บทที่ 4

วัสดุและการประกอบสร้างหม้อแปลงทดสอบ

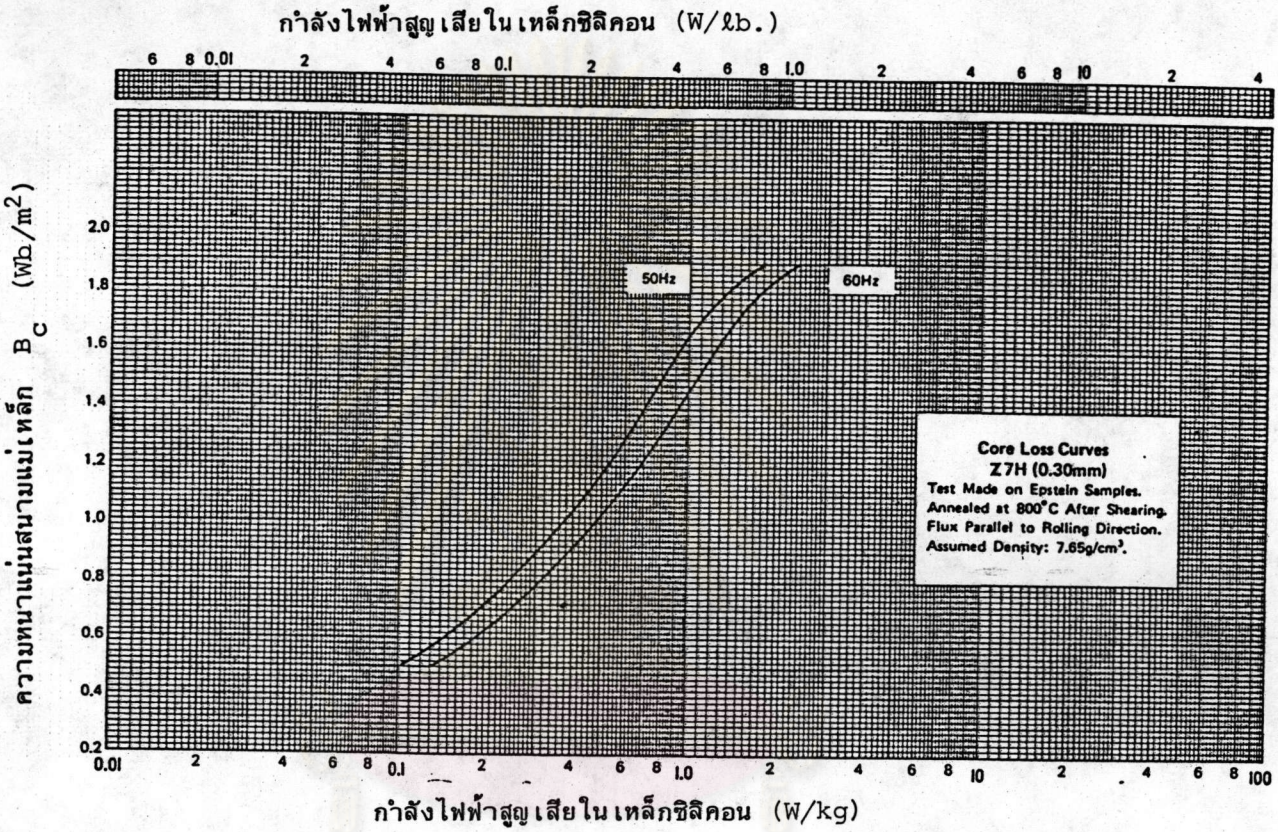
โครงสร้างของหม้อแลงทดสอบประกอบด้วย แกนแม่เหล็ก ขดลวดและการฉนวน ตัวถัง และปลอกฉนวนน้ำสายแบบคอนเดนเซอร์ ซึ่งได้ออกแบบไว้แล้วในบทที่ 3 ในบทนี้จะได้กล่าวถึงรายละเอียดของวัสดุที่นำมาใช้และการประกอบสร้าง

4.1 แกนแม่เหล็ก

เหล็กที่ใช้ทำแกนแม่เหล็กเป็นเหล็กซิลิคอนของ บริษัท Nippon Steel จากประเทศญี่ปุ่น ชนิด Z 7H ซึ่งเป็นแผ่นเหล็กกล้าชนิดเกรนสำหรับงานไฟฟ้า มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ คือ ความต้านทานจำเพาะสูง, ค่าการสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากกระแสไหลวน และฮิสเตอรีซิสในแกนแม่เหล็กต่ำ, มีค่าเปอร์มีบิลิตี้สูง, ฉนวนที่ฉาบผิวแผ่นเหล็กทนความร้อนและการกัดกร่อนได้สูงและมีค่าแฟกเตอร์เนื้อแผ่นเหล็กสูง (0.97) ค่าระบุของเหล็กซิลิคอนชนิด Z 7H แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ซึ่งมีค่าความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กสัมพันธ์กับค่าการสูญเสียกำลังไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าระบุของเหล็กซิลิคอน ชนิด Z 7H [28]

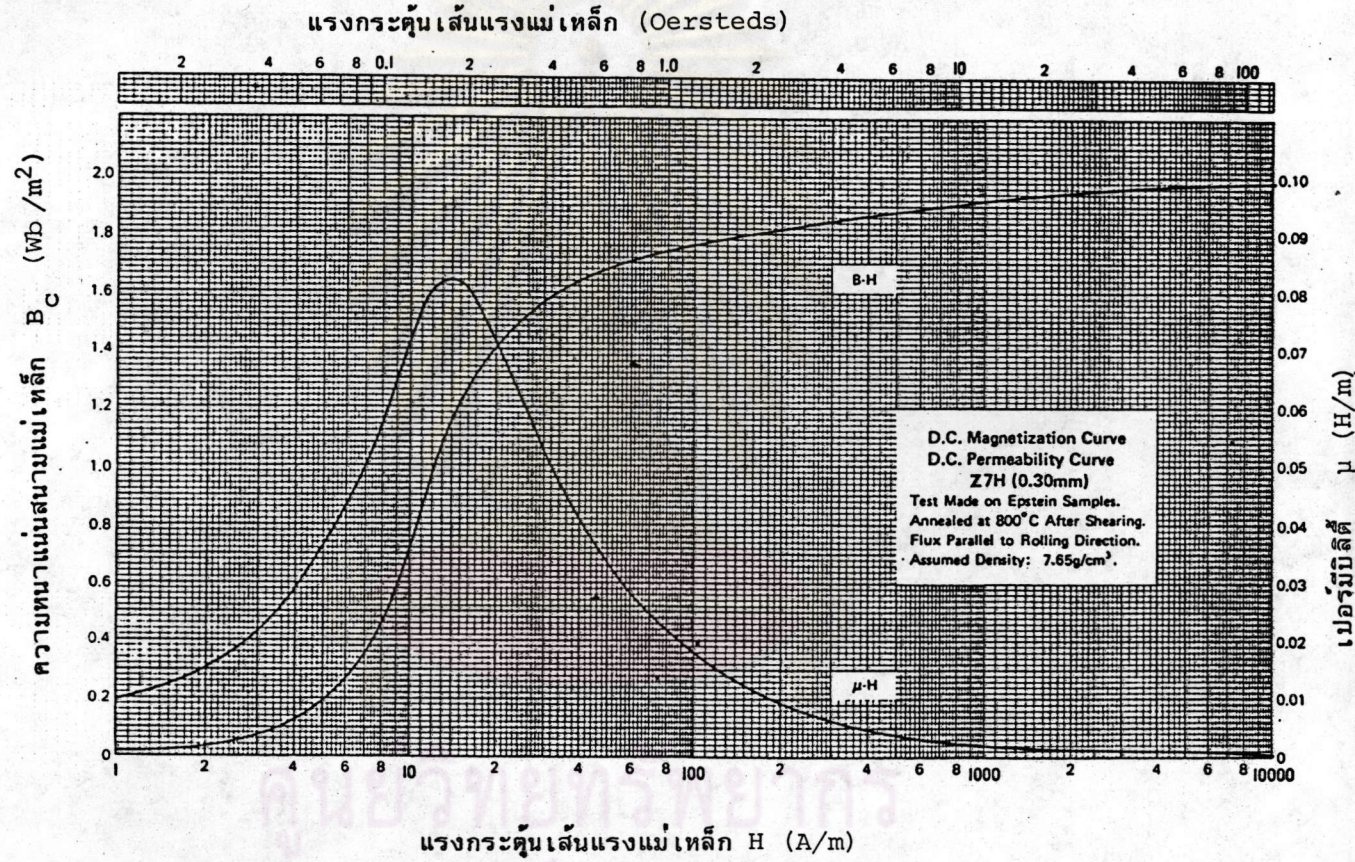
ส่วนผสมของซิลิคอน	4	%
ความหนา	0.3 ± 0.03	mm
ความหนาแน่น	7.65	g/cm^3
ความต้านทานจำเพาะ	48	μΩ-cm



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในเหล็กซิลิคอนชนิด Z 7H [28]

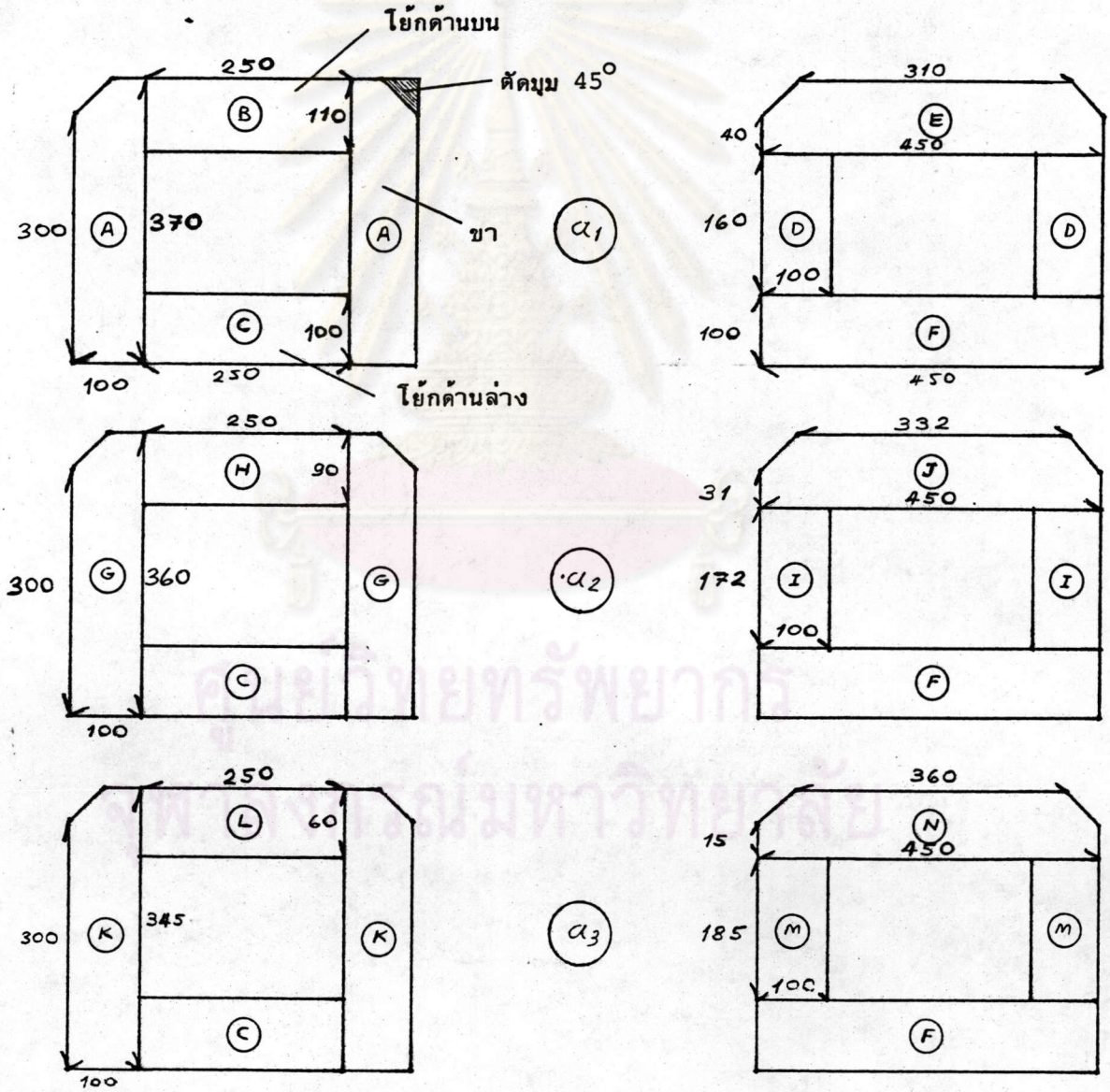
รูปที่ 4.2 เป็นกราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ของความหนาแน่นสนามแม่เหล็กกับแรงกระตุ้นเส้นแรงแม่เหล็ก ดีซี และเปอร์มีบิลิตี้ดีซี



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าแรงกระตุ้นเส้นแรงแม่เหล็กดีซี และเปอร์มีบิลิตี้ดีซี ของเหล็กซิลิกอนชนิด Z 7H [28]

จากรูปร่างและขนาดของแกนแม่เหล็กในรูปที่ 3.4 ซึ่งประกอบสร้างจากแผ่นเหล็กซิลิคอนชนิด Z 7H มาเรียงซ้อนกันโดยแต่ละแผ่นจะวางต่อกันแบบตั้งฉากและแต่ละชั้นจะวางสลับกันดังรูปที่ 4.3 เพื่อความแข็งแรงและลดรีลักแตนซ์ของช่องอากาศบริเวณรอยต่อ วิธีหาขนาดและรูปร่างของแผ่นเหล็กซิลิคอนแต่ละแผ่นใช้วิธีวัดจากภาพเขียนของแกนแม่เหล็กในรูปที่ 3.4 โดยตรง แล้วคำนวณหาจำนวนแผ่นของแต่ละขนาดจากขนาดของแกนแม่เหล็ก และความหนาของแผ่นเหล็กซิลิคอนที่ใช้

หน่วยเป็นมิลลิเมตร



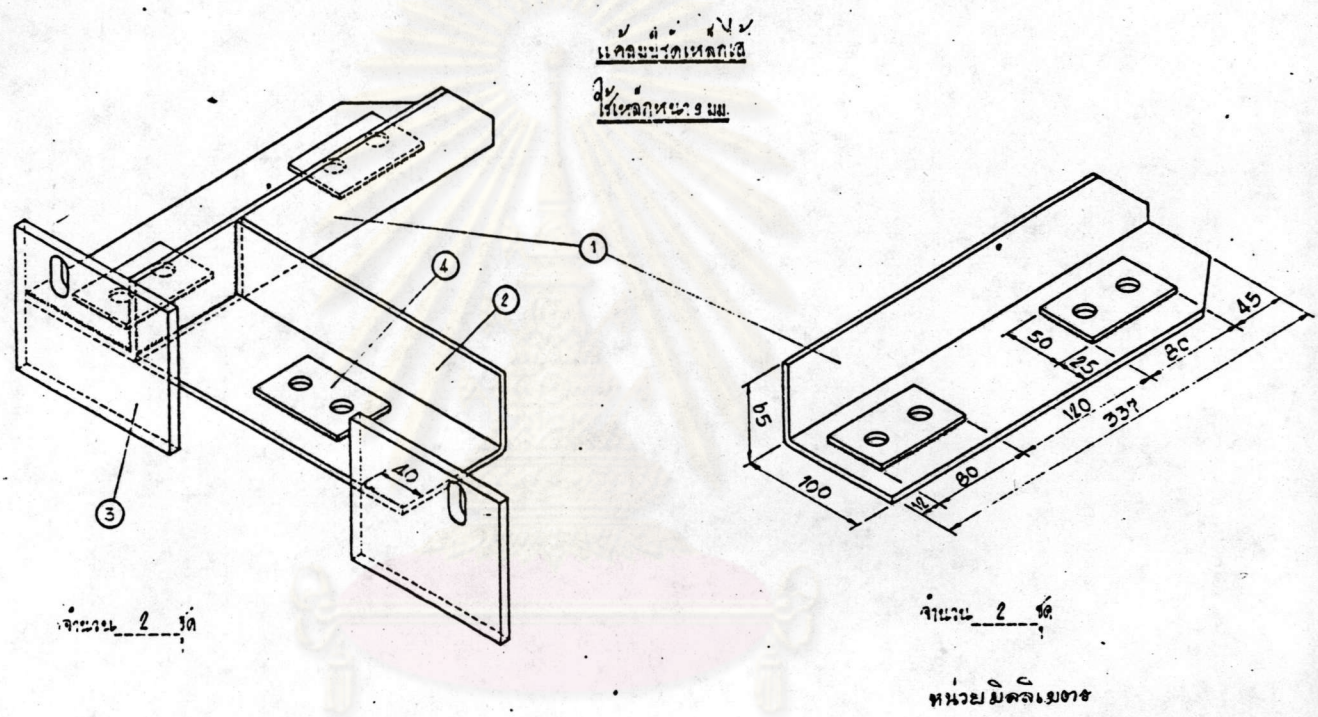
a_1, a_2, a_3 คือ บริเวณที่กำหนดดังในรูปที่ 3.4

รูปที่ 4,3 รูปร่างและขนาดของแผ่นเหล็กซิลิคอนที่ใช้ประกอบสร้างเป็นแกนแม่เหล็ก

จำนวนของแผ่นเหล็กซิลิคอนขนาดและรูปร่างต่าง ๆ ตามรูปที่ 4.3 แสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

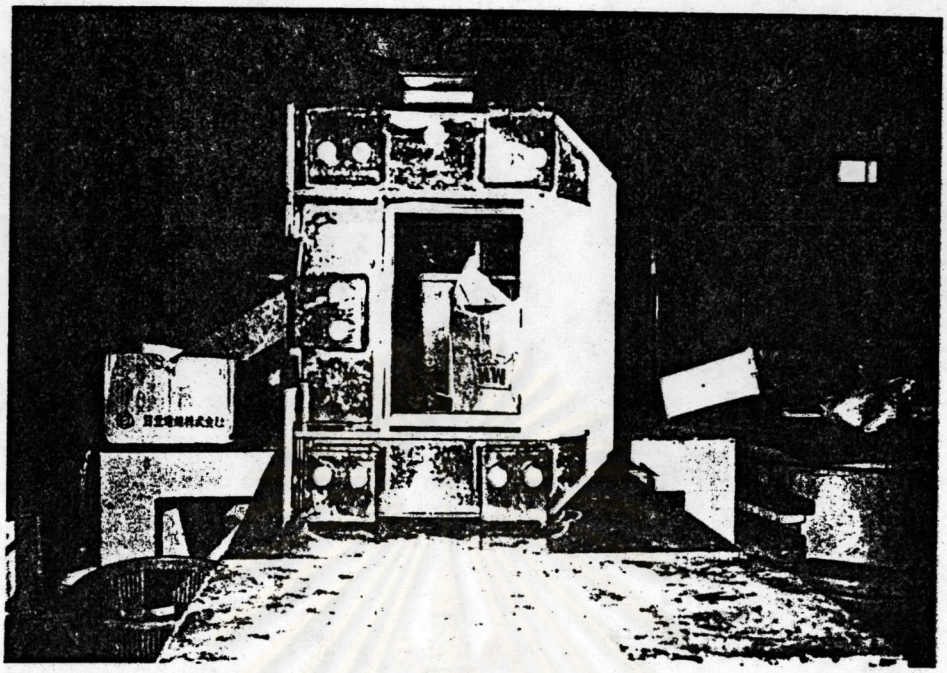
แบบ	จำนวนแผ่นเหล็กแต่ละข้าง	รวมแผ่นเหล็ก	หมายเหตุ
A	100	200	ขาแกนแม่เหล็ก
D	100	200	"
G	46	92	"
I	46	92	"
K	36	72	"
M	36	72	"
B	50	100	โย้กแกนแม่เหล็ก
E	50	100	"
H	23	46	"
J	23	46	"
L	18	36	"
N	18	36	"
C	-	182	"
F	-	182	"

แกนแม่เหล็กที่ประกอบสร้างเสร็จแล้วจะยึดแน่นด้วยแคล้มป์มีลักษณะดังในรูปที่ 4.4 ที่ฐานแคล้มป์มีที่ยึดเข้ากับฐานตัวถังหม้อแปลง อุปกรณ์แคล้มป์จะต้องลบขอบมุมแหลมต่าง ๆ ให้มนเพื่อป้องกันการเกิดโคโรน่า และจะเคลือบผิวเหล็กแคล้มป์ด้วยวาร์นิชเพื่อเป็นฉนวนและกันสนิม ก่อนที่จะประกอบหม้อแปลง ก่อนที่จะทำการแคล้มป์รัดแกนแม่เหล็กจะมีแผ่นเบกกาไลท์หนา2 มม. เป็นฉนวนกั้นระหว่างแกนแม่เหล็กกับเหล็กแคล้มป์ ภาพถ่ายแกนแม่เหล็กพร้อมอุปกรณ์แคล้มป์ที่ประกอบสร้างเสร็จแล้วแสดงไว้ในรูปที่ 4.5 ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 126 kg

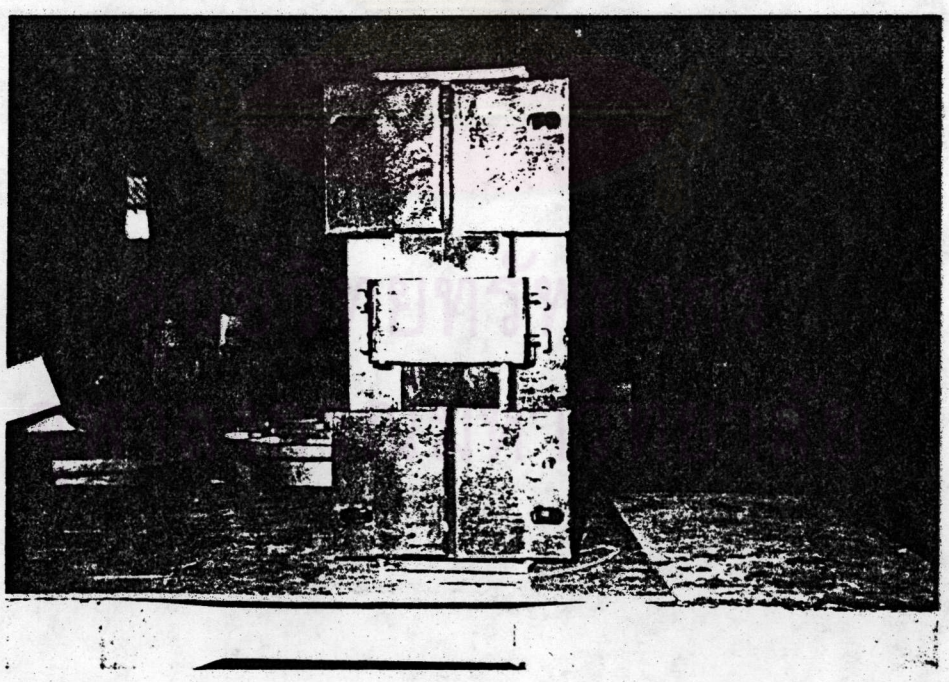


รูปที่ 4.4 อุปกรณ์แคล้มป์แกนแม่เหล็ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก) ภาพถ่ายตะแคงด้านข้าง



ข) ภาพถ่ายด้านล่าง

รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายแกนแม่เหล็กพร้อมอุปกรณ์แคล้มป์

4.2 ขดลวดและการฉนวน

ขดลวดแรงต่ำ, ขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบ จะเป็นแบบขดลวดชั้นทรงกระบอก โดยขดลวดทั้งหมดจะพันอยู่บนไย้กด้านบนของแกนแม่เหล็ก ขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบจะหุ้มด้วยชีลด์ทองแดงวงในและวงนอกให้อยู่ด้วยกันโดยใช้ฉนวนเมลิเนกซ์พันรัดเป็นขดลวดเดียวกัน ดังในรูปที่ 3.2 และ 4.6 ใช้ก๊าซ SF_6 เป็นฉนวนแทรกซึมในช่องว่างระหว่างชั้นฉนวนและเป็นตัวช่วยระบายความร้อน ซึ่งเส้นลวดของขดลวดทั้งสาม จะใช้ลวดอาบน้ำยาวาร์นิชชนิด PEW ดังได้กล่าวแล้วในข้อ 3.3

4.2.1 ขดลวดแรงต่ำ

ขดลวดแรงต่ำจะพันบนแบบไม้ทรงกระบอกประกอบกับเครื่องพันลวดที่หมุนด้วยมอเตอร์ ดังรูปที่ 4.7 โดยมีขั้นตอนการประกอบสร้างตามตำแหน่งหมายเลข ② ถึงหมายเลข ⑥ ในรูปที่ 4.6 ดังต่อไปนี้

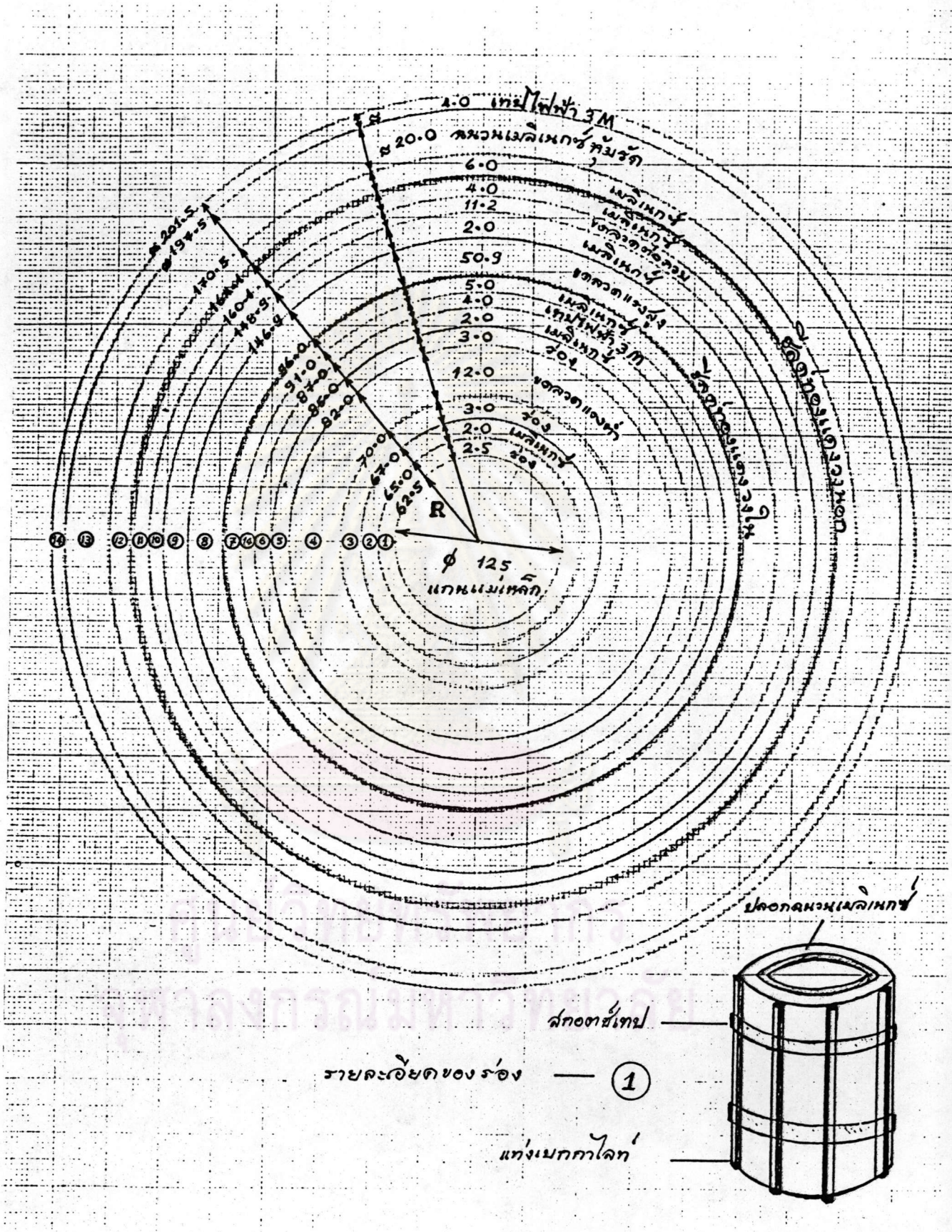
②- พันปลอกเมลิเนกซ์หนา 2 mm บนแบบไม้ โดยใช้ฟิล์มเมลิเนกซ์หนา 0.35 mm เพื่อเป็นฉนวนระหว่างขดลวดแรงต่ำกับแกนแม่เหล็ก

③- ทำร่องระบายความร้อน กว้าง 3 mm โดยใช้แท่งเบกกาไลท์ กว้าง 1 cmหนา 3 mm เป็นฉนวนคั่น ดังรูปที่ 4.6

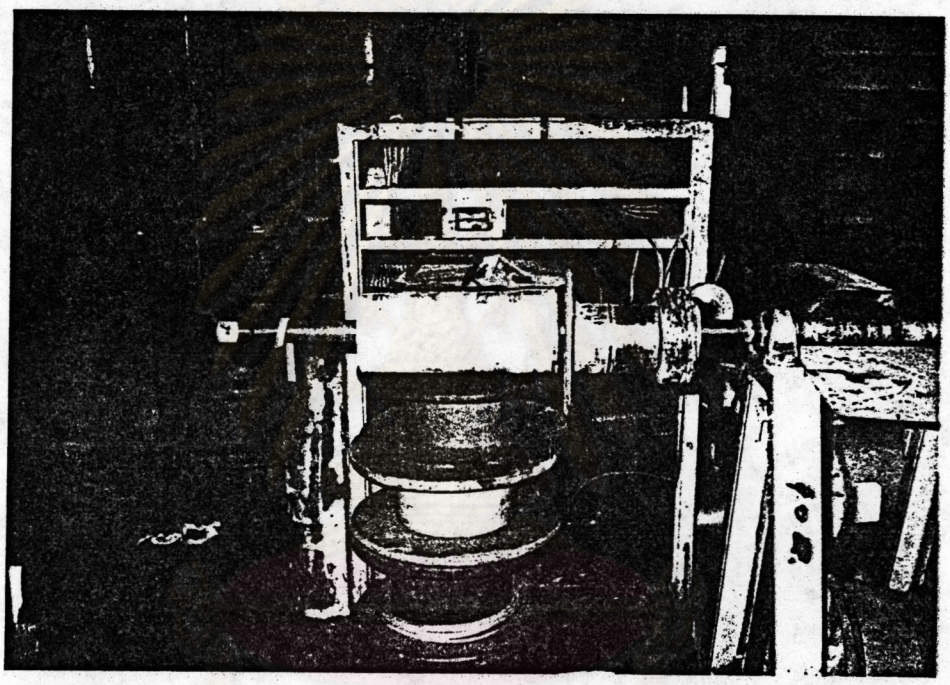
④- พันขดลวดแรงต่ำซึ่งมี 2 ชุด แต่ละชุดจะพัน 4 ชั้น ๆ ละ 18 รอบ รวม 72 รอบ โดยใช้ฟิล์มเมลิเนกซ์หนา 0.075 mm จำนวน 2 ชั้น เป็นฉนวนระหว่างชั้น และขั้วสายของขดลวดแรงต่ำทั้งสองชุดจะจัดไว้ตรงข้ามกัน ดังรูปที่ 4.8

⑤- ทำร่องระบายความร้อน กว้าง 3 mm

⑥- พันปลอกเมลิเนกซ์ หนา 2 mm โดยใช้ฟิล์มเมลิเนกซ์ หนา 0.35 mm เพื่อเป็นฉนวนระหว่างขดลวดแรงต่ำกับขดลวดแรงสูง ขดลวดแรงต่ำที่ประกอบสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วแสดงไว้ในรูปที่ 4.8 ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 8.5 kg

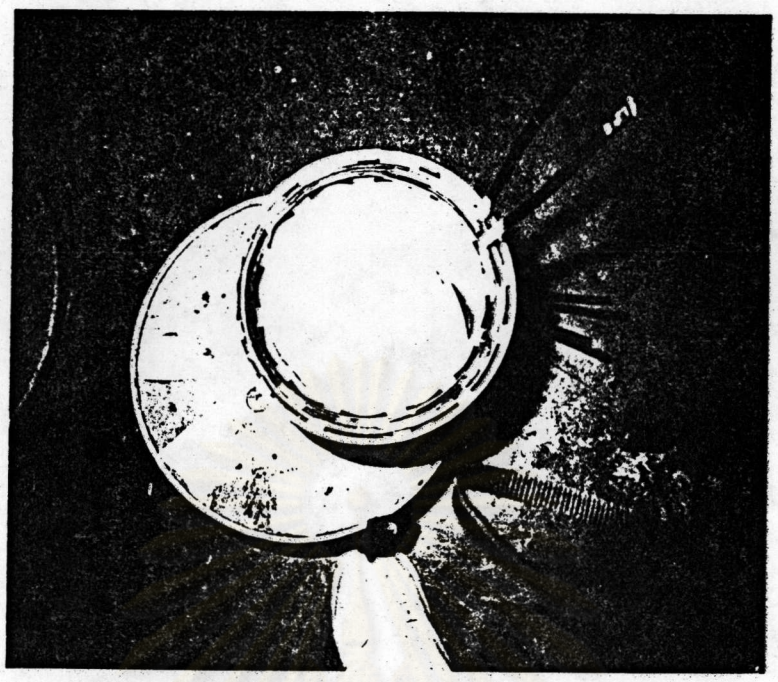


รูปที่ 4.6 ภาพตัดขวดลวดที่ตัดตามภาคตัดขวางของแกนแม่เหล็ก



รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายเครื่องพันขดลวดแรงต่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก) ด้านบน

ข) ด้านข้าง

รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายขดลวดแรงต้ำ

4.2.2 ขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบ

ขดลวดแรงสูงจะพันบนแบบไม้ทรงกระบอกประกอบกับเครื่องพันลวดที่ใช้มือหมุนดังรูปที่ 4.9 และขดลวดต่อควบจะพันทับขดลวดแรงสูงอีกทีโดยมีขั้นตอนการประกอบสร้างตามตำแหน่งหมายเลข ⑦ ถึงหมายเลข ⑭ ในรูปที่ 4.6 ดังต่อไปนี้

⑦- พันปลอกเบลิเนกซ์ หนา 5 mm บนแบบไม้โดยใช้ฟิล์มเบลิเนกซ์ หนา 0.35 mm เพื่อเป็นฉนวนระหว่างขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ

⑧- พันขดลวดแรงสูงโดยเริ่มจากใส่ชีลด์ทองแดงวงใน ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกที่ไม่ครบวงเพื่อไม่ลัดวงจร โดยขอบห่างกันประมาณ 1.0 cm และจะเชื่อมติดกับปลายสายเริ่มต้นของขดลวดแรงสูงโดยใช้ตะกั่ว ดังรูปที่ 4.10 ขดลวดแรงสูงจะพัน 3 ขั้น ดังรูปที่ 3.2 โดยขั้นแรกจะพัน 35 ชั้น ๆ ละ 520 รอบ, ขั้นที่สองพัน 22 ชั้น ๆ ละ 408 รอบ และขั้นที่สามพัน 16 ชั้น ๆ ละ 370 รอบ ฉนวนระหว่างชั้นของขดลวดแรงสูงจะใช้ฟิล์มเบลิเนกซ์ หนา 0.075 mm จำนวน 4 ชั้น โดยขอบของฟิล์มเบลิเนกซ์เหล่านี้จะตัดเป็นชี่ ๆ และต้องเผื่อขอบให้ยาวพอที่จะพันหุ้มขดลวดแรงสูง, ขดลวดต่อควบ และชีลด์ทองแดงวงนอกได้มิดชิด ดังรูปที่ 4.11 ปลายสายนำแรงสูงจะพันเลยจากขอบมาอยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง ดังรูปที่ 2.11

⑨- พันปลอกเบลิเนกซ์ หนา 2 mm โดยใช้ฟิล์มเบลิเนกซ์ หนา 0.35 mm และจะพัน 2 ปลอก ซึ่งแยกตำแหน่งกลางไว้เพื่อเป็นสายออกของสายนำแรงสูง ดังรูปที่ 3.2

⑩- พันขดลวดต่อควบ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชุด เพื่อแยกตำแหน่งกึ่งกลางไว้อีกเช่นกัน ดังรูปที่ 3.2 (ขดลวดต่อควบ 2 ชุดนี้ จะต่ออนุกรมกันโดยใช้ขั้วสายของขดลวดต่อควบทั้ง 2 ชุดที่ออกไปตามท่อแกนตัวนำของปลอกฉนวนนำสายแบบคอนเดนเซอร์) แต่ละชุดของขดลวดต่อควบจะพัน 4 ชั้น แต่ละชั้นมี 9 รอบ รวม 36 รอบ โดยใช้ฟิล์มเบลิเนกซ์ หนา 0.075 mm จำนวน 4 ชั้น เป็นฉนวนระหว่างชั้น ขั้วสายของขดลวดต่อควบทั้ง 2 ชุด จะออกตรงบริเวณตำแหน่งกึ่งกลาง ดังรูปที่ 2.11

⑪- พันปลอกเบลิเนกซ์ หนา 4 mm โดยใช้ฟิล์มเบลิเนกซ์หนา 0.35 mm เพื่อเป็นฉนวนระหว่างขดลวดต่อควบกับชีลด์ทองแดงวงนอก

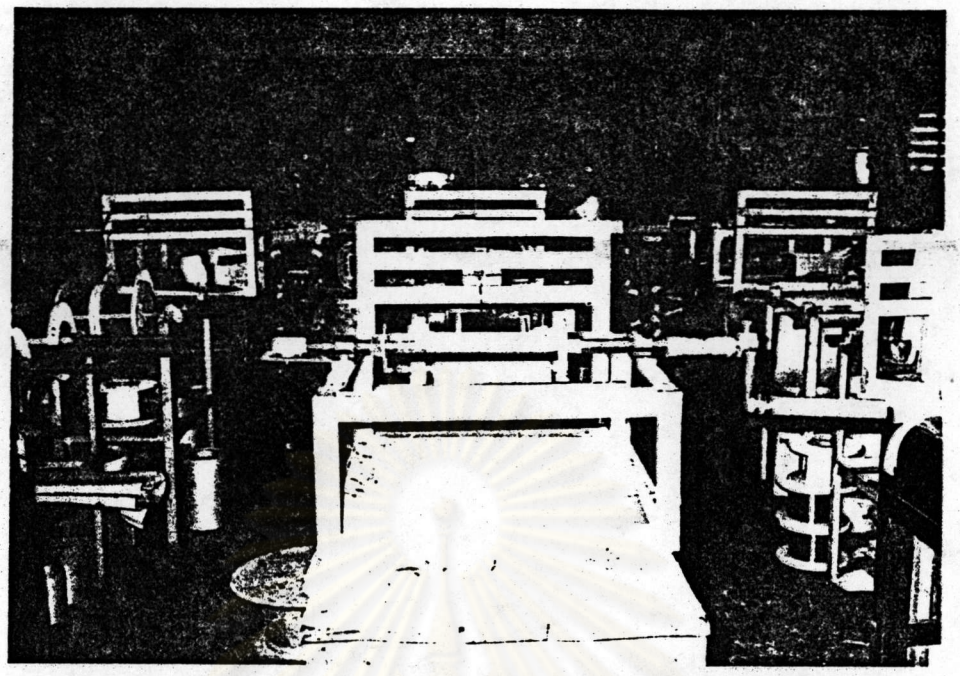
⑫- ใส่ชีลด์ทองแดงวงนอกโดยให้ตำแหน่งรูของกระบอกทองเหลืองที่เชื่อมติดกับชีลด์ทองแดงบน ตรงกับขั้วสายของขดลวดต่อควบทั้ง 2 ชุด และปลายสายของขดลวดแรงสูงซึ่งเชื่อมติดกับชีลด์ทองแดงวงนอกด้วย ดังนั้นจึงมีสายทั้งหมด 5 เส้น เพื่อจะได้ออกสายทั้ง 5 เส้นนี้

ผ่านรูกระบอกทองเหลืองนี้ไปตามท่อแกนตัวนำของปลอกฉนวนนำสายแบบคอนเดนเซอร์ (ท่อแกนตัวนำของปลอกฉนวนนำสายจะสวมเข้าไปในรูท่อทองเหลืองของซีลด์ทองแดงบนได้พอดี) และใช้ฟิล์มเมลิเนกซ์ กว้าง 2 cm หนา 0.025 mm พันรัดซีลด์ทองแดงวงนอกนี้ให้แน่นจนหนา 6 mm

⑬- พับขอบเมลิเนกซ์ที่ตัดเป็นชี่ ๆ ของตำแหน่งหมายเลข ⑧ หุ้มขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบ เพื่อเป็นฉนวนระหว่างขดลวดทั้งสองนี้กับแกนแม่เหล็ก ดังรูปที่ 4.11

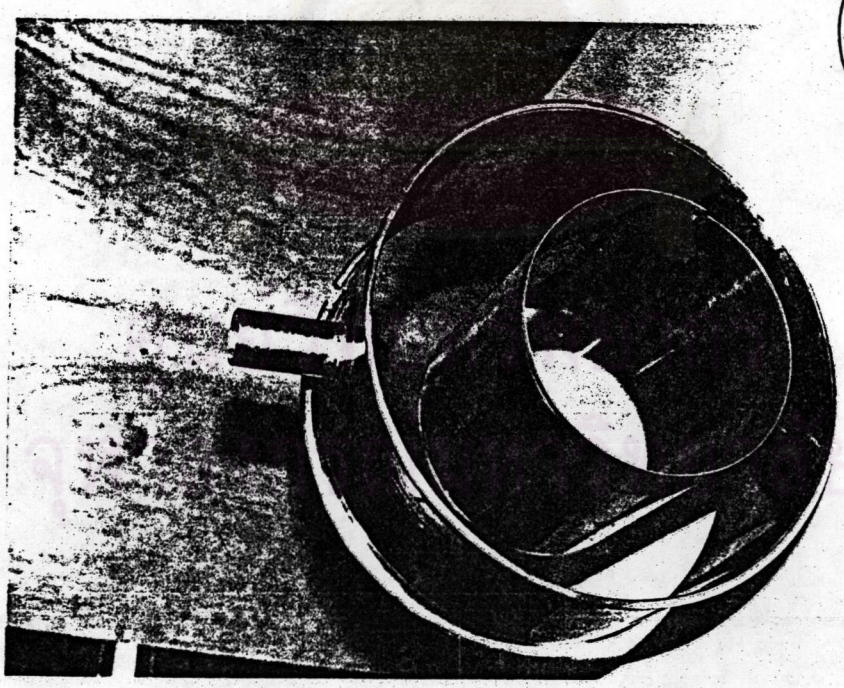
⑭- ใช้สกอตช์เทปสำหรับงานไฟฟ้าของ 3M ซึ่งทนอุณหภูมิได้ 120°C และมีความคงทนต่อแรงดึงสูง พันรัดขดลวดทั้งสองให้แน่นและแข็งแรง ขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบที่ประกอบสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วแสดงในรูปที่ 4.12 ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 48.2 kg

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



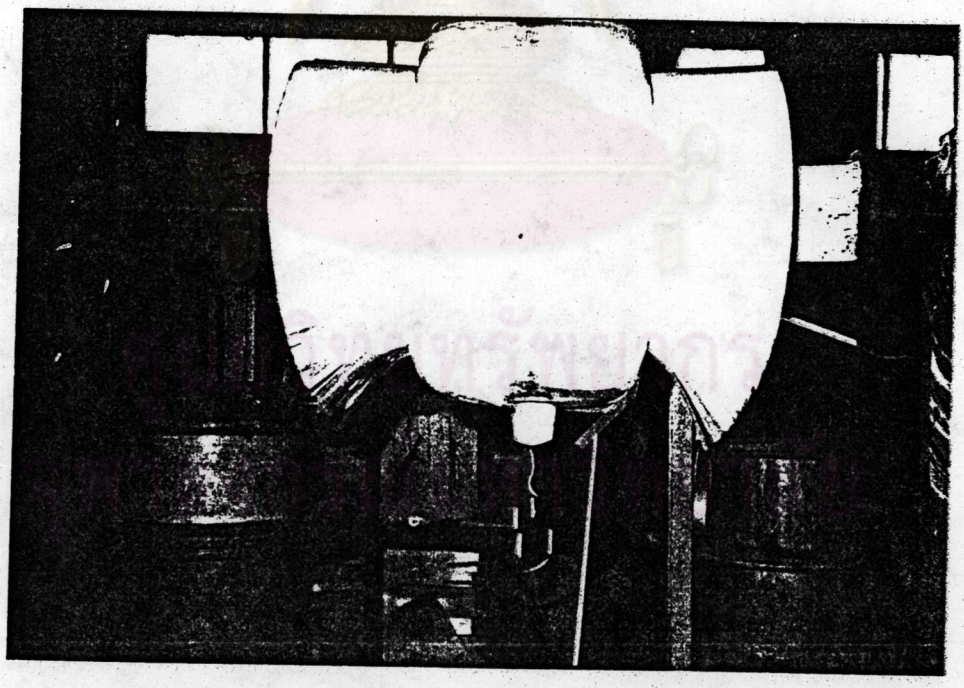
รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายเครื่องพันขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



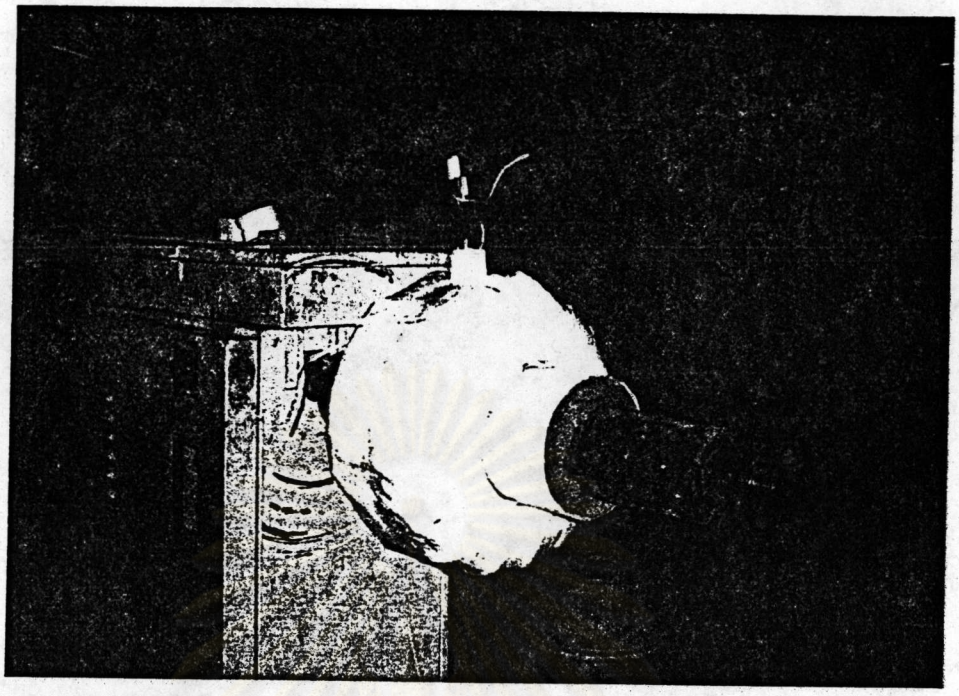
รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายชีลด์ทองแดงวงในและวงนอก

ก) เริ่มพับขอบเมลิเนกซ์ที่ตัดเป็นชี่ ๆ หุ้มขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบ

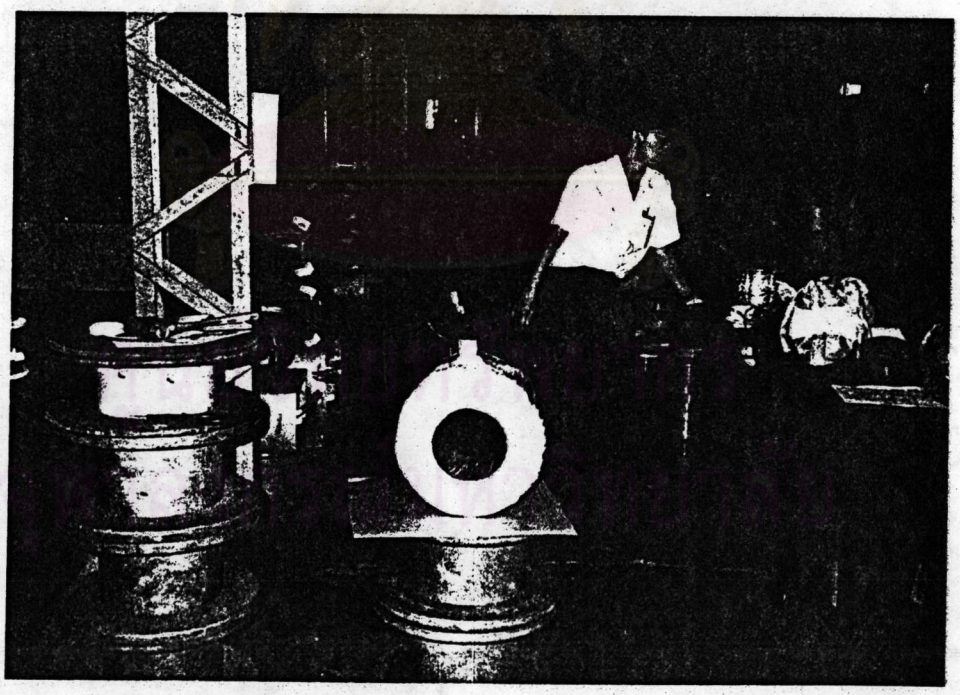


ข) เมื่อพับหุ้มได้ระยะหนึ่ง

รูปที่ 4.11 ภาพถ่ายการประกอบสร้างขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบ



ก) ก่อนพันเทปไฟฟ้า 3M หุ้มรัด



ข) พันเทปไฟฟ้า 3M หุ้มรัดขดลวด

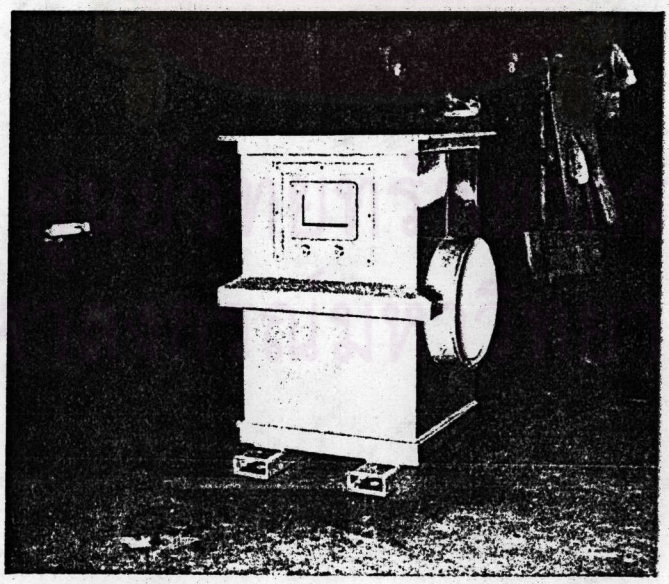
รูปที่ 4.12 ภาพถ่ายขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบที่ประกอบสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว

4.3 <u>ตัวถังและการติดตั้งส่วนประกอบภายนอกตัวถัง</u>

ตัวถังเป็นเหล็กรูปทรงปริมาตรสี่เหลี่ยม ด้านข้างและฐานด้านล่างทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 4.5 mm ส่วนฝาปิดด้านบนใช้แผ่นเหล็กหนา 6 mm และที่ฝาปิดด้านบนนี้เจาะรูสำหรับยึดปลอกฉนวนนำสายแรงสูง มีหูเชื่อมติด 2 หู สำหรับยก ดังรูปที่ 4.13 ซึ่งมีน้ำหนัก128 kg ข้างถังติดตั้งมาตรวัดความดันแบบผสม คือวัดได้ทั้งความดันต่ำกว่าบรรยากาศและสูงกว่าบรรยากาศได้ถึง 4 kg/cm^2 มีเทอร์โมมิเตอร์แบบไบเมตัลสำหรับวัดอุณหภูมิภายใน ขนาด 0-150°C, ป้ายรายการของหม้อแปลง, กล่องต่อขั้วสาย และที่ด้านข้างด้านหนึ่งเจาะช่องใส่กระจกใสนิรภัย หนา 15 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm สำหรับดูภายในตัวถังที่ประกอบสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วแสดงในรูปที่ 4.14 ซึ่งมีน้ำหนักรวมทั้งหมดประมาณ 340 kg

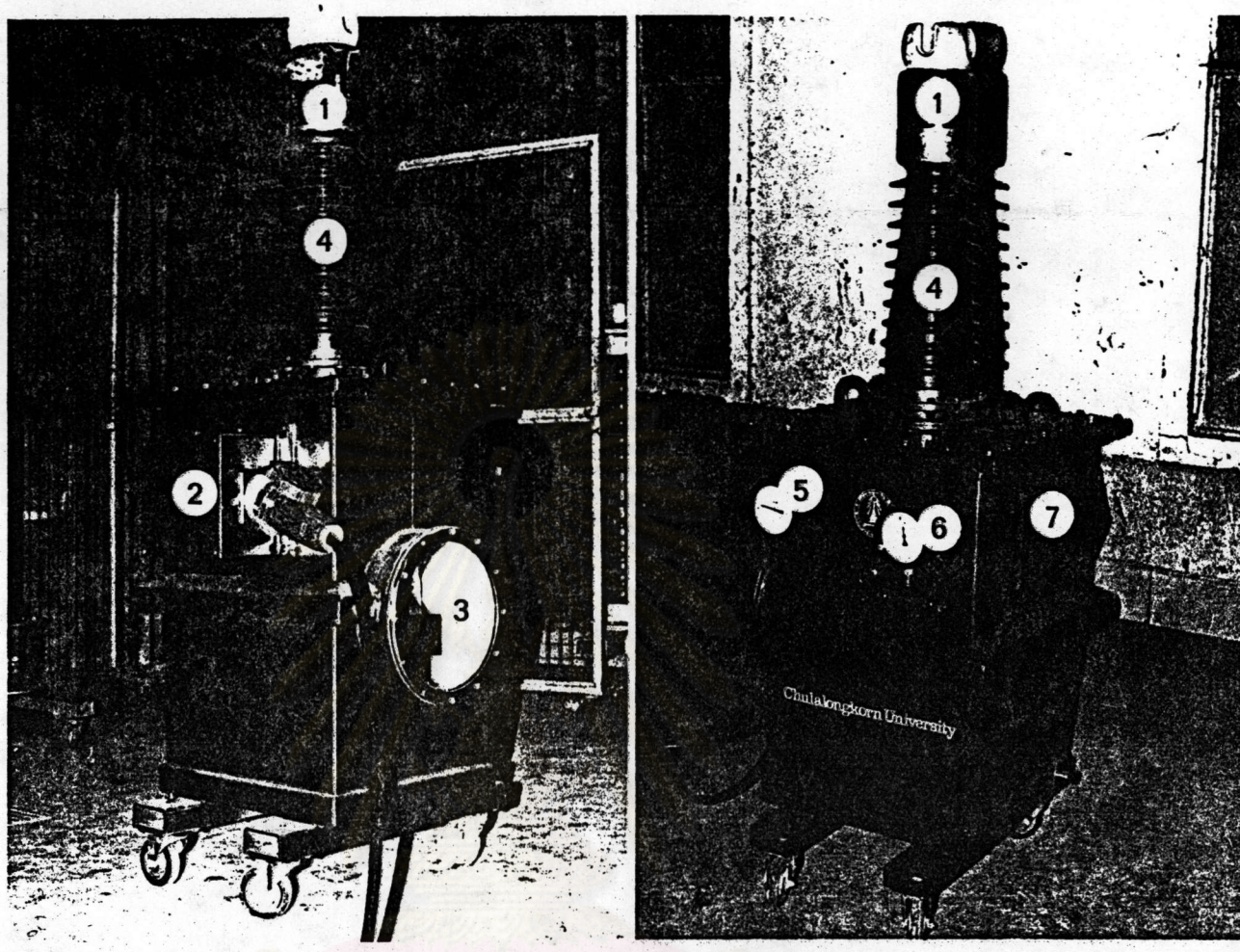
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก) ทาสีกันสนิมตัวถังสีแดง



ข) ทาสีตัวถังภายนอกด้วยสีเทาและภายในด้วยสีขาว

รูปที่ 4.13 ภาพถ่ายตัวถังที่กำลังประกอบสร้าง



① อิเล็กไทรดแรงสูง

② กล่องขั้วต่อสาย

③ ช่องกระจกดูภายใน

④ ปลอกฉนวนน้ำสาย

⑤ เทอร์โมมิเตอร์

⑥ มาตรวัดความดัน

⑦ ป้ายรายการ

รูปที่ 4.14 ภาพถ่ายตัวถังที่ประกอบสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว

4.4 <u>การติดตั้งส่วนประกอบภายในตัวถัง</u>

การติดตั้งส่วนประกอบภายในตัวถังซึ่งประกอบด้วยขดลวดและแกนแม่เหล็ก ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้ (ดูรูปที่ 4.15 ตั้งแต่รูป ก ถึงรูป ฌ ประกอบ)

①- ถอดขาของแกนแม่เหล็กออกข้างหนึ่ง โดยคลายนอตที่บีบแคล้มป์ด้านขาของแกนแม่เหล็ก เอาเหล็กแคล้มป์ออก (รูป ก.)

②- ถอดเหล็กซิลิคอนจากขาของแกนแม่เหล็กออก (ถอดออกให้เป็นลำดับเพื่อความสะดวกในการใส่กลับ) (รูป ข.)

③- สวมขดลวดลงแกนแม่เหล็ก เริ่มด้วยขดลวดแรงต่ำก่อน ตามด้วยขดลวดแรงสูง และขดลวดต่อควบซึ่งพันรัดด้วยฉนวนอยู่ด้วยกัน ใช้ฟิล์มเมลิเนกซ์หนา 0.35 mm กั้นระหว่างขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบกับแกนแม่เหล็ก (รูป ค.)

④- ใส่ขาของแกนแม่เหล็กกลับเข้าที่และใส่เหล็กแคล้มป์ให้เรียบร้อย (รูป ง.)

⑤- ติดตั้งแกนแม่เหล็กพร้อมขดลวดภายในถัง โดยขันนอต 4 ตัว ของฐานตัวถังยึดกับเหล็กแคล้มป์ (รูป จ, ฉ)

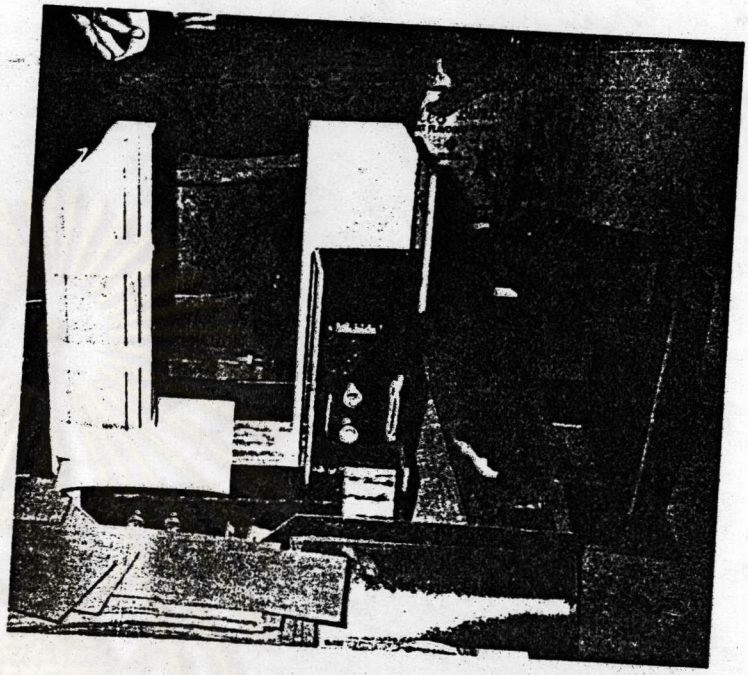
⑥- ต่อขั้วสายของขดลวดแรงต่ำและปลายขั้วสายดินของขดลวดแรงสูง (รูป ช, ซ)

⑦- ปิดฝาถังเพื่อเตรียมติดตั้งปลอกฉนวนนำสายแรงสูง และเข้ากระบวนการอบและสุญญากาศต่อไป (รูป ฌ)

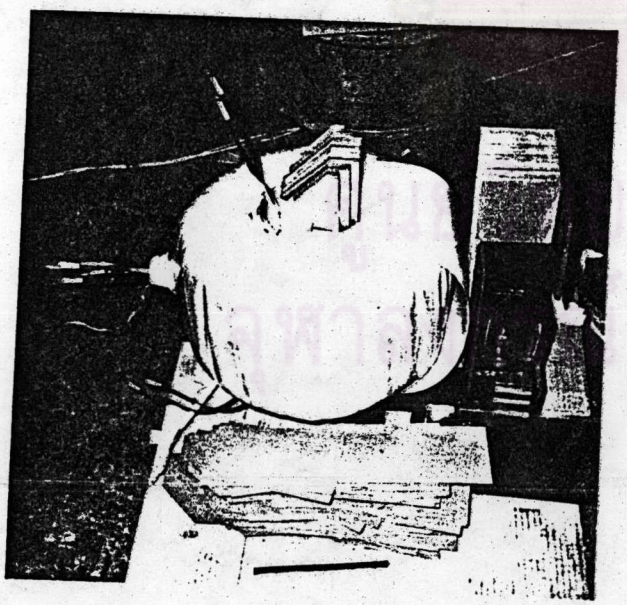
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.15 ภาพถ่ายกระบวนการติดตั้งแกนแม่เหล็กพร้อมขดลวดภายในตัวถัง (รูป ก-ฆ)

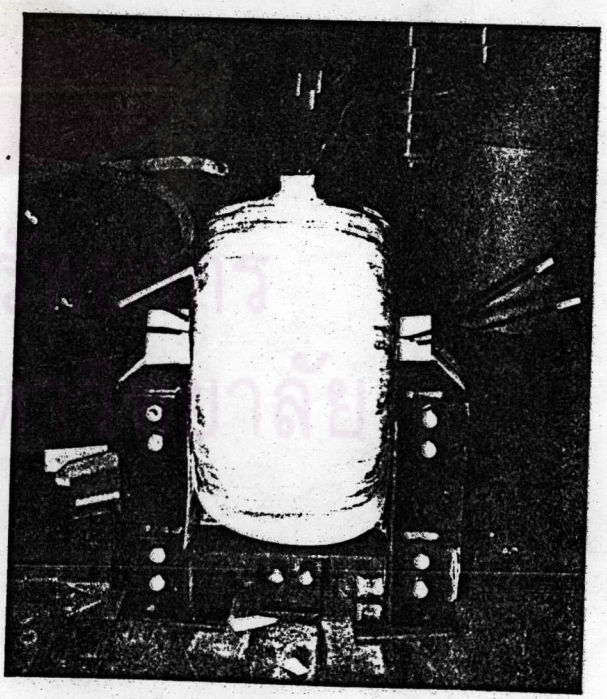
ก)



ข)

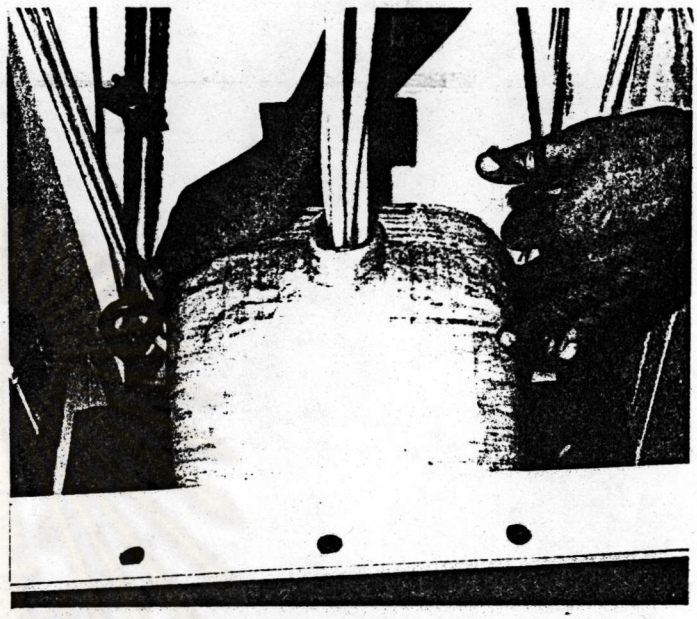


ค)



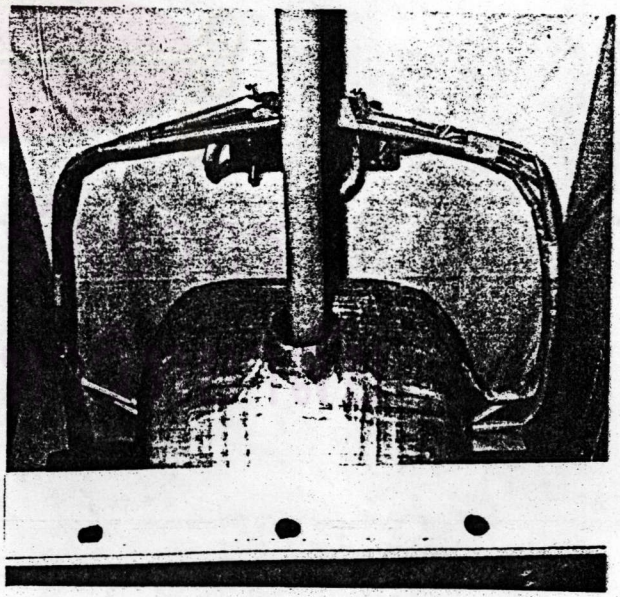
ง)

จ)

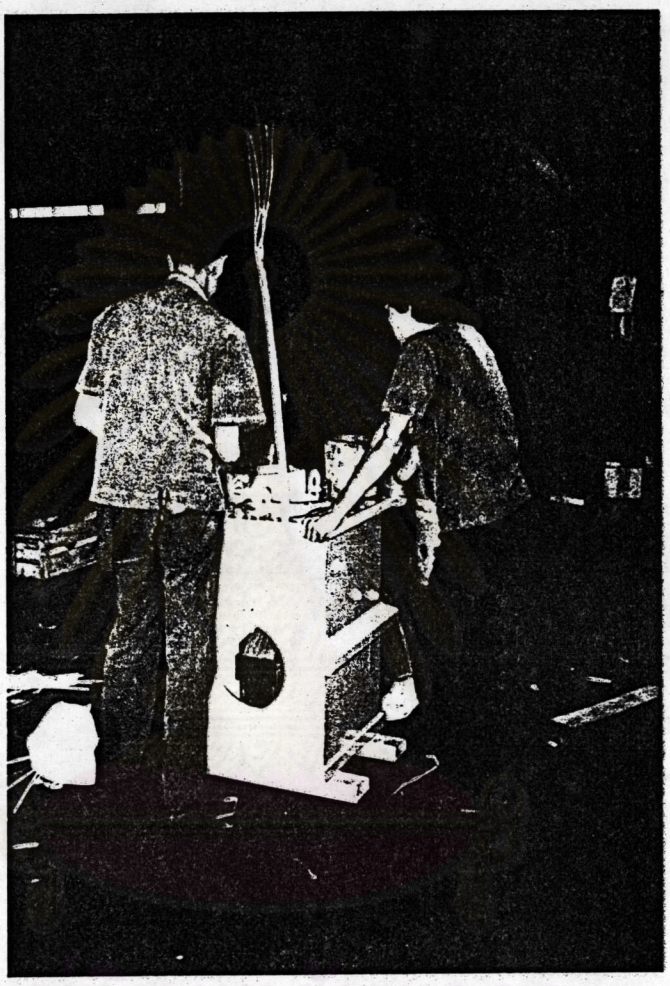


ฉ)

ช)



ซ)



ฌ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ปลอกฉนวนนำสายแรงสูง

ปลอกฉนวนนำสายแรงสูงที่ประกอบสร้างเป็นแบบคอนเดนเซอร์ประกอบด้วยสองส่วน คือ ปลอกหุ้มภายนอกทำด้วยปอร์ชเลนสีน้ำตาล ดังรูป 4.17 ก. ซึ่งมีน้ำหนัก 16 kg และอีกส่วนหนึ่งเป็นไส้คอนเดนเซอร์ที่มีแกนตัวนำและฉนวนภายในแทรกแผ่นโลหะเปลวตามที่ออกแบบไว้ในข้อ 3.5 ในการพันไส้คอนเดนเซอร์นี้ใช้เครื่องมือพันที่ใช้มือหมุนดังรูปที่ 4.16 และวัสดุที่ใช้ประกอบสร้างมีดังต่อไปนี้

- ฟิล์มเมลิเนกซ์ หนา 0.05 mm กว้าง 5 cm เป็นฉนวนของไส้คอนเดนเซอร์
- ท่อทองเหลืองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 2.856 cm หนา 1.5 mm เป็นแกนตัวนำ
- อะลูมิเนียมเทปหนา 0.08 mm กว้าง 2.5 cm เป็นโลหะเปลวแทรกเนื้อฉนวนเมลิเนกซ์
- กาวยางพารา สำหรับยึดระหว่างชั้นของฟิล์มเมลิเนกซ์ให้แน่น
- แถบสารกึ่งตัวนำสีดำ หนา 0.17 mm กว้าง 5 cm ใช้สำหรับลดค่าความเครียดสนามไฟฟ้าบริเวณผิวนอกแกนตัวนำ และเปลวโลหะทรงกระบอกรอบนอกสุด

สาเหตุที่ไม่ใช้แผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์เป็นโลหะเปลวทรงกระบอกเนื่องจากจะยับยู่ยี่ง่ายและพันได้ไม่แน่น ส่วนสาเหตุที่ไม่ใช้ฟิล์มเมลิเนกซ์ที่กว้างตลอดความยาวที่ต้องการแต่ละชั้นเลยเนื่องจากพันได้ไม่แน่นและจะหนาไม่เท่ากันตลอด เพราะว่าแกนหมุนและการส่งแผ่นฟิล์มเมลิเนกซ์จะเอียงอยู่เสมอ เนื่องจากเครื่องมือพันที่ใช้ไม่เหมาะสมสำหรับการนี้

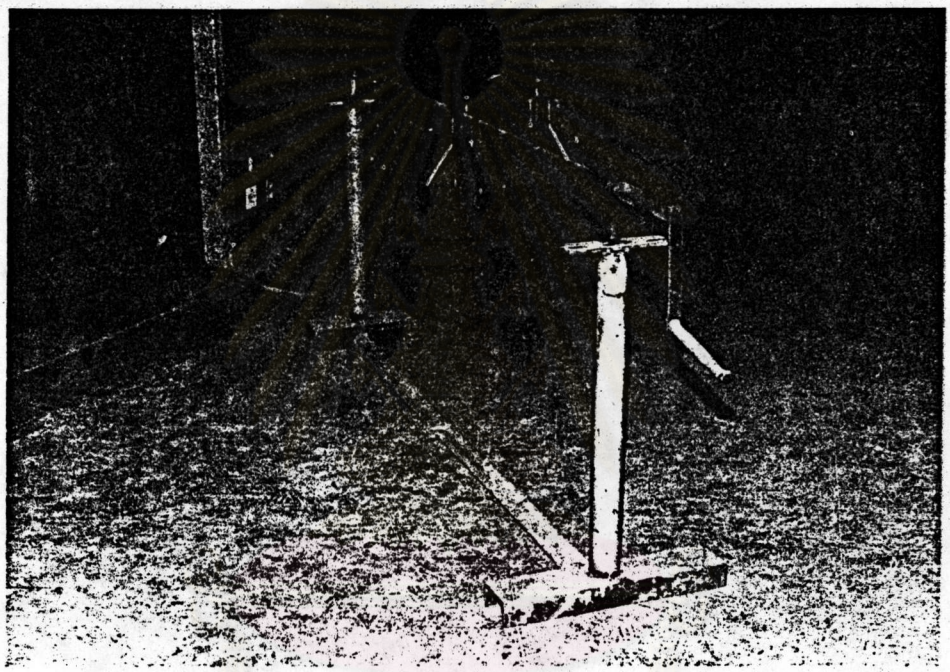
การประกอบสร้างเริ่มด้วยยึดแกนตัวนำท่อทองเหลืองกับแกนเครื่องมือพันทากาว และใช้แถบสารกึ่งตัวนำพันจนตลอดความยาวของท่อทองเหลือง ต่อจากนั้นเริ่มพันฉนวนฟิล์มเมลิเนกซ์จากปลายข้างหนึ่งไปยังปลายอีกข้างหนึ่งสลับกันไปมา ในการพันนี้ใช้กาวยางพาราติดผนึก เพื่อความแข็งแรงไปด้วยเป็นช่วง ๆ ความหนาของฉนวนวัดด้วยเวอร์เนียแคลิปเปอร์ พันให้ได้ความหนาเท่ากันตลอดท่อตัวนำ เมื่อฉนวนหนาได้ตามที่ออกแบบก็พันด้วยอะลูมิเนียมเทปจนได้ความยาวตามกำหนด ความยาวของการพันฉนวนฟิล์มเมลิเนกซ์จะลดลงตามความยาวที่ลดลงของเปลวอะลูมิเนียมทรงกระบอกเมื่อพันฉนวนได้หนามากขึ้น ชั้นสุดท้ายจะพันแถบสารกึ่งตัวนำอีกครั้งหนึ่งเพื่อลดค่าความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างฉนวนกับตัวนำนอกซึ่งเป็นลวดทองแดงขนาดเส้น

ผ่านศูนย์กลาง 1.7 mm พันรัดแถบสารกึ่งตัวนำให้แน่นโดยปลายด้านหนึ่งของเส้นลวดทองแดงต่อลงดินโดยจะเข้าหางปลา และใช้สกรูขันอัดหางปลาเข้ากับฝาถังปลายปลอกฉนวนนำสายส่วนที่อยู่ในถัง ใช้ฉนวนเมลิเนกซ์หนา 0.35 mm ทำเป็นครีบติดไว้เป็นวงโดยรอบ 4 ครีบ ดังแสดงในรูปที่ 4.17 ข ซึ่งมีน้ำหนัก 5.5 kg

การประกอบปลอกฉนวนนำสายแบบคอนเดนเซอร์เข้ากับตัวถังโดยการร้อยปลายสายขั้วออกของขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบทั้ง 5 เส้น ไปตามท่อทองเหลืองแกนตัวนำของไส้คอนเดนเซอร์ แล้วสวมปลอกหุ้มปอร์ซเลนขันสกรูอัดเหล็กกดปลอกปอร์ซเลนให้อัดปะเก็นกับตัวถังอีกต่อหนึ่ง ดังรูปที่ 4.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

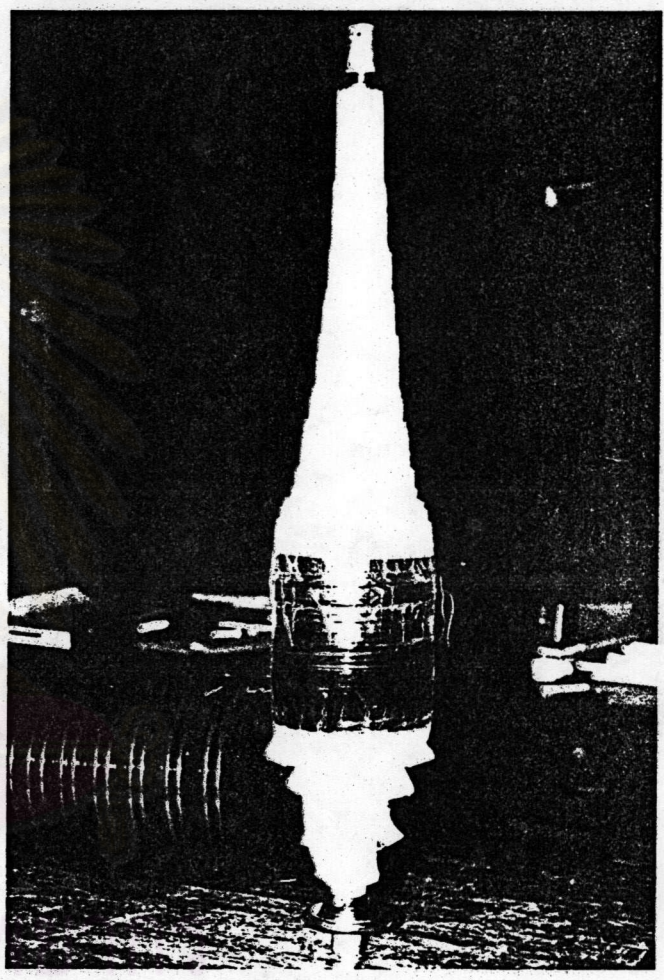


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.16 ภาพถ่ายเครื่องพันไส้คอนเดนเซอร์ของปลอกฉนวนนำสาย

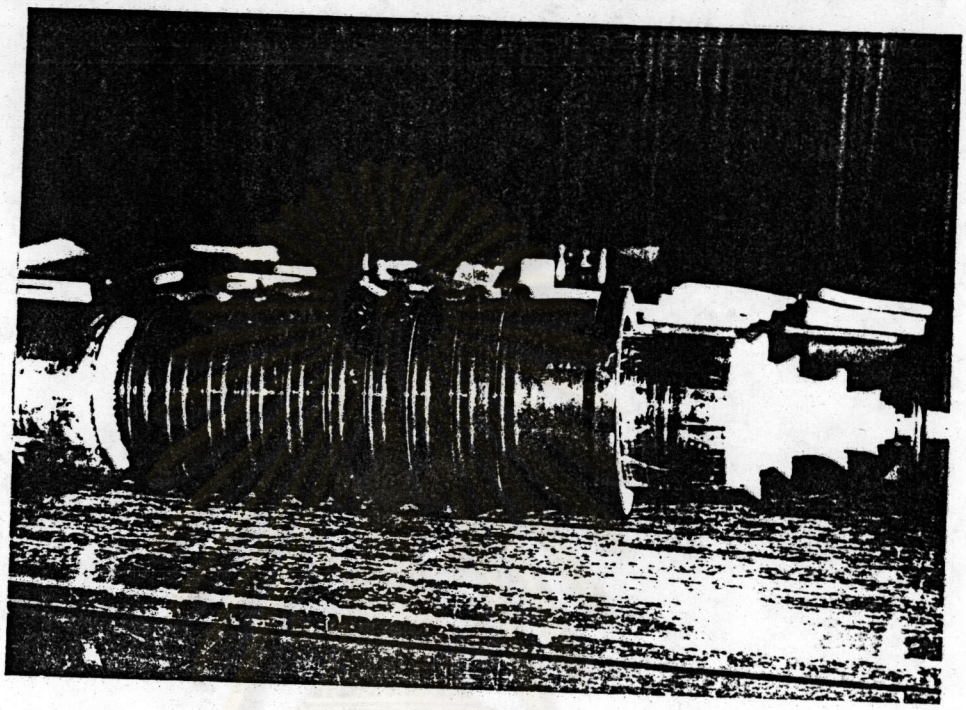
รูปที่ 4.17 ภาพถ่ายปลอกฉนวนนำสายแบบคอนเดนเซอร์ที่ประกอบสร้าง (รูป ก-ค)

ก)



ข)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



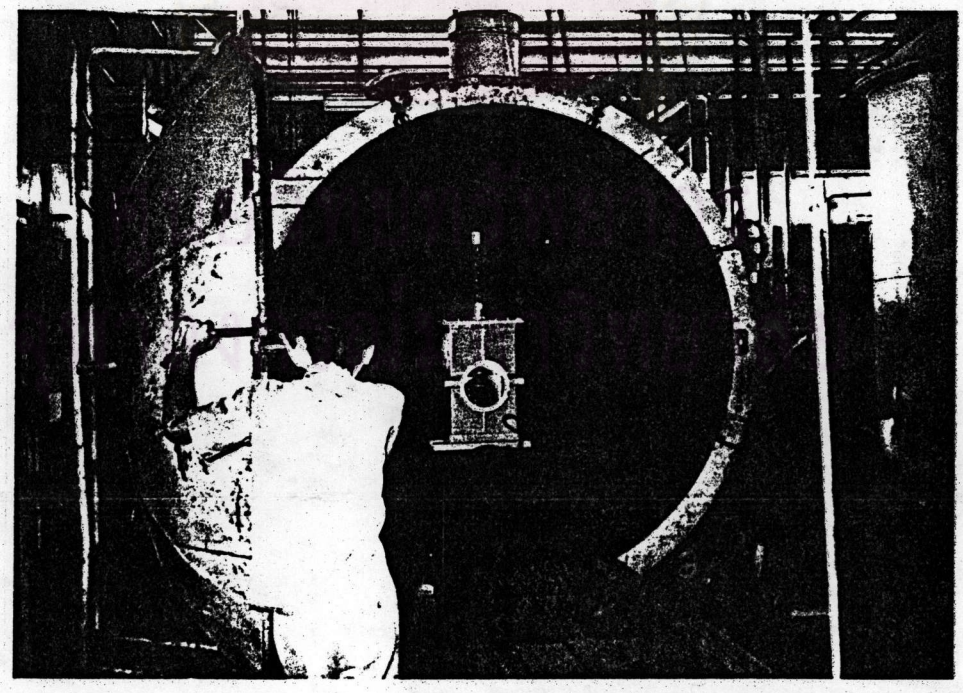
ค)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 กระบวนการบรรจุก๊าซ SF_6

4.6.1 การอบและกระบวนการสุญญากาศ

หลังจากติดตั้งส่วนประกอบภายในและภายนอกถังเรียบร้อยแล้ว เปิดช่องกระจกใสไว้เพื่อให้ความชื้นสามารถออกมาได้ทางนี้ขณะอบและทำกระบวนการสุญญากาศเพื่อไล่ความชื้น นำหม้อแปลงทดสอบเข้าเตาอบสุญญากาศ ดังในรูปที่ 4.18 เพิ่มอุณหภูมิของเตาไปจนถึง 75°C แล้วจึงเริ่มกระบวนการสุญญากาศ เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเป็น 105°C และควบคุมไว้ที่อุณหภูมินี้ ในงานวิจัยนี้ทำสุญญากาศได้ความดันเหลืออยู่ประมาณ 4 ทอรร์ กระบวนการนี้จะกระทำอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พอเสร็จแล้วนำหม้อแปลงมาติดตั้งกระจกใสให้เรียบร้อยพร้อมจะเข้าสู่กระบวนการเติมก๊าซ SF_6 ต่อไป การที่อบและทำกระบวนการสุญญากาศโดยใช้เวลาเพียง 24 ชั่วโมงอาจจะน้อยไปสำหรับหม้อแปลงทดสอบกระดาษจุ่มน้ำมัน แต่สำหรับหม้อแปลงทดสอบซึ่งฉนวนด้วยก๊าซ SF_6 นี้ จะไม่มีปัญหา เนื่องจากวัสดุฉนวนที่ใช้ เช่น ฟิล์มโปลีเอสเตอร์ไม่ดูดความชื้น ดังนั้นการอบและทำกระบวนการสุญญากาศในช่วงนี้ทำเพื่อไล่ความชื้นที่ผิวของฉนวนโดยเฉพาะเบกกาไลท์ที่ใช้เป็นฉนวนคั่น สำหรับช่องระบายอากาศ และเป็นฉนวนคั่นระหว่างอุปกรณ์แคล้มป์กับแกนแม่เหล็ก



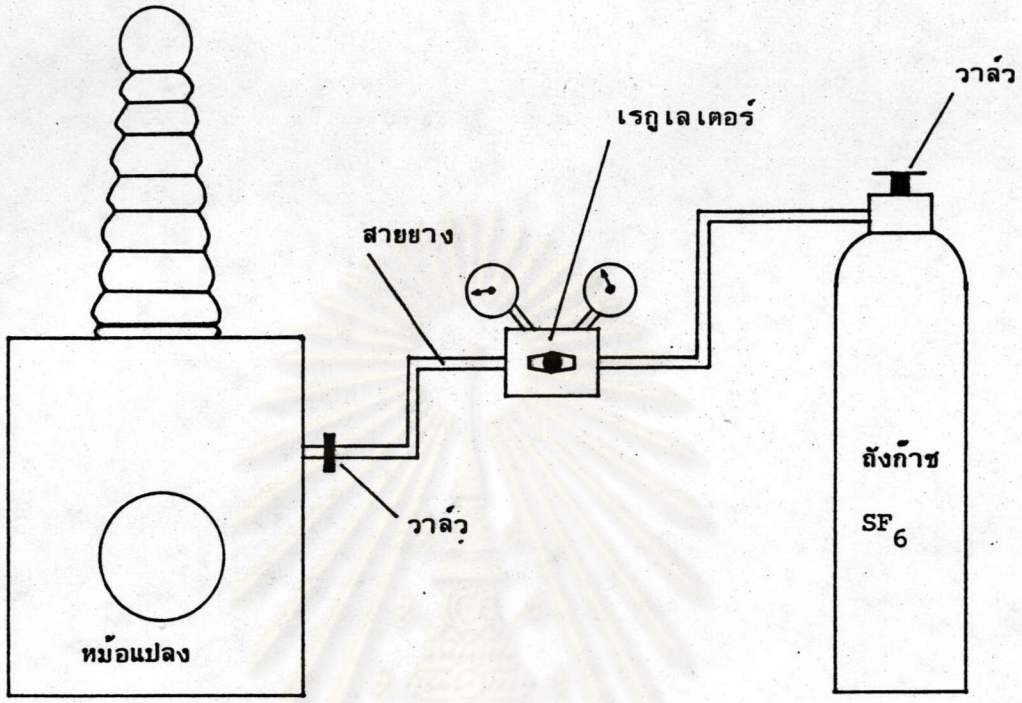
รูปที่ 4.18 ภาพถ่ายเตาอบสุญญากาศ

4.6.2 <u>กระบวนการเติมก๊าซ SF_6</u>

กระบวนการประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

- การทำกระบวนการสุญญากาศ ให้ได้ความดันต่ำที่สุดประมาณ 4 ทอรร์ เป็นเวลานาน 2สัปดาห์ เนื่องจากขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบมีฉนวนหุ้มหนามาก
- ทดสอบการรั่ว โดยการอัดก๊าซ N_2 ที่ความดัน 2.5 kg/cm^2.abs ทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ สังเกตการรั่วจากความดันที่ลดลงไป ความดันจะลดลงไปเล็กน้อยในช่วง 2-3 วันแรกประมาณ 0.5 kg/cm^2 จากนั้นจะคงที่ สาเหตุเนื่องจากก๊าซ N_2 แทรกซึมเข้าไปในขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบซึ่งพันฉนวนเมลิเนกซ์หุ้มหนาและแน่นพอสมควร
- ทำกระบวนการสุญญากาศอีกครั้ง ทิ้งไว้ประมาณอย่างน้อย 2 สัปดาห์
- เติมก๊าซ SF_6 อุปกรณ์ที่ใช้แสดงไว้ในรูปที่ 4.19 ก่อนจะบรรจุอัดก๊าซ SF_6 ต้องไล่อากาศที่อยู่ในเรกูเลเตอร์ และสายยางสำหรับส่งก๊าซออกให้หมดเสียก่อน โดยเปิดวาล์วให้ก๊าซ SF_6 จากถังก๊าซไล่อากาศออกมาในการบรรจุอัดก๊าซ SF_6 จะบรรจุก๊าซให้มีความดันสูงกว่าที่กำหนดเล็กน้อย (เผื่อไว้สำหรับก๊าซ SF_6 ส่วนหนึ่งที่ซึมเข้าไปในขดลวดแรงสูงและขดลวดต่อควบ) ประมาณ 2.4 kg/cm^2.abs ทิ้งเวลาช่วงนี้ไว้อย่างน้อย 1 สัปดาห์ ก่อนทำการทดสอบต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.19 อุปกรณ์การบรรจุอัดก๊าซ SF_6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย