บทที่ 5

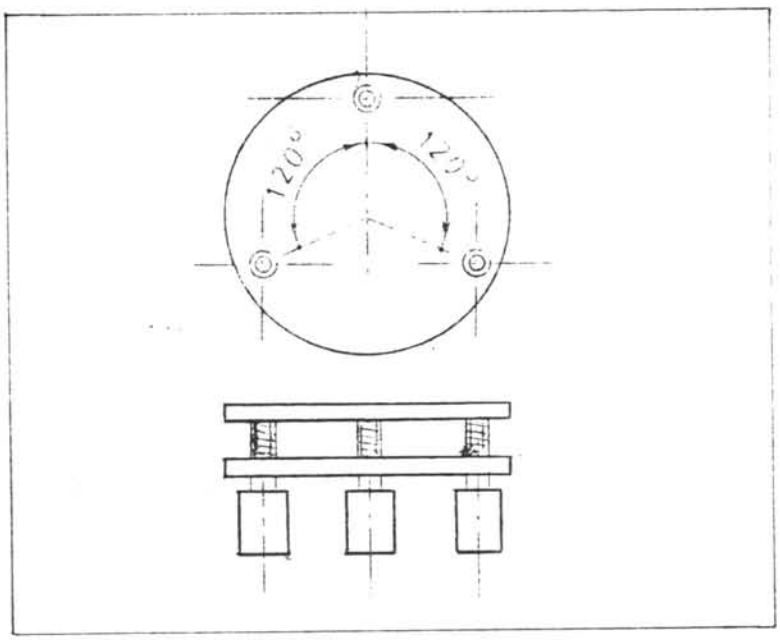
การออกแบบและสร้างระบบเชิงกลของเครื่องเอกรงค์

ระบบเชิงกลของเครื่องเอกรงค์ที่สร้างขึ้น มีส่วนประกอบใหญ่ ๆ สามส่วนคือ (1) แท่นวางตัวกระจายแสง, (2) ลำกล้องมีที่ยึดเลนส์กับย่องแคบ และ (3) ฐาน ขนาดและรายละเอียดของส่วนประกอบทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ข. สำหรับในบทนี้จะแสดงเฉพาะโครงสร้างของส่วนประกอบที่สำคัญเท่านั้น และถ้ามีการกล่าวถึงระบบเชิงกลจะหมายถึงระบบเชิงกลของเครื่องเอกรงค์นี้แต่เพียงอย่างเดียว

1. แท่นวางตัวกระจายแสง

หน้าที่หลักของแท่นวางตัวกระจายแสงคือ รองรับตัวกระจายแสงซึ่งอาจเป็นปริซึมหรือเกรติง แล้วแต่กรณี ถ้าตัวกระจายแสงเป็นปริซึม จะต้องจัดปริซึมให้อยู่ในลักษณะที่จะให้มีการเบี่ยงเบนเป็นมุมน้อยที่สุด ดังได้กล่าวแล้วในบทที่ 1 และขอบหักเห (refracting edge) ของปริซึมต้องขนานกับแกนหมุนของระบบเชิงกล ถ้าตัวกระจายแสงเป็นเกรติงจะต้องจัดให้ผิวระนาบและหรือแนวร่องของเกรติงขนานกับแกนหมุนของระบบเชิงกล (เฉพาะในการทดลองนี้) ดังนั้นแท่นวางตัวกระจายแสงจะออกแบบและสร้างให้สามารถปรับตัวกระจายแสงให้อยู่ในลักษณะที่ต้องการเหล่านั้น

แท่นวางตัวกระจายแสงที่ออกแบบและสร้างแสดงดังรูปที่ 5.1 มีลักษณะเป็นแผ่นวงกลม



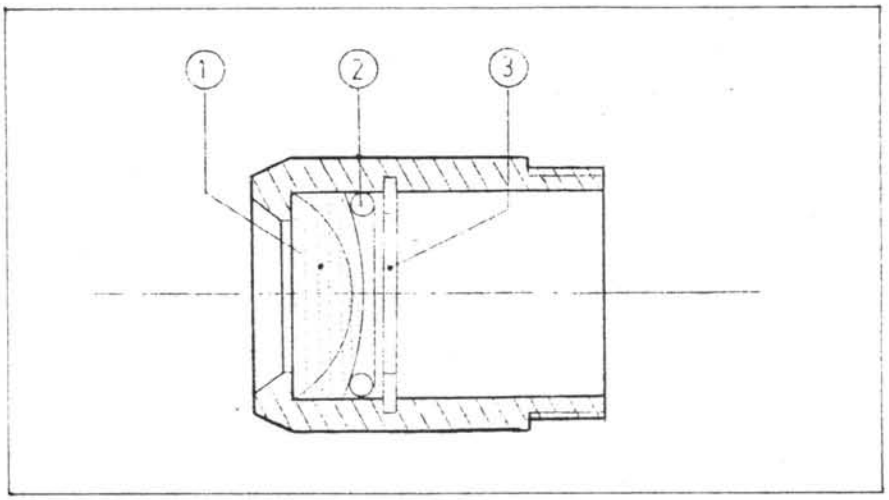
รูปที่ 5.1 แท่นวางตัวกระจายแสง

ล่องแผ่นช้อนและยึดเข้าด้วยกันโดยสกรูสามตัวที่ทำมุม 120 องศาต่อกัน สปริงที่สกรูให้อยู่ในระหว่างแผ่นวงกลมทั้งสอง เพื่อดันแผ่นวงกลมทั้งสองให้แยกจากกัน เจาะรูเกลียวสำหรับยึดแกนเพื่อสอดติดเหนือแผ่นสเกลข้างล่าง สามารถปรับแผ่นบนให้เอียงไปทางใดทางหนึ่งด้วยสกรูทั้งสามดังกล่าว ดังนั้นจึงใช้สกรูสามตัวนี้ปรับตัวกระจายแสงให้อยู่ในลักษณะที่ต้องการ แท่นวางตัวกระจายแสงที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้ ใช้ได้ทั้งปริซึมและเกรติง สำหรับในการทดลองนี้จะใช้กับเกรติงเท่านั้น และใช้วัสดุทองเหลืองสร้างเป็นแท่นวางตัวกระจายแสง

2. ลำกล้องมีที่ยึดเลนส์กับข่องแคบ

ลำกล้องมีที่ยึดเลนส์กับข่องแคบประกอบด้วยส่วนสำคัญสามส่วนคือลำกล้อง, ตัวจับเลนส์ (lens holder) และตัวจับข่องแคบ ทั้งสามส่วนนี้สร้างขึ้นด้วยวัสดุทองเหลือง ลำกล้องประกอบด้วยท่อทรงกระบอกสองชั้นสวมพอดีต่อกัน ที่ปลายด้านหนึ่งของท่อทรงกระบอกชั้นนอกและท่อทรงกระบอกชั้นในกลึงเกลียวสำหรับยึดกับตัวจับเลนส์ และยึดกับตัวจับข่องแคบตามลำดับ ท่อทรงกระบอกชั้นนอกและชั้นในสามารถเลื่อนเข้าออกต่อกันได้ เพื่อใช้ปรับระยะโฟกัสของแสงสีต่าง ๆ ด้านในของท่อทรงกระบอกทั้งหมดจะเคลือบด้วยสีดำด้านเพื่อลดปริมาณแสงสะท้อนภายใน ออกแบบและสร้างลำกล้องมีที่ยึดเลนส์กับข่องแคบเหมือนกันสองชุด โดยชุดหนึ่งเป็นกล้องคอลลิเมเตอร์ และอีกชุดหนึ่งเป็นกล้องโทรทัศน์และจะกล่าวถึงโครงสร้างที่สำคัญในลำดับต่อไป

2.1 ตัวจับเลนส์ ทำด้วยท่อทองเหลือง ปลายด้านหนึ่งกลึงเกลียวสำหรับยึดกับท่อทรงกระบอกในหัวข้อที่ 2 ที่ปลายอีกด้านหนึ่งกลึงเป็นข่องกลมสำหรับลำแสงผ่าน ยึดเลนส์ไว้ภายในกลึงบ่าภายในท่อ ป้องกันเลนส์หลุดออกมาด้วยลวดวงแหวนและใส่แหวนตรึง (snap - ring) ภายในท่อเพื่อป้องกันท่อทรงกระบอกชั้นใน (ในหัวข้อที่ 2) ทำความเสียหายต่อเลนส์แล้วดงตัวจับเลนส์ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ภาพตัดขวางของตัวจับเลนส์

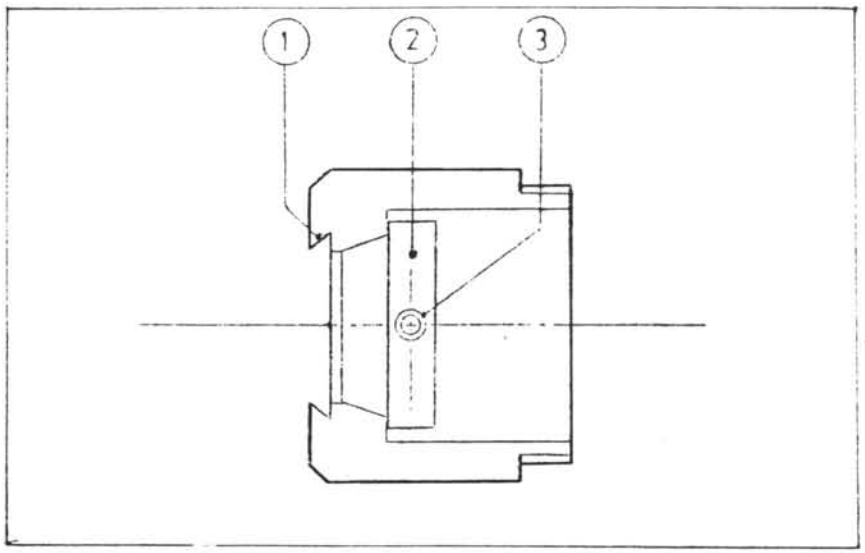
(1) เลนส์

(2) ลวดวงแหวน

(3) แหวนตรึง

2.2 ตัวจับช่องแคบ ตัวจับช่องแคบ ทำด้วยท่อทองเหลืองปลายด้านหนึ่งกลึงเกลียวสำหรับยึดกับท่อทรงกระบอกในหัวข้อที่ 2 ที่ปลายอีกด้านหนึ่งกัดเป็นร่องปากเหยี่ยวสำหรับเป็นที่บังคับแผ่นช่องแคบให้เลื่อนไปมาตามร่อง แผ่นของช่องแคบแผ่นหนึ่งตรึงติดอยู่กับที่ แผ่นช่องแคบอีกแผ่นหนึ่งยึดติดกับตัวบังคับช่องแคบ ซึ่งสามารถเลื่อนไปมาได้ด้วยสกรูที่ด้านข้างของท่อทรงกระบอกนี้ แสดงตัวจับช่องแคบ ดังรูปที่ 5.3

2.3 ช่องแคบ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่ง ภาพของช่องแคบจะชัดเจนเมื่อขอบของช่องแคบเป็นเส้นตรงที่ขนานกัน และคมบาง ช่องแคบที่มีขอบไม่คมบางจะทำให้ภาพที่ได้หยาบและเลือนลาง ซึ่งเป็นผลจากการสะท้อนของแสงจากขอบของช่องแคบนั้น โดยทั่ว ๆ ไปช่องแคบจะสามารถปรับความกว้างยาวได้ และทำจากโลหะเพราะมีความทนทานและทำให้คมบางได้ดี โลหะผสมที่ดีที่สุด สำหรับใช้ทำช่องแคบ คือ แพลตินอยด์ (platinoid) ประกอบด้วยทองแดง 60 % , สังกะสี 24 % , นิเกิล 14 % และทังสะเตน 2 % มีความเหนียวมากและไม่เป็นสนิมหรือ



รูปที่ 5.3 ภาพตัดขวางของตัวจับย่องแคบ

(1) ร่องปากเหยี่ยว

(2) ตัวบังคับย่องแคบ

(3) รูล่กรูบนตัวบังคับย่องแคบ

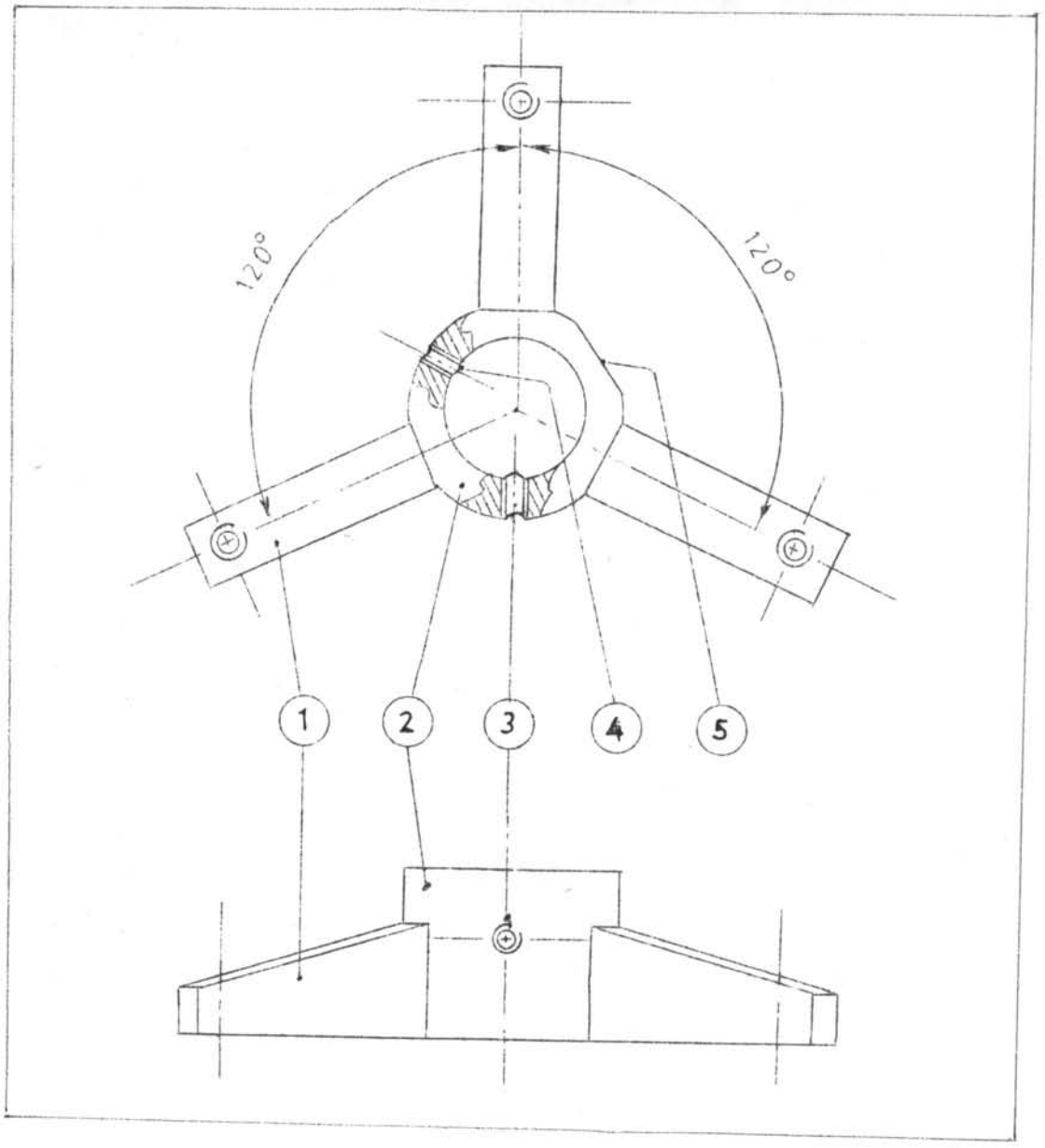
ผุกร่อน[11] ต่อมาได้มีการพัฒนาไปใช้แผ่นควอตซ์แทนโลหะ ซึ่งบริเวณขอบของย่องแคบแบบนี้จะทำหน้าที่เป็นปริซึมทำให้แล่งที่ตกกระทบหักเหออกไป และให้แล่งที่ผ่านตรงกลางลอดไปได้ ย่องแคบที่ออกแบบและล่ร้างขึ้นทำจากวัสดุทองเหลือง เพราะทำให้คมบางและทนทานพอใช้งานได้ แผ่นย่องแคบล่องแผ่นเฉือนให้เอียงทำมุม 45° แล่ดงรูปแบบและรายละเอียดในภาคผนวก ข. ล่ามารถปรับความกว้างได้มากที่ลุ่ด 0.15 เซ่นติเมตร แต่ขนาดของความยาวจะต้องปิดด้วยกระดาษดำและย่องแคบที่ล่ร้างขึ้นจะยาวที่ลุ่ด 1.8 เซ่นติเมตร

3. ฐาน

ฐานเป็นส่วนประกอบสำคัญส่วนหนึ่ง ซึ่งจะต้องรองรับส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมด ได้ออกแบบและสร้างเป็นฐาน 3 ขา ยึดติดกับด้านข้างของท่อทรงกระบอก ขาทั้งสามทำมุมที่จุดศูนย์กลาง 120 องศา กันและกัน ท่อทรงกระบอกของฐานมีไว้สำหรับสอดแกนของแผ่นสเกลวงกลมซึ่งแบ่งยิดไว้ 360 ช่อง อ่านค่าได้ช่องละ 1 องศา สามารถอ่านสเกลได้ละเอียดที่สุดเป็นทศนิยมหลักที่หนึ่งขององศา โดยสเกลของเวอร์เนียร์ที่มีค่าละเอียดสุด (least count) 1/10 องศา สเกลวงกลมหมุนได้รอบในแนวนอนโดยมีทองเหลืองเส้นเป็นแกนหมุน และสวมพอดีกับท่อของฐาน

ระหว่างฐานกับแผ่นสเกลวงกลมเป็นท่อทรงกระบอก 2 ชั้น สอดเข้ากับแกนของแผ่นสเกลได้อย่างพอดี และทรงกระบอกทั้งสองชั้นหมุนได้รอบแกนของแผ่นสเกล แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 5.5 ทรงกระบอกชั้นล่าง (7) ยึดติดกับแขนของกล้องโทรทัศน์ (8) ทรงกระบอกชั้นบน (6) มีไว้สำหรับบังคับการเคลื่อนที่รอบแกนอย่างละเอียดของทรงกระบอกชั้นล่าง วิธีบังคับพิจารณารูปที่ 5.5 ยึดทรงกระบอกชั้นบนด้วยสกรู (11) เข้ากับแกน (ในขณะนั้นได้ยึดแกนเรียบร้อยแล้วด้วยสกรู (4) รูปที่ 5.4) คลายสกรู (12) แล้วหมุนน็อต (9) ซึ่งทำสกรูเข้ากับแขนของทรงกระบอกชั้นบน (10) จะทำให้แขนของกล้องโทรทัศน์ เคลื่อนไปรอบแกนอย่างละเอียด เมื่อปรับกล้องโทรทัศน์ ในตำแหน่งที่ต้องการแล้ว สามารถยึดให้อยู่กับที่ได้ด้วยสกรู (12) ในกรณีที่ต้องการปรับตำแหน่งของกล้องโทรทัศน์ อย่างหยาบ ทำโดยคลายสกรู (11) และ (12) ให้ทรงกระบอกชั้นบนและชั้นล่างหมุนได้อย่างอิสระรอบแกนใช้มือเคลื่อนย้ายแขนของกล้องโทรทัศน์ไปในตำแหน่งที่ต้องการได้

สำหรับแขนของกล้องคอลลิเมเตอร์ ตรึงติดอยู่กับทรงกระบอกของฐานตรงหมายเลข (5) ในรูปที่ 5.4 ไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปรอบแกนได้ ยึดกล้องคอลลิเมเตอร์ และยึดกล้องโทรทัศน์ให้ติดกับปลายของแขนของกล้องทั้งสองตามลำดับด้วย ตัวยึดกล้อง แสดงดังรูปที่ 5.6 ตัวยึดกล้องประกอบด้วยแผ่นทองเหลืองสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเท่ากัน 2 แผ่นซ้อนกัน แผ่นล่างยึดติดกับปลายแขนของกล้อง ระหว่างแผ่นทั้งสองสอดทองเหลืองเส้น (2) ลงในร่องที่กัดไว้เพื่อให้ค้ำแผ่นทั้งสองห่างกัน



รูปที่ 5.4 ฐานของเครื่องเอกรงค์

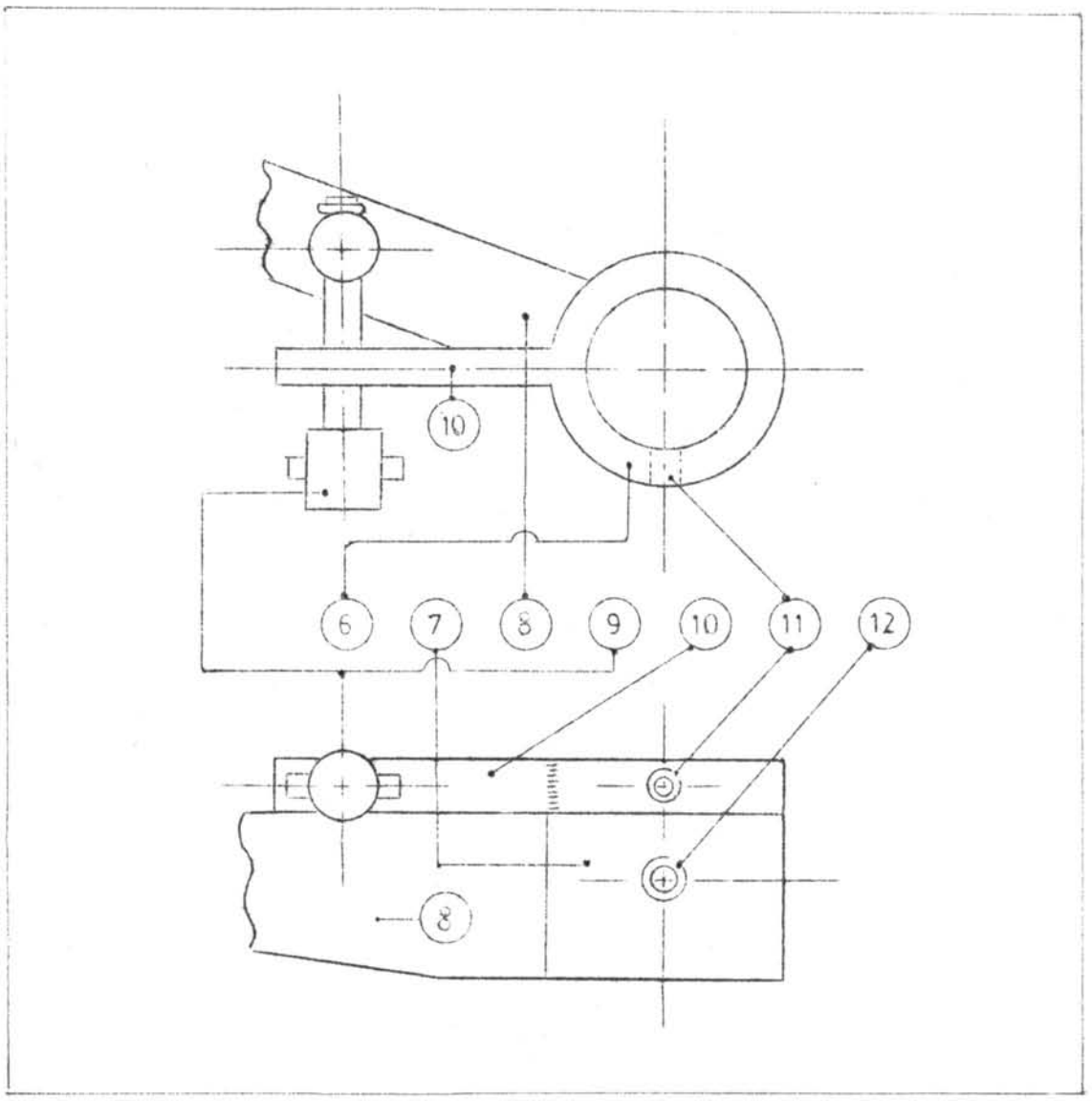
(1) ขาของฐาน

(2) ท่อทรงกระบอก

(3) รูเกลียวสำหรับสกรูบังคับการเคลื่อนที่ของแกนในแนวตั้ง

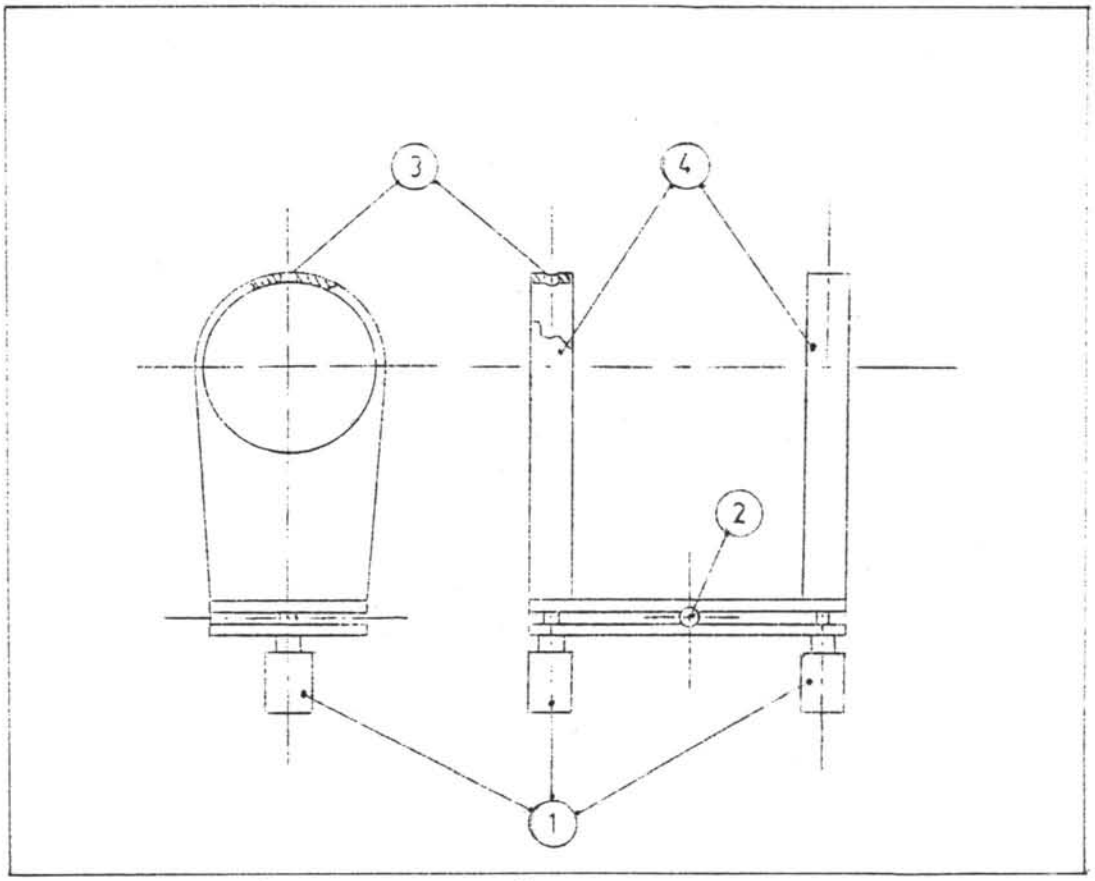
(4) รูเกลียวสำหรับสกรูบังคับการเคลื่อนที่ของแกนในแนวนอน

(5) ที่สำหรับยึดติดกับแขนของคอลลิเมเตอร์



รูปที่ 5.5 การปรับศูนย์กล้องโทรทัศน์

เล็กน้อย เมื่อหมุนสกรู (1) จะทำให้แผ่นบนเคลื่อนที่วางตัวทำมุมกับแผ่นล่างในลักษณะต่าง ๆ กัน ที่ปลายทั้งสองข้างของแผ่นบนยึดติดกับขายึดกล้อง (4) ซึ่งลำกล้องจะสอดเข้าตรงช่อง (5) ยึดกล้องให้ตรึงอยู่ได้ด้วยสกรู (3) ถ้าแผ่นบนทำมุมค่าหนึ่งแนวแกนมุขยสำคัญของกล้องจะอยู่



รูปที่ 5.6 ตัวยึดกล้อง

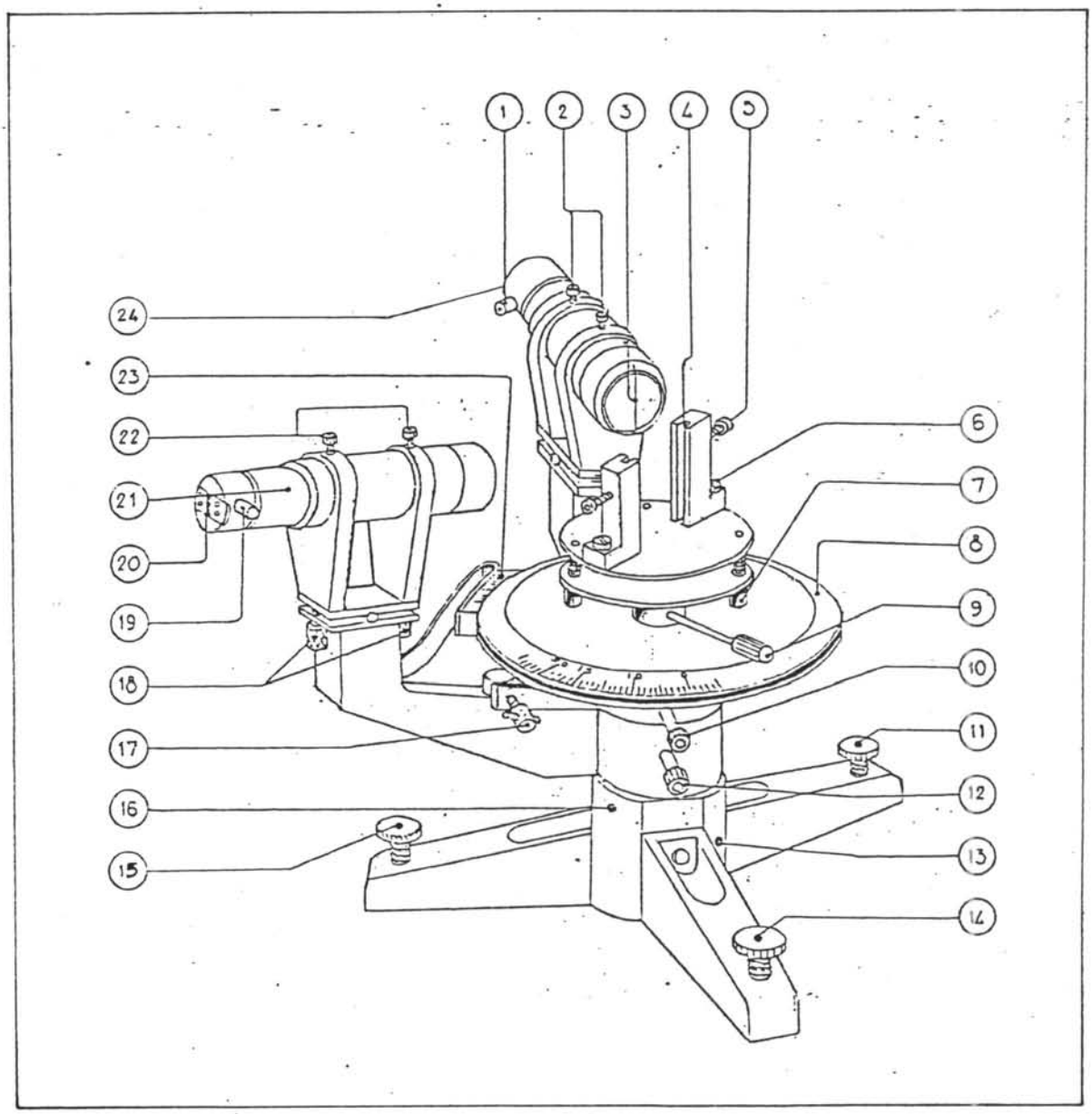
ในแนวหนึ่ง ดังนั้น สกรู (1) มีไว้สำหรับปรับแนวแกนมุขยสำคัญของกล้อง

4. การปรับเครื่องเอกรงค์

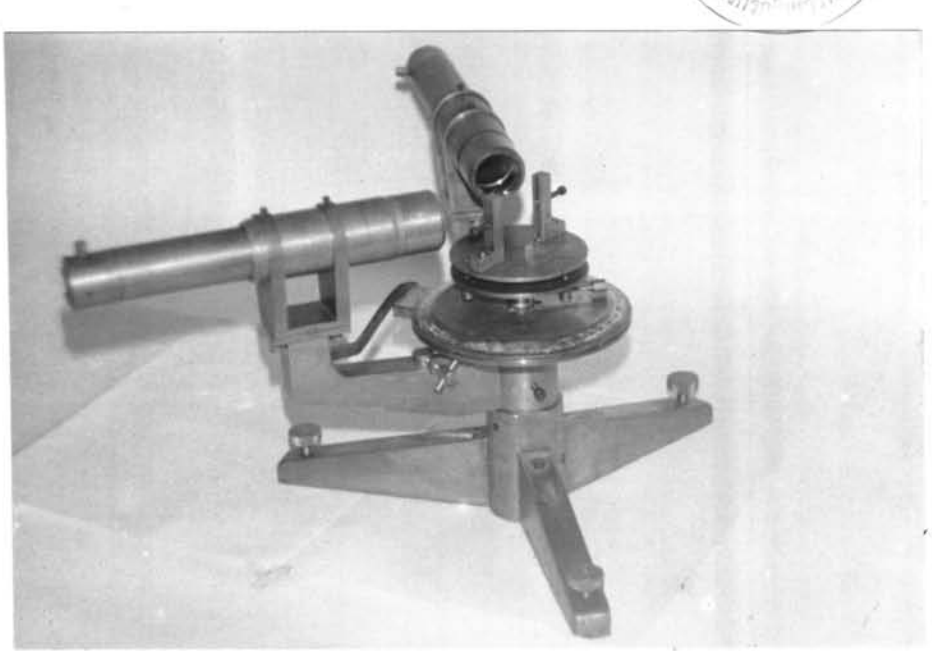
การปรับเครื่องเอกรงค์กระทำตามลำดับโดยพิจารณารูปที่ 5.7 ดังนี้

4.1 การปรับแนวแกนมุขยสำคัญของกล้องกอลิเมเตอร์ให้ร่วมกันกับของกล้องโทรทัศน์

1. เปิดช่องแคบเปิดแสงเข้า (24) และช่องแคบเปิดแสงออก (20) พอประมาณ โดยหมุนสกรู (1) และสกรู (19) ตามลำดับ ไม่มีกระจก หรือเกรติงล่อลในร่องสำหรับ



รูปที่ 5.7 ภาพเขียนเครื่องเอกรงค์



รูปที่ 5.8 ภาพถ่ายเครื่องเอกรงค์

เกรติง (4)

2.ปรับให้กล้องคอลลิเมเตอร์ อยู่ในแนวระดับ (อย่างประมาณ) ด้วยล่กรูล่องตัวที่ใต้แผ่นตัวยึดกล้อง (รูปที่ 5.6)

.3.มองผ่านช่องแคบเปิดแล่งออก (20) พร้อมกับเลื่อนแขนกล้องโทรทัศน์ไปมารอบ ๆ แกนหมุน จะเห็นเส้นผมตรง (hair line) (3) ล่องเส้นจากกล้องคอลลิเมเตอร์ และกล้องโทรทัศน์ อันละ 1 เส้น ปรับให้เส้นผมตรงทั้งล่องอยู่ในแนวนอน และแนวดิ่งได้โดยหมุนตัวจับเลนส์ของกล้องทั้งล่องตามลำดับ ถ้าเส้นผมตรงทั้งล่องทับกันสนิททั้งในแนวนอนและแนวดิ่ง กล้องทั้งล่องจะมีแนวแกนมุขยสำคัญร่วมกัน

4. ในกรณีที่เส้นผมตรงทั้งล่องในข้อย่อย 3. ไม่ทับกันสนิทในแนวนอน ปรับได้โดยหมุนล่กรู (18) และปรับให้เส้นผมตรงทั้งล่องทับกันสนิทในแนวดิ่งได้โดยเลื่อนแขนของกล้องคอลลิเมเตอร์ และแขนของกล้องโทรทัศน์ไปมา โดยที่เส้นผมตรงทั้งล่องดังกล่าวต้องอยู่บนแนวศูนย์กลางของความล่างที่มองเห็นในขณะนั้น

.4.2 การปรับให้ระนาบของเกรติงตั้งได้จากกับแกนมุขยสำคัญของกล้อง

1.ล่อดกระจกเงาระนาบลงในร่องสำหรับเกรติง (4) มองผ่านช่องแคบเปิดแล่งออก เห็นภาพของเส้นผมตรงในกระจกเงาระนาบและเห็นเส้นผมตรงจากกล้องโทรทัศน์ ถ้าเส้นผมตรงทั้งล่องนี้ทับกันสนิททั้งในแนวนอนและแนวดิ่ง กระจกเงาระนาบจะตั้งได้จากกับแกนมุขยสำคัญของกล้องทั้งในแนวนอนและแนวดิ่งตามลำดับ

2.ในกรณีที่เส้นผมตรงทั้งล่องในข้อย่อย 1. ไม่ทับกันสนิทในแนวนอน ปรับโดยหมุนล่กรู (7) ซึ่งมีทั้งหมด 3 ตัว และปรับให้เส้นผมตรงทั้งล่องนั้นทับกันสนิทในแนวดิ่งโดยหมุนแท่นวางตัวกระจายแล่งไปมารอบแกนหมุน ปรับระดับของแท่นวางตัวกระจายแล่งในแนวดิ่ง และหมุนไปรอบ ๆ ได้ด้วยการคลายล่กรู (9)

3.ยึดแท่นวางตัวกระจายแล่งด้วยล่กรู (9) แล้วดึงกระจกเงาระนาบออก ถ้าล่อดเกรติงลงไปแทน ระนาบของเกรติงจะตั้งได้จากกับแนวแกนมุขยสำคัญของกล้องทั้งในแนวนอนและแนวดิ่ง

4.3 การปรับระยะโฟกัสของกล้องคอลลิเมเตอร์และของกล้องโทรทัศน์ การปฏิบัติเป็นเช่นเดียวกัน ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีปรับระยะโฟกัสของกล้องโทรทัศน์ ดังนี้

1. ส่องกระจกเงาระนาบลงในร่องสำหรับเกรดิง (4) ให้ผิวละท้อนแสงอยู่ทางหน้ากล้อง

2. เลื่อนทรงกระบอกชั้นใน (21) ให้เข้าไปในระยะสั้นที่สุด เปิดช่องแคบเปิดแสงเข้า (20) ให้กว้างที่สุดโดยหมุนสกรู (19) จัดวัตถุสว่างซึ่งอยู่บนฉากรับภาพให้อยู่หลังช่องแคบ (20) แล้วเลื่อนวัตถุสว่างพร้อมฉากรับภาพไปในตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวแกนมุขยสำคัญของกล้อง จนได้ภาพชัดที่สุดบนฉากที่ตำแหน่งเดียวกันกับวัตถุสว่าง

3. เลื่อนทรงกระบอกชั้นใน (21) ออกจนช่องแคบ (20) ชิดกับฉากรับภาพในข้อย่อย 2. จะได้ระยะโฟกัสของเลนส์โทรทัศน์

4. ทั้งนี้ กระจกเงาระนาบต้องตั้งได้ฉากกับแกนมุขยสำคัญของกล้องโทรทัศน์ และในกรณีที่ไม่ปรากฏภาพบนฉาก หรือ เห็นภาพที่ปรากฏไม่ชัดเจน ต้องถอดตัวจับช่องแคบออกและหาตำแหน่งของภาพได้ เช่นเดียวกับข้อย่อย 1 ถึง 3

5. การใช้เครื่องเอกรงค์

เมื่อปรับเครื่องเอกรงค์ได้ตามหัวข้อที่ 4 แล้ว การใช้เครื่องเอกรงค์กระทำได้ดังนี้

1. เปิดช่องแคบเปิดแสงเข้า และช่องแคบเปิดแสงออก โดยหมุนสกรู (1) และสกรู (19) ตามลำดับ ให้ได้ความกว้างตามต้องการ (ช่องแคบเปิดได้กว้างที่สุด 0.15 เซนติเมตร)

ทั้งนี้อัตราส่วนของความกว้างและความยาวของช่องแคบเปิดแสงเข้าต่อความกว้างและความยาวของช่องแคบเปิดแสงออกต้องเท่ากับอัตราส่วนของทางยาวโฟกัสของเลนส์คอลลิเมเตอร์ต่อทางยาวโฟกัสของเลนส์โทรทัศน์ซึ่งเท่ากับ 0.942 ตามลำดับ

2. วางแหล่งกำเนิดแสงไว้หลังช่องแคบเปิดแสงเข้า

3. มองผ่านช่องแคบเปิดแสงออก เลื่อนแขนของกล้องโทรทัศน์ไปรอบ ๆ แกนหมุน จะเห็นเส้นสเปกตรัมสีต่าง ๆ ที่ตำแหน่งต่างกัน

4. ปรับอย่างละเอียดให้เส้นผมตรงของกล้องโทรทัศน์ ตรงกับตำแหน่งศูนย์กลางความ
ส่วางของเส้นสเปกตรัม โดยยึดสกรู (10) และคลายสกรู (12) จากนั้นหมุนสกรู (17)

5. อ่านตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมบนแผ่นสเกล (8) ด้วยเวอร์เนียร์สเกล (23)