เป็นชนิดที่ทำได้ง่ายและทนทานที่สุด โรเตอร์ชนิดนี้ประกอบด้วยแผ่นเหล็กบางๆอัดซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก และถูกทำให้เป็นช่องสลอตให้ขนานกันเพื่อสำหรับฝังหรือ บรรจุตัวนำโรเตอร์ (Rotor Conductor) ลงในช่องสลอตนั้น ตัวนำที่ฝังนี้จะไม่มีลักษณะเป็นเส้น หรือเป็นสาย แต่จะเป็นแท่งทองแดงหรืออลูมินั่ม หรืออัลลอย (Copper Bar or Aluminum Bar or Alloy) โดยในหนึ่งสลอตจะบรรจุแท่งทองแดง หรือ อลูมิเนียมเพียง 1 แท่งเท่านั้น และที่ปลายสุดของแท่งตัวนำทั้งสองด้านนั้นในแต่ละด้านจะถูกต่อปลายลัดวงจรเข้าด้วยกันโดยการบัดกรี (Brazed) หรือเชื่อมด้วยไฟฟ้าโรเตอร์ของมอเตอร์แบบกรงกระรอกนี้แท่งตัวนำจะถูกลัดวงจรไว้อย่างถาวร ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะนำความต้านทานจากภายนอกมาต่ออนุกรมเข้ากับวงจรโรเตอร์เพื่อช่วยในการเริ่มหมุนได้ สลอตของโรเตอร์จะไม่อยู่ในลักษณะที่ขนานกับเพลาแต่จะวางให้มีลักษณะเฉียงเล็กน้อย เพื่อให้เกิดประโยชน์ได้2ทาง

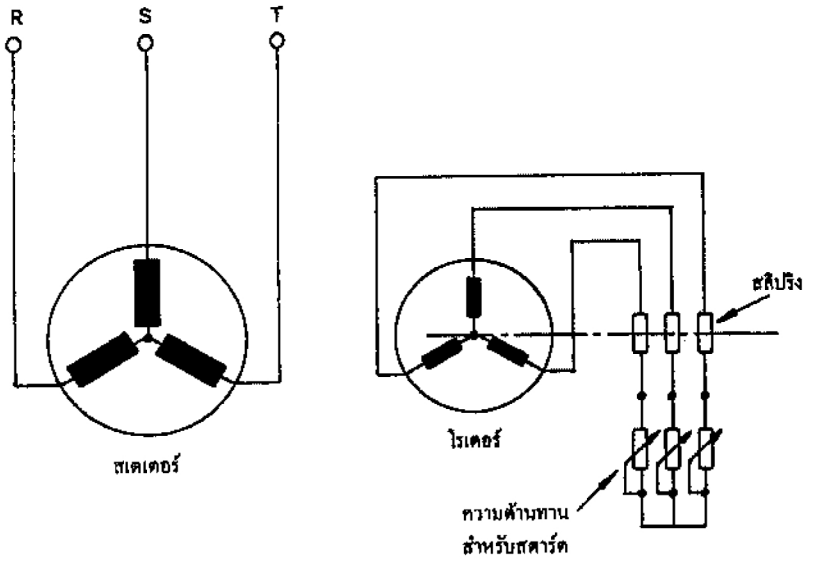
1) จะช่วยให้มอเตอร์หมุนได้อย่างเร็ว โดยการลดการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กฮัม

2) จะช่วยในการลดการเกิดยึด หรือล็อกของโรเตอร์อันเนื่องมาจากสนามแม่เหล็กที่ตกค้างอยู่ที่ฟัน (Teeth) ของสเตเตอร์กับโรเตอร์ทั้งสอง

ส่วนแบบอื่นๆของโรเตอร์ที่มีลักษณะคล้ายกันกับโรเตอร์แบบกรงกระรอกนั้นประกอบด้วยโซลิดไซลินเดอร์ (Solid Cylinder) ของแท่งเหล็ก (Steel) ซึ่งปราศจากสลอตสำหรับบรรจุตัวนำทั้งหมดมอเตอร์จะหมุนได้ขึ้นอยู่กับผลของการเกิดกระแสไหลวนในเหล็กของโรเตอร

ข. โรเตอร์แบบพันขดลวดหรือเฟสวาวด์โรเตอร์ (Wound Rotor or Phase Wound Rotor)มอเตอร์ที่ใช้โรเตอร์ชนิดนี้เรียกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบโรเตอร์พันขดลวด หรือเฟสวาวล์มอเตอร์ หรือสลิปริงมอเตอร์ (Wound Rotor or Phase Wound Rotor or Slip-ring Motor) โรเตอร์ ชนิดนี้จะพบมากในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3เฟส และมีการพันแบบชุดขดลวดสองชั้นเหมือนกับ

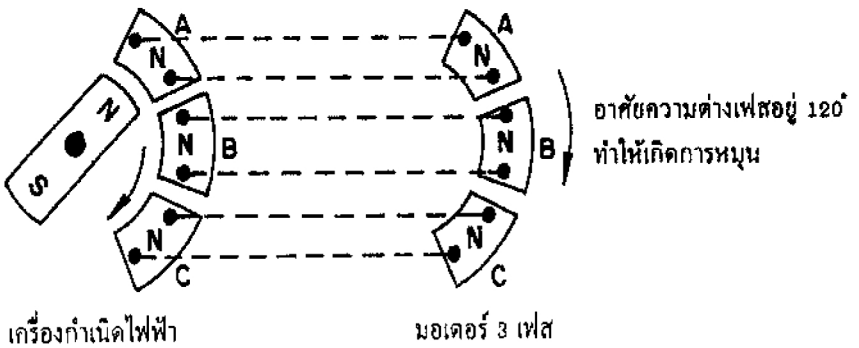
ขดลวดที่ใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ในโรเตอร์ชนิดนี้ภายในจะต่อแบบสตาร์ และมีปลายสายออกมา 3 ปลายต่อเข้ากับสลิปริงที่ติดกับเพลาของโรเตอร์นั้น และโรเตอร์แบบโรเตอร์พันขดลวดสามารถที่จะนำความต้านทานที่ต่อแบบสตาร์ต่อเข้ากับสลิปริงของโรเตอร์ เพื่อช่วยในการเริ่มหมุนของมอเตอร์ เป็นการเพิ่มแรงบิดขณะเริ่มหมุนของมอเตอร์นั้น ความต้านทานที่นำมาต่อเข้าไปนี้มีลักษณะการต่อดังแสดงใน ภาพที่ 2-17 แต่เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนไปแล้ว และหมุนด้วยความเร็วปกติแล้วสลิปริงจะถูกลัดวงจรกลายสภาพเป็นโรเตอร์แบบกรงกระรอก



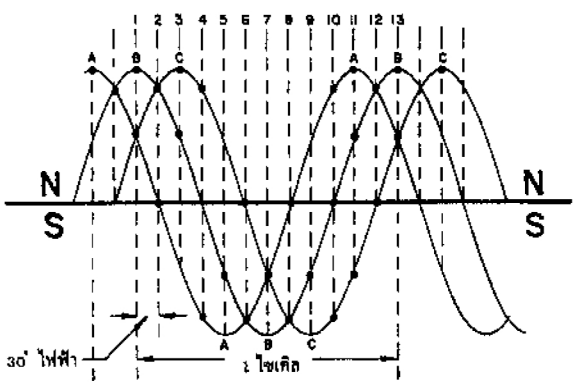
ภาพที่ 2-26 แสดงการต่อความต้านทานจากภายนอกเข้ากับโรเตอร์แบบพันขดลวด

2.5.2.4 สนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเมื่อมีกระแสไฟฟ้าระบบ 3 เฟสจ่ายให้กับขดลวด 3 เฟส เป็นผลทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์นั้น สนามแม่เหล็กหมุนจะตัดกับตัวนำในโรเตอร์นั้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในตัวนำที่ฝังอยู่ในโรเตอร์ และจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นในโรเตอร์ เพราะที่โรเตอร์มีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลอยู่ ซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเป็นขั้วเหนือและขั้วใต้เช่นเดียวกับที่สเตเตอร์ และสนามแม่เหล็กที่หมุนที่สเตเตอร์นั้นจะเกิดการผลัก และดูดกับขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่โรเตอร์ในทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุน ผลที่ได้ของการดูด และผลักระหว่างขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์และโรเตอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น หลักการหมุนของสนามแม่เหล็กโดยกระแสไฟฟ้า 3 เฟสจากภาพที่ 2-18 เป็นการแสดงให้เห็นว่าถ้าเราจ่ายกระแสไฟฟ้าในระบบ 3 เฟสให้กับขดลวดในสเตเตอร์ ในช่วงขณะหนึ่ง สมมติให้เป็นครึ่งไซเคิลบวกดังแสดงในภาพที่ 2-18 ด้านขวามือ โดยการต่อไฟฟ้าเฟส A เข้ากับเฟส A ของมอเตอร์ และเฟส B เฟส C เข้ากับมอเตอร์ในเฟสถัดไป เมื่อกระแสไฟฟ้าในครึ่งไซเคิลบวกเฟส A ไหลเข้า

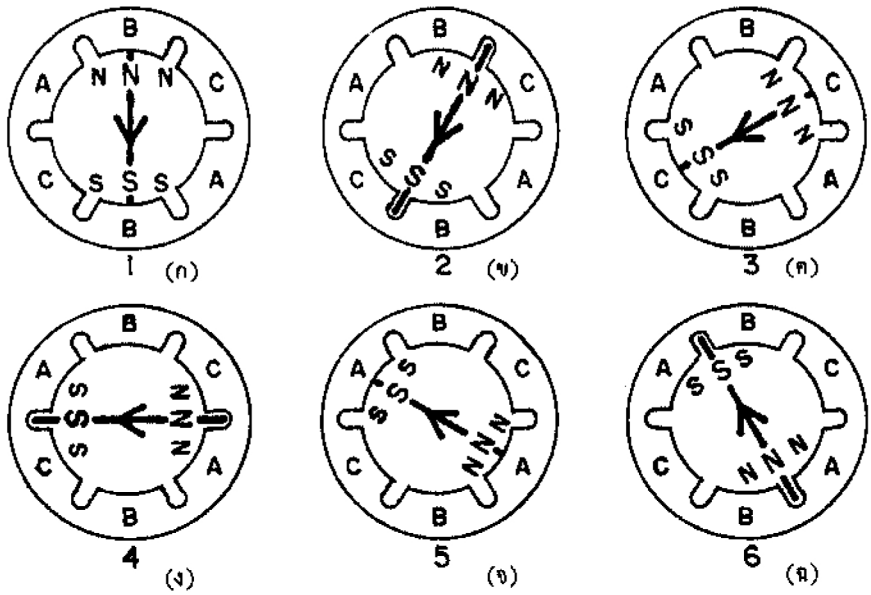
ไปในขดลวดของเฟส A มอเตอร์ จะทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดในเฟส A ของมอเตอร์นั้นทำให้เกิดขั้ว N ขึ้น และเมื่อแรงดันไฟฟ้าในเฟส A ที่จ่ายให้กับเฟส A มอเตอร์ค่อยๆ ลดลงอำนาจแม่เหล็กขั้ว N ก็จะค่อยๆลดอำนาจ หรือความเข้มลง และในขณะเดียวกันที่เฟสถัดไปก็จะมีอำนาจแม่เหล็กคล้ายๆกับเฟส A แต่ในเวลาถัดไปจนครบ 3 เฟสในหนึ่งขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ (คือเฟสA เฟส B และเฟส C) และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าในครึ่งไซเคิลบวกสิ้นสุดเรียบร้อยแล้ว ในครึ่งไซเคิลลบถัดไปที่ขั้วแม่เหล็กดังกล่าวข้างต้นก็จะเปลี่ยนสภาวะจากขั้ว N ไปเป็นขั้ว S และในอีกหนึ่งขั้วแม่เหล็กถัดไปก็มีลักษณะเช่นเดียวกันกับขั้วแม่เหล็กแรกที่กล่าวถึง ซึ่งลักษณะเช่นนี้เหมือนกับว่าสนามแม่เหล็กหมุนไปรอบๆสเตเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เหมือนกับหมุนไปรอบๆนี้เรียกสั้นๆว่าสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating Magnetic Field)



ภาพที่ 2-27 แสดงการจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส



ภาพที่ 2-28 แสดงรูปคลื่นไซน์ของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นโดยกระแสไฟฟ้า 3 เฟส



ภาพที่ 2-29 แสดงการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส 2 ขั้ว

จากภาพที่ 2-19 และภาพที่ 2-20 เป็นการแสดงถึงการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส 2 ขั้ว ที่สามารถพิจารณาทีละขั้นได้คือ

ที่จุดที่1 บนรูปไซเคิลไซน์จะเห็นได้ว่าเฟส B อยู่ที่ตำแหน่งความเข้มสูงสุดของขั้วเหนือ เฟส A ก็เป็นขั้วเหนือ แต่ลดลงจากจุดสูงสุดและเฟส C เป็นขั้วเหนือและกำลังเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2-20 (ก) ของสเตเตอร์คือเฟส B เป็นขั้วเหนือมาก เฟส A และเฟส C เป็นขั้วเหนือน้อย

ที่จุดที่ 2 บนรูปคลื่นไซน์ เฟส A เป็น 0 (Zero) เฟส B เป็นขั้วเหนือแต่กำลังลดลง ส่วนเฟส C เป็นขั้วเหนือแต่กำลังเพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพที่ 2-20 (ข) ของสเตเตอร์ เฟส A เป็น 0 เฟส B และเฟส C เป็นขั้วเหนือและมีความเข้มเท่ากัน ซึ่งจะเกิดขึ้นระหว่าง 2เฟสคือ เฟส B กับเฟส C ดังนั้น จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ขั้วเหนือจะเคลื่อนที่ไป 30 องศาไฟฟ้า ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (30 Electrical Degree Clockwise)

ที่จุดที่ 3 บนรูปคลื่นไซน์ เฟส C จะมีความเข้มสูงสุดของขั้วเหนือ เฟส B ลดลงจากสูงสุด และเฟส A เพิ่มขึ้นแต่ เฟส A เป็นขั้วใต้ ดังแสดงในภาพที่ 2-20 (ค) ของสเตเตอร์เฟส C จะเป็นขั้วเหนือและมีความเข้มมาก ส่วนเฟส B มีความเข้มของขั้วเหนือน้อย และเฟส A เป็นขั้วใต้น้อย ดังนั้นจากจุดที่ 2 ไปจุดที่ 3 ขั้วเหนือจะเคลื่อนที่ไป 30 องศาไฟฟ้า ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

บนรูปคลื่นไซน์ที่จุดต่างๆในไซเคิลก็จะเกิดหมุนเวียนกันไปเช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว ตัวอย่างเช่น ที่จุดที่ 6 ในภาพที่ 2-19 บนรูปคลื่นไซน์ เฟส A และ เฟส B จะเป็นขั้วใต้ ส่วนเฟส C จะเป็น 0 ดังแสดงในภาพที่ 2-20 (ฉ) ของสเตเตอร์ขั้วเหนือจะเคลื่อนที่ไป 150 องศาไฟฟ้าใน

ทิศทางตามเข็มนาฬิกาจากจุดที่ 1 เป็นอันว่าครบไซเคิลของขั้วเหนือ หรือหมุนครบ 1 รอบ 360 องศา

2.5.3 สลิป (Slip,S) ในทางปฏิบัตินั้นโรเตอร์ไม่สามารถหมุนได้เท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์ โดยปกติแล้วความเร็วของโรเตอร์จะมีความเร็วน้อยกว่าความเร็วของสนามแม่เหล็กที่หมุนที่สเตเตอร์ ความแตกต่างของความเร็วนั้นจะขึ้นอยู่กับโหลดที่ต่ออยู่กับมอเตอร์นั้น

ความแตกต่างระหว่างความเร็วของสนามแม่เหล็กที่หมุนอยู่ที่สเตเตอร์ หรือความเร็วซิงโครนัส (N_S) และความเร็วรอบของโรเตอร์ขณะใช้งาน (Actual Speed : N) ของโรเตอร์เรียกว่าสลิป สลิปของมอเตอร์โดยปกติเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเปอร์เซ็นต์สลิปสามารถหาได้จากสมการดังนี้คือ

$$S = \frac{N_S - N}{N_S}$$

$$\%Slip = \frac{N_S - N}{N_S} \times 100$$

N_S = ความเร็วซิงโครนัส

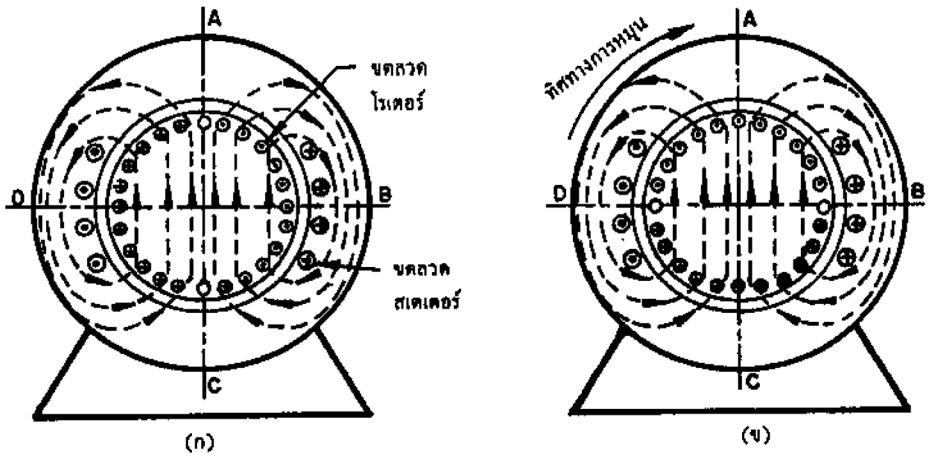
N = ความเร็วรอบของโรเตอร์ขณะใช้งาน

S = ค่า Slip

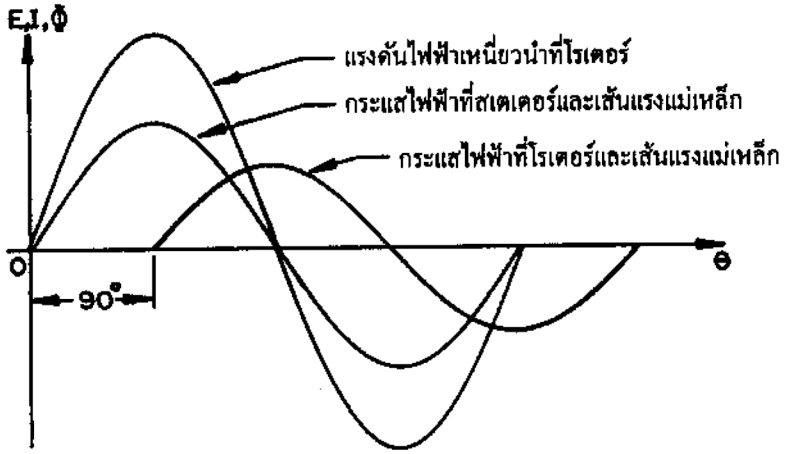
2.5.4 มอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับ 1เฟส มีโครงสร้างคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟส แต่มีข้อแตกต่างกันตรงที่สเตเตอร์ของแบบ 1 เฟส มีการพันขดลวดในลักษณะแบบเฟสเดียว และต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเพียง 1 เฟส ดังนั้นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์จึงไม่ใช่สนามแม่เหล็กที่หมุนด้วยความเร็วซิงโครนัสเหมือนกับในกรณีของมอเตอร์ 2 เฟส หรือ 3 เฟสที่ได้รับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 2 เฟส หรือ 3 เฟส จึงเป็นเหตุให้สนามแม่เหล็กที่เกิดการกลับไปกลับมาอยู่ที่สเตเตอร์นั้นไม่สามารถทำให้มอเตอร์เกิดแรงบิด และหมุนขึ้นได้ในขณะที่โรเตอร์นั้นยังหยุดอยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ไม่สามารถเริ่มหมุนได้ด้วยตัวมันเอง แต่จะหมุนได้ก็ต่อเมื่อโรเตอร์ถูกทำให้หมุนด้วยกรรมวิธีใดวิธีหนึ่ง ซึ่งหมายถึงต้องทำให้เริ่มหมุนด้วยมือหรืออุปกรณ์อื่นๆ ก่อน และเมื่อมอเตอร์ถูกช่วยทำให้หมุนไปทิศทางใดทิศทางหนึ่งก่อนแล้ว จะทำให้เกิดแรงบิดและอัตราเร่งขึ้นในโรเตอร์นั้นจนกระทั่งได้ความเร็วเต็มพิกัดของมัน

2.5.4.1 ทฤษฎีสนามแม่เหล็กขวางของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1เฟสจากภาพที่ 2-21(ก) ถ้าโรเตอร์อยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเนื่องจากไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในโรเตอร์ (ลักษณะคล้ายกับกรณีของหม้อแปลงไฟฟ้า) พร้อมกับส่งผลให้เกิด

กระแสไฟฟ้าไหลในโรเตอร์และเกิดสนามแม่เหล็กในโรเตอร์ โดยที่สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำนี้จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์และมีค่าเท่ากัน ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นที่โรเตอร์นั้นคือโรเตอร์จะไม่หมุน เนื่องจากการหักล้างกันระหว่างสนามแม่เหล็กที่ สเตเตอร์กับโรเตอร์ ดังนั้นจึงไม่เกิดการหมุนหรือไม่เกิดแรงบิดเริ่มหมุนขึ้นในมอเตอร์ แต่แรงบิดจะเกิดขึ้นในโรเตอร์และโรเตอร์หมุนได้ โดยการที่ตัวนำ ในโรเตอร์ตัดกับสนามแม่เหล็กซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น กระแสไฟฟ้าจะไหลอยู่ในแท่งตัวนำในโรเตอร์ ถ้าตัวนำที่โรเตอร์ถูกทำให้หมุนไปจากตำแหน่ง A ไปยังตำแหน่ง B ซึ่งทำมุมฉากกับตำแหน่งเดิม ตัวนำโรเตอร์จะเกิดการตัดผ่านสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 2-21(ข) ในขณะเดียวกันสนามแม่เหล็กก็จะแยกออกเป็น 2 ระบบคือต่างเฟสกันอยู่ 90 องศา และกระแสไฟฟ้าในสเตเตอร์และโรเตอร์ก็จะมีเฟสที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงแล้วกระแสไฟฟ้าที่โรเตอร์จะต่างเฟสกับกระแสไฟฟ้าที่สเตเตอร์ เพราะเนื่องจากว่าที่โรเตอร์นั้นความถี่เปลี่ยนไป โดยที่ความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่โรเตอร์จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของโรเตอร์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองนี้แสดงได้ดังภาพที่ 2-22



ภาพที่ 2-30 แสดงทิศทางการเกิดของกระแสไฟฟ้าในโรเตอร์ของมอเตอร์



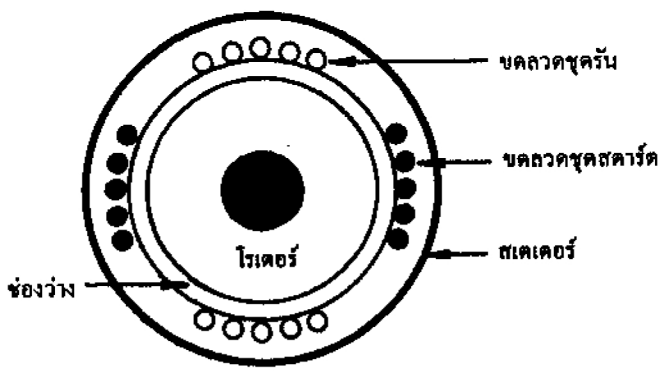
ภาพที่ 2-31 แสดงคลื่นของกระแสไฟฟ้าที่สเตเตอร์และโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับชนิด เฟสเดียว เป็นมอเตอร์ชนิดทำงานโดยอาศัยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ

ก. เครื่องกลชนิดกรงกระรอก ได้แก่ สปลิตเฟสมอเตอร์ คาปาซิเตอร์มอเตอร์ และเชดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded Pole Motor)

ข. เครื่องกลชนิดโรเตอร์พันขดลวด ได้แก่ ซีรีส์มอเตอร์ และรีพัลชั่นมอเตอร์

มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวจะประกอบด้วยขดลวด 2 ชุดคือ ขดลวดชุดสตาร์ตหรือขดลวดช่วย(Starting Winding or Auxiliary Winding) และขดลวดชุดรันหรือขดลวดหลัก (Running Winding or Main Winding) ขดลวดทั้งสองวางทำมุมกัน 90 องศาทางไฟฟ้า และต่อคร่อมเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าเฟสเดียว ลักษณะตำแหน่งของขดลวดแสดงในภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2-32 แสดงตำแหน่งการวางขดลวดของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว

มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวนี้ อาศัยความต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดทั้งสองบนสเตเตอร์ที่วางทำมุมกัน 90 องศา ดังนั้นมอเตอร์จะมีคุณสมบัติหรืออาการเช่นเดียวกับมอเตอร์ 2 เฟสกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดทั้งสองจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน จึงทำให้มอเตอร์สามารถเริ่มหมุนด้วยตัวเองได้

2.5.5 คาปาซิเตอร์สตาร์ตและรันมอเตอร์ (Capacitor Start and Run Motor) มอเตอร์ชนิดนี้เหมือนกันกับมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ตมอเตอร์ โดยจะมีคาปาซิเตอร์หรือตัวเก็บประจุต่ออนุกรมอยู่กับขดลวดชุดสตาร์ตตลอดเวลา ข้อดีของการต่อตัวเก็บประจุไว้อย่างถาวร ได้แก่

ก. เป็นการปรับหรือช่วยให้มอเตอร์ทำงานเกินกว่าโหลดปกติ

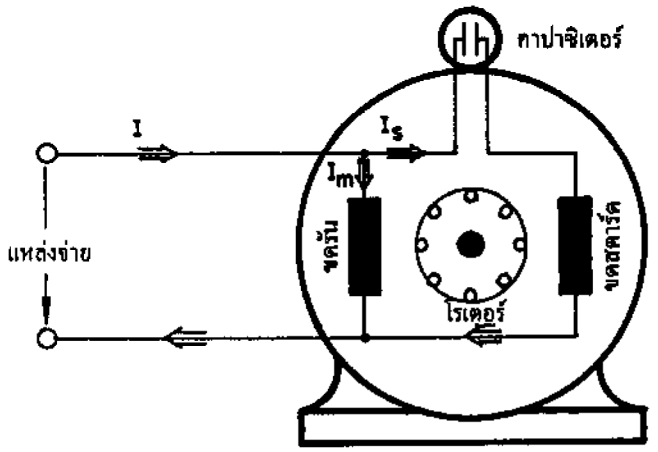
ข. ให้เพาเวอร์แฟกเตอร์ที่สูงกว่า

ค. เกิดประสิทธิภาพที่สูงกว่า

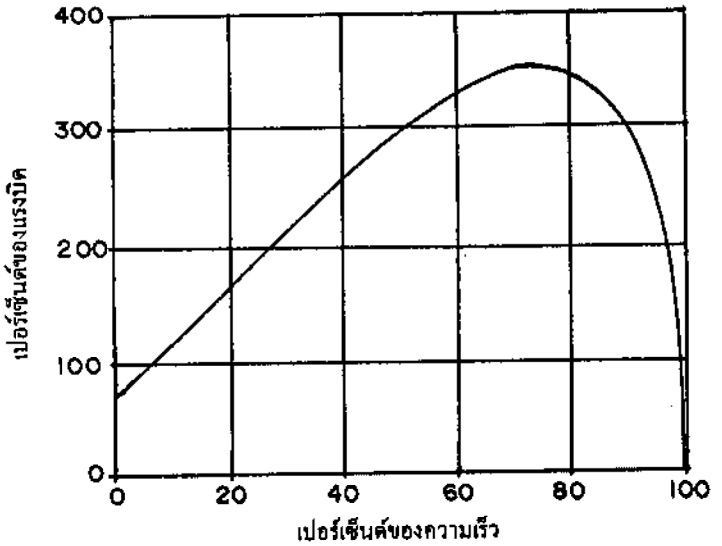
ง. ในขณะที่มอเตอร์หมุนอยู่จะไม่กำเนิดเสียงที่ดังมาก

ในกรณีที่มอเตอร์ที่ใช้ตัวเก็บประจุทั้งในขดสตาร์ตและรันในตัวเดียวกันนี้เรียกว่าคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิดค่าเดียว (Single Value Capacitor Run Motor) แต่ในกรณีที่มอเตอร์ใช้ตัวเก็บประจุ 2 ตัวโดยที่ขดสตาร์ตใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุสูง แต่สำหรับเวลาที่หมุนปกติใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุต่ำ โดยมอเตอร์แบบนี้ถูกเรียกว่าคาปาซิเตอร์มอเตอร์ชนิด 2 ค่า (Two Value Capacitor Run Motor)

2.5.5.1 คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิดค่าเดียวมอเตอร์ชนิดนี้จะมีขดรันและขดสตาร์ตอย่างละชุด โดยขดลวดชุดสตาร์ตจะมีตัวเก็บประจุต่ออนุกรมอยู่ดังแสดงในภาพที่ 2-24 โดยตัวเก็บประจุจะต่ออยู่กับวงจรขดลวดชุดสตาร์ตตลอดเวลา และจะไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์ และตัวเก็บประจุนี้จะทำหน้าที่ทั้งสตาร์ตและรันต่อเนื่องกันไป ขนาดของความจุของตัวเก็บประจุที่นิยมใช้จะมีค่าประมาณ 2-20 ไมโครฟารัด ซึ่งเป็นแบบน้ำมัน หรือ แบบกระดาษ ซึ่งคุณลักษณะของมอเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 2-25

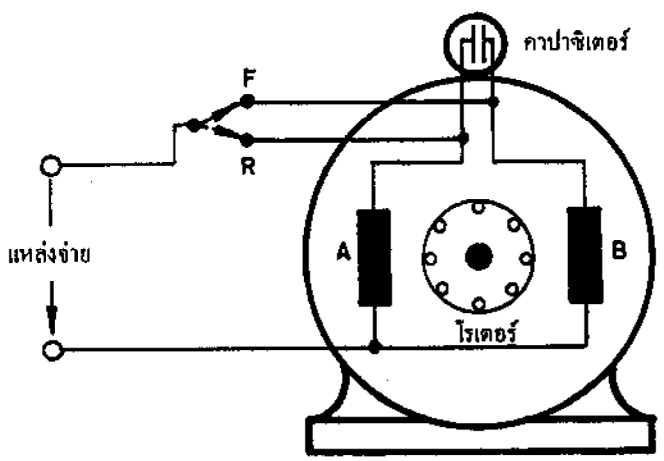


ภาพที่ 2-33 แสดงวงจรของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิดค่าเดียว



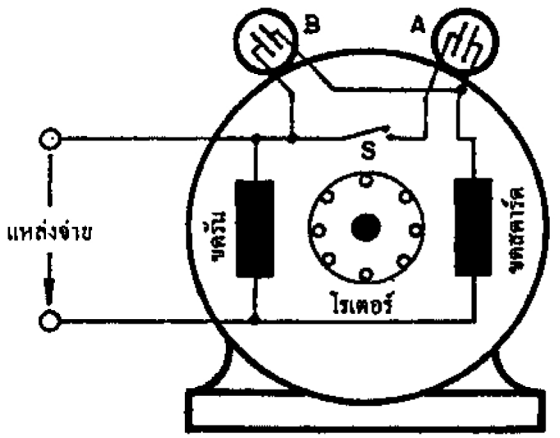
ภาพที่ 2-34 แสดงคุณลักษณะระหว่างแรงบิดกับเปอร์เซ็นต์ความเร็วของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิดค่าเดียว

คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิดค่าเดียวนี้สามารถที่จะทำให้กลับทางหมุนได้ง่าย ด้วยการใช้สวิตช์จากภายนอก แต่ขดรันและขดสตาร์ตจะต้องพันด้วยลวดขนาดเดียวกัน โดยมันจะผลัดกันทำหน้าที่เป็นขดรันและขดสตาร์ต เมื่อต้องการให้หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาก็ปรับสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง F ขดลวดชุด B จะทำหน้าที่เป็นขดรัน ส่วนขด A จะทำหน้าที่เป็นขดสตาร์ต แต่ถ้าต้องการให้หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาก็ปรับสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง R ขดลวดชุด A จะทำหน้าที่เป็นขดรัน และขดลวด B จะทำหน้าที่เป็นขดสตาร์ต ดังแสดงในภาพที่ 2-26



ภาพที่ 2-35 แสดงวงจรการกลับทิศทางการหมุนของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิดค่าเดียว

2.5.5.2 คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิด 2 ค่า คาปาซิเตอร์มอเตอร์ชนิดนี้จะใช้คาปาซิเตอร์ที่มีความจุมากต่ออนุกรมกับขดสตาร์ตใช้ทำหน้าที่สตาร์ต แต่ขณะหมุนปกติจะใช้คาปาซิเตอร์ที่มีความจุต่ำ โดยคาปาซิเตอร์ที่มีความจุต่ำนี้จะต่อคร่อมเข้ากับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์ และคาปาซิเตอร์สตาร์ตดังในภาพที่ 2-27 คาปาซิเตอร์สตาร์ตคือคาปาซิเตอร์ A จะเป็นชนิดอิเล็กโตรไลต์มีค่าความจุสูง (ทำงานช่วงเวลาสั้น) และ คาปาซิเตอร์ B เป็นแบบน้ำมันมีค่าความจุต่ำ (ทำงานต่อเนื่อง) โดยทั่วไปคาปาซิเตอร์ A จะมีค่าความจุประมาณ 10-15 เท่าของคาปาซิเตอร์ B ขณะที่เริ่มสตาร์ตนั้น สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์จะคงปิดวงจรอยู่ทำให้คาปาซิเตอร์ทั้งสองต่อขนานกันอยู่ ดังนั้นค่าความจุรวมจะมาก หลังจากที่มอเตอร์หมุนไปประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุดแล้ว สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์จะเปิดวงจรออก ยังคงเหลือคาปาซิเตอร์ B ต่ออยู่กับวงจรของขดลวดชุดสตาร์ตเพียงตัวเดียว ซึ่งจะทำให้ขดลวดชุดสตาร์ต กลายเป็นขดลวดชุดรันด้วยอีกชุดหนึ่ง มอเตอร์ชนิดนี้จะสามารถสตาร์ตในขณะที่มีโหลดมากๆได้ และขณะทำงานจะเงียบทำให้ประสิทธิภาพสูง และมีเพาเวอร์แฟกเตอร์สูงด้วย



ภาพที่ 2-36 แสดงวงจรของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิด 2 ค่า

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตเส้นขนมจีน ดังนั้นในการดำเนินงานจึงต้องมีการศึกษาถึงกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนในมีอยู่ในชุมชนต่าง ๆ เมื่อเห็นลักษณะการทำงานทั้งกระบวนการแล้วจึงได้ประมวลผลออกมาเป็นขั้นตอนในการทำดังนี้

3.1 การออกแบบ

เนื่องจากขั้นตอนการทำเส้นขนมจีนหลัก ๆ มีอยู่ด้วย 4 ขั้นตอน คือการนึ่งแป้ง นวดแป้ง อัดเส้น และต้มเส้น ดังนั้นในการออกแบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์จะต้องมีการออกแบบและวางแผนที่ดี โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบดังนี้คือ ถังนวดแป้ง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตัวหลักที่จัดทำงานวิจัยในครั้งนี้ เพราะเป็นตัวที่จะรวมเอาการนึ่งและการนวดแป้งเข้าไว้ในขั้นตอนเดียวกันนั่นเอง ซึ่งตัวถังนวดแป้งนี้จะประกอบด้วยถังนวดแป้ง เพลานวดแป้ง และฝาจ่ายไอน้ำ ส่วนอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ ก็เป็นอุปกรณ์ที่มีใช้กันอยู่โดยทั่วไป แต่จะทำการเอามารวมกันเข้าอยู่ในชุดเดียวกันทั้งหมด ให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งในที่นี้จะขอนำเสนอเฉพาะถังนวดแป้งเท่านั้น

การออกแบบเพลา

เพลามีความเร็วรอบ 60 rpm ขับโดยมอเตอร์ขนาด 1 hp หรือมีค่าเท่ากับ 746 watt

$$p = T\omega$$

$$746 = T \times 2\pi \times \frac{60}{60}$$

$$T = 118.73 N.m$$

เพลาทำจากเหล็กชนิด 1040 HR

$$\tau = \frac{0.6 \times \sigma_y}{N}$$

จากตารางคุณสมบัติของเหล็ก 1040 HR

$$\sigma_y = 58\ ksi = 399.91 N/mm^2$$

$$\tau = \frac{0.6 \times 399.91}{2}$$

$$\tau = 119.973 N/mm^2$$

เพลาหมุนด้วยแรงกระตุกอย่างเบาใช้ค่า $c_i = 1.0$ เพลารับแรงบิดอย่างเดียว

$$D^3 = \frac{16 \times c_t \times T}{\pi\tau}$$

$$= \frac{16 \times 1.0 \times 118730}{\pi \times 119.973}$$

$$D^3 = 5040.19mm$$

$$D = \sqrt[3]{5040.19}$$

$$D = 17.5mm$$

กำหนด

P = กำลังของมอเตอร์

T = แรงบิดที่กระทำกับแกนเพลา

τ = แรงเฉือนที่กระทำกับแกนเพลา

σ_y = ความเค้นสูงสุดที่เพลาสามารถรับได้

D = ขนาดของเพลาที่ต้องการหา

การคำนวณหาความเร็วรอบของเพลาขับเกียร์ทดรอบของถังตีแป้ง คำนวณซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

พูลเล่ย์ของมอเตอร์มีขนาด 6 นิ้ว = 15.24 เซนติเมตร = 152.4 มิลลิเมตร

พูลเล่ย์ของเกียร์มีขนาด 4 นิ้ว = 10.16 เซนติเมตร = 101.6 มิลลิเมตร

การหาความเร็วรอบของแกนตีแป้ง

จากสมการอัตราการทดรอบ D1 / D2 = N1 / N2

กำหนด

D1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเล่ย์ตัวขับ = 152.4 มิลลิเมตร

D2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเล่ย์ตัวตาม = 101.6 มิลลิเมตร

N1 คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ = 1,425 rpm

N3 คือ อัตราทดของเกียร์ทดรอบ = 40 : 1

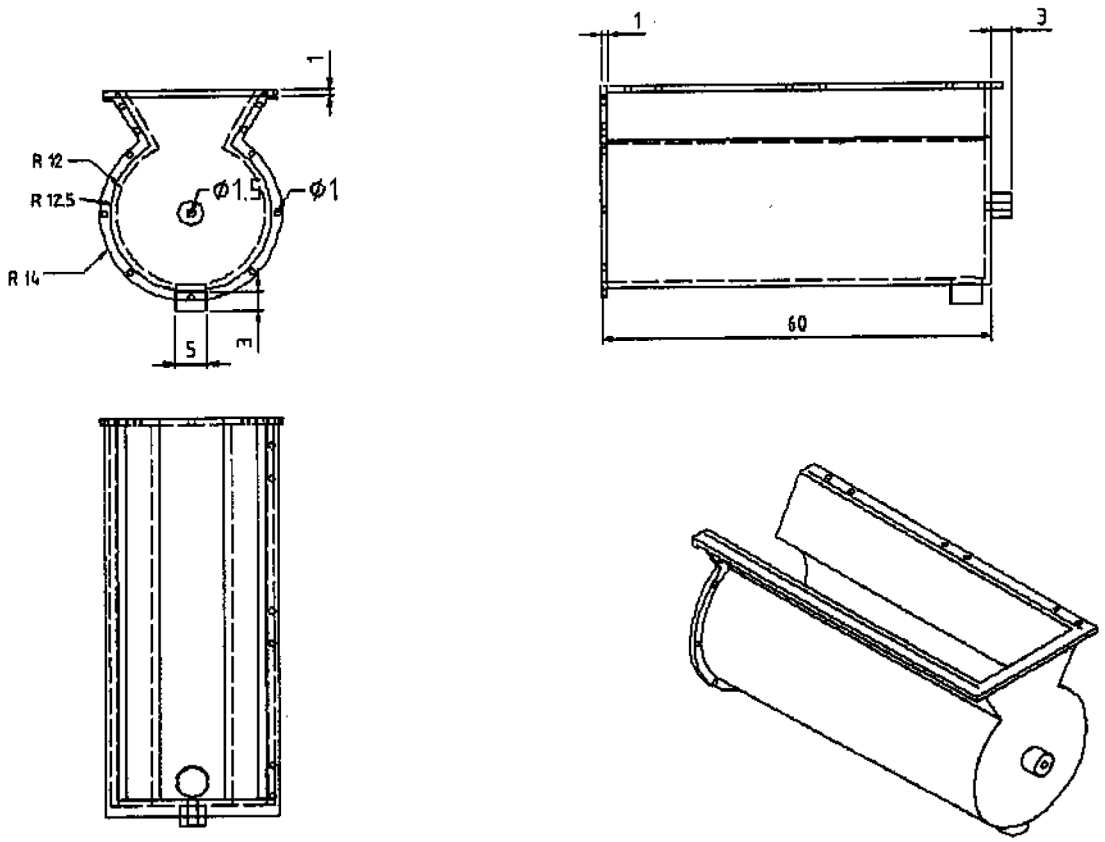
N2 คือ ความเร็วรอบที่ต้องการหา

แทนค่า

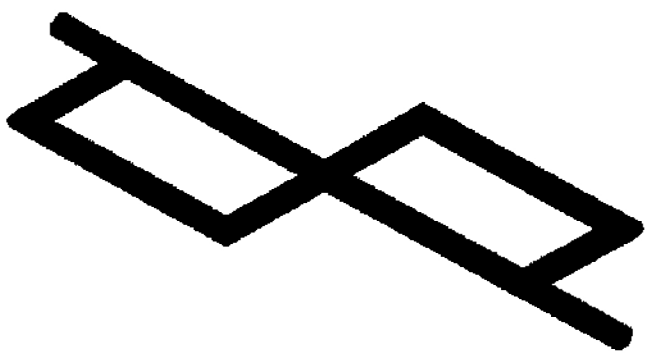
N2 = [(152.4 / 101.6) × 1,425]/40 = 53.43 rpm

ความเร็วรอบที่ใช้งานจริงมีค่าเท่ากับ 53.43 rpm

ทั้งนี้เมื่อได้ออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ แล้วก็จะนำมาประกอบเข้ากับตัวถัง ซึ่งลักษณะของถังจะเป็นทรงกระบอกแนวนอนเปิดด้านบนเพื่อใช้ในการใส่แป้งดังรูป

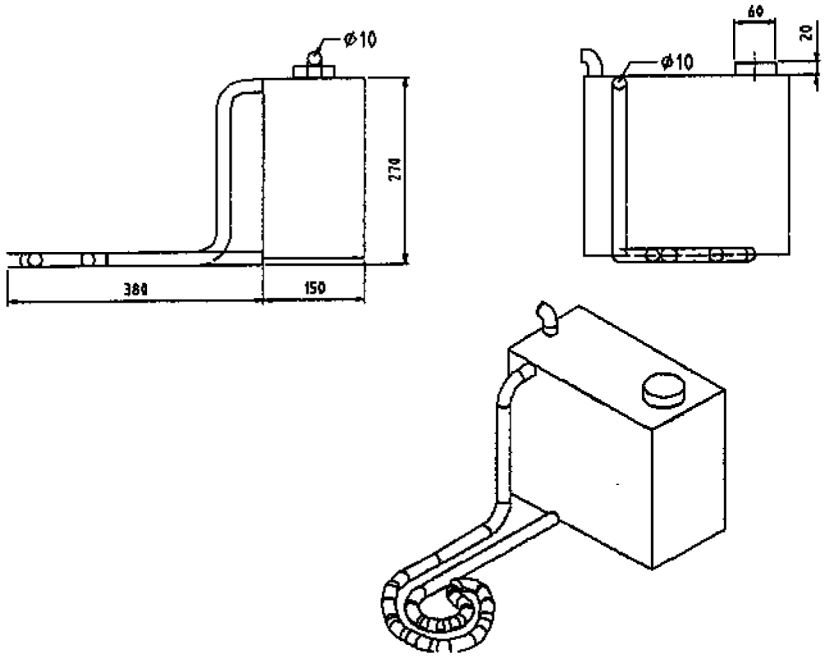


ภาพที่ 3-1 ลักษณะถังนวดแป้ง



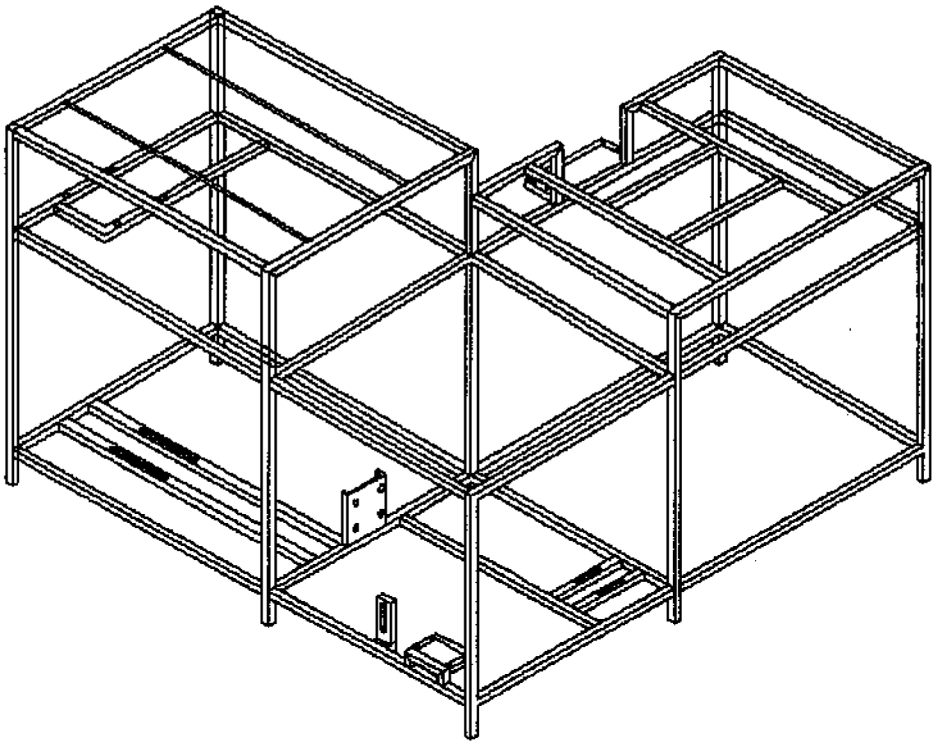
ภาพที่ 3-2 ลักษณะแกนเพลานวดแป้ง

ถังนวดแป้งที่ได้ยังจะต้องมีการใช้ไอน้ำเข้าไปทำการนึ่งแป้ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องออกแบบถังผลิตไอน้ำซึ่งจะใช้แหล่งความร้อนจากการต้มเส้นขนมจีน โดยออกแบบให้มีขดน้ำร้อนผ่านไปรับความร้อนจากไฟที่ต้มน้ำโดยมีรูปแบบดังภาพที่ ...

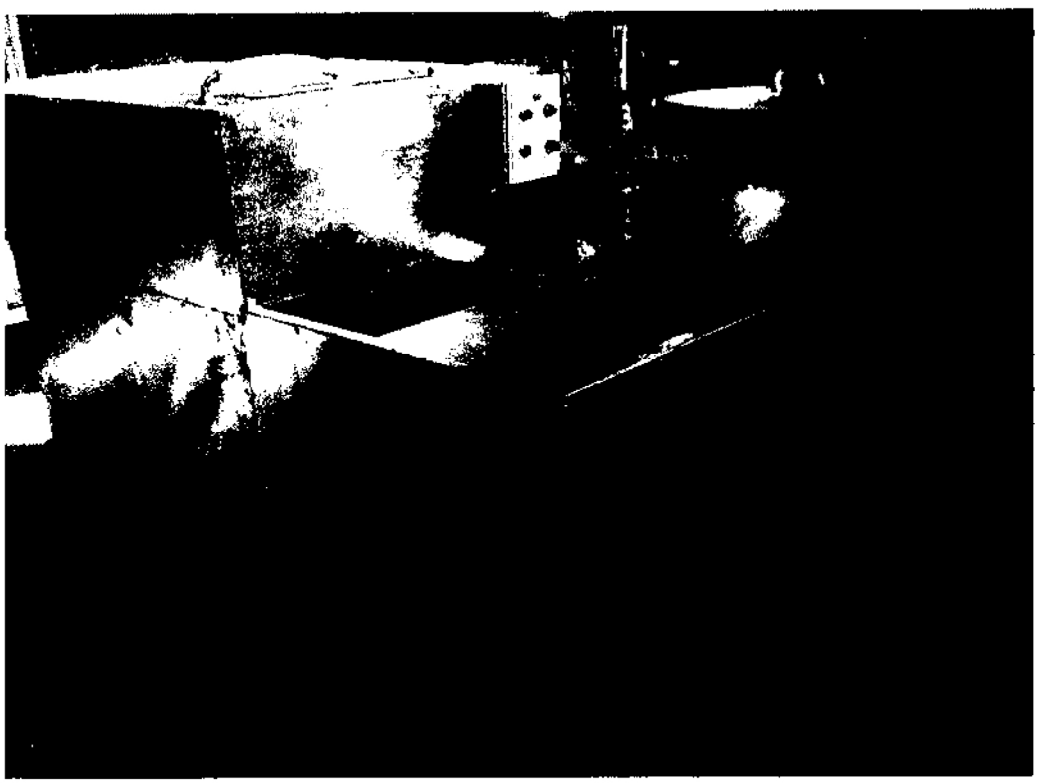


ภาพที่ 3-3 แสดงแบบโครงสร้างของถังไอน้ำ

เมื่อออกแบบถังนวดแป้งและถังไอน้ำได้แล้ว ก็นำมาติดตั้งเข้ากับโครงสร้างทั้งหมดให้มีอุปกรณ์เพิ่มเข้าไปอีกคือ ปั๊มอัดเส้นขนมจีน และกระทะต้มเส้นขนมจีน ดังโครงสร้างตามรูป



ภาพที่ 3-4 โครงสร้างที่ใช้ในการยึดอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าเป็นชุดเดียวกัน



ภาพที่ 3-5 เครื่องผลิตเส้นขนมจีนเมื่อทำการประกอบเข้าด้วยกันพร้อมใช้งาน

3.2 การทดลองผลิตเส้นขนมจีน

เมื่อทำการออกแบบและสร้างเครื่องเสร็จแล้วก็นำเครื่องมาทำการทดลองผลิตเส้นขนมจีน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

การนึ่งและนวดแป้ง

โดยการนำแป้งสำเร็จรูปจำนวน 20 กก. ใส่ลงในถังนวดแป้ง แล้วจึงเดินเครื่องนวดแป้ง พร้อมทั้งเปิดให้ไอน้ำที่ได้จากน้ำที่ทำการต้มเส้นขนมจีน เข้าไปในถังนวดแป้งเพื่อนึ่งแป้งในขณะที่ทำการนวดแป้ง เดินเครื่องนวดแป้งไปจนกระทั่งแป้งเป็นเนื้อเดียวกัน พร้อมที่จะสามารถอัดเป็นเส้นขนมจีนได้

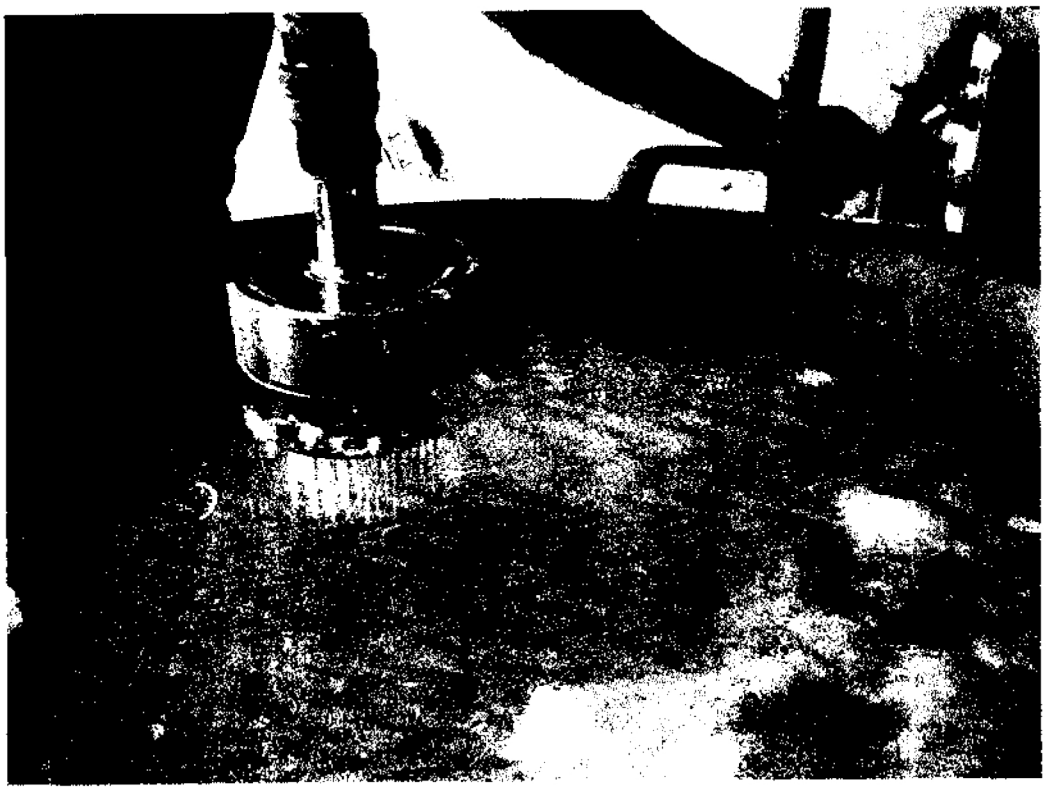
ภาพที่ 3-6 แป้งสำเร็จรูปในถังนวดแป้ง

ภาพที่ 3-7 แป้งสำเร็จภาพที่กำลังนวดพร้อมทำการนึ่งด้วยไอน้ำจากขั้นตอนการต้มเส้น

ภาพที่ 3-8 แป้งที่ผ่านการนวดและนึ่งจนพร้อมที่จะอัดเป็นเส้น

เมื่อได้แป้งที่ผ่านการนวดและนึ่งจนพร้อมที่จะอัดเป็นเส้นได้ ก็จะปล่อยแป้งไปสู่ถังอัดเส้น โดยก่อนทำการอันเส้นนั้นจะต้องทำการกรองแป้งก่อน ไม่เช่นนั้น เศษแป้งที่ไม่ละเอียดจะทำให้อุดตันและเส้นขนมจีนจะไม่เรียบสวยงาม เมื่อกรองเสร็จแล้วก็ทำการอัดเส้นลงสู่กระทะต้มเส้น โดยการวนหัวบัวจ่ายเส้นลงในกระทะเป็นวงไปรอบ ๆ ซึ่งเมื่อเส้นขนมจีนสุกแล้วจะลอยขึ้นมา จึงทำการตักออกไปล้างเส้นด้วยน้ำสะอาดต่อไป จนเส้นขาวนวลพร้อมรับประทาน

ภาพที่ 3-9 การกรองแป้งก่อนทำการอัดเส้น



ภาพที่ 3-10 การอัดเส้นขนมจีนลงในกระทะต้มเส้น

ภาพที่ 3-11 เส้นขนมจีนที่สุกแล้วก่อนนำไปล้างน้ำสะอาด

ภาพที่ 3-12 เส้นขนมจีนที่สุกแล้วนำไปล้างน้ำสะอาด

ภาพที่ 3.13 เส้นขนมจีนที่ได้จากเครื่องผลิตเส้นขนมจีนในขั้นตอนเดียว

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการสร้างเครื่องผลิตเส้นขนมจีนได้ผลดังนี้

1. สามารถนึ่งแป้งในขณะที่ทำการนวดแป้งให้แป้งนั้นสุกจนสามารถอัดทำเส้นได้ ซึ่งสามารถลดขั้นตอนในการนึ่งลงได้ ทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนในขั้นตอนนี้ได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นยังสามารถลดเวลาที่ใช้ในการนึ่งแป้งลงได้

2. ในการนึ่งและตีแป้ง สามารถนวดแป้งให้เป็นเนื้อเดียวกันพร้อมที่จะอัดเส้นได้ตามที่ต้องการโดยสามารถลดขั้นตอนในการที่จะเคลื่อนย้ายแป้งที่ได้จากขั้นตอนการนึ่งลงได้ ซึ่งทำให้สามารถลดความเสี่ยงที่การเคลื่อนย้ายที่ต้องใช้กำลังคน เนื่องจากความร้อนอาจทำให้เกิดอันตรายได้

ภาพที่ 4-1 แป้งที่ได้รับการนวดและนึ่งไปพร้อม ๆ กัน

3. เครื่องผลิตเส้นขนมจีนที่สร้างขึ้นนั้นสามารถทำเส้นขนมจีนให้มีคุณภาพเทียบเท่ากับเส้นขนมจีนที่ผลิตขายในท้องตลาดปัจจุบันได้เป็นอย่างดี โดยที่ใช้แรงงานคนในการผลิตเส้นขนมจีนเพียงคนเดียว

ภาพที่ 4-2 การอัดเส้นขนมจีนหลังจากการนึ่งและนวดเรียบร้อยแล้ว

ภาพที่ 4-3 เส้นขนมจีนที่ผ่านการต้มเรียบร้อยแล้ว

ภาพที่ 4-4 เส้นขนมจีนพร้อมรับประทาน ที่ได้จากเครื่องผลิตเส้นขนมจีนนี้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการสร้างเครื่องผลิตเส้นขนมจีนในขั้นตอนเดียวสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. สามารถผลิตเส้นขนมจีนได้คุณภาพตามที่ตลาดต้องการ โดยอาศัยแรงงานคนเพียงคนเดียว

2. สามารถลดขั้นตอนในการผลิตเส้นขนมจีนที่เกิดจากการขนย้ายโดยการยก ซึ่งต้องยกถุงแป้งที่เสร็จจากขั้นตอนการนึ่งเพื่อนำไปใส่ในถังนวดแป้ง โดยการรวมเอาขั้นตอนการนึ่งและนวดแป้งไว้ในขั้นตอนเดียวกันได้ จึงทำให้ลดปัญหาทางด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน

3. สามารถประหยัดเวลาในการผลิตเส้นขนมจีน จากวิธีการที่ใช้เดิม ๆ ลงได้ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลให้สามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีคุณค่า

4. สามารถประหยัดพลังงานที่ใช้ในการผลิตเส้นขนมจีนลงได้ เนื่องจากลดขั้นตอนการนึ่งแป้งลงไปได้ ซึ่งขั้นตอนนี้จำเป็นต้องใช้พลังงานความร้อนในการนึ่งแป้ง ประมาณ 30 นาที โดยการใช้พลังงานความร้อนที่ได้ในขั้นตอนการต้มเส้นขนมจีนมาใช้แทน

5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการวิจัยต่อไป

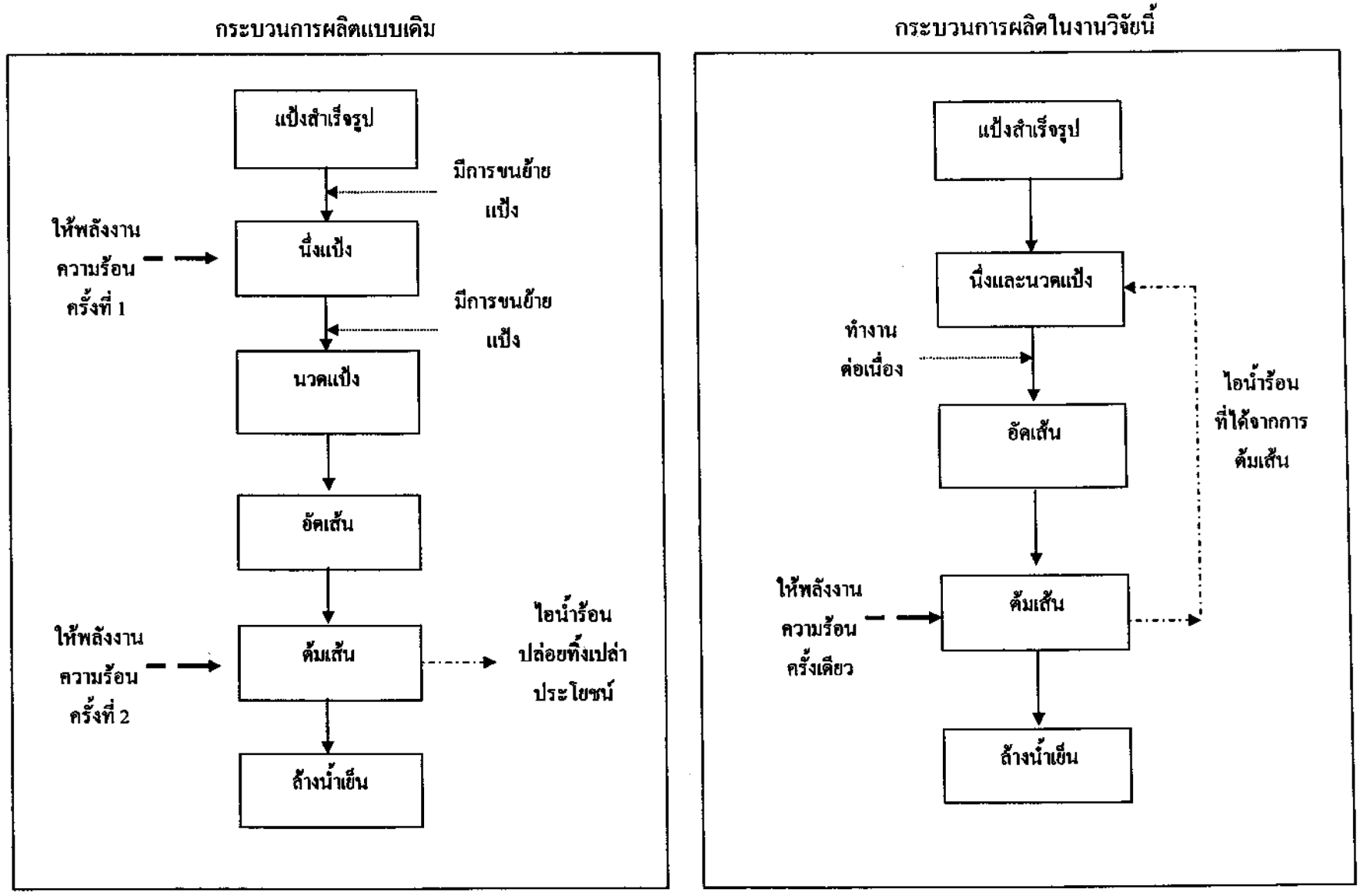
การสร้างเครื่องผลิตเส้นขนมจีนในขั้นตอนเดียวครั้งนี้ เป็นการยุบรวมขั้นตอนเดิมที่มีใช้กันแล้ว ซึ่งต้องมีการออกแบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ขึ้นมาใหม่หมด ดังนั้นในการออกแบบอุปกรณ์ดังกล่าวยังมีข้อบกพร่องอีกหลายประการ และยังไม่ได้มีการหาจุดเหมาะสมของกระบวนการต่าง ๆ ดังนั้น ถ้าจะมีการวิจัยต่อไปจึงควรปรับปรุงดังนี้

1. กระทะที่ใช้ในการต้มเส้นใช้กระทะใบบัวที่มีขายตามท้องตลาด จึงต้องออกแบบถังผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในการนึ่งเพิ่มขึ้นมา ดังนั้นควรออกแบบกระทะที่จะต้มเส้นขนมจีนใหม่ให้สามารถเก็บไอน้ำไว้ใช้ในการนึ่งได้ในตัว

2. ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่งยังไม่ได้หาจุดเหมาะสม จึงควรจะหาว่าปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่งและนวดแป้งที่เหมาะสม

3. หลังจากต้มเส้นขนมจีนแล้วเสร็จ ยังต้องใช้แรงงานคนทำการตักขึ้นเพื่อนำไปล้างน้ำสะอาด จึงควรจะออกแบบระบบเพิ่มเข้ามาเพื่อให้สามารถตักเส้นที่ผ่านการต้มแล้วออกมาใส่ภาชนะล้างน้ำสะอาดพร้อมรับประทานได้

ภาพที่ 5-1 แผนภาพเปรียบเทียบกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน



บรรณานุกรม

วรทธิ์ อึ้งภากรณ์. **การออกแบบเครื่องจักรกล 2**. กรุงเทพ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539

สมโพธิ์ วิวิธเกยูรวงศ์ , **กลศาสตร์วัสดุ**, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อำพล ซื่อตรง , **ชิ้นส่วนเครื่องกล**, กรุงเทพ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2536

ขนมจีนประโคก, http://pradok.site50.net

เวบรวมอาหารไทย http://www.horapa.com/