บทที่ 6

ขั้นตอนการดำเนินงาน

6.1 กล่าวนำ

จากผลการคำนวณในบทที่ 5 ที่ผ่านมาทำให้มีแนวทางในการพิจารณาที่จะเลือกใช้ขนาดของส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญของเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนได้ ซึ่งจะทำให้ไม่ต้องใช้ขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ ที่ใหญ่มากเกินความจำเป็นทำให้สามารถประหยัดต้นทุนที่ใช้ในการผลิตได้ ซึ่งสิ่งจะกล่าวต่อไปในบทนี้จะแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามลำดับขั้นที่ได้ดำเนินการ จนในที่สุดจะได้เครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวนขึ้นมา 1 เครื่องที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมที่จะใช้ทำงานได้ โดยขั้นตอนต่างๆนั้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ลำดับขั้นของการสร้างเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวน

1.1 การร่างแบบชิ้นส่วนต่างๆ ของตัวเครื่องเพื่อใช้พิจารณาประกอบในการที่จะจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ มาเพื่อทำการผลิต

1.2 การผลิตส่วนประกอบต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้

1.3 การนำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบเข้าเป็นตัวเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวนที่สมบูรณ์พร้อมที่จะใช้งาน

ส่วนที่ 2 วิธีการต่างๆที่ใช้ทดสอบหาค่าแรงบิดของเครื่องต้นกำลัง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้มอเตอร์ 3 เฟสขนาด 10 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที โดยจะกล่าวถึงลำดับขั้นตอนโดยละเอียดที่ผู้วิจัยได้ทำ เมื่อต้องมีการเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องตามขอบเขตของงานวิจัยที่ต้องการศึกษาว่าจะส่งผลต่อค่าแรงบิดอย่างไร และจะนำเสนอผลการทดสอบในบทต่อไป

6.2 แบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวน

การจัดทำแบบของส่วนประกอบต่างๆของเครื่องไดนาโมมิเตอร์ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SolidWorks version 2001 Plus .ในการเขียบแบบ ซึ่งรายละเอียดต่างๆ ของแบบส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องไดนาโมมิเตอร์สามารถดูได้ที่ ภาคผนวก ค โดยแบบชิ้นส่วนต่างๆนี้ ผู้วิจัยได้ลองทำการประกอบเข้าเป็นตัวเครื่องโดยใช้โปรแกรมนี้พบว่าสามารถประกอบเข้ากันได้ทุกส่วนอย่างเหมาะสม ดังนั้นจึงสามารถใช้แบบเหล่านี้เป็นมาตรฐานในการผลิตได้

6.3 ขั้นตอนการผลิตส่วนประกอบของเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวน

ส่วนประกอบต่างๆ ทั้งหมดที่จะทำการสร้างนั้น จะแบ่งออกได้ดังนี้

6.3.1 แผ่นจานหมุน (Rotor Disk) หรือเรียกอีกอย่างว่าแผ่นจานเบรก เป็นอุปกรณ์สำคัญที่เปรียบเสมือนเป็นตัวสร้างโหลดให้กับอุปกรณ์ต้นกำลังที่ใช้ทดสอบ และในการทดสอบจะมีการหมุนที่ความเร็วที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นในขั้นตอนการสร้างจะต้องควบคุมเป็นพิเศษเพราะอาจจะก่อให้เกิดอันตรายอันเนื่องมาจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางได้ ถ้าผิวหน้าของชิ้นงานไม่เรียบ

6.3.2 ชุดขดลวดทองแดง (Coil) และแกนเหล็ก (Coil core)รวมเรียกทั้งสองส่วนนี้ว่าชุดคอยล์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สร้างฟลักซ์แม่เหล็กที่จะก่อให้เกิดกระแสหมุนวนที่แผ่นจานหมุน ซึ่งในการทดสอบของงานวิจัยจะใช้ชุดขดลวดทองแดงทั้งหมด 16 ชิ้น แต่เนื่องจากอุปกรณ์ชิ้นนี้มีชิ้นงานเก่าที่ไม่ได้ใช้แล้วอยู่ด้วยกัน 4 ชิ้น ดังนั้นในการสร้างได้นำไปเป็นตัวอย่างในการว่าจ้างผลิตทั้งหมด 12 ชิ้น ซึ่งในส่วนนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการสร้างแกนเหล็กของชุดคอยล์เท่านั้น

6.3.3 แผ่นเปลยึดชุดขดลวด (Cradle) และบูชสวมเพลา (Bush) เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ยึดชุดขดลวดไว้ในแนวรัศมีของแผ่นจานหมุน และใช้สามารถปรับชุดขดลวดให้เปลี่ยนแปลงในแนวรัศมีเพื่อทดสอบค่าแรงบิดที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งเป็นหนึ่งในขอบเขตงานวิจัยที่ต้องการศึกษา มีด้วยกันทั้งหมด 2 ชิ้นเพราะต้องใช้ยึดชุดขดลวดทั้ง 2 ด้านให้สมดุลกัน

6.3.4 ฐานที่ใช้ติดตั้งแผ่นเปลกับเพลาส่งกำลัง (Cradle Base) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งเพลาส่งกำลังกับแผ่นเปลเข้าด้วยกันมีด้วยกัน 2 ชิ้นซึ่งจะมีแบริ่งใส่อยู่ทำให้แผ่นเปลเคลื่อนที่ได้ เมื่อจะวัดแรงบิด

6.3.5 เพลาส่งกำลัง (Rotor Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่ที่รับกำลังที่ส่งมาจากอุปกรณ์ต้นกำลังโดยในงานวิจัยนี้จะใช้การส่งกำลังด้วยสายพาน

6.3.6 หน้าแปลนยึดแผ่นจานหมุน (Rotor Flange) เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ยึดระหว่างแผ่นจานหมุนและเพลาส่งกำลังเข้าไว้ด้วยกัน

6.3.7 แกนยึดแผ่นเปล (Cradle Rod) เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ยึดเปลทั้งสองด้านเข้าด้วยกัน เพื่อก่อให้เกิดสมดุลขณะที่ชุดเปลทั้ง 2 ด้านเกิดการเคลื่อนที่ อันเป็นผลมาจากการวัดแรงบิด และยังมีส่วนช่วยทำให้ตัวเครื่องไดนาโมมิเตอร์มีความแข็งแรงขณะใช้งานด้วย

6.3.8 แท่นวางเครื่อง (Base) เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ติดตั้งตัวเครื่องไดนาโมมิเตอร์ และอุปกรณ์ต้นกำลังที่ใช้ทดสอบเข้าไว้ด้วยกันเพื่อทำให้ง่ายในการเซตเครื่องและสะดวกในการเคลื่อนย้าย

6.3.9 แป้นยึดสปริงสำหรับวัดค่าแรงบิด (Torque Measurement) เป็นส่วนที่ใช้ยึดสปริงเข้ากับตัวเปล เพื่อใช้วัดแรงบิดที่เกิดขึ้น

ลำดับถัดมากล่าวถึงการเลือกใช้วัสดุในการทำส่วนประกอบต่างๆ รวมไปถึงขั้นตอนในการดำเนินงานของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น ดังต่อไปนี้

6.3.1 แผ่นจานหมุน (Rotor Disk)

วัสดุที่ใช้ คือ แผ่นอลูมิเนียมแบบรีดหนา 11/16 นิ้ว. หน้าตัดสี่เหลี่ยม 450x450 มม.

ขั้นตอนการผลิต (Rotor Disk Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.2)

(1.) นำแผ่นอลูมิเนียมที่มีหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีความกว้างประมาณ 450 มม. มาจับยึดบนเครื่องกลึงและหาศูนย์ของแผ่นให้ได้

(2.) ทำการเจาะรูตรงกลางแผ่นและกลึงคว้านเพื่อให้ได้ขนาด 69 มม. ตามแบบ

(3.) ถอดแผ่นจานหมุนที่มีการกลึงคว้านรูเรียบร้อยแล้วออกมา เพื่อจับยึดใหม่โดยจะจับยึดที่รูตรงกลางแทน และหาศูนย์ของแผ่นใหม่

(4.) กลึงขอบออกให้เป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 440 มม. ตามแบบ

(5.) จากนั้นทำการกลึงปาดหน้าให้เรียบทั้งสองด้านให้ได้ความหนาประมาณ 15 มม. ขั้นตอนนี้ต้องควบคุมอย่างละเอียด เพราะถ้าผิวหน้าไม่เรียบอาจก่อให้เกิดอันตรายจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ขณะทำการทดลองได้ เพราะแผ่นจานจะหมุนที่ความเร็วสูง และทำการกลึงลบมุมให้เรียบร้อย

(6.) นำแผ่นที่กลึงเสร็จขึ้นแท่นเครื่อง milling เพื่อเจาะรู 8 รูสำหรับยึดกับตัวจับยึดเพลาให้ได้ตำแหน่งต่างๆ ตามแบบ

(7.) เมื่อทำเสร็จทุกขั้นตอนแล้วแล้วจะได้ชิ้นงานออกมาดังรูปที่ 6.1

รูปที่ 6.1 แผ่นจานหมุน (Rotor Disk)

6.3.2 แกนเหล็ก (Coil Core)

วัสดุที่ใช้ คือ เหล็กอ่อนทรงกระบอกตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มม. ความยาว 1.5 ม.

ขั้นตอนการผลิต (Coil Core Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.3)

(1.) นำเหล็กทรงกระบอกท่อนนี้มาทำการตัดออกด้วยเครื่องเลื่อยให้มีความยาวประมาณ 98 มม. ทั้งหมด 12 ท่อน

(2.) จากนั้นนำแท่งเหล็กที่ตัดแล้วมาขึ้นเครื่องกลึง แล้วทำการกลึงปาดหน้าด้านนึงให้เรียบ โดยให้ได้ความยาวทั้งชิ้นประมาณ.95.มม. ซึ่งจะเผื่อความยาวไว้ให้ประมาณ 2-2.5 มม. และทำการกลึงลบมุมเพื่อลบรอยคมตามความเหมาะสม

(3.) ขั้นต่อมาจะกลึงปอกชิ้นงานให้ได้ขนาดต่างๆ ตามแบบโดยด้านที่จะอยู่ติดแผ่นจานหมุนจะกลึงปาดหน้าออกให้เรียบให้ได้ความยาวทั้งชิ้นประมาณ 92.5 มม. ตามแบบ และทำการกลึงลบมุมเพื่อลบรอยคมของชิ้นงาน

(4.) นำชิ้นงานด้านที่จะยึดติดกับแผ่นเปลมาทำการเจาะรูตรงกลางให้ได้ความลึกตามแบบ และทำเกลียวขนาด M10x1.5 ตลอดความลึก

(5.) เมื่อทำเสร็จทุกขั้นตอนแล้วแล้วจะได้ชิ้นงานออกมาดังรูปที่ 6.2

รูปที่ 6.2 แกนเหล็กและขดลวดทองแดง (Coil Core and coil)

6.3.3 แผ่นเปลยึดชุดขดลวด (Cradle) และบูชสวมเพลา (Bush)

<u>วัสดุที่ใช้</u> คือ 1. แผ่นเหล็ก Mild Steel เส้นผ่านศูนย์กลาง 540 มม. หนาประมาณ 3/4 นิ้ว จำนวน 2 แผ่น

2. เหล็กเกรด S45C ทรงกระบอกตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 130 มม. ยาว 200 มม.

<u>ขั้นตอนการผลิต</u> ในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

(1.) การทำแผ่นเปล (Cradle Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.4.1) มี 2 ชิ้นจะกลึงในลักษณะเดียวกัน

(1.1) นำแผ่นเหล็กวงกลมขนาด 540 มม. ที่ได้นั้นขึ้นเครื่องกลึง ทำการหาศูนย์ของแผ่นและเจาะรูตรงกลางพร้อมทั้งกลึงคว้านรูให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มม. ตามแบบส่วนนี้ต้องควบคุมขนาดเป็นพิเศษเพราะเป็นส่วนที่ใส่แบริ่ง พร้อมทั้งกลึงคว้านให้เป็นร่องลึกประมาณ 1-1.5 มม.และมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 122.5 มม.ตามความเหมาะสม เพื่อเป็นแนวในการติดยึดบูชจะได้ร่วมศูนย์กลางเดียวกัน

(1.2) จากนั้นถอดออกจากเครื่องกลึง และขึ้นจับยึดบนเครื่องกลึงในตำแหน่งของรูที่อยู่ตรงกลางแผ่นแทน พร้อมทั้งหาศูนย์ของแผ่น

(1.3) กลึงขอบออกให้เป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 520 มม. ตามแบบ

(1.4) จากนั้นทำการกลึงปาดหน้าในด้านที่มีการกลึงคว้านโต 122.5 มม.ให้เรียบ โดยให้ได้ความหนาใกล้เคียงตามที่ต้องการ คือเผื่อไว้ประมาณ 2 มม. แต่ต้องไม่กลึงปาดหน้าจนลบรอยกลึงคว้านที่ได้จนหมด ทำการกลึงลบมุมคมให้เรียบร้อย

(1.5) นำชิ้นงานที่กลึงเสร็จแล้วขึ้นจับยึดบนแครื่อง milling เพื่อกัดร่องให้ได้ตำแหน่งและขนาดต่างๆ ตามแบบ (โดยสิ่งที่ต้องควบคุมคือตำแหน่งมุมต่างๆนั้นควรจะต้องแม่นยำเพราะเป็นตำแหน่งที่ใช้ติดตั้งชุดขดลวด) เป็นอันเสร็จสิ้นในขั้นตอนนี้

(2.) การทำบูชสวมเพลาเบอร์ 1 (Bush No.1 Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.4.2)

(2.1) นำเหล็กทรงกระบอกท่อนนี้มาตัดบนเครื่องเลื่อยให้ได้ความยาวประมาณ 125 มม.

(2.2) จากนั้นนำเหล็กท่อนนี้ขึ้นจับยึดบนเครื่องกลึงและหาศูนย์ เพื่อทำการกลึงปาดหน้าด้านนึงให้เรียบพร้อมทั้งเจาะรูและกลึงคว้านให้เรียบโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 มม.

(2.3) เลื่อนตัวยันศูนย์ของเครื่องกลึงมายันชิ้นงานไว้ และกลึงปอกชิ้นงานในด้านที่เป็นแกนยาวก่อน ให้ได้ขนาดของรายละเอียดต่างๆ ตามแบบ โดยส่วนที่ต้องควบคุมคือ ตำแหน่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มม. เพราะเป็นส่วนที่ต้องใส่แบริ่ง กลึงปาดหน้าและกลึงลบมุมให้เรียบร้อย

(2.4) เมื่อกลึงปอกในด้านที่เป็นแกนยาวเรียบร้อยแล้ว ให้ถอดออกจากเครื่องกลึงและกลับด้านชิ้นงาน พร้อมทั้งจับยึดบนเครื่องกลึงและหาศูนย์ใหม่ กลึงปาดผิวหน้าให้เรียบโดยให้มีความยาวของชิ้นงานประมาณ 122 มม.

(2.5) ทำการกลึงปอกผิวนอกและกลึงคว้านด้านใน ให้ได้ขนาดตามแบบ แต่มีส่วนที่ต้องควบคุมคือการกลึงคว้านด้านในที่ตำแหน่งเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มม. เพราะเป็นส่วนที่ใส่แบริ่งกลึงลบมุมต่างๆ ตามความเหมาะสม ทำการกลึงลบมุมคมต่างๆ เป็นอันเสร็จสิ้นสำหรับชิ้นส่วนนี้

(3.) การทำบูชสวมเพลาเบอร์ 2 (Bush No.2 Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.4.3)

ขั้นตอนต่างๆ จะทำในทำนองเดียวกันกับในขั้นตอนที่ (2.)

(4.) การเชื่อมบูชทั้ง 2 ชิ้นกับแผ่นเปล (Cradle with Bush Assembly ดูได้ที่ รูปที่ ค.4.4 ,รูปที่ ค.4.5)

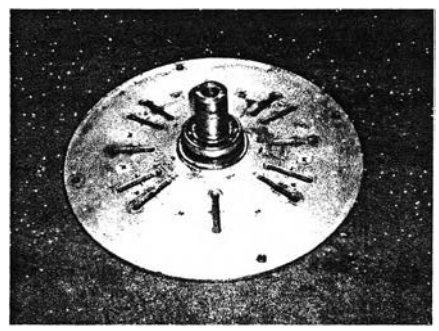
(4.1) นำบูชทั้ง 2 ชิ้นมาประกบเข้ากับแผ่นเปลให้ตรงรอยคว้านตามที่ได้ทำแนวเอาไว้ แต่ในที่นี้ได้ทำการกลึงท่อนเหล็กทรงกระบอกกลมให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 90.1-90.2 มม. หนาประมาณ 20 มม. 2 ชิ้น(เพื่อใช้เป็นตัวทำให้ร่วมศูนย์กัน) ตอกอัดยึดแผ่นเปลกับบูชให้แน่นขึ้นขณะทำการเชื่อม

(4.2) เมื่อประกบชิ้นส่วนทั้งสองนี้เรียบร้อยแล้ว ก็นำไปทำการเชื่อมแบบ TIG เพราะจะได้รักษาระดับรอยเชื่อมให้สม่ำเสมอและง่ายต่อการกลึงเก็บ

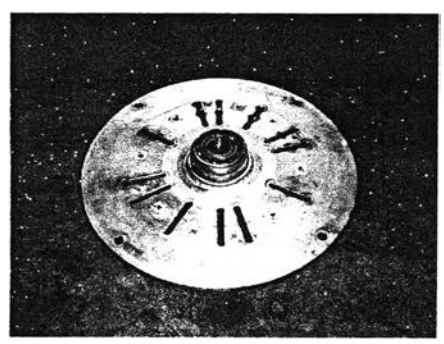
(4.3) นำแผ่นเปลที่ได้ทำการยึดติดกับบูชเรียบร้อยแล้วมาทำการตอกเอาท่อนเหล็กที่ใช้ยึดออก ซึ่งอาจจะใช้เครื่องกดไฮดรอลิคช่วย

(4.4) นำแผ่นเปลนี้ขึ้นยึดบนเครื่องกลึงอีกครั้ง เพื่อกลึงปาดหน้าใหม่ทั้ง 2 ด้านให้เรียบและได้ความหนาของแผ่นตามแบบ ที่ต้องทำเช่นนี้เพราะว่าแผ่นเปลจะเกิดการโก่งตัวได้ขณะที่ทำการเชื่อม

(4.5) เมื่อทำเสร็จทุกขั้นตอนแล้วแล้วจะได้ชิ้นงานออกมาดังรูปที่ 6.3 (A) และ6.3 (B)



รูปที่ 6.3 (A) แผ่นเปลที่เชื่อมติดบูชสวมเพลาเบอร์ 1 (Cradle with Bush No.1)



รูปที่ 6.3 (B) แผ่นเปลที่เชื่อมติดบูชสวมเพลาเบอร์ 2 (Cradle with Bush No.2)

6.3.4 ฐานที่ใช้ติดตั้งแผ่นเปลกับเพลาส่งกำลัง (Cradle Base)

<u>วัสดุที่ใช้</u> คือ 1. แผ่นเหล็กเกรด S45C หน้าตัดสี่เหลี่ยม กว้าง 250 มม.x ยาว 260 มม. หนาประมาณ 50 มม. จำนวน 2 ชิ้น

2. แผ่นเหล็กเกรด S45C หน้าตัดสี่เหลี่ยม กว้าง 110 มม.x ยาว 250 มม. หนาประมาณ 15 มม. จำนวน 4 ชิ้น

3. แผ่นเหล็กเกรด S45C หน้าตัดสี่เหลี่ยม กว้าง 110 มม.x ยาว 250 มม. หนาประมาณ 20 มม. จำนวน 4 ชิ้น

<u>ขั้นตอนการผลิต</u> ในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

(1.) การทำชิ้นส่วนที่ใช้ติดตั้งเพลา (Cradle Base No. 1 Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.5.1)

มี 2 ชิ้นซึ่งจะมีกรรมวิธีการทำในลักษณะเดียวกัน ดังนี้

(1.1) นำแผ่นเหล็กขนาด 250x260x50 มม. นี้ขึ้นจับบนเครื่องกลึงโดยจะกลึงปาดหน้าทั้ง 2 ด้านให้เรียบแต่เผื่อระยะไว้สำหรับปาดหน้าละเอียดในขั้นสุดท้ายประมาณ 1-2 มม.

(1.2) จากนั้นจะถอดออกมานำขึ้นติดตั้งบนเครื่อง milling เพื่อจะทำการปาดผิวหน้าขอบทั้ง 4 ด้านให้เรียบจะใช้กรรมวิธีการกัดด้วยดอกกัดเอนมิล โดยจะปาดหน้าขอบทั้ง 4 ด้านให้ได้ขนาดตามแบบ

(1.3) ถอดชิ้นงานออกมา ใช้ไม้ฉากและเหล็กขีดในการวัดและทำตำแหน่งที่จะเจาะรูทะลุให้ได้ขนาดตามที่ระบุในแบบ

(1.4) จากนั้นนำขึ้นยึดบนเครื่องกลึงอีกครั้ง โดยเครื่องกลึงที่ใช้ในครั้งนี้จะต้องใช้แบบหัวจับที่มีลักษณะฟันจับเป็นแบบ 4 จับเพื่อจะได้ง่ายในการปรับหาตำแหน่งที่จะเจาะรูตามรอยที่ได้ทำไว้ ทำการหาศูนย์อย่างละเอียด

(1.5) ใช้ดอกนำศูนย์เจาะนำเข้าไปก่อน จากนั้นจะเปลี่ยนมาใช้ดอกสว่านที่มีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับขนาดที่แท้จริงของรูตามแบบ เพราะจะใช้การกลึงคว้านเก็บละเอียดอีกครั้ง

(1.6) เมื่อได้ขนาดของรูตามที่ต้องการแล้ว ขั้นต่อมาจะใช้การกลึงคว้าน กลึงไล่ให้ได้ขนาดและตำแหน่งความลึกให้ได้รูปร่างตามที่ระบุในแบบ แต่มีจุดที่ต้องควบคุมคือ ที่ตำแหน่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. เพราะเป็นตำแหน่งที่จะมีการติดตั้งแบริ่ง

(1.7) จากนั้นถอดชิ้นงานออกมา และไปใช้กรรมวิธี wire cut เพื่อตัดชิ้นงานให้มีขนาดของส่วนโค้งและรอยตัดด้านข้างตามแบบ

(1.8) นำชิ้นงานที่ได้นี้มาทำการหาตำแหน่งของรูเจาะ เพื่อใช้ยึดด้วยสลักเกลียวกับฐานด้านล่างตามที่ระบุในแบบ โดยใช้ไม้ฉากและเหล็กขีดในการทำตำแหน่งรอยเจาะ ใช้เหล็กนำศูนย์ตอกเพื่อให้ได้รอยเจาะที่ชัดเจน

(1.9) ทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.1-11.2 มม. และทำเกลียวM12 ที่รูทั้ง 2 รูที่ได้เหล่านี้

(1.10) ใช้ตะไบละเอียดถูตามขอบต่างๆ เพื่อลบคม

(2.) การทำแท่นฐานที่รองชิ้นส่วนในข้อ (1) (Cradle Base No. 2 Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.5.2)

มี 2 ชิ้นซึ่งจะมีกรรมวิธีการทำในลักษณะเดียวกัน ดังนี้

(2.1) นำแผ่นเหล็กขนาด 110x250x15 มม. นำขึ้นติดตั้งบนเครื่อง milling เพื่อจะทำการปาดผิวหน้าขอบทั้ง 4 ด้านให้เรียบจะใช้กรรมวิธีการกัดด้วยดอกกัดเอนมิล โดยจะกลึงปาดหน้าขอบทั้ง 4 ด้านให้ได้ขนาดตามแบบ

(2.2) จากนั้นจะจับยึดชิ้นงานด้วยปากกาจับงาน โดยจะวางแผ่นชิ้นงานนี้ในแนวราบแต่ต้องควบคุมชิ้นงานให้ได้แนวระดับซึ่งอาจใช้ระดับน้ำวางเพื่อตรวจสอบ ขั้นตอนนี้จะต้องยึดชิ้นงานให้แน่นหนาพอสมควร

(2.3) ใช้ดอกกัดเอนมิลที่มีขนาดใหญ่ ทำการปาดหน้าแผ่นชิ้นงานนี้ให้เรียบทั้ง 2 ด้าน และมีขนาดความหนาตรงใกล้เคียงตามที่ระบุในแบบ เพื่อจะได้ทำการปาดหน้าอย่างละเอียดในขั้นสุดท้ายหลังจากที่ชิ้นงานทำการเจาะรูต่างๆ เรียบร้อยแล้ว

(2.4) นำชิ้นงานที่ได้มาทำการหาตำแหน่งรอยเจาะรู ทั้งหมดโดยใช้ไม้ฉากและเหล็กขีด

(2.5) นำชิ้นงานขึ้นจับบนเครื่อง milling อีกครั้ง เพื่อเจาะรู และทำเกลียวที่ตำแหน่งต่างๆ ตามที่ระบุไว้ในแบบ

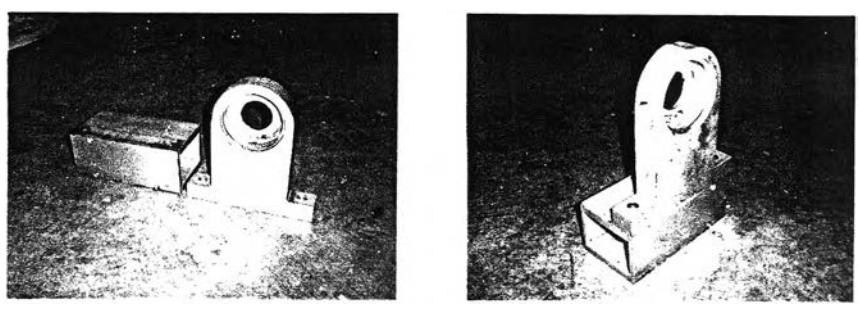
(2.6) ขั้นตอนสุดท้าย นำแผ่นชิ้นงานที่ได้ผ่านการเจารูและทำเกลียวเรียบร้อยแล้ว มาทำการปาดหน้าเรียบโดยละเอียด ใช้วิธีเหมือน (2.3)

(2.7) ใช้ตะไบละเอียดถูตามขอบต่างๆ เพื่อลบคม

(3.) การทำแผ่นประกบแท่นฐานที่รองชิ้นส่วนในข้อ (1) (Cradle Base No. 3 Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.5.3) มี 4 ชิ้นซึ่งจะมีกรรมวิธีการทำในลักษณะเดียวกัน

(4) การทำแผ่นรองแท่นฐานด้านล่างสุด (Cradle Base No. 4 Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.5.4) มี 2 ชิ้นซึ่งจะมีกรรมวิธีการทำในลักษณะเดียวกัน

เนื่องจากว่าขั้นตอนที่ (3) และ(4) มีวิธีการดำเนินงานคล้ายกับ ขั้นตอนที่ (2) จึงจะไม่ขอกล่าวซ้ำในที่นี้แต่ในขั้นตอนที่ (3) มีสิ่งที่ต้องควบคุม คือขนาดความลึกของรูเจาะรีมเมอร์ด้านข้างทั้ง 4 รู จะต้องทำให้ได้ขนาดเพราะว่าจะต้องขันสลักเกลียวชนิดหัวจมให้หัวจมไปมิดขอบเนื่องมาจากว่าถ้าหัวสลักเกลียวโผล่ออกมาจะกีดขวางการทำงานของเครื่องอาจจะเกิดอันตรายได้ เมื่อได้ทุกชิ้นส่วนมาแล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้สลักเกลียวเป็นตัวยึด (ดูลักษณะการประกอบที่รูปที่ ค.5.5) เมื่อประกอบเสร็จจะได้ฐานที่ใช้ติดตั้งแผ่นเปลกับเพลาส่งกำลัง ปรากฏดังรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 ฐานที่ใช้ติดตั้งแผ่นเปลกับเพลาส่งกำลัง (Cradle Base)

6.3.5 เพลาส่งกำลัง (Rotor Shaft)

<u>วัสดุที่ใช้</u> คือ เพลาเหล็กทรงกระบอกตันเกรด AISI 1040 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มม. ความยาว 600 มม.

<u>ขั้นตอนการผลิต</u> (Shaft Rotor Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.6)

(1.) นำเพลาเหล็กท่อนมาตัดออกโดยเครื่องเลื่อยให้มีความยาวมากกว่า 546 มม. ซึ่งเป็นความยาวของชิ้นงานจริงสักเล็กน้อย

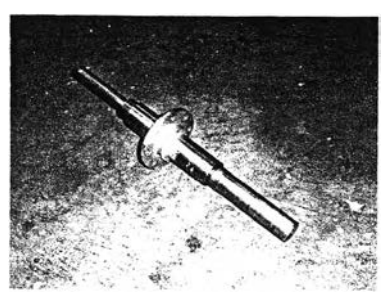
(2.) เมื่อตัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำไปขึ้นจับบนเครื่องกลึงให้ปลายยื่นออกมาเล็กน้อย หาศูนย์ของชิ้นงานแล้วทำการกลึงปาดหน้าชิ้นงานให้เรียบ และเจาะเจาะร่องยันศูนย์ ทำตามนี้ทั้ง 2 ด้านจนได้ความยาวของชิ้นงาน 546 มม.

(3.) นำเพลานี้ขึ้นจับยึดบนเครื่องกลึงแบบยันศูนย์หัวท้าย เนื่องมาจากว่าถ้าใช้เครื่องกลึงแบบหัวจับ เมื่อกลึงปลายด้านนึงเสร็จแล้วต้องถอดออกเพื่อกลึงปลายอีกข้าง ตำแหน่งศูนย์ใหม่จะไม่ตรงกัน ทำให้เพลาแกว่งได้เมื่อต้องใช้งานที่ความเร็วรอบในการหมุนสูงๆ

(4.) เมื่อติดตั้งเพลาบนเครื่องกลึงจนได้ศูนย์เรียบร้อยแล้ว จะทำการกลึงปอกจนได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความเรียบของผิวชิ้นงานตามแบบที่กำหนด ทำการกลึงลบมุมคมที่ขอบต่างๆ ตำแหน่งที่ต้องควบคุมในการกลึงคือตำแหน่งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. ต้องได้ขนาดและผิวชิ้นงานต้องเรียบสนิทเพราะเป็นตำแหน่งที่จะใช้สวมแบริ่งทั้ง 2 ด้านที่ต้องรับความเร็วที่ส่งมาจากมอเตอร์ที่ใช้วัดค่าทั้งหมด ซึ่งจะส่งผลต่อค่าที่วัดได้ถ้าเกิดความฝืดขึ้นที่แบริ่งทั้งสองนี้ และแบริ่งอาจเกิดการชำรุดได้

(5.) นำเพลาที่ผ่านการกลึงจนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ไปขึ้นจับบนเครื่อง milling เพื่อทำการกัดร่องลิ่มด้วยดอกเอนมิล ทั้ง 2 ด้าน ซึ่งร่องลิ่มปลายที่ต้องติดตั้งพูเล่ย์คือปลายด้านที่เส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดใหญ่กว่า จะกว้าง 10 มม. ยาวประมาณ 50 มม. และลึก 10 มม. ตามขนาดมาตรฐานของร่องลิ่มของพูเล่ย์

(6.) เมื่อทำครบทุกขั้นตอนจะได้เพลาส่งกำลังที่พร้อมใช้งานตามรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 เพลาส่งกำลัง (Rotor Shaft)

6.3.6 หน้าแปลนยึดแผ่นจานหมุน (Rotor Flange)

<u>วัสดุที่ใช้</u> คือ เหล็กทรงกระบอกตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 130 มม. หนา 40 มม.

<u>ขั้นตอนการผลิต</u> (Rotor Flange Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.7)

(1.) นำเหล็กท่อนนี้ขึ้นจับยึดบนเครื่องกลึงหาศูนย์ของชิ้นงาน จากนั้นจะทำการกลึงปาดหน้าให้เรียบ ทั้ง 2ด้าน

(2.) ทำการเจาะรูตรงกลางของชิ้นงานให้ใกล้เคียงขนาดจริง และกลึงคว้านให้ได้ขนาดตามแบบคือมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 49 มม. ซึ่งไม่ควรหลวมมากเกินไปเพราะจะต้องไปทำการสวมอัดเข้ากับเพลาส่งกำลัง

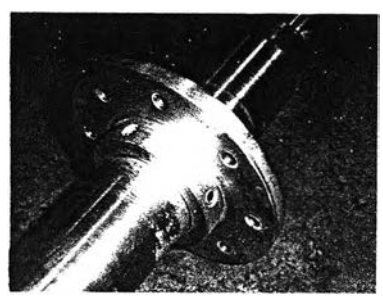
(3.) จากนั้นให้ถอดชิ้นงานออกมา แล้วสอดเพลาที่มีขนาดเล็กกว่า 49 มม.เล็กน้อย โดยที่เพลาจะมีการทำเกลียวเอาไว้ และนำชิ้นงานขึ้นไปจับบนยึดครื่องกลึงอีกครั้ง โดยจะจับชิ้นงานที่เพลาแทน จากนั้นจะนำหน้าแปลนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าความโตของชิ้นงานสำเร็จมาสวมและใช้สลักเกลียวขันอัดให้แน่น ทำการหาศูนย์ของชิ้นงาน

(4.) เมื่อหาศูนย์ได้แล้ว จะทำการกลึงปอกชิ้นงานให้ได้ขนาดต่างๆ ตามแบบ ควบคุมขนาดตรงตำแหน่งเส้นผ่านศูนย์กลาง 69 มม. เพราะต้องนำแผ่นจานหมุนมาจับยึด กลึงลบมุมคมต่างๆ

(5.) เมื่อกลึงเสร็จให้นำชิ้นงานไปจับยึดบนเครื่อง milling โดยจะใช้หัวจับแบบที่สามารถปรับการหมุนไปยังมุมต่างๆ ได้ ทำการเจาะรูขนาด 6.8 มม. ที่ตำแหน่งตามแบบจำนวน 8 รู และทำเกลียวM8 ที่รูนั้นด้วยเพื่อจะใช้สลักเกลียวจับยึดแผ่นจานหมุน

(6.) จากนั้นจะทำการเจาะรูทะลุเพื่อทำเกลียวM5 ที่ขอบของด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง 69 มม. นี้ด้วย จำนวน 4 รูที่ตำแหน่งทำมุม 90 องศาซึ่งกันและกัน เพื่อจะใช้สลักเกลียวแบบตัวหนอนขันอัดฝังยึดเข้ากับเพลาส่งกำลัง

(7.) เมื่อทำตามขั้นตอนต่างๆ เหล่านี้จนเสร็จจะได้หน้าแปลนจับยึดที่มีรูปร่างตามรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 หน้าแปลนยึดแผ่นจานหมุน (Rotor Flange)

6.3.7 แกนยึดแผ่นเปล (Cradle Rod)

วัสดุที่ใช้ คือ แท่งทองเหลืองกลมตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มม. ความยาว 1 ม.

ขั้นตอนการผลิต (Cradle Rod Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.8)

(1.) นำแท่งทองเหลืองมาตัดออกด้วยเครื่องเลื่อยให้ได้ความยาว 208 มม.จำนวน 4 ชิ้น

(2.) จากนั้นนำไปจับยึดบนเครื่องกลึงและหาศูนย์ของชิ้นงาน จากนั้นทำการกลึงปาดหน้าให้เรียบและกลึงลบมุม เจาะรูด้วยตัวนำศูนย์

(3.) ใช้สว่านขนาด 11.2 มม. เจาะรูให้ลึกประมาณ 40 มม. จากนั้นจะทำเกลียว M12

(4.) ถอดชิ้นงานออกเพื่อจะทำอีกด้านในลักษณะเดียวกัน ซึ่งในขั้นตอนนี้ไม่จำเป็นต้องกลึงปอกชิ้นงานเพราะว่าผิวของทองเหลืองจะค่อนข้างเรียบอยู่แล้ว

(5.) ทำทั้ง 4 ชิ้นในลักษณะเดียวกันจะได้ชิ้นงานออกมามีลักษณะตามรูปที่ 6.7

รูปที่ 6.7 แกนยึดแผ่นเปล (Cradle Rod)

6.3.8 แท่นสำหรับติดตั้งเครื่องไดนาโมมิเตอร์กับมอเตอร์ (Base)

วัสดุที่ใช้ คือ 1. แท่งเหล็กหน้าตัดรูปตัว I ขนาด I PB 100 ความยาว 6 ม.

2.เหล็กแผ่น Mild Steel หน้าตัดสี่เหลี่ยมขนาด 15มม.x 100มม. ความยาว 3 ม.

ขั้นตอนการผลิต (Base Drawing ดูได้ที่ รูปที่ ค.9.1-ค.9.5)

(1.) นำแท่งเหล็กรูปตัว I นี้มาทำการตัดแบ่งด้วยเครื่องตัดแก๊ส ออกเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ตามที่ระบุในแบบซึ่งจะมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 6 ชิ้น คือความยาว 1.72 ม. จำนวน 2 ชิ้น และความยาว 608 มม. จำนวน 4 ชิ้น โดยจะ เผื่อระยะความยาวให้มากกว่าค่าเหล่านี้สักเล็กน้อยเพื่อจะทำการเจียเรียบ

(2.) ทำการเจียเรียบชิ้นที่ขอบชิ้นส่วนเหล่านี้ให้ได้ขนาดตามแบบ จากนั้นจะนำชิ้นส่วนที่จะต้องมีการทำร่องเพื่อใช้ในการจับยึดกับแท่นวางเครื่องและแท่นมอเตอร์ มาทำเครื่องหมายโดยใช้ตลับเมตร ไม้ฉากและเหล็กขีด ตามตำแหน่งที่ระบุในแบบ

(3.) นำชิ้นส่วนที่ได้ทำเครื่องหมายแล้วไปจับยึดบนเครื่อง milling เพื่อจะทำการเจาะและกัดร่องด้วยดอกกัดเอนมิล ที่ขนาดความกว้างของร่องประมาณ 12 มม. ให้ได้ความยาวของร่องและตำแหน่งตามที่ระบุในแบบ

(5.) นำชิ้นส่วนต่างๆ ที่ผ่านการทำร่องเรียบร้อยแล้วมาประกอบเข้ากันและทำการเชื่อมตามรอยต่อต่างๆ เมื่อเชื่อมเสร็จจะใช้ค้อนเคาะแสลคออก และใช้ตะไบหยาบตกแต่งลบมุมคมให้หมด

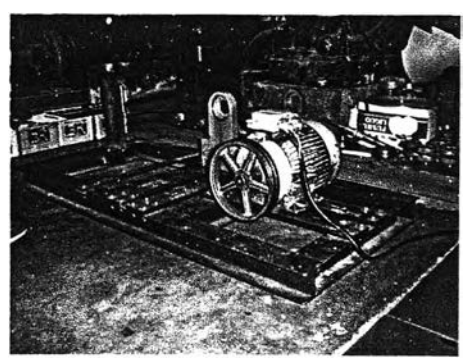
(6.) ขั้นตอนต่อมาจะนำแผ่นเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมที่ยาว3ม. นี้มาตัดด้วยเครื่องตัดให้ได้ความยาวใกล้เคียงกับที่ระบุในแบบ

(7.) นำแผ่นเหล็กทั้ง 4 แผ่น คือแผ่นเหล็กที่มีความยาว 808 มม. จำนวน 2 ชิ้น และความยาว 670 มม. จำนวน 2 ชิ้นมาทำการเจียขอบทั้ง 2 ด้านให้เรียบและได้ความยาวตามขนาดที่ใช้จริง

(8.) จากนั้นนำแผ่นเหล็กเหล่านี้ขึ้นจับยึดบนเครื่อง milling เพื่อทำการเจาะรูและกัดร่องที่แผ่นเหล็กเหล่านี้ ตามตำแหน่งที่ระบุไว้ในแบบ ร่องที่ทำเหล่านี้ควรต้องแม่นยำสักหน่อยเพราะจะได้ประกอบเข้ากับโครงฐานเพื่อยึดตัวเครื่องและมอเตอร์ได้ตรงตามตำแหน่งที่ต้องการ การที่ต้องกัดรูต่างๆ ให้เป็นร่องนั้นเพื่อจะได้สามารถปรับระยะของตำแหน่งการติดตั้งได้พอสมควร ลบขอบและมุมต่างๆ ด้วยตะไบ

(9.) ยึดแผ่นเหล็กทั้ง 4แผ่นนี้เข้ากับโครงฐานด้วยสลักเกลียวขนาด M12 ตามตำแหน่งที่ระบุอยู่ในแบบ

(10.) รูปที่ 6.8 จะแสดงการติดตั้งเครื่องไดนาโมมิเตอร์และมอเตอร์บนแท่นวางพร้อมที่จะใช้ในการวัดแรงบิดของมอเตอร์ (ดูลักษณะของการต่อชิ้นส่วนทั้งหมดของแท่นนี้ได้ที่รูปที่ ค.9.6)



รูปที่ 6.8 แท่นสำหรับติดตั้งเครื่องไดนาโมมิเตอร์กับมอเตอร์ (Base)

6.3.9 แป้นยึดสปริงสำหรับวัดค่าแรงบิด (Torque Measurement)

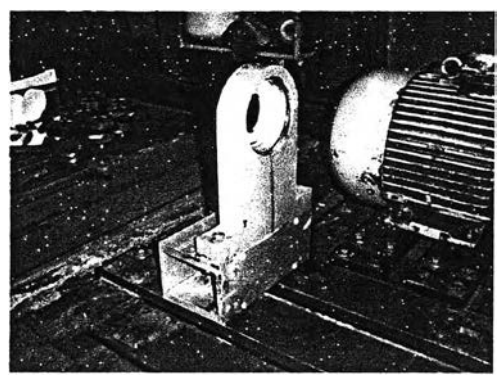
ในส่วนนี้จะไม่ขอกล่าวถึงในรายละเอียดเพราะว่าเป็นส่วนที่ผู้ร่วมวิจัยอีกท่านได้ทำขึ้นมาเพื่อใช้ศึกษาในส่วนของเครื่องมือวัดแรงบิดของเครื่องไดนาโมมิเตอร์ ซึ่งเป็นหัวข้อของงานวิจัยวิทยานิพนธ์อีกฉบับหนึ่ง

6.4 การประกอบเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวน

เมื่อจัดทำชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องเรียบร้อยแล้ว ในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงขั้นตอนที่นำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบเข้าเป็นเครื่องไดนาโมมิเตอร์ที่พร้อมใช้งาน โดยจะมีรูปภาพประกอบแต่ละขั้นตอนเพื่อช่วยให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยมีลำดับขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

6.4.1 ทำความสะอาดชิ้นส่วนต่างๆ ให้เรียบร้อย และหยอดน้ำมันหล่อลื่นในตำแหน่งที่ต้องใส่แบริ่ง

6.4.2 ขั้นแรกจะนำฐานที่ใช้ติดตั้งแผ่นเปลวางลงบนแท่นเครื่อง โดยใช้สลักเกลียวขนาด M12 ยึดฐานของเครื่องติดกับแท่นเครื่องโดยยังไม่ต้องยึดแน่น แสดงดังรูปที่ 6.9

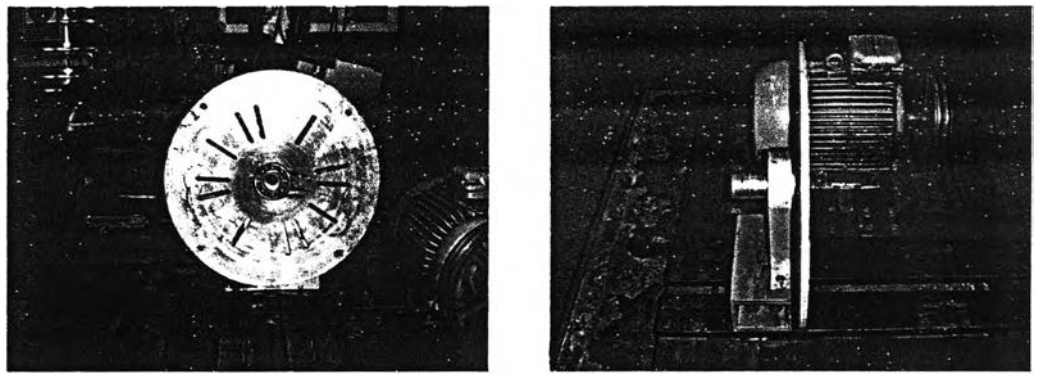


รูปที่ 6.9 การติดตั้งฐานของแผ่นเปลบนแท่นเครื่อง

6.4.3 นำบอลแบริ่งเบอร์ 6211 (แบริ่งเบอร์นี้สามารถรับแรงขณะหมุนได้ประมาณ 43.5 kN. ที่ความเร็วรอบสูงสุด 6,300 rpm.) ใส่ลงในฐานนี้ และทำการอัดจาระบีเพื่อช่วยในการหล่อลื่นแบริ่งและยังส่งผลให้แบริ่งมีอายุการใช้งานที่มากขึ้น ซึ่งแบริ่งตัวนี้จะรับแรงการหมุนที่เกิดจากแผ่นเปล

6.4.4 จากนั้นจะนำแบริ่งเบอร์ 6308 (แบริ่งเบอร์นี้สามารถรับแรงขณะหมุนได้ประมาณ 40.5 kN. ที่ความเร็วรอบสูงสุด 7,500 rpm) ใส่เข้าไปในรูตรงกลางของแผ่นเปลทั้ง 2 ด้าน ซึ่งแบริ่งตัวนี้จะรับแรงการหมุนที่เกิดจากแผ่นจานหมุน

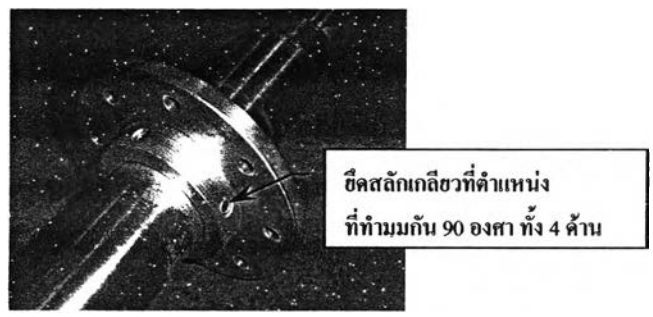
6.4.5 นำแผ่นเปลที่ใส่แบริ่งเรียบร้อยแล้ว ประกอบเข้ากับฐาน โดยจัดให้จุดศูนย์กลางของชิ้นส่วนทั้งสองตรงกัน แสดงดังรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 การติดตั้งแผ่นเปลเข้ากับฐาน

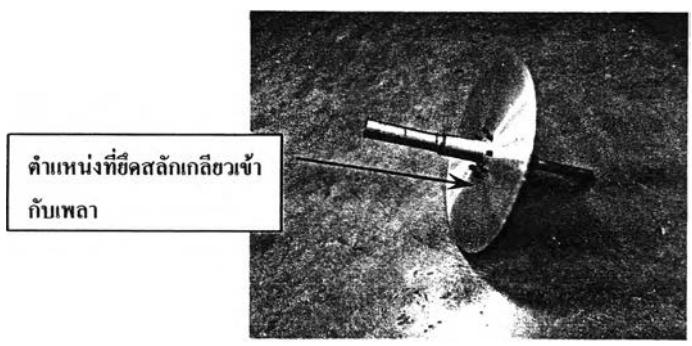
6.4.6 แผ่นเปลอีกด้านทำตามขั้นตอนที่ 6.4.3-6.4.5 เหมือนกัน แต่ยังไม่ต้องประกอบเข้ากับแท่นเครื่อง

6.4.7 ขั้นตอนต่อมาจะนำหน้าแปลนยึดแผ่นจานหมุนมาสวมเข้ากับเพลาส่งกำลังและจัดระยะให้ได้ตำแหน่งสมดุลทั้ง 2 ด้านจากนั้น เมื่อได้ตำแหน่งสมดุลแล้วจะยึดด้วยสลักเกลียวแบบตัวหนอนM5 ให้แน่นที่สุด ทั้ง 4 ตัว ดังรูปที่ 6.11



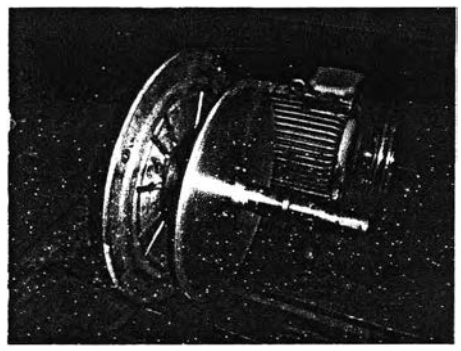
รูปที่ 6.11 การประกอบหน้าแปลนยึดแผ่นจานหมุนเข้ากับเพลา

6.4.8 นำแผ่นจานหมุนสวมผ่านเพลาส่งกำลังเพื่อไปยึดติดกับตัวยึดนั้น โดยจัดตำแหน่งของรูที่จะยึดด้วยสลักเกลียวขนาดM8 ทั้ง 8รูให้ตรงกัน จากนั้นจะทำการยึดด้วยสลักเกลียวทั้ง 8 รูนี้ให้แน่นที่สุด จะได้ลักษณะของการติดตั้งแผ่นจานหมุนกับเพลาส่งกำลัง ดังรูปที่ 6.12



รูปที่ 6.12 การติดตั้งแผ่นจานหมุนเข้ากับเพลาส่งกำลัง

6.4.9 นำเพลาที่มีการติดตั้งแผ่นจานหมุนเรียบร้อยแล้ว มาสวมเข้ากับแผ่นเปลที่ยึดอยู่กับแท่นเครื่องโดยต้องจัดให้ศูนย์กลางของชิ้นส่วนทั้งสองตรงกันก่อนที่จะออกแรงดันเข้าไป ซึ่งต้องใช้ความระมัดระวังในการสวมเพราะอาจทำให้แบริ่งที่สวมอยู่ที่แผ่นเปลเสียหายได้ แสดงได้ดังรูปที่ 6.13



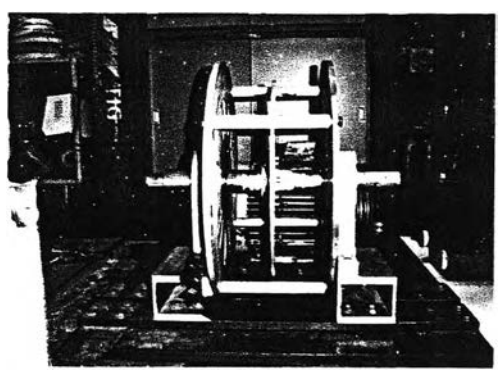
รูปที่ 6.13 การติดตั้งเพลาส่งกำลังเข้ากับแผ่นเปล

6.4.10 นำแผ่นเปลอีกชิ้นที่ประกอบเข้ากับฐานเรียบร้อยแล้ว มาสวมเข้ากับเพลาส่งกำลังอีกด้านหนึ่ง โดยจัดให้ศูนย์กลางของชิ้นส่วนทั้งสองนี้ตรงกันก่อนที่จะสวมอัดเข้าไป

6.4.11 ทำการยึดตัวเครื่องไดนาโมมิเตอร์เข้ากับแท่นเครื่องด้วยสลักเกลียวขนาดM12 ตามตำแหน่งรูให้ครบถ้วน และทำการขันสลักเกลียวทุกตัวให้แน่นที่สุด

6.4.12 นำแกนยึดแผ่นเปลทั้ 4 ชิ้นมายึดแผ่นเปลทั้ง 2 ด้านนี้เข้าด้วยกัน

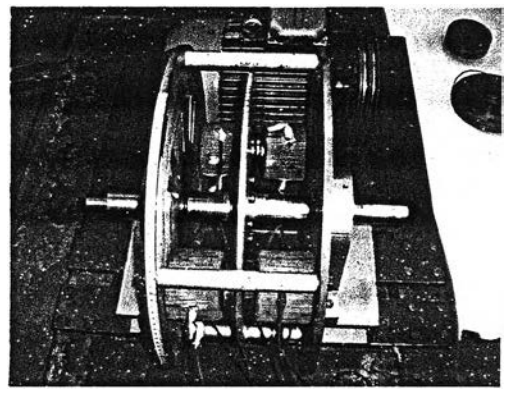
6.4.13 เมื่อทำเสร็จทุกขั้นตอนแล้วก็จะได้เครื่องไดนาโมมิเตอร์ ดังรูปที่6.14



รูปที่ 6.14 เครื่องไดนาโมมิเตอร์ที่ประกอบสมบูรณ์

6.4.14 นำแกนเหล็กที่สวมเข้ากับชุดขดลวดทองแดง มาประกอบเข้ากับแผ่นเปลทั้ง 2 ด้าน โดยจะต้องปรับระยะช่องว่างของผิวหน้าแกนเหล็กที่ใช้สร้างฟลักซ์แม่เหล็กทั้ง 2 ด้านกับแผ่นจานหมุนให้เท่ากันซึ่งอาจจะใช้แหวนรองเข้าช่วย ซึ่งในการติดตั้งนี้ต้องใส่ชุดขดลวดทองแดงในลักษณะที่สมดุลกันทั้ง 2 ด้าน คือต้องสมดุลกันในเรื่องมุมและตำแหน่งที่ติดตั้ง แสดงในรูปที่ 6.15

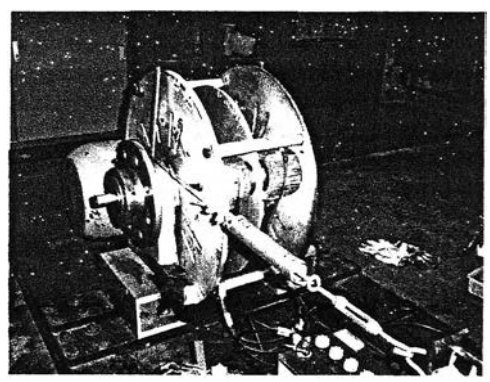
เป็นตัวอย่างการติดตั้งชุดขดลวดทองแดง 4 ชุด คือติดตั้งด้านละ 2 ชุด ในตำแหน่งที่ทำมุม 180 องศา



รูปที่ 6.15 เครื่องไดนาโมมิเตอร์ที่มีติดตั้งชุดขดลวดทองแดง 2 คู่

6.4.15 นำตัวยึดสปริงมาติดเข้ากับแกนของแผ่นเปล และทำการติดตั้งสปริงพร้อมด้วยชุดอ่านค่าระยะยืดของสปริงเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าแรงบิดเข้ากับแท่นเครื่อง

6.4.16 นำแหล่งจ่ายไฟมาต่อเข้ากับชุดขดลวดทองแดงเหล่านี้ แต่แหล่งงจ่ายไฟที่จะต่อเข้ากับชุดขดลวดทองแดงนี้จะใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง เมื่อทำทุกขั้นตอนตามนี้ก็จะได้เครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวนที่พร้อมใช้วัดค่าแรงบิดของเครื่องต้นกำลังชนิดต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 6.16



รูปที่ 6.16 เครื่องไดนาโมมิเตอร์ที่มีการติดตั้งสปริงสำหรับวัดแรงบิดเรียบร้อย

ในส่วนของขั้นตอนการประกอบเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวนก็สิ้นสุดเพียงเท่านี้ ซึ่งในส่วนถัดไปจะเป็นการนำเครื่องที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์นี้ ไปใช้ทดสอบวัดค่าแรงบิดของมอเตอร์ขนาด 10 แรงม้า ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที โดยจะมีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องตามขอบเขตของงานวิจัยที่ต้องการศึกษาแล้วดูว่าจะส่งผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวนนี้อย่างไร

6.5 ขั้นตอนการทดสอบ

จากที่กล่าวบทที่ 1 พบว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการทดสอบว่าสมรรถนะของเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวนจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ถ้ามีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆของตัวเครื่อง ซึ่งพารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษาและใช้ในงานวิจัยที่ได้กล่าวในส่วนของขอบเขตของวิทยานิพนธ์ในบทที่ 1 แบ่งออกได้ 2 ลักษณะดังต่อไปนี้

1.) Design Parameters ได้แก่

1.1) <u>จำนวนชุดขดลวดทองแดงที่ใช้ติดตั้ง</u>

การทดสอบจะใช้ชุดขดลวดทั้งหมด 16 ชุด โดยจะแบ่งการติดตั้งเข้ากับเครื่องไดนาโมมิเตอร์ในลักษณะที่สมดุลกันทั้ง 2 ด้าน ออกได้เป็น 5 แบบ คือ

1.1.1) 4 ชุด (ติดตั้งในตำแหน่งที่ทำมุมกัน 180 องศา)

1.1.2) 6 ชุด (ติดตั้งในตำแหน่งที่ทำมุมกัน 120 องศา)

1.1.3) 8 ชุด (ติดตั้งในตำแหน่งที่ทำมุมกัน 90 องศา)

1.1.4) 12 ชุด (ติดตั้งในตำแหน่งที่ทำมุมกัน 60 องศา)

1.1.5) 16 ชุด (ติดตั้งในตำแหน่งที่ทำมุมกัน 45 องศา)

1.2) <u>ระยะการติดตั้งชุดขดลวดในแนวรัศมี</u>

การทดสอบจะปรับระยะในแนวรัศมี โดยวัดจากตำแหน่งจุดศูนย์กลางการหมุนของแผ่นจานหมุนออกมา 3 ตำแหน่ง คือ

1.2.1) 104 มิลลิเมตร

1.2.2) 144 มิลลิเมตร

1.2.3) 184 มิลลิเมตร

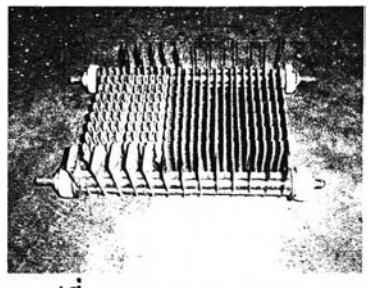
1.3) <u>ขนาดความหนาของแผ่นจานเบรก</u>

การทดสอบจะกลึงแผ่นจานเบรกให้ความหนาลดลงครั้งละ 1 มม. ซึ่งความหนาเริ่มต้นของแผ่นจานหมุนคือ 15 มม. และทำการทดสอบวัดค่าแรงบิดของมอเตอร์ จนเห็นแนวโน้ม เป็นของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นชัดเจน

2.) Operating Parameters ได้แก่

2.1) <u>ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ให้กับชุดขดลวด</u>

การทดสอบจะใช้ชุดแกนเหล็กความต้านทานที่ต่ออนุกรมกัน หรือเรียกว่า Resistance Bank ดังแสดงในรูป 6.17 ในการปรับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่ชุดขดลวด (ความต้านทานของขดลวด แสดงที่ภาคผนวก ก)



รูปที่ 6.17 Resistance Bank

2.2) <u>ความเร็วรอบของเครื่องต้นกำลัง</u> ในงานวิจัยใช้ มอเตอร์เหนี่ยวนำ แบบ 3 เฟส ขนาด 10 แรงม้า ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที

การทดสอบจะทำการปรับความเร็วของมอเตอร์โดยใช้การปรับเปลี่ยนขนาดของ พูเล่ย์ที่มอเตอร์และเครื่องไดนาโมมิเตอร์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

2.2.1) 600 รอบต่อนาที

2.2.2) 1,450 รอบต่อนาที

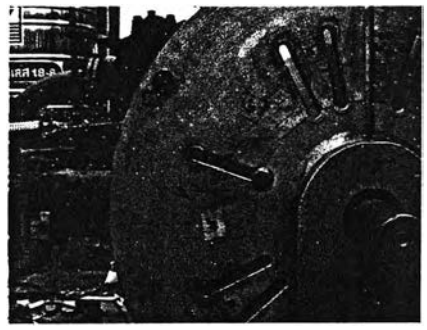
2.2.3) 3,000 รอบต่อนาที

เมื่อทราบถึงขอบเขตของงานวิจัย จะพบว่าพารามิเตอร์หลักที่เป็นตัวกำหนดการแปรเปลี่ยนพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ คือ ความเร็วของมอเตอร์ โดยที่ความเร็วค่าหนึ่งๆ จะมีการแปรเปลี่ยนพารามิเตอร์ใน หัวข้อ 2.)-หัวข้อ4.) ที่เหมือนๆกัน ดังนั้นจะขอกล่าวถึงลำดับขั้นตอนการทดสอบที่ความเร็วค่าหนึ่งๆ เท่านั้น ซึ่งที่ความเร็วค่าอื่นๆ ก็มีขั้นตอนการทดสอบที่เหมือนกัน เพียงแต่ทำการปรับความเร็วของการทดสอบ โดยการเปลี่ยนขนาดของพูเล่ย์ที่เพลาขับและเพลาตามเท่านั้น

<u>ขั้นตอนการทดสอบ</u> (พิจารณาที่ความเร็ว 600 รอบต่อนาที) มีดังนี้

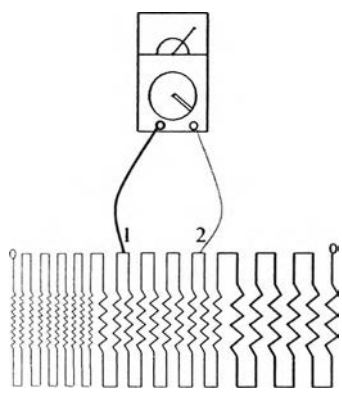
6.5.1 ทำการติดตั้งพูเล่ย์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ที่มอเตอร์ และพูเล่ย์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.5นิ้วที่เครื่องไดนาโมมิเตอร์ ใช้สายพานในการส่งกำลังขนาด A 66 จำนวน 4 เส้น

6.5.2 จากนั้นเริ่มต้นด้วยการติดตั้งชุดขดลวดทองแดงจำนวน 4 ชุดที่แผ่นเปลทั้ง 2 ด้าน คือ ใส่ด้านละ 2 ชุด ในตำแหน่งที่ทำมุมกัน 180 องศา (ข้อควรระวัง ในการติดตั้งต้องแน่ใจว่าขั้วของชุดขดลวดทองแดงที่ด้านตรงข้ามกันต้องเป็นขั้วที่ต่างกันมิฉะนั้นถ้าทำการทดสอบโดยต่อกับแหล่งจ่ายไฟแล้วจะไม่สามารถวัดระยะยืดของสปริงได้เพราะว่าฟลักซ์แม่เหล็กจะหักล้างกันทำให้สปริงไม่ยืดออก) โดยติดตั้งที่ระยะรัศมี 104 มม. วัดจากจุดศูนย์กลางการหมุน แสดงดังรูปที่ 6.18



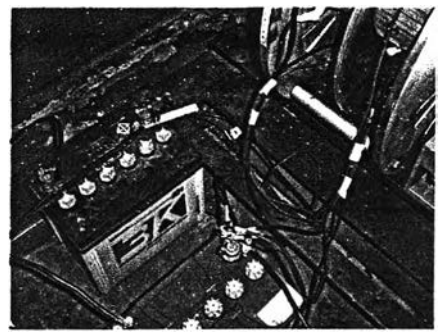
รูปที่ 6.18 การติดตั้งชุดขดลวดทองแดงที่ระยะรัศมี 104 มม.

6.5.3 วัดค่าความต้านทานตกคร่อมรวมของชุดขดลวดเมื่อทำการต่อชุดขดลวดแบบขนาน ด้วยมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ SANWA รุ่น YX360TRD ดังรูปที่ 6.27 โดยปรับช่วงในการวัดความต้านทานไปที่ตำแหน่ง ×1 ของย่านความต้านทานของเครื่องวัด บันทึกค่าความต้านทานรวมที่อ่านได้หรืออีกวิธีใช้การวัดจาก Resistance Bank ที่ตำแหน่งคู่ของขั้วที่ใช้ในการปรับแรงดันค่าใดๆ แสดงการวัดค่าในวงจรดังรูปที่ 6.19 (สมมติใช้ปรับที่คู่ของตำแหน่ง 1 และ 2)



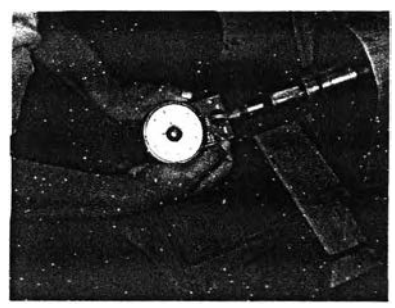
รูปที่ 6.19 การวัดความต้านทานที่ Resistance Bank

6.5.4 ทำการต่อสายไฟของชุดขดลวดทองแดงเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งจะใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 60 แอมแปร์-ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก เพื่อจะปรับแรงดันที่ใช้ทดสอบได้ถึง 24 โวลต์ และกระแสจะได้ 120 แอมแปร์-ชั่วโมง การต่อชุดขดลวดทองแดงทั้ง เหล่านี้ จะต่อแบบขนานเข้ากับแหล่งจ่ายไฟเพื่อทำให้แรงดันที่ตกคร่อมชุดขดลวดแต่ละลูกเท่ากัน แสดงลักษณะการต่อสายไฟได้ดังรูปที่ 6.20



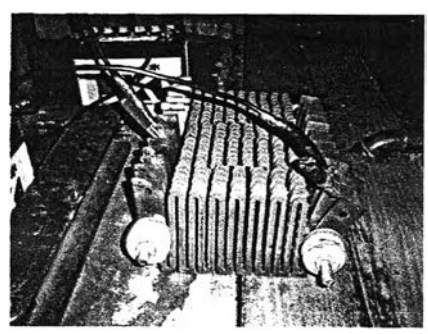
รูปที่ 6.20 การต่อสายไฟของชุดขดลวดเข้าแหล่งจ่ายไฟ

6.5.5 สตาร์ทมอเตอร์ให้ทำงาน จะทำให้แผ่นจานหมุนหมุนในความเร็วเดียวกันกับมอเตอร์ วัดความเร็วของแผ่นจานหมุนโดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบแบบกดลงที่เพลา ยี่ห้อ SMITH แสดงลักษณะการวัด ดังรูปที่ 6.21



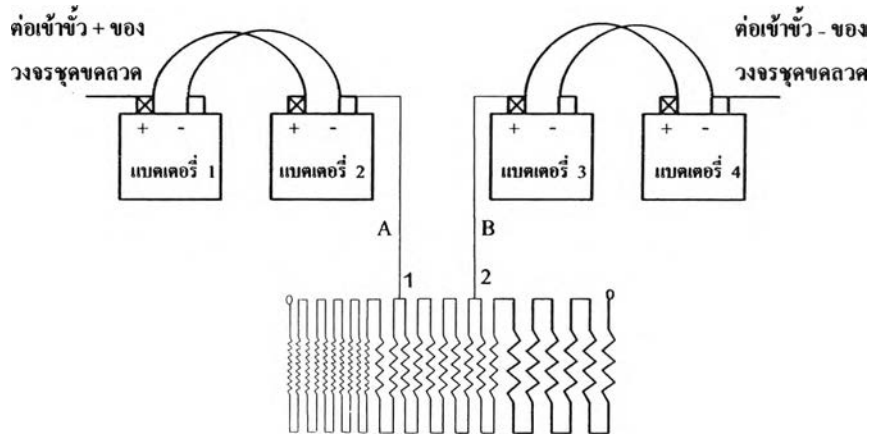
รูปที่ 6.21 การวัดความเร็วรอบแผ่นจานหมุน

6.5.6 จากนั้นเริ่มทำการปรับค่าแรงดันไฟที่จ่ายให้กับชุดขดลวดทองแดง (แรงดันสูงสุดที่สามารถปรับได้ คือ24โวลต์) โดยใช้วิธีการเปลี่ยนตำแหน่งในการจับของขั้ว+และขั้ว-ของแบตเตอรี่กับขั้วของชุดขดลวดตัวด้านทานที่ตำแหน่งต่างๆ การปรับค่าแรงดันไฟแสดงในรูปที่ 6.22



รูปที่ 6.22 การปรับแรงดันไฟที่จ่ายเข้าชุดขดลวด

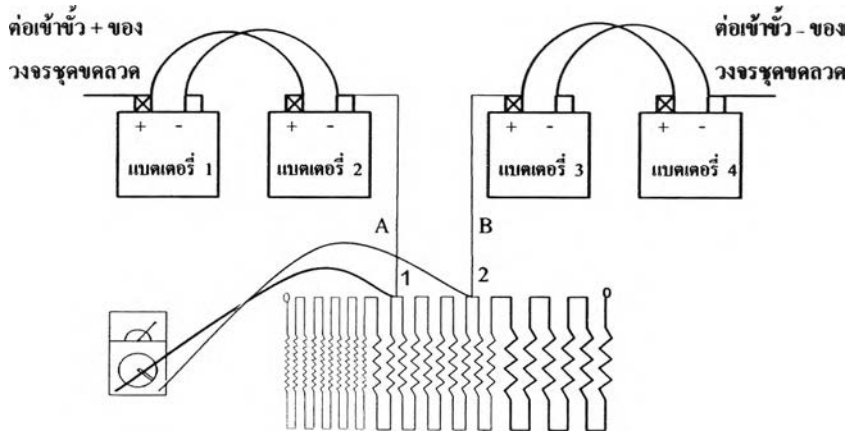
หรือ แสดงลักษณะการปรับแรงดันไฟฟ้าเป็นรูปวงจรได้ดังรูปที่ 6.23



รูปที่ 6.23 วงจรของการปรับแรงดันไฟฟ้า

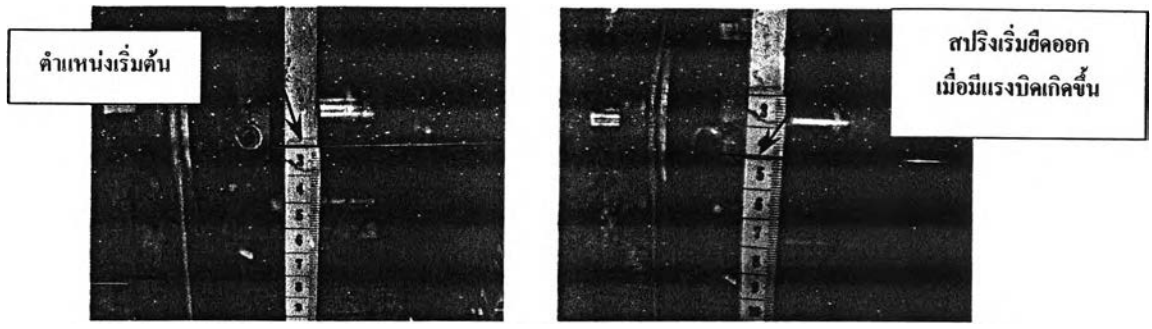
จากรูป การปรับแรงดันไฟฟ้าในการทดสอบทำได้โดยการเปลี่ยนสายไฟ A และ B ไปจับที่ขั้วคู่ต่างๆ ของ Resistance Bank

6.5.7 ทำการวัดค่าแรงดันตกคร่อมที่เกิดขึ้น ที่ขั้วของชุดขดลวดทองแดงด้วยมัลติมิเตอร์แบบ Digital ยี่ห้อ FLUKE รุ่น 177 TRUE RMS ดังรูปที่ 6.28 โดยปรับช่วงในการวัดแรงดันไฟฟ้าไปที่ตำแหน่ง 200 โวลต์ ของย่านความแรงดันไฟฟ้าแบบ DC ของเครื่องวัด บันทึกค่าแรงดันที่อ่านได้ ซึ่งต้องวัดค่าทุกครั้งที่มีการปรับแรงดัน หรือใช้การวัดจาก Resistance Bank ที่ตำแหน่งคู่ของขั้วที่ใช้ในการปรับแรงดันค่าใดๆ โดยตรงขณะที่ทดสอบ แสดงการวัดค่าในวงจรดังรูปที่ 6.24 (สมมติใช้ปรับที่คู่ของตำแหน่ง 1 และ 2)



รูปที่ 6.24 การวัดแรงดันไฟฟ้าที่ Resistance Bank

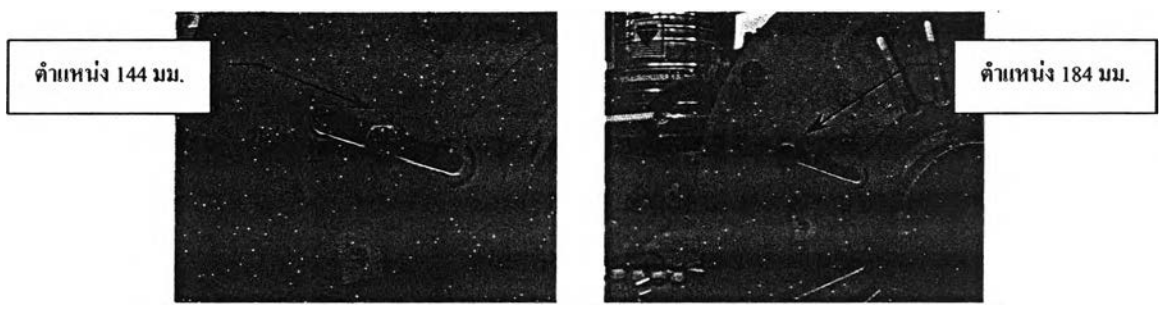
6.5.8 อ่านค่าระยะยืดของสปริงที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องมือวัดที่ได้ทำขึ้น ดังรูปที่ 6.25 บันทึกผลที่ได้ (เมื่อทำการ calibrate เครื่องวัดนี้โดยหมุนแผ่นเปลให้เปลี่ยนตำแหน่งครั้งละ 5 มม. วัดระยะยืดของสปริงด้วยเวอร์เนียร์ หาความสัมพันธ์ออกมาในรูปแบบสมการก็จะสามารถทราบระยะยืดที่แท้จริงของสปริงได้ ผลของการ calibrate แสดงอยู่ในภาคผนวก ข.2)



รูปที่ 6.25 การอ่านค่าระยะยืดของสปริง

6.5.9 เมื่อบันทึกค่าระยะยืดของสปริงและค่าแรงดันตกคร่อมชุดขดลวดทุกครั้ง เมื่อมีการเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าจากค่าน้อยไปมากจนถึงจุดที่มอเตอร์ overload แล้วก็เสร็จในขั้นตอนนี้

6.5.10 จากนั้นจะทำการปรับตำแหน่งของระยะรัศมีเป็น 144 มม. และ184 มม.ตามลำดับ ดังแสดงได้ดังรูปที่ 6.26 แล้วทำซ้ำในขั้นตอนที่ 6.5.5 –6.5.9



รูปที่ 6.26 การปรับระยะในแนวรัศมีของชุดขดลวด

6.5.11 แสดงความสัมพันธ์เปรียบเทียบค่าแรงบิดที่วัดได้กับค่ากระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปที่ตำแหน่งต่างๆ ของชุดขดลวดทองแดงที่มีการปรับระยะในแนวรัศมีทั้ง 3 ตำแหน่ง

6.5.12 ขั้นตอนต่อมาก็จะเพิ่มจำนวนชุดขดลวดทองแดงเข้าไปเป็น 6 ชุด, 8ชุด, 12ชุด และ 16ชุด ตามลำดับ โดยแต่ละชุดจะทำการทดสอบเหมือนขั้นตอนที่ 6.5.3-6.5.11

6.5.13 เมื่อทำเสร็จทุกชุดขดลวดแล้ว นำผลที่ได้แสดงความสัมพันธ์เปรียบเทียบค่าแรงบิดที่วัดได้กับค่ากระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปที่ตำแหน่งต่างๆ ของชุดขดลวดทองแดงทุกชุดที่ระยะรัศมีเดียวกัน ทั้ง 3 ตำแหน่ง ก็จะจบขั้นตอนการทดสอบที่ความเร็ว 600 รอบต่อนาที

ขั้นตอนต่อมาคือ ปรับความเร็วเป็น 1,450 รอบต่อนาที โดยเปลี่ยนพูเล่ย์ที่มอเตอร์และเครื่องไดนาโมมิเตอร์เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 นิ้ว และใช้สายพานขนาด A56 จำนวน 4 เส้นทำการทดสอบและแสดงผลการทดสอบเหมือนขั้นตอนที่ 6.5.2 – 6.5.13

ขั้นตอนสุดท้ายคือ ปรับความเร็วเป็น 3,000 รอบต่อนาที โดยเปลี่ยนพูเล่ย์ที่มอเตอร์เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 นิ้ว และพูเล่ย์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้วที่เครื่องไดนาโมมิเตอร์ ใช้สายพานในการส่งกำลังขนาด A64 จำนวน 4 เส้น ทำการทดสอบและแสดงผลการทดสอบเหมือนขั้นตอนที่ 6.5.2 – 6.5.13 แต่ที่ความเร็วนี้จะมีการทดสอบเพิ่มเติมในส่วนของความหนาของแผ่นจานหมุนด้วย โดยจะทำการกลึงแผ่นจานหมุนให้บางลงครั้งละ 1 มม. และทำการทดสอบที่ชุดขดลวดทองแดง 16 ชุด ติดตั้งที่ระยะในแนวรัศมี 184 มม. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 6.5.4 – 6.5.9 และแสดงความสัมพันธ์เปรียบเทียบค่าแรงบิดที่วัดได้กับค่ากระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปที่ตำแหน่งต่างๆ ของความหนาค่าต่างๆ ของแผ่นจานหมุนนี้

6.6 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือวัดต่างๆ ที่ใช้ในระหว่างขั้นตอนการทดสอบ มีดังต่อไปนี้

6.6.1 <u>เครื่องมือวัดความต้านทาน</u>

ยี่ห้อ : มัลติมิเตอร์ SANWA รุ่น YX360TRD

พิกัดความต้านทานของเครื่อง : อยู่ในช่วง ×1-×100k โอห์ม

ย่านที่ใช้ : ตำแหน่ง ×1 ของย่านวัดความต้านทาน

รูปที่ 6.27 เครื่องมือวัดความต้านทาน

6.6.2 <u>เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้า</u>

ยี่ห้อ : มัลติมิเตอร์แบบ Digital FLUKE รุ่น 177 TRUE RMS

พิกัดแรงดันไฟฟ้าของเครื่อง : อยู่ในช่วง mV – 100 V แบบ DC

ย่านที่ใช้ : ตำแหน่ง 100 โวลต์ ของย่านวัดแรงดันไฟฟ้าแบบ DC

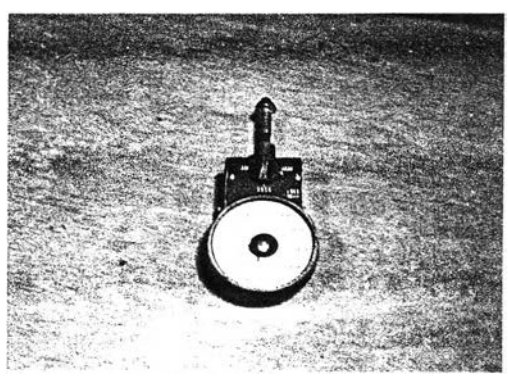
รูปที่ 6.28 เครื่องมือวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

6.6.3 <u>เครื่องมือวัดความเร็วรอบ</u>

ยี่ห้อ : SMITHS รุ่น ATH. 4

พิกัดความเร็วของเครื่อง : อยู่ในช่วง 0-50,000 rpm.

ย่านที่ใช้ : ตำแหน่ง 5,000 rpm.



รูปที่ 6.29 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ

การทดสอบในงานวิจัยของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีลำดับขั้นตอนดำเนินงานทั้งหมดดังที่ได้กล่าวมาตามหัวข้อต่างๆข้างต้น ซึ่งได้มีการนำเสนอผลการทดสอบที่ได้ในบทที่ 7 ต่อไป