บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างชุดทดลองเครื่องเป่าอากาศนี้ใช้หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ดังนี้

2.1 พัดลม

2.2 มอเตอร์

2.3 เครื่องวัดงานไฟฟ้า

2.4 สายพาน

2.5 ล้อสายพาน

2.6 ตลับลูกปืน

2.7 การติดตั้งและบำรุงรักษา

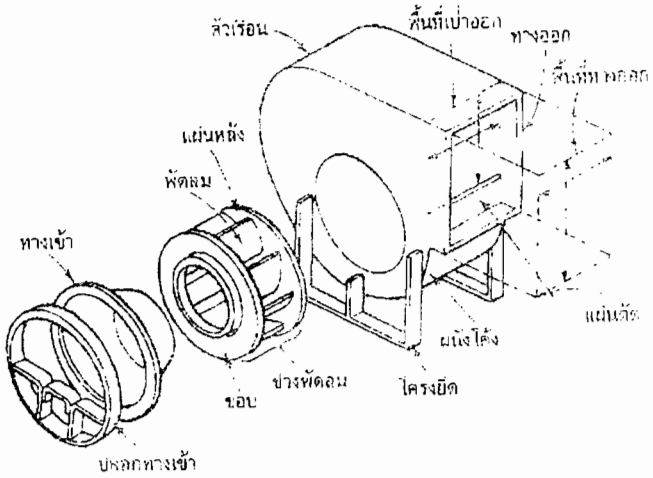
2.8 การเชื่อมโลหะ

2.1 พัดลม

การจำแนกประเภทของพัดลม [5]

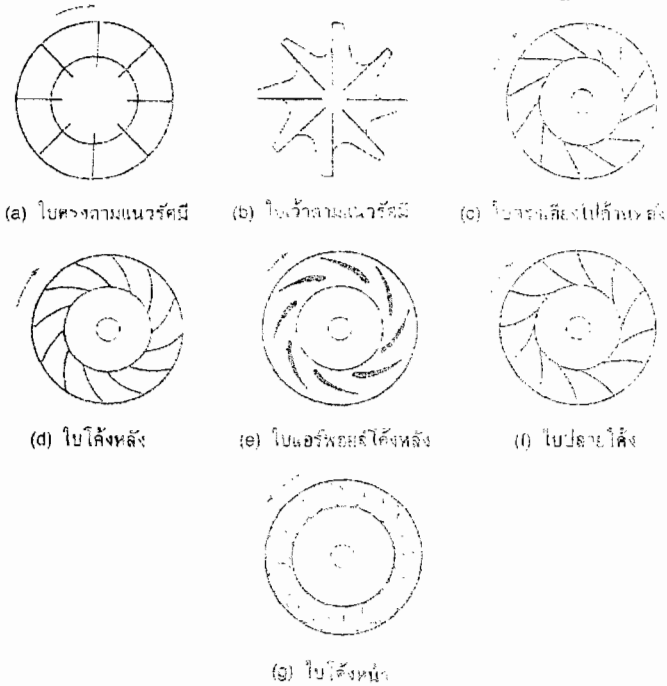
การประยุกต์ใช้งานพัดลมในการทำให้อากาศเคลื่อนที่ 99 เปอร์เซ็นต์ ใช้พัดลมอยู่ สามชนิดพื้นฐาน คือ แบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal) แบบใบจักร (Propeller) และแบบตามแนวแกน (Axial) โดยแต่ละชนิดมีความสามารถที่แตกต่างกัน ในด้านการให้กำเนิดความดัน ปริมาตรของก๊าซที่ถูกขนถ่าย ระดับการควบคุมที่เป็นไปได้ และความต้านทานต่อการสึกหรอและกัดกร่อนในบางกรณี คุณลักษณะเหล่านี้คาบเกี่ยวกัน และการเลือกใช้งานแต่ละครั้งต้องตัดสินใจระหว่างพัดลมสองชนิด

2.1.1 พัดลมแบบแรงเหวี่ยง ทำงานด้วยการบังคับให้อากาศหมุนเข้าไปในตัวเรือนพัดลมในลักษณะดูดเข้าไปตามแนวแกน จากนั้นเหวี่ยงออกตามแนวใบของพัดลมเป็นผลให้เกิดเป็นมวลอากาศหมุนที่ก่อให้เกิดความดันในการเคลื่อนกระแสอากาศ รูปที่ 2.1 แสดงชิ้นส่วนและตัวเรือนที่มีลักษณะคล้ายหอยโข่งของพัดลมชนิดนี้ และเพื่อที่จะบังคับกระแสอากาศกระจัดกระจายและไปในทิศทางที่ต้องการ ตัวเรือนของพัดลมแบบนี้ จึงมีความสำคัญในการออกแบบ



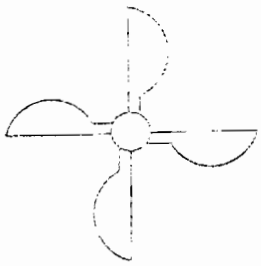
รูปที่ 2.1 ชิ้นส่วนและโครงสร้างของพัดลมแบบแรงเหวี่ยง

โดยทั่วไป คุณลักษณะในการผลิตกระแสอากาศของพัดลมแบบแรงเหวี่ยงขึ้นอยู่กับวงใบพัด โดยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กแต่กว้าง ให้ปริมาตรของก๊าซมากที่ความดันสถิตต่ำ (ความเร็วจำเพาะสูง) ขณะที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโต แต่แคบ ให้ปริมาตรก๊าซน้อยที่ความดันสถิตค่อนข้างสูง (ความเร็วจำเพาะต่ำ) สำหรับรูปแบบใบพัดที่ง่ายที่สุด คือใบพัดตรงตามแนวรัศมี แต่เพื่อจะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ กรณี ได้มีการออกแบบรูปแบบใบพัดเป็นหลากหลายลักษณะ คือ ชนิดใบเว้าตามแนวรัศมี ใบตรงเอียงไปด้านหลัง ใบโค้งหลัง ใบแอร์ฟอยล์โค้งหลัง ใบปลายโค้ง และใบโค้งหน้า ดังแสดงรูปแบบเปรียบเทียบในรูปที่ 2.2

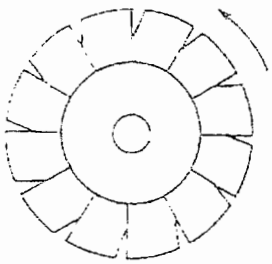


รูปที่ 2.2 รูปแบบใบชนิดต่าง ๆ ของพัดลมแบบแรงเหวี่ยง

2.1.2 พัดลมแบบใบจักร จะเคลื่อนย้ายอากาศโดยไม่มีการก่อให้เกิดความดันที่เด่นชัด และเป็นไปในลักษณะง่าย ๆ ด้วยมุมเอียงของใบพัดที่หมุนตัดอากาศสำหรับลักษณะใบพัดดังแสดงในรูปที่ 2.3 ส่วนการติดตั้งเป็นระบบพัดลมไม่จำเป็นต้องมีเรือนพัดลม เนื่องจากมีผลน้อยมาก หรือแทบไม่มีในการควบคุมการไหลของอากาศ พัดลมชนิดนี้เหมาะที่จะใช้กับการระบายอากาศที่สะอาดเป็นหลักซึ่งพบเห็นเป็นพัดลมระบายอากาศโดยทั่วไป

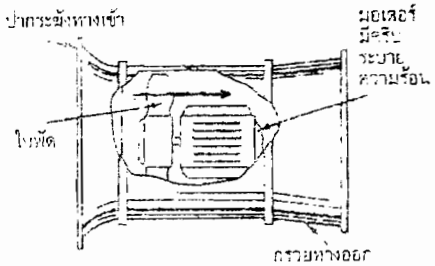


รูปที่ 2.3 ลักษณะใบพัดของพัดลมแบบใบจักร

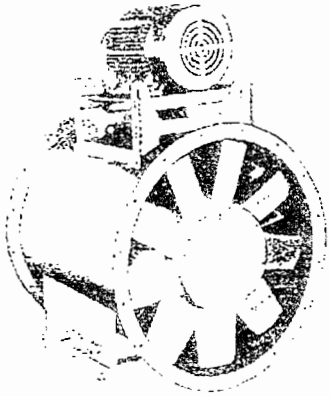


รูปที่ 2.4 ลักษณะใบพัดของพัดลมแบบตามแนวแกน

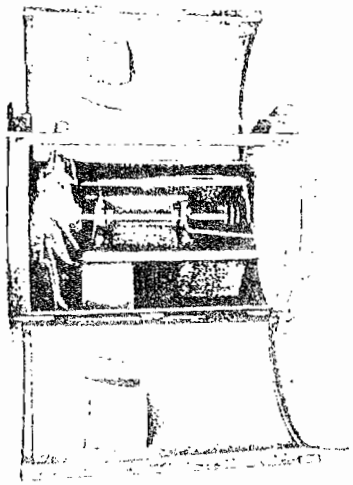
2.1.3 พัดลมแบบตามแนวแกน เป็นพัดลมแบบใบจักรที่จำเป็นต้องติดตั้งในตัวเรือนหรือท่อส่งลมที่จะให้ผลในการปรับระดับการควบคุม ซึ่งบางกรณีดีกว่าพัดลมแบบแรงเหวี่ยง โดยอากาศสามารถไหลผ่านตรงที่ทำให้ตัวขับพัดลมสามารถนำมาติดตั้งในกระแสก๊าซได้ แม้ว่ารูปแบบของท่อมักบังคับการไหลให้ไหลผ่านเป็นมุมฉากก่อนที่จะเข้าสู่พัดลมในลักษณะแรงเหวี่ยงก็ตาม รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะใบพัดของพัดลมแบบนี้ ส่วนรูปที่ 2.5 แสดงชิ้นส่วนและโครงสร้างของพัดลมที่ติดตั้งในงานท่อ โดยรูปที่ 2.5 (a) แสดงการติดตั้งในลักษณะตัวขับพัดลม (มอเตอร์) ติดตั้งในงานท่อ โดยรูปที่ 2.5 (b) แสดงการติดตั้งมอเตอร์บนผนังท่อ โดยใช้สายพานขับส่งกำลังแทนการต่อตรง การติดตั้งในลักษณะตามรูปที่ 2.5 นี้เรียกว่าทิวบ์แอกเชียล (Tube Axial) ส่วนถ้าหากมีแพนอากาศนำ (Guide Vane) ก่อน และ / หรือ ภายหลังวงพัดลมติดตั้งเข้าไป เพื่อผลทางอากาศพลศาสตร์ที่ทำให้พัดลมชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.6 เรียกว่าแวนแอกเชียล (Vane Axial)



รูปที่ 2.5 (a) ชิ้นส่วนและโครงสร้างของพัดลมแบบตามแนวแกน



รูปที่ 2.5 (b) ชิ้นส่วนและโครงสร้างของพัดลมแบบตามแนวแกน



รูปที่ 2.6 แวนแอกเชียลที่มีแพนอากาศนำติดตั้งต่อจากวงพัดลม

คุณลักษณะของพัดลมและการควบคุมพัดลม

พัดลมโดยมากประกอบด้วยวงล้อแข็งแกร่งที่ได้รับการออกแบบให้หมุนด้วยความเร็วคงที่ในตัวเรือนพัดลมที่อยู่กับที่ ดังนั้นคุณลักษณะที่ออกมาของพัดลมแต่ละตัวจึงกำหนดโดย

1. ความกว้าง ความลึก ความโค้ง และมุมบิด หรือพิตช์ (pitch) ของใบพัดลม
2. อัตราเร็วและเส้นผ่าศูนย์กลางของวงล้อ

3. ตัวเรือนพัดลม

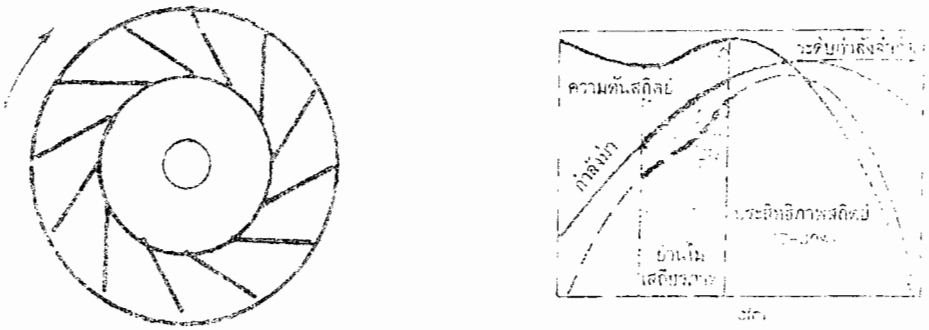
โดยกราฟคุณลักษณะที่แตกต่างกันกำหนดเสถียรภาพของพัดลมแต่ละตัวสำหรับการประยุกต์ ใช้งานเฉพาะกรณีในอุตสาหกรรม นอกจากนี้รูปทรงเรขาคณิตของวงล้อ ที่แตกต่างกันมีผลกระทบต่อความสามารถของพัดลมต่อการต้านทานการกัดเซาะหรือเสียดสี และการสะสมของฝุ่นผงบนใบด้วย

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วโดยทั่วไปผู้ผลิตแสดงคุณลักษณะของพัดลมด้วยกราฟเส้นโค้งคุณลักษณะเชิงสมรรถนะ ที่เป็นการพล็อตระหว่างความดันสถิต (นิ้วน้ำ) เทียบกับปริมาตรการไหลที่ออกจากพัดลม (cfm) รวมถึงกราฟกำลังม้า และประสิทธิภาพของพัดลมแต่ละตัวด้วย

พัดลมแบบแรงเหวี่ยง

โดยทั่วไป พัดลมแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Fan) ที่มีวงล้อที่กว้างแต่ขนาดเล็กผลิตปริมาตรกระแสอากาศจำนวนมาก ณ ความดันสถิตต่ำ (ความเร็วจำเพาะสูง) ส่วนพัดลมที่มีวงล้อแคบขนาดใหญ่ ให้ปริมาตรอากาศออกมาน้อย ณ ความดันสถิตที่ค่อนข้างต่ำ (ความเร็วจำเพาะต่ำ) สำหรับชนิดที่ง่ายที่สุดของใบพัดลม คือ ตรง (แบน) ตามแนวรัศมี และเพื่อการใช้งานไปตามลักษณะที่ต้องการให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ได้มีการดัดแปลงลักษณะใบให้แตกต่างออกไป ได้แก่ ชนิดใบความหนาคงที่ คือใบตรงเอียงไปด้านหลัง ใบโค้งหลัง ใบปลายโค้งหรือตรงเอียงไปด้านหลังแล้วโค้งหน้า และใบเว้าตามแนวรัศมี สำหรับกรณีที่ต้องการประสิทธิภาพให้สูงขึ้นอีกสามารถกระทำได้ด้วยการใช้ใบรูปทรงแอร์ฟอยล์โค้งหลัง ที่ให้กระแสการไหลที่ราบเรียบไม่มีการปั่นป่วน สุดท้ายคือ ใบชนิดโค้งหน้าซึ่งใช้ในการใช้งานกับการขนถ่ายอากาศที่สะดวก

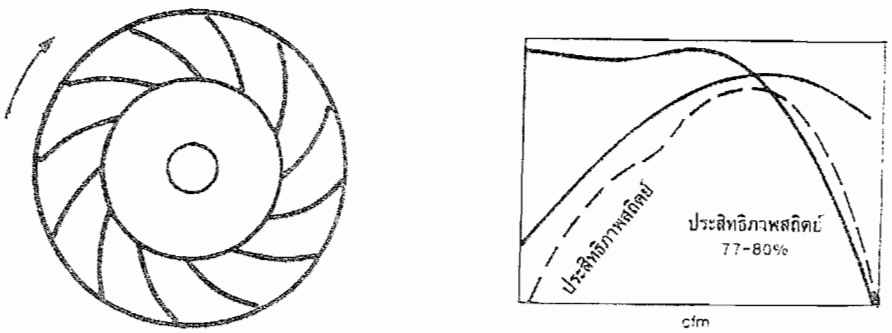
1. **ใบตรงเอียงไปด้านหลัง** (Backward – inclined Blade) ใช้สำหรับขนถ่ายอากาศที่ไม่สกปรก เช่น ในการใช้งานเป็นพัดลมเป่าอากาศของเครื่องกำเนิดไอน้ำ โดยตลอดช่วงการทำงานความดันสถิตลดลงขณะที่กระแสการไหลเพิ่มขึ้น (สาเหตุด้วยการเปิดแดมเปอร์ที่ควบคุมหรือลดความต้านทานของระบบ) อย่างไรก็ตาม ณ อัตราการไหลที่ต่ำกว่าช่วงการทำงานที่ออกแบบไว้ กระแสอากาศอาจเบี่ยงเบนออกจากพื้นผิวของใบซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดย่านที่ไม่เสถียรภาพ ดังแสดงด้วยการเว้าในเส้นกราฟทางด้านซ้ายของความดันสูงสุดในรูปที่ 2.7 ดังนั้นพัดลมไม่ควรนำมาใช้งานในย่านนี้เพราะประสิทธิภาพต่ำ และมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดความดันกระเพื่อม



รูปที่ 2.7 รูปแบบและกราฟคุณลักษณะของพัดลมชนิดใบตรงเอียงไปด้านหลัง

นอกจากนี้ในรูปที่ 2.7 จะสังเกตเห็นว่ากำลังม้าที่ใช้ขับพัดลมนี้เพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด บริเวณความดันสูงสุด และแล้วลดลง ลักษณะนี้ทำให้พัดลมชนิดใบตรงเอียงไปด้านหลัง มีคุณลักษณะที่ไม่มีสภาพใช้งานเกินกำหนด ถ้ามอเตอร์ขับถูกออกแบบให้ใช้งานสำหรับกำลังม้าที่สูงสุด ซึ่งทำให้พัดลมไม่อยู่ในสภาพภาระเกินกำหนด ด้วยการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ได้คาดคิดในความต้านทานของระบบ ลักษณะนี้มีคุณค่าเป็นพิเศษถ้ามอเตอร์ได้รับการกำหนดขนาด และสั่งซื้อสำหรับพัดลม ก่อนที่ความ ต้านทานของระบบทราบค่าอย่างถูกต้อง

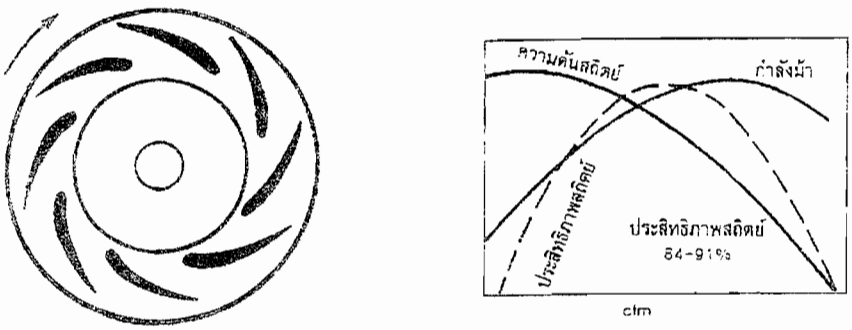
2. ใบโค้งหลัง (Backward – curved Blade) ปกติแล้วพัดลมชนิดนี้นิยมใช้มากกว่าชนิดใบตรงเอียงไปด้านหลัง เนื่องจากให้กระแสการไหลที่ราบเรียบกว่า และมีโครงสร้างที่ค่อนข้างแข็งแรงกว่า สำหรับกราฟคุณลักษณะจะคล้ายคลึงกับชนิดใบตรงเอียงไปด้านหลัง แต่ย่านที่ไม่เสถียรภาพมีลักษณะเด่นน้อยกว่า ดังนั้นพัดลมนี้สามารถนำมาใช้งานได้ตลอดช่วงกระแสการไหลอย่างเต็มที่จากจุดที่เปิดกว้างถึงปิดสนิท ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 รูปแบบและกราฟคุณลักษณะของพัดลมชนิดใบโค้งหลัง

โดยทั่วไปพัดลมชนิดใบโค้งหลัง มีความเร็วจำเพาะที่สูง ในทุกขนาดและทุกรูปทรง ซึ่งหมายความว่าในการให้กำหนดความดันที่ต้องการจำเป็นต้องใช้ความเร็วที่สูงด้วย แต่ในทางกลับกันหมายความว่าวงล้อมีความต้านทานต่ำต่อการเสียดสีจากอนุภาคในกระแสอากาศ อย่างไรก็ตามในการใช้งานในหลาย ๆ กรณีที่อนุภาคฝุ่นผงไม่เป็นปัญหา วงล้อลักษณะนี้มีการประยุกต์ใช้ได้กว้างโดยที่ประสิทธิภาพสถิตค่อนข้างสูงระหว่าง 77 % ถึง 80 %

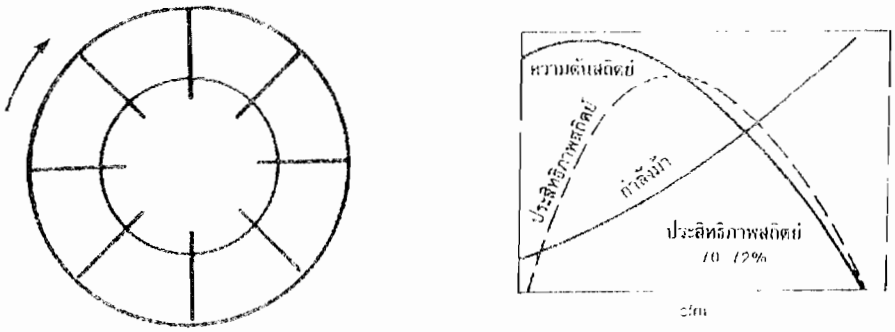
3. **ใบแอร์ฟอยล์กลวง** (Hollow Airfoil Blade) ปัจจุบันนำมาประยุกต์ใช้งานใน หลาย ๆ กรณี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของพัดลม โดยลักษณะใบมีลักษณะคล้ายปีกเครื่องบิน ซึ่งช่วยให้การไหลของกระแสอากาศราบเรียบอย่างมาก และทำให้ประสิทธิภาพสูงถึง 91% อย่างไรก็ตามเนื่องจากใบแอร์ฟอยล์ต้องสร้างขึ้นจากแผ่นเหล็กกล้านำมาประกอบเป็นรูปทรงแอร์ฟอยล์ ซึ่งค่อนข้างซับซ้อนกว่าใบชนิดอื่น ๆ จึงทำให้มีราคาแพงมาก นอกจากนี้การซ่อมแซมหรือปรับปรุงใหม่จะมีค่าใช้จ่ายสูงด้วย ดังนั้นใบพัดชนิดนี้จึงใช้งานเฉพาะกับก๊าซที่สะอาดและไม่มีสภาพขัดสีสำหรับการทำงานมีเสถียรภาพตลอดช่วงอย่างสมบูรณ์ ดังรูปที่ 2.9 รวมทั้งระดับเสียงค่อนข้างต่ำและสามารถนำมาใช้งาน ณ ความเร็วสูงได้



รูปที่ 2.9 รูปแบบและกราฟคุณลักษณะของพัดลมชนิดใบแอร์ฟอยล์

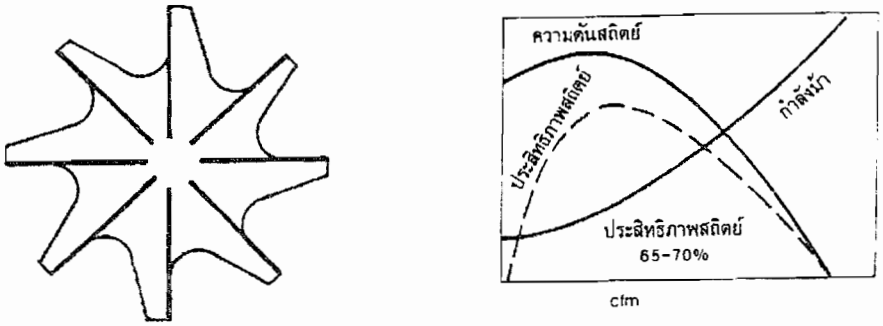
4. **ใบตรงตามแนวรัศมี** (Radial Blade) พัดลมชนิดผลิตกระแสอากาศออกมาในลักษณะการไหลที่ราบเรียบ ซึ่งเป็นผลให้อนุภาคในกระแสก๊าซหันเหออกไปจากพื้นผิวใบ จึงทำให้ พัดลมชนิดนี้มีความต้านทานต่อการขัดสีสูงสุด รวมทั้งเนื่องจากใบที่แบนไปตามแนวรัศมี ทำให้กระแสก๊าซตรงออกจากดุมพัดลม มีผลทำให้พัดลมมีความเร็วจำเพาะต่ำ ซึ่งหมายความว่าพัดลมวิ่งด้วยความเร็วรอบต่ำกว่าพัดลมชนิดใบเอียงไปทางด้านหลังทั้งหมด (แต่เร็วกว่าชนิดใบโค้งหน้า) ที่ทำให้กำเนิดความดันที่เท่ากัน อันช่วยทำให้พัดลมชนิดนี้เพิ่มความต้านทานต่อการขัดสีได้สูงขึ้นด้วย ดังนั้นพัดลมชนิดนี้จึงใช้สำหรับเคลื่อนย้ายขนถ่ายฝุ่นหรือเศษวัสดุขนาดเล็กได้ดี อย่างไรก็ตามเนื่องจาก ประสิทธิภาพของพัดลมชนิดนี้ต่ำเพียง 70 – 72% จึงมีใช้งานกับภาระที่มีอนุภาคของ แข็ง

ปะปนกับกระแสก๊าซจำนวนมากเท่านั้น ซึ่งพัดลมชนิดอื่นไม่เหมาะสมในการใช้งาน เช่น ในกรณีการหมุนเวียนก๊าซ สันดาป และอากาศขั้นต้นร้อนในเครื่องกำเนิดไอน้ำ รูปที่ 2.10 แสดงรูปแบบและกราฟคุณลักษณะของพัดชนิดใบตรงตามแนวรัศมีนี้



รูปที่ 2.10 รูปแบบและกราฟคุณลักษณะของพัดลมชนิดใบตรงตามแนวรัศมี

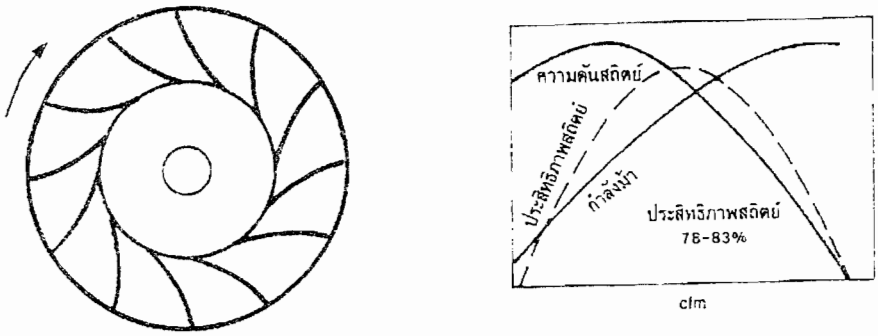
5. ใบเว้าตามแนวรัศมี (Open Radial Blade) พัดลมชนิดนี้กำหนดคุณลักษณะเป็นพิเศษสำหรับการใช้งานที่มีการขัดสีอย่างรุนแรง เช่น ในกรณีการขนถ่ายขี้เถ้า หรือการขนถ่ายถ่านหินผงหรือวัสดุผง ลักษณะใบมีลักษณะคล้ายใบพายที่ไม่มีแผ่นกลางและมักไม่มีแผ่นข้าง มีโครงสร้างที่แข็งแรงทนต่อการสึกหรอสูง แต่ยังมีการสึกหรอสูงมากเนื่องจากผงของแข็งที่มาขัดสี อย่างไรก็ตามใบสามารถถอดเปลี่ยนทดแทนได้ง่าย สำหรับประสิทธิภาพของพัดลมชนิดนี้จัดว่าต่ำสุด คือ เพียง 65 – 70 % รูปที่ 2.11 แสดงรูปแบบและกราฟคุณลักษณะของพัดลมชนิดนี้



รูปที่ 2.11 รูปแบบและกราฟคุณลักษณะของพัดลมชนิดใบเว้าตามแนวรัศมี

6. ใบปลายโค้ง (Radial – tip Blade) หรือบางครั้งรู้จักกันในนามใบเอียงไปด้านหลังโค้งหน้า (Backward Inclined, Forward Curved) นับเป็นพัดลมที่ชดเชยพัดลมชนิดใบตรงตามแนวรัศมีที่มีประสิทธิภาพต่ำ โดยพัดลมใบชนิดนี้ให้มุมปะทะที่ต่ำที่ขอบด้านในหรือขอบนำ ซึ่งทำให้

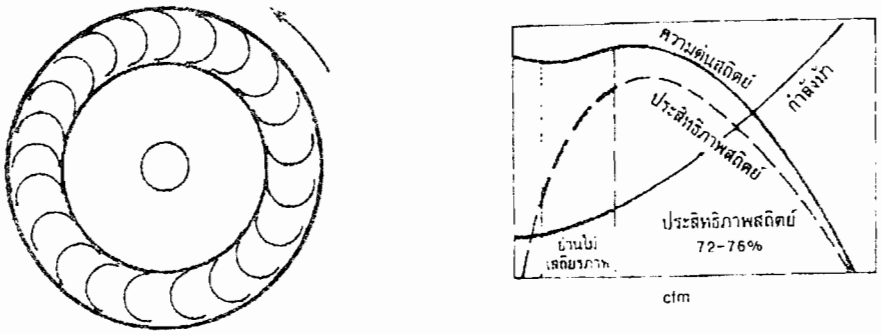
กระแสก๊าซเคลื่อนไปตามรูปใบด้วยกระแสปั่นป่วนที่น้อยที่สุด โดยขอบหางหรือขอบนอกของใบมีลักษณะโค้งขึ้นเกือบจะเป็นทิศทางตามแนวแกนทำให้พัดลมมีความเร็วจำเพาะต่ำ และดังนั้นมีความต้านทานต่อการขัดสีที่ดี ในด้านการใช้งานมีเสถียรภาพตลอดช่วงของการทำงานและมีประสิทธิภาพสูงประมาณ 78 – 83 % ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 รูปแบบและกราฟคุณลักษณะของพัดลมชนิดใบปลายโค้ง

สำหรับคุณลักษณะของพัดลมชนิดนี้ มีคุณลักษณะหลายประการของพัดลมชนิดใบตรงเอียงไปด้านหลังรวมทั้งประสิทธิภาพที่สูงและกำลังม้าที่จำกัดตัวเอง โดยปกติถือว่าเป็นพัดลมที่ใช้ขนถ่ายกระแสก๊าซที่มีภาระฝุ่นปานกลางโดยเฉพาะการประยุกต์ใช้เป็นพัดลมดูดอากาศออก ซึ่งต้องการความดันจำเพาะสูงและความเร็วจำเพาะต่ำ

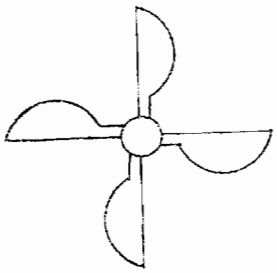
7. **ใบโค้งหน้า** (Forward – curved Blade) จากลักษณะการติดตั้งทำให้มักเรียกกันว่าโรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel – cage Rotor) ให้ประสิทธิภาพของพัดลมต่ำถึงปานกลาง (72 – 76%) แต่ความสามารถในการขนถ่ายในปริมาตรที่สูงสำหรับขนาดของพัดลม และเนื่องจากใบมีลักษณะโค้งหน้า ทำให้ฝุ่นผงต่าง ๆ จากกระแสก๊าซที่สกปรกสะสมอยู่ตามรอยเว้าของใบได้ง่าย ดังนั้นจึงสามารถใช้ได้ดีสำหรับขนถ่ายอากาศที่สะอาดเท่านั้นสำหรับกราฟคุณลักษณะ รูปที่ 2.13 มีย่านไม่เสถียรภาพที่พัดลมไม่สามารถทำงานได้ที่ชัดเจนมากโดยทั่วไปจึงมีใช้งานน้อยในระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำแต่มีใช้งานอยู่ทั่วไปในอุปกรณ์ขนถ่ายอากาศที่มีขนาดเล็ก



รูปที่ 2.13 รูปแบบและกราฟคุณลักษณะของพัดลมชนิดใบโค้งหน้า

พัดลมแบบใบจักร

พัดลมแบบใบจักร (Propeller) เป็นพัดลมที่มีความดันต่ำ แต่ปริมาตรสูงเป็นจุดสำคัญ ใช้งานเป็นหลักสำหรับระบายอากาศที่สะอาด พัดลมแบบใบจักรโดยมาก เป็นรูปแบบง่าย ราคาต่ำ แต่สำหรับการใช้งานของหอระบายความร้อน ความต้องการกำลังและขนาดของพัดลมมีสูงมาก และความถูกต้องทางวิศวกรรมนับเป็นสิ่งที่สำคัญ รูปที่ 2.14 แสดงรูปแบบของพัดลมชนิดนี้



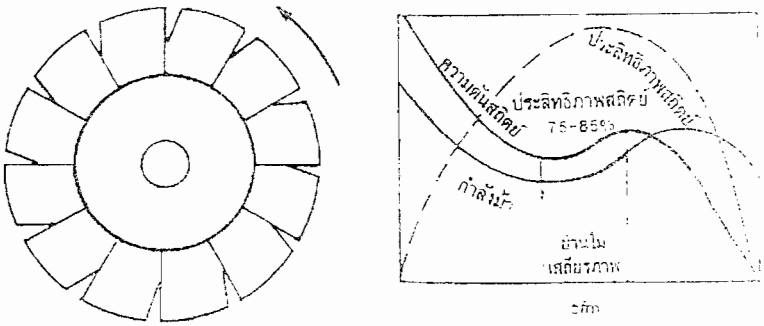
รูปที่ 2.14 รูปแบบพัดลมแบบใบจักร

พัดลมตามแนวแกน

พัดลมชนิดนี้คือพัดลมแบบใบจักร หรือ โพรเพลเลอร์ที่ติดตั้งอย่างมิดชิดในตัวถัง หรือตัวเรือนรูปทรงกระบอก หรือท่อ จึงเรียกว่าทิวแอกเชียล (Tube Axial) โดยในท่อ ความดันจลน์บางส่วนที่ก่อตัวขึ้นด้วยแรงกระแทกของใบต่อกระแสอากาศถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นความดันสถิตย์ ดังนั้นถ้าใบที่มีลักษณะตรงถูกนำมาติดตั้งในท่อ ความดันจลน์หมุนวนถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นความดันสถิตย์ด้วยทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น

สำหรับความดันที่เกิดขึ้นของพัดลมตามแนวแกนเป็นไปตามกฎของพัดลมเช่นเดียวกับที่ใช้กับพัดลมแบบแรงเหวี่ยง แต่จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางดุมใบพัดต่อเส้นผ่าศูนย์กลางปลายใบด้วย (อัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางดุมใบพัดต่อเส้นผ่าศูนย์กลางปลายใบยิ่งสูงความดันยิ่งเพิ่ม

สูงขึ้น) สำหรับพัดลมแบบใบจักรธรรมดา (ไม่มีตัวถัง) ส่วนของใบชิดกับดุมใบถูกสวมครอบเข้าด้วยกัน และเคลื่อนที่ ณ ความเร็วที่ต่ำลง เป็นผลให้ก๊าซนั้นมีแนวโน้มที่จะเกิดการหมุนวนผ่านศูนย์กลางของพัดลม ในความเป็นจริงทั้งความดันสถิต และประสิทธิภาพของพัดลมนี้ สามารถเพิ่มขึ้นได้ด้วยการติดตั้งดุมใบครอบ ตลอดวงล้อของพัดลม ส่วนพัดลมตามแนวแกนสำหรับการใช้งานกับโรงจักรต้นกำลังได้รับการออกแบบให้มีอัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางดุมใบต่อเส้นผ่าศูนย์กลางปลายใบสูง



รูปที่ 2.15 รูปแบบและกราฟคุณลักษณะของพัดลมแบบตามแนวแกน

ในแง่ของคุณลักษณะเชิงสมรรถนะของพัดลมแบบใบตามแนวแกน มีรูปแบบที่เด่นชัดของพื้นที่ความไม่เสถียรของเครื่องทำให้เครื่องเดินเครื่องอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ทางด้านซ้ายของจุดความดันสูงสุด ดังรูปที่ 2.15 ลักษณะเช่นนี้ เป็นสาเหตุเนื่องจาก ใบพัดลมที่เสียอาการทรงตัว เช่นเดียวกับการเสียอาการทรงตัวของปีกเครื่องบินฉะนั้นถ้าพัดลมมีการใช้งานในย่านนี้ (เช่น สาเหตุการปิดกั้นการไหลโดยไม่ได้ตั้งใจ) พัดลมยังคงดำเนินการเพิ่มพลังงานเข้าไปในก๊าซโดยที่ไม่มีการก่อให้เกิดการไหลที่เด่นชัด และทำให้ตัวเรือนพัดลมเกิดความร้อนสูงอย่างรวดเร็วภายใต้สภาวะดังกล่าว

ย่านเสียการทรงตัว (Stall) นี้ รวมทั้งการที่ก่อให้เกิดความดันที่ค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 20 นิ้วน้ำสูงสุด) ของพัดลมแบบตามแนวแกนขั้นตอนเดียว และจากการที่ใบพัดลมทำจากการหล่อหรือขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรคาดว่าสึกหลอได้มาจากอนุภาคฝุ่นหรือกระแสก๊าซและการซ่อมแซมทำได้ยากและมีราคาแพงกว่าพัดลมเหวี่ยง จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้ในโรงจักรต้นกำลังมากนัก

ปัญหาโดยทั่วไปเกี่ยวกับย่านเสียอาการทรงตัวนี้ จะเกิดขึ้นกับพัดลมเป่าอากาศสองตัวที่ทำงานในลักษณะขนานกัน ถ้าพัดลมตัวหนึ่งใช้งานในตอนแรก ที่ภาระของเตาเผาต่ำ จะเป็นไป

ไม่ได้เลยที่ทำให้พัดลมตัวที่สองมีอัตราเร็วสูงขึ้นผ่านย่านเสียอาการทรงตัวนี้ โดยไม่ลดภาระของพัดลมตัวแรกลง

จากการที่ในปัจจุบันใบกังหันแบบตามแนวแกนสามารถควบคุมการไหลด้วยการปรับมุมบิดได้ (Variable – pitch Blade) และการที่กระแสก๊าซมีอนุภาคฝุ่นที่ลดลงจากการเอาใจใส่เรื่องการควบคุมมลภาวะอากาศ รวมทั้งการที่เป็นพัดลมที่สิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าแบบแรงเหวี่ยง ทำให้การใช้งานพัดลมแบบนี้ในวงการอุตสาหกรรมและด้านการผลิตกำลังมีมากขึ้น

การคำนวณ ความเร็วของลม อัตราการไหล กำลังงาน และประสิทธิภาพของพัดลม

1. คำนวณความเร็วลมที่หน้าตัดทางออก (V)
2. คำนวณอัตราการไหลของลม (Q)
3. คำนวณความดันแตกต่างของมานอมิเตอร์ (ΔP)
4. คำนวณกำลังงานที่พัดลมให้แก่อากาศ หรือความดันของลม (W_o)
5. คำนวณกำลังมอเตอร์ที่ให้แก่พัดลม (W_i)
6. คำนวณประสิทธิภาพของพัดลม (η)

1.1 ความเร็วลมที่หน้าตัดทางออก (V) หาได้จากความหนาแน่นของเหลวในหลอดตัว U และความหนาแน่นของอากาศ

$$V^2 = \frac{(2 \times \rho_l \times g \times H)}{(\rho_a \times 1000)} \qquad \text{.....(1)}$$

อ่านค่า H หน่วย (cm)

ให้ ρ_l = ความหนาแน่นของของเหลวในหลอดตัว U หน่วย kg/m^3 (ในการใช้น้ำมันดีเซลมีค่าประมาณ 780 kg/m^3)

ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศหน่วย kg/m^3 (มีค่าประมาณ 12 kg/m^3)

g = ค่าความโน้มถ่วงจำเพาะมีค่าเท่ากับ 9.81 หน่วย (N)

V = ความเร็วของอากาศที่ทำการวัด หน่วย (m/s)

1.2 หาอัตราการไหลของลม (Q) หาได้จากพื้นที่หน้าตัดของปากทางออกและความเร็วของลม

$$Q = A \times V \qquad \text{.....(2)}$$

ให้ A = พื้นที่หน้าตัด หน่วย (m^2)

V = ความเร็วของลม หน่วย(m/s)

1.3 ความดันแตกต่าง (ΔP) หาได้จากระดับน้ำ และมุมเอียงของหลอดระดับน้ำ

$$\Delta P = H_i \times \sin\theta \times \gamma_{oil} \quad \text{.....(3)}$$

ให้ H_i = ระดับน้ำที่วิ่งขึ้น เมื่อต่อท่อ Pitot หน่วย (cm)

$\sin\theta$ = มุมเอียงของระดับน้ำ 45°

γ_{oil} = 0.78 หน่วย (N/m^3)

แปลงหน่วยความดัน (ΔP) จาก ($m\ H_2O$) ให้เป็น (Pa)

1.4 กำลังงานที่พัดลมให้แก่อากาศ หรือความดันของลม (W_o) หาได้จากอัตราการไหลของลมและความดันของลม

$$W_o = Q \times \Delta P \quad \text{.....(4)}$$

ให้ Q = อัตราการไหลของลม หน่วย (m^3/s)

ΔP = ความดันของลม หน่วย (Pa)

W_o = กำลังพัดลมให้แก่อากาศ หน่วย (N.m/sec)

1.5 กำลังมอเตอร์ที่ให้แก่พัดลม (W_i) หาได้จากแรงบิดของมอเตอร์และความเร็วรอบของมอเตอร์

$$W_i = \frac{Fr \times 2\pi n}{60} \quad \text{.....(5)}$$

ให้ n = ความเร็วรอบต่อนาที (โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ) หน่วย (rpm)

F = แรงบิดวัดที่ปลายแขนของมอเตอร์ไดนาโมมิเตอร์ หน่วย (N)

r = ความยาวของแขนหมุนของไดนาโมมิเตอร์ หน่วย (m)

W_i = กำลังงานที่มอเตอร์ให้แก่พัดลม หน่วย (N.m/sec)

1.6 ประสิทธิภาพของพัดลม (η)

$$\text{ประสิทธิภาพของพัดลม} = \frac{\text{กำลังงานที่พัดลมให้แก่อากาศ}}{\text{กำลังงานที่มอเตอร์ให้แก่พัดลม}}$$

$$= \frac{W_o}{W_i}$$

2.2 มอเตอร์

2.2.1 ประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้า [I]

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าใช้ การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าจะให้ประโยชน์เหนือกว่าการใช้เครื่องยนต์ที่จุดระเบิดภายใน โดยเฉพาะในกรณีต่อไปนี้

1. เมื่อปฏิบัติงานต่อเนื่องกันหลาย ๆ ชั่วโมง
2. เมื่อปฏิบัติงานตลอดคืน
3. เมื่อต้องการติดและดับเครื่องยนต์บ่อยครั้ง
4. เมื่อต้องการติดและดับเครื่องโดยอัตโนมัติ

ในกรณีของการวิดน้ำ ระบายน้ำ เครื่องอบแห้ง เครื่องเป่า สายพาน เลื่อยไสใหญ่ งานโลหะและงานไม้ การแปรสภาพเมล็ดพืช ฯลฯ มักจะต้องปฏิบัติงานในสภาพที่กล่าวข้างต้น 1-2 กรณี การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าจะน่าวางใจกว่ามาก

มอเตอร์ไฟฟ้าอาจจะไม่สามารถโยกย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ง่าย ๆ อย่างเครื่องยนต์จุดระเบิดภายใน แต่เราก็สามารถจะต่อไฟมาใช้กับเครื่องได้ในระยะถึง 20 เมตร โดยการใช้สายต่อ แต่ควรระมัดระวังว่าสายไฟที่ใช้ต่อควรจะมีขนาดใหญ่พอ มิฉะนั้นจะเกิดความต่างศักย์ตก และประสิทธิภาพลดลง

2.2.2 มอเตอร์เฟสเดียว

ในบ้านเรือนทั่วไปจะมีกระแสไฟฟ้าเฟสเดียวขนาด 220 โวลท์ 50 Hz ใช้แต่มอเตอร์ไฟฟ้าจะมีข้อจำกัดที่ใช้ได้เฉพาะกระแส Contracted เท่านั้น บนป้ายทะเบียนของมอเตอร์จะบอกชนิดและขนาดของกระแส เมื่ออ่านป้ายนี้สามารถใช้มอเตอร์ได้อย่างถูกต้อง ดูตารางที่ 2.1

จากตารางข้างต้นจะเห็นว่ามอเตอร์ไฟฟ้าในตารางที่ 2.1 เป็นมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้า 220 โวลท์ 50 Hz กำลัง 0.4 กิโลวัตต์ (โดยมี 0.735 กิโลวัตต์ เท่ากับประมาณ 1 แรงม้า ฉะนั้น มอเตอร์นี้มีกำลังประมาณ 0.5 แรงม้า) และกระแสที่ใช้คือ ต่ำกว่า 9.5 แอมแปร์

แม้รอบหมุนจะไม่ได้พูดถึงกันบ่อยครั้ง แต่มอเตอร์ขนาด 4 ขั้ว มีรอบหมุน 1,500 รอบต่อนาที (1,500 rpm) ที่ 50 Hz ส่วนมอเตอร์ 2 ขั้ว และ 8 ขั้ว จะมีรอบหมุน 3,000 rpm และ 750 rpm ตามลำดับ (รอบหมุนจะเป็นสัดส่วนกลับกับจำนวนขั้ว)

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างแผ่นป้ายมอเตอร์

มอเตอร์ สื่อเฟสเดียว	คอนเดนเซอร์ สตาร์ท	
220 V 50 Hz	ขนาด	0.4 kw
4 PKW 1500 rpm		9.5 A

มอเตอร์เฟสเดียวแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1) ประเภทสตาร์ทแยก

2) ประเภทสตาร์ทด้วยคอนเดนเซอร์

3) ประเภทสตาร์ทด้วยแรงผลัก

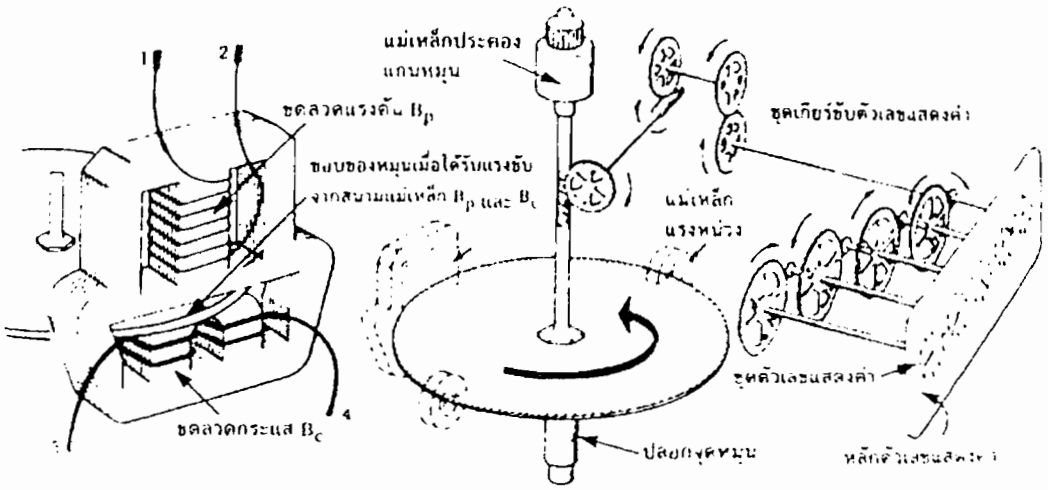
สองประเภทหลังมีแรงติดเครื่องที่ดีกว่าประเภทที่ 1 คือประเภทสตาร์ทด้วยคอนเดนเซอร์และประเภทสตาร์ทด้วยแรงผลักกำลังเป็นที่นิยมใช้กับแพร่หลาย ทิศทางของการหมุนจะกลับทางโดยการเปลี่ยนการต่อลวดสำหรับประเภทที่ 1 และ 2 ส่วนประเภทที่ 3 ใช้วิธีเปลี่ยนแผ่นโลหะ

ในประเภทของมอเตอร์แบบเฟสเดียว นอกจากมอเตอร์แบบแม่เหล็กไฟฟ้าแล้ว ยังมีเครื่องยนต์แบบต่าง ๆ อีก ซึ่งเครื่องยนต์เหล่านี้จะใช้กระแสสลับหรือกระแสตรงก็ได้ แรงของการติดเครื่องจะแรงมากและส่วนมากใช้กับสว่านไฟฟ้า เลื่อยวงเดือน และอุปกรณ์งานบ้านอื่น ๆ

สำหรับมอเตอร์แบบสตาร์ทด้วยแรงผลักและเป็นแบบที่ใช้แผ่นโลหะ จะต้องคอยเปลี่ยนแผ่นโลหะเมื่อชำรุดเสมอ มอเตอร์แบบเฟสเดียวส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กกว่า 1 กิโลวัตต์

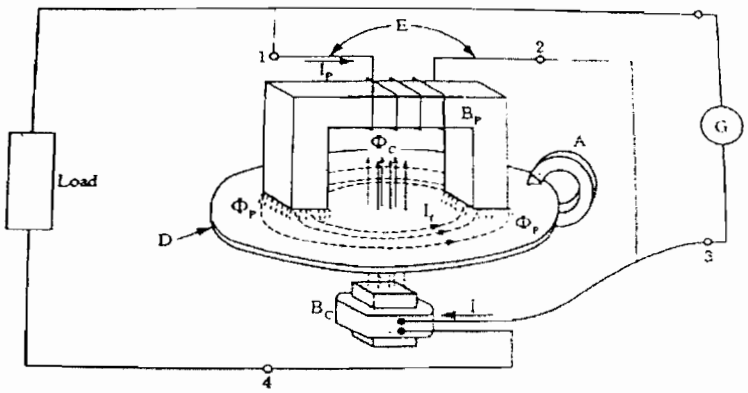
2.3 เครื่องวัดงานไฟฟ้า [6]

เครื่องวัดงานไฟฟ้า หรือเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณงานทางไฟฟ้าหรือพลังงานทางไฟฟ้า มีชื่อเรียกว่า Kilowatt-Hour Meter นั่นคือวัดค่าของกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาที่กำหนดหน่วยของการวัดคือ ยูนิต เพราะว่า 1 Unit = 1 kWh เครื่องวัดงานไฟฟ้ามีหลายชนิดเนื่องจากมีโครงสร้างภายในและหลักการทำงานที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องวัดงานไฟฟ้าแบบอิเล็กโทรไลติก ใช้วัดงานไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น และเครื่องวัดงานไฟฟ้าแบบมอเตอร์วัดงานไฟฟ้าได้ทั้งวงจรไฟตรงและไฟสลับ (รายละเอียดของโครงสร้างและการทำงานแต่ละแบบจะศึกษาเพิ่มเติมจากเครื่องวัดไฟฟ้า : ณรงค์ ชอนตะวัน หน้า 122-134) สำหรับเครื่องวัดงานไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคของประเทศไทยนั้น ซึ่งมีลักษณะภายในของเครื่องวัดงานไฟฟ้า ชนิด 1 เฟส



รูปที่ 2.16 โครงสร้างภายในของเครื่องวัดงานไฟฟ้าชนิด 1 เฟส

2.3.1 การทำงานของเครื่องวัดงานไฟฟ้า พิจารณาจากรูปที่ 2.16 เป็นวงจรการต่อเครื่องวัดงานไฟฟ้ากับโหลด โดยต่อขดลวดแรงดันไฟฟ้าขั้วที่ 1-2 ขนานกับโหลดเพื่อวัดแรงดันคร่อมโหลดเป็นผลให้เส้นแรงแม่เหล็กส่วนแรก (Φ_p) แปรผันโดยตรงกับแรงดันคร่อมโหลดและต่อขดลวดกระแสไฟฟ้าขั้วที่ 3-4 อนุกรมกับโหลด เป็นผลให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กส่วนที่สอง (Φ_C) แปรผันโดยตรงกับกระแสผ่านโหลด และเมื่อ Φ_p และ Φ_C ผ่านจานหมุนจะทำให้เกิดกระแสไหลวน (I_f) ไหลอยู่บนจานหมุน ทำให้เกิดทอร์กหมุนจานไปในทิศทางเดียวกับกระแสไหลวน ซึ่งความเร็วของจานหมุนขึ้นอยู่กับผลคูณของแรงดันโหลดและกระแสโหลด อย่างไรก็ตามหากความเร็วของจานหมุนเร็วกว่าปกติสามารถบังคับให้ช้าลงได้โดยใช้แม่เหล็กถาวรที่ใช้เบรก (Breaking Magnet) คือแม่เหล็ก A ในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 วงจรแสดงการทำงานของเครื่องวัดงานไฟฟ้า

2.3.2 การอ่านค่างานไฟฟ้า เนื่องจากการหมุนของจานหมุนแต่ละรอบแปรผันโดยตรงกับค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด และเพลาของจานหมุนจะต่อไปยังเกียร์ที่ขับชุดบอกค่าปริมาณงานไฟฟ้า ซึ่งค่าของจำนวนรอบการหมุนของจานหมุนเพื่อให้ได้ค่างานไฟฟ้าเท่ากับ 1 Wh อาจเรียกได้ว่า ค่าคงที่ของเครื่องวัดงานไฟฟ้า (Proportional Factor) ดังสมการ

$$K = \frac{\text{จำนวนรอบการหมุน}}{\text{วัตต์ – ชั่วโมง}}$$

$$= \frac{N}{Wh}$$

ค่าของงานไฟฟ้า (W) มีหน่วยเป็นยูนิต ซึ่งมีค่าเท่ากัน

1 ยูนิต = 1 kWh

หน่วยยูนิต คือ หน่วยที่ใช้ในการคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องชำระตามตัวเลขยูนิตการใช้งานไฟฟ้าตามตารางที่การไฟฟ้ากำหนด เครื่องวัดไฟฟ้าจะมีมาตรฐานการทดค่ากระแสไฟฟ้าเกินพิกัดของขดลวดกระแสไฟฟ้า โดยจะมีค่าสูงกว่าพิกัด 25-40% โดยไม่เกิดอันตรายใด ๆ ต่อขดลวดกระแสไฟฟ้า เช่น เครื่องวัดงานไฟฟ้าเฟสเดียวพิกัด 5 (15) A หมายความว่าเป็นเครื่องวัดงานไฟฟ้าที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้สูงถึง 15 A โดยไม่เป็นอันตราย แต่เป็นเครื่องวัดที่มีพิกัดเพียง 5 A หรือเครื่องวัดพิกัด 15 (45) A หมายความว่าเป็นเครื่องวัดงานไฟฟ้าพิกัดกระแส 15 A แต่ยอมให้กระแสเกินพิกัดได้ถึง 45 A โดยขดลวดกระแสไม่เกิดอันตราย เป็นต้น

2.4 สายพาน

คุณลักษณะส่งกำลังด้วยสายพาน [2]

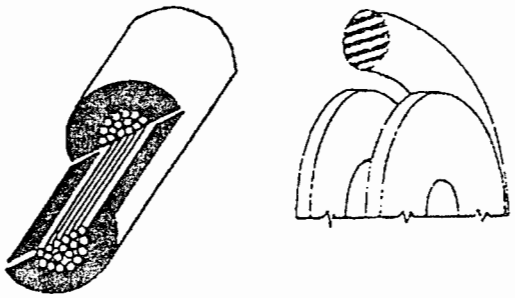
การส่งกำลังด้วยสายพาน เป็นการส่งกำลังอย่างง่ายและราคาไม่แพง มีใช้กันแพร่หลายทั้งในชนบทและในเมือง เช่น เครื่องปั่นไฟ เครื่องสูบน้ำ เครื่องรถไถนา เครื่องรถยนต์ เครื่องเลื่อย เครื่องเจาะเป็นต้น การส่งกำลังจะส่งจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งผ่านล้อสายพาน (Pulley) โดยอาศัยความฝืดล้อสายพานกับสายพาน

คุณสมบัติสายพานส่งกำลังประเภทต่าง ๆ

สายพานส่งถ่ายกำลังได้โดยอาศัยความฝืด จากการสัมผัสระหว่างสายพานกับล้อสายพาน ปัจจุบันมีการออกแบบให้เหมาะสมกับความก้าวหน้าทางวิชาการหลายรูปแบบที่เป็นมาตรฐานสากล สายพานสามารถจำแนกออกเป็นสายพานกลม สายพานแบน สายพานลิ่ม สายพานฟันเฟือง สายพานหลายลิ่ม สายพานข้อต่อ เป็นต้น

2.4.1 สายพานกลม

สายพานกลม เป็นสายพานที่ออกแบบส่งกำลังเบา ๆ เช่นจักรเย็บผ้า เครื่องเล่นเทปเสียง เครื่องฉายหนัง และเครื่องเจียระไนพลอยเป็นต้น สายพานกลมมีลักษณะเหมือนโอริง ทำจากยาง หนังสัตว์ การส่งถ่ายกำลังของสายพาน อาศัยความฝืดที่เกิดจากร่องล้อสายพานสัมผัสกับท้องสายพาน ดังรูปที่ 2.1.8

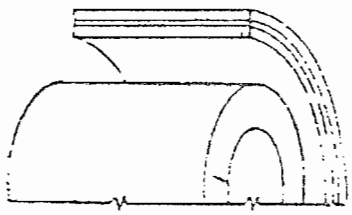


รูปที่ 2.18 สายพานกลมในล้อสายพาน

2.4.2 สายพานแบน

เครื่องจักรกลยุคหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เช่น โรงสีข้าวขนาดใหญ่ โรงเลื่อยไม้โรงกลึง ใช้เครื่องจักรไอน้ำหรือเครื่องยนต์เป็นเครื่องต้นกำลัง ระบบส่งกำลังใช้เพลายาวใส่ล้อสายพานเป็นระยะที่ต้องการ ส่งถ่ายกำลังไปแต่ละจุดด้วยสายพานแบน สายพานแบนสามารถส่งกำลังได้มาก และสามารถส่งกำลังไปยังจุด ต่าง ๆ ที่อยู่ห่างไกลได้ เพราะเกินขอบเขตความยาวสายพานลิ่ม

การส่งถ่ายกำลังของสายพาน อาศัยความฝืดที่เกิดจากผิวนอกล้อสายพานสัมผัสกับท้องสายพาน ดังรูปที่ 2.19

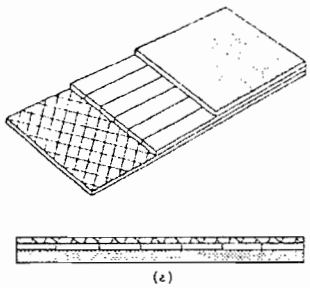


รูปที่ 2.19 สายพานแบนและล้อสายพาน

โครงสร้างสายพานแบน

สายพานแบนประเภทงานเบาเช่นสายพานหนังและสายพานผ้าทำด้วยหนังหรือใยสังเคราะห์ ใช้สำหรับงานที่มีโหลดน้อยและความเร็วรอบต่ำ เช่น เครื่องวัดรอบเครื่องจักร ดังรูปที่ 2.20

สำหรับสายพานแบนที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นสายพานผ้าใบปะยางสังเคราะห์ มีความคงทนต่องานดึง และเกาะแน่นได้ดีกับผิวล้อสายพาน ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 โครงสร้างสายพานแบน

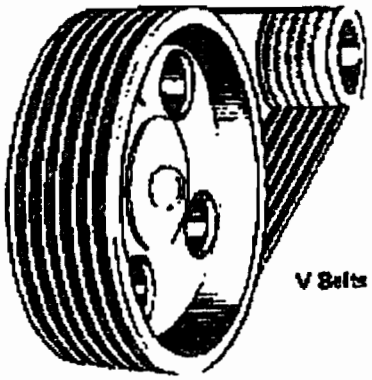
2.4.3 สายพานลิ่ม

สายพานลิ่ม มีรูปร่างหน้าตัดเป็นรูปตัววีที่เรียกว่า V-Belt เป็นมุมเพิ่มประสิทธิภาพการส่งถ่ายกำลังของสายพาน มีใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องทุ่นแรงงานการเกษตรและงานอุตสาหกรรม

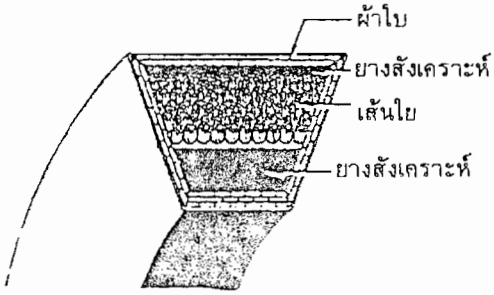
การส่งถ่ายกำลังของสายพาน อาศัยความฝืดที่เกิดจากขอบร่องลิ่มล้อสายพานกับผิวลิ่มของสายพาน ดังรูปที่ 2.21

โครงสร้างสายพานลิ่ม

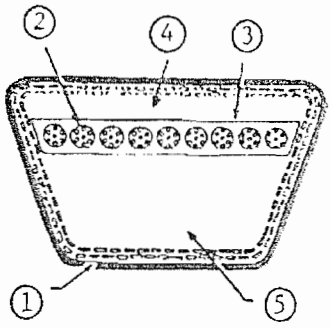
สายพานลิ่มประกอบด้วย ยางสังเคราะห์เส้นใยเสริมแรมหรือเท็ตตรอน และห่อหุ้มด้วยผ้าใบทั้ง 4 ด้านสายพานลิ่มเป็นสายพานแบบไม่มีรอยต่ออ่อนตัวได้ดี ทนแรงดึงสูง ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.21 ลักษณะสายพานลิ่ม



รูปที่ 2.22 ส่วนประกอบสายพานลิ่ม



รูปที่ 2.23 หน้าที่ส่วนประกอบสายพานลิ่ม

หน้าที่ส่วนประกอบสายพานลิ่ม ดังรูปที่ 2.23

1. ผิวนอกส่วน ที่สัมผัสกับร่องล้อสายพานเป็นยางที่ทนต่อการเสียดสีและทนต่อการกัดกร่อนไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมัน โดยมีผ้าใบรองรับภายในโดยรอบ

2. เส้นเชือกภายใน เป็นใยสังเคราะห์ประเภทเรเยอไนล่อนหรือเส้นลวด ชั้นเดียวหรือหลายชั้น ป้องกันสายพานยืด

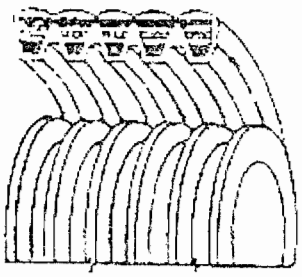
3. ยางหุ้มเส้นเชือก เพื่อให้เส้นเชือกรักษาตำแหน่งของมันโดยไม่แตกตัว

4. ยางส่วนบนทำหน้าที่เฉลี่ยแรงให้เส้นเชือกและรักษารูปทรงสายพานให้ตรง ยึดตัวเมื่อสายพานโอบล้อสายพาน

5. ยางส่วนล่าง เป็นส่วนรับแรงกด ส่งแรงจากเส้นเชือกไปยังร่องสายพาน

2.4.4 สายพานหลายลิ่ม

สายพานหลายลิ่มมีลักษณะเป็น สายพานลิ่มธรรมดาหลายอันหลังติดกันเป็นแพ หลังสายพานจึงมีโครงสร้างเหมือนสายพานแบนขนาดบาง ช่องล้อสายพานต้องมีขนาดที่เที่ยงตรงกับสายพาน และล้อสายพานต้องตั้งให้ได้ศูนย์กันพอดี เพราะสายพานหลายลิ่มยืดหยุ่นแนวขอบไม่ได้ ดังรูปที่ 2.24

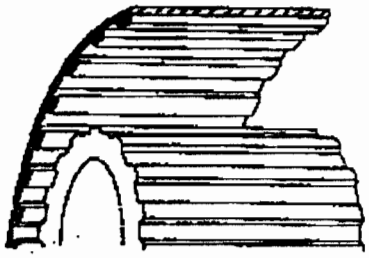


รูปที่ 2.24 ภาพตัดสายพานหลายลิ่ม

2.4.5 สายพานฟันเฟือง

สายพานฟันเฟืองออกแบบพัฒนาจากข้อดีของโซ่ เฟืองและสายพานแบนมารวมอยู่ด้วยกัน คือตัวสายพานมีหน้ากว้างแต่บางเหมือนสายพานแบน ท้องสายพานเป็นฟันเหมือนฟันเฟืองตื้น ๆ ที่มีระยะพิตช์เท่า ๆ กัน เส้นใยโครงสายพานเป็นลวดเหล็กคุณภาพสูง วางเรียบแนวเฉียง สามารถรับโหลดได้มาก ในทำนองเดียวกัน ที่เป็นสายพานก็เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นลวด เพื่อให้คงทนต่อการตัดเฉือนและความเร็วสูง ๆ เช่น สายพานไทมิ่งเครื่องยนต์

ล้อสายพานฟันเฟืองมีลักษณะเหมือนเฟืองฟันตื้น ส่งถ่ายกำลังเหมือนโซ่ส่งกำลัง จึงส่งถ่ายกำลังได้เที่ยงตรง ดังรูปที่ 2.25

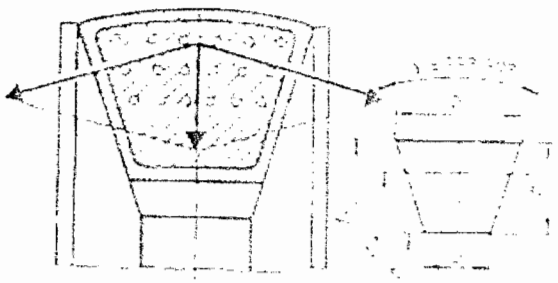


รูปที่ 2.25 ภาพตัดสายพานฟันเฟือง

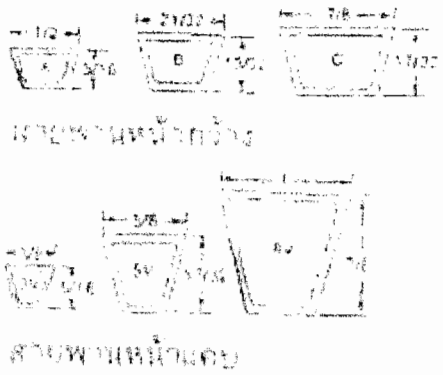
พิกัดสายพานลิ่ม

พิกัดสายพานในที่นี้จะกล่าวเฉพาะพิกัดสายพานลิ่ม เพราะพบเห็นได้ง่ายตามร้านขายวัสดุและเครื่องมือทั้งงานทางเครื่องกลและไฟฟ้าตลอดจนร้านขายอะไหล่และบริการรถยนต์ตามข้างถนนทั่วไป

ขนาดสายพานลิ่ม ที่หลังสายพานมีเครื่องหมายกำหนดขนาดไว้ ความยาวกำหนดเป็นนิ้วหรือ มม. เช่น สายพานลิ่มพิกัดนิ้ว ขนาด B 75 หมายถึงสายพานลิ่มหน้าตัดขนาด B ยาวรอบวง 75 นิ้ว หรือสายพานพิกัดเมตริก ขนาด 7.5 × 1000 หมายถึงสายพานหลังกว้าง 7.5 มม. ยาว 1000 มม. ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 สายพานลิ่มพิกัด ISO และเมตริก



รูปที่ 2.27 สายพานลิ่มพิกัดนิ้ว แถวบนหน้ากว้าง แถวล่างหน้าแคบ

2.4.6 สายพานฉิ่มหน้าแคบ นิยมใช้กันทั่วไป เพราะเบาและอ่อนตัวได้ดีมาก ถ้าใช้เส้นเดียวไม่พอแรง ก็ใช้หลายเส้นได้ ยังใช้ความเร็วขอบได้สูงถึง 40 ม. /วินาที ทนต่อแรงสั่นสะเทือนได้สูง และไม่เกิดความร้อน ดังรูปที่ 2.2.7

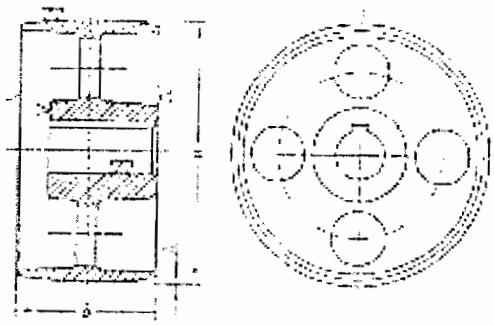
2.4.7 สายพานหน้ากว้าง สายพานแบบนี้ มีใช้เฉพาะงานที่มีความเร็วรอบไม่สูงนัก และมักเป็นงานที่ใหญ่ ๆ ถ้าความเร็วสูงมักลื่นและมีเสียงดัง ทั้งนี้ ยกเว้นสายพานที่ท้องเป็นฟันเฟืองยืดหยุ่น และอ่อนตัวได้ดีมาก ใช้กับล้อสายพานขนาดเล็ก ๆ ได้ ส่งแรงได้มากและไม่ลื่น

2.5 โครงสร้างล้อสายพาน

ล้อสายพานทั่วไปทำจากเหล็กแผ่นและเหล็กหล่อมีพิกัดตามมาตรฐาน ล้อสายพานที่ผลิตในประเทศไทย อาจจำแนกเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 2 ประเภท คือประเภทไทยทำเพื่อไทยใช้ ส่วนใหญ่เป็นช่างไทยเชื้อสายจีน หล่อและกลึงจำหน่ายในราคาถูก สำหรับเครื่องทุ่นแรงงานเกษตร หรืองานที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงนัก ส่วนอีกประเภทหนึ่งเป็นประเภทไทยทำเพื่ออุตสาหกรรมผลิตตามพิกัดอุตสาหกรรมหรือผลิตตามบริษัทแม่กำหนด คือกำหนดทั้งคุณสมบัติวัสดุและขนาดต่าง ๆ เพื่อเป็นชิ้นส่วนประกอบเครื่องจักร เครื่องยนต์ เป็นต้น [2]

2.5.1 ล้อสายพานแบนหลังนูน

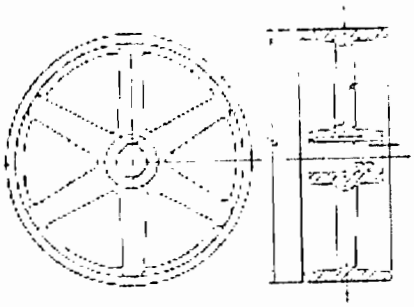
ล้อสายพานหลังนูน เป็นล้อสายพานขนาดเล็ก ป้องกันสายพานหลุดจากล้อสายพานได้ดี หลังล้อสายพานกลึงเป็นผิวหยาบ ป้องกันสายพานลื่น ปีนล้อสายพาน คือระหว่างดุมล้อสายพานและวงล้อสายพาน ถ้าหล่อตัน จะเจาะรูโหว่โปร่งเพื่อลดน้ำหนักหรือหล่อเป็น 6 ปีก ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 ล้อสายพานแบนหลังนูน

2.5.2 ล้อสายพานแบนหลังเรียบ

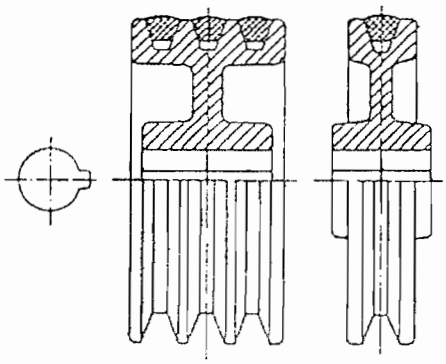
ล้อสายพานแบนหลังเรียบ เป็นแบบใช้กันแพร่หลาย ทำด้วยเหล็กหล่อ หลังกลึงเป็นผิวหยาบเพื่อป้องกันสายพานลื่นไหล ตรงกลางเป็นดุมเซาะร่องลิ่ม เพื่อประกอบติดแน่นกับเพลา ดังรูปที่ 2.2.9



รูปที่ 2.29 ล้อสายพานแบนหลังเรียบ

2.5.3 ล้อสายพานลิ่ม

ล้อสายพานลิ่มส่วนใหญ่ทำด้วยเหล็กหล่อผิวลื่นและคงทน สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี หากเป็นล้อสายพานคุณภาพสูงที่ใช้ในเครื่องจักรกลหรือเครื่องยนต์ ต้องกำหนดพิกัดเนื้อเหล็กหล่อและพิกัดขนาดนับ 10 จุด ล้อสายพานลิ่มที่ส่งกำลังน้อย เช่น เครื่องเจียระไนเสียง ใช้ล้อสายพานเหล็กแผ่นขึ้นรูปหรือพลาสติกที่มีน้ำหนักน้อยและแข็งแรงเพียงพอ ดังรูปที่ 2.30

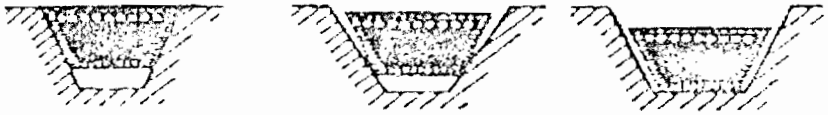


รูปที่ 2.30 ล้อสายพานลิ่มทำด้วยเหล็กหล่อ

การเลือกสายพานให้เหมาะสมกับช่องล้อสายพาน

ขนาดถูกต้อง สายพานเต็มร่องล้อสายพานพอดี สายพานจึงจะส่งถ่ายกำลังได้ประสิทธิภาพสูง มีอายุใช้งานยาวนาน ส่งกำลังไม่มีเสียงดังและไม่ต้องปรับแต่งบ่อย ดังรูปที่ 2.31

มุมสายพานผิดอาจเกิดจากเลือกสายพานผิดหรือกลึงร่องล้อสายพานผิดเพราะมุมล่างสัมผัสแต่มุมบนไม่สัมผัส ขนาดของสายพานผิดคือสายพานแคบกว่าเพลาร่องสายพาน ท้องสายพานสัมผัสท้องร่องสายพาน



ขนาดถูกต้องสายพาน เต็มร่องพอดี | มุมสายพานผิด | ขนาดสายพานผิด

รูปที่ 2.31 ลักษณะการเลือกสายพานให้เหมาะสมกับร่องสายพาน

2.6 ตลับลูกปืน

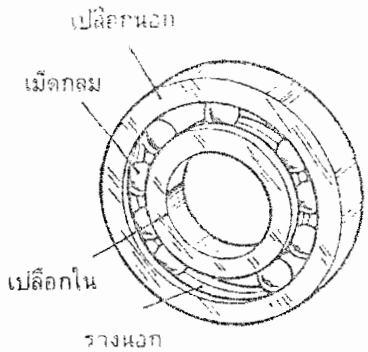
2.6.1 หน้าที่และคุณลักษณะตลับลูกปืน [2]

ตลับลูกปืนคือชิ้นส่วนเครื่องกลที่ใช้รองรับเพลา เพื่อให้เพลารับโหลดและหมุนได้เป็นไปอย่างราบรื่น ปลอดภัย และมีอายุการใช้งานทนนาน นอกจากนี้ ต้องแข็งแกร่งและมีความเที่ยงตรง เพื่อให้เครื่องจักรกลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเที่ยงตรง

ตลับลูกปืนเหมาะสำหรับรองรับโหลดไม่มาก ถ้าใช้ในงานที่ความเร็วต่ำ อายุการใช้งานตลับลูกปืนจะสูงขึ้น ในช่วงเริ่มหมุนจะมีความฝืดน้อย จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า เป็นชิ้นส่วนรองรับที่ไม่มีความฝืด (Antifriction) แต่ที่จริงแล้ว มีความฝืดจากการต้านทานการกลิ้งระหว่างเม็ดลูกปืน นอกจากนี้ยังเกิดจากการเฉือนของสารหล่อลื่น

2.6.2 โครงสร้างตลับลูกปืน

ตลับลูกปืนประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก คือเปลือกนอก เปลือกใน เม็ดลูกปืน และรังลูกปืน เม็ดลูกปืนกลิ้งอยู่ในรางเปลือกลูกปืนมีความฝืดระหว่างเม็ดลูกปืนและรางลูกปืนน้อยมากแต่เนื่องจากผิวสัมผัสน้อยนั่นเองโหลดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จึงมีค่าสูงวัสดุที่ใช้ทำตลับลูกปืนต้องเป็นวัสดุคุณภาพสูงที่เหมาะสม ดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 ตลับลูกปืนเม็ดกลมไม่มีรัง

2.6.3 ประเภทตลับลูกปืน

ตลับลูกปืนแต่ละชนิดจะแสดงถึงคุณลักษณะซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบเพื่อให้เหมาะกับการใช้งานในแต่ลักษณะ ตัวอย่างเช่นตลับลูกปืนกลมร่องลึก (Deep Groove Ball Bearings) สามารถที่จะรับแรงในแนวรัศมีและแรงรุนหรือแรงในแนวแกนได้ในปริมาณสูงพอสมควร ตลับลูกปืนเหล่านี้จะมีความเสียดทานต่ำ สามารถที่จะผลิตได้อย่างมีคุณภาพสูง และมีเสียงเงียบในสภาพการใช้งานต่าง ๆ กัน ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็กและขนาดกลาง ตลับลูกปืนเม็ดโค้งสามารถที่จะรับแรงได้สูงมากและมีคุณสมบัติปรับแนวได้เอง (Self-Aligning) คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้นิยมใช้ตลับลูกปืนเม็ดโค้งในงานวิศวกรรมหนัก ซึ่งมีแรงมากกระทำต่อตลับลูกปืนสูงมาก จนกระทั่งเกิดการขุบตัวและการเยื้องแนวอันเนื่องจากแรงเหล่านี้

2.6.4 ขนาดของแรงที่มากระทำ

ขนาดของแรงเป็นตัวที่กำหนดขนาดของตลับลูกปืนที่จะต้องใช้ โดยทั่วไปแล้ว ตลับลูกปืนเม็ดยาวสามารถรับแรงได้มากกว่าตลับลูกปืนเม็ดกลมซึ่งมีมิติรอบนอกเท่ากัน และตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอกยาว จะสามารถรับแรงได้มากกว่าตลับลูกปืนแบบเดียวกันที่มีรับ ส่วนใหญ่แล้วตลับลูกปืนเม็ดกลมจะใช้รับแรงขนาดเบาไปจนถึงขนาดปานกลางแต่ถ้าแรงมีขนาดสูงและเพลามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ เลือกใช้ตลับลูกปืนเม็ดยาว

2.6.5 ทิศทางของแรงแนวรัศมี

ตลับลูกปืนเกือบทุกชนิดสามารถรับแรงได้ทั้งแนวรัศมีและแรงแนวแกน ยกเว้นตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอกที่มีวงแหวนอยู่หนึ่งชุดและไม่มีหน้าแปลนและตลับลูกปืนเม็ดเข็มธรรมดาเหมาะที่จะรับเฉพาะแรงแนวรัศมีเท่านั้น

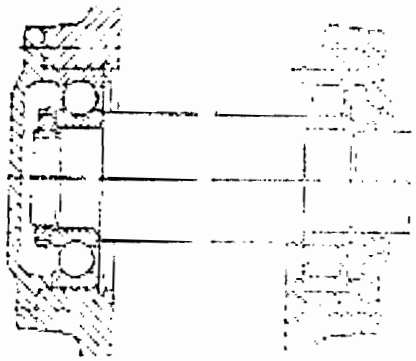
2.6.6 การติดตั้งตลับลูกปืน

การติดตั้งตลับลูกปืนของเครื่องจักรกลที่หมุน เช่น เพลา ต้องใช้ตลับลูกปืนสองชุดเพื่อรองรับและกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์นั้น ในแนวรัศมีและแนวแกน เมื่อเทียบกับส่วนที่อยู่กับที่ของเครื่องจักรกล เช่น ตัวเสื้อต้องใช้ตลับลูกปืนกำหนดตำแหน่งคงที่ (Locating Bearing) หนึ่งชุดและตลับลูกปืนที่ยอมให้เคลื่อนที่ในแนวแกนได้ (Non Locating Bearing) อีกหนึ่งชุด ดังรูปที่ 2.33

2.6.7 ลักษณะการติดตั้งตลับลูกปืน

ตลับลูกปืนกำหนดตำแหน่งคงที่ปลายด้านหนึ่งของเพลารองรับแรงในแนวรัศมี และในขณะเดียวกันจะกำหนดตำแหน่งของเพลาในแนวแกนทั้งสองทิศทาง เพราะฉะนั้นตลับลูกปืนนี้จึงจะต้องยึดแน่นอยู่ทั้งบนเพลาและในตัวเสื้อตลับลูกปืนที่เหมาะสมคือ ตลับลูกปืนรับแรงแนวรัศมีซึ่งสามารถรับแรงรวมได้ เช่น ตลับลูกปืนเม็ดกลมร่องลึก ตลับลูกปืนเม็ดโค้ง หรือตลับลูกปืน

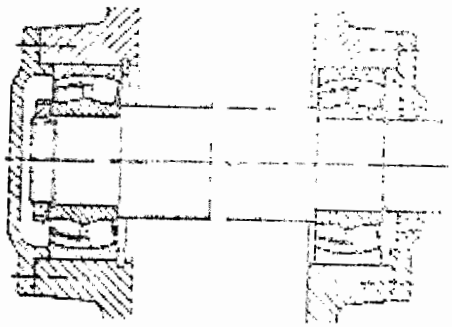
สัมผัสเชิงมุมแถวคู่ หรือแถวเดี่ยวที่ใช้เป็นคู่กัน หรือตลับลูกปืนยังสามารถทำได้โดยการใช้ตลับลูกปืนแนวรัศมีตลับหนึ่งเพื่อรับแรงแนวรัศมีโดยเฉพาะ เช่น ตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอกชนิดไม่มีหน้าแปลนบนวงแหวนหนึ่ง ร่วมกับตลับลูกปืนเม็ดกลมร่องลึก ตลับลูกปืนเม็ดกลมสัมผัสสี่จุด หรือตลับลูกปืนกันรุนรับแรงสองทิศทาง ตลับลูกปืนชุดที่สองนี้จะต้องจัดตำแหน่งในแนวแกนได้ทั้งสองทิศทางแต่จะต้องติดตั้งให้มีช่องว่างในแนวรัศมีภายในตัวเสื้อ



ตำแหน่งคงที่ เคลื่อนที่ได้

รูปที่ 2.33 ติดตั้งตลับลูกปืนเม็ดกลมร่องลึก

ตลับลูกปืนเป็นที่ยอมให้เคลื่อนที่ในแนวแกนได้ ซึ่งอยู่ ณ อีกปลายหนึ่งของเพลาจะรองรับเฉพาะแรงแนวรัศมีเท่านั้น ตลับลูกปืนชุดนั้นยอมให้มีการเคลื่อนที่ไปในแนวแกน เพื่อที่ว่าตลับลูกปืนจะไม่ดันซึ่งกันและกันจนเกิดความเค้นตัวอย่างเช่น ขณะที่ความยาวของเพลาเปลี่ยนไปอันเนื่องมาจากการขยายตัวเมื่อร้อนขึ้นเป็นต้น การเคลื่อนที่ในแนวแกนนี้สามารถเกิดขึ้นภายในตัวตลับลูกปืนเองได้ ดังรูปที่ 2.34



ตำแหน่งคงที่ เคลื่อนที่ได้

รูปที่ 2.34 ติดตั้งตลับลูกปืนเม็ดโค้งอยู่ ตำแหน่งคงที่

2.7 การติดตั้งและบำรุงรักษา

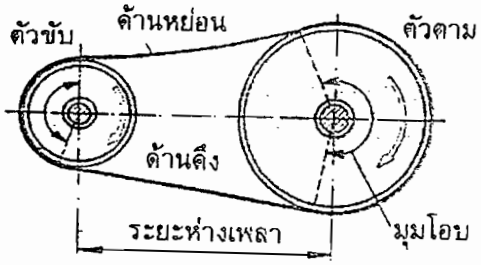
การคำนวณหาขนาดล้อสายพานเครื่องต้นกำลังและเครื่องทุ่นแรง [4]

กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าหรือของเครื่องยนต์ต้นกำลังขึ้นอยู่กับความเร็วรอบในการหมุน ขณะเดียวกับความเร็วรอบในการหมุนต้องจัดให้เหมาะ เข้ากับประสิทธิภาพของเครื่องทุ่นแรง ฉะนั้นการที่จะให้มีผลงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุดต้องเลือกใช้ล้อสายพานของเครื่องทุ่นแรงที่มีขนาดเหมาะสมกับล้อสายพานของมอเตอร์หรือเครื่องยนต์ต้นกำลัง [8]

การคำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเพลาล้อสายพานและความยาวของสายพาน

ปัจจุบัน ความยาวของสายพานวางขายในตลาดมีขนาดเป็นนิ้วฟุต เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ จึงกำหนดสูตร มีหน่วยเป็นนิ้วฟุต

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเพลาล้อ มีความสำคัญต่อวิธีส่งกำลังด้วยสายพาน หากเพลาทั้งสองชิดกันมากความยาวของอาร์คของผิวล้อที่สัมผัสกับสายพานจะสั้น เมื่อพื้นที่ผิวสัมผัสน้อยสายพานจะลื่นเนื่องจากมีแรงยึดจับกับผิวล้อไม่เพียงพอ ดังรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 ส่งกำลังด้วยสายพาน

กำหนดให้

L = ความยาวของสายพาน (ฟุต)

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเพลาล้อสายพาน (ฟุต)

D = ความโตผ่านศูนย์กลางล้อโต (ฟุต)

d = ความโตผ่านศูนย์กลางล้อเล็ก (ฟุต)

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเพลาล้อ $c = a + a^2 - b$.....(1)

$$a = \frac{L}{4} - 0.3925\,(D + d)$$

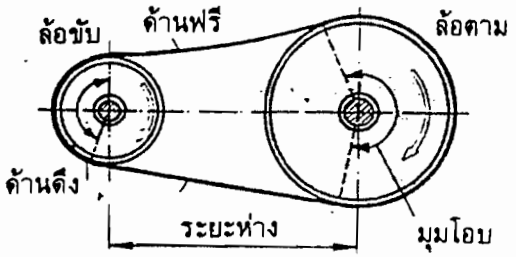
$$b = 0.126\,(D - d)^2$$

ความยาวของสายพานต่อแบบส่งตรง $L = 2_c + 0.25\,\frac{(D-d)^2}{c} + 1.57\,(D+d)$.....(2)

ความหมายของสายพานต่อแบบไขว้ $L = 2c + 1.57 (D + d) + \frac{(D+d)^2}{4c}$ .....(3)

2.7.1 การติดตั้งสายพาน

มุมโอบสายพาน คือ มุมที่สายพานสัมผัสล้อสายพาน สายพานส่งกำลังได้โดยอาศัยแรงเสียดทานระหว่างสายพานกับผิวล้อสายพาน เพื่อป้องกันสายพานลื่นไถลต้องให้สายพานสัมผัสล้อสายพานช่วงยาวที่สุดโดยให้ล้อสายพาน อยู่ห่างออกไปและอัตราทดไม่มากคือล้อสายพานขนาดใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 2.36

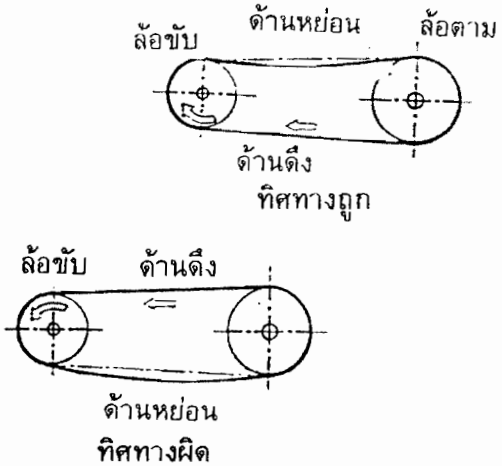


รูปที่ 2.36 มุมโอบสายพาน

2.72 ทิศทางเคลื่อนที่ขับสายพาน

ขณะที่สายพานยังไม่ส่งกำลัง แรงดึงสายพานเท่ากันตลอดทั้งเส้น เมื่อสายพานส่งกำลังแรงดึงสายพานด้านดึงจะสูงขึ้นและจะลดลงทางด้านหย่อน

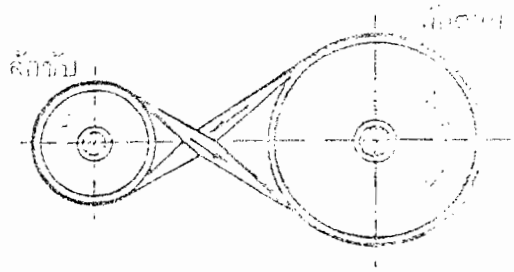
เพื่อให้สายพานส่งกำลังได้ยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพสูง ควรเลือกการขับแนวระนาบและให้สายพานด้านหย่อนอยู่ด้านบน สายพานลิ่มใช้ความเร็วได้ 600-300 ม. /นาที ดังรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 ทิศทางเคลื่อนที่สายพานถูกและผิด

2.7.3 การติดตั้งสายพานขับไขว้

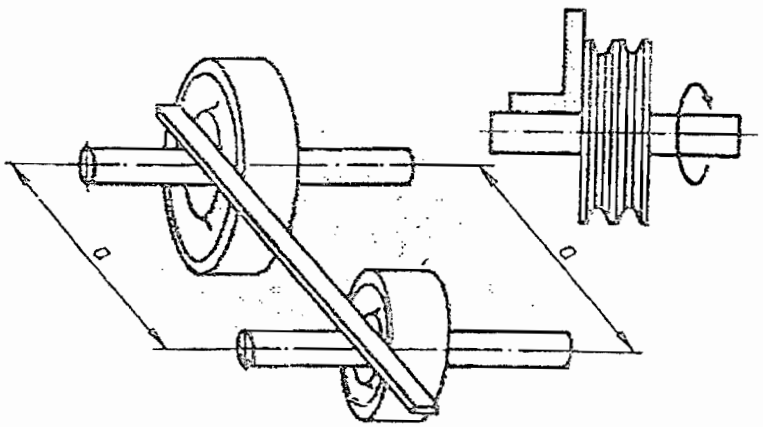
การใช้สายพานแบน ควรใช้ขับตรงถ้าขับไขว้เพื่อกลับทิศทางหมุนตาม ท้องสายพานจะเสียดสีกัน ถ้าความเร็วสูงสายพานจะสึกหรอและข้างสายพานยืด หากมีความจำเป็นต้องใช้ให้เลือกสายพานหน้าแคบแต่หนา ดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 สายพานขับไขว้

2.7.4 การตั้งแนวล้อสายพาน

ล้อสายพานลิ่มหรือล้อสายพานแบนที่เป็นคู่ส่งกำลังกัน ให้ปรับแนวล้อสายพานตรงกันด้วยไม้บรรทัด ฟุตเหล็ก หรือเชือกเส้นเล็ก ๆ โดยเลื่อนให้เส้นขอบล้อสายพานสัมผัสบรรทัดหรือเชือกทั้ง 4 จุด คือขอบนอก 2 จุด ขอบใน 2 จุด และเพลาทั้งคู่ต้องขนานกันโดยวัดระยะ a ที่ปลายเพลาทั้งคู่ ดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 ตั้งแนวล้อสายพานด้วยบรรทัดและวัดเพลาขนาน

2.8 การเชื่อมโลหะ

การพัฒนาการเชื่อมในยุคแรกเริ่มขึ้นในต้นศตวรรษที่ 19 โดย Edmund Davy ได้ค้นพบแก๊สอะเซทิลีน และต่อมาได้นำมาใช้กับการเชื่อมออกอะเซทิลีน ส่วนการอาร์กไฟฟ้าได้ค้นพบครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1801 โดย Sir Humphry Davy [3]

ในปี ค.ศ. 1881 Auguste De Meritens ได้บันทึกเกี่ยวกับการเชื่อมโลหะแบบหลอมละลายเป็นครั้งแรกโดยนำไปเชื่อมต่อแผ่นตะกั่วหม้อแบตเตอรี่เข้าด้วยกัน โดยใช้แท่งคาร์บอนอาร์กให้ความร้อน

การเชื่อมด้วยแท่งลวดเชื่อมเปลือยนั้น N.G Slavianoff เป็นผู้ค้นพบ ซึ่งกรรมวิธีการเชื่อมนี้ยังมีอุปสรรค เนื่องจากความแข็งของรอยเชื่อมต่ำกว่าโลหะชิ้นงาน และอาร์กไม่สม่ำเสมอจึงได้มีการพัฒนากันอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งปี ค.ศ. 1907 Kjellberg วิศวกร ชาวสวีเดนได้จดทะเบียนลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลักซ์ที่ให้อาร์ก สม่ำเสมอและได้เนื้อโลหะเชื่อมมีความบริสุทธิ์ดีขึ้นกว่าใช้ลวดเปลือยหลังจากปี ค.ศ. 1919 ได้มีการยอมรับการเชื่อมโลหะและใช้กันอย่างกว้างขวาง จึงได้มีการพัฒนากรรมวิธีการเชื่อมใหม่ ๆ ขึ้นมาอีกมาก

2.8.1 กรรมวิธีการเชื่อม

กรรมวิธีการเชื่อมสำคัญ ๆ ที่นำมาใช้กันดังนี้

การเชื่อมแบบหลอมละลาย (Fusion Welding) คือการต่อโลหะ 2 ชิ้นติดกัน โดยให้ความร้อนแก่ชิ้นงานบริเวณที่จะต่อกันจนหลอมละลาย ดังนั้นกรรมวิธีนี้เนื้อเชื่อมจึงหลอมละลายติดแน่น

การเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมเติม (โดยทั่วไปเป็นโลหะชนิดเดียวกันกับชิ้นงาน ซึ่งมีธาตุอื่นผสมเล็กน้อย ได้แก่ธาตุกำจัดออกซิเจน และธาตุที่ทำให้โลหะไหลตัวดี) หรือการเชื่อมแบบไม่เติมลวดเชื่อม

การเชื่อมโลหะแบบใช้แรงกด (Pressure Welding) คือการเชื่อมโลหะให้ติดกันโดยใช้แรงกดและความร้อนร่วมกัน ได้แก่

- การเชื่อมจุด (Spot Welding)
- การเชื่อมแบบใช้แรงกด ให้ความร้อนด้วยแก๊ส
- การเชื่อมแบบใช้แรงกด และความร้อนเกิดขึ้นจากความเสียดทานระหว่างชิ้นงานทั้งสอง (Friction Welding)

กรรมวิธีการเชื่อมแบบหลอมละลาย (Fusion Welding) แบ่งออกตามการให้ความร้อนและการปกคลุมรอยเชื่อมได้ดังนี้

การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding) ความร้อนได้จากการสันดาประหว่างแก๊สเพลิงกับออกซิเจน ในทุกวันนี้ได้แก๊สอะเซทิลีนเป็นแก๊สเชื้อเพลิง สำหรับเปลวไฟชั้นนอกของออกซีอะเซทิลีนยังทำหน้าที่ปกคลุมรอยเชื่อมอีกด้วย

การเชื่อมอาร์กด้วยมือ (Arc Welding) คือกรรมวิธีเชื่อมที่ได้รับความร้อนที่เกิดขึ้นจากการอาร์กไฟฟ้าระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงาน ซึ่งลวดเชื่อมทำหน้าที่ทั้งการจ่ายกระแสเชื่อมและเป็นวัสดุเติมรอยเชื่อมในขณะเดียวกัน ลวดเชื่อมมีทั้งชนิดหุ้มฟลักซ์และชนิดเปลือย ฟลักซ์หุ้มลวดเชื่อมเมื่อหลอมละลายจะกลายเป็นสแลกปกคลุมรอยเชื่อม

การเชื่อมอาร์กฟลักซ์คลุมหรือการเชื่อมใต้ฟลักซ์ (Submerged Arc Welding) คือกรรมวิธีเชื่อมอาร์กที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมเปลือย กับชิ้นงานเชื่อม โดยมีฟลักซ์ชนิดเม็ดละเอียด ปกคลุมอาร์กไว้ ซึ่งฟลักซ์ที่อยู่ติดกับรอยเชื่อมจะหลอมละลายกลายเป็นสแกล ส่วนฟลักซ์ที่ไม่หลอมละลายสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ลวดเชื่อมมีทั้งชนิดเส้นกลมและชนิดแถบแบน โดยจะป้อนเติมบ่อหลอมละลายอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติ

การเชื่อมทิก (Tungsten Inert – Gas Arc Welding) เป็นกรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมทั้งสเตนกับชิ้นงาน โดยที่ลวดทั้งสเตนจะไม่หลอมละลาย และบริเวณอาร์กจะถูกปกคลุมด้วยแก๊สเฉื่อย ได้แก่แก๊สอาร์กอนที่นิยมใช้กันในยุโรปขณะที่แก๊สฮีเลียมนิยมใช้กันในสหรัฐอเมริกากรรมวิธีการเชื่อมทิกจะใช้ลวดเติมหรือไม่ใช้ก็ได้

การเชื่อมมิก (Metal – Inert – Gas Arc Welding) เป็นกรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าที่ได้รับความร้อน ที่เกิดจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมเปลือยกับชิ้นงานเชื่อม โดยที่ลวดเชื่อมจะหลอมละลายเติมลงในรอยเชื่อมและบริเวณอาร์กจะถูกปกคลุมด้วยแก๊สคลุม (Shielding Gas) ซึ่งมีใช้กันอยู่หลายชนิด ได้แก่ อาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สผสม

2.8.2 ความปลอดภัยทั่วไปในการเชื่อม (Safety In Welding)

ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด นับเป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องศึกษาและปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตราย ซึ่งจะนำความสูญเสียมาให้แก่ชีวิตและทรัพย์สินทั้งของตนเองและผู้อื่นดังนั้นก่อนปฏิบัติงานต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายและศึกษาวิธีใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างปลอดภัยเสียก่อน

2.8.3 อันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้กับช่างเชื่อม ได้แก่

- แก๊สพิษที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมโลหะบางชนิด
- การระเบิดที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายหรือใช้ถังกำเนิดแก๊สอะเซทิลีน
- การระเบิดที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อม
- ช่างเชื่อมหรือผู้ร่วมงาน ถูก เปลวไฟลวดหรือไหม้ โดยสะเก็ดเชื่อมโลหะร้อนหรือสแลกร้อน

- ตาเจ็บเนื่องจากได้รับรังสีเชื่อม หรือโดนเศษโลหะและสแลก
- ท่อหรือถังบรรจุวัสดุไวไฟระเบิด
- ไฟไหม้เนื่องจากสะเก็ดเชื่อมสแลกร้อนและโลหะร้อน
- ไฟฟ้าดูด

2.8.4 อันตรายจากควันเชื่อม

การเชื่อมโลหะบางชนิดจะก่อให้เกิดควันหรือแก๊สอันตราย ซึ่งเป็นส่วนเล็ก ๆ ของออกไซด์ที่เกิดจากการเชื่อม จึงต้องทำให้แก๊ส หรือควันดังกล่าวเจือจางลงโดยติดตั้งระบบระบายอากาศ หรือทำการเชื่อมในบริเวณที่โล่งหรือกว้างพอ โดยเฉพาะการเชื่อมอาร์กและแก๊ส ควันที่เกิดขึ้นจากงานเชื่อม ลวดเชื่อมและฟลักซ์ ก่อให้เกิดแก๊สพิษที่ทำลายสุขภาพหรือมีกลิ่นเหม็นก่อความรำคาญ

ชนิดของควันที่เกิดจากการเชื่อมโลหะ

การเชื่อมโลหะแต่ละชนิดจะให้ควันลักษณะแตกต่างกันดังนี้

- ควันที่เกิดจากการเชื่อมเหล็กเป็นควันของเหล็กของไซด์ ปกติแล้วจะได้เป็นอันตราย
- ควันทองแดง ปกติแล้วออกไซด์ของทองแดงนั้นไม่มีอันตราย แต่เมื่อเชื่อมทองแดงในที่จำกัดโดยไม่มีการระบายอากาศก็สามารถทำให้เจ็บป่วยได้ซึ่งมีอาการคล้ายกับการหายใจเอาควันสังกะสีเข้าไป
- ควันสังกะสี โดยเฉพาะที่เกิดจากการเชื่อมเหล็กอาบสังกะสีในบริเวณจำกัดและการถ่ายเทอากาศไม่ดีพอซึ่งจะทำให้ง่ายเชื่อมมีอาการผิดปกติขึ้น ได้แก่ ปวดศีรษะ เป็นไข้ และแน่นหน้าอก
- ควันตะกั่ว ตะกั่วในทุกลักษณะเป็นอันตรายต่อร่างกาย ควันของตะกั่วที่สูดดมเข้าไปจะสะสมในทุกส่วนของอวัยวะร่วมทั้งกระดูกด้วย ทำให้มีอาการท้องผูก คลื่นไส้อาเจียนและอาการอื่น ๆ อีกมาก
- ควันแมงกานีสและแมงกานีสผสม เป็นอันตรายต่อระบบหายใจและเกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบประสาทของช่างเชื่อม
- ควันแคดเมียม เมื่อโลหะที่ชุบหรือเคลือบไว้ด้วยแคดเมียมได้รับความร้อนจะเกิดควันที่เป็นอันตรายอย่างร้ายแรง การเชื่อมแคดเมียมนั้นจะต้องจัดระบายอากาศให้ดีพอ และยังมีวัสดุบางชนิดที่เคลือบไว้ด้วยปรอท เมื่อนำมาเชื่อมจะเกิดควันที่เป็นอันตรายเช่นเดียวกัน
- ควันที่เกิดจากการเชื่อมโลหะอื่น ๆ เช่น อะลูมิเนียม ไททาเนียม โครเมียม นิกเกิลและวานาเดียมถึงจะไม่เป็นอันตราย แต่อย่าลืมว่าในการเชื่อมโลหะทุกชนิดต้องให้มีอากาศบริสุทธิ์เพียงพอเพื่อสุขภาพช่างเชื่อมเอง

2.8.5 การจัดระบบระบายอากาศ

บริเวณที่เชื่อมโลหะด้วยแก๊สหรือไฟฟ้าควรจัดระบบระบายอากาศให้เหมาะสมดังนี้

- ห้องเชื่อมหรือฉากกั้นเชื่อมควรให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก
- การเชื่อมทองเหลืองหรือบรอนซ์จะเกิดควันที่เป็นอันตราย จึงต้องจัดระบบระบายอากาศที่ดีพอ
- การเชื่อมเหล็กอาบสังกะสี ควรจัดระบบระบายอากาศที่เหมาะสม
- การเชื่อมงานที่มีควันอันตราย และบริเวณเชื่อมไม่มีการระบายอากาศ ช่างเชื่อมต้องสวมใส่ที่กรองอากาศชนิดจ่ายออกซิเจนในตัว
- การใช้อากาศเป่าหรือพัดลม สามารถระบายควันและแก๊สพิษได้

2.8.6 อันตรายจากการไหม้ (Burns)

การไหม้มีสาเหตุจากโลหะร้อน สะเก็ดไฟ และจากเปลวไฟโดยตรง ซึ่งนับเป็นอันตรายที่ร้ายแรงที่สุด รองลงมาได้แก่อันตรายที่เกิดกับตา เนื่องจากรังสีของอาร์ก หรือจากการเชื่อมด้วยออกซีอะเซทิลีน ช่างเชื่อมควรศึกษาและหาทางป้องกันอันตรายดังกล่าว

2.8.7 เสื้อผ้าสำหรับช่างเชื่อม

เสื้อผ้าของช่างเชื่อมควรทำจากวัสดุที่ไม่ติดไฟ และต้องปราศจากน้ำมันหรือจารบีเสมอ การใช้เสื้อผ้าที่ทำด้วยวัสดุติดไฟไม่เพียงแต่จะทำให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายเท่านั้น แต่อาจทำให้เกิดไฟลุกไหม้ทำอันตรายต่อทรัพย์สินได้เช่นกัน

เสื้อผ้าของช่างเชื่อมควรทำด้วยผ้าฝ้ายหรือผ้าลินิน ซึ่งราคาไม่แพงและถูกไฟไม่ติด ส่วนเสื้อผ้าที่ทำด้วยหนังสัตว์หรือใยหินนั้น ทนไฟดีมาก แต่ราคาค่อนข้างสูงใช้ไม่ค่อยสะดวก เพราะร้อนน้ำหนักมาก

ช่างเชื่อมควรสวมเสื้อผ้า หรือสิ่งปกปิดทุกส่วนของร่างกาย มิให้สัมผัสรังสีเชื่อมซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายขึ้นกับผิวหนังได้ การใช้เสื้อผ้าหรือสิ่งป้องกันต่าง ๆ ควรให้เหมาะสมกับสภาพของการทำงาน เช่น การเชื่อมท่าเหนือศีรษะจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันอย่างครบถ้วน

2.8.8 อุปกรณ์ป้องกันอันตราย

อุปกรณ์ป้องกันอันตรายสำหรับช่างเชื่อมมีหลายชนิดดังนี้

- หน้ากาก (Helmet) พร้อมหมวกแข็งสวม เพื่อป้องกันเศษโลหะและสะเก็ดเชื่อม (Spatter)
- เสื้อคลุมนอก (Full Jacket) เป็นเสื้อแขนยาวใส่คลุมไว้ภายนอกทำด้วยวัสดุทนไฟเพื่อป้องกันสะเก็ดหรือประกายไฟ

- ถุงมือ (Gloves) ที่ใช้สำหรับงานเชื่อมต้องเป็นถุงมือยาวทำด้วยวัสดุทนไฟ (Flame Proof) ไม่หดตัว และไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วจะผลิตจากใยหินอ่อน ซึ่งสามารถผลิตได้ง่ายและใช้ได้อย่างปลอดภัย

- กางเกงใยหิน (Asbestos Overalls)

- รองเท้าและที่ห่อหุ้มเท้า (Shoes and Leggings)

ตา

ช่างเชื่อมจะต้องป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับตาเสมอและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นไม่เพียงแต่มาจากรังสีของการเชื่อมและตัดเท่านั้น แต่อาจเกิดจากสะเก็ดเชื่อมและ สแลกร้อนจึงต้องใช้แว่นตาสำหรับการเชื่อมแก๊ส และหน้ากากสำหรับการเชื่อมไฟฟ้าเสมอ ทั้งแว่นตาเชื่อมแก๊สและหน้าการเชื่อมไฟฟ้า สามารถใช้ป้องกันตาเมื่อทำงานสกัดและเคาะสแลกโดยเปิดเลนส์สีกรองแสงขึ้นให้เหลืออยู่แต่กระจกขาวเท่านั้น แว่นตาและหน้ากากทำด้วยวัสดุที่ทนไฟและเป็นฉนวนไฟฟ้า

2.8.9 อันตรายจากรังสีเชื่อม (Welding Radiation)

การเชื่อมหรือการตัดจะมีรังสีเกิดขึ้น 3 ชนิด คือ

- รังสีอุลตราไวโอเลต (Ultraviolet Rays)

- แสงซึ่งถือว่าเป็นรังสีอย่างหนึ่งและมองเห็นได้ (Visible Light Rays)

- รังสีอินฟราเรด (Infrared Rays) มองไม่เห็น

- รังสี อุลตราไวโอเลต ถ้ามีความเข้มข้นสูงจะทำให้เนื้อเยื่อของร่างกายและตาไหม้อย่างรวดเร็วดังนั้นช่างเชื่อมต้องสวมเครื่องป้องกันใบหน้า แขน คอ และส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมิให้สัมผัสรังสีอุลตราไวโอเลต ปัจจุบันยังพบว่ารังสีอุลตราไวโอเลตทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังอีกด้วย

- แสง เป็นรังสีที่มองเห็นได้ด้วยตา เมื่อเกิดการอาร์กและไม่ป้องกันตาจะทำให้ตาพร่ามัวและมองไม่เห็นชั่วขณะ

- รังสีอินฟราเรด ถ้าสะสมเอาไว้ตาจะเป็นต้อกระจกหรือเป็นอันตรายต่อเยื่อตาได้สำหรับรังสีอินฟราเรดนี้นับว่ามีอันตรายร้ายแรงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบรังสีอื่นๆ ที่เกิดจากการเชื่อมและตัดโลหะ

2.8.10 กระจกกรองแสง

การเลือกกระจกแสงนั้นเป็นสิ่งจำเป็นมาก ซึ่งกระจกกรองแสงที่ดีจะต้องเข้มแต่สามารถมองเห็นรอยได้ชัดเจน โดยไม่มีผลเสียต่อตา กระจกกรองแสงมีทั้งชนิดสีเขียวหรือสีเหลืองอำพัน (Green Shades or Amber Shades) โดยทั่วไปนิยมใช้สีเขียวกระจกกรองแสงเชื่อมไฟฟ้าจะคล้ายกับ

กระจกกรองแสงเชื่อมแก๊สผิดกันตรงที่มีความเข้มมากกว่า และในการเลือกกระจกกรองแสงนี้ต้องให้เหมาะกับงานและตาของช่างเชื่อม ถ้าใช้กระจกกรองแสงที่มีความเข้มน้อยจะทำอันตรายแก่ตา