

ห้องสมุด

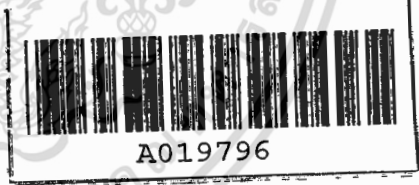
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ชุดอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ชั้น ม. 6 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

THREE PHASE GENERATOR



เลขหมู่..... 000036
เลขทะเบียน.....
วัน เดือน ปี..... 19 พค ๒๕๖๑



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2527 - 2528



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยานิพนธ์ เรื่อง
ชื่อนักศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา

ชุดอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ชั้น ม. 6 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
นายสมโภชน์ หลวงเทพ
อาจารย์ วินัย อุดมทรัพย์
อาจารย์ สุรสิทธิ์ ชาตรี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ได้ตรวจพิจารณาและเห็นชอบแล้ว
จึงอนุมัติให้ เป็นส่วนหนึ่ง ของ การศึกษาตามหลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ประจำปี
การศึกษา 2528



(ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญส่ง ศิวโฆษธรรม)
คณบดี

เรื่อง ชุคอุปกรณการศึกษาฟิสิกส์ชั้น ม. 6 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ชื่อนักศึกษา นาย สมโภชน์ หลวงเทพ

ปีการศึกษา 2528

บทคัดย่อ

ความมุ่งหมาย เพื่อวิจัยออกแบบปรับปรุงชุคอุปกรณการศึกษาฟิสิกส์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการกำเนิดไฟฟ้า

การดำเนินการวิจัย ได้ทำการศึกษาค้นคว้ารวบรวมละเอียดเกี่ยวกับหลักสูตร วิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เนื้อหาวิชา วิธีการสอน การกำเนิดไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า การนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ตลอดจนศึกษาถึงอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ตามโรงเรียนมัธยมศึกษา ที่เปิดสอนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุน นอกจากนี้แล้วยังศึกษาถึงปัญหาที่เกี่ยวข้อง เช่น ปัญหาระบบการทำงาน ปัญหาการปฏิบัติการทดลอง ปัญหาส่วนประกอบของชุคอุปกรณการศึกษาเลือกใช้วัสดุ กรรมวิธีการผลิตที่ถูกต้อง เหมาะสม และการศึกษาขนาดสัดส่วนของผู้ใช้ทั้งผู้เรียนและผู้สอน เพื่อหาสัดส่วนเฉลี่ยที่เหมาะสมในการนำมาออกแบบจากนั้นเมื่อได้ข้อมูลที่ค้นคว้าทั้งหมด ก็จะนำมาสังเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ ชุคอุปกรณการศึกษาเรียนการสอนชุดดังกล่าว.

ผลการวิจัย

จากการค้นคว้าหาข้อมูลทางด้านการเรียนการสอนในโรงเรียนมัธยมศึกษา กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และอาจารย์ผู้สอน ที่มีการเรียนการสอน และจำเป็นต้องใช้ชุดอุปกรณ์การสอนชุดที่มีอยู่เดิมนั้นพบว่า ชุดอุปกรณ์ที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้นั้น ยังมีปัญหาในการปฏิบัติการทดลองอยู่มาก ทั้งจะยกขึ้นมากล่าวในที่นี้ คือ ปัญหาเกี่ยวกับประโยชน์ใช้สอย ส่วนประกอบที่มีจำนวนหลายชิ้นควยกัน มักทำให้เกิดความสับสนวุ่นวาย และยากต่อการทำความเข้าใจได้ ซึ่งจะมีผลอย่างมากต่อผู้เรียนในการปฏิบัติงานการทดลอง ในขณะที่เดียวกัน การที่ชุดอุปกรณ์ชุดนี้มีส่วนประกอบหลาย ๆ ชิ้นก็จะก่อให้เกิดปัญหาตามมาอีกก็คือ การเก็บรักษาการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ และทำให้ผู้เรียนเกิดการสับสนวุ่นวายในการจัดวางอุปกรณ์อีกด้วย นอกจากนี้การทำงานของอุปกรณ์ก็ยังมีปัญหาอยู่มาก เช่น ใช้งานไต่ไม่สะดวก เสียหายง่าย แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ไม่ชัดเจน ปัญหาเกี่ยวกับรูปทรง เนื่องจากอุปกรณ์เดิมค่านึงแต่ความประหยัด และง่ายในการผลิตจนเกินไป และขาดการออกแบบที่ดีในขณะที่เทคโนโลยีได้พัฒนาไปอย่างไม่หยุดยั้ง จึงทำให้อุปกรณ์ชุดดังกล่าวนี้ขาดความน่าสนใจ หรือเราในที่นี้จะตั้งคั้งให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น หรือเกิดความสนใจ และกระตุ้นให้เกิดความน่าใช้ ซึ่งจะเป็นผลต่อเนื่องไปถึงความเข้าใจของผู้เรียนคอบเนื้อหาวิชานั้น ๆ ด้วย ดังนั้นจากการศึกษา และวิจัยเห็นว่าการปรับปรุงชุดอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ให้ดีขึ้นนั้น จะมีผลต่อการรับรู้ของผู้เรียน และในด้านการเรียนการสอนของระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนี้เป็นอย่างมาก ดังนั้นผลการวิจัยในการออกแบบปรับปรุงชุดอุปกรณ์การสอนเรื่องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงได้เน้นถึงประโยชน์ใช้สอย ทำให้ง่ายต่อการนำพาหรือเคลื่อนย้ายเพิ่มความสะดวกสบายในคานต่าง ๆ ให้มีมาตรฐาน และคุณภาพมากยิ่งขึ้น และปรับปรุงรูปร่างและขนาดของชุดอุปกรณ์ให้ดีขึ้นกว่าเดิม สามารถสนองประโยชน์ต่อผู้เรียนผู้สอนได้มากที่สุด

ตามหลักของวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์ เน้นถึงความปลอดภัย
ความเหมาะสมในการปฏิบัติการทดลองที่ถูกต้องและไต่ผล และรวม
ถึงความประหยัด ในด้านราคางบประมาณการผลิตในระบบอุตสาหกรรม
กรรมในประเทศ ตลอดจนถึงวัสดุที่ใช้ในการผลิตด้วย ซึ่งจะเป็นผล
ตอบสนองการศึกษาทางด้านนี้อย่างมากทั้งในปัจจุบันและในอนาคตที่
จะถึงนี้ \



ขอเสนอแนะ

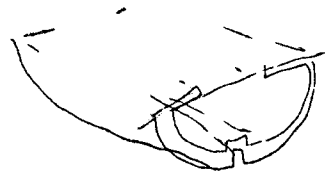
1. ต้องศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้ในการเรียนการสอน และความต้องการของผู้ใช้ เป็นหลักพิจารณา
2. ต้องศึกษาขนาดมิติตัวส่วนของผู้ใช้อุปกรณ์ชุดนี้ ในการปฏิบัติการทดลอง อย่างละเอียดถี่ถ้วน
3. ต้องเพิ่มความสะดวกสบายต่อผู้ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง
4. ต้องคำนึงถึงความประหยัดและงบประมาณของผู้ซื้อ
5. ต้องคำนึงถึงวัสดุที่ใช้ในการผลิต และกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมและประหยัด เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ



กิติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เรื่อง ชุดอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้น ม. 6 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถสำเร็จลงได้โดยได้รับความร่วมมือจากผู้มีความรู้ นักวิชาการต่าง ๆ ในการให้คำปรึกษาและแนะนำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล และสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ตลอดจนผู้ที่ให้ความอุปการะและคอยสนับสนุนให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ให้สำเร็จไปโดยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ให้การช่วยเหลือทุกท่าน ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

1. อาจารย์ วินัย อุดมทรัพย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
2. อาจารย์ สุรสิทธิ์ ชาศรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
3. อาจารย์ อุดมศักดิ์ สาริบุตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
4. อาจารย์ สาธิต อธิวาส โรงเรียนสา จังหวักน่าน
5. อาจารย์ ประมวล ศิริวัฒน์แกว สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
6. อาจารย์ มณีมี พุกโพธิ์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
7. อาจารย์ ไพรัตน์ วรภักดิ์ โรงเรียนปทุมคงคา กรุงเทพมหานคร
8. คุณเชิดชัย ทิพย์วารีวงศ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
9. คุณสยาม แสงทิพย์ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา
10. คุณชาญชัย เขียววิวัฒน์กุล วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา
11. คุณสมสิทธิ์ เขียมปราโมทย์ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา



สารบัญ

บทคัดย่อ..... ก

กิจกรรมประกาศ..... ข

สารบัญ..... ก

สารบัญตาราง..... ง

สารบัญภาพ..... จ

บทที่ 1. บทนำ..... 1

 1.1 มูลเหตุในการ เสนอวิทยานิพนธ์..... 1

 1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์..... 3

 1.3 ที่มาของปัญหาของชุดอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้น ม. 6..... 3

 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

 1.4 แนวทางแก้ปัญหา..... 7

 1.5 วิธีคิดเป็นการวิจัย..... 11

 1.6 ขอบเขตการศึกษาข้อมูล..... 11

 1.7 ขอบเขตการออกแบบ..... 12

 1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์..... 12

บทที่ 2. การศึกษาชุดอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... 14

 2.1 การศึกษาหลักสูตรการเรียนการสอนชั้น ม. 6..... 14

 2.2 การศึกษาชุดอุปกรณ์สอน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... 14

 2.3 ตัวอย่างชุดอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่ใช้อยู่
 ในปัจจุบัน..... 21

 2.4 การศึกษาระบบการทำงานของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... 25

 2.5 การศึกษาการ เชื่อมต่อทางไฟฟ้า..... 27

 2.6 การศึกษาส่วนประกอบที่สำคัญของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... 48

 2.7 การศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... 51

บทที่ 3. การรวบรวมและศึกษาข้อมูล..... 147

3.1 การรวบรวมข้อมูล..... 147

3.2 แหล่งข้อมูล..... 147

3.3 การสร้างและการใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล..... 148

3.4 วิเคราะห์ข้อมูลและตีความหมายข้อมูล..... 149

บทที่ 4. การวิเคราะห์..... 150

4.1 การวิเคราะห์การทดลองปฏิบัติการ..... 150

4.2 การวิเคราะห์สัดส่วนที่ใช้ในการออกแบบ..... 150

4.3 การวิเคราะห์หิซนิกและคุณสมบัติของพลาสติกที่ใช้ เป็นวัสดุในการผลิต..... 161

4.4 การวิเคราะห์ส่วนประกอบที่สำคัญเพื่อเข้ามาออกแบบ..... 168

4.5 การวิเคราะห์การใช้สีกับอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... 197

บทที่ 5. การออกแบบ..... 205

5.1 แนวทางในการออกแบบ..... 205

5.2 การออกแบบขั้นต้น..... 206

5.3 การออกแบบขั้นสุดท้าย..... 207

บทที่ 6. สรุปผลการวิจัยและขอเสนอแนะ..... 221

6.1 สรุป..... 221

6.2 ขอเสนอแนะ..... 223

บรรณานุกรม..... 224

ภาคผนวก..... 225

สารบัญ

หน้า

การวางที่	1. ประสิทธิภาพของรอยต่อสายพาน.....	38
	2. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อถ่ายพานตามแบบมาตรฐาน 99 - 1975....	40
	3. การวิเคราะห์หลักส่วนหุ้โซ่สายพาน - หุ้ อายุ 12 - 23 ปี/เซนติเมตร.....	151
	4. แสดงอัตราส่วนมิติมุมมองและการใช้สายพาน.....	154
	5. มิติของมือและการนำไปใช้ในการออกแบบ.....	159
	6. สถิติของมือของเด็กอายุ 12 - 16 ปี.....	160
	7. วิเคราะห์การเปรียบเทียบคุณสมบัติของพลาสติก.....	163
	8. การวิเคราะห์หากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม.....	166
	9. วิเคราะห์ลักษณะดี เหลี่ยม.....	168
	10. วิเคราะห์ลักษณะรูปสามเหลี่ยม.....	170
	11. วิเคราะห์รูปทรงกลม.....	171
	12. การวิเคราะห์รูปทรงของโครงสร้างส่วนฐาน.....	172
	13. การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างส่วนฐาน.....	173
	14. การวิเคราะห์หากรรมวิธีการผลิตโครงสร้างส่วนฐาน.....	174
	15. การวิเคราะห์ระบบส่งกำลังที่จะนำมาใช้กับชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	178
	16. การวิเคราะห์ลักษณะของสายพานที่นำมาใช้กับชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	179
	17. การวิเคราะห์คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ทำสายพาน.....	181
	18. การวิเคราะห์เฟืองที่นำมาใช้กับชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	182
	19. การวิเคราะห์วัสดุที่นำมาใช้ทำเฟืองกับชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	183
	20. การวิเคราะห์ชนิดของพลาสติกที่ใช้ทำเฟือง.....	184
	21. การวิเคราะห์หากรรมวิธีการผลิตเฟือง.....	185

ตารางที่ 22.	การวิเคราะห์คุณสมบัติที่โซ่ทำลอสายพาน.....	187
23.	การวิเคราะห์ชนิดพลาสติกที่ใช้ผลิตลอสายพาน.....	188
24.	การวิเคราะห์กรรมวิธีการผลิตลอสายพานพลาสติก.....	189
25.	การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำแกนเพลลา.....	190
26.	จำนวนกระแสสูงสุดที่ยอมให้โซ่ไคกับสายโซ่ขนาดต่าง ๆ	196
27.	การวิเคราะห์การใช้สีกับโครงสร้างส่วนฐาน.....	200
28.	การวิเคราะห์การใช้สีกับโครงสร้างแฉกทดสอบ.....	201
29.	การวิเคราะห์การใช้สีกับโครงสร้างส่วนฐาน.....	202
30.	การวิเคราะห์การใช้สีที่โซ่กับโครงสร้างแฉกทดสอบกระแสไฟฟ้า... ..	203
31.	การวิเคราะห์การใช้สีคานหนาแฉกทดสอบกระแสไฟฟ้า.....	202



สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 1 - 2	ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในระยะแรก.....	16
3 - 4	ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในระยะแรก....	17
5 - 6	ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในระยะแรก....	18
7 - 8	ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในปัจจุบัน.....	19
9 - 10	ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในปัจจุบัน.....	20
11	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	21
12	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	22
13	เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า.....	22
14	เครื่องตรวจทิศทางของกระแสไฟฟ้า.....	23
15	ชุดทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดเสียง.....	23
16	ชุดทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดแสง.....	24
17 -	สายไฟใช้ในการทดสอบ.....	24
18	ลำโพง.....	24
19	ระบมการทำงานของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	25
20	วีโรบอร์ค.....	29
21	แท่ง - สหรีพส ทำให้สร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไครวคเร็ว.....	32
	มีราคาถูกลงและง่าย แดกการสร้างควยวิธีไซแทก สหรีพเหมาะ สำหรับโปรเจกต์เล็ก ๆ เท่านั้น และเปลืองเนื้อที่	
22	ลักษณะการขั้วควยสายพาน (ก) โอพินไครว (ข) ครอสไครว (ค) .37 ควอเทอร์เทอนไครว (ง) มิวสไครว (จ) แดกการขั้วโดยไซลอลควย (ฉ) วิเวอสไครว.	37
23	แดกการสอควยรหอพลาสติกปลายแหวงโลหะทัง 2 ขาง เจาेरู... เพื่อไชนอควยคักคักกับฐานไม	48

รูปที่ 24	แท่งแม่เหล็กทำหน้าที่ในการสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อถูกทำให้หมุน.....	49
25	สายพานทำหน้าที่คอยแรงจากสอสายพานหรือคนกำเน็คแรงหมุน.....	50
26	เครื่องตรวจทิศของกระแสไฟฟ้า.....	52
27	ส่วนประกอบภายในของ เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า.....	53
28	เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า.....	54
29	เครื่องกำเน็คไฟฟ้าและชุดทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดแสง.....	55
30	เครื่องกำเน็คไฟฟ้าและชุดทดสอบกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดเสียง.....	56
31	กล่องลำโพงกำเน็คเสียง.....	57
32	อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง.....	58
33	การจัดอุปกรณ์ในการทดลอง (1).....	58
34	การจัดอุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลอง (2).....	59
35	การจัดอุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลอง (3).....	59
36	การจัดอุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลอง (4).....	60
37	โต๊ะ เก้าอี้สำหรับการปฏิบัติการทดลอง.....	65
38	ห้องปฏิบัติการทดลอง.....	65
39	คู่มืออุปกรณ์การทดลอง.....	66
40	แสดงขนาดของมือที่สามารถหยิบชิ้นงานในขนาดต่าง ๆ กัน.....	68
41	แสดงการหยิบชิ้นงาน.....	69
42	แสดงขนาดของมือ.....	70
43	แสดงวิธีการอัดแข็งพลาสติกลงในแบบแม่พิมพ์.....	81
44	แสดงขั้นตอนการอัดของแบบแม่พิมพ์พลาสติก.....	82
45	แสดงกรรมวิธีของระบบแม่พิมพ์อัดส่ง.....	84
46	แสดงเครื่องจักรอัดฉีดพลาสติกแบบไฮดรอลิค.....	85
47	แสดงภาพตัดการทำงานของ เครื่องจักร แบบแม่พิมพ์อัดฉีด.....	86
48	แสดงตัวอย่าง การอัดฉีดผลิตภัณฑ์ตะกร้า.....	87

รูปที่ 49	แสดงการทำงานของเครื่องเกลียวหมุนอัตโนมัติ.....	88
50	แสดงแบบการอัดรีด.....	89
51	แสดงกระบวนการเคลือบผิวอัดรีด.....	90
52	แสดงระบบการทำงานของแบบแม่พิมพ์หมุน.....	91
53	แสดงหลักการทำงานของเครื่องจักรแบบแม่พิมพ์หมุนเพื่อให้ชิ้นงานเป็นแก้ว.....	92
54	แสดงประเภทของเครื่องเป่าแบบแม่พิมพ์พลาสติก.....	93
55	แสดงเครื่องจักรสำหรับการเป่าขวดแบบคอเนื่อง.....	94
56	การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มด้วยการรีด.....	95
57	แสดงการอัดรีดให้เป็นแผ่นบางและฟิล์ม.....	96
58	แสดงวิธีการขึ้นรูปพลาสติกแผ่นโดยใช้ความร้อน.....	97
59	ตัวอย่างการผลิตพลาสติกเสริมกำลังโดยแบบแม่พิมพ์เปิด.....	99
60	แสดงระบบกระบวนการขึ้นรูปโดยใยแก้วและเรซิน.....	99
61	กรรมวิธีการผลิตโดย.....	100
62	แสดงขั้นตอนการผลิตพลาสติกอัดแผ่น.....	101
63	แสดงลักษณะสีผิวการทกลองในหนัง.....	153
64	แสดงมุมมองกว้างสุด.....	155
65	แสดงมุมมองกับเงยสูงสุดและต่ำสุด.....	155
66	สีผิวของมือในการควบคุมและการจับ.....	157
67	แสดงมิติของมือ.....	158
68	การผลิตควยวิธีฉีดลงในแม่พิมพ์ปิด.....	167

บทที่ 1

บทนำ

มูลเหตุในการ เสนอวิทยานิพนธ์ เรื่องนี้

การเรียนการสอนไม่ว่าจะเป็นวิชาใดระดับการศึกษาใดก็ตามจะใ้ผู้ผลสัมกับ ความมุ่งหมาย หรือ เป้าหมายที่วางไว้. หรือไม้นั้นย่อมต้องอาศัยส่วนประกอบหลายอย่างประกอบกัน ไป โดยเฉพาะตัวผู้สอน หรืออาจารย์ผู้สอนนั้นนอกจากจะมีความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอน เป็นอย่างดีแล้ว ยังต้องอาศัยความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ให้กับผู้เรียนได้ เกิดการเรียนรู้ ใหญ่เรียนเกิดความสนใจในเนื้อหาวิชาที่สอน และเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่สอนดังกล่าว จนทำ ใหญ่เรียนสามารถนำเอาความรู้ที่ได้นั้นนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ หรือเป็นแนว ทางในการประกอบอาชีพที่คิดต่อไปได้ ดังนั้นในการศึกษาวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอน – ปลายก็เช่นกัน สิ่งที่ช่วยถ่ายทอดความรู้ของครูผู้สอนให้นักเรียน ใหญ่บรรลุจุดมุ่งหมายได้เร็ว- ขึ้น และเกิดประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ ก็คือ อุปกรณ์การสอนนั่นเอง ชุดอุปกรณ์การสอนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ก็เป็นอุปกรณ์การทดลองชนิดหนึ่งในการนำมาประกอบการ ศึกษาหาความรู้ในเรื่องของการกำเนิดกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก การนำพลังงานในธรรม ชาติมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและการทดสอบกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 5 ความหลักสูตรมัธยมศึกษาตอน ปลาย พ.ศ. 2524 ของกระทรวงศึกษาธิการ โดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี ได้จัดขึ้นตามโครงการปรับปรุงหลักสูตร เพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา จุด มุ่งหมายที่ผู้เรียนหรือนักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า และทดลองปฏิบัติงาน ซึ่ง เน้นให้เกิดความ เข้าใจในหลักวิชามากกว่าการท่องจำ โดยเริ่มจากสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และการทดลอง เพื่อให้ความเข้าใจที่จะค้นหาเหตุผล และหลักความจริงด้วยตัวเอง หรือให้คุ้นเคยกับกระบวนการ แก้ไขปัญหาอย่างมีเหตุผล จากการให้นักเรียนได้ทดลองจากชุดอุปกรณ์ชุดนี้ ยัง เป็นผลสืบ เนื่องต่อการทำความเข้าใจในสถานการณ์ที่มีอยู่หรือ เป็นอยู่ในปัจจุบัน และที่จะเกิดขึ้นใน –

อนาคตข้างหน้า

ทศวรรษความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น ผู้ทำการวิจัยได้ศึกษาหลักสูตร เนื้อหาวิชา วิธีการสอนด้วยอุปกรณ์ชุดดังกล่าวนี้ พบว่ามีข้อบกพร่อง และปัญหาข้อผิดพลาดที่ควรจะมีการปรับปรุงแก้ไขพัฒนาอุปกรณ์ให้ดีขึ้น ใช้งานไ้มากขึ้น การแก้ไขปรับปรุงปัญหาการใช้ อุปกรณ์ในการทดลอง ต้องคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับในทางต่าง ๆ เช่น

1. สามารถปรับปรุงทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยการให้ประสบการณ์การรับรู้ สามารถรับรู้ได้หลายทาง ซึ่งจะมีผลเกิดความเข้าใจและสนใจในการใช้อุปกรณ์มากขึ้น
2. ผู้เรียนสามารถที่จะใช้อุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลองได้สะดวกสบายยิ่งขึ้น เป็นการช่วยประหยัดเวลาในการจัดเตรียมชุดอุปกรณ์มาทดลอง และนำเก็บเมื่อทดลองเสร็จ นอกจากนี้จะทำให้ประหยัดเวลาที่กล่าวมาแล้วนั้นยังทำให้เกิดความสนใจ ประหยัดแรงงานในการปฏิบัติการทดลองอีกด้วย
3. การออกแบบปรับปรุงเพิ่มเติมส่วนประกอบโครงสร้างของชุดอุปกรณ์ให้สามารถสร้างสิ่งดึงดูดความสนใจ จากผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถจดจำได้อย่างแม่นยำ และจะเป็นผู้ช่วยกระตุ้นให้มีความต้องการอยากดูอยากเห็นมีความสนใจขณะมีการเรียนการสอน และในการออกแบบปรับปรุงรูปร่างหรือโครงสร้างนี้ ช่วยในการเก็บบำรุงรักษา การนำพาเคลื่อนย้ายของอุปกรณ์ทั้งชุดได้สะดวกสบายทำให้อุปกรณ์ชุดนี้มีคุณค่าได้มาตรฐานสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น
4. ระบบการทำงาน ควรมีการปรับปรุงหรือดัดแปลงให้เหมาะสมสอดคล้องกับการเรียนการสอนที่สัมพันธ์ และต่อเนื่องกันไปอย่างมีระบบ สามารถนำมาใช้ประกอบการสอนในบทเรียนต่อ ๆ ไปได้
5. ประโยชน์การใช้งาน ควรที่จะได้รับการปรับปรุงแก้ไขให้สามารถใช้งานได้ อย่างสะดวก และมีประสิทธิภาพ เช่น ในการหมุน น้ำหนัก และมุมมองวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตอุปกรณ์ ก็ควรได้รับการเลือกและสรรหามาให้เหมาะสมกับหน้าที่การใช้งาน

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. เพื่อออกแบบปรับปรุงรูปร่าง และขนาดของชุดอุปกรณ์การสอน เคมี ให้ดีขึ้น เหมาะสมกับครูเรียน และครูสอน เพื่อใช้ในการทดลองให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด และให้รูปทรงทันสมัย น่าสนใจยิ่งขึ้น
2. เพื่อช่วยให้อุปกรณ์การสอนชุดนี้สนองประโยชน์ต่อครูเรียนมากที่สุด ในด้านการใช้งาน การเก็บรักษา และเป็นการรวบรวมอุปกรณ์หลาย ๆ ชิ้นที่ต้องใช้ในการเรียนการสอนซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลายชิ้น เช่น มิเตอร์วัดไฟ ชุดทดสอบกระแสไฟ หลอดไฟ สายไฟ ชุดจำลอง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เหล่านี้ รวมเข้าเป็นชุดเดียวกัน ซึ่งจะส่งผลที่สะท้อนกลับหลาย ๆ ด้าน
3. เพื่อศึกษาวิธีการ เรียนการสอน เฉพาะเนื้อหาวิชา การกำเนิดไฟฟ้า ในหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ชั้น ม. 6) เท่านั้น
4. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ถึงความสะดวกสบายในการใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม-กับการ เรียนการสอน โดยคำนึงถึง
 - 4.1. หน้าที่ประโยชน์ใช้สอย หรือลักษณะการทำงาน
 - 4.2. ลักษณะความเหมาะสม และความคงการ โดยคำนึงถึงส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น
 - ลักษณะรูปทรง.
 - ความแข็งแรงทนทาน
 - ความปลอดภัย
 - ความสะดวกในการใช้งาน

ที่มาของปัญหาของชุดอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ชั้น ม. 6 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. ปัญหาเกี่ยวกับหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย (FUNCTION) ปัญหาทางค่านี้นี้จะมีผลอย่างมากต่อการใช้อุปกรณ์ดังกล่าว ซึ่งยังอำนวยความสะดวกสบายได้ยังไม่ดีเท่าที่ควร จึงจะกล่าว เป็นข้อ ๆ ต่อไปนี้

- 1.1 ปัญหาทางด้านการเคลื่อนย้าย และจัดวางอุปกรณ์ อุปกรณ์การสอนชุดเคมีมีส่วนประกอบอยู่หลายชิ้นด้วยกัน เช่น ชุดจำลอง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า มิเตอร์วัดกระแสไฟ หลอดไฟ สายไฟ ชุดทดสอบกระแสไฟฟ้า AC & DC และชุดทดสอบกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดเสียง. เหล่านี้ที่จะทำให้เกิดความยุ่งยากในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์จากที่เก็บไปยังโต๊ะปฏิบัติการทดลอง หรือห้องปฏิบัติการทดลอง และนำมาเก็บเข้าตู้เก็บอุปกรณ์เมื่อปฏิบัติการทดลองเสร็จ และในขณะที่ทำการทดลอง ปัญหาทางด้านการจัดวางก็จะมีอีก เมื่อจัดวางอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ไม่ดี หรือสายไฟเกิดพันกัน ก็จะทำให้เกิดความยุ่งยากสับสนวุ่นวาย และทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน เพราะสื่อการสอนหรืออุปกรณ์การสอนนี้ยังมีประสิทธิภาพการใช้งาน การสื่อความหมายน้อยมาก
- 1.2 ปัญหาการใช้งานหรือขณะทำการทดลอง ปัญหานี้เกิดขึ้นจากชุดอุปกรณ์เอง คือ เวลาใช้ชุดจำลอง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จำเป็นต้องใช้มือหมุนโหมมเหล็กหมุนตัดขดลวดซึ่งพันรอบแท่งเหล็ก จะหมุนยาก และสายมักขาดบ่อย ๆ ทั้งนี้เพราะวัสดุที่ใช้ทำสายพานไม่เหมาะสม และไม่มีอาหลัยเปลี่ยนเมื่อเกิดขาดหรือฉีกขาดขึ้น หน้าที่ของชุดจำลอง เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ก็จะทำให้เกิดปัญหาเวลาใช้มือหมุนแกนแม่เหล็ก จะทำให้เกิดการเคลื่อนไปตามแรงหมุนควาย ผู้เรียนจึงแก้ปัญหาโดยวิธีใช้มือกดบนชุดจำลองนี้ในขณะที่มืออีกข้างหนึ่งกำลังหมุนแกนแม่เหล็กให้หมุนตัดขดลวด ทั้งนี้เป็นเพราะขาดขายึดพัน และน้ำหนักเบาจนเกินไป อีกอย่างที่ทำให้อุปกรณ์ชิ้นนี้มีปัญหา คือ การซ่อมแซมสายไฟที่ต่อจากปลายของขดลวดทั้ง 3 ขอน้อยคนใดของชุดอุปกรณ์ ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจในอุปกรณ์ชิ้นนี้ และลักษณะการเกิดผลของการทดลอง ในขณะที่ปฏิบัติการทดลองอยู่
- 1.3 ไม่อำนวยความสะดวกในการใช้ปฏิบัติการทดลอง ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวยังขาดหรือบกพร่องในสิ่งเหล่านี้คือ
- 1.3.1 ปุ่มเสียบสายไฟ ไม่มีข้อแสดงกำกับให้ทราบ และสีกไม่แยกให้ชัดเจน ทำให้ผู้เรียนเกิดการสับสน ต้องคอยให้อาจารย์ผู้สอนคอยกำกับอยู่ตลอดเวลา

- 1.3.2 สายไฟเป็นสิ่งจำเป็นที่ใช้ในการต่อกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิด
ต่อไปยังชุดอุปกรณ์ทดสอบกระแสไฟ สายไฟซึ่งมีความยาวและมีจำนวน
หลายเส้น เวลาปฏิบัติงานนำมาใช้พร้อมกัน ก็จะเกิดพันกันขึ้นและยาก
ที่จะแยกสีได้
- 1.3.3 มือหมุน ที่ใช้หมุนแล้วต่อแรงควยสายพานไปหมุนแม่เหล็กให้หมุนตัดขด
ลวดนั้น เวลาหมุนจะหมุนยากและ เกิดการ คึกซึก
- 1.3.4 รูปร่าง และขนาดสัดส่วนของชุดอุปกรณ์ไม่สัมพันธ์กันกับผู้ใช้ และ เนื้อที่
ในการปฏิบัติการทดลอง

2. ปัญหาเกี่ยวกับรูปทรง (FORM)

เนื่องจากอุปกรณ์เดิมคำนึงถึงแต่การทดลองแคให้นักเรียนใช้ และ เข้าใจในหลัก
การเท่านั้น แต่ยังไม่ค่อยปรับปรุงพัฒนา หรือออกแบบในคานรูปทรง ขนาดปรวาง หรือในส่วน
อื่นที่สนับสนุนจิตวิทยาของผู้ใช้ อุปกรณ์ให้เกิดความสนใจ และการกระตุ้นให้เกิดความตองการ
นำใช้ขึ้น และส่วนประกอบอื่น ๆ อีกที่ยังขาดอยู่ เช่น

- 2.1 ความสวยงาม และ เหมาะสมที่จะใช้ เป็นอุปกรณ์
- 2.2 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์และมุมมองของผู้ใช้ไม่สัมพันธ์กัน
- 2.3 วัสดุที่นำมาใช้ยังไม่เหมาะสม
- 2.4 รูปทรงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังธรรมดาขาดความน่าสนใจ และไม่ค่อยออกแบบ
เผื่อไว้กับการพัฒนาไปของเทคโนโลยีรอบ ๆ ด้าน
- 2.5 ชิ้นส่วน หรือส่วนประกอบส่วนใหญ่ไม่ค่อยผลิตขึ้นมาเอง แต่อาศัยของหรือชิ้น
ส่วนที่มีขายตามท้องตลาดมาทำการดัดแปลงปรับปรุงมาใช้ร่วมกัน จึงทำให้
อุปกรณ์ดูแล้วยังไม่เป็นชุดเดียวกัน และดูไม่เหมาะสม

3. ปัญหาเกี่ยวกับการบำรุงรักษาและซ่อมแซม (MAINTENANCE)

ชุดอุปกรณ์เดิมมักมีปัญหาเมื่อ เกิดมีการชำรุดของชิ้นส่วนบางชิ้น และไม่มีอะไหล่
เปลี่ยน ต้องหาวัสดุที่นำใช้ทำแทนกันได้เปลี่ยนแทน เช่น

- 3.1 สายพาน สายพานที่ไซตอแรงจากที่มือหมุน เข้าไปหมุนแม่เหล็กให้หมุนตัดขดลวดนั้น มักเกิดการชำรุด และขาดบ่อย ๆ สาเหตุมาจากวัสดุที่ใช้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาทำเป็นสายพาน และเวลาขาดแล้วไม่มีอะไหล่จากทางบริษัทผู้ผลิต ซักอุปกรณ์มา เปลี่ยนหรือทดแทนของ เกิม
- 3.2 ปุ่มเสียบสายไฟมักหลุดบ่อย ๆ ซึ่งมีขนาดเล็กและมักเกิดการสูญหายไปไค้
- 3.3 ไม่มีฝาครอบกันฝุ่น และกันการไขมือจับตองของนักเรียน ซึ่งจะทำให้ความเสียหายต่ออุปกรณ์ขึ้นไค้ เวลาฝุ่นจับจะทำให้ความสะอาดยาก เพราะว่ามีซอกของ รุมมาก
- 3.4 ไม่มีอะไหล่ หรือชิ้นส่วนทดแทนเมื่อ เกิดการชำรุดหรือเสียหายขึ้น

4. ปัญหาเกี่ยวกับวัสดุและกรรมวิธีการผลิต

เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลองชุดนี้ ซึ่งมีอยู่หลายชิ้นด้วยกัน และแต่ละชิ้นก็ผลิตขึ้นมาโดยไมค่านึง ถึงการนำมาใช้งานรวมกัน จึงเกิดปัญหาคานการใช้งาน และเรื่องของวัสดุอีก ซึ่งจะทำให้เปลือง เวลาและแรงงานในการผลิต เพราะอุปกรณ์แต่ละชิ้นทอทำ BODY สำหรับคึดส่วนประกอบหรือห่อหุ้มชิ้นส่วนทั้งหมด และบางชนิดก็ไมค่านึงถึงวัสดุที่นำมาใช้เลย โดยการนำเอาภาชนะพลาสติกที่มีขายในตลาดมาคึดแปลงใช้ เป็นซอกอุปกรณ์เลย จึงทำให้ขาดความน่าสนใจ และไม่น่าใช้ ซ้ำยังไม่แข็งแรงอีกควย การที่อุปกรณ์แต่ละชิ้นแยกกันผลิต และใช้วัสดุในการผลิตแตกต่างกันไปนี้จะทำให้ราคาของอุปกรณ์นี้สูงตามไปควย เพราะต้องบวกค่าวัสดุ เวลา และแรงงานในการผลิตเข้าไปควย การผลิตก็ไม่ไค้ผลิตในระบบอุตสาหกรรม ซึ่งจะเป็นปัญหาในคานของอะไหล่ ชิ้นส่วนที่ไซซอมแซมเมื่อ เกิดการชำรุดเสียหาย คึงที่กล่าวมาแล้วข้างคน จะเห็นไค้ว่าเทคโนโลยีในคานคาง ๆ ในประเทศไทยไค้เจริญรุดหน้าไป แต่อุปกรณ์การสอนการทดลองคาง ๆ ภายในโรง เรียนยังไม่ไค้ได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้าไปให้ทันคองเหตุการณ์เลย

5. ปัญหาเกี่ยวกับความสวยงามน่าใช้ (BEUATY)

สิ่งที้นับว่ามีความสำคัญคองการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกชนิด ทุกประเภทเลยในคานของอุปกรณ์การสอนก็เช่นคัน ต้องมีความสวยงามน่าชอยุมาง เพื่อเราคความสนใจจากผูเรียน แต่อุปกรณ์

ดังกล่าวนี้เป็นชุดอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองเพียงอย่างเดียว ไม่ได้รับการออกแบบรูปทรงให้สวยงาม หรือเหมาะที่จะใช้เป็นเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์ และไม่ทำให้เกิดความสนใจ ความน่าใช้ หรือสนับสนุนจิตวิทยาในคนต่าง ๆ ของผู้ใช้เลย แม้กระทั่งเรื่องของสีสรร ของอุปกรณ์ก็ไม่น่าสนใจ

แนวทางแก้ไขปัญหา

1. หน้าที่ประโยชน์ใช้สอย (FUNCTION)

การปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับชุดอุปกรณ์การสอนชุดนี้ในค่านประโยชน์ใช้สอยสามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้นกว่าเดิม การปรับปรุงแก้ไขทำได้ดังนี้คือ

1.1 ในค่านการเคลื่อนย้ายและจัดวางอุปกรณ์ เดิมที่มีปัญหาอยู่นั้นมาจากชุดอุปกรณ์ที่มีมากขึ้นเกินไป เพื่อป้องกันการสับสนวุ่นวายทำให้สะดวกในการเคลื่อนย้าย และง่ายต่อการมอง และการทำความเข้าใจ จึงออกแบบปรับปรุงชุดอุปกรณ์ให้อยู่ในชุดเดียวกัน ซึ่งรวมเอาอุปกรณ์ที่องค์การใช้หมดทุกชิ้นมาจัดวางให้เป็นระบบ อยู่ใน BODY อันเดียวกัน โดยคำนึงถึงความสะดวกในคนต่าง ๆ เช่นมอง จัดอุปกรณ์ชุดทดสอบกระแสไฟให้ เป็นระเบียบ สดวกใช้แถบสีที่เหมาะสมแทนสายไฟที่เชื่อมระหว่าง เครื่องกำเนิด และชุดทดสอบกระแสไฟ แทนสายไฟที่มีปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะทำให้ดูเรียบร้อยและเข้าใจง่ายกว่าเดิมมากขึ้น ส่วนการที่รวมเอาอุปกรณ์ทั้งหมดมาอยู่ เป็นชุดเดียวกันก็จะทำให้ง่ายต่อการเคลื่อนย้ายการนำพา และป้องกันชิ้นส่วนบางชิ้นขาดหายไปเลย ซึ่งจะสะดวกยิ่งขึ้นกว่าเดิม

1.2 ในค่านการใช้งานหรือปฏิบัติการทดลอง ก็ปรับปรุง และแก้ไขปัญหามีอยู่เดิมให้หมดไป โดยการใส่ลูกปืนที่ลับอีกแทนที่โชแกนหมุนธรรมดา ส่วนมือหมุนก็ทำขนาดให้พอดี และสะดวกในการหมุน การต่อแรง เพื่อให้หมุนได้เร็วขึ้น และง่ายขึ้นก็ทำได้โดยการตัดเฟือง เพื่อเพิ่มจำนวนรอบที่โชมือหมุน ส่วนสายพานก็จะมีขนาดที่แน่นอนได้มาตรฐานมีอาหลักสามารถเปลี่ยนได้เมื่อเกิดการชำรุดและเสียหาย โดยคำนึงถึงวัสดุที่นำมาใช้ ซึ่งของทนต่อแรงเสียดทานอยู่ตลอดในเมื่อการหมุนที่โชมือหมุนให้แม่เหล็กหมุนตัดขลวดทำโค้วสะดวก แล้วปัญหาเรื่องการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวของชุดอุปกรณ์ก็จะลดลง แต่การแก้ปัญหาหรือขจัดปัญหาการ

เคลื่อนที่เมื่อเกิดแรงหมุนก็จะทำได้โดยการเพิ่มชายึดพื้นท่าคด้วยบางครั้งส่วนที่สัมผัสกับพื้นผิวของพื้นโต๊ะปฏิบัติการทดลอง ส่วนน้ำหนักของชกอุปกรณ์ดังกล่าวนี้เมื่อนำมารวมเป็นชกเดียวกันก็มีน้ำหนักพอดีไม่หนักหรือเบาจนเกินไป ส่วนในเรื่องของความไม่สะดวกในการมองสายไฟที่เป็นสื่อไฟฟ้าไปยังชกทดสอบกระแสไฟนั้นในการออกแบบปรับปรุงใหม่นี้ได้ใช้ตัวนำไฟฟ้าทำเป็นแถบสีวางบนพื้นคานบนซึ่งสามารถมองเห็นได้ชัดเจน และจัดวางอย่างเป็นระเบียบจะสามารถเห็นได้ว่าสายไฟเส้นใดออกมาจากปลายของชกตรวจชกใดจะทำให้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น

1.3 ในด้านความสะดวกในการใช้ปฏิบัติการทดลอง ได้แก้ไขปัญหาจากเดิมให้หมกสั้นเป็นอย่าง ๆ ไปดังนี้

- 1.3.1 ปุ่มเสียบสายไฟ ก็จะแยกสีให้ชัดเจนเพื่อให้ผู้โค้ง่ายขึ้นพร้อมทั้งเขียนชื่อกำกับไว้ทุกปุ่ม และ เหมือนกันทุกชกเป็นมาตรฐาน
- 1.3.2 สายไฟในเมื่ออุปกรณ์จัดเป็นชกแล้วก็จะใช้สื่อไฟฟ้าเป็นแถบสีเป็นชก ๆ แทนสายไฟเดิมซึ่งมีความยาวคไม่ เป็นระเบียบและยากต่อการทำความเข้าใจและการมอง แต่ทั้งนี้การนำกระแสไฟต่อเชื่อมกันก็ของอาศัยสายไฟเหมือนเดิม ดังนั้นก็จะทำให้จุดต่อของสายไฟอยู่ใกล้กัน เพื่อที่จะได้ใช้สายไฟสั้นกว่าเดิม และสายไฟก็ของกำหนดสีสรร เพื่อใหมองดูได้อย่างชัดเจน
- 1.3.3 มือหมุน ก็จัดหาวัดศุติที่เหมาะสมมาใช้ทำพร้อมทั้ง ขนาดก็ให้เหมาะสมกับขนาดของมือผู้ที่ใช้อุปกรณ์เป็นส่วนใหญ่ และทำให้สามารถหมุนโค้ง่ายขึ้นไม่หมุนยาก เหมือนของ เดิม
- 1.3.4 รปรางและขนาดล็คส่วนของอุปกรณ์ก็ให้สัมพันธ์กับขนาดล็คส่วนของผู้ใช้อุปกรณ์ เป็นส่วนใหญ่ และให้เหมาะสมกับพื้นที่ของห้องปฏิบัติการทดลอง

2. รูปทรง (FORM) ของชกอุปกรณ์

ในคานรูปทรงซึ่งนับว่ามีความสำคัญมากต่อการสนับสนุนทางจิตวิทยาของ เด็กนัก – เรียนเพื่อที่จะให้เกิดความสนใจ และการกระตุ้นความสนใจความคองการใ้ชงานของ เด็กนัก–

นักเรียนก็สามารถแก้ปัญหาเป็นข้อ ๆ ดังนี้

- 2.1 ออกแบบปรับปรุงรูปทรงใหม่ให้ และเหมาะสมที่จะเป็นอุปกรณ์เพื่อการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
- 2.2 ออกแบบปรับปรุงให้ชุดอุปกรณ์เป็นระเบียบเข้าใจได้ง่ายเมื่อใช้ปฏิบัติการทดลอง ทั้งผู้เรียนและผู้สอน อย่างมีมาตรฐานและสมบูรณ์แบบ
- 2.3 ปรับปรุงทางด้านสีสรร กราฟฟิค เพื่อดึงดูดความสนใจนำเข้าสู่บททดลองปฏิบัติ และให้ทันสมัยและเทคโนโลยีที่พัฒนาไป
- 2.4 ปรับปรุงเรื่องวัสดุที่นำผลิตเป็นโครงสร้างและส่วนประกอบทั้งหมด เพื่อให้ได้รูปทรงที่เหมาะสมยิ่งขึ้น เพราะวัสดุที่ใช้อยู่กับผลิตภัณฑ์เดิมนั้นไม่สามารถทำให้รูปทรงเป็นไปตามที่ต้องการได้ รูปทรงที่ออกมาจึงไม่น่าสนใจเท่าใดนัก
- 2.5 ปรับปรุงด้านรูปทรงให้เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนกับวัยของผู้ใช้อุปกรณ์ได้ มาตรฐานตามหลักกายวิภาคของคนไทยทั้งชายและหญิง (ผู้ใช้อุปกรณ์)

3. การบำรุงรักษาและซ่อมแซม (MAINTENANCE)

ในด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซมนี้ ในเมื่อการออกแบบปรับปรุงใหม่สามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม ที่แน่นอนต้องมีอาหลัที่สามารถเปลี่ยนได้ เมื่อเกิดการชำรุดหรือสึกหรอ แต่สำหรับการบำรุงรักษาในแต่ละจุดละจุดนั้นสามารถแยกออกได้ดังนี้

- 3.1 สายพานปรับปรุงวัสดุให้ดีขึ้น เพื่อป้องกันการฉีกขาดชำรุดหรือเสียหาย และหล่อเป็นเนื้อเดียวกันทั้งเส้น ขนาดพอดีกับร่องสายพาน
- 3.2 บุ่มเสียบปลั๊กหรือสายไฟ ก็ทำขนาดใหญ่พอเหมาะกับการใช้งานและทำให้เป็นเกลียวหมุนมันคงแข็งแรงกว่าเดิม
- 3.3 ในเรื่องการทำความสะอาดและการป้องกันรักษานั้น ในส่วนที่เวลาฝุ่นเข้าจับแล้วทำความสะอาดยากก็จะทำฝาครอบไว้ แต่ถาดองการใหม่มองเห็นชัดเจนก็ทำฝาครอบเป็นพลาสติกใส และสามารถถอดเข้าออกได้ง่ายเมื่อต้องการซ่อมแซมหรือทำความสะอาด

4. วัสดุและกรรมวิธีการผลิต

ปรับปรุงในเรื่องของวัสดุที่นำมาใช้ให้เหมาะสม และคำนึงถึงการผลิตใ้ควยระบบอุตสาหกรรม ซึ่งจะยกตัวอย่างให้เห็นเป็นจุด ๆ ใดดังนี้ คือ

4.1 โครงสร้างส่วนใหญ่ซึ่งจะมีรูปทรงที่น่าสนใจ วัสดุที่ใช้ก็คองวัสดุที่มีความแข็งแรงและสามารถขึ้นรูปที่ยาก ๆ ใด พร้อมทั้งสามารถทนความร้อนต่อแรงดึง และรับน้ำหนักได้ ดังนั้นวัสดุที่จะนำมาใช้ทำโครงสร้างก็คอง เป็นจำพวกพลาสติกประเภท เทอร์โมเซตติง () ชื่อโพลีลิก (PHENOLIC) ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ทำโครงสร้างของอุปกรณ์ไฟฟ้าเกือบทุกชนิด

4.2 ส่วนที่ทำเป็นฝาครอบปิดกันฝุ่นหรือคองการไหลมอง เห็นภายในซัท เจนก็ใช้พลาสติกประเภท อะคริลิก (ACRYLIC) ซึ่งมีคุณสมบัติที่ทนทานเป็นฉนวนไฟฟ้าและโปร่งใส ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ทำกระจกเลนส์กล้องถ่ายรูป ถ้วยแก้วต่าง ๆ ซึ่งส่วนคานการลาคใช้ชื่อว่า ลูไลท์ โพลีกลาส เป็นต้น

4.3 ประเภทแกนเพลลาของ เฟือง ซากแรงหมุนก็ใช้โลหะที่ไม่เป็นสนิม

4.4 ส่วนคานการผลิตส่วนที่เป็นพลาสติกก็ผลิตในระบบอุตสาหกรรมโดยการผลิตในระบบฉีดเข้าแม่พิมพ์ (INJECTION MOLDING)

4.5 ส่วนคานการผลิตส่วนที่เป็นโลหะก็ใช้การกลึง และขึ้นคอก

5. คานความสวยงามนำใช้ (BEVATY)

สิ่งนี้มีความสำคัญคองการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกชนิด ซึ่งจะ เป็นสิ่งที่ช่วยใ้ผลิตภัณฑ์นำใช้ยิ่งขึ้น เราควมสนใจจากผูเรียนมากยิ่ง ขึ้น ซึ่งกระทำใ้หลายทางควยกัน เช่น

5.1 คานรูปทรง ซึ่งกลาวมาแล้วข้างคองมีรูปทรงที่นำใช้ เหมาะสมที่จะ เป็นอุปกรณ์การ เรียนการสอน รูปทรงทันสมัยคานการวิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี

5.2 คานกราฟิก และตำแหน่งการจักวาง สิ่งเหล่านี้ก็ช่วยใ้ชุดอุปกรณ์มีความสวยงามและสมบุรณยิ่งขึ้น และจะ เป็นสิ่งที่ช่วยใ้ชุดอุปกรณ์ใ้การปฏิบัติการทดลองใ้เข้าใจายยิ่งขึ้น เพราะมีความสุนทรีย์ภาพและความเป็นระเบียบใ้การจักวาง คองจักวางใ้ถูกกับตำแหน่ง และมีกราฟิกหน้าสายคาควย

5.3 คานสีสรรของชุดอุปกรณ์ สิ่งนี้มีความสำคัญมากกับผลิตภัณฑ์ทุกชนิด สีที่ใ้คอง เป็นสีที่ เหมาะที่จะใ้กับอุปกรณ์การ เรียนการสอน และ เหมาะกับวัยของผูเรียนควย

เป็นสิ่งที่สนับสนุนค่านิยมของครูไชควย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษารายละเอียดจากหลักสูตร เพื่อหาความต้องการของหลักสูตรในการดำเนินงานการวิจัยให้ไปตามเป้าหมาย และโดยลุ่มมากที่สุด
2. ศึกษารายละเอียดของหลักสูตร เพื่อหาวิธีการสอน การเกิดหรือกำเนิดกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เท่านั้น
3. ศึกษาอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม และกำลังใช้อยู่ในปัจจุบัน ตามโรงเรียนมัธยมศึกษาทั่วไปทั้งในกรุงเทพฯ และต่างจังหวัด เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนในค่านิยมความต้องการอุปกรณ์
4. ศึกษาเกี่ยวกับวัสดุ และกรรมวิธีการผลิตในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมในการวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบปรับปรุงชิ้นใหม่
5. ศึกษาเกี่ยวกับวัสดุที่จะนำมาใช้อย่างละเอียด เพื่อความเหมาะสมและได้คุณภาพตามที่ต้องการ
6. ศึกษาเกี่ยวกับแนวทางของการนำชุดอุปกรณ์ดังกล่าวที่จะสามารถนำไปใช้ในการสอนที่ต่อเนื่องกันได้ ในชั้นต่อ ๆ ไป
7. สรุปผลการวิจัย และขอเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยหรือค้นคว้าหรือออกแบบปรับปรุงต่อไป

ขอบเขตของการศึกษาข้อมูล

1. ศึกษาข้อมูลจากแหล่งที่มีชุดอุปกรณ์ใช้ประกอบการเรียนการสอนในโรงเรียนมัธยมศึกษาภายในประเทศไทยเท่านั้น
2. ศึกษาข้อมูลจากแหล่งผลิตชุดอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนในสาขาวิชาฟิสิกส์นี้โดยตรง
3. ศึกษาข้อมูลจากผู้ที่มีความรู้ และทักษะความสามารถประสบการณ์หรือผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาฟิสิกส์ และค่านิยมการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้โดยตรง
4. ศึกษาข้อมูลที่มีลักษณะใกล้เคียงหรืออุปกรณ์ที่ดัดแปลงมาจากเอกสาร, สิ่งพิมพ์, รายงาน, หนังสือแบบเรียน และหนังสือเผยแพร่เกี่ยวกับอุปกรณ์นี้โดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ศึกษาข้อมูลจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของ

6. ศึกษาจากการสำรวจ โดยการสัมภาษณ์ หรือใช้แบบสอบถามจากวิทยากรผู้มีความรู้จากผู้ใช้อุปกรณ์ จากแหล่งต่าง ๆ ทั้งที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อนำมาประกอบและสนับสนุนการดำเนินการวิจัย

ขอบเขตของการออกแบบ

1. ออกแบบปรับปรุง เพื่อใช้เป็นชุดอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 เท่านั้น
2. ออกแบบเพื่อใช้เป็นชุดอุปกรณ์การสอนในเรื่องของการกำเนิดไฟฟ้า และการนำเครื่องมือทดสอบมาทดสอบกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมกับการจำลองเอาพลังงานธรรมชาติ คือ พลังงานน้ำ และลมมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าควยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในชุดเดียวกัน
3. ออกแบบให้สามารถทดลองปฏิบัติได้ครั้งละ 4 คน
4. ออกแบบให้สามารถผลิตได้ในประเทศด้วยระบบอุตสาหกรรมเท่านั้น
5. ออกแบบให้วัสดุที่มีอยู่ในประเทศเท่านั้น
6. ออกแบบให้ เป็นชุดอุปกรณ์ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก เก็บพับได้
7. ออกแบบปรับปรุงใหม่ประสิทธิภาพในการใช้งานดีกว่าอุปกรณ์เดิม
8. ออกแบบเพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ให้นักเรียนเป็นผู้ทดลองปฏิบัติ โดยมีอาจารย์ผู้สอนคอยแนะนำการใช้อุปกรณ์
9. ออกแบบเพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทดลองปฏิบัติในเรื่องการกำเนิดไฟฟ้าเท่านั้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิทยานิพนธ์

1. เพื่อประโยชน์ และเหมาะสมเป็นชุดอุปกรณ์ขั้นพื้นฐานในการเรียนการสอน และทดลองปฏิบัติของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ชั้น ม. 6) เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ ในการศึกษาระดับสูงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อส่งเสริมเนื้อหาวิชาที่ปรากฏในหลักสูตร โดยเน้นให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในหลักวิชา โดยการลงมือปฏิบัติเองมากกว่าการท่องจำ
3. เพื่อเสริมสร้างเจตคติและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบในลักษณะอุปกรณืเข้าช่วย โดยเริ่มจากสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และการทดลอง เพื่อให้นักเรียนได้ทักษะ และความสามารถทางปัญญา เขาค้นหาเหตุผลที่เป็นหลักความจริงด้วยตัวเอง
4. การปรับปรุงให้สอดคล้องกับหลักสูตรวิชาเพิ่มเติม โดยผู้วิจัยพบว่าจะมีสิ่งช่วยอย่างมากต่อผู้เรียน ตั้งแต่การแก้ไขปัญหาคณิตประจำวันทั้งในปัจจุบันและอนาคต
5. เพื่อช่วยให้นักเรียนในระดัมนี้อาจมีโอกาสได้สัมผัสกับชุดอุปกรณ์ที่มีรูปทรงที่น่าสนใจและทันต่อการพัฒนาการ ของวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

ส่งเสริมในด้านความตองการ

1. เพื่อให้เกิดความสะทวักสบายในการใช้ปฏิบัติการทดลอง
2. เพื่อให้สามารถเข้าใจได้เร็วขึ้นแลวมองได้ชัดเจนกว่า
3. ปรปร่าง เหมาะสม แข็งแรง สวยงามน่าใช้
4. เพื่อให้มีอุปกรณ์ใหม่ ๆ เขามา เพื่อใช้ให้เกิดประโยชน์
5. เพื่อจะได้มีชุดอุปกรณ์ที่ผ่านการแก้ไขปัญหาล้วนนำมาใช้งาน
6. วัสดุที่ใช้ในการผลิตและสามารถผลิตได้ภายในประเทศทั้งหมด
7. เพื่อให้เกิดประโยชน์หน้าที่ใช้สอย และมีสมรรถภาพการทำงาน หรือระบบการทำงานที่ดี และ เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 2

การศึกษาชุดอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.1 การศึกษาหลักสูตรการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้น ม. 6

ในหลักสูตรการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของกระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งได้มีการปรับปรุงหลักสูตรทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขาเมื่อปี พ.ศ. 2520 เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการพัฒนาของเทคโนโลยีในทุก ๆ ด้าน และใ้กว้างหลักการ หรือจุดมุ่งหมายของหลักสูตรการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ขั้นพื้นฐานไว้ดังนี้ คือ

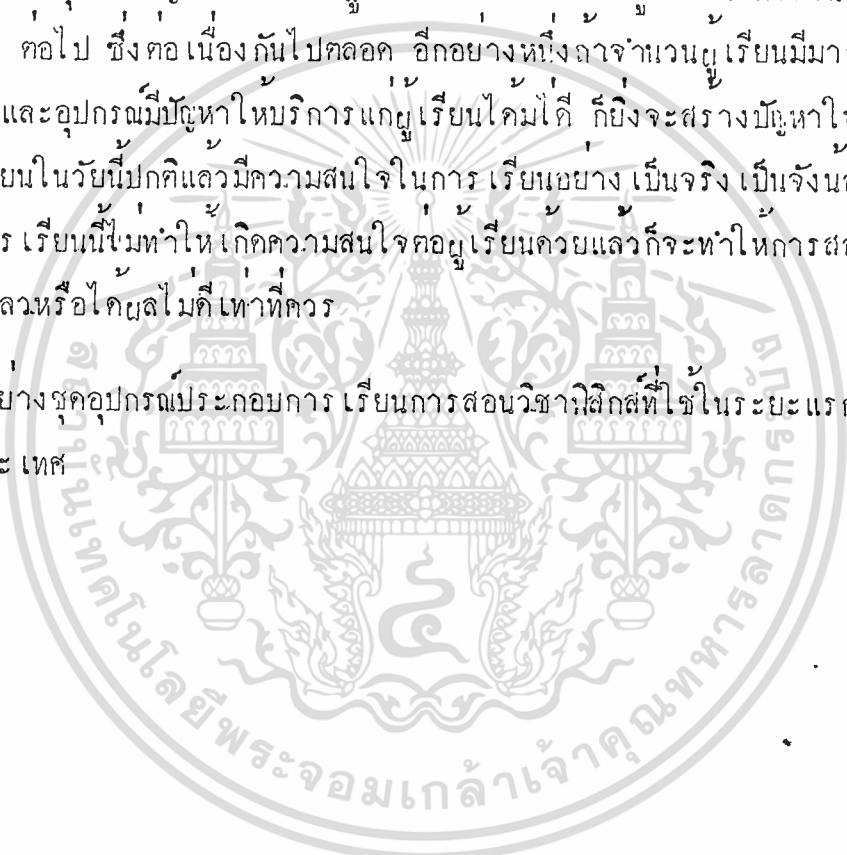
1. ให้นักเรียนได้เรียนรู้หลักของวิชาฟิสิกส์อย่าง เป็นระบบที่สัมพันธ์และต่อเนื่องกัน
2. ให้นักเรียนมีความเข้าใจในหลักวิชามากกว่าการท่องจำหรือการคำนวณ โดยเริ่มจากสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสค้นหาเหตุผลและหลักความจริงด้วยตัวเอง
3. เพื่อให้นักเรียนได้คุ้นเคยกับกระบวนการแก้ไขปัญหาย่างมีเหตุผล
4. เพื่อให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตัวเองจากอุปกรณ์การทดลอง
5. เพื่อให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผลใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
6. เพื่อให้นักเรียนเป็นคนซื่อสัตย์ และบากบั่นต่อการทำงาน

2.2 การศึกษาชุดอุปกรณ์การสอน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สำหรับชุดอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนชุดนี้ใช้ในการเรียนการสอนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นชุดจำลองของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถทำงานได้จริง ซึ่งโดยการใช้แม่เหล็กไฟฟ้าหมุนตัดแกนโลหะของลวดทองแดง หรือเรียกว่าอาเมเจอร์ แล้วทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ซึ่งอุปกรณ์ในชุดดังกล่าวนี้ ยังสามารถนำไปประกอบการสอนในเรื่องต่าง ๆ ได้เช่น ไฟฟ้าทำให้เกิดแสง ไฟฟ้าทำให้เกิดเสียงและพลังงาน หรือการนำพลังงานจากธรรมชาติ เช่น พลังงานจากน้ำ พลังงานจากลม มาผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะเรียนต่อกันไป จากการเรียนในบทนี้ ดังนั้นจึงได้สังเกตเห็นว่า อุปกรณ์ชุดนี้น่าจะได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการ

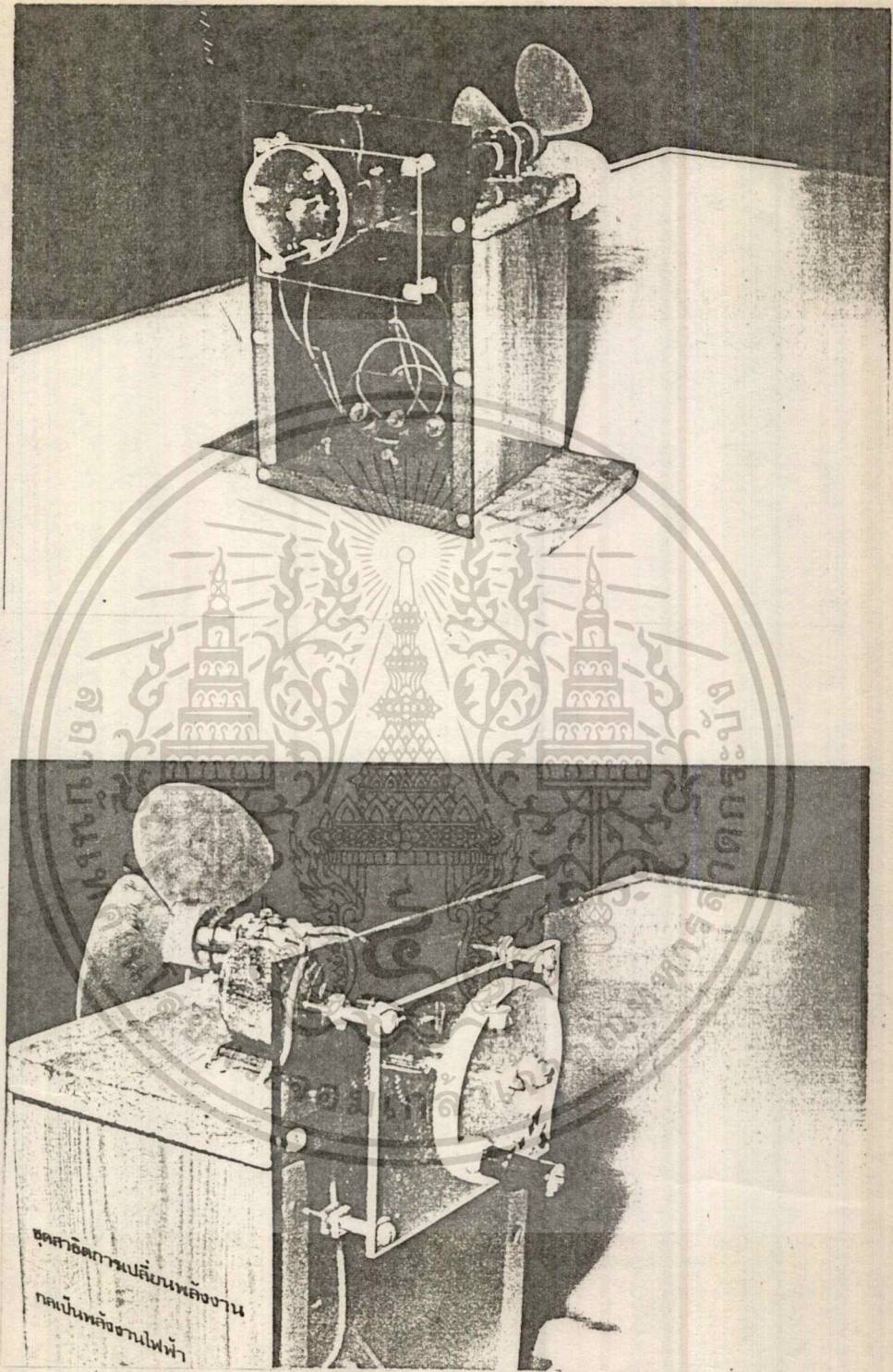
ใช้งาน และเป็นสื่อในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี เพราะในปัจจุบันทางบริษัทผู้ผลิตใน
 เครื่องขององค์การการศึกษาได้จัดทำขึ้นเพื่อจำหน่ายให้แก่สถานศึกษาทุกแห่งไปเพื่อใช้
 ประกอบการเรียนการสอนในวิชาต่างๆ เนื้อหาให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในหลักการ
 ใช้งานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแอมป์ที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ยังมีการไม่คิดเท่าที่ควร เพราะ
 สาเหตุมาจากหลาย ๆ อย่าง ปัญหาที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อผู้เรียนทำให้เกิดความสับสนไม่เข้าใจ
 ใด ซึ่งการเรียนในจุดนี้สำคัญมาก เพราะผู้เรียนจะทงนำความรู้เหล่านี้ไปใช้ในการเรียน
 ในเรื่องต่าง ๆ ต่อไป ซึ่งต่อเนื่องกันไปตลอด อีกอย่างหนึ่งถ้าจำนวนผู้เรียนมีมากกว่าจ่า-
 นวนชุดอุปกรณ์ และอุปกรณ์มีปัญหาให้บริการแก่ผู้เรียนไม่ได้ ก็ยังจะสร้างปัญหาให้หนักขึ้นไป
 อีก เพราะผู้เรียนในวัยนี้ปกติแล้วมีความสนใจในการเรียนอย่าง เป็นจริง เป็นจังน้อยมาก ยิ่ง
 ถ้าชุดอุปกรณ์การเรียนนี้ไม่ทำให้เกิดความสนใจต่อผู้เรียนด้วยแล้วก็จะทำให้การสอนในเรื่อง
 ดังกล่าวนี้น่าเบื่อหรือได้ผลไม่เท่าที่ควร

ตัวอย่างชุดอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในระยะแรกและที่
 ผลิตจากต่างประเทศ



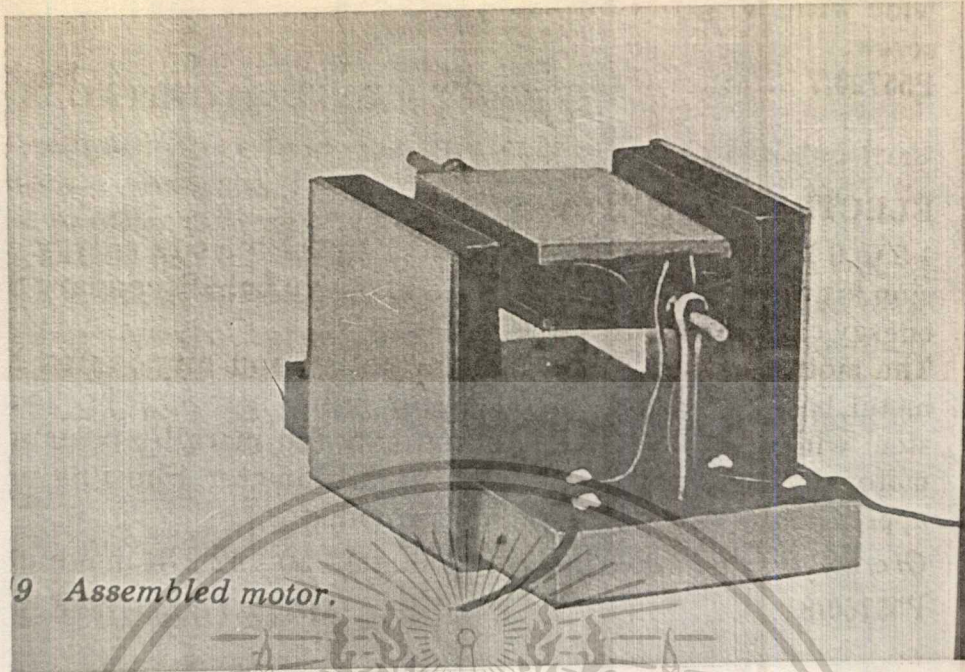
๐๐ 19796

~~๐๐๐๐๐๐ ๐๐๐๐๐๐~~



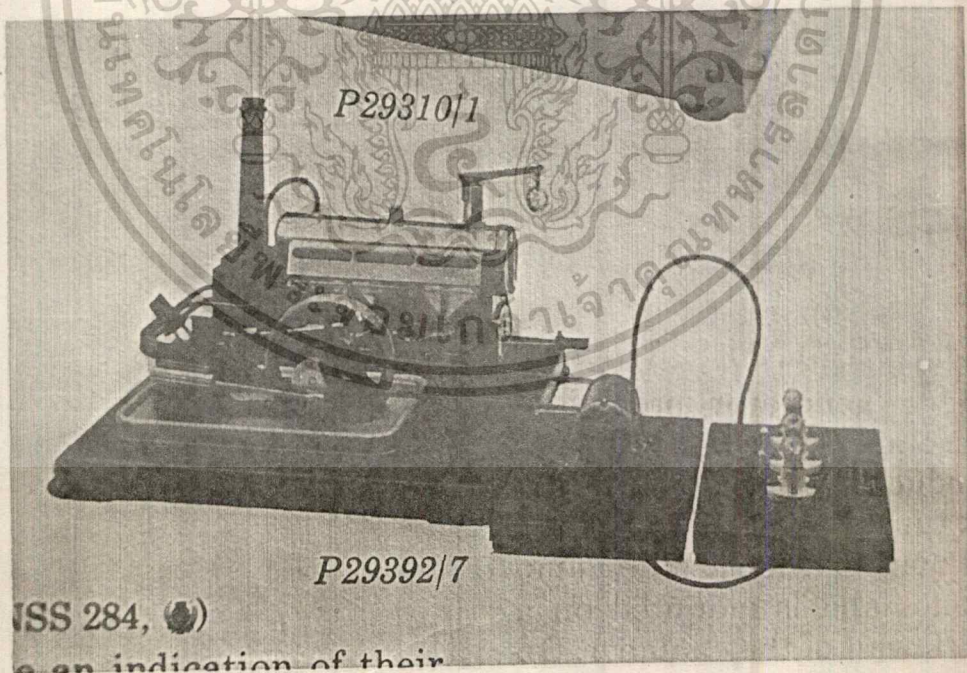
รูปที่ 1 - 2 ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในระยะแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



9 Assembled motor.

รูปที่ 3 ตัวอย่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในระยะแรก

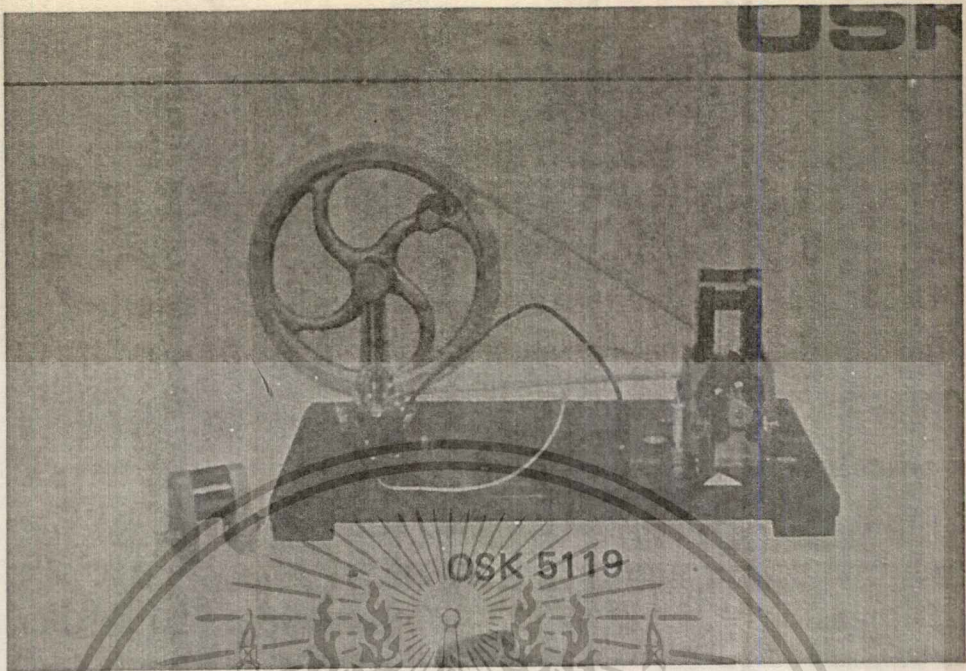


ISS 284, (๗)

an indication of their

รูปที่ 4 ตัวอย่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในระยะแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

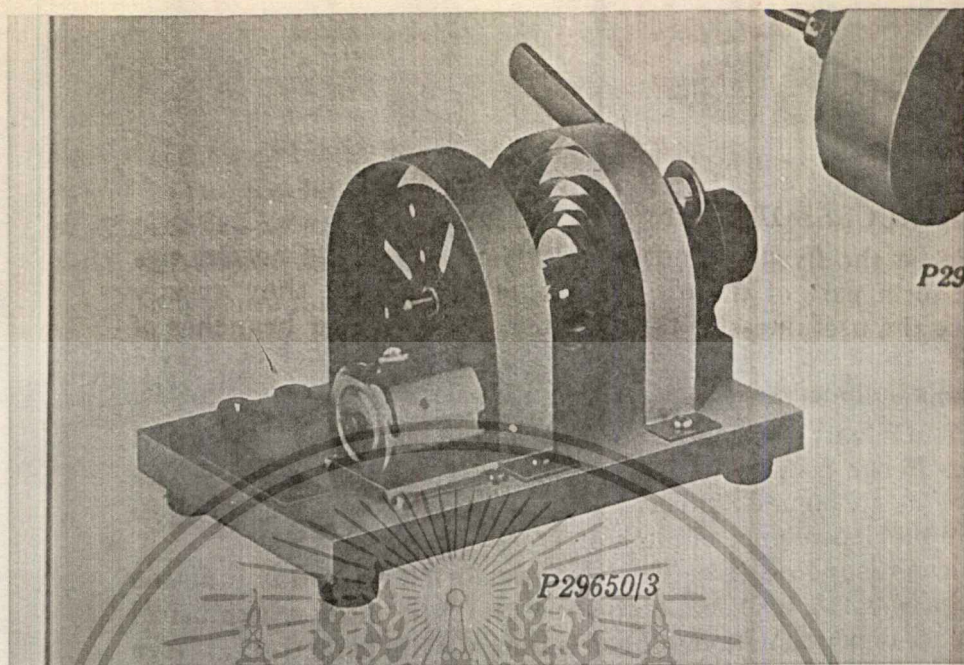


รูปที่ 5 ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในระยะแรก

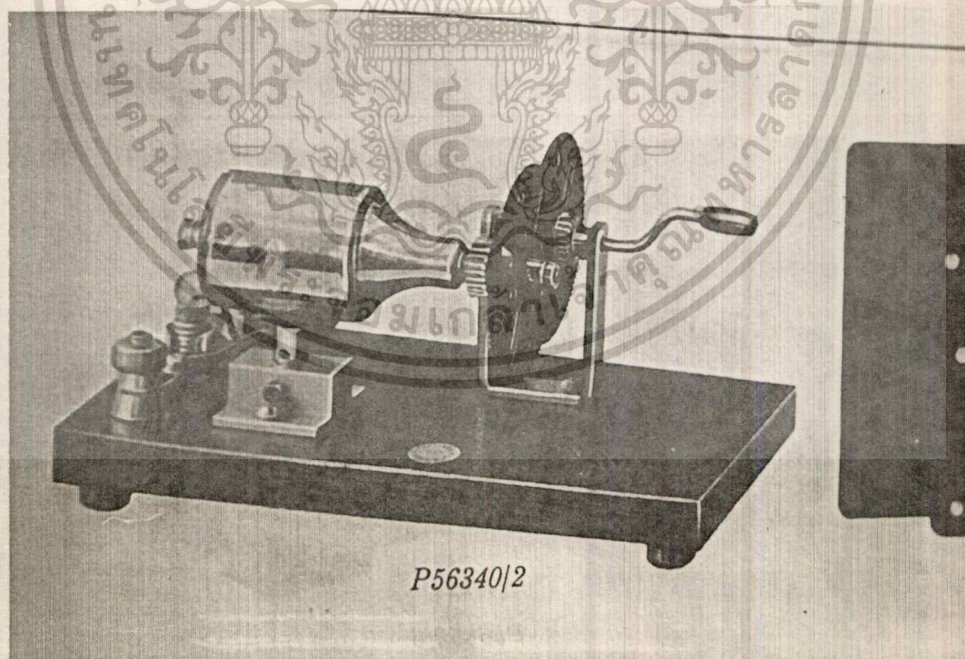


รูปที่ 6 ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในระยะแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

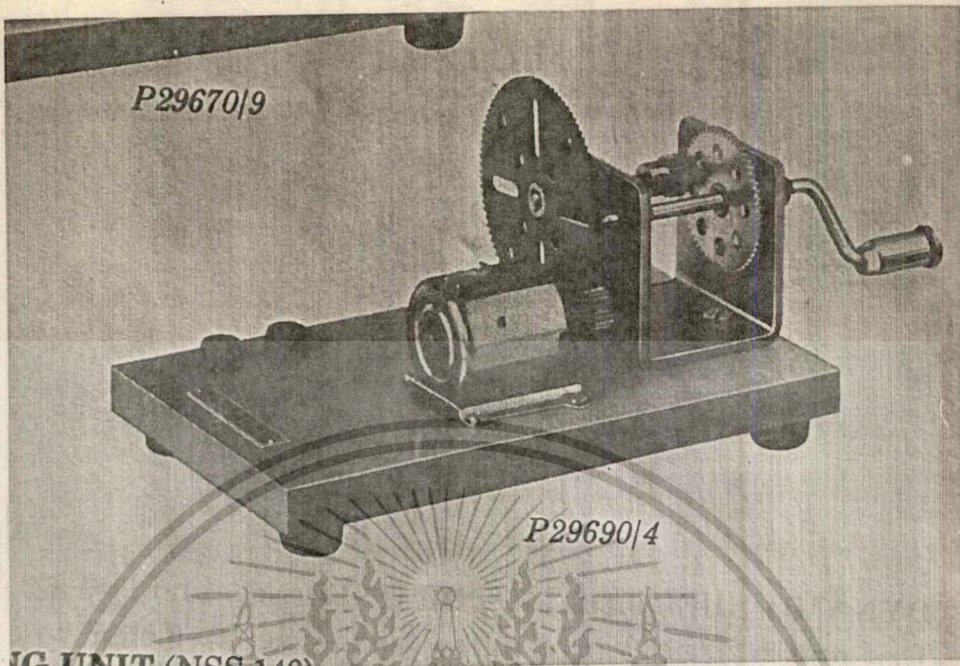


รูปที่ 7 ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในปัจจุบัน



รูปที่ 8 ตัวอย่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



IG UNIT (NSS 140)

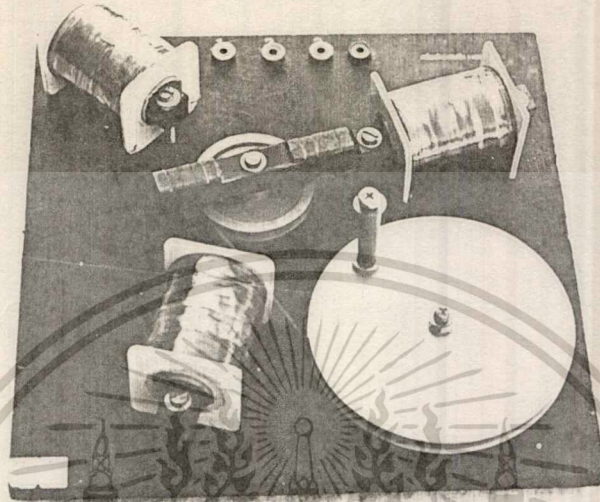
รูปที่ 9 ตัวอย่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในปัจจุบัน

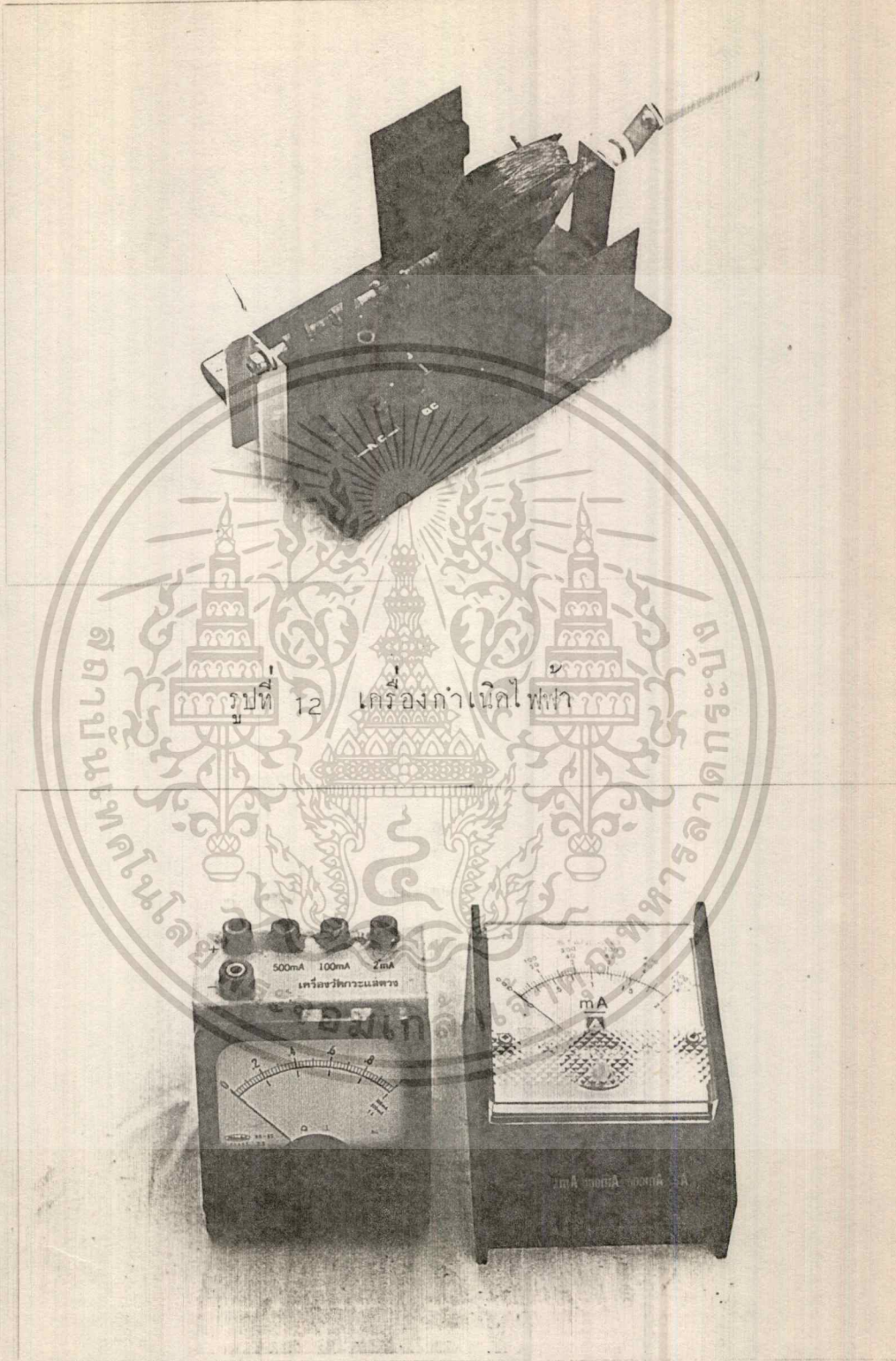


รูปที่ 10 ตัวอย่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากต่างประเทศในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

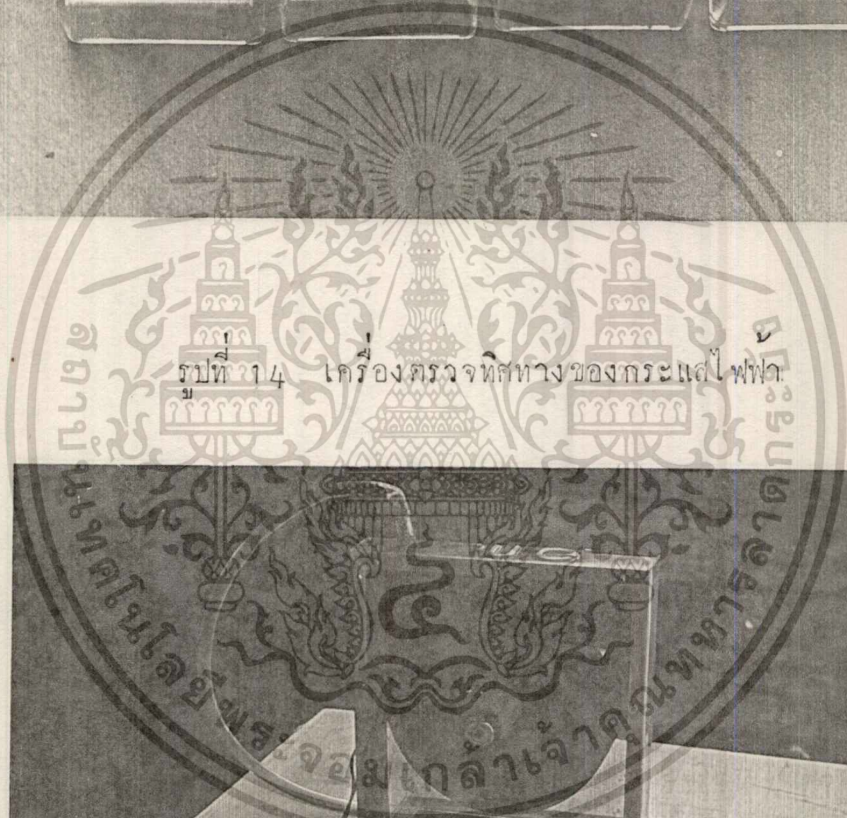
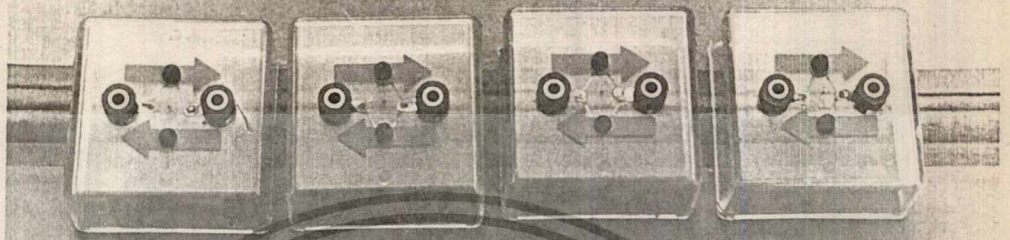
2.3 ตัวอย่างชุดอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน



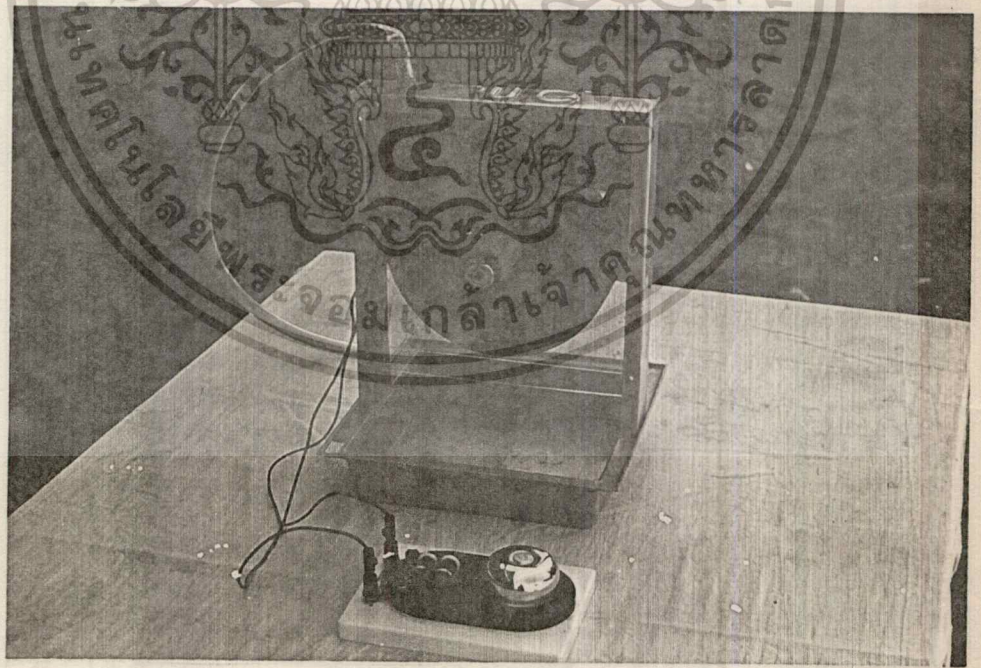


รูปที่ 12 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับราชการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

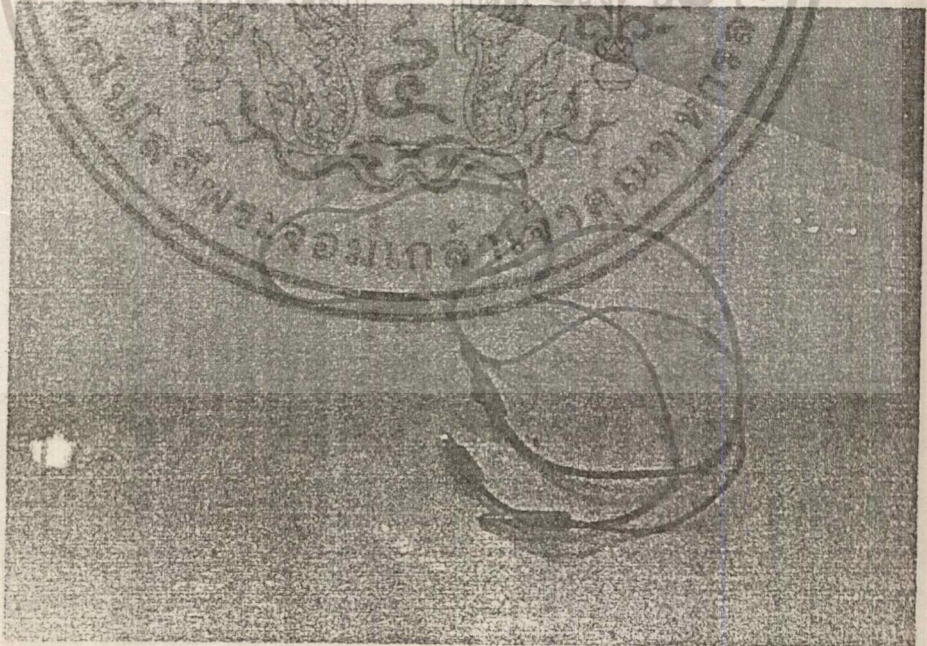
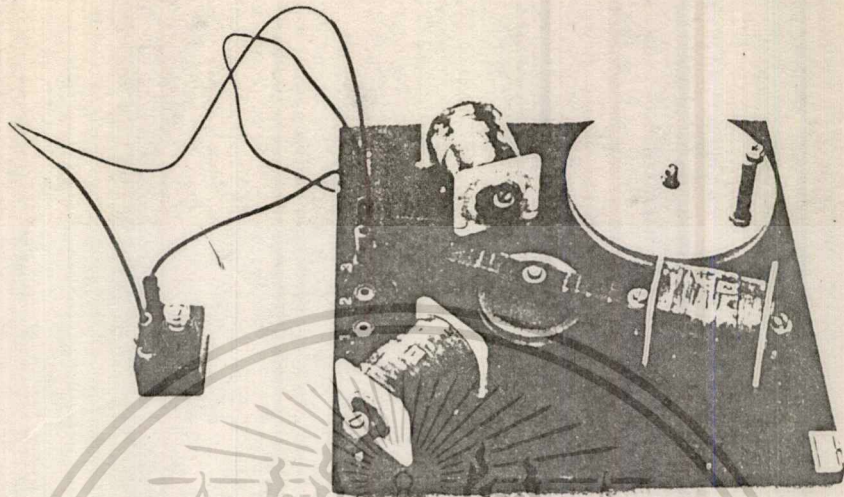


รูปที่ 14 เครื่องตรวจทิศทางของกระแสไฟฟ้า



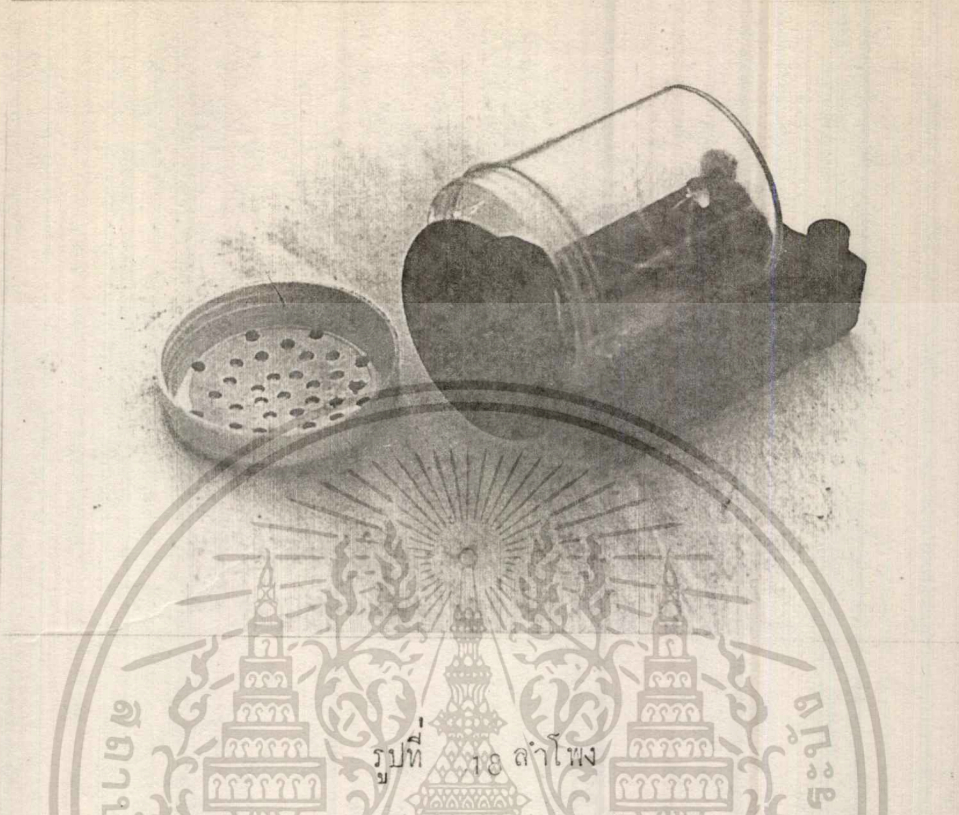
รูปที่ 15 ชุดทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

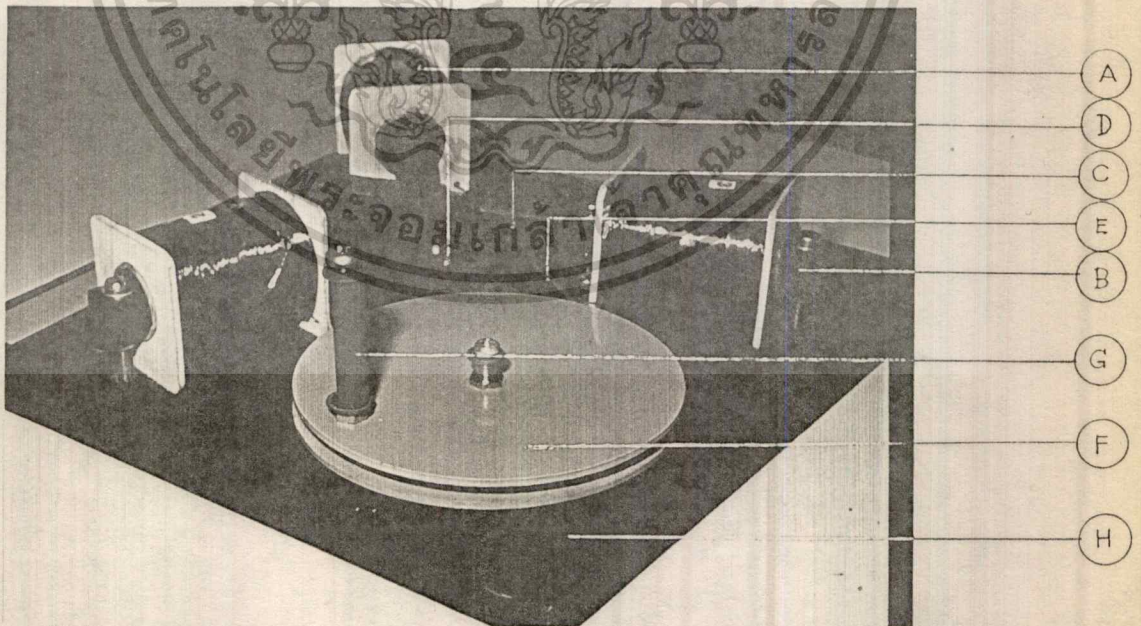


รูปที่ 17 สายไฟใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.4 การศึกษาระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 19 ระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนนั้น เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จำลองมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามโรงไฟฟ้าทั่วไป ซึ่งจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ ที่แสดงดังนี้ คือ

1. ขดลวดซึ่งพันรอบแกนโลหะ (A) , (B)
2. แม่เหล็ก (C)
3. ลอสายพ่วง 1 (D)
4. สายพาน (E)
5. ลอสายพาน 2 (F)
6. มือหมุน (G)
7. ฐานไม้ (H)

สำหรับระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังกล่าวนี้มีดังนี้ คือ ชิ้นส่วนดังกล่าวมาข้างต้นนี้จะยึดติดกับฐานไม้นอกคโลหะ การทำงานของเครื่องเริ่มจากใช้มือจับตรงมือหมุน (G) ซึ่งยึดติดอยู่กับลอสายพาน 2 (F) ไขแรงหมุนควยสายพาน (E) เข้าไปหมุนลอสายพาน 1 (D) ซึ่งยึดติดกับแม่เหล็ก (C) โดยมีแกนกลางยึดกับฐาน (H) ควยนอกโลหะทำให้แม่เหล็กหมุนไปพร้อมกันกับลอสายพาน 1 (D) ควยความเร็วตามแรงที่ไขมือหมุน เพื่อให้แม่เหล็กหมุนตัดขดลวดทองแดง (A) ซึ่งพันรอบแกนโลหะ (B) ทั้ง 3 ขด ซึ่งแต่ละขดวางท่ามุมกัน 120° ดังจะสังเกตเห็นจากรูปที่ 18 และรูปที่ 19 ที่โคแสดงวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังกล่าวนี้ เมื่อแม่เหล็กหมุนตัวขดลวดตัวนำนั้นจะมีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้น ในขดลวดตัวนำ กระแสนี้เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงกระทำขึ้น แรงนี้จะมีทิศทางตรงข้ามกับแรงที่ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน และกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นจะทดสอบได้โดยใช้อุปกรณ์ทดสอบกระแสไฟ เช่น ชุดทดสอบกระแสไฟฟ้าโดยไขหลอดไฟ โดยไขมิเตอร์วัดกระแสที่เกิดขึ้น หรือใช้กระแสไฟที่เกิดขึ้นนั้นนำไปเปลี่ยนเป็นพลังงานอย่างอื่นอีกทีหนึ่งก็จะทำให้ผู้ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่รู้ว่ามีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังกล่าว ซึ่งชุดอุปกรณ์ทดสอบกระแสไฟต่าง ๆ ดังกล่าวมาข้างต้นต้องใช้รวมกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ตลอด โดยการใช้สายไฟเป็นตัวเชื่อม เพื่อให้กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านไปยังชุดอุปกรณ์ทดสอบได้

2.5 การศึกษาการเชื่อมต่อทางไฟฟ้า¹

การเชื่อมต่อทางไฟฟ้า หมายถึง การต่อตัวนำไฟฟ้าระหว่างจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งใหม่ทางเดินไฟฟ้าถึงกันได้ โดยจะเป็นการต่อสายไฟหรือการต่อภาคหนึ่งของวงจรไปสู่อีกภาคหนึ่งของวงจรโดยใช้อุปกรณ์ช่วย เช่น สายไฟ หรือขั้วต่อต่าง ๆ

การเชื่อมต่อวงจรเข้าด้วยกันแยกได้หลายประเภท คือ

1. การเชื่อมต่ออย่างชั่วคราว สามารถถอดเข้าออกได้สะดวก โดยใช้เวลานานสั้นมีทั้งลักษณะที่เป็นการถอดเสียบ แว่ขันสกรู การหมุน เป็นแกน
2. การเชื่อมต่อถาวร เป็นการเชื่อมโรงวงจรเข้าด้วยกัน โดยมีกรรมวิธี เช่น การเชื่อม การบัดกรี เมื่อต้องการจะถอดออกก็ต้องนำไปผ่านกรรมวิธีอย่าง เดิมอีกครั้ง

1. การเชื่อมต่ออย่างชั่วคราว แบ่งออกได้ดังนี้

- ก. JACK OR PLUG เป็นขั้วชนิดเสียบเข้าออก สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วในการใช้งาน จะต้องมีทั้งตัวผู้และตัวเมียเข้าคู่กันได้
- ข. EAR PHONE JACK เป็น JACK ชนิดเสียบหูฟัง ลักษณะเป็นแกนเดี่ยว แต่มีสองขั้ว ขั้วในจะสอดต่อกับอีกขั้วหนึ่งที่เป็นขั้วนอก มีจนวนกันกลาง เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 - 3.5 มม. ใช้มากในไมโครโฟนขนาดเล็ก หูฟังสำหรับวิทยุทรานซิสเตอร์

¹ นกคณ เจลิมโรจน์ , ของเล่นอิเล็กทรอนิกส์ (วิทยานิพนธ์ ปริญญาตรีศึกษาศาสตรบัณฑิต ศิลปอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง พ.ศ. 2522

- DC JACK เป็น JACK ใช้เสียบต่อจากภาคจ่ายไฟสู่เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เครื่องคิดเลขขนาดเล็ก วิทยุกระเป๋าหิ้ว JACK มีรูตรงกลางและมีสองชั้นคล้ายหูฟัง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 มม.
- ANTENNA JACK เป็น เสียบสายอากาศ โทรทัศน์มีขั้วเดียวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 มม.
- MICROPHONE JACK ลักษณะเหมือน EARPHONE JACK แต่มีขนาดใหญ่กว่า คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 มม. ใช้งานกับไมโครโฟนขนาดใหญ่มาตรฐานและปลั๊กเสียบหูฟังสเตอริโอ
- RCA JACK เรียกตามชื่อเครื่องหมายการค้าของบริษัท ส่วนมากมักจะใช้งานสำหรับงานเครื่องเสียง เช่น ต่อจากเครื่องเทปไปสู่เครื่องขยายเสียง.
- DIN JACK ลักษณะเป็นปลั๊ก 5 ขา ใช้งานกับงานเครื่องเสียง เช่น เกี่ยวกับ
แต่เป็นมาตรฐานสำหรับประเทศยุโรป
- ข. CONNECTOR คือ ขั้วชนิดเสียบหรือขันเข้าด้วยกัน โดยการใช้งานไม่ ต้อง เป็นคู่เหมือน JACK มีอยู่หลายประเภท
 - CUBE CONNECTOR ขั้วตอลูกเต๋า เป็นพลาสติก สีขาวสี่เหลี่ยม มีสกรูสำหรับขันสายไปที่จะต่อเข้าด้วยกัน ส่วนมากจะเป็นการใช้งานด้านการต่อไฟฟ้าในอาคาร เป็นส่วนใหญ่
 - EDGE BOARD CONNECTOR ขั้วเสียบที่ทำสำหรับแผงวงจรพิมพ์ (PRINTED CIRCUIT BOARD) โดยเฉพาะมีลักษณะเป็นรางสำหรับเสียบริมของที่มีลายทองแดงอยู่ตรงริมบอร์ดเพื่อให้เข้ากับขั้วของ CONNECTOR พลาสติก

บอร์คนี้มีความยาวต่างกันตั้งแต่ 5 - 72 นิ้วการใช้งานส่วน
มากใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์
เพราะสะดวกต่อการซ่อมบำรุง

ค. TERMINAC ใช้สำหรับเสียบหรือขันสกรู ใช้สอยต่อ
ที่ไม่ต้องการดอกเขาออกมาเลย ๆ เช่นสายลำโพง สายอากาศ
เป็นต้น

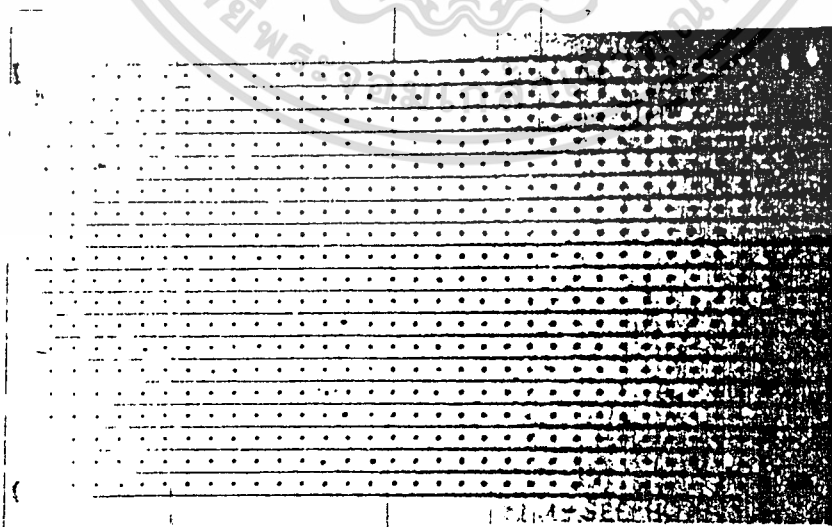
ง. SOCKET ใช้เสียบอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น
ทรานซิสเตอร์ ไอซี แทนการบัดกรีที่ขาของอุปกรณ์โดยตรง เพื่อ
ป้องกันการเสียหายที่เกิดจากการบัดกรี

2. การเชื่อมต่อถาวร ในการเชื่อมต่อถาวรนี้วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการต่อ
เชื่อมแบบนี้มีดังนี้ คือ

วีโรบอร์ค

วีโรบอร์คทำด้วยแผ่นฉนวนที่มีคุณภาพสูง มีเส้นทองแดงปะติดกับแผ่นบอร์ค
ขนาดกันไปพร้อมกับมีรูซึ่งเจาะไว้เสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยมีระยะห่าง เป็นระ เบียบ เท่ากัน

การใช้วีโรบอร์คเพื่อสร้าง ของ เสนออิเล็กทรอนิกส์นั้น ชั้นแรกจะทองค้ำคั้น
ทองแดงให้ขาดจากกันเสียก่อน



รูปที่ 20 วีโรบอร์ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้สวานหรือมีคคม ๆ คัดเส้นทองแดงก็ได้ และเมื่อจะคัดเส้นทองแดงโปรดจำไว้ควยว่า ภาพวีโรบอร์คที่เห็นในรูปนั้น เป็นคานที่มีเส้นทองแดงปะติดอยู่

เมื่อจะคัดขอใ้แนใจว่าจุดที่จะคัตนั้นถูกทองแล้ว เมื่อคัตเสร็จแล้วปักคอง หรือ เศษทองแดงที่ถูกคัตออกจากบอร์คให้สะอาด เพราะผงทองแดงอาจเป็นสะพานทอดไปยังเส้นทองแดงอีกเส้นหนึ่งได้

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะถูกคัตตั้งทางคานตรงกันข้ามกับคานที่มีเส้นทองแดงปะติดตั้งอุปกรณ์บนแผ่นบอร์คโดยให้ระยะห่างจากแผ่นบอร์คประมาณสองสามมิลลิเมตร เพื่อจะโคดอนและแลกเปลี่ยนตัวใหม่ได้ง่ายขึ้น บางโปรเจ็คอาจจะต้องใช้ลวดหรือสายไฟคองจากเส้นทองแดง เส้นหนึ่งไปยังอีกเส้นหนึ่ง ซึ่งเป็นสิ่งที่คองกระทำก่อนที่จะคัตตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

คัตสายของอุปกรณ์ให้ชิดกับบอร์คในขณะที่ควยบอร์คลง เพื่อปักกริ์ เมื่อปักกริ์เสร็จแล้วให้รอจนตะกั่วเย็นลงจึงคัตสายหรือขาของอุปกรณ์ที่เกินออกมาทิ้งเสีย

ขั้นสุดท้ายให้ตรวจดูเส้นทองแดงอย่างละเอียดถี่ถ้วนเพื่อให้แน่ใจว่าตะกั่วที่ปักกริ์แล้วนั้นไม่ทอดเป็นสะพานไปยังเส้นทองแดง เส้นอื่น ให้ดูว่าสายลวดหรือสายไฟฟ้าที่โยงไปยังบอร์คหรือจากบอร์คเหมือนกันหนึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เช่นเดียวกัน เนื่องจากสายไฟฟ้างดงามนี้มีฉนวนพลาสติกหุ้มอยู่ ดังนั้นตรงปลายสายจะคองปกพลาสติกออกเสียก่อนแล้วจึงสอดปลายสายที่ปกแล้วเข้าไปในรูจากคานที่ไม่มีเส้นทองแดงปะ ติดแล้วจึงปักกริ์สายที่สอดเข้าไปกับสายทองแดงอย่าปักกริ์สายไฟกับสายทองแดงโดยมีคองสอดเข้าไปในรู เพราะเส้นทองแดงนั้นถูกปะกับแผ่นบอร์คโดยที่ไม่แน่นอนหาอะไรรัก ถ้ามันถูกคองมันจะหลุดจากแผ่นบอร์คได้ง่าย ๆ

อีกวิธีหนึ่งซึ่งเป็นวิธีปรานีคมาก คือ ใช้วีโรบอร์ค (PIN เข็ม) เข็มคังกล่าวนี้เขาทำไว้เพื่อการนี้โดยเฉพาะ เมื่อสอดใส่ลงไปในรูแล้ว มันจะคัตแน่นกับรูพอสมควร

ส่วนคีสองวีโรบอร์คก็คือ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วมันมีราคาถูกคิ์และใช้คิ์คิ์ ส่วนเสียของมันก็คือ การคัตสายทองแดงมักเกิดการฉีกพลาสติกได้ง่าย นอกจากนี้ถ้าจะถอดหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่โดยไม่วะมัดระวังแล้ว เส้นทองแดงที่ปะติดกับบอร์คอาจถูกคองหลุดออกจาก

บอร์ค

แมทริกซ์บอร์ค

วีโรบอร์คเหมาะที่จะสร้างของเล่นอิเล็กทรอนิกส์ตัวกันไปเลย หมายความว่าไม่ต้องถอดอุปกรณ์เขาออกบ่อย ๆ เพราะการถอดการเปลี่ยนอาจทำให้เส้นทองแดงที่ปะไว้หลุดออกจากบอร์คได้ง่ายทั้งที่กลาวมาแล้ว แต่แผ่นแมทริกซ์บอร์คกลับเหมาะที่จะสร้างของเล่นที่ถอดออกและเปลี่ยนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

แมทริกซ์บอร์คเป็นแผ่นฉนวนที่ฉลุเป็นรูพรุนคล้ายคลึงกับแผ่นวีโรบอร์ค ฝึกกันก็ตรงที่แมทริกซ์บอร์คไม่มีเส้นทองแดง ปะติดกับแผ่นบอร์คเท่านั้น วิธีใช้ก็คือให้สอดขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าไปในรูแล้วก็เอาขาของอุปกรณ์แต่ละตัวนั้นแหละสอดเข้าด้วยกัน (ถ้าต่อกันไม่ถึงก็ใช้สายทองแดงที่มีฉนวนต่อกันเข้า) ทางด้านหลังซึ่งเห็นในรูป มันอาจจะดูเกะกะสายตาอยู่สักหน่อย แต่ก็สร้างได้เร็วดี ถ้าใช้ความระมัดระวังในการประกอบสักหน่อย จะทำให้ดูปราณีตขึ้น ส่วนอีกอย่างหนึ่งของแมทริกซ์บอร์คก็คือ เราสามารถจะติดตั้งอุปกรณ์และเดินสายให้เหมือนกับเซอร์กิตได้อาแกรมได้ ส่วนเสียของมันก็คือถ้าสร้างวงจรที่ออกจะสลับซับซ้อนแล้ว ทางด้านหลังที่เดินสายไปมาและที่บักกรีเอาไว้มันดูเกะกะตาไม่สวยงามและเช่นเดียวกันกับวีโรบอร์คคือคุณแล้วรู้สึกว่าเป็นของเด็กเล่นไม่เหมือนของชั้นอาชีพ

๑ สาร เลื่อนฉวี, รวมวงจรพื้นฐาน สอนกับของเล่นอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 1

(บริษัท อิเล็กทรอนิกส์เวลิต จำกัด พ.ศ. 2523). หน้า 5 - 7

แทก สทรีพส์

แทกสทรีพส์ประกอบด้วยหลักโลหะติดกับแผ่นฉนวน และแผ่นฉนวนนั้นจะถูกติดตั้งอยู่บนหลักโลหะอีกทีหนึ่ง และหลักโลหะนั้นจะถูกยึดด้วยสกรูตัวหนึ่งหรือสองตัวติดอยู่กับแทน

ไม่ควรจะพันขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับแทกสทรีพส์ เกินกว่าเศษสามส่วนสี่รอบ เพราะถ้าพันไวจนรอบและแน่นหนาแล้ว ต่อไปถ้าต้องการจะถอดอุปกรณ์ตัวนั้นออก จะต้องใช้ความพยายามมากที่เคียวบางที่อาจทำให้อุปกรณ์ตัวนั้นต้องแตกหักไปเลย



รูปที่ 21 แทก สทรีพส์ - ทำให้สร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้รวดเร็ว มีราคาถูกและง่าย แต่การสร้างควยวิธีใช้แทก สทรีพ์เหมาะสำหรับโปรเจกต์เล็ก ๆ เท่านั้น และเปลืองเนื้อที่

พรีนเทค เซอร์กิต บอร์ดส์

พรีนเทค เซอร์กิต บอร์ด ทำให้การสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีความง่าย
ขึ้นอย่างใหญ่หลวง ถ้าหากมีเวลาวางมากและต้องการจะหาความชำนาญ อาจจะฝึกพรีนท์
และเจาะรูให้แก่มันด้วยตนเองได้

แผ่นบอร์ดทำด้วย PHENOLIC RESIN หรือใยแก้วโดยมีแผ่นทองแดง
บาง ๗๖ไม่วัดที่คานหนึ่ง ของแผ่นบอร์ด สายที่ต่อต่อกันไปมาได้จาก การ กัดทองแดงที่ไม่ต้องการ
ออก ดังนั้นจะ เหลือแต่เส้นทองแดงที่ปะติดกับแผ่นบอร์ดที่ต้องการ เท่านั้น

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะถูกติดตั้งที่อีกคานหนึ่งที่ไม่ใช่สายทองแดงปะโดยสอด
ขาของอุปกรณ์เข้าไปในรูที่เจาะไว้ก่อนแล้ว ผู้ที่ต้องการจะฝึกพรีนทด้วยตนเองจะซื้อแผ่นบอร์ด
ซึ่งเป็นแผ่นใหญ่มาเลยก็ได้ การกัดแผ่นพรีนทเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยากประการใดและจะไม่อธิบาย
เรื่องของการกัดพรีนทให้ เพราะ เป็นเรื่องที่น่าก็อิเล็กทรอนิกส์มือใหม่ไม่ควรจะเสียเวลาในเรื่อง
นี้

พรีนเทค เซอร์กิต บอร์ดมีส่วนช่วยหลายประการ ที่สำคัญที่สุดก็คือทำให้
ความผิดพลาดในการสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลดน้อยลงไป การเดินสายส่วนมากก็สำเร็จรูปอยู่
ในตัวอยู่แล้ว เพียงแค่สอดขาของอุปกรณ์ลงไปในรูใหญ่ถูกต้องแล้วก็เรียบร้อยและตัดขา
ที่เป็นส่วนเกินออกเสีย จะทำให้วงจรที่ทำเสร็จแล้วเป็นอาชีพชั้น ส่วนเสียของพรีนเทค
เซอร์กิต บอร์ดก็คือมันมีราคาแพงกว่าวีโรบอร์ดและแมทริกซ์บอร์ดเท่านั้นเอง และในระบบ
การทำงานของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ ต้องอาศัยแรงหมุนจากมอเตอร์ไซค์ หรือแรงจากคนกำเนิดแรง
เพื่อต่อแรง เข้าไปหมุนแม่เหล็กให้หมุนตัดขดลวด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึง ระบบการส่ง
กำลังหรือการส่งแรงทาง ๆ เหล่านี้ด้วย

ระบบส่งกำลังคือ การชักนำ การถ่ายกำลังจากตัวคนกำลังจากแกนหนึ่ง
ไปสู่อีกแกนหนึ่ง ซึ่งการส่งกำลังที่กระทำนี้มีทิศทาง การทำงานทั้งที่ทิศทางเดียวกันและทิศทาง
สวนกัน เป็นการช่วยเพิ่มความเร็วยรอบของคนที่กำลังให้มากขึ้น หรือลดความเร็วรอบคนที่กำลัง
ให้ช้าลง เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้เป็นระบบส่งกำลังที่ยกเป็นตัวอย่าง ทั้งนี้เพราะระบบ
ส่งกำลังมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน วิธีต่อไปนี้เป็นระบบส่งกำลังที่ใช้กันมาก คือ

1. การส่งกำลังด้วยสายพาน (BELT)
2. การส่งกำลังด้วยโซ่ (CHAIN)
3. การส่งกำลังด้วยเฟือง (GEAR)

สายพาน

การส่งกำลังทางกลจากเพลาอันหนึ่งไปยังเพลาอีกอันหนึ่ง อาจทำได้สามวิธี คือ โดยโซ่เฟืองโซ่สายพานหรือโซ่โซ่ การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (FLEXIBLE) ซึ่งมีข้อดีและมีข้อเสียหลายประการ เมื่อเปรียบเทียบกับ การส่งกำลังโดยโซ่เฟือง ข้อดีก็คือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระชุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมาก ๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ เป็นต้น แต่ก็มีข้อเสีย คือ อัตราทดไม่แน่นอนเนื่องมาจากการลื่น (SLIP) และการครีป (CREEP) ของสายพาน และต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงตึงในสายพานระหว่างใช้งาน นอกจากนี้ยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้ ซึ่งมักใช้กับอัตราทดไม่เกิน 5

ชนิดและวัสดุสายพาน

สายพานแบ่งออกแบ่งออกเป็น 4 ชนิดตามลักษณะหน้าตัดของสายพาน คือ สายพานแบบ (FLAT BELTS) มีหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานลิ้ม (V - BELTS) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สายพานกลม (ROPES) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม และ ไทม์มิง เบิลท์ (TIMING BELTS) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะเป็นร่องคล้ายฟันเพื่อจะคลอกรความยาวของสายพาน สายพานแต่ละชนิดจะมีลักษณะในการใช้งานต่างกัน

วัสดุที่ใช้ทำสายพานจะต้องมีค่าความต้านแรงสูง (STRENGTH) สามารถบิดตัวได้ดี และจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสสูง

วัสดุที่ใช้ทำสายพานซึ่งใช้งานกันมากก็คือหนัง (LAK - TANNED LEATHER) แต่ถาเป็นการใช้งานเป็นพิเศษ เช่น อยู่ในบรรยากาศที่มีความชื้น มีไอของสารเคมี หรือน้ำมัน อยู่ด้วยก็มักใช้สายพานแบบ CHROME LEATHER เพื่อให้สายพานมีอายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไคทานพอสสมควร จึงมักใช้ค่าความเค้นในการออกแบบสายพานต่ำกว่า ความต้านแรงดึงสูงสุดของสายพานมาก โดยทั่วไปจะใช้ค่าความปลอดภัยประมาณ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของสายพานหนึ่งจะมีค่าประมาณ 0.40 - 0.50 และความเร็วใช้งานของสายพานควรจะอยู่ในช่วง 1,000 - 2,000 m/min

สายพานอีกชนิดหนึ่งคือสายพานยาง (RUBBER BELTS) สายพานประเภทนี้จะมีฝ้ายหรือผ้าใบเป็นไส้ภายในและมียางหุ้มภายนอก ยางที่ขี้หนุ่จะเป็นยางที่อบคยวกำมะถันในอุณหภูมิสูง (VULCANISED) เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความต้านแรง สายพานยางเหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีน้ำมันหรือแสงแดด เมื่อเปรียบเทียบกับสายพานหนึ่งแล้ว สายพานยางจะมีราคาถูกกว่า แต่อายุใช้งานสั้นกว่า สายพานยางทนต่อสภาพบรรยากาศในการใช้งานได้ดีกว่าสายพานหนึ่ง ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของสายพานยางจะมีค่าประมาณ 0.30 - 0.40 และสามารถรับแรงดึงได้ประมาณ 20 n ต่อชั้น ครอบคลุมกว้างสายพาน 1 mm

สายพานบาลาตา (BALATA BELTS) เป็นยางคล้ายสายพานยาง แต่ไม่ทองปานกรมวิธีอบคยวกำมะถัน ทนต่อการกัดและความชื้นได้ดี แคอุณหภูมิใช้งานไม่ควรเกิน 40 ซี สวขพานชนิดนี้มีความต้านแรงมากกว่าสายพานยางประมาณ 25%

สายพานผ้าดัก (TEXTILE BELTS) ทำจากฝ้ายหรือผ้าใบซ้อนกันเป็นชั้น ๆ แล้วยัดติดกัน จากนั้นจึงเคลือบคยวน้ำมันลินซีด (LINSEED) เพื่อทำให้สายพานกับน้ำไค มักใช้กับงานประเภทชั่วคราว.

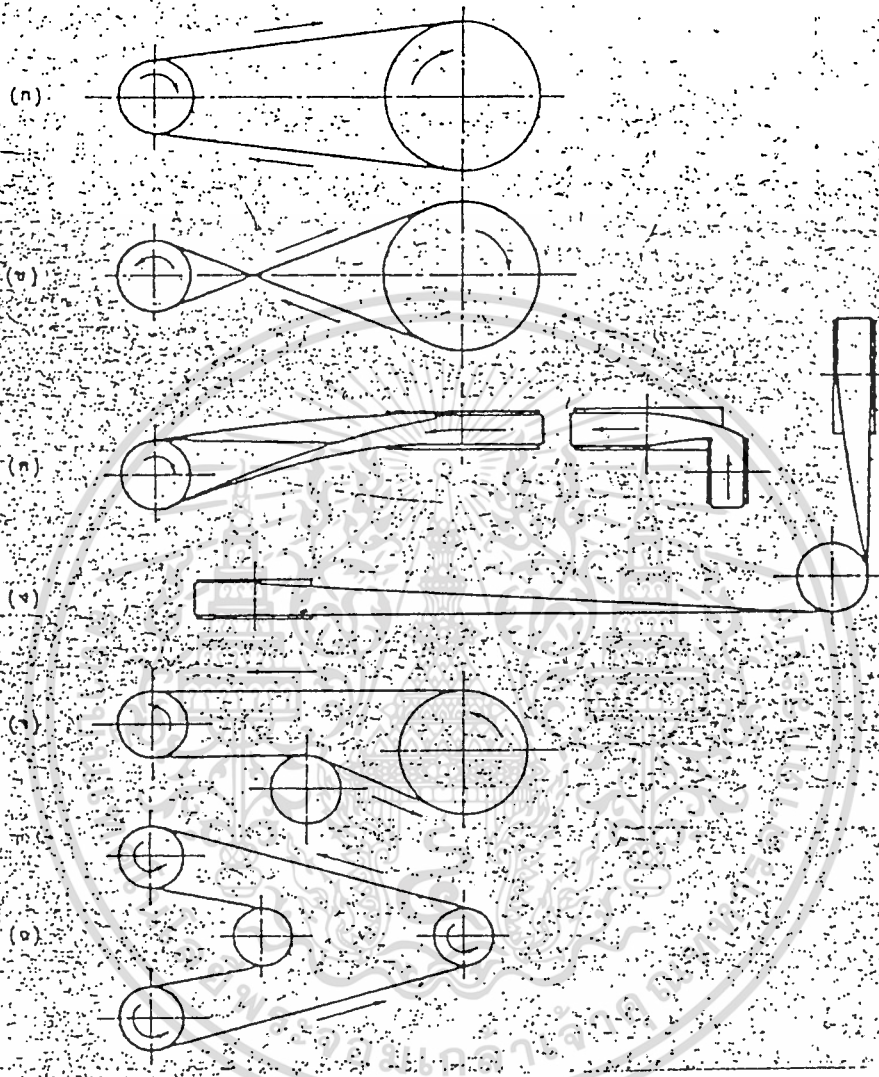
สายพานทุกชนิดที่กล่าวมานี้จะยึดตัวไคดี ดังนั้นเมื่ออยู่ภายใต้แรงดึงจะยึดตัวทำให้เกิดการสลีปนลอสสายพาน (PULLEY) ในทางปฏิบัติจึงมักจะมีคยวสายพานให้คยวไคก่อนใช้งานทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการสลีปนของสายพาน

ลักษณะการขั้บคยวสายพาน . .

เนื่องจากคุณสมบัติในการอ่อนตัวของสายพาน จึงอาจจัดลักษณะการขั้บของสายพานไคต่าง ๆ กัน ลักษณะทั่วไปที่นิยมใช้ในการขั้บคยวสายพานคยวไคจากรูป 22

เมื่อต้องการขั้วเพลลาที่อยู่ขนานกัน และต้องการให้เพลลาทั้งสองหมุนในทิศทางเดียวกัน ก็จะทำให้ได้ในลักษณะดังรูป (ก) ซึ่งเรียกว่าโอเพ่นไดรฟ์ (OPEN DRIVE) และถ้าเพลลาอยู่ห่างกันมากควรจะทำให้สายพานคานกลางถึง (TIGHT) และคานบนหย่อน (SLACK) แต่ถาต้องการให้เพลลาทั้งสองหมุนสวนทางกันก็ทำได้โดยใช้วิธีดังรูป 1 (ข) ซึ่งเรียกว่าครอสไดรฟ์ (CROSSED DRIVE) แต่การขับในลักษณะนี้จุดที่สายพานไขว้กันจะทำให้สายพานถูกันทำให้สายพานเกิดการสึกหรือมาก ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันมิให้สายพานสึกหรือมากเกินไปจึงควรจะให้จุดศูนย์กลางของล้อสายพานอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า ยี่สิบเท่าของความกว้างสายพาน และทำงานที่ความเร็วสายพานไม่เกิน 15 m/s

การขับแบบควอเตอร์ เทอร์นไดรฟ์ (QUARTER TURN DRIVE)
 ดังรูป (ค) ใช้เมื่อเพลลาทั้งสองตั้งฉากกัน และเพื่อป้องกันมิให้สายพานหลุดออกจากล้อสายพานในขณะที่ใช้งาน จึงต้องใช้ล้อสายพานที่กว้างเพียงพอ โดยทั่วไปมักจะต้องการมากกว่าความกว้างสายพานไม่น้อยกว่า 1.4 เท่า และก่อนใช้งานจะต้องทดสอบก่อนเสมอ ส่วนการขับแบบมิลล์ไดรฟ์ (MULE DRIVE) ดังในรูป 22 (ง) ใช้เมื่อเพลลาทั้งสองตั้งฉากกัน แต่ไม่อาจจัดในลักษณะควอเตอร์ เทอร์นไดรฟ์ได้ หรือเมื่อต้องการให้หมุนกลับทิศทางได้



รูปที่ 22 ลักษณะการขับเคลื่อนสายพาน (ก) โอฟีนไครว์ (ข) ครอสไครว์
(ค) ควอเตอร์เทอนไครว์ (ง) มิวส์ไครว์ (จ) แสดงการขับเคลื่อน
โดยโซลลช่วย (ฉ) ริเวสไครว์.

เมื่อไม่สามารถใช้ซี่บลิในลักษณะโอเพินไครวได้ เพราะส่วนโค้งสัมผัส (ARE OF CONTACT) บนลอสายพานเล็กมีค่าน้อยเกินไป เพราะอัตราทดสูง และลอสายพานอยู่ใกล้กันมาก หรือเมื่อไม่อาจทำให้สายพานตึงโดยวิธีอื่น ก็อาจทำได้โดยใช้ลอสช่วย (IDLER) ดังรูปที่ 22 (จ) เป็นการช่วยให้สายพานสัมผัสกับลอมากขึ้นซึ่งเพิ่มกำลังที่ส่งไคควย ส่วนการขับแบบรีเวอร์สไครว (REVERSE DRIVE) ใช้เมื่อต้องการส่งกำลังไปยังเพลาหลาย ๆ อันพร้อมกัน

จากที่ได้อธิบายมาแล้วว่าการตอสายพานทำให้ความตางแรงของสายพานลดลงคั้งนี้ที่ใช้วัดคั้งนี้คือ ค่าประสิทธิภาพรอยตอ ซึ่งจะมีค่าแตกตางกันไปตามวิธีการตอ และมีค่าประมาณคั้งตาราง

ตารางประสิทธิภาพของรอยตอสายพาน

ชนิดของ รอยตอ	ประสิทธิภาพ %
ตอควยขาว (CEMENTING)	75 - 90
ตอควยลวดคัก (WIRE LACING)	60
ตอควยหวงเหล็กกลา (ALLIGATOR)	40 - 70
ตอควยแฉนเหล็กบ้าหมุน	50 - 60
ตอควยแฉนเหล็ก	60 - 70

ลอสายพาน

การส่งกำลังโดยสายพานแบบทำไคโดยใช้ความเสียดทานระหว่างผิวหน้าลอสายพานกับผิวหน้าของสายพาน คั้งนั้นจึงจำเป็นจะตอทราบรายละเอียดเกี่ยวกับลอสายพานเพื่อที่จะนำไปใช้งานไคอย่างถูกตองเหมาะสม ลักษณะของลอสายพานที่ใช้งานทั่วไป คั้งได้จากรูป 11 ลอสายพานจะยึดคักกับเพลาควยลิม คั้งนั้นที่กุมลอสายพานจึงตอเจาะรองลิมไว้เพื่อใช้ยึดกับเพลาควย เพื่อให้สายพานมีน้ำหนักเบาจึงมักทำเป็นแขนยื่นออกจากกุมลอสายพานไปยังผิวหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สัมพันธ์กับสายพาน แขนที่ยื่นนี้มีขนาดเรียวลงตลอดและมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐานคู่ใดจากราว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลอสายพานแบบตามมาตรฐาน ISO 99 - 1975 (E)

ขนาดระบุ		ขนาดในพิกัด			
		เล็กสุด mm	ใหญ่สุด mm	เล็กสุด in	ใหญ่สุด in
mm	in				
40	1.6	39.5	40.5	1.56	1.60
45	1.8	44.4	45.6	1.75	1.80
50	2	49.4	50.6	1.95	2.00
56	2.24	55.2	56.8	2.17	2.24
63	2.5	62.2	63.8	2.45	2.51
71	2.8	70	72	2.76	2.84
80	3.15	79	81	3.11	3.19
90	3.55	88.8	91.2	3.50	3.59
100	4	98.8	101.2	3.88	3.98
112	4.5	110.8	113.2	4.36	4.46
125	5	123.4	126.6	4.86	4.98
140	5.6	138.4	141.6	5.45	5.58
160	6.3	158	162	6.22	6.38
180	7.1	178	182	7.01	7.17
200	8	198	202	7.80	7.95
224	9	221.5	226.5	8.72	8.92
250	10	247.5	252.5	9.74	9.94
280	11.2	276.8	283.2	10.90	11.15
315	12.5	311.8	318.2	12.28	12.53
355	14	351.8	358.2	13.85	14.10
400	16	396	404	15.59	15.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดระบุ		ขนาดในทีกัด			
		เล็กสุด mm	ใหญ่สุด mm	เล็กสุด in	ใหญ่สุด in
mm	in				
450	18	446	454	17.56	17.87
500	20	496	504	19.53	19.84
560	22.4	555	565	21.85	22.24
630	25	625	635	24.61	25.00
710	28	705	715	27.75	28.74
800	31.5	793.7	806.3	31.25	31.74
900	35.5	893.7	906.3	35.18	35.68
1000	40	993.7	1006.3	39.12	39.62
1120	45	1112.	1128	43.78	44.41
1250	50	1242	1258	48.90	49.41
1400	56	1392	1408	54.80	55.43
1600	63	1590	1610	62.60	63.39
1800	71	1790	1810	70.48	71.26
2000	80	1990	2010	78.35	79.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซ่

การขับเคลื่อนโซ่มีโซ่อย่างมากทางคานเครื่องจักรกล เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับเคลื่อนสายพาน โซ่จะคลงกับล้อโซ่หรือเฟืองโซ่ (sprocket) ซึ่งติดอยู่บนเพลลาขับเคลื่อนและเพลลาตาม อัตราทดของการขับเคลื่อนขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และการขับเคลื่อนนี้จะไม่มีการสลิปเกิดขึ้นระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่

เนื่องจากการขับเคลื่อนโซ่มีความไวใจไคและถูกคองตามหลักเศรษฐศาสตร์ จึงนิยมใช้มาก เช่น ในการส่งกำลังในเรือ เครื่องยนต์ เครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องมือกล เครื่องทอผ้า และเครื่องจักรกลงานไม้ เครื่องพิมพ์ และในการขนส่งและขนถ่ายวัสดุ

การขับเคลื่อนโซ่มีข้อดีอยู่ระหว่างการขับเคลื่อนสายพานและการขับเคลื่อนเฟือง ทางคานราคา สมรรถนะในการส่งกำลังและการบำรุงรักษา โซ่สามารถขับเคลื่อนในระยะทางไกลกว่าสายพาน และขับเคลื่อนพร้อมกันหลาย ๆ เฟลา ซึ่งมีทิศทางหมุนตามกันหรือสวนทางกันก็ได้

ข้อดีของการขับเคลื่อนโซ่

1. ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรง เท่ากับเฟือง
2. ไม่จำเป็นต้องมีแรงคังชั้นคณในโซ่คานคัง เหมือนกับสายพาน ทำให้อายุใช้งานของแบริงที่รองรับเพลลาเพิ่มมากขึ้น
3. ไม่มีการสลิปในขณะส่งกำลัง เหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทคที่แน่นอน
4. มีขนาดกระทัดรัดกว่าสายพาน เมื่อใช้งานควยอัตราทคเท่ากัน เฟืองโซ่จะมีขนาดเล็กลงลอสายพานและถาคองการส่งกำลังเท่ากัน ความกวางขวางของโซ่จะน้อยกว่าสายพาน
5. ติดคังง่ายกว่าสายพาน เพราะแตกคลองเข้ากับเฟืองโซ่แล้วสอดสลักเข้าไปเท่านั้น
6. ใช้งานไคกับอุณหภูมิสูงบริ เวลที่มีควมชื้นและฝุ่นละออง

ข้อเสียของการขับเคลื่อนโซ่

1. มีเสียงคัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เนื่องจากความเร็วขอมสูงจะมีอันตรายเมื่อโซ่ขาด
3. ไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง เผลาจะตองขนานกัน
4. ส่งกำลังแบบครอสไครวไม่ได้
5. มีราคาแพงกว่าการขับเคลื่อนสายพาน
6. ตองมีการหล่อลื่น

เฟือง

การส่งกำลังจากเพลานึงไปอีกเพลานึงโดยใช้เฟือง (GEAR) นั้นใช้สำหรับงานที่ต้องใช้จุดหมุนสูง เพราะเฟืองเป็นระบบส่งกำลังที่ทำงานได้ดีในกรณีเช่นนั้น อีกทั้งเฟืองมีความแข็งแรงเหมาะที่ทำงานรับน้ำหนักได้มากกว่าระบบอื่น อีกทั้งทำให้เกิดเป็นระบบอิสระใครง่ายกว่า การทำงานของเฟืองนั้นโดยการใช้ฟันเฟืองหมุนสวนทางกัน เป็นตัวผลักดันให้ตัวเฟืองหมุนไปในทิศทางที่ต้องการ เฟืองที่ใช้งานนั้นมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น เฟืองตรง เฟืองสะพาน, เฟืองหนอน, เฟืองดอกจอก, เฟืองบายศรี เป็นต้น ทั้งนี้รูปร่างลักษณะเฉพาะกันด้วย

การแบ่งตามลักษณะการใช้งาน

การที่จะเลือกใช้เฟืองชนิดใด จะตองมีการเลือกให้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ ดังนั้นจึงมีการใช้เฟืองโดยแบ่งตามลักษณะการทำงานเป็น 4 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1. เฟืองตรง (SPUR GEAR)

เป็นเฟืองที่ใช้ทดความเร็วจากแกนเพลานึงไปแกนเพลานึง โดยที่จะวางแกนเพลานานกัน ลักษณะของฟันจะวางแบบ INVOLUTE, CYCLOIDAL TEETH โดยที่แนวฟันจะขนานกับเพลานานเฟืองตรงจัดเป็นเฟืองแบบง่าย ๆ และสามารถดัดแปลงให้เป็นเฟืองชนิดอื่นต่อไปได้หลายแบบ

2. เฟืองสะพาน (RACK GEAR)

คือเฟืองที่มีลักษณะแท่งตรงโดยจะเคลื่อนที่ในแนวตรง ทั้งนี้เพราะการใช้เฟืองสะพานนั้นจะตองมีเฟืองตางชนิดประกอประกอกัน ส่วนที่เป็นแทนหรือสะพานฟันเป็นแบบ

STRAIGHT TEETH ส่วนเฟืองที่ใช้ประกอบกัน โดยเป็นคัวหมุนเฟืองสะพานเป็นเฟืองตรง (SPUR GEAR)

3. เฟืองคอกจอก (BEVEL GEAR)

เป็นเฟืองที่มีลักษณะเป็นรูปกรวย ซึ่งคิดแปลงมาจากเฟืองตรง ซึ่งเป็นเฟืองที่ใช้สำหรับหดรอบความเร็ว และ เปลี่ยนทิศทางการหมุนของแกนเพลลา ซึ่งโดยทั่วไป แกนเพลลาของเฟืองจะตั้งฉากกัน ลักษณะของฟันจะเป็นชนิด INVOLUTE OR CYCLOIDAL แต่ไม่ขนานกันกับแกนเพลลาเพราะฟันจะค่อยๆ ีียวลงไปตามรูปกรวยเฟืองชนิดนี้มี 2 แบบ คือ

3.1 กรวยทั้ง 2 เท่ากัน จะเรียก MITRE GEAR

3.2 กรวยไม่เท่ากันจะเรียก BEVEL GEAR

4. เฟืองหนอน (WORM GEAR)

เป็นเฟืองที่มีลักษณะเป็นเกลียวชนิด ACHE THREAD จะเป็นคัวทำหน้าที่หมุนเฟืองตรง (SPUR GEAR) โดยที่แกนเพลลาจะตั้งฉากกันแต่ไม่มีโอกาสพบกัน เฟืองหนอนจะมีลักษณะพิเศษ คือ เฟืองหนอนทำหน้าที่หมุน SPUR GEAR ซึ่ง SPUR GEAR จะไม่สามารถหมุน WORM GEAR ได้ เพราะ SPUR GEAR จะหมุนไคชามาก คือจะหมุนครบรอบเมื่อ WORM GEAR หมุนหลาย ๆ รอบแล้ว

หน้าที่สำคัญของเฟืองมี 5 ประการ คือ

1. รับงานไคมากกวา
2. ใช้ทดสอบความเร็วของเพลลา
3. ใช้เปลี่ยนทิศทางการหมุนของแกนเพลลา
4. เพิ่มกำลังในการทำงาน
5. ทนความร้อนไคดี

ในเมื่อมีการต่อแรง หรือส่งกำลังดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น เพื่อจะทำให้การส่งกำลัง โดยการไข่มือนหมุนหรือไข้แรงจากหน้าหรือลมก็ความ เป็นไปควยความสะดวก จำองลด การเสียดทาน หรือเสียดสี ระหว่างผิววัตถุลงโดยไข้แมริง เป็นตัวลดการเสียดทานดังกล่าว ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นตองศึกษา ข้อมูลเกี่ยวกับ แมริงไว้มายางพอสมควร

ความเป็นมาของแมริง

ถาหากวัตถุ 2 ชิ้นจำเป็นตองมีการเสียดสีกันแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการเสียดสีเนื่องจากการไถลหรือการหมุนก็ตาม ก็จะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้น ซึ่งนอกจากก่อให้เกิดความต้านทานต่อการเคลื่อนที่แล้ว ยังก่อให้เกิดความร้อนและการสึกอื่อกวยการที่จะลดแรงเสียดทานนี้ลงก็โดยการใช้หลักการกลึงของวัตถุกลม เนื่องจาลดพื้นที่ผิวกระทบลงไคมากจากคุณลักษณะดังกล่าว จึงไคนำมาสร้างแมริงขึ้น และให้ชื่อว่าแมริงตองตามความเสียดทานหรือแมริงแมน ซึ่งประกอบด้วย แหวนเหล็กกลาซบแข็ง 2 วง มีลูกหมุนเหล็กกลาซบแข็งอยุ่ตรงกลางระหว่างวงแหวนทั้งสอง ซึ่งรับแรงจากแหวนวงใน ส่งตอไปยังแหวนวงนอก และลูกหมุนแต่ละลูกจะถูกแยกห่างจากกันควยลูกทรง เพื่อสะดวกต่อการกลึง ไม่ไคชนกันเอง

การแบ่งชนิดของแมริง

จะแบ่งตามชนิดของลูกหมุน ถาเป็นชนิดลูกป็น เรียกว่า แมริงลูกป็น (ball bearing) ถาเป็นชนิดลูกกลึงก็เรียกว่า แมริงลูกกลึง (Roller Bearing) นอกจากนี้ยังแบ่งขอยลงไปอื่กเป็นแมริงรับแรงรัศมี (Radial bearing) และแมริงรับแรงแนวแกน (Thrust bearing) ซึ่งออกแบบให้สามารถรับแรงแนวนั้นไคมากกว่าอื่กแนวหนึ่ง

สำหรับงานที่แตกต่างกัน แนวแรงที่กระทำตอแมริงก็จะแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีแมริงหลายแบบเพื่อการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานแต่ละอย่างไค จะไม่มีแมริงแบบไคที่สมบูรณ์แบบเหมาะสมกับงานทุกชนิด

การแบ่งชนิดของแบริ่งตามลำดับชั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกใช้แบริ่ง

คังไคกล่าวข้างต้นแล้วว่าแบริ่งมีหลายแบบ คังนั้นการเลือกใช้แบริ่งให้เหมาะสมกับงาน จะตองคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ขนาด และทิศทางของแรงที่กระทำต่อแบริ่ง
2. ความเร็วหมุนของแหวนวงใน และแหวนวงนอก
3. อายุในการใช้งานของแบริ่ง ที่ตองการ
4. ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแหวนวงใน - แหวนวงนอก กับอุณหภูมิภายนอก
5. ความเที่ยงของแกนของแบริ่งที่ตองการ
6. ขนาดของแรงบิดที่เกิดจากความเสียดทาน และความคังของเสี้ยนที่เกิดขึ้น
7. ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นที่ตองการจะใช้
8. จำนวนของแบริ่งที่ไ้รับแรง
9. โลหะที่ไ้ทำเพลลา และเปลือกตอกตาวะตองเรียบ และไ้โคแนวเส้นตรง
10. เนื้อที่สำหรับแบริ่ง. จำกัดหรือไม่

การเลือกแบริ่งไปใช้ให้เหมาะสมกับงาน

ในปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ซึ่งมีอุปกรณ์เครื่องจักรต่าง ๆ ยุงมากสลบซับซ้อน จะสามารถมีการผลิตที่ราบรื่นมักมีปัญหาคันน้าไปสู่การชงักในการผลิตน้อยที่สุดนั้น คุณภาพและความทนทานของแบริ่งไ้จะ เป็นตัวเอกที่สำคัญตัวหนึ่ง ปัญหาของแบริ่งมีผลกระทบกระเทือนอย่างมากตอคาชอมแซมบำรุงรักษาเครื่องจักร มีกฏาย ๆ อยู่ขอหนึ่งว่าปัญหาซึ่งเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เพียง 20% ยอมหมายถึง 80% ของปัญหาทั้งหมดมาจากชิ้นส่วนนั้น ๆ คังนั้นถ้าเราสามารถแก้ไขปัญหาคันน้าที่เกิดจากแบริ่งอยู่เสมอ ๆ นั้น ยอมหมายถึงว่าเราสามารถลดคาชอมแซมบำรุงรักษาเครื่องจักรกล ไ้มากที่สุดไ้คยั้งนี้เพราะความเสียหายของแบริ่งสามารถน้าไปสู่ความเสียหายอื่น ๆ อีกมาก

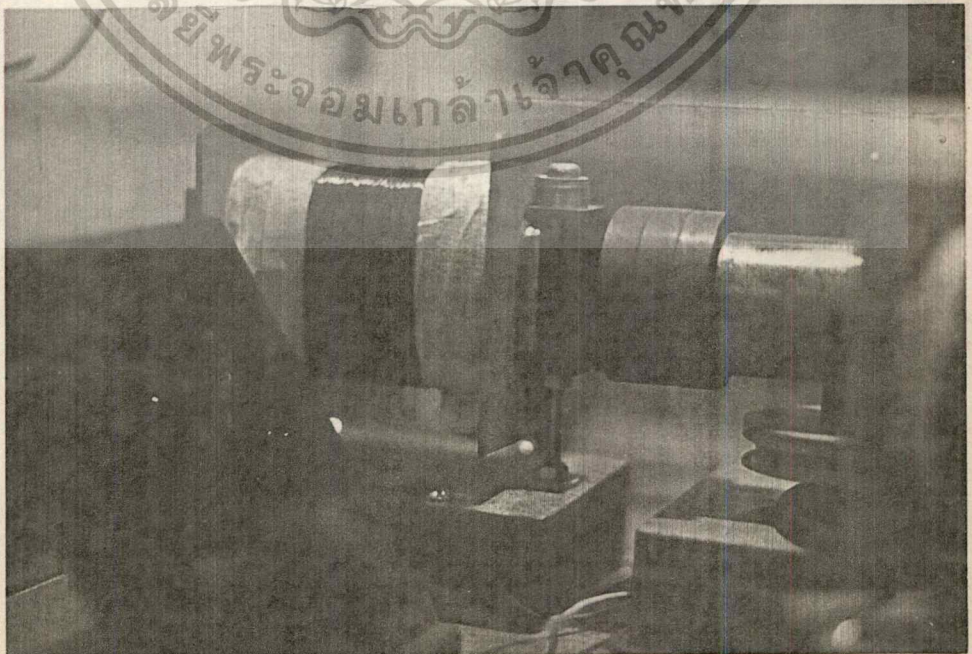
ปัญหาของแบริ่งที่เกิเกิดขึ้นซ้ำ ๆ ส่วนใหญ่จะสามารถแก้ไขไ้คยเปลี่ยนแปลงชนิดของแบริ่งถึงแม้ว่าบางครั้ง เราอาจไม่ทราบปัญหาที่แท้จริงของความเสียหายนั้นก็คามา แบริ่งต่าง ๆ มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้น้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตองอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการน้าไปใช้

ความสามารถ สมรรถนะ การใช้งาน และมีจุดอ่อนจุดแข็งต่าง ๆ ที่ควรพิจารณาเพื่อเลือกชนิดของแปรงที่เหมาะสมดังต่อไปนี้

- ความสามารถในการรับแรง
- ชีตจำกัดความเร็ว
- ความสามารถในการรับแรงลุด (THRUST)
- ชีตจำกัดความไม่ตรงแนว (MISALIGNMENT)
- เคลียร์แรนซ์ (CLEARANCE) ภายในของแปรง

2.6 การศึกษาส่วนประกอบที่สำคัญของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. ขลวดตัวนำ ทำหน้าที่เป็นตัวให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อมีแม่เหล็กหมุนตัดแกนโลหะซึ่งขลวดพันอยู่รอบเป็นจำนวน 2,200 รอบ สำหรับขลวดตัวนำนี้ทำด้วยลวดทองแดงอาบน้ำมันเป็นฉนวนเบอร์ 1 ซึ่งมีขนาดเล็กพันอยู่รอบท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.03 เซนติเมตร มีความยาว 1 เซนติเมตร ปลายทั้ง 2 ข้างปิดด้วยแผ่นพลาสติกสีเหลืองขนาด 5 เซนติเมตร สีทึบ พันลวดทองแดงรอบท่อพลาสติกดังกล่าวนี้เป็นจำนวน 2,200 รอบแล้วใช้แกนโลหะแท่งสีเหลืองขนาด 7 เซนติเมตรยาว 8 เซนติเมตร สอดผ่านรูท่อพลาสติก ปลายแท่งโลหะทั้ง 2 ข้างเจาะรูเพื่อสอดยึดติดกับฐานไม้ กิ่งสัง เกิดจากรูป 23 และ

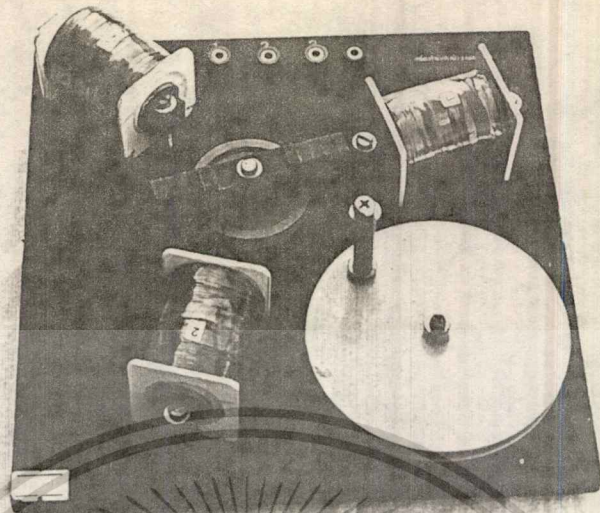


เอกสารนี้เป็นเอกสารทลวงเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แท่งแม่เหล็ก ทำหน้าที่ในการทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นเมื่อถูกทำ
 ให้อนุมวน เพื่อให้ฟลักซ์แม่เหล็กคัทชดลวดตัวนำที่กลาวมาแล้วข้างต้น สำหรับแท่งแม่เหล็กนี้มีขนาด
 171 เซนติเมตร และยาว 2.5 เซนติเมตร โดยปลายทั้ง 2 ข้างจะเป็นแม่เหล็กยาว
 เซนติเมตร ส่วนตรงกลางจะเป็นแท่งโลหะมีขนาดเท่ากับแม่เหล็กของปลายทั้ง 2 ข้างและ
 เจาะรูเพื่อยึดกับ



3. ลวดสายพาน ลวดสายพานนี้มีอยู่ 2 ขนาดคือขนาดเล็กจะถูกยึดติดอยู่กับแม่เหล็ก
 ที่กลาวในหัวข้อที่ 2 ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 5 เซนติเมตร ความหนาของลวดสายพาน
 เท่ากับ 0.2 เซนติเมตร ทำจากพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกสีเทาเกือบดำ และลวดสาย
 พานขนาดเล็กที่ยึดติดกับแม่เหล็กนี้จะมีแกนกลางซึ่งถือเป็นจุดกึ่งกลางของขดลวดทั้ง 3 ที่กลาว
 ในหัวข้อที่ 1 และเป็นแกนสำหรับไหลลวดสายพานและแม่เหล็กหมุนไคควย สำหรับลวดสายพานขนาด
 ใหญ่ก็จะใช้เป็นที่ยึดของมือหมุนซึ่งจะเป็นตัวจ่ายแรงหมุนมายังลวดสายพานตัวเล็กอีกทีหนึ่ง มี
 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 8 เซนติเมตร และมีความหนาเท่ากับ 0.08 เซนติเมตร
 ทำจากพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกสีเทาออกขาวกว่าตัวเล็ก ตรงกลางเจาะรูเพื่อสอด
 ลงบนโลหะและยึดกับฐานไม้



4. สายพาน สายพานนี้ทำหน้าที่คอยแรงจากล้อสายพานหรือคนก้านักแรงหมุนเขามา ยังล้อสายพานตัวเล็กซึ่งยึดติดกับแหงแม่เหล็กเพื่อให้แม่เหล็กหมุนตัวขอลวดตัวนำโค สายพานดังกล่าวนี้นำขึ้นจากยางดีคว่า มีความยืดหยุ่นสูงกว่าสายพานที่ขายทั่วไป ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการชำรุดเสียหายบ่อย และไม่มีอาหทัยเปลี่ยนเมื่อเกิดการชำรุดเสียหายมีลักษณะเป็นเส้นแบน ๆ เมื่อมองหน้าคักจะ เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าดัง เตกจากรูปที่ 25

5. มือหมุน สำหรับมือหมุนนี้ก็ใช้ทอพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เซนติเมตร มาตัดเป็นท่อยาว เซนติเมตรแล้วไขนอกรอยรอยโดยไขแหวนรอง ไข 1 ตัว เพราะขนาดหัวนอกเล็กกว่ารูทอให้ยึดติดกับล้อสายพานอันใหญ่ ใช้มือหมุนเพื่อให้แรงหมุนเข้าไปหมุนแหงแม่เหล็ก แต่มือหมุนดังกล่าวนี้นี้มีขนาดไม่โตกับขนาดสัดส่วนของมือผู้ใช้และตำแหน่งการวางไม่เหมาะสมกับทัศนวิสัยการใช้มือหมุน ทำให้เกิดการเมื่อยมือ และหมุนไคไม่สะดวก เพราะยึดติดกับล้อสายพานตายตัวหมุนไม่ไคจากรูปที่ 25

6. ฐานยึดส่วนประกอบ ฐานยึดนี้ทำด้วยไม้อัดหนา 10 มิลลิตาด้วยสีค้ำทั้งหมด เจาะรูตามตำแหน่งการวางของส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องก้านักไฟฟ้า และรูสำหรับสอดสาย

ไฟเค้นคานล่างของฐาน ฐานยึดส่วนประกอบนี้กำหนดให้ใช้ เป็นฐานสำหรับยึดของอุปกรณ์ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ไกลมาแลวข้างบนของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งมีขนาดกว้าง 250 เซนติเมตร ยาว 280 เซนติเมตร กิ่งรูปที่ 25

7. สายไฟ สายไฟนี้จะทำหน้าที่คอสายไฟจากปลายของ ขดลวดทองแดงซึ่งพันรอบแท่งโลหะและ เป็นตัวนำไฟฟ้าที่โลหะเสดที่ เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำให้ไหลผ่านไปยังจุดคอสายไฟ หรือ รุเสียบแจคสายไฟที่ ไซนัสไซด์ค่าทั้งหมคและ เคนอยุคานโตแฉนไม่อดทำหมองไม่เห็นและไม่รรวาสายไฟเสนโคมาจากขอลวคโค

8. จุดคอสายไฟ หรือเรียกกรุเสียบแจค ซึ่งทำขึ้นจากโลหะประกอบกับพลาสติก สีดาคำหนดให้เป็นจุดคอสายไฟจาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ทดสอบกระแสไฟฟ้า

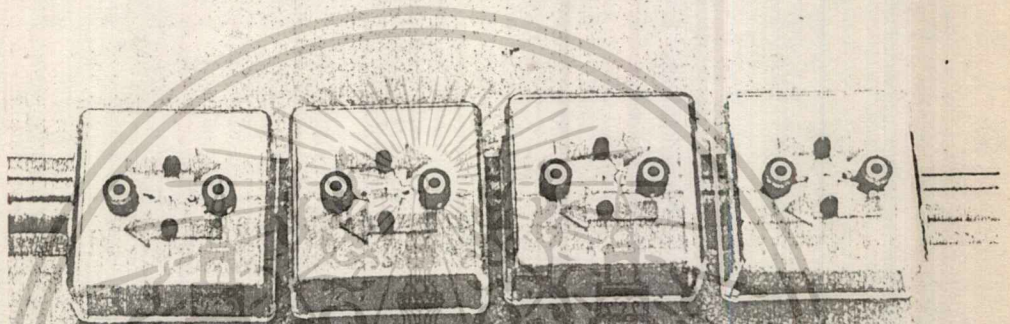
2.7 การศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในการปฏิบัติกรทดลองในวิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวกับกรกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่กลวมาแลวข้างบน จำเป็นคองใช้อุปกรณ์ซึ่งจำเป็นคองใช้ประกอบการปฏิบัติกรทดลอง ดังนคอ

1. เครื่องตรวจทิศของกระแสไฟฟ้า
2. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า
3. ชุดทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดแสง
4. ชุดทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดเสียง

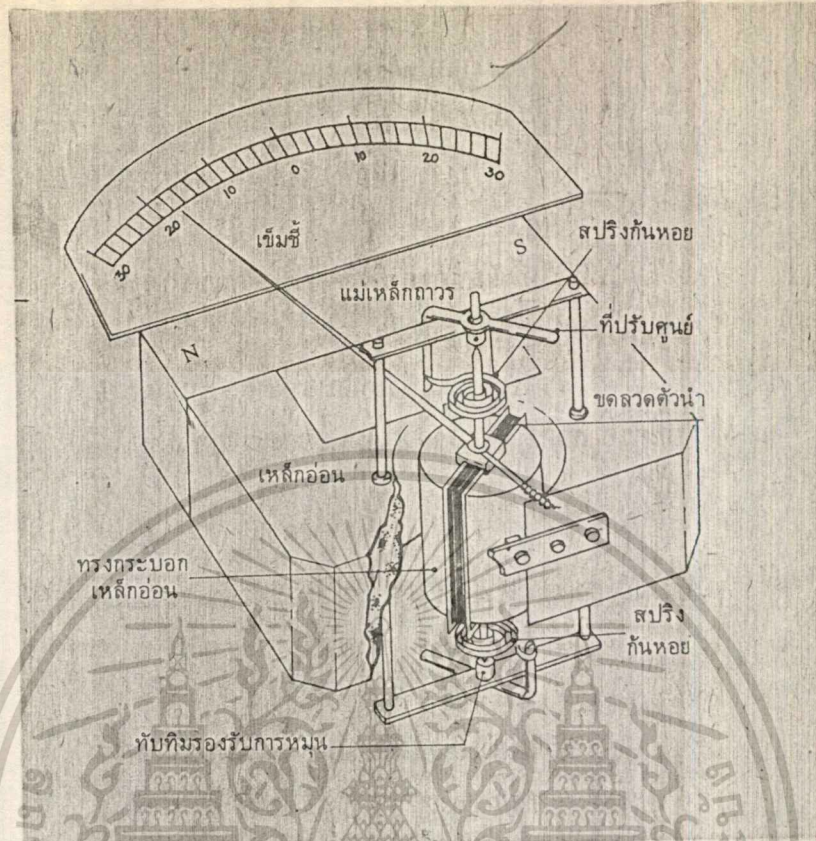
1. เครื่องตรวจทิศของกระแสไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติกรทดลอง เพื่อทดสอบกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องตรวจทิศทางของกระแสไฟฟ้าทำควยโคโอดชนิดหนึ่งทีเรียควา แอลลี้คี้ เมื่อนำไปคอ เขาคับขั้วไฟฟ้าถูกคองจะมีกระแสไฟฟ้าผ่านทำให้เกิดแสงสว่างขึ้น แต่ถาคอขั้วไฟฟ้าถูกคองจะมีกระแสไฟฟ้าผ่านทำให้เกิดแสงสว่างขึ้น แต่ถาคอขั้วไฟฟ้ากลับทางจะไม่มีการเกิดแสงสว่างขึ้นคอ ดังนั้นการที่แอลลี้คี้สว่างขึ้นสามารถบอกทิศทางของกระแสไฟฟ้าในวงจรคอ เครื่องตรวจทิศทางกระแสไฟฟ้าคองกลวนี้ทำจากกลองพลาสติกใสขนาด 6x6x3 เซนติเมตร (กว้าง + ยาว + สูง) ซึ่งในชุดหนึ่งจะมีอยู่ 4 ชิ้น ซึ่งจะประกอบควยหลอคแอลลี้คี้ และปุมเสียบสายไฟ ซึ่งจำนวนของอุปกรณ์

มีหลายชิ้นนี้เองทำให้เกิดปัญหาในด้านการเคลื่อนย้าย เก็บรักษา และปัญหาการชำรุดเสียหายได้ง่าย เพราะ BODY ของเครื่องตรวจวัดของกระแสไฟฟ้านี้ทำจากพลาสติกบางใสและเปราะมาก และไม่แข็งแรงดัง เกิดจากรูปที่ 26



รูปที่ 26 เครื่องตรวจวัดของกระแสไฟฟ้า

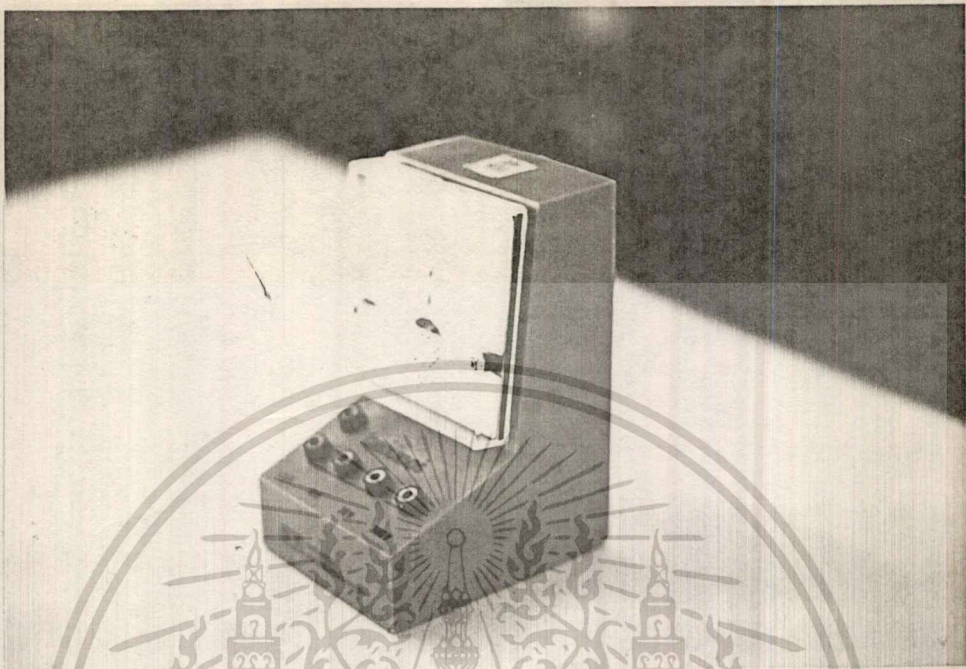
2. เครื่องวัดกระแสไฟ เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าหรือที่เรียกกันว่าแอมป์มิเตอร์ ซึ่งมีหน้าที่วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องกวนเน็คไฟฟ้าในขณะที่ทำการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งภายในของ เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดัง เกิดจากรูปที่ 28



รูปที่ 27 ส่วนประกอบภายในของ เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า

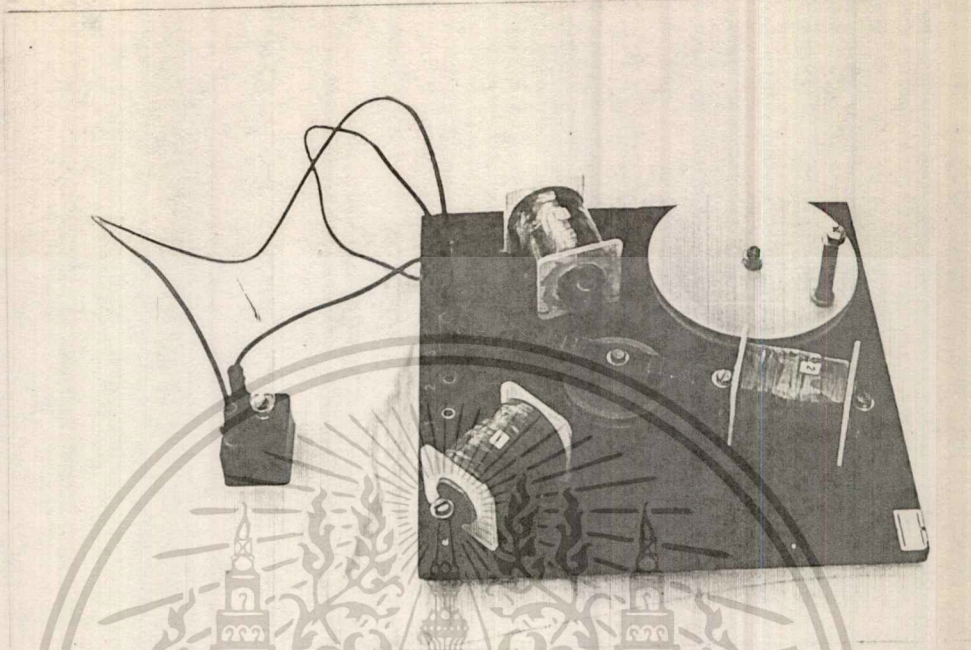
สำหรับปรากฏภายนอกเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าของ เครื่องนี้ มีขนาดเท่ากับ เซนติ-
 เมตร (กว้าง + ยาว + สูง) โครงสร้างใหญ่ทำจากพลาสติกสีน้ำตาลทึบหน้าปิดตัวเลขเป็นฝา
 ครอบพลาสติกใส ราคาเครื่องละ 350 บาท ดังเกตจากรูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



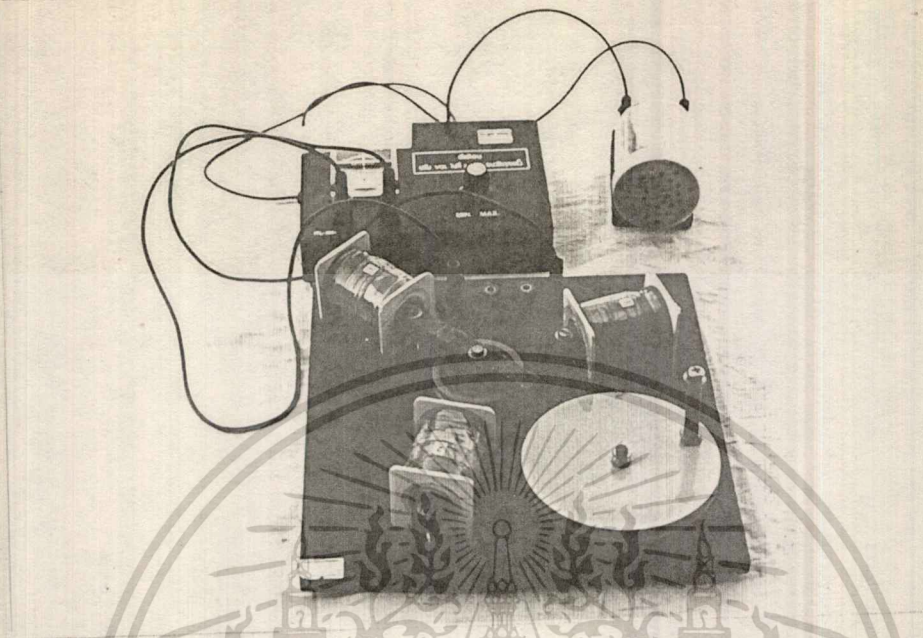
รูปที่ 28 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า

3. ชุดทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดแสง อุปกรณ์ชนิดนี้ทำหน้าที่ทดสอบกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะทำการปฏิบัติการทดลองซึ่งจะประกอบด้วยโครงสร้างซึ่งเป็นพลาสติกสีอำพันขนาด เซนติเมตรมีหลอดไฟ 1 หลอด และมีรูเสียบสายไฟ 2 รู เป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กมากจึงตั้ง เกศจากรูปที่แสดง



รูปที่ 29 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและชุดทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดแสง

4. ชุดทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดเสียง อุปกรณ์ชุดนี้ทำหน้าที่ทดสอบกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่นกัน โดยถ้ามีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะที่ทำการทดลองอุปกรณ์ชุดนี้ก็จะเกิดเสียงขึ้น อุปกรณ์ชุดนี้จะประกอบด้วย ชุดวงจรทำให้เกิดเสียงและลำโพงชุดหนึ่งดัง เเกศจากรูปที่แสดง

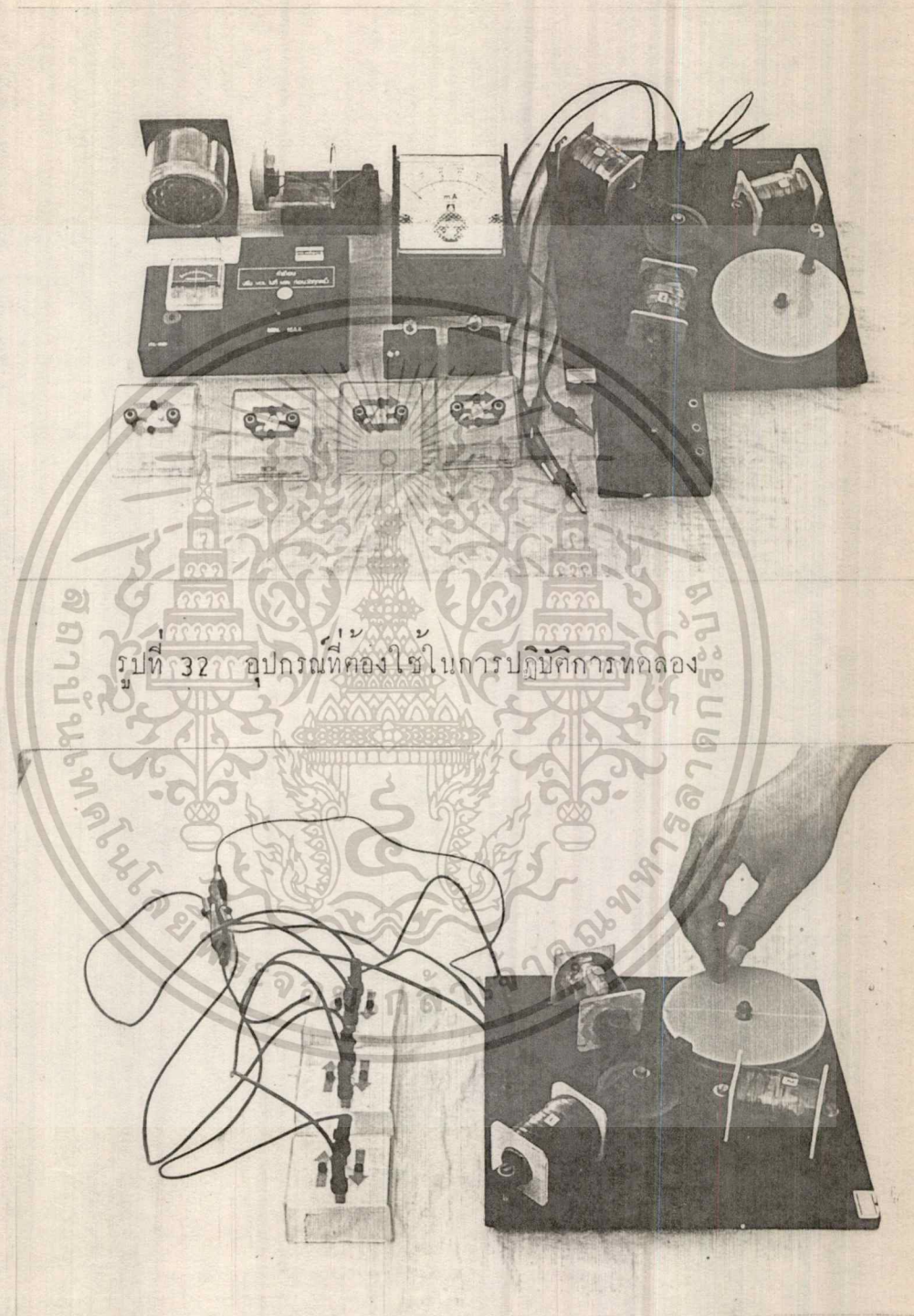


รูปที่ 30 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและชุดทดสอบกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดเสียง

ซึ่งอุปกรณ์ชุดนี้ยังมีปัญหาอยู่ที่ลำโพงกำเนิดเสียงซึ่งยังใช้วัสดุที่ทำ BODY / ยังไม่
 เหมาะสมโดยนำเอากล่องพลาสติกใสมาทำเป็นกล่องลำโพง และใช้ฝากล่องเจาะรูเป็นช่องๆ
 ทำเป็นหน้ากาลลำโพง ดัง เกจจากรูปที่แสดง



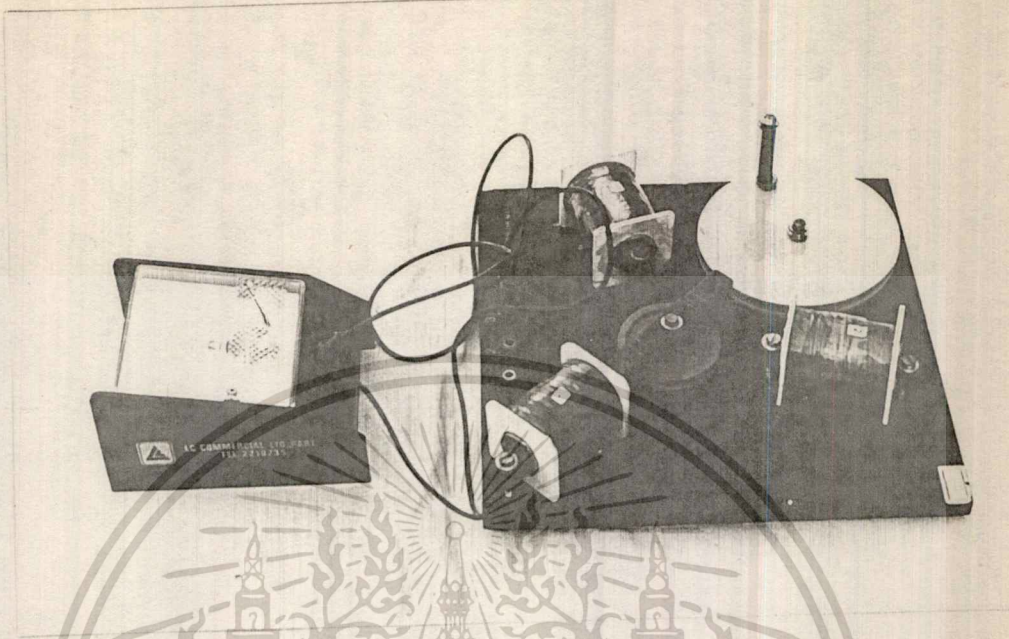
2.8 การศึกษาวิธีการปฏิบัติการทดลอง



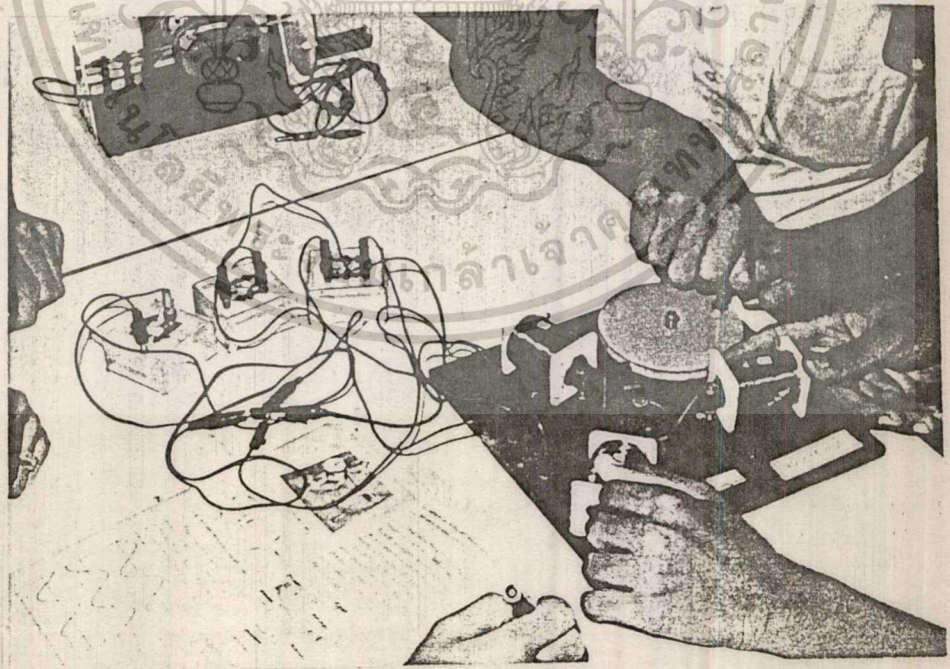
รูปที่ 32 อุปกรณ์ที่ต่องใช้ในการปฏิบัติการทดลอง

รูปที่ 33 การจับอุปกรณ์ในการทดลอง (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

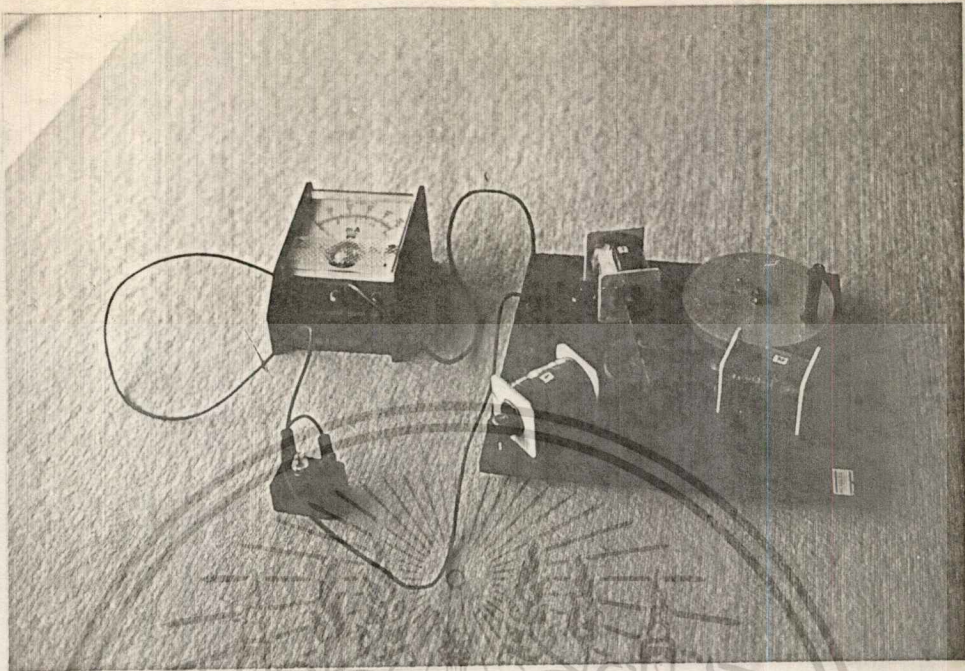


รูปที่ 34 การจัดอุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลอง (2)



รูปที่ 35 การจัดอุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลอง (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 36 การจับอุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลอง (4)

การทดลอง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เครื่อง
2. เครื่องตรวจทิศทางของกระแสไฟฟ้า 1 เครื่อง
3. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า 1 เครื่อง
4. ชุดทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดเสียง 1 ชุด
5. ชุดทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดแสง 1 ชุด
6. สายไฟ

วิธีการทดลอง

1. ทอดสายไฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เข้ากับเครื่องตรวจทิศทางของกระแสไฟฟ้า
2. หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สังเกตทิศทางของกระแสไฟฟ้า

3. หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในทิศตรงข้ามกับข้อ 2 แล้วสังเกตทิศทางของกระแสไฟฟ้า
4. เปลี่ยนเป็นคอสายไฟจากขั้วที่ 2 ที่ 3 ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับเครื่องตรวจทิศของกระแสไฟ แล้วทดลองซ้ำทั้งข้อ 2 และ 3
5. นำเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า และชุกทดลองไฟฟ้าทำให้เกิดแสง เสียงเข้าทดลองกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหมือนกับเครื่องตรวจทิศของกระแสไฟฟ้า แล้วสังเกตผล พร้อมบันทึกการทดลอง

ผลการทดลอง จากการทดลองจะสังเกตทิศทางของกระแสไฟฟ้าขณะที่คอสายจากขั้ว DC มีทิศเพียงทิศเดียว เรียกว่ากระแสไฟ เช่นนี้ว่ากระแสตรง สำหรับทิศของกระแสไฟฟ้าขณะที่คอสายไฟจากขั้ว AC มีทิศสลับไปมา เรียกว่ากระแสไฟ เช่นนี้ว่ากระแสไฟสลับ และจากเครื่องวัดทำให้ทราบว่าเมื่อแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดคว้าน่าจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ยิ่งหมุนเร็วกระแสไฟฟ้าก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้น ในทำนองเดียวกันกับชุกทดลองไฟฟ้าทำให้เกิดแสงและเสียงก็จะเกิดมีแสงสว่างและเสียงขึ้นเช่นกัน เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.9 การศึกษาประโยชน์ที่ได้รับจากอุปกรณ์

- ประโยชน์ของการใช้อุปกรณ์นี้ประกอบการปฏิบัติการทดลองมีดังนี้ คือ
1. สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ตามหลักการของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
 2. ทำให้ผู้เรียนได้สามารถมองเห็นวิธีการและการกำเนิดของกระแสไฟฟ้า
 3. ทำให้ผู้เรียนได้ทราบว่าไฟฟ้าทำให้เกิดพลังงานแสงและเสียงขึ้นได้
 4. ทำให้ผู้เรียนได้รู้การเกิดของกระแสตรงและกระแสสลับ
 5. ทำให้ผู้เรียนสามารถอ่านค่าของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้
 6. ทำให้ผู้เรียนได้ทดลองปฏิบัติหาความรู้ด้วยตัวเองได้
 7. มีประโยชน์ในการศึกษาวิชาไฟฟ้าในชั้นสูงต่อไป
 8. ทำให้ผู้เรียนได้รู้วิธีการนำพลังงานกลมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้
 9. ทำให้ผู้เรียนได้มีความรู้เรื่องไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

2.10 การศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้

การศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้ซอฟต์แวร์ชุดดังกล่าวนี้ ผู้ใช้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (ม.6) มีพฤติกรรมในการใช้แตกต่างกันไปในระหว่างการปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการ เช่น ลักษณะการยืน การนั่ง ในการทำงานที่เหมาะสมสะดวกสบาย ดังนั้นในการวิจัยจึงต้องนำเอาองค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านี้มาพิจารณาควย ซอฟต์แวร์ชุดดังกล่าวนี้มีประโยชน์มากในการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งส่วนใหญ่แล้วนักศึกษาจะเป็นผู้ใช้อุปกรณ์ และอาจารย์ผู้สอนก็ใชบางในขณะบรรยายหรือประกอบคำบรรยาย

ในการใช้อุปกรณ์ชุดนี้ผู้ใช้อุปกรณ์ส่วนใหญ่ คือ นักเรียน จะนำอุปกรณ์มาจากตู้เก็บอุปกรณ์ ซึ่งจัดไว้เป็นสัดส่วนโดยแยกออกจากห้องปฏิบัติการหรือในโรงเรียนบางแห่งจะจัดไว้ในห้องพักของอาจารย์ผู้สอนในสาขาวิทยาศาสตร์ เลย ซึ่งจะเป็นการดูแลรักษาไปในตัว ซึ่งนักเรียนต้องนำอุปกรณ์จากห้องนั้นไปยังห้องปฏิบัติการทดลอง แล้ววางบนโต๊ะทดลอง ซึ่งโต๊ะทดลองหรือโต๊ะปฏิบัติการทดลองนี้ จำนวนนักเรียนจะถูกแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ กลุ่มละ 3 - 5 คน ตามแต่จำนวนนักเรียนหรือจำนวนชุดอุปกรณ์การทดลองควย โดยนักเรียนจะนั่งทดลองเป็นส่วนใหญ่โดยวางอุปกรณ์ไว้บนโต๊ะและจัดวางตามขั้นตอนการทดลอง โดยใช้มือจับอุปกรณ์ให้เข้าที่ตามลักษณะการจัดวางที่อาจารย์สอน การจัดวางผู้เรียนจะนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มาวางตรงข้างหน้าอยู่ที่ศูนย์กลางโต๊ะแล้วนำอุปกรณ์ทดสอบการกำเนิดไฟฟ้า มาวางถัดไปจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยหันหน้าของอุปกรณ์มาทางผู้จะทำการปฏิบัติการทดลอง แล้วต่อสายไฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับอุปกรณ์ทดสอบกระแสไฟตามลำดับ โดยมีผู้ปฏิบัติรวมกัน 2 - 3 คน โดยมีคนคอยหมุนให้แม่เหล็กในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนตัดขดลวด คนหนึ่ง อีกคนหนึ่งคอยสังเกตผลการทดลอง และมีคอยจับบันทึกผลการทดลองอีกหนึ่งคน ในการต่อสายไฟเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ทดสอบกระแสไฟฟ้านี้จะใช้สายไฟยาว 50 เซนติเมตร ปลายทั้งสองข้างยึดที่เสียบหรือที่เรียกว่า "แจคตัวผู้" เวลาต่อสายไฟเข้ากับชุดอุปกรณ์ทดสอบกระแสไฟและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็ใช้แจคเสียบเข้ากับที่ติดกับอุปกรณ์ทั้งสองเลย แล้วก็ทำการทดลอง แล้วบันทึกผลการทดลองตามขั้นตอนจนเสร็จการทดลองแล้วจึงนำอุปกรณ์ทั้งชุดเก็บเข้าตู้เก็บอุปกรณ์เหมือนเดิมโดยถือที่ละชิ้น เก็บไว้ในตู้ซึ่งส่วนใหญ่จะสูงไม่เกิน เซนติเมตร และคานหนาเป็นกระจกใส่สามารถมองเห็นสิ่งของที่เก็บไว้ในตู้.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปพฤติกรรมของผู้ใช้

ดังนั้นจะสรุปได้ว่า ในการปฏิบัติการทดลองที่ห้องใช้อุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ ซึ่งผู้ใช้ส่วนใหญ่แล้วนั้นนั้น คือ นักเรียน ซึ่งสามารถแยกแยะออกเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้ คือ

1. ชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้เก็บรักษาไว้ในตู้เก็บอุปกรณ์ซึ่งแยกจากห้องปฏิบัติการทดลองโดยสิ้นเชิง
2. ชุดอุปกรณ์จะถูกนำออกจากตู้เก็บอุปกรณ์การทดลองมายังห้องปฏิบัติการทดลองโดยนักเรียนเป็นผู้ที่ไขมือต่อไปโดยไม่มีกล้องใส หรือภาชนะรองรับเลย หมายถึงนักเรียนไขมือเปล่าถืออุปกรณ์ไปยังห้องปฏิบัติการทดลอง แล้ววางไว้บนโต๊ะทดลองในห้องปฏิบัติการทดลอง ซึ่งจำนวนอุปกรณ์ในชุดนี้มีอยู่จำนวนหลายชิ้น
3. นักเรียนปฏิบัติการทดลองโดยเริ่มจากการจกวางอุปกรณ์ให้สามารถมองเห็นได้ถนัดในแต่ละคนในกลุ่มซึ่งมีอยู่ 3 - 5 คน โดยมีผู้ทำหน้าที่ทดลองจริง ๆ 2 คน คือคนที่ไขมือหมุน หมุนให้แม่เหล็กหมุนตัวขดลวด คนหนึ่งอีกคนหนึ่งคอยต่อสายไฟฟ้าเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและชุดอุปกรณ์ทดสอบกระแสไฟต่าง ๆ โดยทุกคนนั่งบนเก้าอี้ ทุกคนขณะทำการทดลองและสิ่ง เเกตุการทดลองตลอดเวลาดัง เเกตุการ เปลี่ยนแปลงหรือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับชุดทดสอบกระแสไฟทุกคน
4. ชุดอุปกรณ์ชุดนี้สามารถมองเห็นได้ถนัดขณะทำการทดลองในจำนวนนักเรียน 3 - 5 คน โดยอุปกรณ์วางอยู่ตรงกลางโต๊ะทดลอง
5. การใช้อุปกรณ์ชุดนี้สามารถไขในอุณหภูมิของห้องได้เลย คือ 37° เซลเซียส
6. ชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้จะถูกนำไปเก็บเมื่อทำการทดลองเสร็จ โดยที่นักเรียนปฏิบัติเหมือนตอนที่นำมาเช่นกัน โดยนำเข้าไปเก็บในตู้เก็บอุปกรณ์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตู้ไม้และตู้อลูมิเนียมมีความสูง 190 เซนติเมตร คานหนาเป็นกระจกใส

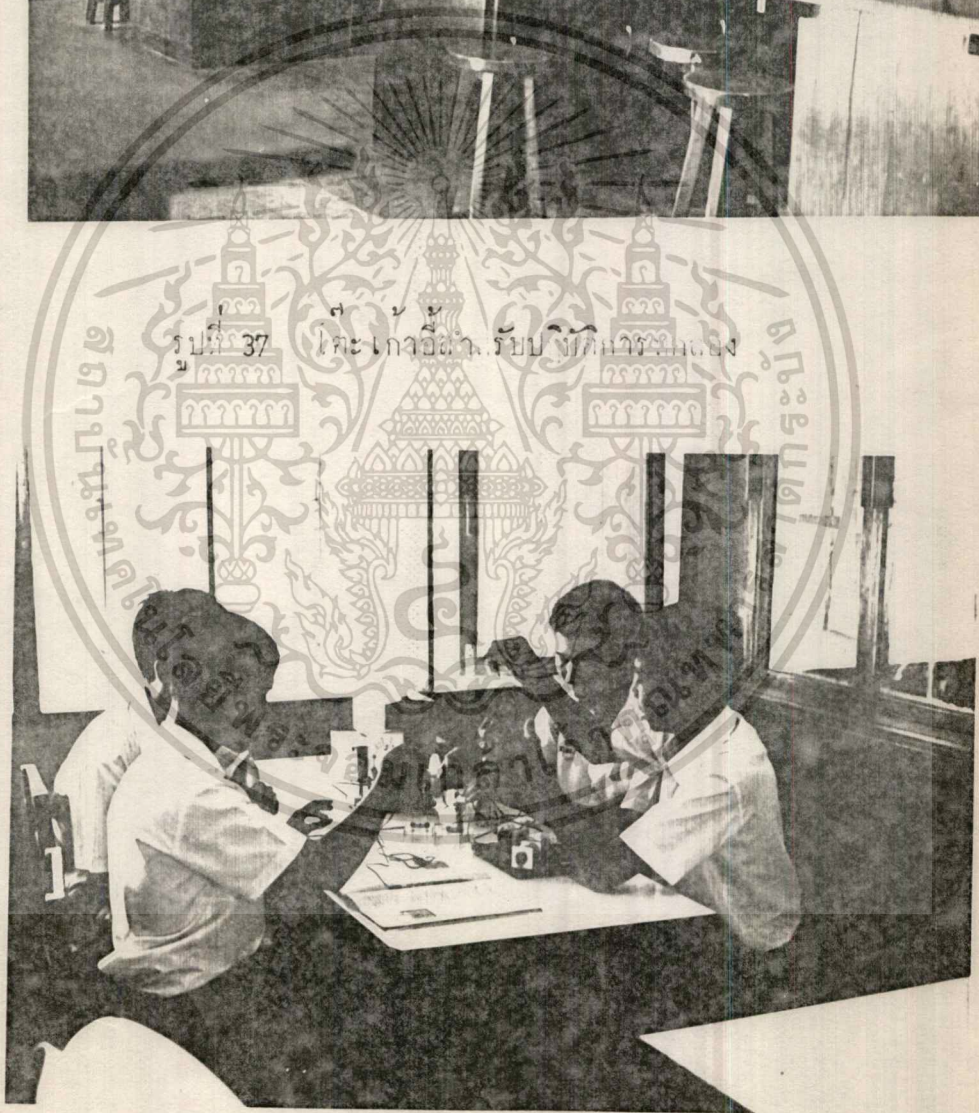
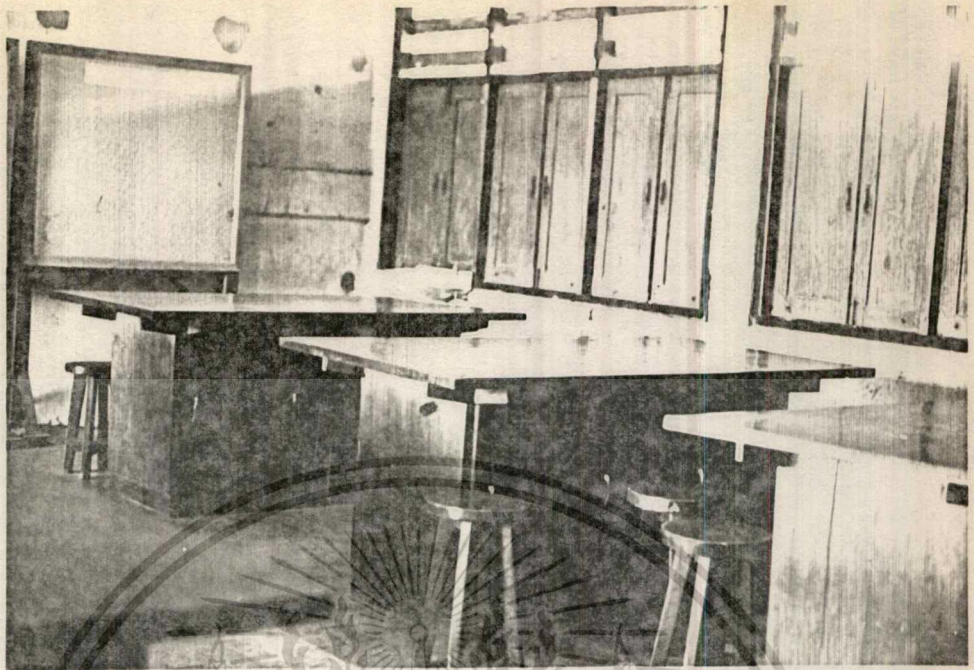
2.11 การศึกษาสภาพห้องเรียนและจำนวนนักเรียน

สำหรับห้องเรียน หรือห้องปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา นั้น บางแห่งจะใช้ห้องเรียนปกติ บางแห่งจัดเป็นห้องขนาดใหญ่ใช้ประโยชน์หลาย ๆ ด้าน บางแห่งจัดเป็นห้อง เฉพาะสำหรับใช้ทดลองวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ แต่ส่วนใหญ่แล้วตามโรงเรียนต่าง ๆ ใดก็ตาม เป็นห้อง เฉพาะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์เลย ซึ่งจะประกอบไปด้วยสิ่งอำนวยความสะดวก และสิ่งจำเป็นที่ใช้ในการทดลองต่าง ๆ อย่างเช่น อ่างล้างมือ ก๊อกน้ำ และปลั๊กไฟเป็นต้นอยู่ในห้อง

สำหรับห้องปฏิบัติการทดลองที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษา นั้น โดยทั่วไปต้องประกอบไปด้วยพื้นที่สำหรับการบรรยาย ของผู้สอนเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์วิธีการปฏิบัติการทดลอง พื้นที่สำหรับปฏิบัติการทดลอง เป็นกลุ่ม และเดี่ยว พื้นที่สำหรับการสาธิตการใช้อุปกรณ์ บริเวณดังกล่าวนี้ควรมีคีย์บอร์ดสามารถจัดกิจกรรมต่าง ๆ ได้ และภายในห้องจะประกอบด้วยเฟอร์นิเจอร์ เช่น โต๊ะปฏิบัติการทดลอง พร้อมเก้าอี้ ที่มีขนาดเหมาะสมกับสัดส่วนของนักเรียน และนอกจากนี้สิ่งจำเป็นในห้องปฏิบัติการทดลองคือ อ่างล้างมือ หรือ เครื่องมือคมต่าง ๆ ก๊อกน้ำ ปลั๊กไฟตามจุดต่าง ๆ ของตำแหน่งของโต๊ะทดลอง พร้อมกันนี้ ภายในห้องต้องมีแสงสว่าง เพียงพอกับการมองเห็นได้อย่างดีในขณะที่ทำการทดลอง ดังนั้นห้องปฏิบัติการทดลองนี้จะใช้เฉพาะในการปฏิบัติการทดลอง เท่านั้น เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองต่าง ๆ นั้น จะมีห้องเก็บอยู่ต่างหากซึ่งจะแยกส่วนออกจากห้องปฏิบัติการหรือพื้นที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลองอย่างสิ้นเชิง ซึ่งจะมีตู้เก็บอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้เป็นสัดส่วน เฉพาะอย่างอื่นที่หนึ่ง

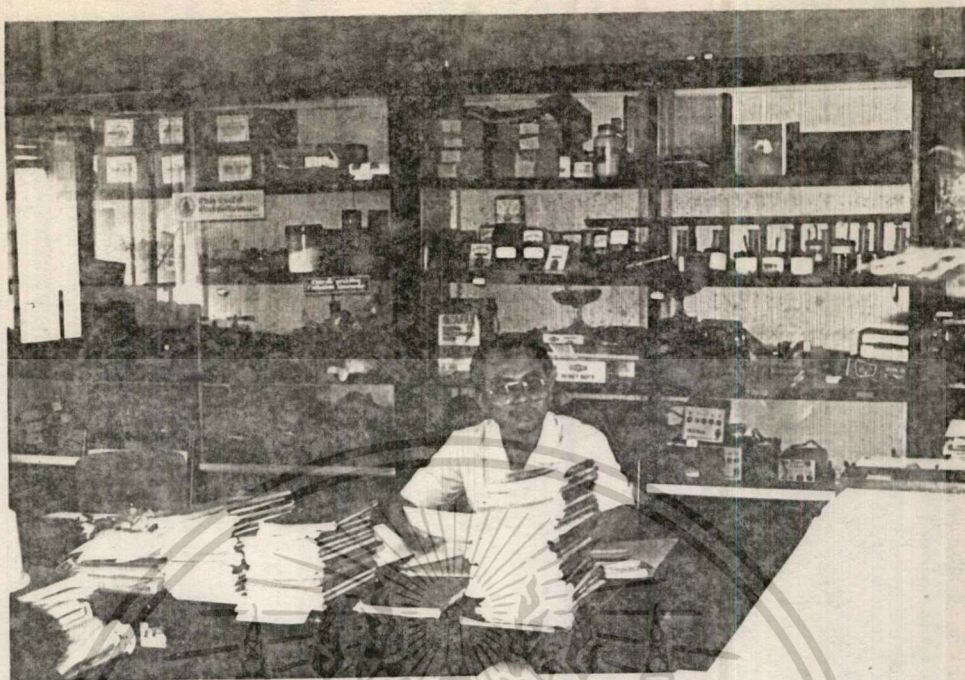
จำนวนนักเรียนในห้องหนึ่ง ๆ ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 นี้มีจำนวนประมาณ 30 - 40 คน คอห้องเรียน แบ่งเป็นนักเรียนชายและหญิงในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน ซึ่งเมื่อเวลาแบ่ง เป็นกลุ่มทำการปฏิบัติการทดลองแล้วจะแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 หรือ 5 คน ดังนั้นในห้องปฏิบัติการทดลองจะมีโต๊ะปฏิบัติการทดลองอยู่ห้องหนึ่งไม่ต่ำกว่า 8 โต๊ะพร้อมเก้าอี้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในการปฏิบัติการทดลองในครั้งหนึ่ง ๆ จะต้องใช้อุปกรณ์ในการทดลองไม่น้อยกว่า 8 ชุดซึ่งชุดหนึ่งสามารถบริการนักเรียนได้ 3 - 5 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 38 ห้องปฏิบัติการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 39 ตู้เก็บอุปกรณ์การทดลอง

2.12 ขนาดของห้องเรียน

ห้องเรียนสำหรับการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้น ม. 6 หรือระดับโรงเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 ส่วนใหญ่แล้วจะใช้ห้องเดียวกันนั้นสอนทั้งภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ โดยทำเป็นชั้นตอน คือ ผู้สอนจะใช้การบรรยายประกอบกับการใช้อุปกรณ์และกระดานดำในการสอนวิธีการใช้อุปกรณ์หรือวิธีการทดลอง และหลังจากบรรยายเสร็จก็จะให้ผู้เรียนทำการปฏิบัติการทดลอง และห้องดังกล่าวนี้จะจัดเป็นห้องปฏิบัติการทดลอง โดยมีโต๊ะปฏิบัติการทดลองพร้อมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เถือกลาวมาแล้วข้างบนจะไม่แยกเป็นห้องสอนทฤษฎี หรือห้องสอนภาคปฏิบัติ เหมือนกับระดับอุดมศึกษา ดังนั้นห้องเรียนสำหรับการเรียนการสอนก็ต้องมีขนาดที่พอเหมาะกับการสอนทั้ง 2 แบบได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปแล้วห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการทดลองของโรงเรียนมัธยมศึกษาจะมีขนาดของห้องกว้างเท่ากับ เมตร ยาว เมตร ความสูงของเพดาน เมตร โต๊ะปฏิบัติการทดลองมีขนาดเท่ากับ เซนติเมตร และเก้าอี้เท่ากับ เซนติเมตร พร้อมกับกระดานดำเท่ากับ เมตรพร้อมกันนี้ในห้องปฏิบัติการจะต้องติดตั้งปลั๊กไฟไว้เป็นช่วง ๆ พร้อมกับระบบไฟฟ้าให้แสงสว่างเป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

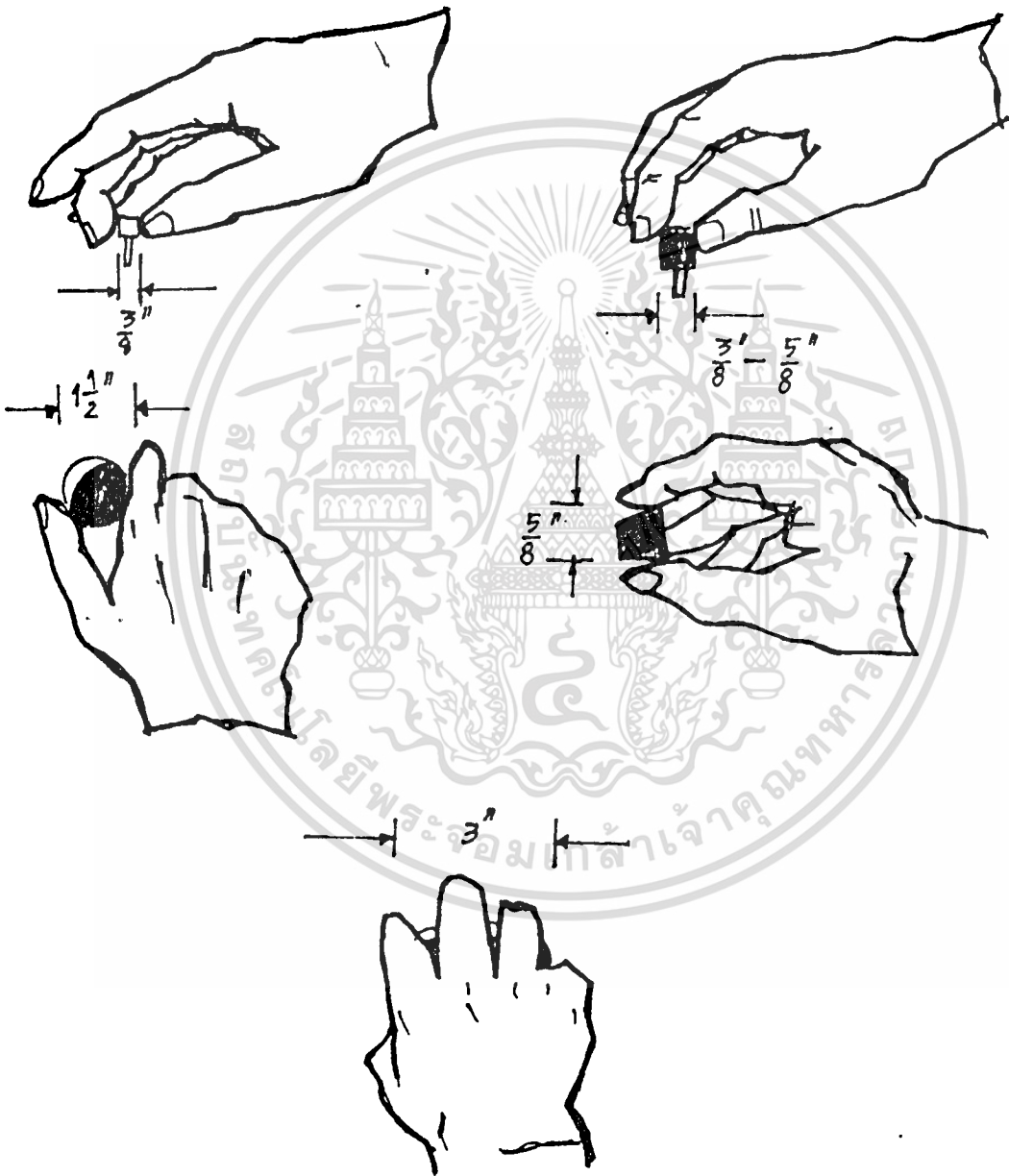
2.13 การศึกษาข้อมูลสัดส่วนของมนุษย์

ข้อมูลสัดส่วนมนุษย์ คือ ข้อมูลเกี่ยวกับมิติที่ได้จากการวัดขนาดของที่เว้นว่าง (SPACE) และมิติเว้นว่าง (CLEARANCE) ที่พอเหมาะซึ่งเกิดจากขนาดร่างกายของมนุษย์ต่อการประกอบกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง ขนาดและสัดส่วนของมนุษย์ที่สำคัญและสัมพันธ์โดยตรงต่องานออกแบบทางอุตสาหกรรม โดยที่มนุษย์มีเว้นว่างไปเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมนั้นในฐานะของผู้ใช้

แนวความคิดโดยถือขนาดเฉลี่ยในการออกแบบ (DESIGN CONCEPT FOR AVERAGE BODY SIMENSION) ความนึกคิดในงานออกแบบเกิดขึ้นได้เสมอหากถือแนวความคิดของขนาดเฉลี่ยเป็นเกณฑ์กำหนด โดยขอเท็จจริงแล้วตัวเลขที่แสดงขนาดเฉลี่ยไม่มีความสำคัญนักในการนำไปใช้งาน เพราะขนาดเฉลี่ยเป็นเพียงตัวเลขที่แทนขนาดของกลุ่มคนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเท่านั้น จะมีส่วนน้อยหรืออาจไม่มีเลยก็ได้ที่มีขนาดเท่าขนาดเฉลี่ย 50% จะมีขนาดโตกว่าและอีก 50% จะมีขนาดเล็กกว่า ดังนั้นการออกแบบโดยถือเอาแนวคิดนี้จะสนองผู้ใช้ได้ก็เพียงส่วนน้อย แนวความคิดนี้ได้ถูกเปลี่ยนไปใช้วิธีที่สนองผู้ใช้ได้ดีกว่าวิธีที่ยอมรับกันเมื่อประมาณ 10 ปี มาแล้วเรียกว่า DESIGN CONCEPT FOR WIDE RANGE OF BODY DIMENSION หลักการสำคัญของแนวความคิดนี้คือ วิธีช่วยให้งานออกแบบใช้โคคี้กับผู้ใช้มากที่สุด ถึง 80% หรือ 90% ของผู้ใช้ทั้งหมดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการศึกษาจาก PERCENTILE DISTRIBUTION ของมิติที่จะนำไปใช้งานออกแบบว่ามี การ DISTRIBUTE ไปในรูปใดงานออกแบบที่ดีที่สุด (IDEALLY) จะคง เป็นแบบที่สามารถใช้โคคี้สะดวกเหมาะสมกับผู้ใช้ทุกคน คือ 100% หรือ 100% RANGE ซึ่งก็สามารถจะทำได้แต่ไม่เป็นที่นิยม เพราะว่าเป็นการประหยัด

ภาพที่ 40

แสดงขนาดของมือที่สามารถหยิบจับชิ้นงานในขนาดต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 41

แสดงการหยิบจับชิ้นงาน



การจับรูปทรงกระบอก

การไขปลายนิ้ว

การถือนิ้ว

การหยิบจับ

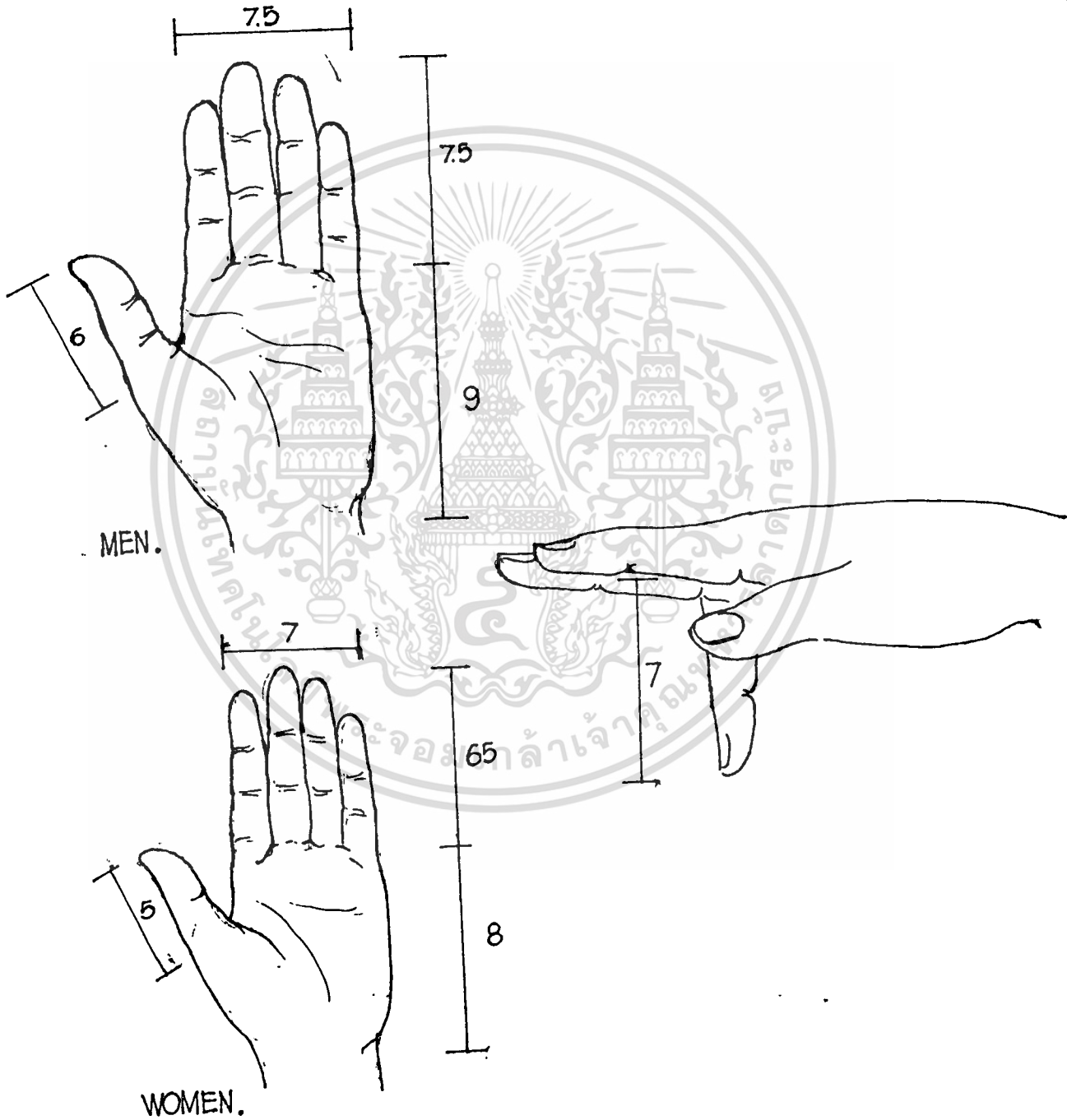
การกำ

หยิบแต่งงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 42

แสดงขนาดของมือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 วัสดุและกรรมวิธีการผลิตที่สามารถนำมาประกอบในการออกแบบ

วัสดุและกรรมวิธีการผลิต คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการแก้ไขปัญหาในการออกแบบอย่างหนึ่ง กำลังในการผลิตรวมทั้งราคา วัสดุชนิดใดที่เมื่อคิดแล้วคุ้มค่าที่สุด ประหยัดที่สุด ใดประโยชน์จากการนำมาใช้มากที่สุด คือ การนำเรื่องราวทั้งหมดที่ได้อศึกษามาวิเคราะห์หาเหตุผลมาเปรียบเทียบจะได้ผลดีหน้า เชื่อถือว่าการตัดสินใจด้วยความพอใจของนักออกแบบ

ผู้วิจัยขอกล่าวถึง เรื่องวัสดุอย่างรวม ๆ ทั้งหมดก่อน ถัดจึงนำมาสรุปในชั้นวิเคราะห์ว่าจะใช้วัสดุชนิดใด จึงจะเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ เป็นวัสดุในการผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นมา วัสดุที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบชุดอุปกรณ์การสอนเรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้โดยทั่วไปแล้วจะประกอบควยวัสดุจำพวก พลาสติก ยางสังเคราะห์ โลหะ ไม้อัด เป็นส่วนใหญ่ เพื่อให้ผู้อ่านได้ทราบรายละเอียดของวัสดุแต่ละชนิด ผู้วิจัยจะชี้แจงถึงหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

- ชนิดและประเภทของวัสดุแต่ละชนิด
- คุณสมบัติ
- ขนาด
- กรรมวิธีการผลิต
- การนำมาใช้งาน
- สรุปผล เปรียบ เทียบวัสดุแต่ละชนิด

พลาสติก

กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เป็นอุตสาหกรรมใหญ่นั้น มีขึ้นเมื่อไม่นานมานี้เอง จากการค้นพบยางแข็ง (HARD RUBBER) โดย ชาร์ล กูคเยียร์ ในปี ค.ศ. 1839 และมีการพัฒนาเซลล์ลอยด์โดย J.W. Hyatt ประมาณ ค.ศ. 1869 ระยะเวลาที่เริ่มต้นการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกเป็นอุตสาหกรรม แต่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในช่วงนี้ยังไม่เจริญก้าวหน้านัก จนกระทั่งปี ค.ศ. 1909 ได้มีการค้นพบวัสดุใหม่ที่สำคัญมากจวบจนกระทั่งถึงปัจจุบันก็คือ ปรีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน โดย ดร. L.H. Backeland และผู้ร่วมงาน ทั้งนี้แน่นอนว่ามีการวิจัยมากมายเกี่ยวกับการสังเคราะห์วัสดุชนิดใหม่ ๆ ขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน

ความหมายคำว่า พลาสติก

ความหมายคำว่าพลาสติกนั้นได้มีผู้ให้ความหมายหลายแง่ด้วยกัน ดังนี้ โดยทั่วไปคำว่า พลาสติก หมายถึง วัสดุต่าง ๆ ที่สามารถขึ้นรูปได้โดยโซ่แบบแม่พิมพ์ในปัจจุบันนี้หมายความว่า ความรวมถึงกลุ่มการสังเคราะห์วัสดุอินทรีย์ที่หลากหลายเป็นพลาสติก โดยการให้ความร้อนและสามารถทำให้มีรูปร่างภายใต้ความกดดัน พลาสติกเหล่านี้ได้มาซึ่งแทนแก๊ว ไม้ และโลหะในการผลิตผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้แล้วพลาสติกสามารถใช้เคลือบและทำเป็นเส้นใยในการประสานงานให้ติดกันได้เป็นอย่างดี

พลาสติก คือ สารสังเคราะห์ที่มีหมู่ฟังก์ชันมาประกอบควยธาตุที่สำคัญได้แก่ ธาตุคาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน คลอรีน สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ เป็นต้น อัตราส่วนมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของพลาสติก

สมาคมวิศวกรพลาสติก และสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำจำกัดความของพลาสติกดังนี้ พลาสติก คือวัสดุประกอบควยสารหลายอย่าง มีน้ำหนักโมเลกุลสูง คงรูปเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิต ลักษณะอ่อนตัวขณะทำการผลิต ซึ่งโดยมากใช้กรรมวิธีการผลิตควยความร้อนหรือแรงอัดหรือใช้ทั้งสองอย่างก็ได้

พลาสติก คือ สารสังเคราะห์พวกโพลีเมอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้คล้ายยาง พลาสติกต่างชนิดกันย่อมประกอบควยโพลีเมอร์ต่างกัน โรนาลด์ ดี เบค ได้ความหมายของพลาสติกว่า พลาสติกเป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจากโมเลกุลต่าง ๆ โดยมีกวัวจักเรียง เป็นระเบียบมารวมกันหรือต่อเนื่องกัน เป็นลูกโซ่จนได้โมเลกุลขนาดใหญ่ คุณสมบัติของพลาสติกส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุล และการจักเรียงของอะตอมภายในโมเลกุล

ตามปกติชื่อของพลาสติกแต่ละชนิดมักขึ้นต้นควยคำว่า โพลี และตามควยชื่อของสารที่มาต่อกันเป็นโพลีเมอร์ เช่น โพลีเอสเตอร์ โพลีไวนิล โพลียูรีเทน เป็นต้น และบางครั้งในการเรียกชื่อพลาสติกอาจเรียกชื่อทางการค้าหรือชื่อย่อ เช่น พลาสติกชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ มีชื่อย่อว่า พีวีซี เป็นต้น

แหล่งกำเนิดของพลาสติก

พลาสติกมีแหล่งกำเนิดจาก 5 แหล่งใหญ่ ๆ คือ

1. ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น Cellulose Acetate, Cellulose Nitrate, Ethyl Cellulose เป็นต้น
2. ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันและถ่านหิน เช่น Nylon, Epoxy, Urea - Formaldehyde, melamine, Polyester และ Acrylic เป็นต้น
3. ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและน้ำมัน เช่น เป็นต้น
4. ผลิตภัณฑ์จากน้ำมัน และดินแร่ เช่น Silicone, Polyvinyl Butyral, Polyvinyl Chloride และ Polyvinyl Alcohol เป็นต้น
5. ผลิตภัณฑ์จากดินแร่ Calcium - Aluminium Silicate เป็นต้น

คุณสมบัติทั่วไปของพลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุที่มีความสำคัญและมีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเรามากขึ้น เพราะสามารถใช้ทดแทนวัสดุอื่นในการผลิตผลิตภัณฑ์ได้เกือบทั้งหมด และมีคุณสมบัติพิเศษที่เด่นกว่าวัสดุอื่น ๆ หลายอย่าง เช่น มีความแข็งแรง อ่อนนุ่ม ใส เบา ทึบ ยืดตัวได้ดี เหนียวทนทาน ทนความร้อน ทนต่อการสึกหรอ ทนต่อการกัดกร่อนเป็นฉนวนไฟฟ้า ทนต่อการเคมีไม่ติดไฟง่าย หลอมคืนในตัวเอง น้ำ ลอยน้ำได้และทำเป็นสีต่าง ๆ ได้ พลาสติกมีคุณสมบัติทางโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า High Molecular Weight คือในหนึ่งโมเลกุลมีจำนวนอะตอมมากกว่าสารชนิดอื่นมากมาย จึงทำให้พลาสติกมีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่างพร้อมกันในตัว คือ

1. คุณสมบัติทางเคมี เช่น สามารถทนกรด ค้างและสารเคมีอื่น ๆ เป็นต้น
2. คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น มีความแข็งแรง เหนียว และยืดหยุ่น เป็นต้น
3. คุณสมบัติทางไฟฟ้า เช่น เป็นฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น

พลาสติกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนมากน้อยของธาตุแต่ละชนิดลักษณะวัตถุคิพลาสติกที่ใช้อยู่ผลิตภัณฑ์

วัสดุพิมพ์โดยทั่วไปที่นำมาใช้ผลิตมี 3 ลักษณะ ดังนี้

1. ลักษณะเป็นผง (Powder)
2. ลักษณะเป็นเม็ด (Pellet & Granules)
3. ลักษณะเป็นของเหลว (Liquid)

วัสดุพิมพ์พลาสติกมีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้เพื่อความเหมาะสมกับกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ชนิดผงและเม็ดโดยทั่วไปเหมาะสำหรับการผลิตที่ใช้เครื่องจักรที่มีการผลิตเป็นจำนวนมาก ส่วนชนิดเหลวเหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรืออุตสาหกรรมในครอบครัวได้ เช่น การผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกหล่อ ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสและการเคลือบรูป เป็นต้น

ประโยชน์และขอบเขตการใช้งานของพลาสติก

การใช้วัสดุพลาสติกผลิตผลิตภัณฑ์นั้นสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและสามารถกำหนดพิถีพิถันความเผื่อได้ที่ ผิวหน้าของงานที่ผลิตจากพลาสติกมีผิวเรียบ โดยปกติมักใช้แทนวัสดุโลหะ เพราะน้ำหนักเบาทนต่อความชื้น ทนต่อการกัดกร่อน เป็นฉนวน สามารถทำให้มีโปร่งใสหรือทำให้มีสีสันทามตองการ ป้องกันการสันตะเทียนและสามารถผลิตง่ายกว่าวัสดุโลหะ ในทางการค้าการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกมีมากมายหลายประเภท แต่จะมีความแตกต่างกันตามคุณสมบัติทางกายภาพ

การใช้พลาสติกก็มีข้อจำกัด เพราะว่าพลาสติกมีความแข็งแรง ทนต่อความร้อนได้น้อย รักษาขนาดสัดส่วนได้ค่า และราคาแพง ถ้าเปรียบเทียบกับโลหะพลาสติกจะอ่อนกว่า การตัดโค้งได้น้อยกว่า เพราะว่าความเปราะของพลาสติกสูง รับน้ำหนักได้น้อยและมีความเปราะที่อุณหภูมิค่า

พลาสติกเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ สามารถนำไปใช้แทนวัสดุธรรมชาติหรือวัสดุสังเคราะห์อย่างอื่นได้ ดังนั้นในวงการอุตสาหกรรม ปัจจุบันพลาสติกจึงมีส่วนเข้าไปรวมในผลิตภัณฑ์เกือบทุกอย่าง เช่น

1. อุตสาหกรรมเครื่องใช้ในบ้าน

2. อุตสาหกรรมไฟฟ้า
3. อุตสาหกรรมบรรจุ
4. อุตสาหกรรมเครื่องมือ
5. อุตสาหกรรมรถยนต์
6. อุตสาหกรรมก่อสร้าง
7. อื่น ๆ \

ประเภทของพลาสติก

ประเภทของพลาสติกจัดแบ่งอย่างกว้าง ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. พลาสติกคงรูป หรือเทอร์โมเซตติง (thermosetting)
2. พลาสติกเปลี่ยนรูปหรือเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic)

พลาสติกคงรูป การผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทนี้เพื่อที่จะให้ใคร่รูปร่างตามที่ต้องการ ต้องอาศัยความร้อน อาจจะใช้ความดันหรือไม่ใช้ก็ได้ ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงรูปร่างถาวร กรรมวิธีในตอนแรกจะใช้ความร้อนทำให้อ่อนหรือใช้สารเคมีเฉพาะเติมลงไป และทำให้พลาสติกแข็งโดยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเรียกว่า Polymerization พลาสติกชนิดนี้ไม่สามารถทำให้อ่อนหรือหลอมละลายได้อีก Polymerization เป็นกระบวนการทางเคมี ผลิตภัณฑ์จะก่อให้เกิดสารประกอบใหม่ขึ้น ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลมากขึ้นกว่าสารเริ่มต้นกระบวนการที่ใช้พลาสติกประเภทนี้ จะรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้แรงค้ำหรือการส่งผ่านแบบแม่พิมพ์ การหลอม การเคลือบผิวและการยอม

พลาสติกประเภทนี้มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีมากคือ ทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้คือทนต่อการกักความร้อนของสารเคมี เมื่อผ่านการผลิต โดยใช้ความร้อนและแรงอัดแล้ว จะนำกลับไปหลอมละลายอีกไม่ได้ โครงสร้างทางเคมีเปลี่ยนไปและมีโมเลกุลให้เป็นระเบียบ ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของ CHON / ที่เกาะกันในลักษณะยุ่งไม่มีหลักเกณฑ์การเกาะกันอย่างนี้มีผลทำให้มีเนื้อแข็ง ถูกความร้อนก็ไม่อ่อนตัว ไม่ละลายในสารละลายใด ๆ คีโตน ไพยาก พลาสติกเหล่านี้ได้แก่ อีพอกซี ยูรีเทน ฟีนอลิกและซิลิโคน เป็นต้น

พลาสติกเปลี่ยนรูป เป็นพลาสติกที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในการหลอ
 หลอม จะไม่แข็งตัวด้วยแรงอัดและความร้อน แต่จะแข็งตัวคงรูปในขณะที่ทำให้เย็นตัว และ
 สามารถนำไปหลอหลอมใช้ใหม่ได้อีกโดยการใช้ความร้อนเปรียบเสมือนน้ำเมื่อนำไปทำเป็น
 น้ำแข็ง เมื่อถูกความร้อนจะละลายกลายเป็นน้ำอีก และสามารถนำกลับไปทำน้ำแข็งอีกได้
 พลาสติกประเภทนี้มีโมเลกุลลักษณะยาว เป็นเส้นตรงกลาวคือ อะตอมของธาตุต่าง ๆ จะเกาะ
 กันในแนวยาว ทำให้มีความแข็งแรงสูง มีความเหนียว เมื่อพหเป็นเส้นคายจะไม่ขาดง่าย
 แต่พลาสติกประเภทนี้ทนอุณหภูมิค่าไม่ควรใช้งาน อุณหภูมิสูงกว่า ๕0 เซลเซียส เพราะจะ
 อ่อนตัวมากไม่สามารถรับภาระใดเลย

กรรมวิธีผลิตของพลาสติกเปลี่ยนรูปสามารถผลิตได้โดยการหลอ การอัดฉีดเข้า
 แบบพิมพ์การขึ้นรูปด้วยความร้อน การรีดขึ้นรูปและการเป่าขึ้นรูป เป็นต้น สามารถผลิตผลิตภัณฑ์
 ภัณฑ์ได้หลายชนิด

สารประกอบพลาสติกคงรูป และการใช้ประโยชน์

1. ฟีนอลิก (Phenolics) ยางฟีนอลิกเริ่มแรกได้มีการพัฒนาโดย
 ดร. Backeland วิธีการของเขาเป็นหลักการหนึ่งของการผลิตสารประกอบ
 พลาสติกคงรูปที่ใช้ในอุตสาหกรรม การสังเคราะห์ยางทำโดยปฏิกิริยาของฟีนอลกับฟอร์มัลดีไฮด์
 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็ง มีความแข็งแรงทนทาน สามารถผลิตเป็นสีต่าง ๆ ใกล้เคียงสี
 วัสดุชนิดนี้ใช้การเคลือบผิว ปิควิผลิตภัณฑ์ใช้เป็นสารยึดเหนี่ยวโลหะและแก้ว สามารถหลอ
 เป็นรูปต่าง ๆ ตามแบบแม่พิมพ์ เช่น ทำปลั๊กไฟฟ้า ฝาขวด ลูกบิดประตู หน้าปัด ทีวี และ
 อุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิด นอกจากนี้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้อีก เช่น ชี้อ้อย ชินไม้ดิบ เมื่อ
 ใช้กาวนี้เข้าไปผสมสามารถอัดฟอร์มเป็นแผ่นได้ เป็นต้น

2. อามิโนเรซิน (Amino Resins) ชนิดของอามิโนเรซินที่
 สำคัญคือ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และ เมลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ สารประกอบทั้งสองนี้จัดเป็นพลาสติก
 แบบคงรูป ซึ่งจะแตกต่างกันตามคุณสมบัติ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการใช้งานทางด้านกลไกและ
 ไฟฟ้า ลักษณะการไหลตัวที่ดีของ เมลามีนทำให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ตามแบบแม่พิมพ์ได้ดี เช่น
 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้บนโต๊ะอาหาร ส่วนประกอบของรถยนต์ ลูกบิดประตู เครื่องเรือนทวนคไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนยูเรียเรซินเหมาะสำหรับการอัดและการอัดส่งมีผิวแข็งและเป็นฉนวนได้ดี สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีต่าง ๆ ได้ตามต้องการ ผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดนี้จะรวมถึงผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน กระจกใส เรซินทั้งสองชนิดนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการเป็นกรดยึดเหนี่ยวไม้หรือกระดาษที่น้ำหนักคือ ช่วยเพิ่มความคงทนของผ้าย โดยทำให้แห้งและควบคุมการหดตัวของผลิตภัณฑ์ ใค้

3. โฟแรนเรซิน (Furane Resins) ในกระบวนการผลิตโฟแรนเรซินนี้จะต้องมีการใช้ของเหลือทิ้งจากฟาร์ม เช่น ชังข้าวโพด ฟางข้าว เปลือกข้าวและเมล็ดฝ้าย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสารชนิดนี้จะมีสีที่เข้ม หนา และมีคุณสมบัติทางคานไฟฟ้าที่ดี โฟแรนเรซินใช้เป็นตัวเชื่อม ตัวทำให้แข็งสำหรับปูนยิปซัม และเป็นสารยึดเหนี่ยวสำหรับส่วนประกอบของพื้นและผลิตภัณฑ์แกรไฟต์

4. อีพอกไซด์ (Epoxides) อีพอกเรซินถูกใช้ในการหล่อ การปะติด การทำแบบแม่พิมพ์ อุปกรณ์ไฟฟ้า ส่วนประกอบของสี ใช้เป็นกาว อีพอกซีเรซินมีคุณสมบัติคือ การหดตัวต่ำ ทนต่อสารเคมีใค้ดี มีคุณสมบัติคานไฟฟ้าดี มีความแข็งแรง ทำให้แกวและโลหะยึดติดกันใค้ดี

5. ซิลิโคน (Silicones) ซิลิโคน - เบสโพลีเมอร์แตกค่างกับวัสดุอื่นคือมีเบสออกซิเจนบนอะตอมซิลิโคนมีคุณสมบัติเหมาะสมหลายประการ สำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เช่น น้ำมัน กีส เรซิน กาว และส่วนประกอบของยาง เป็นต้น คุณสมบัติที่สำคัญของซิลิโคน คือมีความคงทน ทนอุณหภูมิสูงใค้ดี ไม่รวมตัวกับน้ำ ซิลิโคนชั้นอาจใช้ทำแบบแม่พิมพ์สำหรับการปะติดหรือเคลือบผิว ประเก็น ส่วนประกอบของอุปกรณ์ไฟฟ้า ไยแกวซิลิโคนถ้าทำให้เป็นของเหลวใช้สำหรับการหล่อ และเป็นตัวยึด ถ้าเป็นยางใช้ทำผลิตภัณฑ์โฟมซิลิโคนมีราคาสูงมากการใช้จึงมีขีดจำกัด ต้องใช้ให้มีประโยชน์สูงสุด ซิลิโคนเรซินเข้าสู่ขบวนการต่างๆใค้โดยใค้แรงอัดหรืออัดส่ง การรีดและการหล่อ

สารประกอบพลาสติกเปลี่ยนรูปและการใช้ประโยชน์

1. เซลลูโลซิก (Cellulosic) เซลลูโลซินคือพลาสติกเปลี่ยนรูป ที่เตรียมจากกรรมวิธีการต่างๆของฝ้ายและใยไม มีความเหนียวมากและสามารถผลิตให้มีสีต่างใค้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 เซลลูโลสอะซิเตท (Cellulose acetate) เป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติเชิงกลแข็งแรง และสามารถทำเป็นรูปแผ่นหรือหล่อให้โครงร่างตามต้องการ โดยการอัดฉีด การโซแรงอัด และการอัดรีด ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากสารประกอบชนิดนี้ เช่น ทีบห่อต่าง ๆ ของเลนเค้ก ลูกบิดประตูโคมไฟส่งสัญญาณ ขนแปลงทาสี คุกกี้และนม เป็นต้น

1.2 เซลลูโลสอะซิเตท - บิวไทเรท (Cellulose acetate butyrate) คล้าย ๆ กับเซลลูโลสอะซิเตท สารทั้งสองสามารถผลิตให้มีสีใดก็ตามที่ต้องการ โดยโซแบริบวณการเดียวกัน ทั้ง ๆ ไปเซลลูโลสอะซิเตท - บิวไทเรทมีการดูดซึมความชื้นเคค่า เหนียว มีขนาดคงที่ภายใต้บรรยากาศต่าง ๆ สามารถอัดรีดขึ้นรูปได้ ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากสารประกอบชนิดนี้ เช่น พวงมาลัย ฟุตบอล หมวกกันน็อค กรอบแว่นตา อ่างล้างรูป เช็มขัด อุปกรณ์เครื่องเรือน ฉายาง กระคุม มวนเทป หอน้ำ ทอแกส เป็นต้น

1.3 เอทิลเซลลูโลส (Ethyl cellulose) เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่มีความหนาแน่นค่าสุก โซมากในกระบวนการทำแบบแม่พิมพ์ เพราะมีความคงทนทนต่อคาง เป็นต้น

2. โพลีสไตรีน (Polystyrene) คือวัสดุพลาสติกเปลี่ยนรูปที่นำมาดัดแปลง เฉพาะการอัดฉีดแบบแม่พิมพ์และการอัดรีด ลักษณะที่สำคัญของสารประกอบชนิดนี้คือมีความดว่งจำเพาะค่า (1.07) มีสีต่าง ๆ ทั้งแต่ใสจนทึบ ตานทานค่อนำและสารเคมีหลายชนิด ขนาดคงที่และเป็นฉนวน ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุนี้ เช่น หม้อแปดเตอร์ จาน ส่วนประกอบวิทยุ เลนส์ เฟือง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่โซวัสดุที่ทำได้โดยการอัดฉีดและการอัดรีดขึ้นรูป

3. โพลีเอธิลีน (Polyethylene) วัสดุชนิดนี้มีความยืดหยุ่นทั้งอุณหภูมิห้องและค่า คุณสมบัติพิเศษกันน้ำและทนสารเคมีต่าง ๆ ใดก็ ทำให้เป็นสีต่าง ๆ ใด โพลีเอธิลีนลอยน้ำจะมีความหนาแน่นระหว่าง 0.91 ถึง 0.96 พลาสติกชนิดนี้ราคาถูก กันความชื้นได้จึงโซทำพวกทีบห่อ ถาด สายเคเบิ้ล อุปกรณ์ที่เป็นฉนวนผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ทำจากวัสดุชนิดนี้ทำโดยการอัดฉีด การเป่า การรีดให้เป็นแผ่น ฟิล์ม และเป็นเส้น ๆ

4. โพลีโพรปีลีน (Polypropylene) มีคุณสมบัติกันไฟฟ้าดี กันสะเทือน ทนแรงดึง ทนทานต่อความร้อนและสารเคมี วัสดุนี้ถ้าเป็นโมโนเมธาเมทของโพลี-

โพรปีดีนไซท์ทำเชือก คาช่าย ภา ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ทำจากโพลีโพรปีดีน เช่น เครื่องใช้ใน
โรงพยาบาล และห้องปฏิบัติการ ของเลน กระเป่า เครื่องเรือน ฟิล์มสำหรับภาชนะบรรจุ
อาหาร และฉนวนไฟฟ้า โพลีโพรปีดีนสามารถทำไ้โดยกระบวนการต่าง ๆ ของพลาสติก
เปลี่ยนรูปไ้ทั้งหมด

5. โพลีซัลโฟนส์ (Polysulfones) วัสดุชนิดนี้มีความสมบัติทาง
กายภาพที่ ทนความร้อน ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การอัดรีด การรีด การ
ขึ้นรูปด้วยความร้อน การเป่า ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องมือที่ใช้ภายในบ้าน สวิตซ์
เฟือง และสิ่งอื่น ๆ ที่ใช้กับงานที่ทนความร้อน โพลีซัลโฟนส์ที่รีดเป็นแท่ง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง
สูงถึง 10 นิ้ว ใช้ทำเป็นลวดและสายเคเบิล สีทำไ้ทั้งโปร่งใสและทึบ

6. พลาสติกเอบีเอส (ABS Plastic) สารเคมี 3 ชนิด คือ acrylo
nitrile , butadiene และ styrene รวมกันเป็นพลาสติกเอบีเอส ซึ่ง
เป็นสารประกอบที่มีความแข็ง ยืดหยุ่นไ้และเหนียว ทำให้มีสีต่าง ๆ ไ้ และทนความร้อน
ไ้ถึง 220 องศาฟาเรนไฮต์ พลาสติกชนิดนี้ทำไ้โดยกระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อน การอัด-
รีด การเป่า แบบแม่พิมพ์หมุนและการรีด วัสดุชนิดนี้ใช้ทำพวกท่อ กลอง ฉายรูป ส่วนประกอบ
ของโทรทัศน์ เป็นต้น

7. โพลีอิมิด (Polyimide) วัสดุชนิดนี้ถูกผลิตขึ้นในรูปของ
ของแข็ง (Polimer SP) เป็นฟิล์ม หรือสารละลาย สมบัติพิเศษของการเย็บ
ทานค่า ทานทานต่อรังสี ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดนี้ เช่น ปลอกเบร้ง ท่อ หน้าดินเปิด
รับส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าสารนี้มีลักษณะเป็นฟิล์มจะเหนียวและแข็ง ใช้ทำส่วนที่เป็ฉนวนของ
ลวดและมอเตอร์ ถ้าเป็นสารละลายใช้ในการเคลือบลวดและสายแก้ว

8. ไนลอน (Nylon) มีการใช้ในแบบแม่พิมพ์และการอัดรีด ตัวอย่าง
ของผลิตภัณฑ์เช่น เบร้ง เฟือง ดินเปิดเปิด ท่อ ของใช้ในครัวเรือน พวกหีบห่อ ภาและสารรวม
ชูชีพ เชือกไ้เขา และขนแปรงทาสี เป็นต้น

9. อคริลิกเรซิน (Acrylic Resin) ย่างนี้มีความสมบัติเฉพาะ
คือ มีความใสมากทำขึ้นรูปง่าย ทนต่อความชื้น ยางชนิดนี้ตัว ๆ ไปคือ methyl methacrylate
ชื่อการค้าที่รู้จักกันไ้คือ Lucite ของบริษัท คูปองท์ และ Plexiglad ของ

บริษัท Rohm & Haas สารที่เป็นพลาสติกเปลี่ยนรูป ที่สามารถขึ้นรูปได้ โดยการหล่อ การรีดและใช้แบบแม่พิมพ์ การคัง ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เช่น หน้าต่าง เครื่องบิน ตู้ กระจกโชว ฝาปิดเครื่องวัด เครื่องสำอาง หุ่นจำลองแบบใส เป็นต้น

10. ไวนิล เรซิน (Vinyl Resins) ไวนิล เรซินที่รู้จักกันทางการค้าจะรวมถึง โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride) โพลีไวนิลบิวเทเรต (polyvinyl butyrate) และโพลีไวนิลิดีน คลอไรด์ (polyvinylidene chloride) สารประกอบพลาสติกเปลี่ยนรูปชนิดนี้สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้โดยการอัดรีด การอัดสัง การรีดและการ เป่า ไวนิลเรซิน เหมาะสำหรับการเคลือบผิว การตัดโค้ง และทำให้เป็นแผ่นแข็งได้

10.1 polyvinyl butyrate มีความนิ่มและเหนียว ใช้สำหรับเชื่อมท่อแก้วทำเสอกันฝน เครื่องอัดรีด เชื้อเพลิง หนกความชื้น ยึดเหนี่ยวได้ดี คงทนต่อแสง และความรอน

10.2 polyvinyl chloride หนกต่อตัวทำละลายต่าง ๆ ไคสูง และทนไฟ ในทางอุตสาหกรรมใช้ทำพวกผลิตภัณฑ์ยางที่ยืดหยุ่นได้ รวมทั้ง เสอกันฝน ภาชนะบรรจุ และขวดต่าง ๆ

กรรมวิธีการผลิต

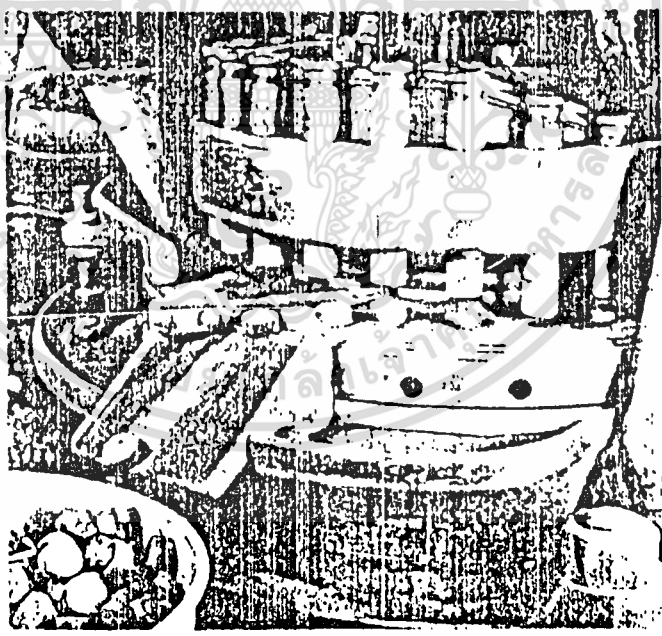
ในการผลิตสารประกอบพลาสติกแต่ละชนิดจะใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน และมีหลายกระบวนการ วัสดุที่ใช้ในกระบวนการต่าง ๆ จะอยู่ในรูปเป็นผล เป็น เม็ดหรือเหลว ขึ้นอยู่กับการใช้เลือกใช้เพื่อความเหมาะสมในการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

การเตรียมและการผสม

มีพลาสติกน้อยชนิดมากที่สร้างขึ้นโดยปราศจากการผสมสาร ส่วนใหญ่จะต้องมีการผสมก่อนหล่อหรืออัดในแบบแม่พิมพ์ และส่วนมากของวัสดุที่ที่พลาสติกเปลี่ยนรูปจะอยู่ในรูปเป็น เม็ดและผง ส่วนพลาสติกคงรูปจะอยู่ในรูปของของเหลว หรือบางส่วนที่เป็นสารประกอบ โพลีมีโรซ

ในกระบวนการข่าวสารประกอบจะมีการนำส่วนผสมต่าง ๆ มาผสมเข้าด้วยกัน เช่น เรซิน คิวสเทปิลิเซอร์ (stabilizer) แม่สี plasticizers และ ตัวผสม วัสดุที่กาวมาจะถูกนำมาผสมกัน และบางครั้งมีการหลอม แล้วส่งกันไปยังถึงบรรจุ ของกน เป็ด เพื่อเตรียมสำหรับการอัดฉีด การอัด และการรีดเป็นต้น พลาสติกเปลี่ยนรูปโดยการ เตรียมจากเม็ดที่มีรูปร่างและขนาด สำหรับที่จะเทในช่อง ของแบบแม่พิมพ์ ส่วนพลาสติกคงรูป การเตรียมในลักษณะผงป้อนเข้าสู่ของว่างของแม่พิมพ์ กระบวนการที่ใช้นั้นโดยการอัดและการ อัดสง

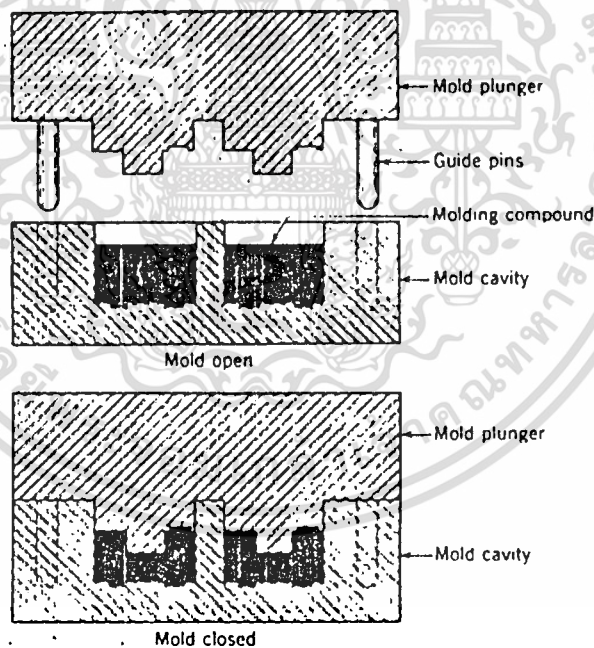
ในการอัดวัสดุผงลงในแบบแม่พิมพ์ประเภทแม่แบบพิมพ์หมุนไครอบตัว ดังแสดง ในภาพที่ 43 ผงจะถูกป้อนลงไปโดยแรงโน้มถ่วงจากช่อง เทเข้าสู่ตัวแบบพิมพ์แต่ละอัน ส่วน ที่เกินจะถูกปากออกในขณะที่การ เติมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ปริมาณของวัสดุที่เติมลงไปในตัวแบบแต่ละอันจะถูกควบคุมโดยการ ไซตัวปรับ



รูปที่ 43 แสดงวิธีการอัดผงพลาสติกลงในแบบแม่พิมพ์

แบบแม่พิมพ์อัด

ในรูปที่ 44 แสดงให้เห็นขั้นตอนการอัดของแบบแม่พิมพ์ โดยที่วัสดุจะถูกใส่ในช่องว่างแบบแม่พิมพ์เหล็กที่ร้อนซึ่งอยู่กึ่งกลาง และแบบแม่พิมพ์ด้านบนจะเคลื่อนที่มาอัด ทำให้วัสดุอ่อนตัวไหลไปในส่วนต่าง ๆ ของแบบแม่พิมพ์ทำให้เกิดรูปร่าง ตามแบบ วัสดุที่ใช้อาจอยู่ในสภาพเป็นเม็ดกลมหรือเม็ดแบนก็ได้ แรงที่ใช้อัด สำหรับแม่พิมพ์แบบนี้อยู่ระหว่าง 100 - 8,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้และขนาดรูปร่าง ของผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 250 - 400 องศาฟาเรนไฮต์มีความร้อนมีความสำคัญมากสำหรับพลาสติกคงรูป คือตั้งแต่เริ่มทำเป็นโพลีเมอร์หรือทำให้แข็ง ความร้อนที่ผงวัสดุจะต้องได้รับความร้อนที่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องการแต่ไม่ง่ายนักที่จะควบคุมได้ เพราะว่า การนำความร้อนของวัสดุต่ำ



รูปที่ 44 แสดง ขั้นตอนการ อัดของ แบบแม่พิมพ์พลาสติก

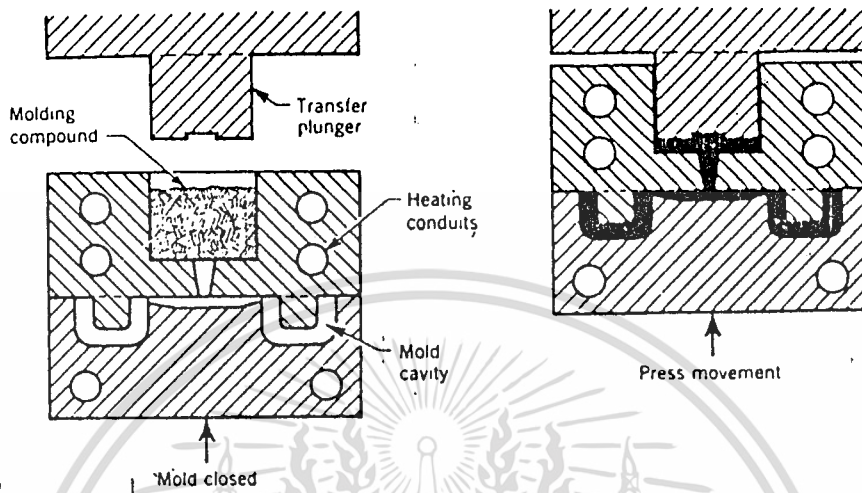
พลาสติกเปลี่ยนรูปที่ใช้กระบวนการอัดนั้น การทำให้แบบแม่พิมพ์เป็นแฉะร้อน
ไคอย่างรวดเร็วขึ้นนั้นทำได้ยาก ในการใช้กับวัสดุประเภทนี้ เว้นแต่แบบแม่พิมพ์จะเป็นพอก
ก่อนการอัดฉีด มิฉะนั้นแล้วชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาจะไม่ได้ตามรูปแบบที่ต้องการ

การทำงานของแบบแม่พิมพ์อัด อาจจะใช้แรงอัดแบบน้ำมัน (hydraulic)
กำลังจากน้ำ การใช้กำลังจากคน ตลอดจนการอัดควบคุมแบบอัตโนมัติ หน้าที่ของเครื่องอัด
เป็นส่วนที่ทำให้เกิดแรงอัดและความร้อน ความร้อนที่ได้นั้นจะต้องมีความร้อนเพียงพอกับวัสดุ
ที่ใช้ ความร้อนที่ใช้อาจจะถ่ายจากในแทนพิมพ์หรือตรงไปยังแบบแม่พิมพ์เลยก็ได้ ความร้อนที่
ใช้ในการหลอมวัสดุอาจได้จากไอน้ำ หรือกระแสไฟฟ้าที่มีความสูง

แบบแม่พิมพ์อัดสัง

ในแบบแม่พิมพ์สำหรับอัดสัง ผงหรือวัสดุที่จะใช้ขึ้นรูปเพื่อที่จะทำผลิตภัณฑ์พลาสติก
คงรูปจะถูกบรรจุอยู่ในส่วนบนของแบบแม่พิมพ์ตัวเมีย ดังแสดงในภาพที่ 45 ซึ่งที่ตรงนี้วัสดุจะ
ถูกทำให้ร้อนแล้วอัดและฉีดเข้าไปในแบบแม่พิมพ์ตัวเมีย ในสภาพที่เป็นของเหลวร้อนแฉะเมื่อ
เย็นตัวก็จะเป็นของแข็ง เวลาที่ใช้กับแบบแม่พิมพ์อัดสังโดยทั่วไปจะใช้เวลานานกว่าแบบแม่
พิมพ์อัดด้วยวัสดุที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ การทำให้วัสดุหลอมและละลายนั้นจะให้ความร้อน
มากขึ้น กระบวนการนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการใช้ในงานสวม เพราะวัสดุที่ร้อนจะ
เข้าสู่วัสดุแบบแม่พิมพ์ที่ละน้อย และปราศจากแรงอัดหรือถ้ามีก็น้อยมาก ชิ้นส่วนที่ได้จะมีความประ
ณีตและมีความผันแปรในความหนาของพื้นที่หน้าตัด

ข้อจำกัดของกระบวนการนี้คือ มีการสูญเสียของวัสดุที่รูปสำหรับไหลลงไปแบบ
แม่พิมพ์ และอัตราการส่งผ่าน รวมทั้งมีราคาแพงกว่าแบบแม่พิมพ์อัด



รูปที่ 45 แสดงกรรมวิธีของแบบแม่พิมพ์อัดสัง

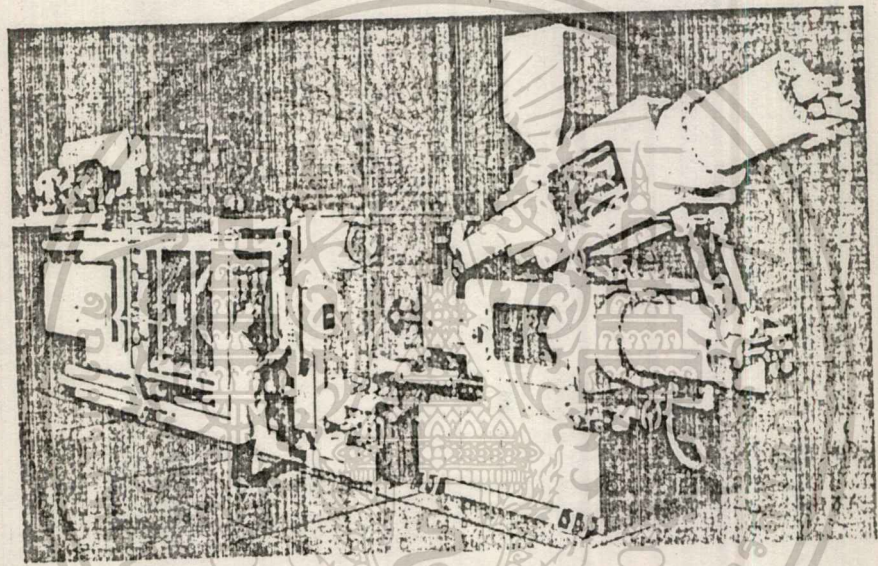
แบบแม่พิมพ์อัดสังของพลาสติกเปลี่ยนรูป

เครื่องจักรแบบแม่พิมพ์อัดสังคล้ายกับเครื่องจักรที่ใช้สำหรับการหล่ออัดสังงานโลหะ วัสดุที่ผลิตจะถูกเปลี่ยนจากเม็ดให้เป็นของเหลวแล้วก็อัดสังเข้าแบบแม่พิมพ์ เมื่อวัสดุแข็งตัวก็สามารถทำให้ออกตัวได้อีก โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

แบบแม่พิมพ์อัดสัง จะอัดสังพลาสติกมีปริมาณเป็นตันต่อประมาณ 50 ถึง 2,500 ตัน และการอัดสังวัสดุเข้าไปในแบบแม่พิมพ์ในรูปของเหลว และเมื่อพลาสติกเย็นตัวก็จะได้ผลิตภัณฑ์ตามแบบแม่พิมพ์ การทำงานก็จะ เป็นวงจร เช่นนี้เรื่อยไป แรงอัดแบบแม่พิมพ์ตัวผู้และตัวเมียมีตั้งแต่น้อยกว่า 1 ออนซ์ถึง 300 ออนซ์ เครื่องจักรประเภทนี้แสดงในภาพที่ 46 เป็นแบบที่สามารถผลิตได้ 2,500 ตัน และแรงอัดไฮดรอลิก 300 ออนซ์ครอบพลาสติกสามารถที่จะผลิตได้ 400 ปอนด์ต่อชั่วโมง ควยอัตราการอัดสัง 5,000 ลูกบาศก์นิ้วต่อนาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตวิธีนี้เช่น หน้าปัดรถยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องซักผ้า ชิ้นส่วนตู้เย็น ชิ้นส่วนเครื่องเรือน เป็นต้น

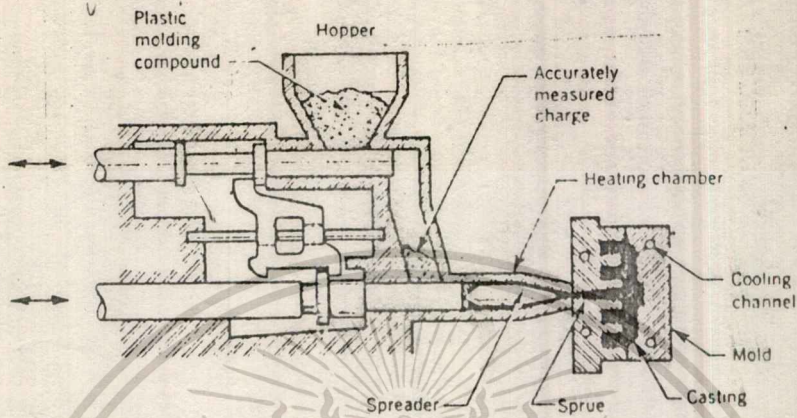
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาพที่ 46 แสดงแบบการทำงานของ เครื่องจักรแบบแม่พิมพ์กดฉีด วัสดุจะถูกป้อนโดยแรงโน้มถ่วงจากช่อง เหนือมีรู เปิดที่ช่อง เขาส่วนที่ให้ความร้อน และอัดฉีดเข้าแบบแม่พิมพ์ภายใต้แรงอัดที่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ที่อัดเสร็จแล้วจะถูกทำให้แข็งตัว โดยใช้เวลาเป็นจากนี้ซึ่งไหลวนเวียนภายในแบบแม่พิมพ์ หลังจากการอัดฉีดของแบบแม่พิมพ์ตัวแล้ว แบบแม่พิมพ์จะ เปิดและผลิตภัณฑ์จะถูกกระทุ้งปลอยออกมา



รูปที่ 46 แสดง เครื่องจักร อัดฉีดพลาสติกแบบไฮดรอลิก





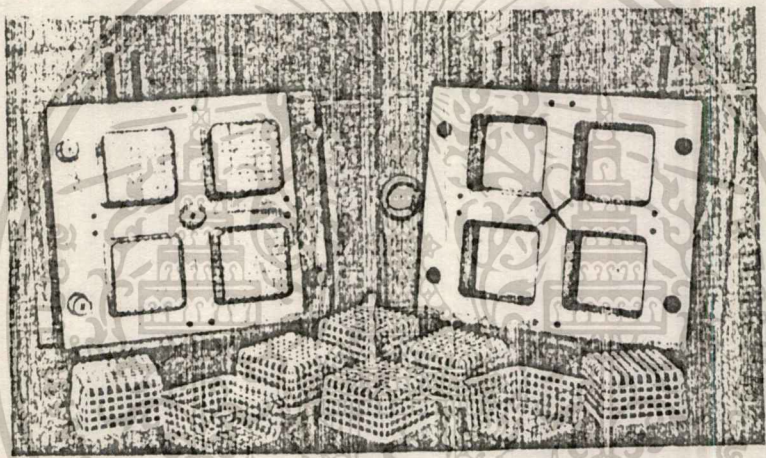
รูปที่ 47 แสดงภาพตัดขวางทำงานของ เครื่องจักร แบบแม่พิมพ์อัดฉีด

ตัวทำความร้อนสำหรับเครื่องจักรประเภทนี้จะเป็นแบบเดียวกัน คือ มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกมีหัวฉีด รูปร่างคล้ายคอรปิโคอยู่ตรงกลาง เพื่อให้ให้ความร้อนแก่วัสดุที่จะอัดฉีดหลอมละลายได้สม่ำเสมอและรวดเร็ว ตัวทำความร้อนจะมีอุณหภูมิระหว่าง 250 ถึง 500 องศาฟาเรนไฮต์ ขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุและแบบแม่พิมพ์ ความร้อนที่ได้อาจมาจากขดลวดไฟฟ้า นั้น ตัวทำความร้อนจะต้องสร้างอย่างแข็งแรง เพราะว่าแรงอัดฉีดที่ใช้อาจมีกำลังอัดสูงถึง 30,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ในการใช้แบบแม่พิมพ์อัดฉีดกับพลาสติกเปลี่ยนรูปชนิดต่าง ๆ อาจใช้เครื่องอัดรีดเกลียวแทนการอัดรีดควบลูกสก็โค การทำงานวัสดุจะถูกป้อนจากช่อง เทไปยัง เกลียวหมุนเพื่ออัดรีดขึ้นรูป ความร้อนที่ใส่ส่วนมากใช้กระแสไฟฟ้า เกลียวหมุนจะมีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกและมีแรงขับหมุน เกลียวอัดรีดวัสดุ ทำให้วัสดุเกิดแรงเสียดทานจนกระทั่งวัสดุหลอมละลายและอัดฉีดเข้าไปในแบบแม่พิมพ์ ชิ้นงานจะแข็งตัวอาจจะใช้เวลาานพอสมควร ขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงานนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแม่พิมพ์อ็อกซี่ดักจะทำงานได้เร็วกว่าแบบแม่พิมพ์อ็อก แบบแม่พิมพ์ชนิดนี้จะรักษาอุณหภูมิโคคงที่ประมาณ 165 ถึง 200 องศาฟาเรนไฮต์โดยใช้ระบบนำร่องหมุนเวียนการทำงานจะอ็อกซี่ดัก 2 ถึง 6 ครั้งต่อนาที แบบแม่พิมพ์อ็อกซี่ดักเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างขยุกขยิกและมีผนังบาง ดังแสดงในภาพที่ 48 นอกจากนี้ใช้ผลิตภัณฑ์แบบวิ่ง สกรูเกลียวและอื่น ๆ วิธีการนี้สูญเสียวัสดุค่า



รูปที่ 48 แสดงตัวอย่างการอ็อกซี่ดักผลิตภัณฑ์ตะกั่ว

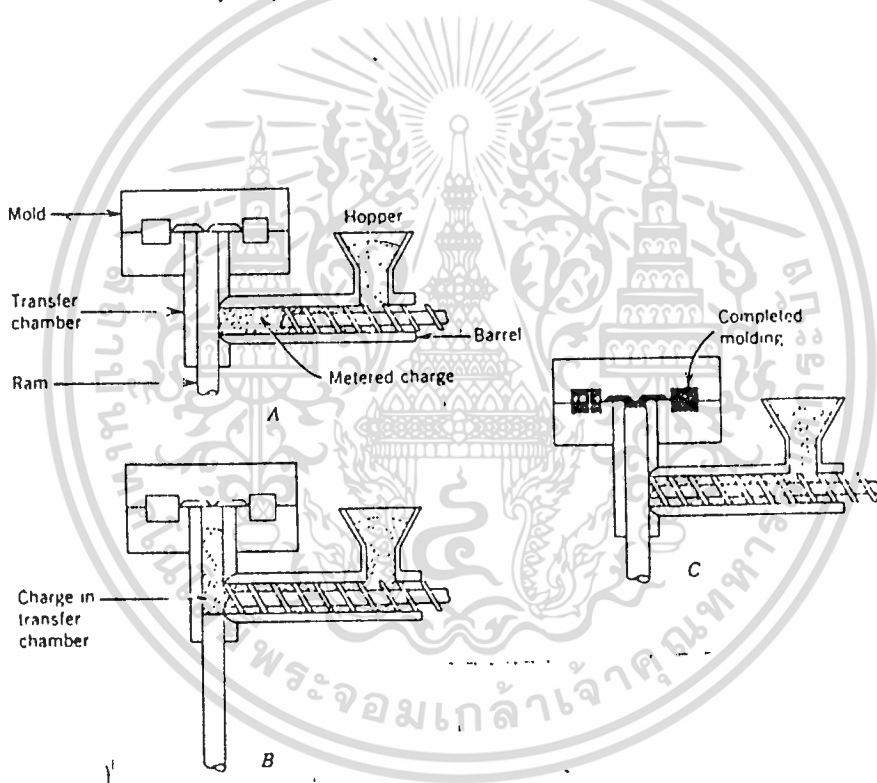
แบบแม่พิมพ์อ็อกซี่ดักของพลาสติกคงรูป

การทำผลิตภัณฑ์พลาสติกคงรูปโดยใช้แบบแม่พิมพ์อ็อกซี่ดักจะมีข้อจำกัด กระบวนการที่รู้ ๆ กันอยู่ คือ การใช้แบบแม่พิมพ์พ่น (jet molding) จะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากเครื่องจักรที่ทำพลาสติกเปลี่ยนรูปมาเป็นแบบแม่พิมพ์พ่น ปลายหัวฉีด (nozzle) เป็นส่วนที่สำคัญมากของเครื่องจักรประเภทนี้ จะต้องมีทั้งความร้อนและความเย็นเมื่อแบบแม่พิมพ์ทำงานในการอ็อกซี่ดัก ตอนแรกเรซินจะถูกทำให้ร้อนในกระบอกสูบ และลูกสูบจะอ็อก เรซินที่หลอมเหลวผ่านไปยังปลายกระบอกฉีด เพื่อที่จะพ่นไปยังแบบแม่พิมพ์ ปลายกระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอกลึกลงจะเป็นโดยการไหลหมุนเวียนลงน้ำ เพื่อป้องกันการเกิด polymerization ของวัสดุที่เหลือค้างอยู่

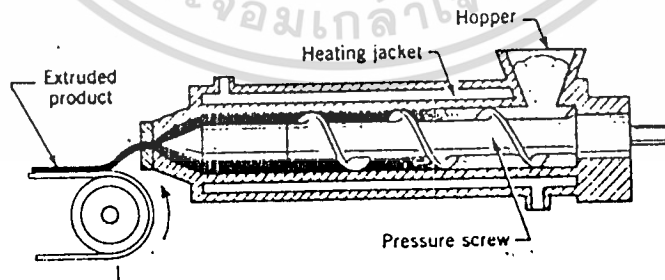
แบบแม่พิมพ์พ่นอากาศแบบแม่พิมพ์แบบเกลียวอ็อกลิคแทนได้นี้ เป็นแบบที่ใช้กับพลาสติกเปลี่ยนรูป ดังแสดงในภาพที่ 49 วัสดุถูกป้อนโดยแรงโน้มถ่วงเข้าสู่เกลียวหมุน ที่ถูกทำให้ร้อนโดยสัมผัสกับตัวทำความร้อนขณะที่เกลียวหมุนพลาสติกมาที่หัว เกลียว และอ็อกลิคไปยังแบบแม่พิมพ์โดยเครื่องอัด ที่อยู่ตำแหน่งบนจนกระทั่งปริมาณมากพอ เครื่องจะกลับมามีตำแหน่งล่างและเกลียวก็จะหยุดหมุน การทำงานจะเป็นวงจรแบบนี้เรื่อยไป



รูปที่ 49 แสดงการทำงานของ เครื่อง เกลียวหมุนอ็อกลิค

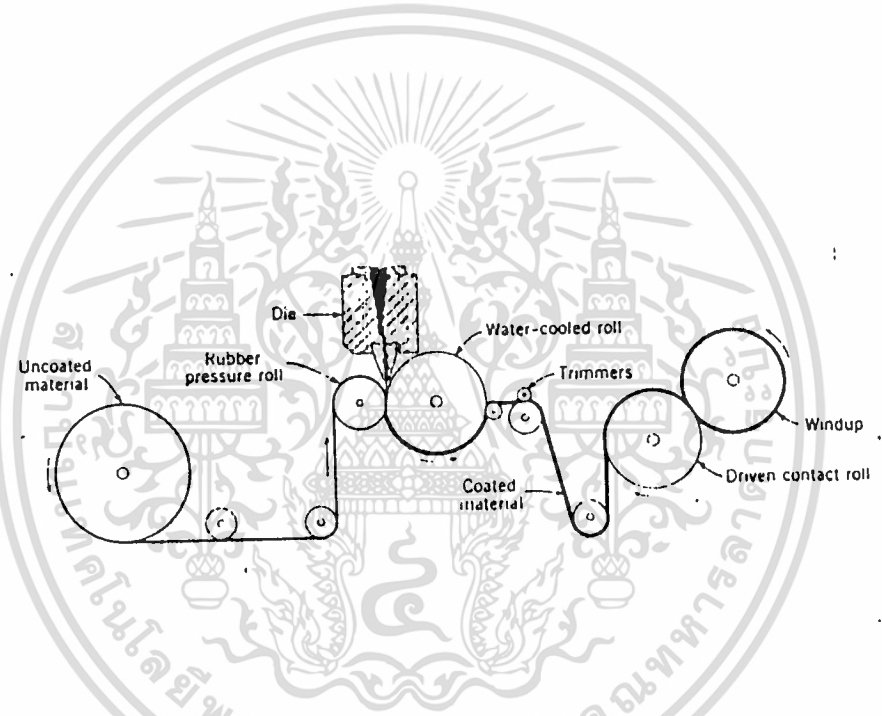
การอัดรีด (Extruding)

พลาสติกเปลี่ยนรูปร่าง เช่นอนุพันธ์ เซลลูโลส ไวนิลเรซิน โพลีเอไทรน โพลีเอทีลีน โพลีโพรพิลีน และไนลอน อาจจะถูกอัดรีดผ่านแบบแม่พิมพ์ทำให้ได้รูปร่างแบบง่าย ในภาพ 50 แสดงแบบการอัดรีดที่ เป็น เม็ดหรือผง จะถูกป้อน เข้าไปในช่อง เทและรับ ความร้อนโดย เกลียวหมุนในภาชนะที่ร้อนวัสดุจะ เปลี่ยนสภาพเป็นมวลที่มีความเหนียวหนืด เพื่อ เช่าสแม่พิมพ์ และ เมื่อออกจากแบบแม่พิมพ์จะถูกทำให้ เย็นโดยอากาศ น้าหรือโดยการสัมผัส กับพื้นที่ผิวที่เย็น และจะค่อย ๆ แข็งตัว ขณะที่พักอยู่บนสายพานลำเลียง ซึ่งงานที่เป็นแท่ง ท่อ สามารถผลิตได้โดยวิธีนี้ และสามารถดัดโค้งให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ หลังจากการอัดรีด โดยการจุ่มลงไปในการอบ ผลิตภัณฑ์ที่ทำโดยวิธีนี้ เช่น ท่อสำหรับส่งกระแสไฟฟ้า ส่วนพลาสติก คงรูป ไม่คิดแปลงใช้การอัดรีดวิธีนี้ เพราะมันแข็งแรงเกินไป แต่จะใช้เครื่องจักรในการอัดรีด แบบใช้ลูกสูบ แทนเกลียวหมุน คือวัสดุจะถูกป้อนจากช่อง เหนือที่ส่วนหลังของกระบอกสูบ แรง อัดมีลักษณะการอัดไปตามยาวสู่แบบแม่พิมพ์ซึ่งร้อน ความร้อนที่เพิ่มขึ้นเป็นผลจากการเสียดทานขณะที่วัสดุถูกอัดผ่านกระบอกสูบและแบบแม่พิมพ์ ผลิตภัณฑ์ที่ทำโดยวิธีนี้ เช่น ท่อ แบบ แม่พิมพ์ เบริง เฟือง และสายเบรค พิกัดความเผื่อของพื้นที่หน้าตัด 1 ± 0.005 นิ้ว



รูปที่ 50 แสดงแบบการอัดรีด

กระบวนการเคลือบผิวอครีค (extrusion casting) เป็นที่รู้จักกันดี ใ้ใช้มากสำหรับการเคลือบผิวกระดาษ และแผ่นโลหะที่บางพลาสติกเปลี่ยนรูปจะถูกอครีคผ่านแบบแม่พิมพ์แบบโค เป็นแผ่นงานขางกลางแบบแม่พิมพ์ ภาาที่ 51 ขณะที่ทำการอครีควัสดุจะอ่อนและติดไปกับลูกกลิ้งยางซึ่งจับอยู่กับตัวลูกกลิ้ง ที่ขอบของแผ่นจะถูกทำให้เรียบร่อยก่อนที่จะเสร็จ พลาสติกเปลี่ยนรูปที่โซวรีนิ่มาก คือ ไวนิล โนลเอทีดีน และโพลีโปรปีลีน กระบวนการนี้ใช้ทำส่วนที่เป็นฉนวนของลวดและสายเคเบิ้ล เป็นคน



รูปที่ 51 แสดงกระบวนการเคลือบผิวอครีค

แบบแม่พิมพ์หมุน (Rotational molding)

แบบแม่พิมพ์หมุนจะใช้ไปพร้อมกับการหมุนของแม่พิมพ์ซึ่งมี 2 แกน คือ primary และ secondary แกนทั้งสองจากกัน เมื่อใส่วัสดุลงไปแบบแม่พิมพ์ซึ่งจะร้อนขณะที่หมุน เป็นสาเหตุให้เกิดการหลอม ละลายของวัสดุภายในช่องแม่พิมพ์ซึ่งจะเป็นเนื้อเดียวกัน แบบแม่พิมพ์จะถูกทำให้เย็นขณะที่ยังคงมีการหมุนอยู่และ เปิดออกเพื่อว่าชิ้นงานที่เสร็จแล้วปล่อยให้หลุดออกจากแบบแม่พิมพ์ กระบวนการนี้ใช้ทำพลาสติกเปลี่ยนรูปให้โคโนงานที่กลาง ผลิต

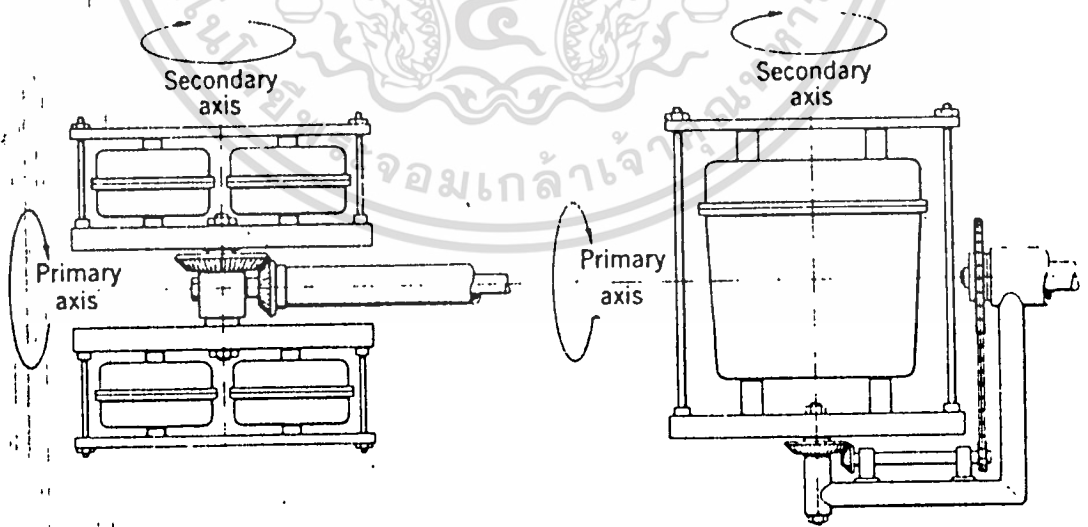
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภคที่ไดจากวิธีนี้ เช่น ของเลนเก็ก เป็นต้น

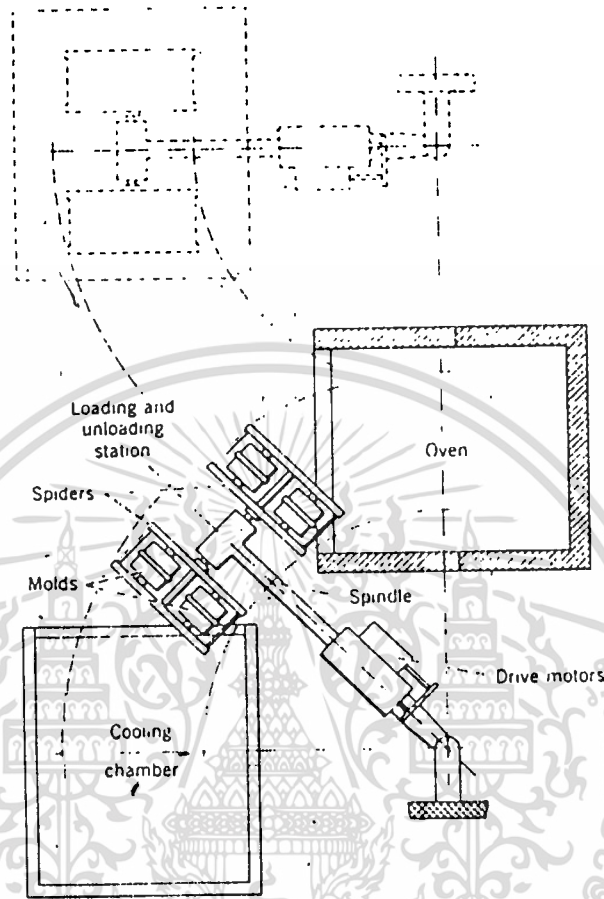
วิธี rotational powder แตกต่างจากวิธีอื่นของแบบแม่พิมพ์หมุนเพราะแบบอื่น ๆ ต้องใช้ทั้งความร้อนและแรงอัด แต่วิธีนี้ต้องการเพียงความร้อน

แบบแม่พิมพ์อะลูมิเนียมที่ใช้กันกับการหล่อปกติก็ใช้กับแม่พิมพ์หมุน อาจใช้ทองแดงหรือแผ่นโลหะก็ได้ หน้าที่ของแบบแม่พิมพ์จะอัดเข้าด้วยกันเพื่อความชื้นจะได้ไม่เข้าสู่แบบแม่พิมพ์ ซึ่งเป็นสาเหตุการงอ ความเร็วที่หมุนแบบแม่พิมพ์ 2 แกน โดยทั่วไปควบคุมด้วยมอเตอร์ที่แยกกัน ปกติอัตราส่วน 3 ต่อ 1 ระหว่างแกนหลักและแกนรองความเร็วในการหมุนของแกนใหญ่โดยทั่วไปใช้ 18 รอบต่อนาที ขณะที่แบบแม่พิมพ์มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 500 - 700 องศาฟาเรนไฮด์

หลักการของแบบแม่พิมพ์หมุนแสดงในภาพที่ 52 แบบที่แสดงมีแม่พิมพ์อันเดียว บางแบบมีแม่พิมพ์ 4 อันอยู่บนแกนเดียว ทั้ง 2 แบบนี้แกนจะหมุนได้เพื่อว่ามันจะแกว่งเข้าไปในคอก หลังจากนั้นก็เข้าสู่สถานะเย็น ดังแสดงในภาพที่ 52



รูปที่ 52 แสดงระบบการทำงานของแบบแม่พิมพ์หมุน



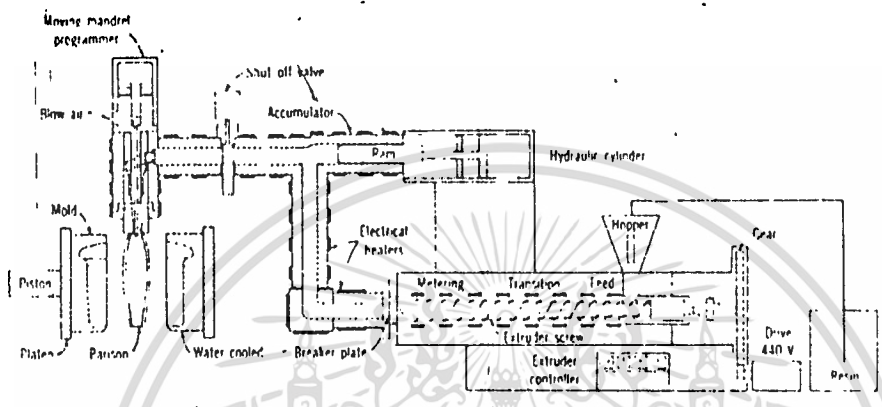
รูปที่ 53 แสดงหลักการ ทำงานของ เครื่องจักร แบบแม่พิมพ์หมุน เพื่อให้ชิ้นงาน เป็นตัว

ข้อได้เปรียบของแบบพิมพ์หมุนคือการลงทุนต่ำ ชิ้นงานที่โคละเยือกพื้นผิวเรียบ
 ผลิตภัณฑ์ที่ทำโดยแบบแม่พิมพ์หมุนผง (powder rotational molding)
 จะโคขนาดตามที่ต้องการ เช่น เก้าอี้ของ เด็ก ภาชนะบรรจุของ เหลวและถึง โกลีโซลีน

แบบแม่พิมพ์เป่า (Blow Molding)

แบบแม่พิมพ์เป่าใช้ผลิตภาชนะกลวงสำหรับบรรจุ ซึ่งผลิตจากพลาสติกเปลี่ยนรูป
 กระบอกบรรจุพลาสติกจะถูกอัดรีดอย่างรวดเร็วไปยังตำแหน่งของแบบแม่พิมพ์ที่แยกจากกัน
 ดังแสดงในภาพที่ 54 ขณะที่แบบแม่พิมพ์เปิด parison จะถูกเป่าให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์

โดยแรงอัดอากาศ หลังจากผลิตภัณฑ์ถูกทำให้เย็นตัวเพื่อไม่ให้เกิดการบวมแล้ว แบบแม่พิมพ์ก็จะเปิดให้ชิ้นงานออกจากแบบ วิธีการนี้คล้ายกับการอุตสาหกรรมแก้วที่ใช้การขึ้นรูปขวด



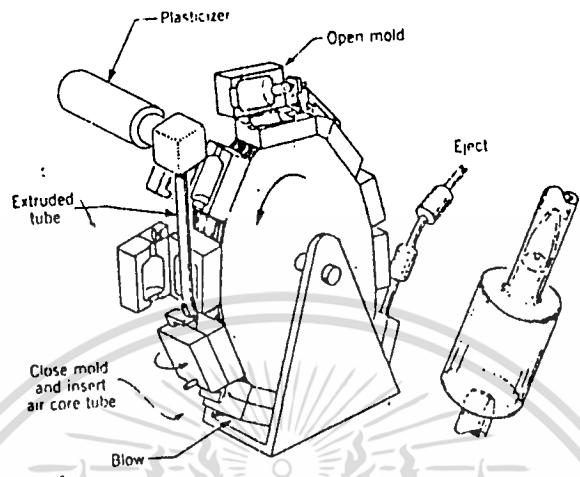
รูปที่ 54 แสดงประเภทของเครื่องเป่าแบบแม่พิมพ์พลาสติก

ในภาพที่ 55 แสดงเครื่องจักรสำหรับการเป่าขวดแบบต่อเนื่อง โดยกระบวนการ pinch - tube หลอดของพลาสติกเปลี่ยนรูปจะถูกอัดรีดจาก plasticizer ไปยังแบบแม่พิมพ์หลอดพลาสติกแต่ละอันจะถูกบีบด้วยแบบแม่พิมพ์และใช้แรงอัดอากาศเป่าไปยังหลอดกลง โดยแกนหลอดที่อยู่ส่วนหัวของแบบแม่พิมพ์

แรงอัดอากาศจะกระจายพลาสติกไปตรงป็นึ่งของแบบแม่พิมพ์ หลังจากนั้นให้ความเป็นช่วงสั้น ๆ ระหว่างนั้นแรงอัดอากาศยังคงมีอยู่ แล้วความดันจะถูกปล่อยแบบแม่พิมพ์เปิดออก ขวดถูกปล่อยออกมาและแบบแม่พิมพ์เริ่มทำงานใหม่อีกครั้ง เป็นวงจร เช่นนี้ ขวดที่ไต่ออกมาจะต้องทำให้เป็นที่อุณหภูมิต่ำโดยการพ่นน้ำ ส่วนยอดและก้นของขวดจะต้องมีการตัดเพื่อกำจัดเศษเล็กเศษน้อยออก แต่ก็ไม่จำเป็นเท่าไร

ผลิตภัณฑ์แบบแม่พิมพ์เป่าจะรวมถึงหีบห่อบรรจุ เครื่องสำอาง ขวด หุ่น ท่อทำ ความร้อนรถยนต์ ภาชนะบรรจุผงซักฟอกเหลว และขวดนำรอน พลาสติก โพลีเอทิลีน โลไลโปร บิลีน และ เซลลูโลสอาซิเทท สามารถขึ้นรูปได้โดยการเป่า

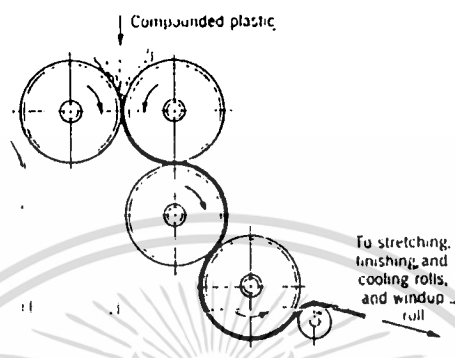
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 55 แสดง เครื่องจักรสำหรับการ เป่าขวดแบบต่อเนื่อง

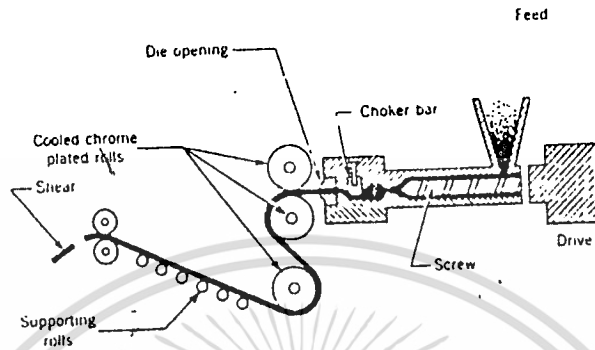
การขึ้นรูปเป็นฟิล์มและแผ่น (Film and Sheet Forming)

วิธีพื้นฐานสำหรับการผลิต ฟิล์มและแผ่นบางทำได้โดยการรีด การอัด การ เป่า และการหล่อ การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับประเภทของพลาสติกเปลี่ยนรูป การเลือกใช้พลาสติกขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์การรีดให้เป็นแผ่นบาง ๆ โดยการบีบวัสดุระหว่างลูกกลิ้ง ดังแสดงในภาพที่ 56 วัสดุซึ่งประกอบควยเรซินพลาสติกซีเทอร์ ตัวผสมและสี จะถูกนำมารวมกันในสัดส่วนที่คงที่ และทำให้เย็น ก่อนที่จะป้อนเข้าเครื่องรีดความหนาของแผ่นผลิตภัณฑ์ ขึ้นกับช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งในกระบวนการบีบ และความเร็วของลูกกลิ้งที่กระทำต่อวัสดุ ก่อนที่แผ่นฟิล์มจะถูกม้วน มันจะผ่านน้ำเย็น ฟิล์มและแผ่นของไวนิล โพลีเอทีลีน เซลลูลอสอะซิเตท และ กระเบื้องปูพื้นที่ทำจากไวนิล เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวิธีการรีด



รูปที่ 56 การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มควยการรีด

ในการทำแผ่นของวัสดุพวกโพลีโพรพิลีน โพลีเอทิลีน โพลีสไทลีน หรือ ABS จะใช้กระบวนการอัดรีด อิงแสดงในภาพที่ หลังจากนำวัสดุมาผสมกันดี เป็นสารประกอบพลาสติกแล้ว จะนำวัสดุบรรจุลงในช่อง เท ซึ่งวัสดุจะถูกทำให้ร้อนไม่เกิน 600 องศาฟาเรนไฮต์ และอัดเข้าไปในแบบแม่พิมพ์ด้วยแรงอัด 2,000 ถึง 4,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยสายพานลำเลียงความหนาของแผ่นจะถูกควบคุมโดยเครื่องรีด และแบบแม่พิมพ์ หลังจากการอัดรีดแผ่นผลิตภัณฑ์จะผ่านน้ำหรือน้ำมันที่เย็น กลิ้งควยลูกกลิ้งโครเมียม ก่อนที่จะตัดให้ได้ขนาดตามต้องการ ถ้าใช้น้ำมันสำหรับทำความสะอาด ต้องรักษาอุณหภูมิให้ใกล้เคียง 250 องศาฟาเรนไฮต์ แผ่นวัสดุที่ทำโดยวิธีนี้ จะมีความหนาระหว่าง 0.001 - 0.125 นิ้ว



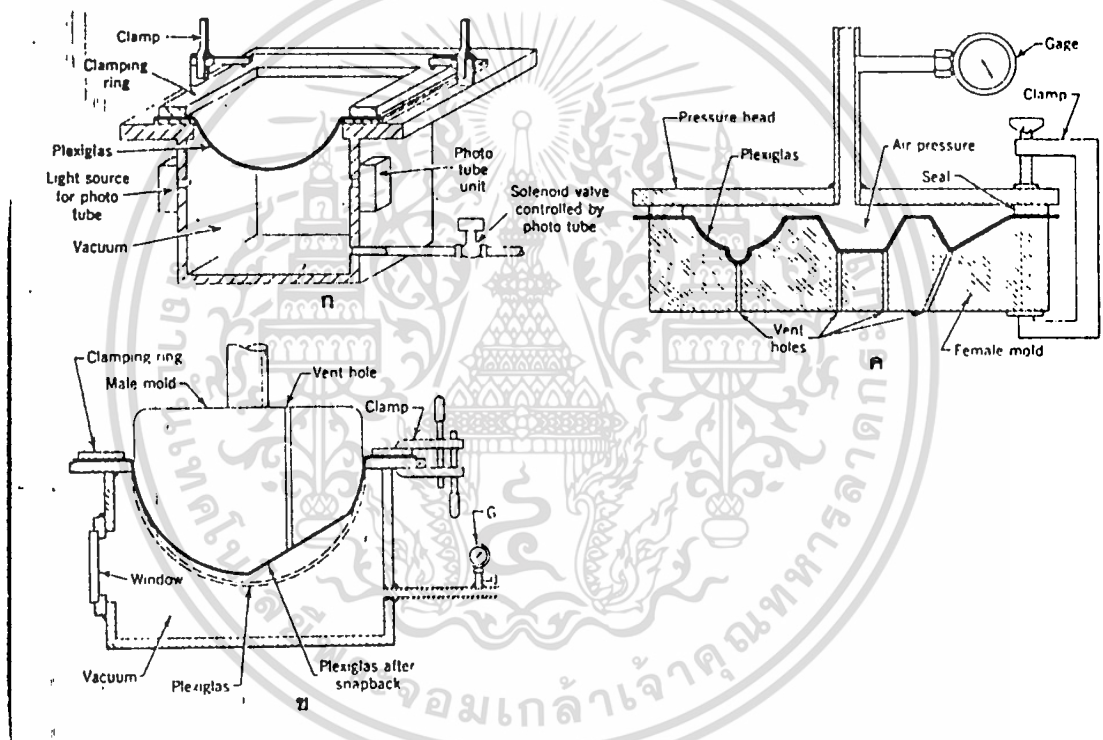
รูปที่ 57 แสดงการอัดรีดให้เป็นแผ่นบางและฟิล์ม

เครื่องอัดรีดแบบหลอดเป่าแผ่น (blown tubular extrusion) วิธีนี้จะได้แผ่นฟิล์มโดยการอัดรีดเป็นท่อตามแนวตั้ง แล้วผ่านแบบแม่พิมพ์ และเป่าควบอากาศเข้าไป จะได้ขนาดเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอก และในที่สุดทำให้แบนโดยการขับลูกกลิ้ง กระบวนการอัดรีดวิธีนี้ใช้ทำฟิล์มบาง ๆ เช่น ถุงบรรจุของเหลว และหีบห่อต่าง ๆ

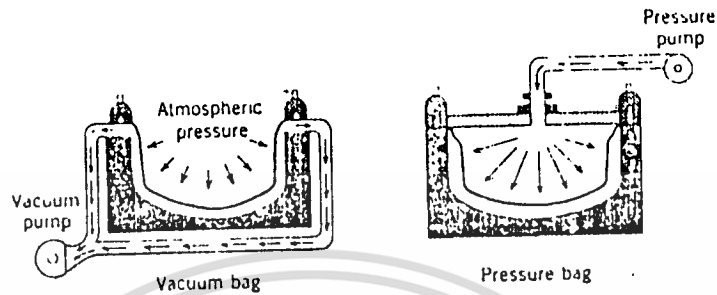
การหล่อฟิล์ม เอพลาสติก เรซิน ละลายในตัวทำละลาย และทำให้กระจายบนสายพานที่มีการขับเคลื่อน และถ้าเลี้ยงเข้าคูบซึ่งที่นี้ตัวทำละลายจะถูกทำขึ้นมาเป็นแผ่น แกวซึก 2 แผ่น การแยกของแผ่นแกวทั้งสองขึ้นกับการทำความหนาเท่าไร และมีปะเก็นบรรจุของเหลวซึ่งเป็นตัวเร่งโมโนเมอร์ เซลล์หล่อจะถูกทำให้มีอุณหภูมิตามที่ต้องการในคูบที่ยังคงมีการทำปฏิกิริยาของสสาร ตัวเซลล์หล่อจะถูกทำให้มีอุณหภูมิตามที่ต้องการในคูบที่ยังคงมีการทำปฏิกิริยาของสสาร ตัวเซลล์หล่อใช้ในการผลิตแผ่นใสพวกอคริลิก

การขึ้นรูปพลาสติกความร้อน (Thermoforming)

การขึ้นรูปพลาสติกความร้อน ประกอบด้วยการทำแผ่นพลาสติกเปลี่ยนรูปใ้ร้อนจนกระทั่งมันอ่อน แล้วก็อัดไปที่แบบแม่พิมพ์ โดยใช้แรงอัดอากาศหรือเครื่องกล มีหลายวิธีการที่ได้รับการพัฒนาสำหรับให้แรงอัดแก่แผ่น เช่น ใช้ความดันต่าง ๆ อาจเป็นความดันหรือทำให้เป็นสูญญากาศ การดึงด้วยสูญญากาศหรือการ เป่าลงไปในแบบแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้รูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ รูปภาพที่ 58 แสดงวิธีการต่าง ๆ ของวิธีการขึ้นรูป



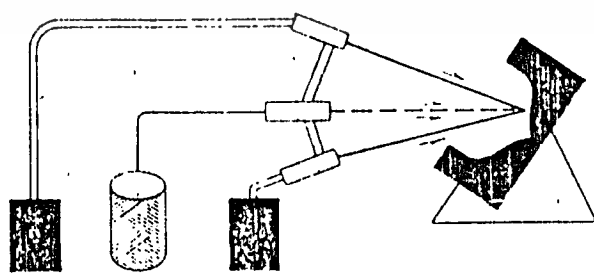
รูปที่ 58 แสดงวิธีการขึ้นรูปพลาสติกแผ่นโดยใช้ความร้อน
 ภาพ ก. การขึ้นรูปอบลงอิสระ
 ภาพ ข. การขึ้นรูปโดยวิธีการทำสูญญากาศ
 ภาพ ค. การขึ้นรูปโดยแรงอัดของอากาศ



รูปที่ 59 ตัวอย่างการผลิตพลาสติกเสริมกำลังโดยแบบแม่พิมพ์เปิด

แบบแม่พิมพ์ หรือกระบวนการ matched - die ใช้แบบแม่พิมพ์สองส่วน ปกติทำด้วยโลหะใช้แรงงานน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ไต่ละเอียด เนื่องจากแบบแม่พิมพ์ร้อน การผลิตด้วยอัตราที่สูงจึงเป็นไปได้ ผลิตภัณฑ์ทำได้จากกระบวนการนี้ เช่น พวงกบ หีบห่อ หมวกกันน็อค ถาด และเครื่องมือที่ใช้ภายในบ้าน โดยปกติผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กจะทำด้วยวิธีนี้

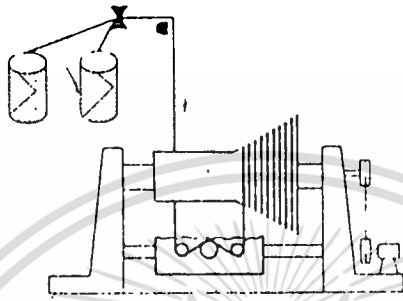
ในด้านการค้าที่การผลิตพลาสติกเสริมกำลังโคหลายวิธี ในภาพที่ 60 เป็นแบบหนึ่งที่ใช้ คือ แบบกระบวนการพ่น โดยใยแก้วและเรซิน จะถูกพาลงไปในแบบแม่พิมพ์พร้อมกันโดยการฉีด เรือผลิตผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่อื่น ๆ จะขึ้นรูปด้วยวิธีนี้



รูปที่ 60 แสดงแบบกระบวนการพ่นโดยใยแก้วและเรซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ filament winding โดยเส้นใยจะถูกป้อนลงไปในถังของเรซิน และจะมีแกนหมุนวัตถุ ดังแสดงในภาพที่ 61 กระบวนการนี้ใช้กับแบบหล่ออัดทอ และพวกอาวุธที่ต้องการความแข็งแรงสูง พลาสติกเสริมกำลังยังมีการใช้ในการหล่อเหวี่ยงหม้อศูนย์



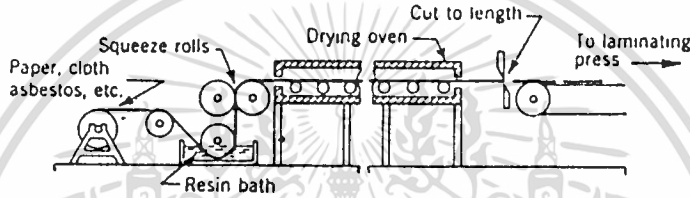
รูปที่ 61 กรรมวิธีการผลิตโดย Filament Winding

พลาสติกอัดแผ่น (Laminated plastics)

พลาสติกอัดแผ่นประกอบด้วยแผ่นกระดาษ ใย ไยหิน ไม้ หรือวัสดุอื่น ๆ ที่คล้ายกัน ซึ่งก่อนอื่นจะถูกแช่หรือเคลือบด้วยเรซิน และผสมภายใต้ความร้อนและอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจจะแข็งกันกระแทก ทนความร้อนหรือน้ำได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับทำอุปกรณ์ไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้อาจจะประกอบด้วยแผ่นสองถึงสามหรือมากกว่ารอยแผ่นก็ได้ ขึ้นกับความหนาและคุณสมบัติที่ต้องการ พลาสติกอัดแผ่นจะทำให้อยู่ในรูปแผ่น แท่ง และท่อ หรือมีรูปร่างเฉพาะ ก็คงมีลักษณะเชิงกลที่ดี ซึ่งสามารถนำมาทำขึ้นรูปทำเป็นเฟืองมือถือ ปลอกแบร์ริง เครื่องเรือน และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

ในกรรมวิธีการทำผลิตภัณฑ์อัดแผ่น วัสดุผสมบางจะถูกละลายโดยตัวทำละลาย เพื่อที่จะเปลี่ยนเป็นของเหลววารีนิช มวนกระดาษหรือกระดาษจะปานถึงสำหรับแช่ ดังแสดงในภาพที่ 62 การอัดแผ่นทำใ้ล้สะดวก โดยแต่ละแผ่นที่ถูกตัดให้มีขนาดเท่าที่ต้องการนำมาเรียงซ้อนกัน ให้มีความหนาเพียงพอตามที่ต้องการ การทำท่อทำได้โดยใช้เครื่องทำเกลียว ที่เตรียมวัสดุรอบแกนเพลลา เหล็ก ที่วางอยู่ในตลับที่ให้ความร้อน โดยใช้อากาศร้อนไหลเวียนหรืออาจจะใช้ทั้งความร้อนและความดันในแบบแม่พิมพ์ทอกระดาษอัดแผ่นที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า

ผ้าที่ทำโดยการอัดแผ่นจะมีความแข็งแรง และเหนียวมากกว่า เช่นผ้าใบ ผ้าที่ทำจากใยหิน และใยแก้วถูกเสนอแนะให้ใช้สำหรับทนความร้อน และน้ำหนักปานไคนอย แผ่นไมบาง ๆ จะถูกนำมาอัดแผ่นเพื่อผลิตวัสดุที่เบาแต่แข็งแรงพอ ๆ กับโลหะ และทนความร้อน แก้วนิรภัยก็เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากพลาสติกอัดแผ่น คือ ทำด้วยชั้นพลาสติกเปลี่ยนรูป สลับกับแผ่นแก้ว มีเรซิน 4 ชนิดที่ใช้กันมาก คือ ฟีนอลิก ซิลิโคน อีพอกซี และมีลามีน สำหรับการทำผลิตภัณฑ์ที่ทนความร้อนและไฟฟ้า



รูปที่ 62 แสดงขั้นตอนการผลิตพลาสติกอัดแผ่น

การหล่อ (Casting)

พลาสติกทรงรูปที่ใช้ในการหล่อได้แก่ ฟีนอลิก โพลีเอสเตอร์ อีพอกซี และวิลลิเรซิน วัสดุเหล่านี้มีประโยชน์มากสำหรับการทำเลนส์เกี่ยวกับสายตา และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ต้องการความใสมากวัสดุเหล่านี้ใช้ในการหลอมมากกว่าพลาสติกเปลี่ยนรูป โดยไหลผ่านรูใดก็กว่า อีทิล เซลลูโลส และ เซลลูโลสอะซิเตท บูไทเรท สารเหล่านี้เป็นพลาสติกเปลี่ยนรูปที่ใช้กันการกระแทกได้สูง และมีความแข็ง ซึ่งจำเป็นสำหรับทำขอนที่อัด และแบบแม่พิมพ์ขึ้นรูป ออคริลิกใช้ในการหล่อผลิตภัณฑ์ที่มีความใส และเป็นแผ่นบาง

พลาสติกหล่อเมื่อผลิตน้อยชิ้น ไม่เหมาะที่จะใช้วิธีนี้ เพราะค่าแบบแม่พิมพ์แพง มีบ่อย ๆ ที่การ เปิดแบบแม่พิมพ์ขึ้นรูป โดยจุ่มแกนเพลลาเหล็กที่มีรูปร่าง เฉพาะลงในแบบหลอม และถอดออกหลังจากที่มันแข็ง การหลอกลวงจะถูกผลิตขึ้นโดยวิธีการหล่อแบบ slush วัสดุ

จากลักษณะ เหล่านี้เป็นคน เหตุทำให้งานออกแบบยากขึ้น ดูออกแบบจึงต้องคำนึงถึงการไหลของพลาสติกโดยอาศัยหลังพื้นฐานสำหรับการออกแบบเสมอ

4. เส้นรอยขีดส่วน (PARTING LINE) หรือ (CUT OFF LINE) หมายถึง เส้นรอยรอยที่ปรากฏบนตัวผลิตภัณฑ์เกิดจากรอยรอยประกบกันของแม่พิมพ์ไมคราใหม่ PARTING LINES ปรากฏอยู่บนตัวผลิตภัณฑ์เพราะจะคูไม่เรียบรอยสามารถแก้ไขได้โดยไขหลักการออกแบบให้เป็นลวดลายหรือเป็นเส้นที่มีประโยชน์มีผลทางคานการมองของผลิตภัณฑ์ไป

ยางสังเคราะห์

ในการสังเคราะห์ยางธรรมชาติใช้เวลาหลายปี มีอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ ที่ขาดแหล่งของยางดิบ จึงมีการพัฒนาและวิจัยเพื่อหาทางสังเคราะห์เช่น GR.S nitrile Thiokol , neoprene , Butyl . และยางซิลิโคน การสังเคราะห์ GR - S ถูกผลิตขึ้นเป็นปริมาณมากที่สุด โดยเฉพาะคิดแปลงสำหรับใช้กับยางรถ คลายกับยางธรรมชาติแทนที่ได้มาก มันเป็น COPOLYMER ของ STYRENE และ BUTADIENE สามารถทำให้มีความแข็งแรงได้ ความแข็งแรงของ GR - S ปรับปรุงโดยเติมคาร์บอนลงไป butadiene - acrylonitrile copolymers หรือรู้จักกันในชื่อ Buna N หรือ ยางไนทริล ทนทานต่อน้ำมัน จึงใช้ทำผลิตภัณฑ์ เช่น ประเก็น และแผ่นโคอะแฟรม สารนี้ผสมกับฟีนอลิกและพลาสติกไว้นิลได โพลีทีลไฟด์ที่เป็นสารอินทรีย์ที่รู้จักกันเช่น Thiokols คานทานคอแกสโซลีน น้ำมัน และสี ตลอดจนแสงอาทิตย์ จึงใช้ทำพวกท่อ สันและพื้นรองเท้า และผ้าที่เป็นฉนวน

คลอโรเพรน โพลีเมอร์ (chloroprene polymer) รู้จักกันในชื่อนีโอเพรน ผลิตขึ้นจากถ่าน หินปูน น้ำ และเกลือ แคลเซียม คาร์ไบด์ เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งของถ่านและหินปูน เมื่อเติมน้ำจะโคแกสอะเซทิลีน (C_2H_2) แก๊สนี้รวมกับไฮโดรเจนคลอไรด์ได้เป็นคลอโรเพรน ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นนีโอเพรนโดยกระบวนการ polymerization นีโอเพรนทนทานต่อน้ำมัน ความรอน และแสงอาทิตย์ จึงใช้ทำสายพานลำเลียง พื้นรองเท้า ผลิตภัณฑ์ที่เป็นฉนวน ลูกลิ่งสี ยางรถ และท่อ และเป็นตัวยึดเหนี่ยว มันสามารถนำไปประ-

- จากลักษณะ เหล่านี้ เป็นคนเหตุทำให้งานออกแบบยากขึ้น ดูออกแบบจึงต้องคำนึงถึงการไหลของพลาสติกโดยอาศัยหลังพื้นฐานสำหรับการออกแบบเสมอ

4. เส้นคอดชิ้นส่วน (PARTING LINE) หรือ (CUT OFF LINE) หมายถึง เส้นรอยคอดที่ปรากฏบนตัวผลิตภัณฑ์เกิดจากรอยคอดประกบกันของแม่พิมพ์ไมควรรีใหม่ PARTING LINES ปรากฏอยู่บนตัวผลิตภัณฑ์เพราะจะคูไม่เรียบรอยสามารถแก้ไขได้โดยใช้หลักการออกแบบให้เป็นลวดลายหรือเป็นเส้นที่มีประโยชน์มีผลทางด้านการมองของผลิตภัณฑ์ไป

ยางสังเคราะห์

ในการสังเคราะห์ยางธรรมชาติต้องใช้เวลานานหลายปี มีอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ ที่ขาดแหล่งของยางดิบ จึงมีการพัฒนาและวิจัยเพื่อหาทางสังเคราะห์เช่น GR.S nitrile Thiokol , neoprene , Butyl . และยางซิลิโคน การสังเคราะห์ GR - S ถูกผลิตขึ้นเป็นปริมาณมากที่สุด โดยเฉพาะคัดแปลงสำหรับใช้กับยางรถ คลายกับยางธรรมชาติแทนที่โคมาก มันเป็น COPOLYMER ของ STYRENE และ BUTADIENE สามารถทำให้ความแข็งแรง ความแข็งแรงของ GR - S ปรับปรุงโดยเติมคาร์บอนลงไป butadiene - acrylonitrile copolymers หรือรู้จักกันในชื่อ Buna N หรือ ยางไนทริล ทนทานต่อน้ำมัน จึงใช้ทำผลิตภัณฑ์ เช่น ประเก็น และแผ่นโคอะแฟรม สารนี้ผสมกับฟีนอลิกและพลาสติกไวน์สไตน์ โพลีเอทิลีนไฟท์ที่เป็นสารอินทรีย์ที่รู้จักกันเช่น Thiokols คานทานคอแกสโซลีน น้ำมัน และสี ตลอดจนแสงอาทิตย์ จึงใช้ทำพวกท่อ สนับและพื้นรองเท้า และผ้าที่เป็นฉนวน

คลอโรเพรน โพลีเมอร์ (chloroprene polymer) รู้จักกันในชื่อนีโอเพรน ผลิตขึ้นจากถ่านหินปูน น้ำ และเกลือ แคลเซียม คาร์ไบด์ เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งของถ่านและหินปูน เมื่อเข้มน้ำจะโคแกสอะเซทิลีน (C_2H_2) แกสนี้รวมกับไฮโดรเจนคลอไรด์ได้เป็นคลอโรเพรน ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นนีโอเพรนโดยกระบวนการ polymerization นีโอเพรนทนทานต่อน้ำมัน ความร้อน และแสงอาทิตย์ จึงใช้ทำสายพานลำเลียง พื้นรองเท้า ผลิตภัณฑ์ที่เป็นฉนวน ลูกกลิ้งสี ยางรถ และท่อ และเป็นตัวยึดเหนี่ยว มันสามารถนำไปประ-

บุคคลใช้ได้กว้างขวางกว่ายางสังเคราะห์ชนิดอื่น ๆ และสามารถนำมาใช้แทนยางธรรมชาติได้ในปัจจุบัน

บูทีล หรือ ไอโซบูไทลีน โคลโพลีเมอร์ (Butyl, isobutylene copolymer) มีคุณสมบัติและลักษณะคล้ายยางธรรมชาติหลายอย่าง เพราะว่ามีความแข็งแรง ทนทานต่อการเสียดสี และแก๊สซึมผ่านได้ต่ำ จึงใช้ทำยางในรถยนต์ สายพานลำเลียง และนมเป็นต้น

ซิลิโคน (silicone) บางชนิดนี้ทนทานทั้งอุณหภูมิสูงและต่ำ น้ำมัน หล่อลื่น กรดเจือจาง และทนต่อการออกฤทธิ์ จึงใช้ทำวงแหวนซีลยาง ทำฉนวนของลวดและสายเคเบิล เป็นต้น

ยางสังเคราะห์อื่น ๆ ที่ใช้ในวงการค้า เช่น โพลีบูตาไดเอิน ซึ่งใช้ทำยางรถเช่นกัน และโพลีอะครีเลต สำหรับผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับน้ำมัน และปะเก็น ยูรีเทน ใช้ทำเบาะ เครื่องรองในงานอัครีค ลูกกอล์ฟ และยางแข็ง

ไม้อัด คืออุตสาหกรรมการแปรรูปไม้ที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประโยชน์มากที่สุด การทำไม้อัดนั้นเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบ (ไม้) โยนเข้าเอาไม้ของมาแปรสภาพเป็นไม้แผ่นบาง ๆ แลวนำมาประกอบตามกรรมวิธีเป็นแผ่นไม้อัด โดยไม้ตัวเชื่อมประสาน คือกาวหรือเรซินเป็นองค์ประกอบสำคัญ ไม้อัดในประเทศไทยมี 3 ชนิดที่สำคัญ คือ

1. ไม้อัดสลัดชั้น
2. ไม้อัดแผ่นเรียบ
3. แผ่นซีเมนต์อัด

ไม้อัดทั้งกล่าวสามารถผลิตได้ภายในประเทศไทยมีบริษัทผู้ผลิตรายใหญ่อยู่ 5 บริษัท คือ

1. บริษัทไม้อัดไทย จำกัด เป็นของรัฐบาล ขึ้นอยู่กับองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ สังกัดกระทรวง เกษตรและสหกรณ์ ทำการผลิตไม้อัดสลัดชั้น ไม้อัดแผ่นเรียบ ไม้บางและประกู โดยใช้ไม้ทุงจากป่าสัมปทานของบริษัท เช่น อุทัยธานี เพชรบูรณ์ เลย (ปัจจุบัน

เคียว นำไปตัดริมแล้วนำไปเข้าเครื่องตัดผิวทั้งด้านหน้าและด้านหลังให้เรียบ

2. ไม้อัดแผ่นเรียบ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ไม้อัดเส้นใย ทำจากเส้นใยไฟเบอร์ที่ได้จากเนื้อไม้หรือวัตถุดิบอื่นที่มีส่วนประกอบของไฟเบอร์ โดยทำเป็นแผ่นเยื่อแล้วทำการอัดให้เรียบ ตัดขนาดเป็นแผ่นตามที่ต้องการ กรรมวิธีในการผลิตนี้มี 2 วิธี คือ

1. วิธีเปียก เป็นกรรมวิธีที่บริษัทไม้อัดไทย จำกัด ใช้ทำ โดยนำเศษไม้ทุกชนิดที่มีอยู่ นำมาสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปห้อนจกควยโอน้ำให้เมื่อน้ำท่วม จากนั้นนำเข้าเครื่องบดอย่างหยาบและอย่างละเอียดตามลำดับ เศษไม้ทั้งหมดจะกลายเป็นผง เรียกว่าใยหรือเยื่อไม้ มีไฟเบอร์เป็นองค์ประกอบหลัก การนี้จะทำให้สารเคมีต่าง ๆ ที่ปนอยู่ในไม้ละลายไปกับน้ำ คงเหลือแต่เยื่อไม้วุ่น แล้วจึงนำไปทำแผ่นเยื่อต่อไป โดยการโรยน้ำและเยื่อไม้ลงบนแผ่นตะแกรงสายพาน ซึ่งจะกรองเอาเนื้อเยื่อไว้ แยกน้ำออกไป และตะแกรงสายพานจะผ่านเครื่องรีบน้ำออก จนได้แผ่นเยื่อตามความหนาที่ต้องการ แล้วส่งเข้าเครื่องอัดรอนควยแรงอัด 50 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ณ อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส นานไม่น้อยกว่า 6 นาที ใหลกลายเป็นไม้อัดแผ่นเรียบ หลังจากนั้นก็นำไปอบในความรอนอีกประมาณ 4 ชั่วโมง แล้วนำไปปรับความชื้นอีก 8 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงทนทาน และให้คงรูปดีขึ้น

2. วิธีแห้ง เป็นวิธีที่บริษัทศรีราชา จำกัด ใช้ในการผลิต ต้นทุนในการผลิตสูงกว่าแบบเปียก ใช้ไม้พื้นพวกไม้ตะแบก กระทอน ชุมแพรก นำไปเข้าเครื่องย่อยเป็นชิ้นกบ แล้วนำเข้าเครื่องบดเป็นผง ต่อไปนำไปเก็บในบุง ไซท์หอดูดเข้าเครื่องอบ ต่อเข้าเครื่องผสมกาวและซีเมนต์ ไปผ่านเครื่องโรยแผ่น เครื่องอัดรอน เมื่อได้ที่แล้วผ่านออกไปเข้าเครื่องอบซึ่งใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง ซึ่งจะเป็นแผ่นสำเร็จ ผ่านเข้าเครื่องตัดริมตามขนาดที่ต้องการ

3. แผ่นขึ้นไม้อัด คือแผ่นวัสดุที่ทำจากไม้ปรี้อวี่ฝักอื่นเป็นส่วนประกอบของลิกนิน และ เซลลูโลสอื่น ๆ ในลักษณะที่ถุกตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำมารวมเป็น แผ่นโดยใช้ตัวประสานอินทรีย์ ร่วมกับสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้เพียงอย่าง เดียวหรือหลายอย่าง ก็ือ ความรอน แรงอัด ความชื้น ตัว เร่งและอื่น ๆ

วิธีการทำก็เริ่มจากการนำเอาไม้ที่ไค้จากเศษไม้ ปลายไม้ ปีกไม้ เศษไม้ที่ไค้มาจากการนำไปใช้ประโยชน์ส่วนมากจะเป็นไม้อย่าง ตะแบก จั้ว ยมป่า นำมาตัดเอาเปลือกออกให้หมด เป็นท่อนยาวไม่เกิน 30 เซนติเมตร แล้วนำไปสับด้วยเครื่องให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ มีความหนา 2 มิลลิเมตร ยาวไปตามเนื้อไม้ 4 เซนติเมตร นำไปอบให้แห้ง มีความชื้นร้อยละ 4 - 6 เอาภาชนะผสม แล้วทำเป็นแผ่นโคขนาด 4 คูณ 8 ฟุต อัดให้แน่นด้วยเครื่องอัด ทำขนาดหนาตามความต้องการใช้ เช่น ทำฝา ทำฝาเข้าน ไม้อัดประเภทนี้ที่เรารู้เคยกันก็คือ ไม้อัดเซฟวิ่งบอร์ด อย่างชนิดที่มีความหนาพิเศษ หรือทำผิวให้เป็นลูกฟูกหรือลวดลายอื่นคล้ายกัน นำไปใช้สำหรับเป็นผนังกันเสียงสะท้อน

สำหรับไม้อัดประเภทสับชั้นนั้น เป็นไม้อัดที่แพร่หลายมาก เพราะใช้ได้กับงานทุกชนิด ตั้งแต่ผนัง ผนัง ประตู และที่สำคัญที่สุดคือ นำมาทำเฟอร์นิเจอร์ ไม้อัดประเภทนี้ผลิตออกมาตามประเภทของการใช้สอยอยู่ 2 ชนิด คือ

1. ชนิดใช้ภายนอก คือ ชนิดที่หน้า ทนแดด และทนฝนได้ ไม้อัดชนิดนี้จะต้องอัดด้วยการพินอลฟอร์มาดีไฮน หรือที่มีคุณภาพเท่าเทียมเพื่อให้ได้มาตรฐาน อังกฤษ และอเมริกา ไม้ชนิดนี้สามารถทนในน้ำเค็มได้ถึง 3 วัน โดยคุณภาพไม่เปลี่ยน
2. ชนิดใช้ภายใน หน้า ทนแดดได้เล็กน้อย ไม้ประเภทนี้อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มาดีไฮด์ ถ้าใช้ในที่ร่มที่ดูเงางามและความชื้นบางครั้ง กำลังยึดเหนี่ยวของกาวยูเรียจะด่างทนกว่าอายุของไม้ธรรมชาติ

นอกจากประเภทของการใช้งานแล้ว ยังมีการผลิตไม้อัดสับชั้นออกมาตามชนิดของ เนื้อไม้ เพื่อประโยชน์ในการใช้สอย ดังนี้

<u>คานหนา</u>	<u>คานหลัง</u>
1. ไม้สัก	ไม้สัก (สัก/สัก)
2. ไม้ยาง	ไม้ยาง (ยาง/ยาง)
3. ไม้สัก	ไม้ยาง (สัก/ยาง)
4. ไม้มะปิ่น	ไม้มะปิ่น (มะปิ่น/มะปิ่น)

<u>คานหนา</u>	<u>คานหลัง</u>
5. ไมยาง	ไมมะบิย (ยาง/มะบิย)
6. ไมจำปา	ไมจำปา (จำปา/จำปา)

คุณสมบัติทั่วไปของไม้อัด

1. คงรูปได้ดี ไมแปรรูปจะมีการยืด หด หรืองอโค้งงาย โดยเฉพาะตามแนวขวาง จากการทดลองไม้อัดสลับ 3 ชั้น จะมีการยืด หดตัว ประมาณ 0.19% โดยทั่วทั้งแผ่น บิดหดตามยาวประมาณ 0.15% บิดหดตัวตามขวางประมาณ 0.23% ตามขวางตกตามยาวประมาณ 0.5 ส่วน เมื่อเทียบกันแล้วไมแปรรูปมีส่วนยืดหดตัวมากกว่าไม้อัดสลับชั้นถึง 25 เท่า ส่วนการบวมหรือการพองตัวใน ไม้อัดสลับชั้นจะมากกว่าไมแปรรูป 1.5 เท่า
2. เป็นเสี้ยนเดี่ยวที่เสว โดยทั่วไปไม้อัดสลับชั้นจะมีคุณสมบัติคานเก็บเสียงสะท้อนเสียงดีกว่าไมแปรรูป ทั้งนี้ต้องพิจารณาความหนาและชนิดของไมประกอบ
3. เป็นสีออกมารอนที่เสว
4. คุกความชื้นไคเนอย เพราะการคุกความชื้นมีเฉพาะไมยางที่ผิวหน้าเท่านั้น ยิ่งประกอบควยไมยางหลายชั้นยิ่งคุกความชื้นไคเนอย ยิ่ง
5. ง่ายต่อการประคิมฐ์ สามารถออกตะปูชิคริมไม้ไคโดยไม้ไม่แตก แถดาไซตะปูควงแล้วคุณสมบัติจะควยกว่าไมแปรรูป โดยเฉพาะไม้อัดสลับชั้นที่มีความหนามาก ๆ
6. มีน้ำหนักเบากว่าไมแปรรูปที่มีขนาดเท่ากัน เคลื่อนย้ายไคสะดวกกว่า
7. สวยงาม เพราะผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอ
8. แข็งแรง โดยจะมีความแข็งแรงตามแนวต่าง ๆ ไม่เท่ากัน แต่โดยทั่วไปจะมีความแข็งแรงมากกว่า ไมแปรรูป
9. คุกสีไคเนอย เพราะคุกความชื้นไคเนอย มีผิวหน้าเรียบทำให้หาสีง่ายและคุกสีน้อยกว่าไมแปรรูปที่มีผิวหนาเท่ากัน
10. สามารถทำไคองงอไค โดยคัดแปลงแทนอิฐหรือนิให้มีรูปตามต้องการ

ประโยชน์ของไม้อัด

1. เป็นวัสดุก่อสร้าง หลอดแบบคอนกรีต อาคารบ้านเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไซท์ทำเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ
3. ไซท์ประกอบยานพาหนะ เช่น ตู้รถไฟ ตู้ถังรถยนต์
4. ไซท์เป็นวัสดุคืบในการปรุงแต่งผิวหน้าไม้สัก

สแตนเลส (STAINLESS STEEL)

ข้อดีของสแตนเลส หนักการขีดข่วน, สารเคมี, ความร้อน, มีความแวววาวสวยงาม, ไม่เกิดสนิม

ข้อเสียของสแตนเลส ราคาแพง

หลักในการออกแบบผลิตภัณฑ์สแตนเลส

1. การออกแบบชิ้นส่วนตอนที่มีการขึ้นรูป เป็นของควรงอกแบบใหม่มีลักษณะสามารถทำการผลิตได้โดยการใช้เทคนิคง่าย ๆ เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์โลหะแปรรูปจากเหล็ก เลี้ยงงานที่มีลักษณะโค้งไปมาสั้น ๆ
2. ไซท์วัสดุใหม่มีขนาดประหยัดลง เนื่องจากแผ่นสแตนเลสมีความต้านทานแรงดึง (TENSILE STRENGTH) ใต้มากกว่าอลูมิเนียม ถึง 3 เท่า
3. ความหนาของโลหะอาจลดลงได้ โดยการออกแบบรูปร่างหรือลักษณะของชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยใช้ลักษณะโครงสร้างให้เป็นประโยชน์
4. การออกแบบให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของความแข็งแรงของวัสดุ

อลูมิเนียม (ALUMINIUM)

อลูมิเนียมมีลักษณะภายนอกเป็นสีขาวเงิน น้ำหนักเบา ความหนาแน่น 2.7 กก./ก.ม.³ (เหล็กหนักกว่าประมาณ 3 เท่า) ผิวของอลูมิเนียมเป็นโลหะที่ทนต่อการกัดกร่อนกรวดหินทรายทุกชนิดนอกจากกรดอินทรีย์ อลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีความคงทนต่อแรงดึงค่าประมาณ 7 - 18 กก./มม.² มีความยืดหยุ่นสูง (20% ถึง 35%) สามารถตี, ดัด, หรืออัดเป็นรูปได้ง่าย สามารถกลึงหรือเจาะได้ง่าย คุณสมบัติของอลูมิเนียมจะดีขึ้นมากเมื่อผสมโลหะผสมลงไป (ALLOY)

โลหะอลูมิเนียมสามารถตี อัด เคาะ กิ่ง และอัดรมีท์ และดัดยักให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ในสภาพที่เป็น จากการทำขึ้นส่วนในสภาพที่เป็นจะให้อลูมิเนียมแข็งขึ้นโดยเผาให้ร้อนและทำให้เย็นโดยเร็ว ในอุณหภูมิประมาณ 350 องศาเซนติเกรด ถึง 400 องศาเซนติเกรดจะทำให้อลูมิเนียมอ่อนเหมือนเค็ม และสามารถดึงหรืออัดโคคต่อไป อลูมิเนียมเป็นโลหะที่สามารถใช้ในงาน เชื่อมโคค บั๊กกรีแข็งและติดควบถาวซึ่งทำขึ้นจากวัสดุสังเคราะห์ (SYNTHETIC RESINS) โคคี้

ข้อดีของอลูมิเนียม ขึ้นรูปได้ง่าย, น้ำหนักเบา, นำความร้อนได้ดี

ข้อเสียของอลูมิเนียม ไม่ทนต่อการกระทบกระแทก, ไม่ทนสาร เคมีบางชนิด เช่น กรดคินประสีว, ทานแรงดึงต่ำ

ทองแดง (COPPER)

ทองแดง เป็นโลหะที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรม ทองแดงเป็นโลหะที่เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าสูงมาก มีความต้านทานการสึกหรอและกัดกร่อนที่ความแข็งแรงดี ทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ ง่าย ไม่เป็นแม่เหล็ก สามารถเชื่อมโคค บั๊กกรีโคค

การนำทองแดงมาใช้

ELECTROLYTIC TOUGH - PITCH COPPER ใช้ในงานเป็น
สื่อไฟฟ้า ARSENICAL COPPER ใช้สำหรับทำ CONDENSOR

และงานที่เปลี่ยนแปลงความร้อนอยู่เสมอ

FREE - CUTTING COPPER

ใช้ทำสลักเกลียว, ปุ่ม,

คุด (STUDS), หัวเชื่อมแก๊ส และชิ้นส่วนทางไฟฟ้า เช่น CONTACT PINS, SWITCH GEARS RELAYS และอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า

SILVER - BEARING COPPER

ลักษณะแข็งและป้องกันการ

อ่อนตัวขณะทำการบั๊กกรี จึงนำไปใช้ในงานผลิต มอเตอร์ไฟฟ้า สำหรับรางรถไฟ และ

อากาศยาน (AIRCRAFT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของทองแดง นำความร้อนได้ดี ไม่เป็นแม่เหล็ก เชื่อมได้ บักรีดได้
ข้อเสียของทองแดง มักเกิดสนิม เมื่อเป็นแผ่นบางเมคกทน

ทองเหลือง (BRASSES)

ทองเหลือง คือ โลหะประสมระหว่างทองแดงกับสังกะสี เป็นธาตุหลัก แต่อาจมีธาตุอื่น ๆ บาง เช่น ตะกั่ว ดีบุก หรืออลูมิเนียม ซึ่งมีจำนวนเล็กน้อย การเพิ่มธาตุต่าง ๆ เข้าไปจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (COLOR) ความแข็งแรง ความอ่อนตัว ความต้านทานการสึกหรอ และคุณสมบัติอื่น ๆ

ข้อดีของทองเหลือง ขึ้นรูปได้ง่าย สามารถเชื่อมหรือบักรีดได้
ข้อเสียของทองเหลือง ไมทนต่อสารเคมีบางชนิด เมื่อเป็นแผ่นบางมีความอ่อนตัว

กรรมวิธีการผลิตโลหะ (PROCESS)

กรรมวิธีการผลิตโลหะนั้นสามารถแยกออกเป็นหลักใหญ่ ๆ ในกรรมวิธีในการผลิตได้ ดังนี้

1. การตัด (CUTTING)
2. การขึ้นรูป (FORMING)
3. การยึดวัสดุ (FASTENING)
4. การตกแต่ง (FINISHING)

1. การตัด (CUTTING) ในการตัดโลหะออกเป็นชิ้นส่วนตามต้องการนั้นเรามีวิธีตัดอยู่ 10 วิธีด้วยกันขึ้นอยู่กับการใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับโลหะนั้น ๆ

– การเลื่อย (SAWING) เป็นการแยกชิ้นงานโดยใช้เครื่องมือที่มีฟันตามขอบชิ้นงาน . . .

– การตัด (SHEARING) ใช้วัสดุที่มีขอบแข็งคมเฉือนงาน

ออกจากกัน

- เจาะค้ำ (PUNCHING) คล้ายการค้ำ ต้องออกแรงในการค้ำแต่ง เป็นการค้ำออกมาโดยขึ้นงานจะหลุคออกมาเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น

- เจาะรู (DRILLING) เป็นการค้ำให้ทะลุเป็นรูโดยใช้ดอกสว่าน

- การชัก (ABBADING) เป็นการทำให้ส่วนที่ไม่ต้องการหลุคออกไปโดยใช้วัสดุที่แข็งแรงกว่าชักหรือถูออก

- การค้ำควยความร้อน (THERMAL CUTTING) เป็นการค้ำโดยใช้ความร้อนหลอมละลายโลหะออกจากัน

- การค้ำโลหะควยกรก (CHEMICAL CUTTING) ใช้สารเคมีทำปฏิกิริยาทางเคมีกับโลหะ

- การไส (SHARPING) เป็นการเอาเครื่องจักรชักขึ้นงานให้เรียบสนิท

- มิลลิ่ง (MILLING) ใช้กับโลหะแผ่นบาง ๆ โดยใช้ใบมีดค้ำขึ้นงานคล้ายเลื่อย

- เทอร์นิ่ง (TURNING) เป็นการค้ำโลหะโดยใช้วิธีกลึง

เหล็ก (FERUS METAL)

วัสดุจำพวกเหล็กเป็นวัสดุที่ถูกนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุด ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กจนถึงผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ เราสามารถแบ่งเหล็กออกได้เป็น:

1. พวก IRON คือ เหล็กที่ไม่มี CARBON มีความอ่อนตัวไม่แข็งแรง แต่มีความเหนียวใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการความแข็งแรงนัก

2. พวก STEEL เป็นอัลลอย (ALLOY) ของเหล็กกับคาร์บอน (CARBON) ใช้เป็นผลิตภัณฑ์จำพวกโลหะหล่อที่ต้องการความแข็งแรงแต่มีความเปราะหักง่าย

3. พวก CARBON STEEL มีความแข็งแรงพิเศษใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จำพวกดอกสว่าน, ตะไบ หรือเครื่องจักรต่าง ๆ

4. พวกรวม ALLOY STEEL เป็นเหล็กที่องค์การคุณสมบัติพิเศษ บางประการโดยผสมโลหะบางอย่างเข้าไป นอกจาก C, P, S และ SI ถ้าองค์การ งานที่แข็ง ก็ผสมมาก อาจผสมโลหะอื่น ๆ เช่น นิกเกิล โครเมียม แมงกานีส ซิลิกอน ทั้งสแตน VANADIUM , MOLYBDENUM

5. ROLLED STEEL เป็นเหล็กที่ทำจากการม้วนหรือรีบออกมา มักทำเป็นงานโครงสร้าง เรียกว่า STRUCTURE STEEL

6. TOOL AND DIE STEEL เป็นเหล็กที่ทำให้แข็งโดยใช้กับ เครื่องมือที่มีมุมคม เช่น หัวค้อน เครื่องมือที่มีเส้นเนื้อความแข็งพิเศษ

7. GALVANIZE , GALVANUCALD เป็น MILD ที่เคลือบ สังกะสีกันสนิม

8. TIN PLATE เป็น MILD STEEL ที่เคลือบดีบุก เพื่อกันสนิม

ข้อดีของเหล็ก ราคาถูก, หาได้ง่าย
ข้อเสียของเหล็ก เป็นสนิมได้ง่าย, น้ำหนักมาก, ไม่ทนต่อการเคี้ยวบางชนิด

การตกแต่ง (FINISHING)

การตกแต่ง เป็นวิธีขั้นสุดท้าย เพื่อให้โลหะดูสวยงามและป้องกันผิวโลหะ โดย สามารถแบ่งได้ 4 แบบด้วยกัน คือ

1. BUFFING เป็นการขัดผิวหน้าโลหะให้เรียบด้วยกระดาษทรายหรือผ้า หรือมีน้ำยาพวก BRASSO มาช่วยในการขัดให้เรียบ

2. TEXTURING เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด คือ ใช้ร่อนทุบโลหะ ให้เป็นลายต่าง ๆ เพื่อให้หน้าดูขรุขระและไม่ลื่นมือเมื่อจับ

3. การใช้สี (COLORING) อาจใช้วิธีเทคนิค, ความร้อน, เพื่อให้เกิด OXIDE กับโลหะ หรือ เคลือบผิวโลหะ เช่น การชุบ

4. การเคลือบ (COATING) เป็นการพ่นหรือทา เช่น การทาสี, ทาแลคเกอร์ เคลือบขี้ผึ้ง, พลาสติก, หรือ ลงสี ENAMELING

การขึ้นรูป (FORMING)

เป็นการนำเทคนิคมาใช้ในการ เปลี่ยนรูปร่างวัสดุโดยไม่มี การเอาวัสดุมาเพิ่ม ปะเข้าไปหรือตัดทิ้ง การขึ้นรูปอาจเป็นวิธี HOT FORM หรือ COLD FORM โดยต้องรูถึงคุณสมบัติของวัสดุก่อน เช่น การทำ COLD FORM ใช้กับวัสดุพวกทองแดง ทองเหลือง แต่สำหรับเหล็กบางอย่างต้องใช้ HOT FORM

การขึ้นรูปแบ่งออกเป็น 8 วิธี

1. การหล่อ (CASTING) เป็นการหลอมโลหะที่เหลวลงในแบบ ปล่อยให้เย็นแล้วจึงแกะแบบ
2. การพับ (BENDING) เป็นการขึ้นรูปโดยการพับโดยต้องการ ใ้ในงานขึ้นนั้นมีแรงดึงมากขึ้น โดยมากเป็นงานที่ออกแบบมาเป็นเส้นตรงหรือ เป็นรูปกล่อง
3. FROGING เป็นการขึ้นรูปโดยใช้แรงอัดและบีบให้โลหะถูก กดเป็นรูปต่าง ๆ ต้องมี DIE หลาย ๆ ตัวที่แข็งมาก โดยมีการ DIE เป็น ชั้นคอนเซ่น เพลาารด ทวักสลักต่าง ๆ โดยทำโลหะให้ร้อนก่อนใช้ในเครื่องจักร จะบีบโลหะ ให้เปลี่ยนรูป
4. PRESSING เป็นการอัดที่แข็งแรงกัน มักจะใช้กับพวก เหล็กแผ่นโดยมีแม่แบบ (MOLD) 2 ตัว อัดและบีบโลหะให้ขึ้นรูปตามต้องการ เช่น จาน, ถาด รูปร่างคล้ายวิธีพับ แต่การ PRESSING นี้ทำโค่นหลายทิศทาง วิธีพับทำได้ เฉพาะแนวอนเท่านั้น
5. DRAWING เป็นการดึงโลหะจาก DIE โดยต้อง ให้ความร้อนแก่โลหะให้อ่อนตัวแล้วใส่ในรูบังคับ (DIE) แล้วรีดออกมาเป็นรูปแบบ คายตัว
6. EXTRUDING เป็นการรีดโลหะหลอมเหลวเข้าไปในแม่ แบบที่ทำไว้เป็นหลักการของอุตสาหกรรมที่ต้องการทำมาก ๆ โดยมีแม่แบบ 2 ตัว และโลหะ อยู่ตรงกลาง

7. ROLLING เป็นการขึ้นรูปแบบร้อน (HOT FORMING) คล้าย ๆ แบบพับ แต่แบบพับไม่ใช่โลหะหลอมแบบนี้ทำงานโดยใช้ลูกกลิ้งรีดแผ่นโลหะ เป็นรูปต่าง ๆ ใด เช่น เหล็กฉาก, กลมกลวง, กลม, เหล็กยืม

8. SPINING เป็นกรรมวิธีผลิตคล้าย ๆ กับการกลึงใช้กังหันขึ้นรูปทรงกลมโดยมีแม่แบบไม่กอน เอาแผ่นเหล็กใส่ในแบบคล้ายการขึ้นรูปงานเซรามิก

2.15 สีและจิตวิทยาการใช้สี

ทฤษฎีสี (Theer of Colour)

ทฤษฎีสีเราแบ่งออกเป็น 3 สี คือ

1. สีแดง. (Red)
2. สีเหลือง (Yellow)
3. สีน้ำเงิน (blue)

เมื่อผสมแม่สีทั้งสามสีจะทำให้เกิดสีใหม่ขึ้น เมื่อนำมาเรียงกันเป็นวงจรโดยอาศัยหลักทฤษฎีสีของ Munsel สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. สีร้อน
2. สีเย็น

สีร้อน

คือสีที่ดึงดูดความรู้สึก (Advancing Coloured) มีความสะกดตาเมื่อมองไกล ๆ เป็นสีที่ให้ความกระชุ่มกระชวย

สีเย็น

คือสีที่ไม่ดึงดูดความรู้สึก ไม่สะกดตา ให้ความรู้สึกสบายตาสามารถมองได้นาน ๆ โดยไม่ระคายเคืองในตา

การเลือกสีกับผลิตภัณฑ์

นอกจากต้องการความสวยงามแล้ว สียังมีผลในการทำให้เกิดความรู้สึกในทางค่านิยม ซึ่งเป็นผลต่อการใช้ผลิตภัณฑ์อย่างมาก.

การใช้สีเพื่อการออกแบบ

การใช้สีตกแต่งภายนอกเพื่อให้เกิดความสวยงามตามลักษณะของสุนทรียภาพ และเพื่อชักจูงใจสำหรับการขายและความชอบนั้น ๆ ส่วนใหญ่มักมีการตกแต่งผลิตภัณฑ์ทุกชนิดด้วยสี การแต่งผิวเพื่อชักนำโน้มน้าวให้เกิดผลทั้งการขาย ความสะกดใจ และความหมาย ความงามทั้งหลายแล้ว โดยประโยชน์ของสีก็ยังแยกได้ประโยชน์หลายชนิด อาจมีทั้งสีกันสนิม กันน้ำ หรือต่อต้านภาวะการทำลายจากภายนอกสำหรับวัตถุหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ด้วย

แต่การที่จะตกแต่งสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด นอกจากผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องการความงามในการตกแต่งแล้ว สียัง เป็นสัญลักษณ์บอกถึง เป้าหมายสำหรับบอกการทำงานหรือเตือนในสำหรับผลิตภัณฑ์ในค่านิยมประโยชน์ใช้สอยแต่ละอย่างด้วย โดยมีการกำหนดความหมายของสีจากความรู้สึก และการกำหนดจากมาตรฐานสากล เพื่อบอกสำหรับผลิตภัณฑ์ใช้งาน ความประโยชน์ใช้สอย นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์ตกแต่งซึ่งอาจใช้สีใด ๆ ก็ได้ ตามความต้องการของผู้ออกแบบและความนิยมของตลาด แต่สำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ค่านิยมประโยชน์ใช้สอยรวมถึง เครื่องจักรต่าง ๆ ซึ่งอาจมีอันตรายหรือเตือนใจไว้ เช่น เครื่องจักรเคลื่อนที่ช้า เครื่องบรรทุกหนังสือหรือสมุด เคอร์คิวไรซ์สีเหลืองเทา หรืออาจเป็นสีเหลืองที่บริเวณส่วนท้ายหรือกันชน และสีเหลืองยังทำให้รู้สึกเบาและสะอาด รวมถึงการขอมสีที่ทาโคงาย ตัวอย่าง เช่น รถนักเรียนตามมาตรฐานสากลนั้นมักใช้สีในกลุ่มสีแสดหรือสีเหลือง เครื่องจักรทางไฟฟ้า อาจใช้กลอง เป็นสีน้ำเงิน โดยสีผิวภายใน เป็นสีแสด เพื่อเตือนถึงอันตรายหรือบริเวณที่มีกระแสไฟฟ้าสูง ก็ใช้สีสีกเตือนไว้เช่นกัน สำหรับเครื่องมือในการรักษาพยาบาล กลองหรือสิ่งแสดคงต่าง ๆ ใช้กากบาทสี เขียวบนพื้นขาว เป็นคน

มาตรฐานกับงานสีผลิตภัณฑ์

มาตรฐานสัญลักษณ์โดยสากลแล้วนิยมใช้สีทั้งสีกับ เครื่องหมาย แต่มาตรฐานสากล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วนิยมใช้สี เป็นสัญลักษณ์บอกเป็นส่วนใหญ่ โดยอาจจำกัความหมายของสีแล้วแต่หรือเฉพาะกลุ่มหนึ่งก็ได้ รวมถึงมาตรฐานส่วนใหญ่ เช่น สัญลักษณ์ของสีในการจราจร ซึ่งอาจกำหนดสัญลักษณ์ของสี เช่น การรถไฟ ตามถนน แทนความหมายต่าง ๆ เช่น

สีแดง	คือ	อันตราย หยุด
สีม่วง	คือ	หยุด
สีเหลือง	คือ	เตือน ระวัง
สีน้ำเงิน	คือ	ระวังคนทำงาน
สีเขียว	คือ	ปลอดภัย

สมาคมความปลอดภัยระหว่างชาติ กำหนดหรือใช้สีแทนสัญลักษณ์หรือความหมาย เป็นหลักสากลดังนี้

สีเหลือง	คือ	สำหรับ เครื่องยก ีระวัง (รวมทั้งสีส้ม)
สีแดง	คือ	เครื่องมือป้องกันอัคคีภัย
สีเขียว	คือ	วัตถุไม่ เป็นอันตราย สีเทา สีขาวหรือสีฟ้า ใช้ในการนี้ได้
สีน้ำเงิน	คือ	วัตถุหรือสารอันตราย เช่น ยาพิษ
สีม่วง	คือ	วัตถุมีค่า การใช้งานพิเศษมีคุณค่า

สำหรับผลิตภัณฑ์ เป็นอันตรายหรือน่าอันตราย เพื่อให้ระวังสำหรับการขนส่ง ฝ่ายบริการด้านการพาณิชย์กำหนดใช้สัญลักษณ์แสดงไว้ด้วย

ตัวหนังสือ สีแดงบนพื้นขาว คือ ยาพิษ วัตถุระเบิด วัตถุเป็นพิษ แก่สน้ำตา

ตัวหนังสือ สีดำบนพื้นเขียว คือ แก่สมีความคัน

ตัวหนังสือ สีดำบนพื้นเหลือง คือ วัตถุไวไฟ หรือวัตถุที่หาปฏิกิริยาเกี่ยวกับไฟ

ตัวหนังสือ สีดำบนพื้นขาว คือ สาร เป็นกรด

สีที่ใช้เกี่ยวกับโรงงาน (Preference By Industri)

โดยปกติโรงงานจะมีสีที่ใช้เฉพาะสะดวกแก่การตั้งชื่อผลิตภัณฑ์บางอย่างจะใส่สีเหมือนกัน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟอร์นิเจอร์สำนักงาน สีเทาแกมเขียว
 เครื่องมือ เครื่องจักร สีเทาแกมน้ำเงิน
 เครื่องมือคัทเนือ, ชั่งเนื้อ สีขาว
 เครื่องพิมพ์คัท, เครื่องอัดสำเนา, เครื่องโรเยียว สีดำหรือเทา

เมื่อใช้สีที่คู่สะอาดแล้ว ผู้ใช้ของนั้นก็พยายามทำให้สะอาดตามไปด้วย การเลือกใช้สีบางครั้งต้องพิจารณาถึงภาวะทางเศรษฐกิจด้วย ตัวอย่างเช่น สมัยเมื่อเศรษฐกิจตกต่ำรถยนต์ส่วนมากจะใช้สีดำ และสีเทา ครั้นเศรษฐกิจค่อยคืนตัวขึ้นจึงใช้สีฉูดฉาดกันใหม่

ลักษณะของสีกับการใช้งาน

สีจะช่วยให้ทัศนวิสัยแจ่มใสดุจที่สุด เมื่อนำมาใช้งานดังนี้

- สีอ่อนคัทกับสีแก่ (คาแปร เปลี่ยนของสี)
- สีสคิสกับสีสคิส
- สีอ่อนคัทกับสีสคิส
- สีอ่อนคัทกับสี เป็น

สีคัทกันเองอยู่แถวความปกติ เช่น

- สีคัทบนพื้น เหลือง
- สี เหลืองบนพื้นคัท
- สีแดงบนพื้นขาว
- สี เหลืองบนพื้นน้ำเงิน
- สีชมพูบนพื้นน้ำตาล
- สีชมพูบนพื้นคัท

สีสามารถทำให้เห็นเป็นว่า เขามาไกลหรือห่างออกไปได้ ตามปกติสีอ่อนซึ่งไค้แก่ สี เหลือง สี เหลืองนั้นคุณแล้วคล้ายกับว่าเขามาอยู่ใกล้ตัวคุณ ในเมื่อสี เป็นคือสีน้ำเงิน น้ำเงินเทา, และม่วง ถอยห่างจากคุณออกไป

สีที่เมื่อเราใช้ในเนื้อที่มาก ๆ แล้วไม่นานนั้น ถ้าใช้แต่เพียงเล็กน้อยอาจจะทำให้หน้าสนใจขึ้น และอาจเสริมความน่าดูให้แก่อื่นได้

การใช้สีเข้มจกกับสีอ่อนจกทำให้แลเห็น เคนและมีชีวิตชีวากว่าใช้สีที่มีค่าของความเข้ม หรือจาง ให้ใกล้เคียงกันมาก

สีที่มีความสทสีพอ ๆ กัน เมื่อใช้ด้วยกันจะช่วยดึงดูดความสนใจได้เร็ว มักใช้ในการออกแบบป้ายหรือภาพโฆษณา

หลักในเรื่องความเคนของสีมีอยู่ว่า ควรจะต้องมีสีชนิดหนึ่งปรากฏ เคนออกมา มากกว่า เพื่อจะเป็นสีอ่อนหรือสีเย็นก็แล้วแต่ การที่ใช้สีที่ไม่นานคอบางหนึ่งก็คือ แต่ละสีปริมาณเท่ากันไปหมด ถ้าให้ปริมาณหรือเนื้อที่ของสีเปลี่ยนไป สีที่กินเนื้อที่มากยอมเคนกว่านอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับค่าเปลี่ยนแปลงความสทสีของสีอีกด้วย

เทคนิคการใช้สี (Colour Technique)

ปัญหาเกี่ยวกับเทคนิคการใช้สีมีดังนี้

1. สีกับรูปร่าง (Colour in Relation to Form)
2. สีกับผิว (Colour and Texture)
3. สีกับวัสดุ (Colour and Material)
4. เครื่องมือในการทดสอบสี (Colour and Mechanical)
5. การกำหนดสี (Colour Apesification)

สีกับรูปร่าง (Colour and Relation Form)

สีกับรูปร่างมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด สีชนิดเดียวกันใช้กับของที่มีรูปร่างต่างกัน จะแตกต่างกัน แหงกลมหรือทรงกลมจะมีสีเข้มลูกบาศก์ เพราะสามารถสะท้อนแสงได้ทำให้จุดที่สะท้อนกับจุดที่อยู่ข้างหลังตัดกันอย่างแรง จึงทำให้สีที่อยู่ตอนหลัง เข้มกว่า

สีและผิว (Colour and Texture)

ผลิตภัณฑ์ที่มีผิวขรุขระหรือผลิตภัณฑ์ที่มีจุดหรือรูปพื้นผิว หากไม่ต้องการให้

เห็นง่ายให้ใช้สีค่านหรือสีอ่อน พวกเครื่องจักรหรือส่วนที่มีการเคลื่อนไหวไม่ควรใช้สีมัน เพราะจะทำให้ระคายคายตาทางอากาศ

การพยายามใช้วัสดุบางอย่างลอกเลียนให้เหมือนของบางอย่าง เช่น ทำพลาสติกให้เป็นลายไม้ควรหลีกเลี่ยง. จงใช้วัสดุตามความเป็นจริง

สีกับวัสดุ (Colour and Material)

วัสดุที่เกี่ยวข้องกับสีมี 5 ประเภทคือ

1. สีต่าง ๆ แลคเกอร์และเคลือบ (Plants , Lacques and Enamels) มีหลายสี
2. โลหะ (Material Colours) พวกชุบโครเมียม นิกเกิล ชุบอลูมิเนียมมีสีต่างกัน
3. พลาสติก (Plastics) มีสีต่าง ๆ มากมาย
4. เครื่องเคลือบดินเผา (Vitreous Enamel) หรือเรียกว่า Porcelain Enamel มีหลายสี ความคมให้เหมือนจริงได้ไม่ยากนัก ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ
5. แก้ว (Glass) ทำได้หลายสี

เครื่องมือทดสอบสี (Mechanical Aid)

บางครั้งการออกแบบต้องกำหนดสี ดังนั้นควรมีเครื่องมือช่วยเลือกสี เช่น คิว-อย่างสี เครื่องมือเทียบสี ฯลฯ เพื่อให้สีที่ใช่กับผลิตภัณฑ์ตรงกับความต้องการของนักออกแบบ

การกำหนดสี (Colour Specification)

การออกแบบต้องกำหนดสีและในเมื่องานเสร็จเรียบร้อยแล้ว สิ่งที่เราไม่ได้คือ การกำหนดชนิดสีที่ต้องการบนแผ่นสี เหลี่ยมเล็ก เป็นสีตัวอย่าง บางครั้งนักออกแบบต้องติดตามควบคุมการใช้สีในการผลิตครั้งแรก เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการ

ความสัมพันธ์ของสีต่อคุณลักษณะ

1. ขนาด (Size)
 - 1.1 สีอ่อน (Light Value) ทำให้คุณลักษณะที่ดูใหญ่ขึ้น
 - 1.2 สีเข้ม (Dark Value) ทำให้คุณลักษณะที่ดูเล็กลง
2. น้ำหนัก (Weight)
 - 2.1 สีอ่อนและสีร้อน (Warm Colour) ทำให้คุณลักษณะที่ดูเบา
 - 2.2 สีเข้มและสีเย็น (Cool Colour) ทำให้คุณลักษณะที่ดูหนัก
3. อุณหภูมิ (Temperature)
 - 3.1 สีร้อน ในความรู้สึกอบอุ่น ไม่สบายใจ
 - 3.2 สีเย็น ในความรู้สึกสดชื่น เย็นสบายใจ
4. ความแข็งแรง (Strength)
 - 4.1 สีร้อน ทำให้ความรู้สึกแข็งแรงมาก
 - 4.2 สีเย็น ทำให้ความรู้สึกแข็งแรงน้อย
5. ความสะอาด (Cleanliness)
 - 5.1 สีขาว เป็นสีที่ให้ความรู้สึกสะอาดที่สุด
 - 5.2 สีอ่อน เช่น สีงาช้าง (Ivory) สีเหลืองอ่อน (Pale Warm Yellow) สีฟ้าอ่อน (Pale Blue) สีเขียวอ่อน (Pale Green) ให้ความรู้สึกนุ่มนวล, สะอาดตา, ถูกลักษณะ
6. ความภูมิฐาน (Dignity)

สีเทา เป็นสีที่ให้ความรู้สึกภูมิฐานที่สุด (อาจมีสีร้อนเน้นนิดหน่อย ตามปกติสีที่ใช้ในสำนักงานจะใช่สีเทาแกมเขียว (Grayed Olvi Green) และสีเทาแกมน้ำเงิน (Mcialized))

คุณลักษณะของสี

สีมีคุณลักษณะต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

- Hue - คือ ทั่วสีของแต่ละสี (เป็นเนื้อแท้ของสี) เช่น สีแดง สีเขียว
- Value - คือ ความเข้มของสี ถ้าความเข้มน้อยก็เป็นสีอ่อน ถ้าความเข้มมากก็เป็นสีแก่ เช่น สีแดงเข้ม สีเขียวอ่อน
- Chroma - คือ ความแรงของสี เช่น สีแดงสด
- Tint - คือ พริกสีจาง หรือสีที่ผสมสีขาวลงไปทั่วไปให้อ่อนลง
- Shade - คือ พริกสีเข้มหนัก เป็นสีที่ผสมสีอื่นให้คล้ำลง
- Complement - คือ สีที่อยู่ตรงกันข้ามกัน เช่น แดง เขียว

การเปรียบเทียบการสะท้อนแสงของสีต่าง ๆ

แสงสว่าง เป็นสิ่งจำเป็นมาก ซึ่งแสงสว่างธรรมชาติจะช่วยให้การส่องสว่าง 20% ของพื้นที่ห้อง แต่ก็คงอาศัยแสงประดิษฐ์ควยดั่งนั้นห้องจึงไม่ควรกว้างเกิน 2 เท่าของความสูง จึงจะรับแสงสว่างได้เพียงพอ และผนังภายใน การใช้สีเย็นจะช่วยให้อุณหภูมิห้องเย็นขึ้น

- สีแก่ - เข้ม คุกแสงสว่างทุกให้องอบความร้อนมาก
- สีอ่อน - เบา สะท้อนแสงสว่าง

ตารางแสดงการสะท้อนของแสง

สี	สะท้อนแสงไครอยลละ	สี	สะท้อนแสงไครอยลละ
ขาว	80 - 90	ฟ้า	35.50
งาช้าง	70 - 80	เขียวอ่อน	25 - 50
ครีม	65 - 75	เขียวแก่	15 - 25
ชมพูอมม่วง	60 - 65	เขียวหยก	41.0
ชมพู	40 - 70	น้ำเงินแก่	10 - 20
เนื้อ	56.0	น้ำเงินอ่อน	45.5

สี	สะท้อนแสงไครอยละ	สี	สะท้อนแสงไครอยละ
เหลือง	65.0	น้ำตาล	8 - 12
เหลืองอมน้ำตาล	55 - 65	แดง	15.25
เทา	35 - 50	แดงเข้ม	7.0
เทาอ่อน	53 - 60	ดำ	2 - 5

อิทธิพลของสีที่มีต่อความรู้สึก

อันที่จริงแล้ว อิทธิพลของสีที่กระทบจิตใจของเราจะรู้สึกไม่เหมือนกันทุกคน ทั้งนี้เพราะบางคนพอใจอีกสีหนึ่งในขณะที่อีกคนหนึ่งชอบสีที่เราเกลียด ขอ้ออาจเป็นผลมาจากเหตุต่าง ๆ กัน เช่น คนที่เคยประสบไฟไหม้มาแล้ว จะฝังจิตฝังใจแต่นั้นมา จนทนสีแดงไม่ได้ หรือบางคนได้รับความประทับใจจากธรรมชาติ และชอบสีเขียวมากกว่าสีใด ๆ ซึ่งแต่ละคนจะมีความชอบแตกต่างกันออกไป เพราะฉะนั้นจะต้องทราบถึงความพอใจในสีของเจ้าของ และบุคคลต่าง ๆ ควบคู่กับความรู้ในเรื่องของสีของผู้ออกแบบเองด้วย

ต่อไปนี้เป็นลักษณะของสีที่เกี่ยวกับความรู้สึก โดยแบ่งออกเป็นสกุลใหญ่ ๆ คือ

- สีแดง จักอยู่ในพวกสีร้อน ไม่เพียงแต่ให้ความรู้สึกเราใจ ในทางโรงงาน ถือว่าเป็นสีที่เกี่ยวกับอันตราย เป็นสีของห้าม การระมัดระวัง การใช้สีพวกสีแดง เพียงเล็กน้อยอาจทำให้ผลิตภัณฑ์เด่นขึ้นมาได้ แคลาไซมากเกินไปและใช้สีสดก็จะมีผลทางจิตวิทยาได้เช่นกัน คือเป็นภัยทางจิตวิทยา เช่น ทำให้อุณหภูมิความรู้สึกและทำลายได้ แมวจะชอบยานุกองและอย่างเด็กน้อยก็คามาที่ เช่น ไฟแดงในห้องอัครูป

สรุปแล้ว สีแดง ให้ความรู้สึกมั่นคงสมบูรณ์, ความสวย, ความสุข, ความหวาน, ความอบอุ่น, เราใจ

- สีส้ม เป็นสีสดใสมองเห็นได้แต่ไกล แสดงความรู้สึกเตือนอยู่ตลอดเวลา เมื่อใช้กับพวกผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดความรู้สึกสะอาดดูเบาขึ้น

- สีเหลือง เป็นสีที่อยู่ใต้อันตราย คือ สามารถเป็นไคทั้งสีร้อนและสีเย็น แต่ขึ้นอยู่กับความเข้มและแข็งแรง (Chrome) ของสี สีเหลืองโดยทั่วไปทำให้

เกิดความสดชื่น ร่าเริง สดใส สีเหลืองอ่อนทำให้เกิดความรู้สึกสะอาด มีความสว่าง แต่ถ้ามีความเข้มของสีมากเกินไปจะทำให้หมอง เกิดความหงุดหงิดใจ สีเหลืองที่ไล่ไปทางสีส้มจะคล้ายกับของเล่นทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ และคล้ายกับของเทียม

สีเหลือง เนย (Butter Yellow) ทำให้จิตใจที่ทึบสว่างขึ้น

สีเขียวเหลือง (Yellow Green) ช่วยในเรื่องเกี่ยวกับ
 ความอ่อนโยน อ่างไรก็ตาม สีเหลืองทำให้คุณปรองดอง แต่ถา brake สีดำ
 เล็กน้อยก็จะทำให้ช่วยไคบางและขึ้นอยกับวิศกที่ไซควย

สรุป สีเหลืองให้ความรู้สึกเปรี้ยว ร่าเริง ตีใจ มีอำนาจความมั่งคั่ง

- สีม่วง เป็นสีที่อยู่ไคทั้ง 2 วรรณะ เหมือนกับสีเหลือง โดยทั่วไปให้ความ
 รู้สึกเศร้า ทำใหวง บางครั้งอาจแสดงว่าเป็นสีแห่งความเศร้า ลึกลับ แต่สีม่วงก็มีลักษณะ
 ของความสง่างาม ทำให้มีค่า เช่น สีม่วงอ่อน

สรุป สีม่วงให้ความรู้สึกเศร้า ว่าง ลึกลับ สง่างาม มีค่า

- สีน้ำเงิน (Blue) จัดอยู่ในพวกสีเย็น สีน้ำเงินเข้มทำให้เกิด
 ความรู้สึก สงบ ลึกลับ ทำให้เกิดสมาธิ เป็นสีที่บอกถึงความสุภาพ ลมทน เยือกเย็น ความ
 หนักแน่น สีน้ำเงินอ่อน เช่น สีน้ำทะเล หรือฟ้า จะมีความสดใสถอมเขียวเล็กน้อย สามารถ
 ให้ความรู้สึกตื่นเตนไค เช่น แสงของโอบอล การแนบทางของนกยง เป็นสีซึ่งมีเสน่ห์งดงาม

- สีเขียว ให้ความรู้สึกสดชื่น กระชุ่มกระชวย ไซพักสายตาไค สีใบไม้ หรือ
 สีเขียวเข้ม ไซไคในการ เน้นสวนพันหรือฐาน แสดงความสงบเสงี่ยม แสดงความมีฐานันดรศักดิ์

- สีน้ำตาล จัดอยู่ในพวกสีอุ่น เป็นสีให้ความรู้สึกแห้งแล้ง ไม่ให้ความพักผ่อน
 ถ้าไซไคโดยเดี่ยวจะทำใหงาน เกิดความรู้สึกสลดหดหู่ใจ

- สีเทา ให้ความรู้สึกภูมิฐาน เกรงขิม สุภาพเรียบร้อย เป็นคู่ที่ไซไคไคในเนื้อ
 ที่กว้าง ๆ ลดความจาของสีขาวและความลึกลับของสีดำ สามารถไซไคเป็นสีกลางไคทุกสี เพราะ
 สามารถทำให้เกิดความกลมกลืนระหว่างสีอื่น ๆ คุสบายตา

- สีขาว ให้ความรู้สึกสะอาดบริสุทธิ์ ถ้าไซไคไคเดี่ยวให้ความรู้สึกเย็นสามารถ
 ไซไคเป็นสีของฐานหรือสวนที่อยู่ต่ำกว่าเพื่อเน้นให้เด่น

สิ่งที่กล่าวมานี้เป็นสีที่ความงามที่เราตกแต่งลงบนผิววัสดุแต่ยังมีสีที่ควรรู้อีก นั่นคือสีของวัสดุต่าง ๆ ในการให้ความรู้สึกของมันอีกมาก เช่น สีของอลูมิเนียม จะออกเป็น สีเทา สำหรับสีเทา ชาว และ คำ จะจัดเป็นสีที่เราเรียกว่า " สีเอกรงค์ " ไม่ควรใช้รวมกันระหว่างแม่สี (สีเหลือง แดง น้ำเงิน)

สีสำหรับผลิตภัณฑ์ไม้จำเป็นต้องคำนึงถึงการกำหนดสีเทาไร้นักเพราะ เป็นข้อกำหนดการใช้สีแทนสัญลักษณ์ สิ่งที่ต้องคำนึงและควรระวังในการใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ คือ การเปลี่ยนแปลงของสีภายใต้แสงไฟต่าง ๆ ซึ่งจะเกิดผลต่อผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก จากตารางการสะท้อนแสงของสี เราจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีต่าง ๆ ภายใต้จุดกำเนิดแสงซึ่งสามารถทำให้เราทราบถึงลักษณะของสีที่เราต้องการได้

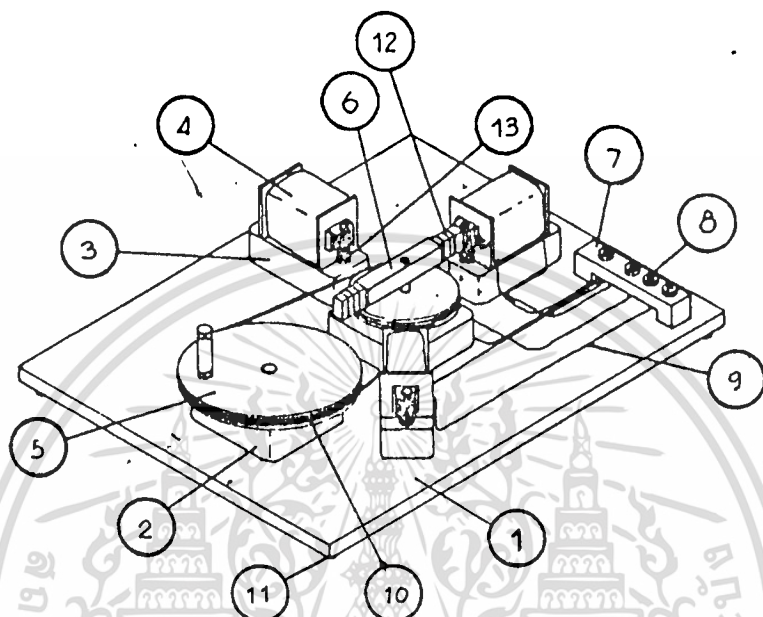



แบบ WORKING DRAWING

ของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของ สสวท.

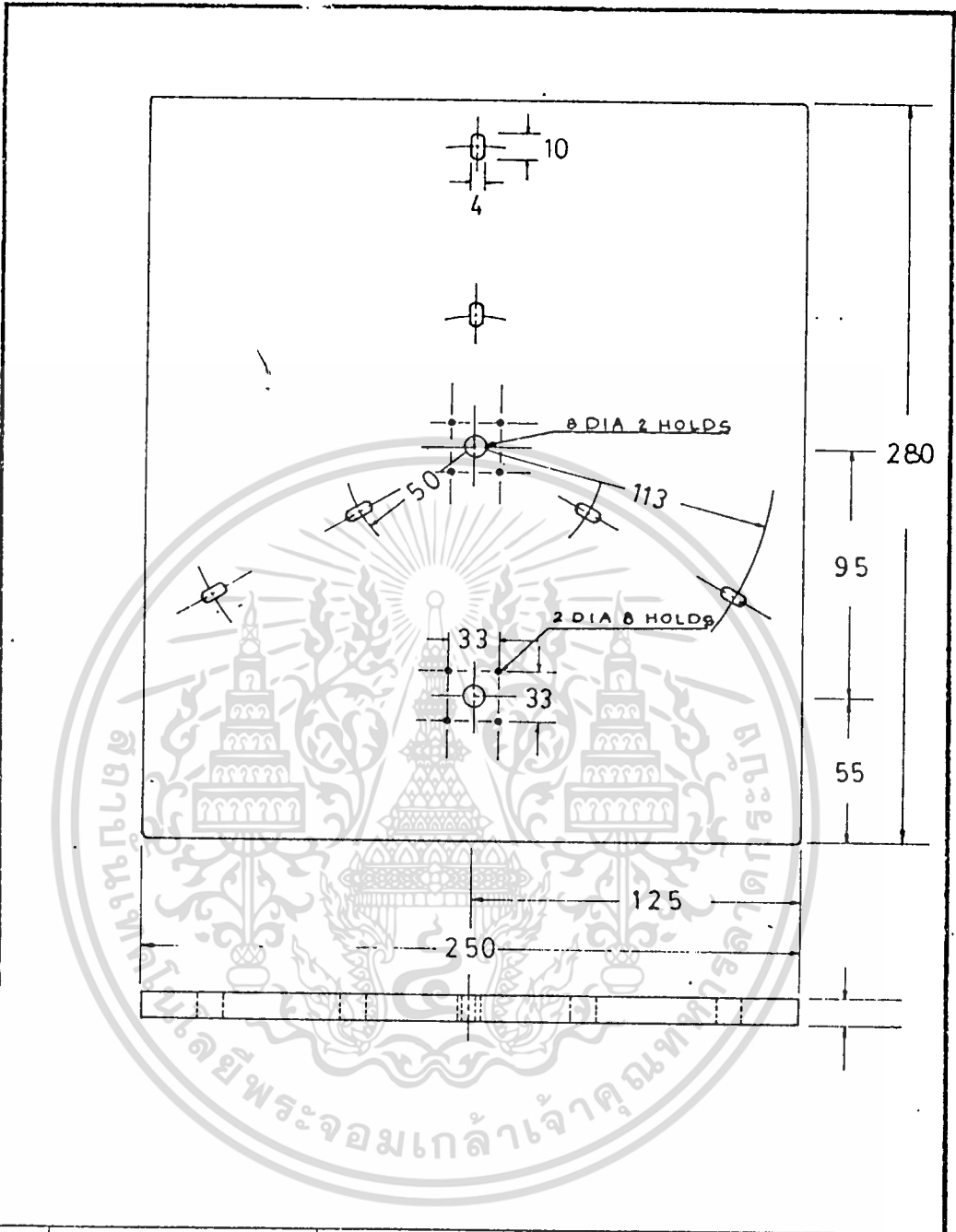



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



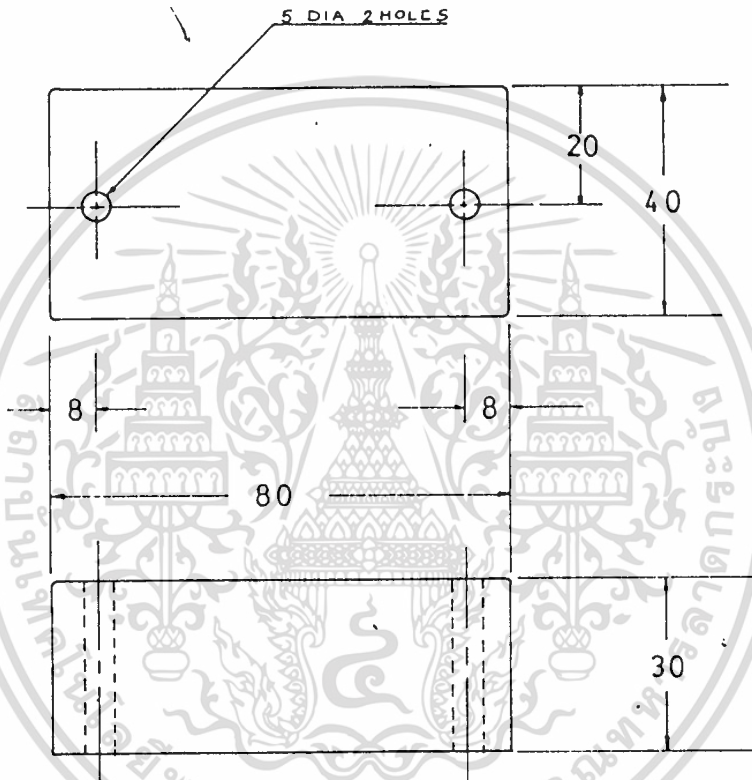
13	แหวน M 5	ใส่แหวนจ้งละ 10 ชิ้น			11C
12	แม่เหล็กถาวร	12 x 15 x 5	เหล็ก		8
11	ยางรองฐาน	1/2"	ยาง		4
10	O RING	Ø13 CM.	ยาง		1
9	สายไฟสี่เกลียวแฉะ-ดำ	ยาว 300 มม.	แฉะ 3 เส้น ดำ 1 เส้น		6
8	เกียร์มีน้อน	แฉะ 3 ชิ้น ดำ 1 ชิ้น			4
7	ฐานเกียร์มีน้อน	20 x 90 x 20	ไม้ขัดบ/บ		1
6	แกนยึดแม่เหล็ก	ยาว 1 เมตร			1
5	ชุดมีน้อน				1
4	อะเมเจอร์				3
3	ฐานอะเมเจอร์	40 x 80 x 30			3
2	ฐานชุดมีน้อนและฐานชุดแม่เหล็ก		ไม้ขัดบ/บ 10 มม.		2
1	ฐาน	250 x 280 x 10	ไม้ขัดบ/บ 10 มม.		1
ปีที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	ผู้ตรวจ			 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ.					
ผู้ออกแบบ					
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสี่เฟส			หมายเลขแบบ	จำนวน
				AGR 32	


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



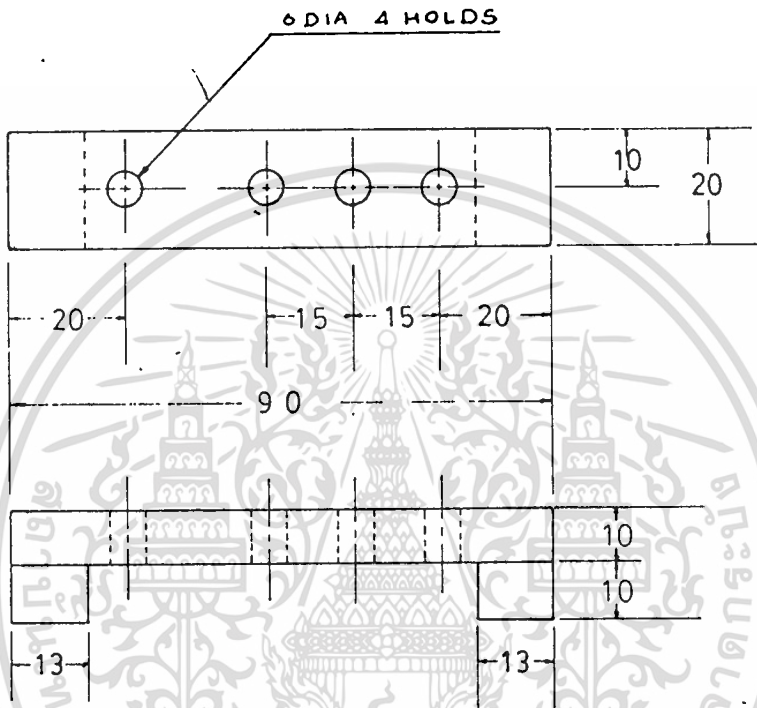
1	ฐาน	250x280x10	ไม้วัลทย/ย		1
วันที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ.					
ผู้อนุมัติ					
มาตราส่วน	บอขึ้นงาน			หมายเลขแบบ	
1:2				AGR32-1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



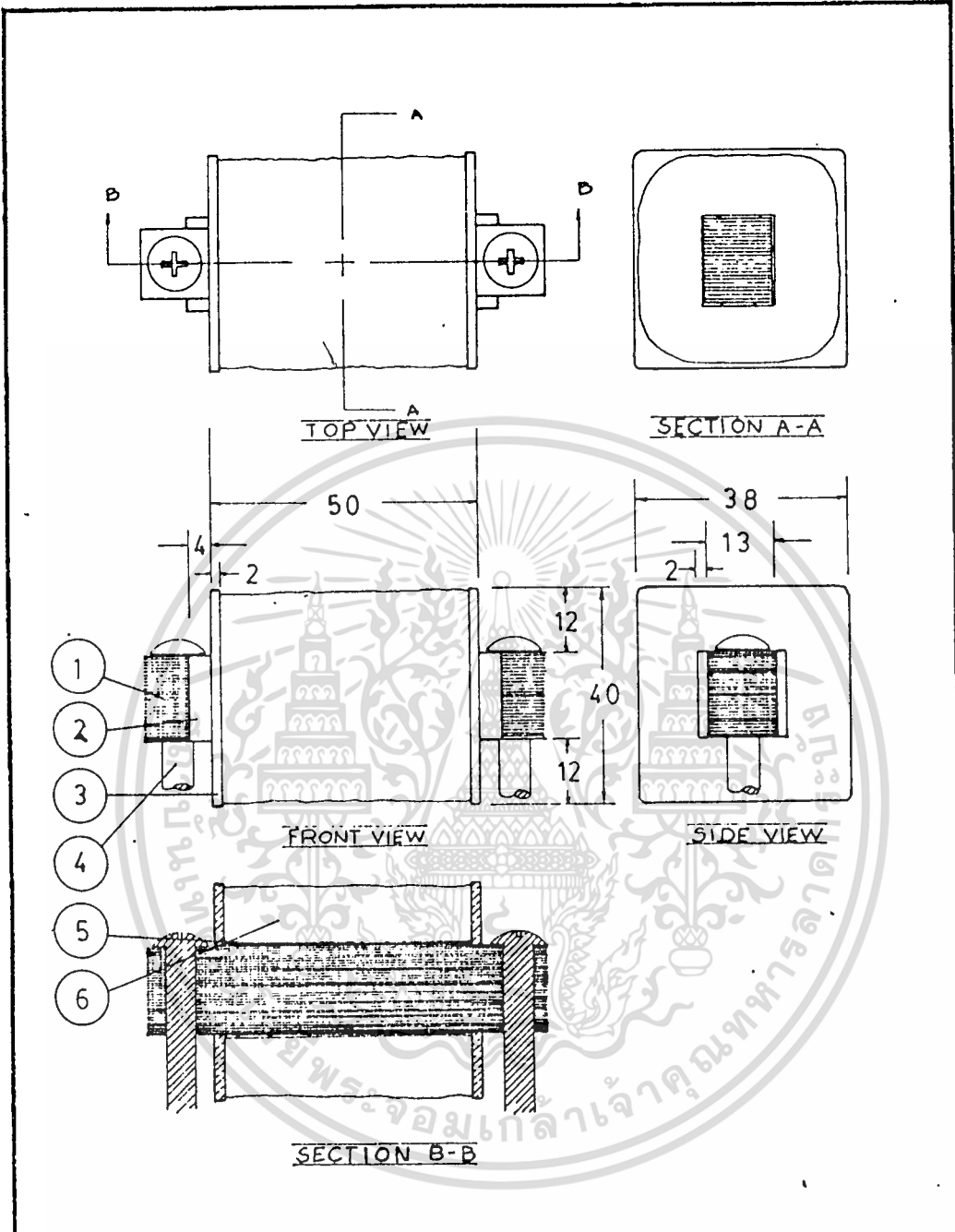
3	ฐานรองอาเมเซอร์	40 X 80 X 30	ไม้ฉลิม/บ 10 มม.	3	
หมู่	งานช่าง	หมวดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	ขนาด
ผู้เขียน				 สถาบันตั้งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ.					
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐาน	นิตยภัณฑ์			หมายเลขแบบ	
1:1				AGR32 - 3	


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



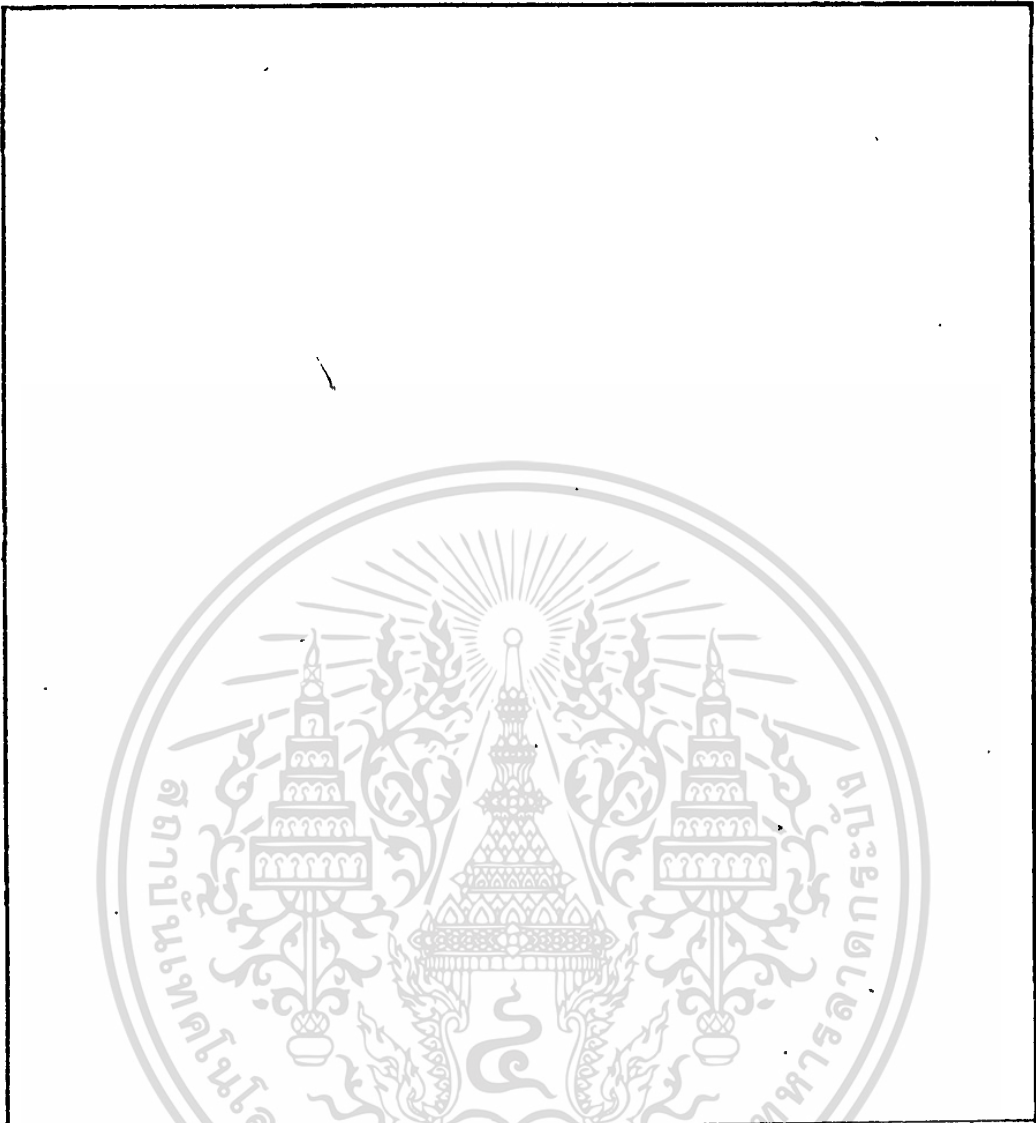
หมายเหตุ จัดผิวเรียบผิวด้าน


7	ฐานเทอร์มินอล	20×10×20	ไม้อัดบ/ย 10 มม.	1	
บันทึก	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ					
ผู้ออกแบบ					
มาตราส่วน	เขียนขนาด			หมายเลขแบบ	
1:1				AGR 32 - 7	



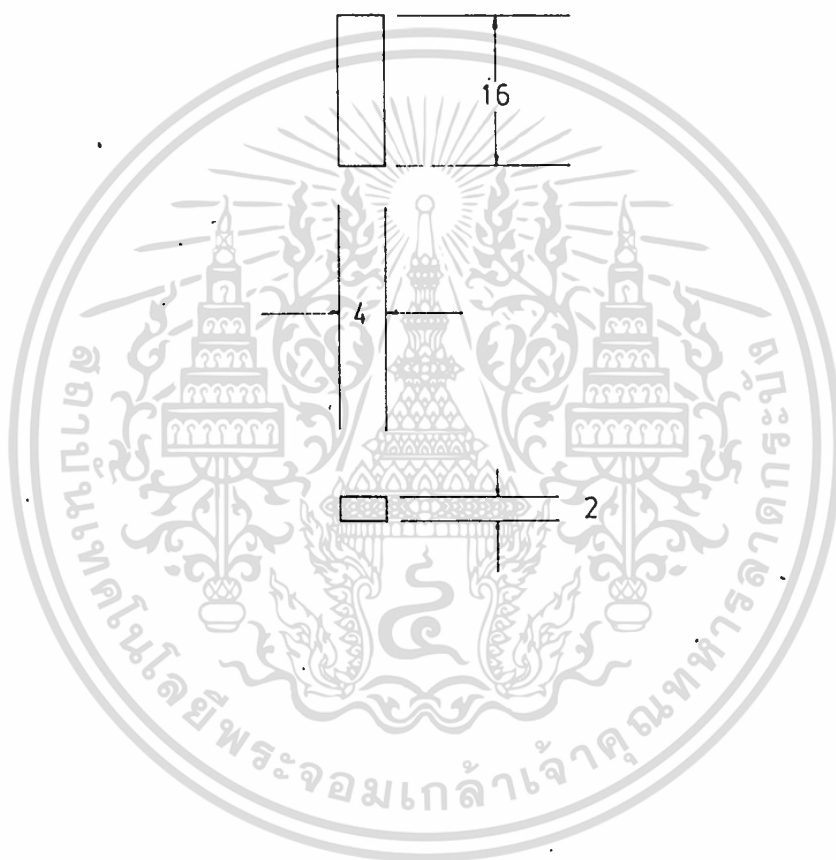
4	ชามะเขोज	เส้น 2200 รอบ			3
ปีที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน			 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี		
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ.					
ผู้ออกแบบ					
มาตราส่วน	บอขึ้นบาน		หมายเลขแบบ		
1:1			AGR32-4		


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



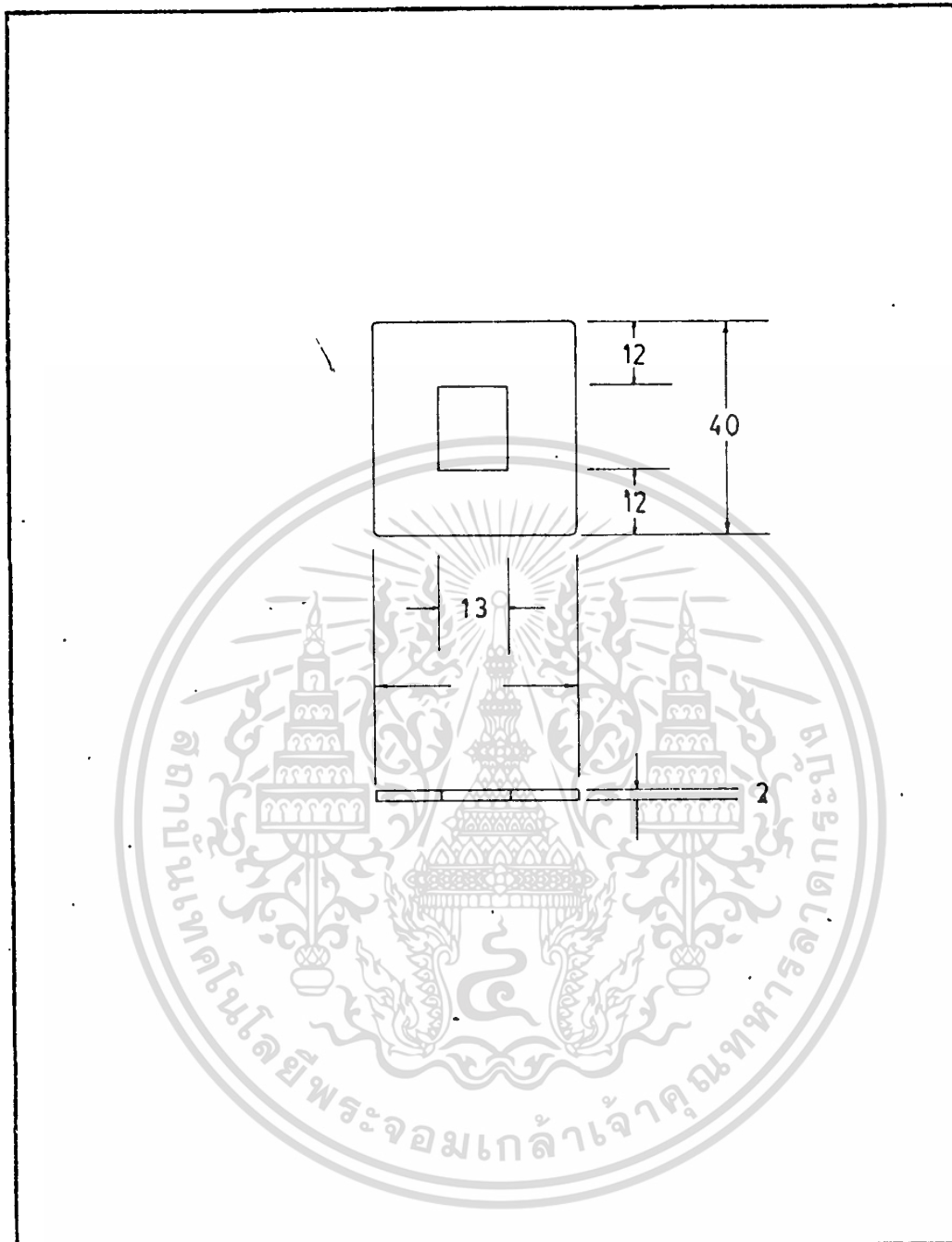
6	ขดลวดทองแดง	#20 จำนวน 22005รอบ	ขนาดทองแดง		
5	SCOTCH TAPE	แผ่นเชื่อมหม้อแปลงเหล็กอ่อนรูปตัว I			
4	NUT & SCREW	M4 X 80 มม.	เหล็ก		6
3	FRAME	38 X 40 X 2	PVC		6
2	ขาขีด FRAME	4 X 16 X 2	PVC		12
1	แผ่นเหล็กอ่อนรูปตัว I		เหล็ก		126
บันทึก	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน			 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี		
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ.					
ผู้อนุมัติแบบ					
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน		หมายเลขแบบ	AGR32 - 4	


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



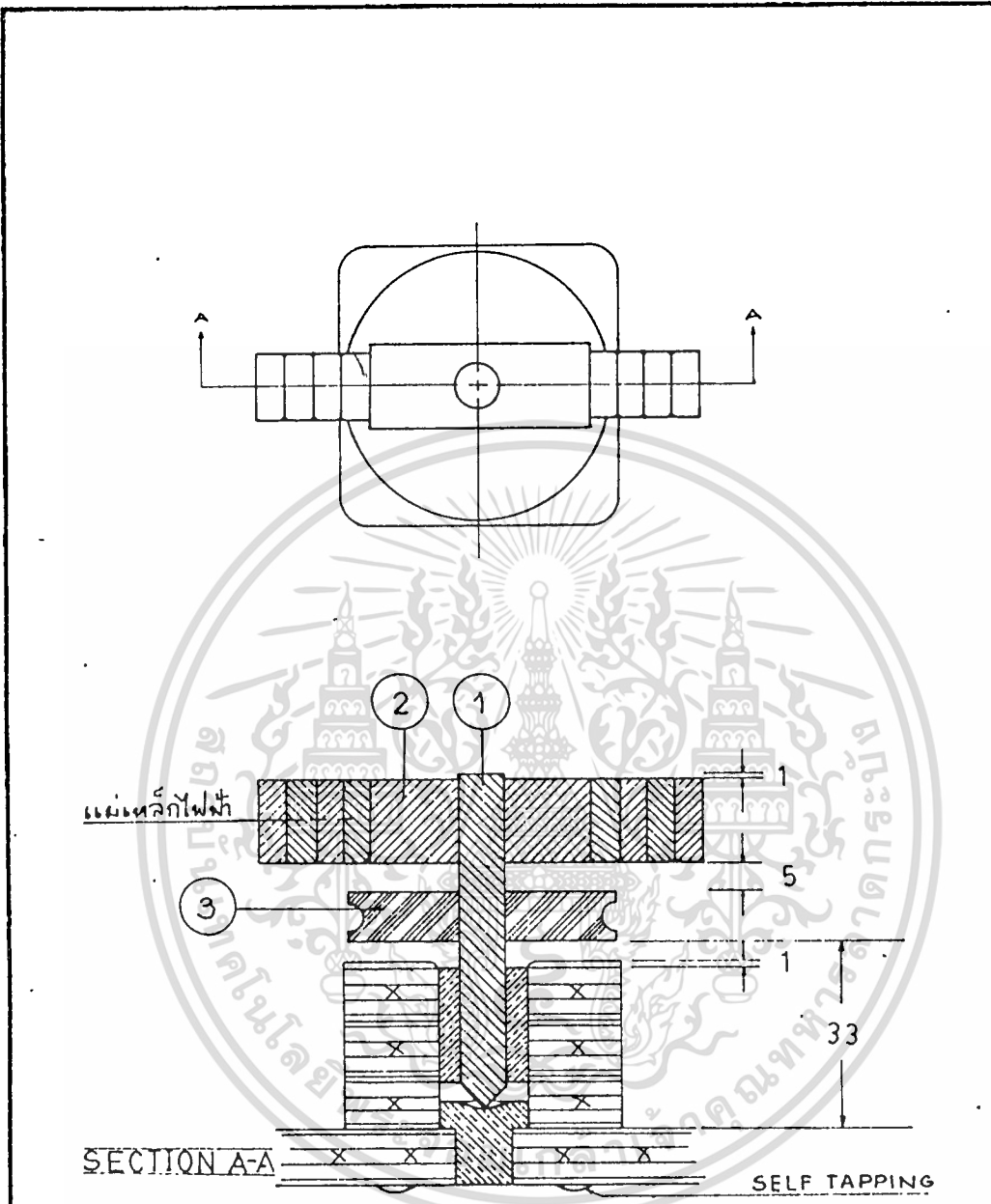
2	ป้ายัดFRAME	4 X 16 X 2	PVC		12
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ.					
ผู้ออกแบบ					
มาตราส่วน	ชื่อนักงาน			หมายเลขแบบ	
2:1				AGR32-4-1	


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



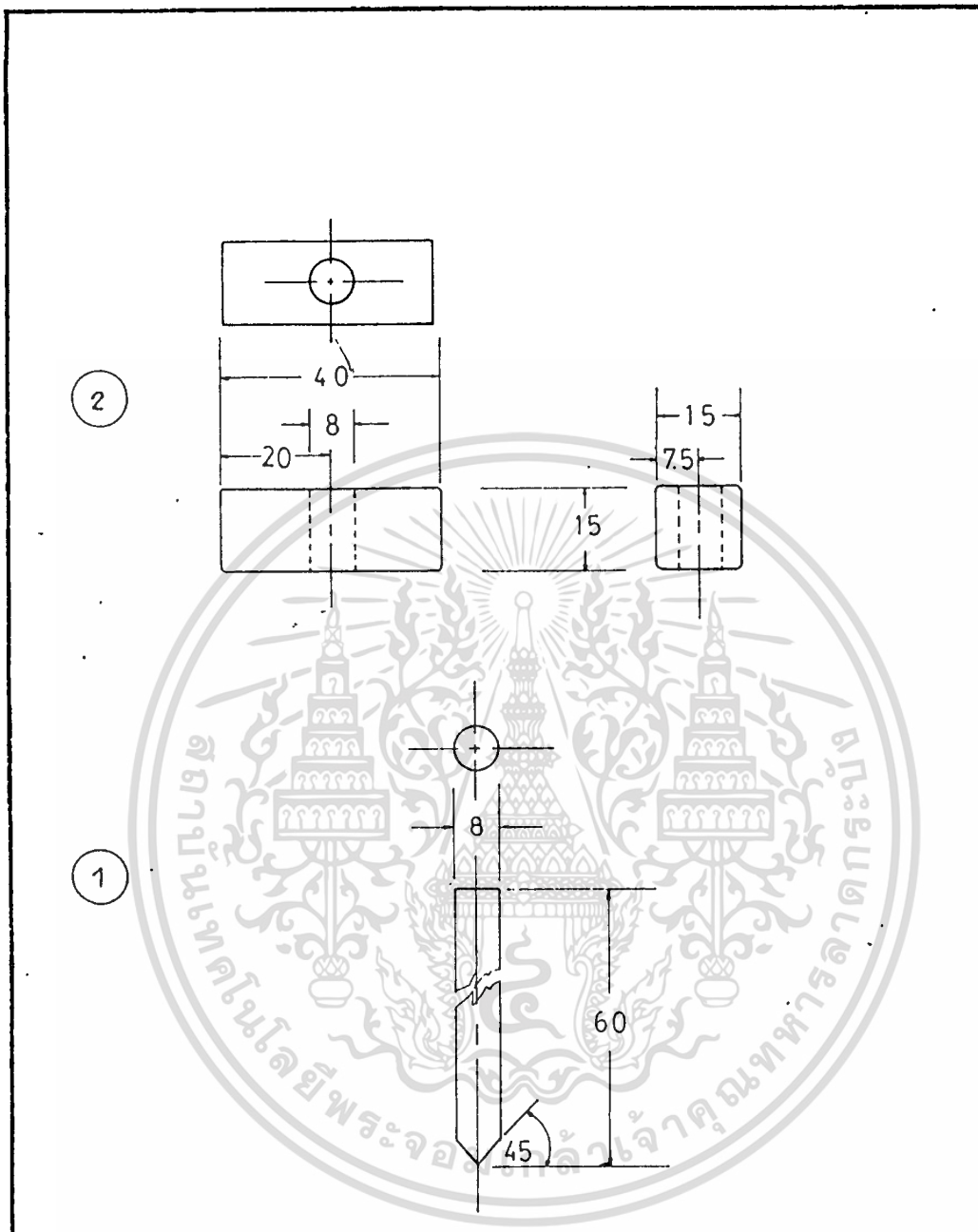
3	FRAME	38 X 40 X 2	PVC		6
แบบที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ น.บ.					
ผู้ยกาแบบ					
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน		หมายเลขแบบ AGR 32 - 4 - 2		
1:1					


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



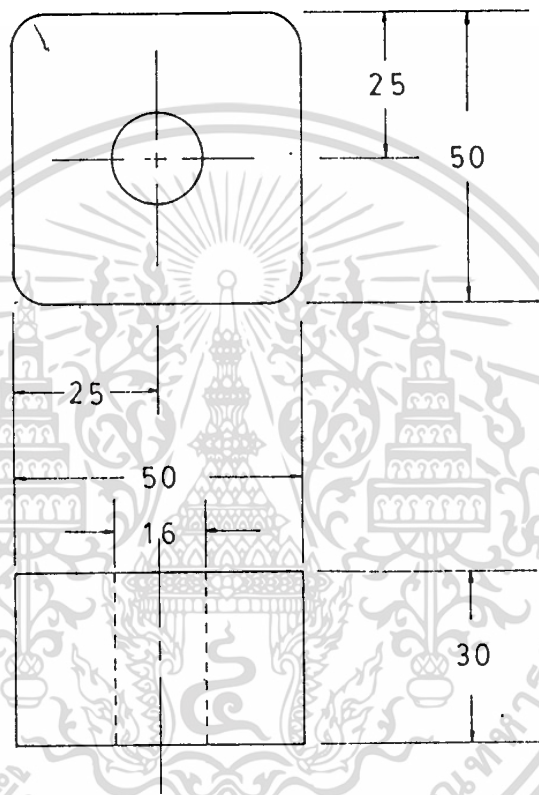
3	PULLEY	Ø 40 x Ø 160 มม.	พ.ม. PVC		1
2	แกนขัดแม่เหล็ก	10 x 40 x 15 มม.	เหล็ก		1
1	แกนหมุน	Ø 8 ยาว 60 มม.	เหล็ก		1
เป็นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ					
ผู้ยกแบบ					
ภาคทาสวน	บ่อขึ้นบาน			หมายเลขแบบ	AGR32 - 6
1:1					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




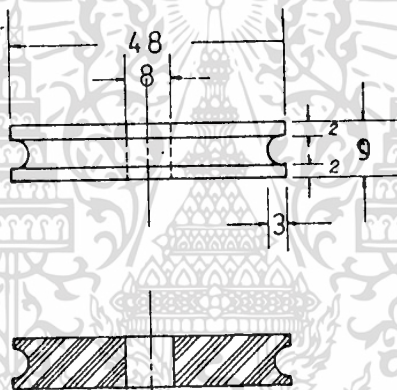
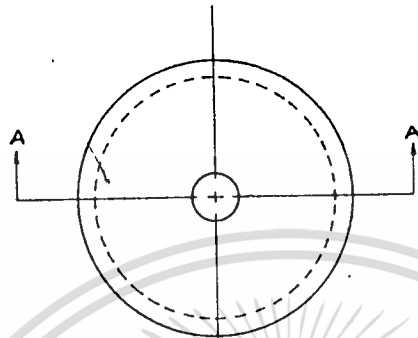
1	เกาหกเหลี่ยม	∅8 ยาว 60 มม.	เหล็ก		1
2	เกาหยัดแม่เหล็ก	15 x 60 x 15 มม.	เหล็ก		1
บันทึก	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเหตุแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ.					
ผู้พิมพ์แบบ					
มาตราส่วน	บ่อนับงาน		หมายเลขแบบ		
1:1			AGR32-6-1		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ทศยเหตุ ความหนาใช้ไม้ขัด/บ 10 มม. ปรอทบ 3 ไร่ จัดผิวเรียบพ่นสี

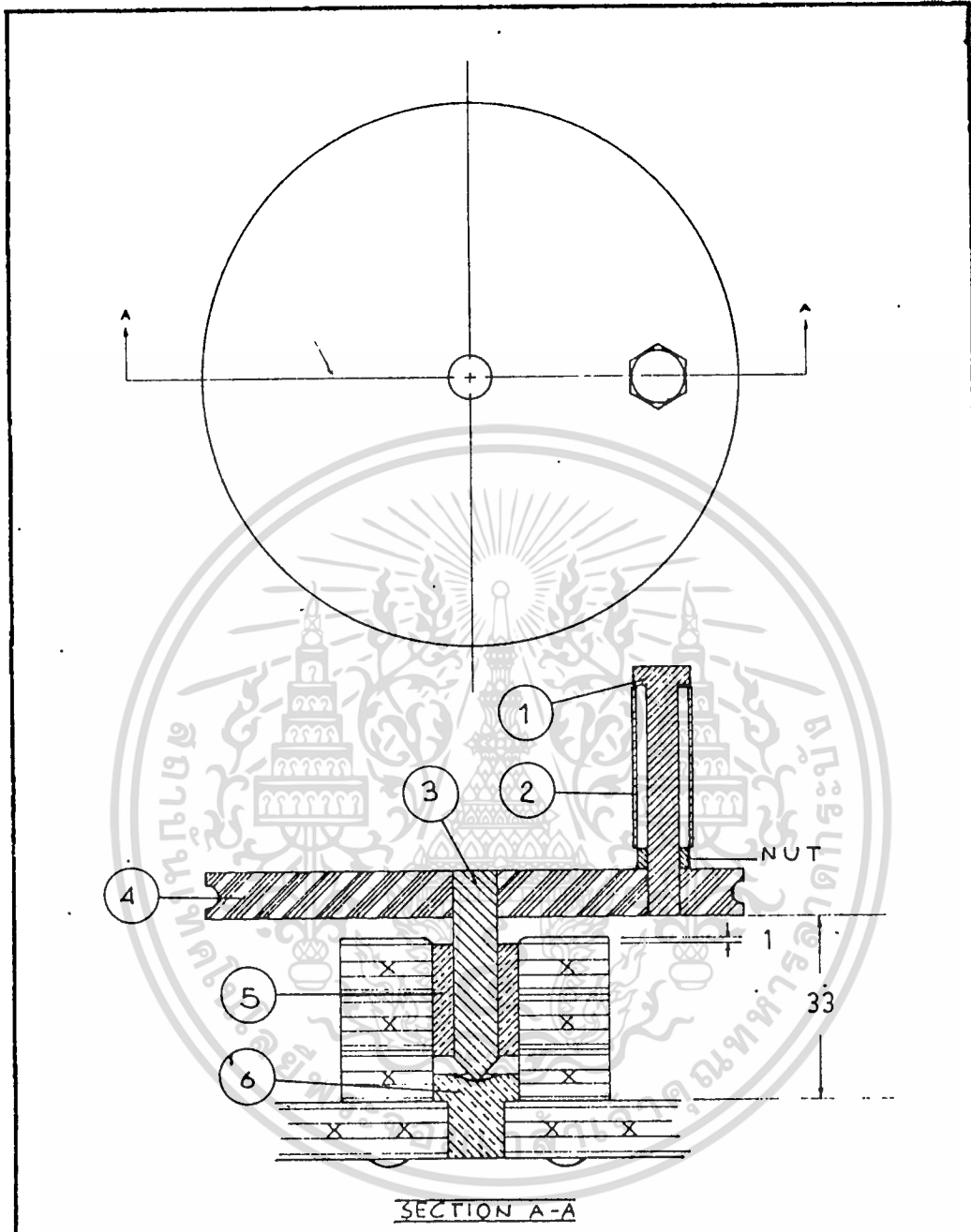
2	ฐานรถ มีจุดมุม เหนือจุดแกน หน้าไม้เหล็ก	50 x 50 x 50	ไม้ขัด/บ 10 มม.		2
ชื่อ	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ.					
ผู้ออกแบบ					
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน			หมายเลขแบบ	
1:1				AGR32 - 2	




SECTION A-A

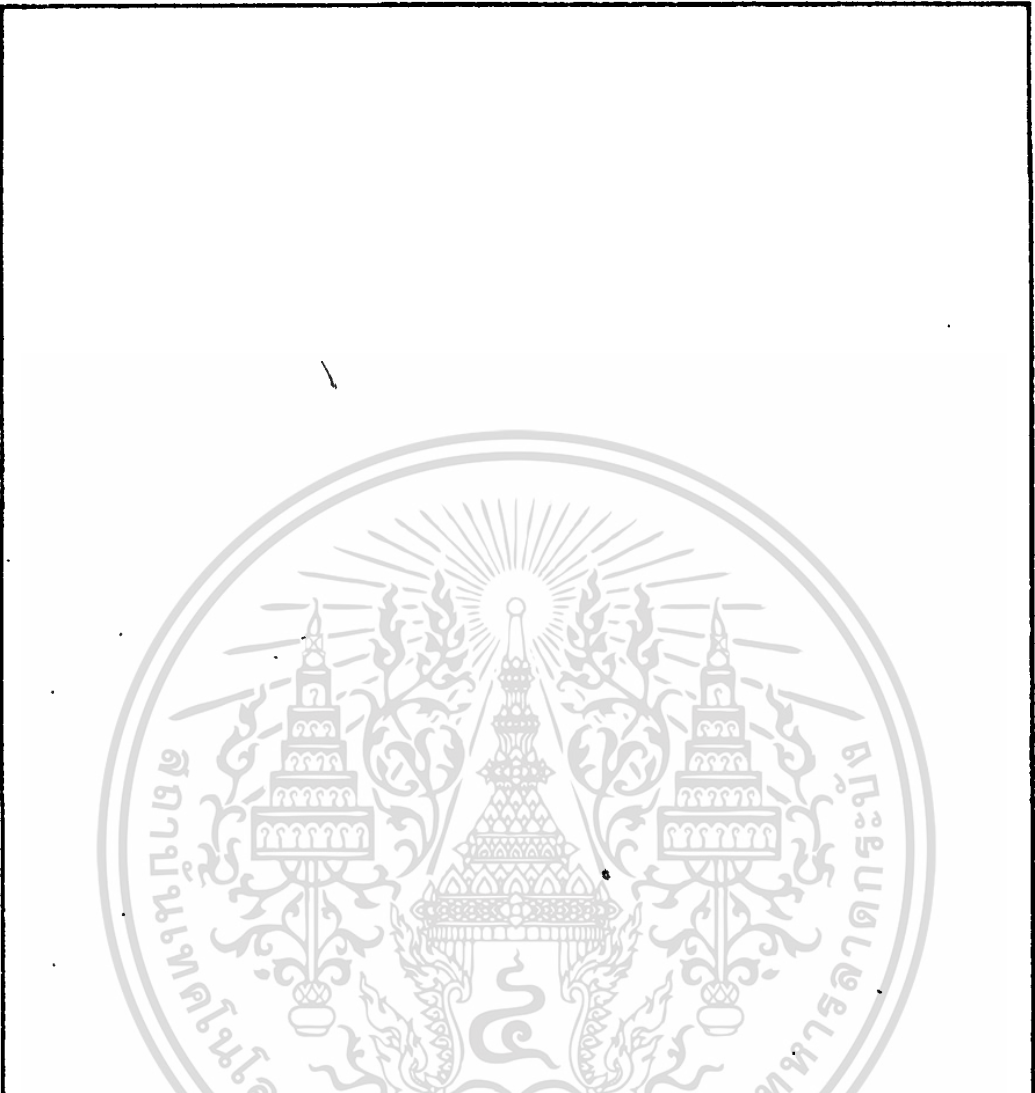
3	PULLEY	∅ 48 44 มม.	PVC		1
วันที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ.					
ผู้ออกแบบ					
ภาคเรียน	ชื่อชิ้นงาน			หมายเลขแบบ	
1 : 1				AGR32 - 6-2	


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



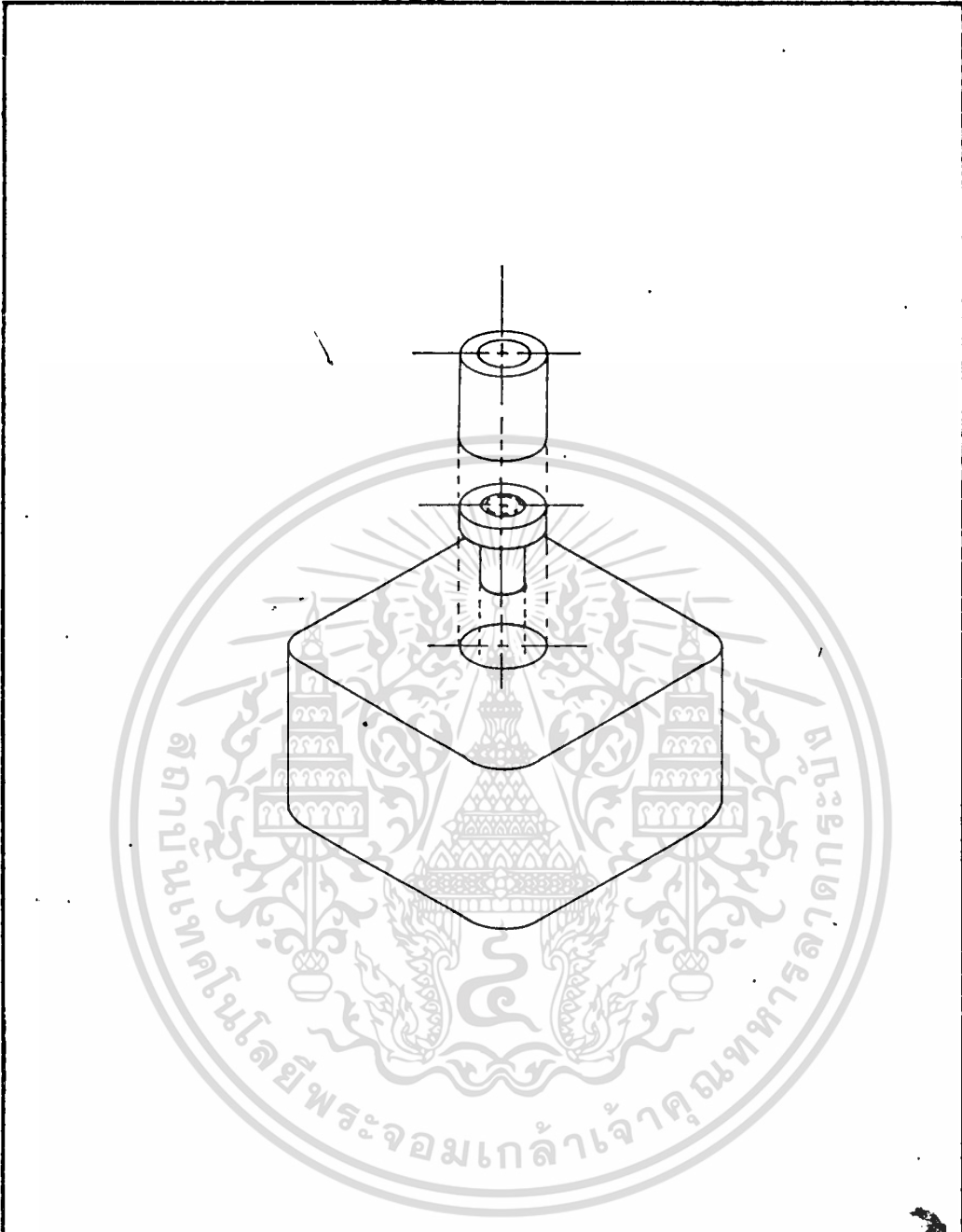
5	ชุดมือหมุน				1
ชื่อ	อาจารย์	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ผ.ศ.					
ผู้จัดทำแบบ					
ภาคทวิสาม	มือหมุนงาน			หมายเลขแบบ	
1:1				AGR 32-5	


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



7	SELF TAPING	M 6 x 1"	เหล็ก		4
6	BUSH รั้วแกนหมุน	Ø 16 , 10 ยาว 15 มม.	ทองเหลือง		2
5	BUSH	Øนอก 16 ใน 8 ยาว 20 มม.	ทองเหลือง		2
4	PULLEY	Ø 100 หน้า 10 มม.	PVC		1
3	แกนหมุน	Ø 6 ยาว 40	เหล็ก		1
2	มือหมุน	Øนอก 11 Ø7 ยาว 28	PVC		1
1	แกนเลื่อนขุม	สกรู M 6 x 50	เหล็ก		1
ชื่อแก้ไข	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.ช					
ผู้ออกแบบ					
ภาควิชา	มือเขียน			หมายเลขแบบ	
				AGR32-5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

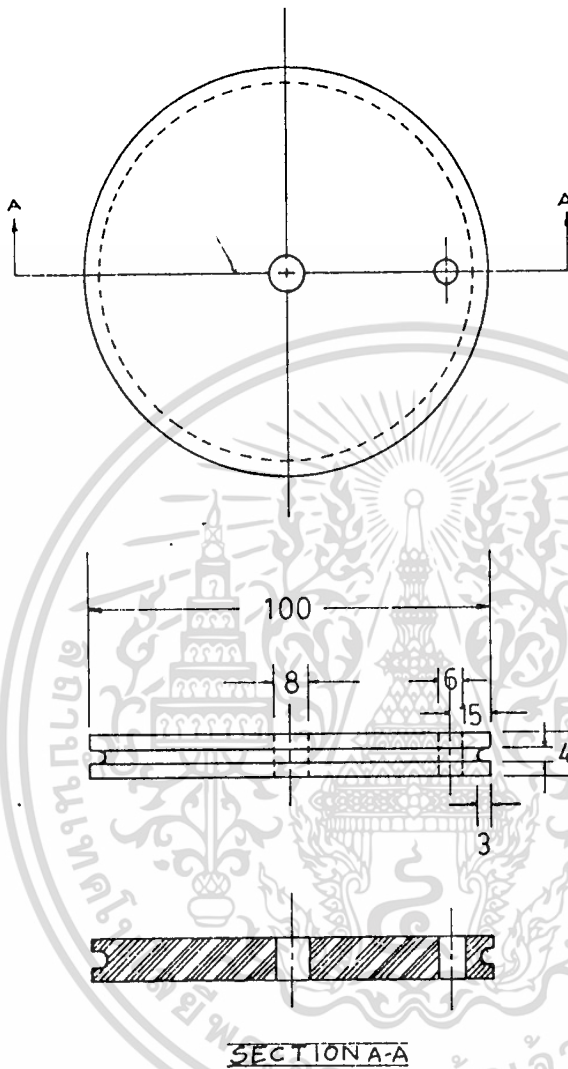



2	รามธาตุทองแดง และ ฐาน ขัดไม้เนื้อดี	50 x 50 x 30	ไฟวัด ๒/๒ 10 มม.	2	
บันทึก	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน			 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี		
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ.					
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ		AGR32-2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

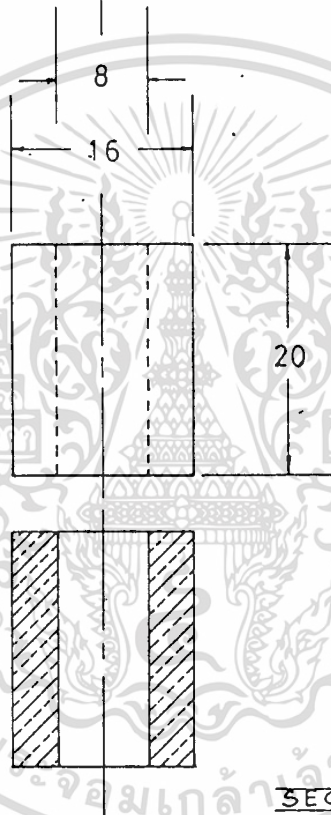
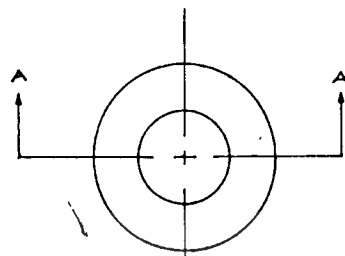
3	แกนหมอน	๑๐ บาว ๕๐ มม.	เหล็ก		1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ดูยึด				สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ บ.บ					
ผู้ควบคุมแบบ					
ภาคตรวจสอบ	ชื่อชิ้นงาน			หมายเลขแบบ	
1:1				AGR 32-5-1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



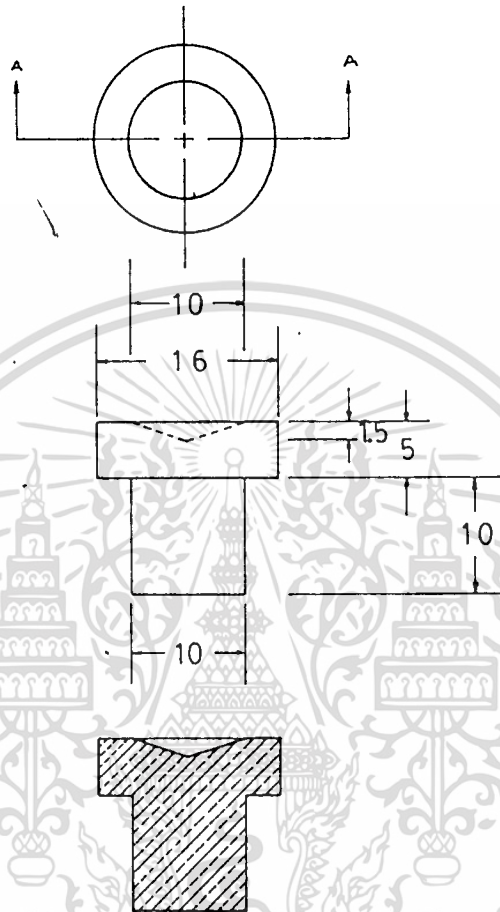
A	PULLEY	φ นอก 100 φ ใน 8 ทน 10 มม.	PVC	1
นี้	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ
ผู้เขียน			 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	จำนวน
ผู้ตรวจ				
ผู้ตรวจ ม.บ.				
ผู้ยกแบบ				
มาตราส่วน	ชื่อนักเรียน	หมายเลขแบบ		
3:4		AGR32-5-2		


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



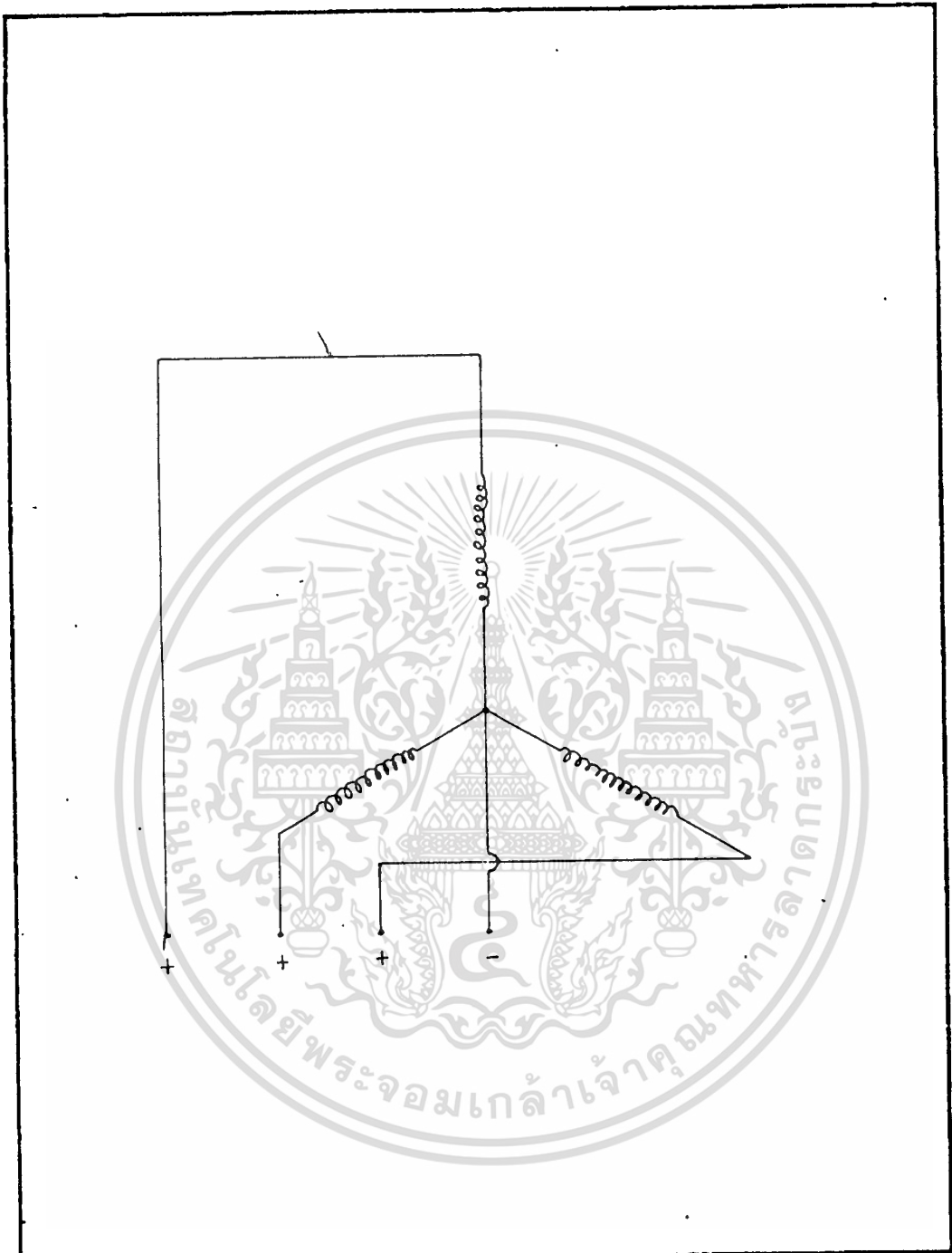
5	BUSH	ฝาครอบ สลัก 8 มม. ทรงเหลี่ยม			2
ฉบับที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ					
ผู้ออกแบบ					
ขนาดกระดาษ	ชื่อนักงาน			หมายเลขแบบ	
2:1				AGR 32 - 5-3	


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



6	BUSH รับแก๊สหมุน	φ16 φทัว 10 ยาว 15	ทองเหลือง		2
วันที่	รายการ	หมวดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ม.บ.					
ผู้ออกแบบ					
มาตราส่วน	น๊อเขียน			หมายเลขแบบ	
2:1				AGR 32-5-4	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ปีที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน			 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี		
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ผ.ศ.					
เลขที่รายการ					
มาตราส่วน	มือเขียนงาน		หมายเลขแบบ		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การรวบรวมและศึกษาข้อมูล

3.1 การรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินกาวิจัยเรื่องนี้มีวิธีการรวบรวมข้อมูล โดยการแบ่งออกเป็นขั้นตอน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน และการปรับปรุงการทำวิทยานิพนธ์ ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. การศึกษาบทเรียนที่ต้องใช้อุปกรณ์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
3. การศึกษาเกี่ยวกับชุดอุปกรณ์ทดลอง และวิธีปฏิบัติการทดลอง
4. การศึกษาเกี่ยวกับ ตัว เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
5. การศึกษาองค์ประกอบอื่น เช่น ผลกระทบของผู้ใช้ ความต้องการขนาดสัดส่วนของผู้ใช้ สภาพบรรยากาศการทดลอง เป็นต้น

3.2 แหล่งข้อมูล

สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินวิจัยเรื่อง ชุดอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ชั้น ม. 6 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ ผู้วิจัยได้ข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูลมาจาก หลายแหล่งด้วยกัน ดังนี้คือ

1. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ส.ส.วท.)
2. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
3. โรงเรียนประทุมคงคา กรุงเทพฯ
4. โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา กรุงเทพฯ
5. โรงเรียนสา จัหวัดนนทบุรี
6. โรงเรียนพรตพิทยัฒ กรุงเทพฯ

จากแหล่งข้อมูลดังกล่าวมาแล้ว เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ต่าง ๆ มาเพื่อศึกษาความรู้ ความต้องการในการใช้อุปกรณ์ ซึ่ง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการ เรียบการต่อ เรื่องการ กำนันของไฟฟ้า วิธีการดำเนินการวิจัยนั้น ผู้วิจัยอาศัยการสัมภาษณ์ และการสร้างแบบ สอบถามใหญ่ใ้ช้ขอปรกฏ เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ถูกต้องและ เบื้องคร่งในการทำการวิจัยให้ประสบ ความสำเร็จ และได้ศึกษาโดยการสัมภาษณ์สอบถามจากผู้มีความรู้ทางด้านนี้ เป็นพิเศษ เพื่อ ที่จะได้ข้อมูล และความรู้ต่าง ๆ มาประกอบการทำวิทยานิพนธ์ และการสร้างอุปกรณ์ชุด ใหม่ขึ้นมาได้

3.3 การสร้างและการใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล

จากการสร้างและการใช้เครื่องมือนี้ เพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลและดำเนินการ วิจัย ผู้วิจัยได้มีวิธีการดำเนินการวิจัยซึ่ง แบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้ คือ

1. การดำเนินการวิจัยจากแหล่ง ข้อมูลปฐมภูมิ
2. การดำเนินการวิจัยจากแหล่ง ข้อมูลทุติยภูมิ

1. การดำเนินการวิจัยจากแหล่ง ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลที่ซึ่งได้มาโดยตรงจาก แหล่ง ข้อมูลจึงจะกล่าวต่อไป คือ

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ และสอบถาม ซึ่งวิจัยจากบุคคลในกลุ่มผู้ใช้ อุปกรณ์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ

- กลุ่มนักวิชาการ ได้แก่ อาจารย์ ผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญ ในสาขาวิชาฟิสิกส์ ซึ่งสามารถให้ข้อมูลได้โดยตรง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ และสอบถามขอคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดจนได้ขอ เสนอแนะที่ เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยอย่างมาก
- กลุ่มนักศึกษา โดยการสำรวจความต้องการ และพฤติกรรมของผู้ใช้ เครื่องกำเนิกไฟฟ้า หรือชุดอุปกรณ์ที่ประกอบในการปฏิบัติการทดลอง ว่าเกิดปัญหาในการ ใช้งานความไม่สะดวกหรือความยุ่งยากในการทำงาน หรือไม่อย่างไร ทั้งนี้การดำเนินการ วิจัยจึงควรมีการวางแผน เครื่องมือในการสำรวจความกังวลการ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง เบื้องคร่งในการทำวิจัยนั้นผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามขึ้น เพื่อสำรวจความคิดเห็นทัศนคติ ความต้องการ ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ในขณะปฏิบัติการทดลอง ซึ่งแบบสอบถามนี้สามารถ

สรุปข้อมูลได้ชัดเจน และแน่นอนกว่าการสัมภาษณ์หรือสนทนา ซึ่งในแต่ละลักษณะบุคคลให้
 ความคิดเห็นได้ไม่เหมือนกันจึง เป็นการยากกว่า

2. การดำเนินการวิจัยจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ เป็นข้อมูลที่เิกจากการค้นหา
 ในหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ชั้น ม. 6 โยบท่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และขอมูลจากเอกสาร
 รายงานการวิจัย รวมทั้งหนังสือต่าง ๆ ที่มีเนื้อหาสัมพันธ์กับการวิจัย รวมกับเป็นผู้วิจัยได้
 ศึกษาถึง เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตในประเทศ และต่างประเทศทั้งหมดด้วย เพื่อนำมา
 เป็นแนวทางในการออกแบบปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานให้ดีกว่าเดิม เพื่อเป็น
 ประโยชน์ในการศึกษาทางคานวิทยาศาสตร์ ให้เจริญก้าวหน้าต่อไป

3.4 วิเคราะห์ข้อมูลและตีความหมายข้อมูล

การตีความหมายข้อมูล เป็นวิธีการหาความหมาย จากคะแนนผลการสร้างแบบ
 สอบถามว่าหมายถึงอะไรบ้าง เช่น คะแนนผลสรุปจากแบบสอบถามเหล่านั้น บอกให้ทราบ
 ว่าผู้ที่มีความต้องการความคิดเห็น มีคุณลักษณะอย่างไรบ้างที่ได้จากการจัด แต่อย่างไรก็ดี
 แบบสอบถามที่นำไปใช้จัด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมีวิธีการตีความหมายของคะแนนผลการ
 สร้างแบบสอบถามใน 2 ลักษณะ คือ

1. โดยวิธีการนำเอาคะแนนของนักศึกษา หรือผู้ใดแต่ละคนไปเปรียบเทียบกับ
 คะแนนของนักศึกษาคนอื่น โดยใช้แบบสอบถามอันเดียวกัน ซึ่ง เรียกว่า เป็นการตีความหมาย
 คะแนนผลการสอบถามความคิดเห็นและความต้องการ ของผู้ใช้แบบอิง กลุ่ม

2. โดยวิธีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานขึ้น เพื่อใช้เปรียบเทียบกับคะแนนผลการ
 สร้างแบบสอบถาม ของนักศึกษา หรือผู้ใดแต่ละคน ซึ่ง เรียกว่า เป็นการตีความหมายของผล
 การสอบถามแบบอิง เกณฑ์

บทที่ 4

การวิเคราะห์

4.1 การวิเคราะห์การทดลองปฏิบัติการ

การวิเคราะห์การปฏิบัติการทดลองชุดอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ชุดอุปกรณ์ซึ่งใช้อยู่ในปัจจุบันนี้นั้นในคาบประโยชน์ใช้สอย ยังไม่อำนวยความสะดวกแก่นักเรียนที่ใช้อุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลองอยู่หลายคาบ ดังนี้คือ

1. ในการใช้ปฏิบัติการทดลองแต่ละครั้งต้องใช้อุปกรณ์หลายชิ้นด้วยกัน เช่น อุปกรณ์ทดสอบไฟฟ้าให้เกิดเสียง อุปกรณ์ทดสอบไฟฟ้าทำให้เกิดแสง อุปกรณ์ทดสอบกระแสไฟฟ้า มิเตอร์วัดกระแสไฟ สายไฟที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น ในกรณีที่อุปกรณ์ในชุดนี้มีหลายชิ้นนี้เอง จึงทำให้เกิดปัญหาในด้านการ เคลื่อนย้ายอุปกรณ์จากที่เก็บอุปกรณ์ไปยังห้องปฏิบัติการทดลอง ซึ่งเกิดการชำรุดเสียหายต่ออุปกรณ์ด้วย และเสียเวลาในการนำอุปกรณ์ออกมาใช้ และเก็บเข้าตู้มากพอสมควร ทั้งนี้เป็นการสนองความต้องการหรือประ-
โยชน์ที่อยู่ใช้ไม่ได้ไม่เท่าที่ควร

2. ไม่อำนวยความสะดวกขณะปฏิบัติการทดลอง ซึ่งจะขอกล่าวถึง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าก่อนซึ่งมีปัญหาในคาบการใช้งานดังนี้ คือ

- มือหมุนที่ใช้หมุน แลวดทองแดงเข้าไปหมุนแม่เหล็กให้หมุนตัดขดลวดทองแดง หมุนได้ไม่สะดวก ขนาด และลักษณะการทำงานไม่ถูกต้องกับหลักการวิภาคของมนุษย์

4.2 การวิเคราะห์สัดส่วนที่ใช้ในการออกแบบ

จากการศึกษาเกี่ยวกับสัดส่วนโดยการหาค่าเฉลี่ย จากสัดส่วนของคนไทย และสัดส่วนที่สะดวกสบายในการ เคลื่อนย้ายและสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้งานของคนไทยพอที่จะสรุปได้ดังนี้

1. ความสูง โดย เฉลี่ย ของชายไทยและหญิงไทย
ความสูง ของชายไทยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม
กลุ่มที่ 1 ขนาดเล็กสูงโดยเฉลี่ย

159.8 ซม.

กลุ่มที่ 2 ขนาดกลางสูงโดยเฉลี่ย	167.0 ซม.
กลุ่มที่ 3 ขนาดใหญ่สูงโดยเฉลี่ย	174.6 ซม.
ค่าเฉลี่ยความสูงของทั้ง 3 กลุ่ม เท้ากับ	167.9 ซม.
ความสูงของหญิงไทย แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม	
กลุ่มที่ 1 ขนาดเล็กสูงโดยเฉลี่ย	151.9 ซม.
กลุ่มที่ 2 ขนาดกลางสูงโดยเฉลี่ย	157.5 ซม.
กลุ่มที่ 3 ขนาดใหญ่สูงโดยเฉลี่ย	164.5 ซม.
ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่ม เท้ากับ	157.9 ซม.
ค่าเฉลี่ยความสูงของชายไทยและหญิงไทย เท้ากับ	165 ซม.

2. ระยะความสูงที่เหมาะสมในการใช้งาน

ระยะความสูงจากพื้นถึงระยะที่เหมาะสมในการทำงาน คือ 75 เซนติเมตร

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์หลักส่วนผู้ใช้งาน - หญิง อายุ 12 - 23 ปี/เซนติเมตร

อายุ	ความสูง เฉลี่ย	ความสูงยืนสูงสุด	ความสูงยืนต่ำสุด	น้ำหนักเฉลี่ย
17	160.76	186	132	49.84
18	161.95	198	137	50.64
19	162.43	185	130	51.67
20	161.17	192.5	142	51.03
21	161.54	186	142	50.75
22	161.12	182	140	50.75
23	161.06	184	143	50.98

ข้อมูลจากหนังสือ สารานุกรมวิศกก่อสร้างและอุปกรณ์ของฝ่ายวิจัยการก่อสร้าง

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ ประยุกต์แห่งประเทศไทย (ข้อมูลลักษณะคนไทย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ลักษณะของนักเรียนผู้ไข

(อายุประมาณ 17 - 23 ปี)

ตามปกตินักเรียนชาย หญิง ทั้งด้วยโดยเฉลี่ยประมาณ 17 - 23 ปีในการออกแบบนั้นจึงคำนึงอย่างไปถึงขนาดสัดส่วนต่าง ๆ ในการทำงานของร่างกาย จึงทำการศึกษาวิจัยหาความรู้อย่างละเอียดของร่างกายซึ่งเป็นวิธีการที่จะช่วยให้งานออกแบบสามารถใช้ได้กับถูกขนาดสัดส่วนและเหมาะสมกับผู้ใช้อย่างมากที่สุด โดยมีข้อคำนึงถึงได้ดังนี้ คือ

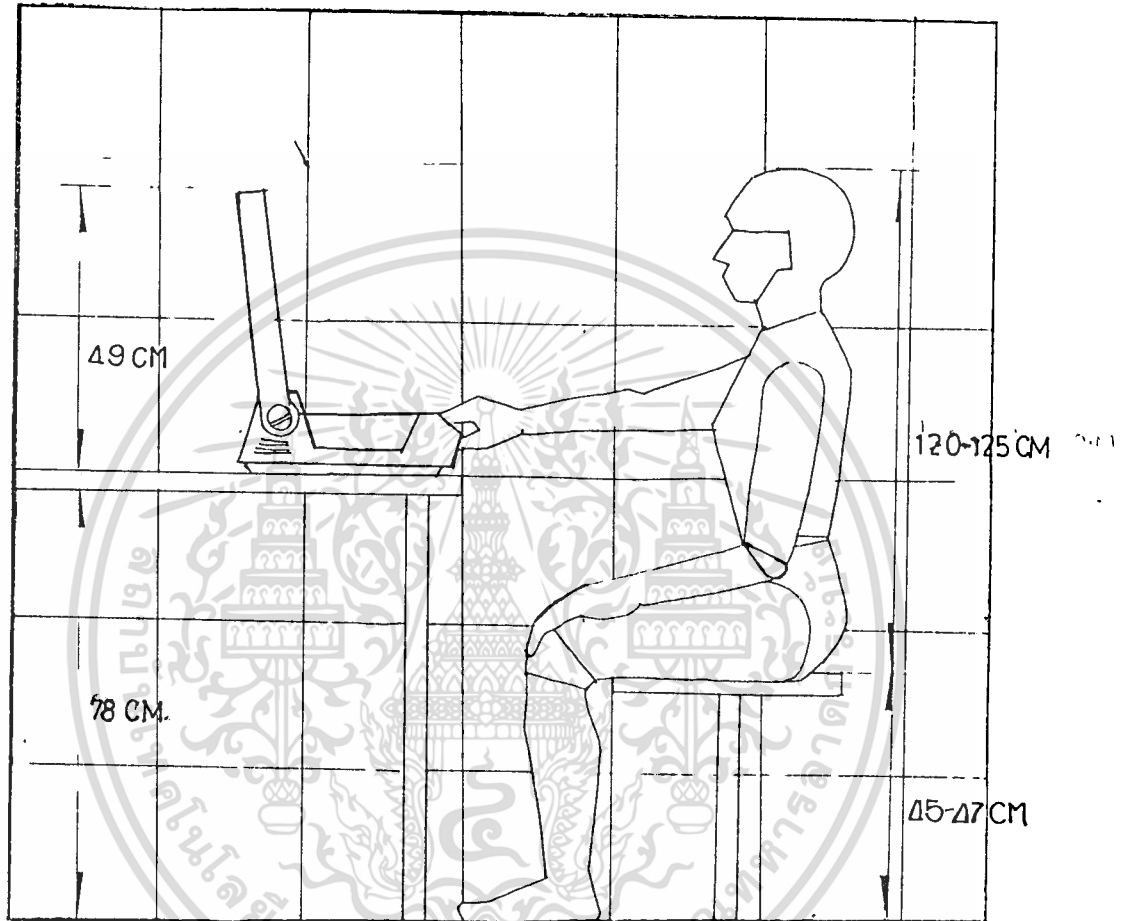
1. มิติสัดส่วนระยะการมองเห็นชัดเจน
2. มิติสัดส่วนความสูงท่ายืน
3. มิติสัดส่วนความสูงระดับสายตา
4. มิติสัดส่วนความสูงระดับมือ
5. มิติสัดส่วนระยะเอื่อมแขนขึ้นบน
6. มิติสัดส่วนระยะเอื่อมแขนไปข้างหน้า

หมายเหตุ ในการปฏิบัติการทดลองส่วนมากจะนิยมใช้ท่ายืนเป็นท่าที่เหมาะสมที่สุด

หมายเหตุ	มิติของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (เฉลี่ยประมาณ 17 - 23 ปี)	ค่าเฉลี่ยต่ำสุด (ซ.ม.)	ค่าเฉลี่ยสูงสุด (ซ.ม.)
1	ระยะการมองเห็นชัดเจน	30 - 40	45 - 55
2	ความสูงท่ายืน	150	170
3	ความสูงระดับสายตา	145	165
4	ความสูงระดับมือ	75	78 - 80
5	ระยะเอื่อมแขนขึ้นบน	125	132
6	ระยะเอื่อมแขนไปข้างหน้า	147	157

หมายเหตุ โตะมาตรฐานในห้องปฏิบัติการทดลอง ความสูงเฉลี่ยประมาณ 72 - 75 ซ.ม. ตารางที่ 5/ มิติส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (เฉลี่ยประมาณ 17 - 23 ปี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



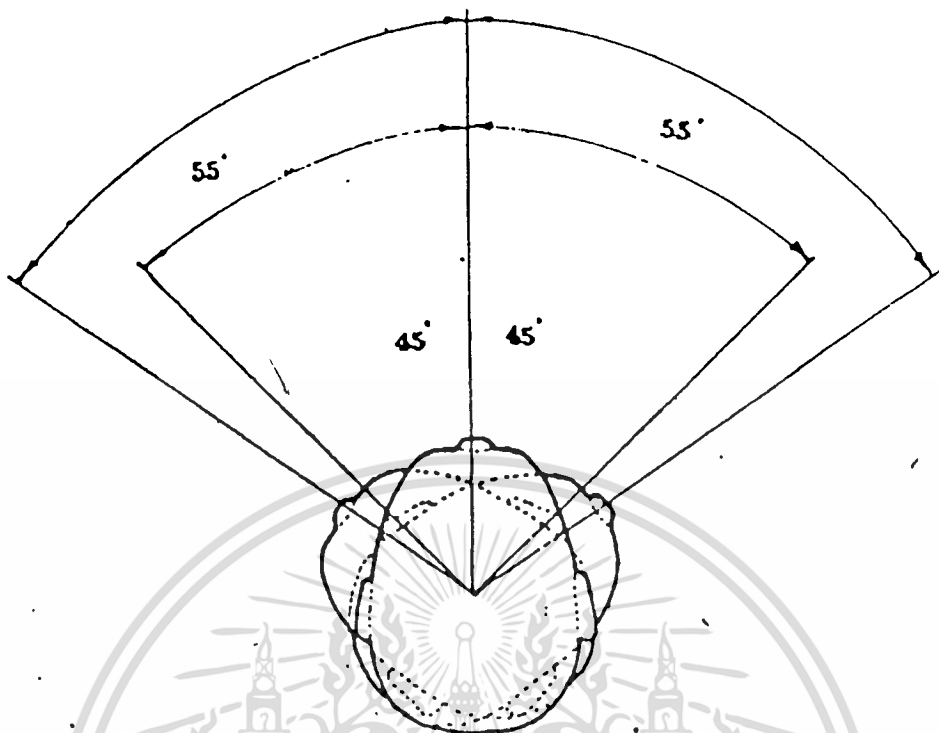
รูปที่ 63 แสดงลักษณะสัดส่วนการทดลองในท่านั่ง

มิตินมมองและการใช้สายตา

ลักษณะมิตินมมองและการใช้สายตาของผู้ใช้ จากการศึกษาจุดที่ผู้ใช้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนที่สุด คือ ระยะ 10 ซม. ผู้ใช้ทั้ง ชาย - หญิง มีอายุประมาณ 17 - 23 ปี การมองและการใช้สายตามีมิตินมมองและระยะชัดดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงอัตราส่วนมิตินมมองและการใช้สายตา

หมายเลข	มิตินมมองและการใช้สายตา	อัตราส่วนชายและหญิง อายุ 17 - 23 ปี
1	ระยะใกล้จุกของวัตถุหรือภาพ	32.4 ซม.
2	ระยะภาพที่ชัดที่สุด	50 ซม.
3	ระยะมมกมเงยมากที่สุด	60°
4	ระยะมมกมเงยสูงสุดและต่ำสุด	30° - 40°
5	เส้นระดับสายตาขณะยื่น	10°
6	เส้นระดับสายตาขณะนั่ง	18°
7	ระยะมมกวางสุด	45° - 55°
8	ระยะมมมอง เห็นสีใดก็ชัดที่สุด	80°



รูปที่ 64 แฉกมมมองกว้างสุด



รูปที่ 65 แฉกมมมองกมเงยสูงที่สุดและต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปวิเคราะห์ขอมูลลักษณะและมุมมองในระยะต่าง ๆ ของมนุษย์

- ความสูงเฉลี่ยของคนไทยประมาณ 160.60 ซม.
- ศรีระของมนุษย์สามารถก้มหรือเงยได้อย่างสบายเท่ากับ 30° จากแนวดิ่ง
- ศรีระของมนุษย์สามารถก้มหรือเงยได้สูงสุด 50° - 55° จากแนวระดับและต่ำสุด 70° - 80° จากแนวระดับ
- ระยะที่มองเห็นปกติที่ดีที่สุด คือ 20 - 28 นิ้ว และถ้าศรีระอยู่ในแนวดิ่ง จะเห็นได้ชัดในช่วง 30° ต่ำจากแนวระดับ
- ที่ปรับหรือปุ่มสำหรับปรับต่าง ๆ (SWITCH CONTROL)
- สำหรับไขสองนิ้วหมุน
 - นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/8" ถึง 5/8"
 - นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วกลางมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/8"
- สำหรับไขนิ้วเดียวโยกควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1/4 และมีแกนยาว 5/8 นิ้ว
- หัวในลักษณะ เป็นหัวแบบตึงน้ำหนักลงตามแนวดิ่ง ควรกว้างประมาณ 3 1/4
- ตัวหนังสือ และสัญลักษณ์ไม่ควรมีขนาดต่ำกว่า 0.15 ซม. (???)

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร ขนาดของตัวอักษร (นิ้ว)} &= \text{ระยะทาง (เมตร)} + 0.25 \\
 &= .60 + 0.25 \\
 &= 0.15 \text{ ซม.}
 \end{aligned}$$

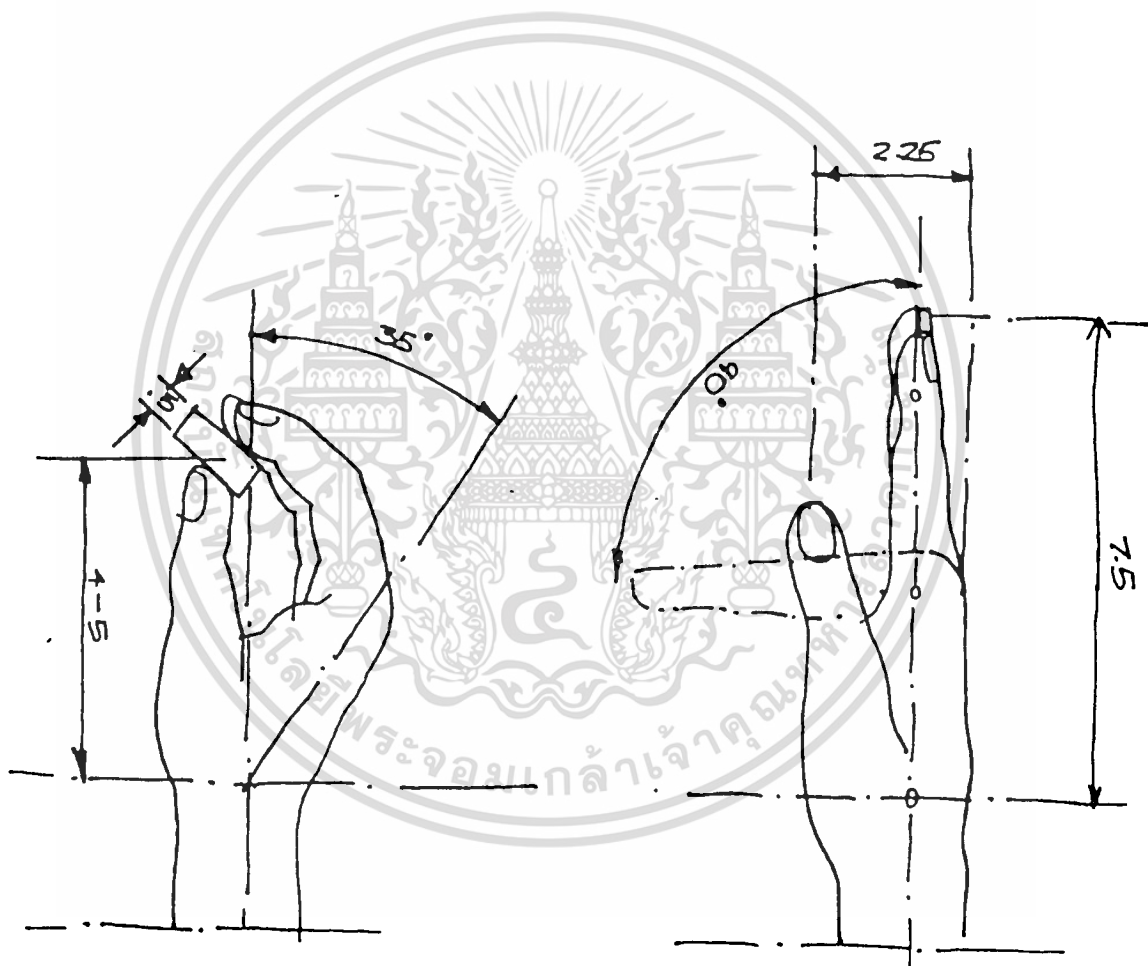
ให้ระยะทาง MAX ในการมอง = ซม.

มิติลักษณะของมือในการควบคุมสวิทช์และการจับ

ลักษณะการใช้งาน ของมิติลักษณะของมือผู้ใช้ในการควบคุมสวิทช์ และการจับ สามารถแยกลักษณะการใช้งานออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้ คือ

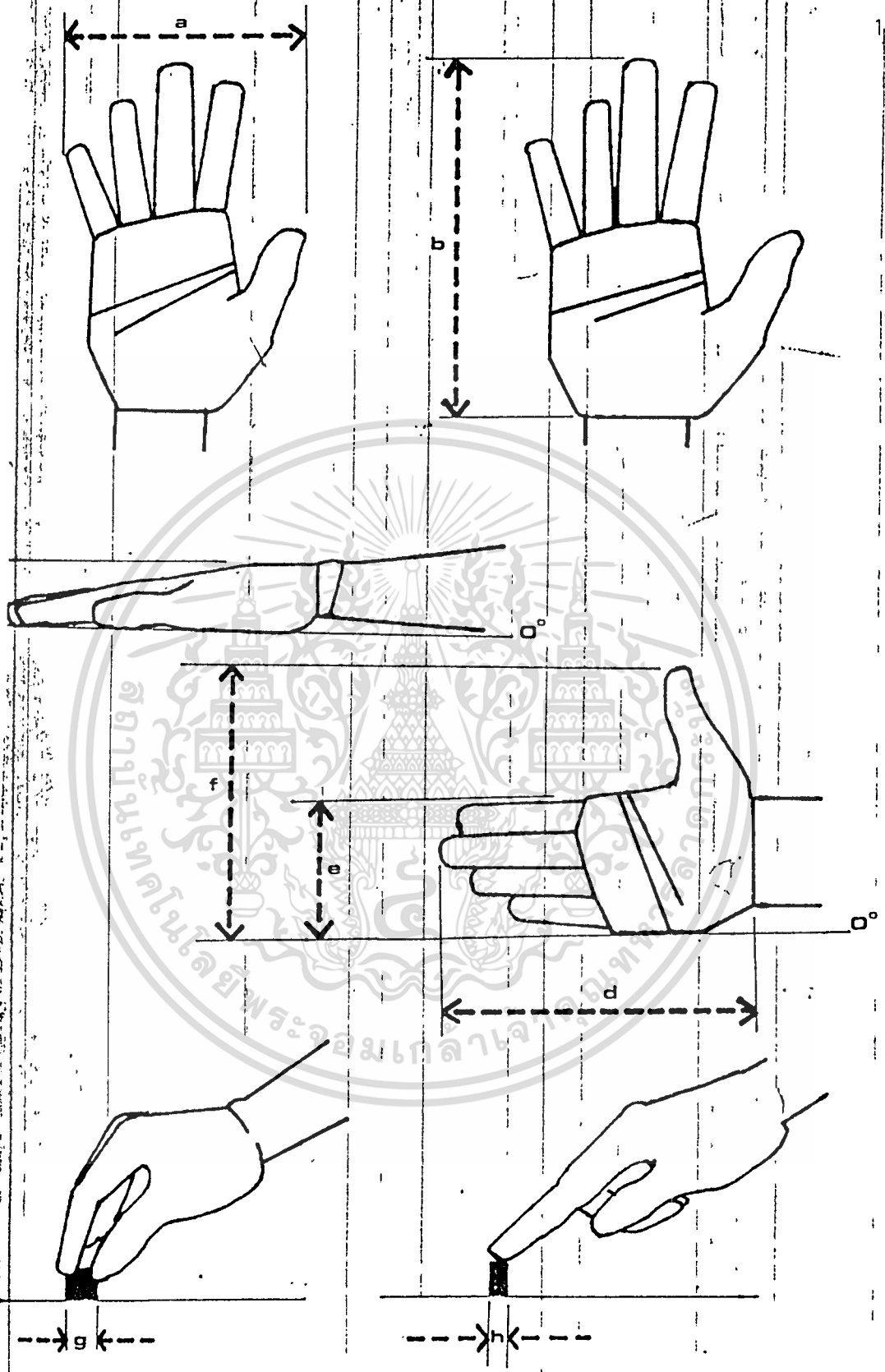
- ลักษณะการหมุนมือหมุน
- ลักษณะการจับแจคคอ เชื่อมทางไฟฟ้า
- ลักษณะการจับ

จากการศึกษาข้อมูลลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ ขนาดเฉลี่ยของลักษณะมือที่ใช้
งาน ยาวประมาณ 7.5 ซม. กว้างประมาณ 10.5 ซม. ค่าเฉลี่ยของลักษณะนิ้วจากหนังสือ



รูปที่ 66 มิติลักษณะของมือในการควบคุมและการจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 67 แสดงมิติของมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิตินៃมือและการนำไปใช้ในการออกแบบ สำหรับเด็กอายุ 12 – 16 ปี

ระยะ	มิตินៃมีความสำคัญต่อการออกแบบ	การนำไปใช้
A	กำหนดความกว้างของมือเมื่อกางเต็มที่จากนิ้วหัวแม่มือถึงนิ้วก้อย	ใช้ในการกำหนดขนาดของชิ้นส่วน
B	กำหนดความยาวมือเมื่อกางเต็มที่จากข้อมือถึงนิ้วกลาง	ส่วนต่าง ๆ ให้เด็กสามารถหยิบจับได้สะดวก
C	กำหนดความหนาของมือเมื่อกางในแนวราบขนาดกับพื้น	
D	กำหนดความยาวของมือเมื่อกางนิ้วชี้ติดกัน ในแนวตั้ง ขนาดกับพื้นจากปลายนิ้วกลางถึงสุดฝ่ามือ	
E	กำหนดความกว้างของมือเมื่อกางนิ้วชี้ติดกันเป็นแนวตั้ง ขนาดกับพื้นจากนิ้วชี้ถึงนิ้วก้อย	
F	กำหนดความกว้างของปุ่มที่เล็กที่สุดเมื่อใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ในการดึงออก หรือจับไคถนัดที่เล็ก	
G	กำหนดความกว้างของปุ่มที่เล็กที่สุดเมื่อใช้เพียงนิ้วเดียวในการโยกหรือทำให้เคลื่อนที่	

ตารางที่ 5 มิตินៃมือและการนำไปใช้ในการออกแบบ

HAND MEASUREMENT 20 THAI CHILDREN	BOYS	GIRLS
A	17	16
B	15	13
C	5.5	4.2
D	15	13
E	7.0	6.7
F	12	10.5
G	0.95	0.95
H	0.95	0.95

RESEARCH FROM 20 THAI CHILDREN

10 BOYS AND 10 GIRLS

AGE 12 - 16 YEARS OLD

USED WIDE RANGE OF BODY DIMENSION-

PRINCIPLE 90% TILE

ตารางที่ 6 สถิติของมิติของมือ เด็กอายุ 12 - 16 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์ชนิดและคุณสมบัติของพลาสติกที่ใช้เป็นวัสดุในการผลิต

จากการวิเคราะห์พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. เทอร์โมเซตติง (THERMOSETTING)
2. เทอร์โมพลาสติก (THERMOPLASTIC)

1. เทอร์โมเซตติง คือ พลาสติกที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีดีมาก คือ ทนความร้อน และอุณหภูมิสูงได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี พลาสติกประเภทนี้เมื่อผ่านการผลิตโดยใช้ความร้อนและแรงอัดแล้ว จะนำกลับมาหลอมละลายอีกไม่ได้

2. เทอร์โมพลาสติก คือ พลาสติกที่สามารถนำมาใช้ใหม่อีกได้หลังจากนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว เช่นเดียวกับโลหะทั่ว ๆ ไป ซึ่งสามารถนำกลับมาหลอมทำผลิตภัณฑ์ใหม่อีกได้ไม่มีที่สิ้นสุด แต่พลาสติกแต่ละชนิดต่างกันไปบางประเภทก็ทนความร้อนได้สูง ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดี

จากการวิเคราะห์พบว่าลักษณะของพลาสติกในรูปวัตถุที่ผลิตมีอยู่ 3 ชนิด

คือ

- ชนิดผง (POWDER)
- ชนิดเม็ด (PELLET & GRANULE)
- ชนิดเหลว (LIQUID)

ซึ่งพลาสติกแต่ละชนิดก็นำไปใช้ในระบบการผลิตที่แตกต่างกันไปชนิดผงและเม็ดใช้ในอุตสาหกรรมที่มีการผลิตเป็นจำนวนมาก ชนิดเหลวเหมาะสำหรับการประกอบอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรืออุตสาหกรรมครอบครัว

จากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น เป็นชนิดและคุณสมบัติของพลาสติก จากความต้องการที่จะให้ผลิตภัณฑ์นี้ให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมในประเทศทั้งด้านวัสดุ และกรรมวิธีการผลิต จึงต้องหันมาคิดถึงอุตสาหกรรมพลาสติกที่ผลิตในประเทศ อุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศนิยมใช้พลาสติกประเภท โพลีเอทิลีน และเอเอ็มเอส แต่เดิมใช้พินโนลิก แต่ปัจจุบันไม่นิยมใช้เนื่องจากมีราคาแพง แต่ด้วยเหตุผลทางการศึกษาจึงควรนำมาเปรียบเทียบให้เห็นความ

ความเหมาะสมต่าง ๆ และ เลือกสิ่งที่เหมาะสมที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 7 วิเคราะห์การเปรียบเทียบคุณสมบัติของพลาสติก

ทนทานต่อแรงกระแทกแรงกด	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ทนต่อการโค้งงอ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
เป็นฉนวนไฟฟ้า	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ไม่ติดไฟ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
น้ำหนักเบา	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ทำไคหลายสี	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ราคาถูก	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
การตกแต่งผิวทำได้ง่าย และถูก	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
แหล่งวัตถุดิบหาง่าย	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
วัสดุไม่เป็นพิษ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ผิวสัมผัสดี และสวยงาม	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
เป็นฉนวนความร้อน และทนความร้อนไคบาง	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
กันการซึมของน้ำ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ใส	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
มีความแข็งแรงไม่หยุ่นหรืออ่อนตัว	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดี เหมาะสม
- พอใช้
- ไม่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบคุณสมบัติของพลาสติกชนิดต่าง ๆ พลาสติกที่เหมาะสมคือ POLYSTYLENE

หมายเหตุ คุณสมบัติอื่น ๆ ใกล้เคียงกันมาก แต่ POLYSTYLENE ได้เปรียบที่ราคาถูกที่สุด และการหาวัตถุดิบเข้าป้อนโรงงานอุตสาหกรรมเป็นไปได้ดีกว่า

กรรมวิธีการผลิตในอุตสาหกรรมพลาสติก

กรรมวิธีการผลิตในอุตสาหกรรมพลาสติก แบ่งแยกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้ คือ

1. MOLDING (ประเภทหล่อพลาสติกเม็ดและผง ใช้ความร้อนและแรงอัดในแม่แบบปิด)
 - COMPRESSION (แบบอัด)
 - TRANSFER (แบบอัดผง)
 - EXTRUSION (แบบรีด)
 - BLOW (แบบเป่า)
 - CALENERING (แบบลูกกลิ้ง)
 - LAMINATING (แบบอัดแผ่น)
 - COLD (แบบอัดเย็น)
 - INJECTION (แบบฉีด)
2. CASTING (ประเภทหล่อพลาสติกเหลว)
 - SIMPLE (แบบหล่อเย็น)
 - PLASTISOL (แบบหลอรร้อน)

3. THERMOFORMING (ประเภท อัดขึ้นรูปพลาสติกแข็ง)
- MECHANICAL (แบบอัดควายแม่แบบ)
 - VACUUM (แบบสูญญากาศ)
 - BLOW (แบบอัดลม)
4. (ประเภท หล่อพลาสติก เหลว กับ วัสดุเสริมกำลัง)
- HAND LAY - UP (แบบใช้มือทา)
 - SPRAY - UP (แบบใช้เครื่องพ่น)
 - MATCHED MOLDING (แบบใช้แม่แบบอัด)
 - PREMIX MOLDING (แบบอัดเหลว)
 - PRESSURE - BAG MOLDING (แบบถุงอัดอากาศ)
 - VACUUM - BAG (แบบถุงสูญญากาศ)
5. FOAMING (ประเภท หล่อโฟม)
- MOLDING EXPANDABLE POLYSTYRENE (แบบหล่อพลาสติกเม็ด)
 - CASTING RIGID & FLEXIBLE POLYURETHANE FOAM (แบบหล่อพลาสติกเหลว)

จากการวิเคราะห์ได้เลือกชนิดของพลาสติก คือ POLYSTYRENE

ซึ่งเป็นพลาสติกชนิด THERMOPLASTIC และจากการศึกษากรรมวิธีการผลิต จะเห็นได้ว่า POLYSTYRENE จะสามารถผลิตได้กับกรรมวิธีที่เหมาะสมกับงานนี้ คือการผลิตประเภทหล่อพลาสติกเม็ดและผง โดยใช้ความร้อนและแรงอัดในแม่แบบปิด แบบฉีด (INJECTION MOLDING) และประเภทอัดขึ้นรูปพลาสติกแข็ง (THERMOFORMING) ทั้ง 3 แบบเมื่อเปรียบเทียบระหว่างทั้ง 2 ประเภทจะสามารถทำการผลิตที่เหมาะสมได้คือ

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์หากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม

	ราคาเมื่อเริ่มผลิต	ราคาเมื่อผลิตในจำนวนมากตามระบบอุตสาหกรรม	ความสะดวกในการผลิตในระบบอุตสาหกรรม	คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์
INJECTION MOLDING	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
THERMOFORMING	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

- งาม
- พอใช้
- ไม่ดี

จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า วิธี INJECTION MOLDING มีราคาสูงเมื่อเริ่มผลิตเท่านั้น เมื่อผลิตเป็นจำนวนมากต้นทุนจะลดต่ำลง และวิธีนี้จะมีความสะดวกมากที่สุดเมื่อต้องการผลิตในระบบอุตสาหกรรม และวิธีนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ใหม่มีความละเอียด และซับซ้อนไ้มากกว่า จึงเห็นได้ว่าวิธี INJECTION MOLDING มีความเหมาะสมที่สุด

กรรมวิธีการผลิตด้วยวิธี INJECTION MOLDING มีกรรมวิธีการว่า ๆ กล่าวคือ เป็นกรรมวิธีแบบฉีด เป็นกรรมวิธีที่ใช้กับ THERMOPLASTIC โดยเฉพาะผลิตได้ปริมาณมาก ทำไ้รวดเร็ว ขั้นตอนการผลิต มีดังนี้

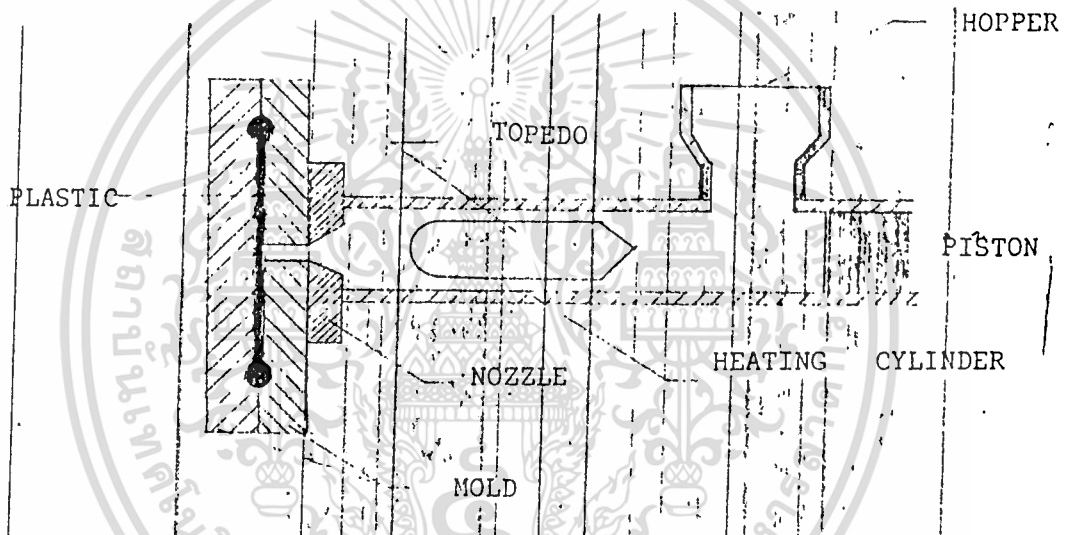
1. เทพลาสติกเม็ดหรือผงในช่อง เท (HOPPER)
2. ลูกสูบจะอัดเม็ดพลาสติกให้ผ่านไปยังส่วนที่ทำความร้อน (HEATING CYLINDER) ซึ่งมีอุณหภูมิ 300° - 650° ฟ. โดยผ่านเครื่องแยก (TOPPEDO หรือ

SPREADER) เพื่อให้ได้รับความร้อนสม่ำเสมอ

3. พลาสติกเหลวจะไหลผ่านหัวฉีด / NOZZLE) ไปยังแม่แบบ
 ปกติความแรง 5,000 - 4,000 ปอนด์/นิ้ว²

4. พลาสติกจะเย็นและแข็งตัวโดยระบบระบายความร้อนภายในช่อง เนื้อ
 แม่แบบ

5. เปิกแม่แบบ แล้วนำชิ้นงานมาคัดลอกแ่งต่อไป



รูปที่ ๒๘ การผลิตด้วยวิธี INJECTION MOLDING

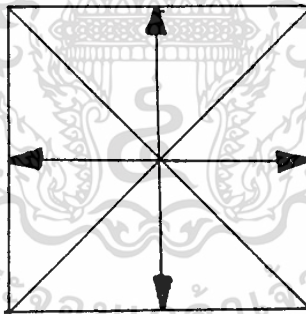
กรรมวิธีการผลิตชนิดนี้ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างกว้างขวาง เกือบทุกประเภท
 พลาสติกที่สามารถใช้ได้แก่พวก THERMOPLASTIC เกือบทั้งหมด เช่น แอซเซทอล
 อะคริลิก โพลีเอไมค์ โพลีสไตรีน ไวนิล ฟลูออโรคาร์บอน

4.4 การวิเคราะห์ส่วนประกอบที่สำคัญ เพื่อนำมาออกแบบ

4.4.1 โครงสร้างส่วนฐาน (BODY) ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวยึดของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ เป็นตัวยึดของ ขดลวดทองแดง ทึบยึดแกนของขอสายพาน และแม่เหล็ก เป็นต้น ถือว่าเป็นโครงสร้างที่สำคัญของชุดอุปกรณ์ชุดนี้ ต้องมีความแข็งแรงมั่นคง และรับน้ำหนักได้เป็นอย่างดี สำหรับรูปทรงของโครงสร้างส่วนฐานนี้ต้องวิเคราะห์ก่อนนำารูปทรงใน ลักษณะใดจะเหมาะสมที่สุด โดยมีหลักพิจารณารูปทรง ดังนี้

- การวิเคราะห์รูปทรงของโครงสร้างส่วนฐาน มีรูปทรงที่ควรนำมาพิจารณา เป็นรูปร่างหรือรูปทรงใหญ่ ๆ ของโครงสร้างส่วนฐานดังนี้ คือ

1. ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยม
2. ลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยม
3. ลักษณะรูปทรงวงกลม
1. ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยม



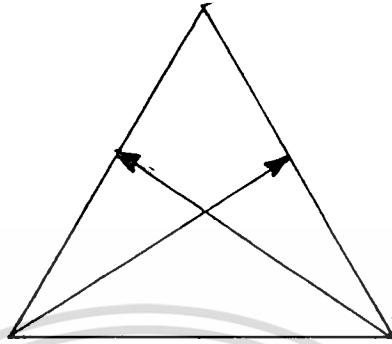
ข้อดี	ข้อเสีย
1. ประหยัดเนื้อที่ในการจัดวาง 2. มีความสมดุลโดยรอบตัว	1. มีแฉ่มุมทำให้เกิดอันตรายได้

ข้อใด	ข้อ เฝีย
3. ฐานมั่นคงไม่ลมง่าย 4. กรรมวิธีการผลิตง่ายและรวดเร็ว	

สรุปการวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยม

1. ฐานมั่นคงไม่ลมง่าย เพราะมีจุดศูนย์กลางซึ่งอยู่ห่างจาก เส้นกรอบรูปเท่า ๆ กัน ฉะนั้นจึงทำให้ไม่ลมง่าย
2. ประหยัดเนื้อที่ในการจัดวาง
3. กรรมวิธีการผลิตง่ายและรวดเร็ว

2. ลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยม

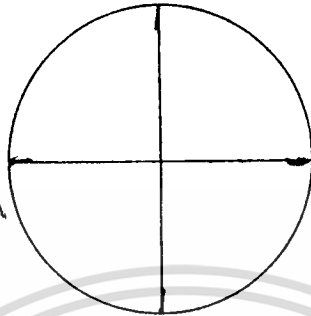


ข้อดี	ข้อเสีย
1. การขนส่งหรือจัดวางไขว้วิธีเรียงสลับกันก็สามารถประหยัดเนื้อที่ได้ 2. สะดวกในการไหลสอยพอสสมควร	1. พื้นที่ในการใช้งานน้อย 2. เกิดองุ่นมามากมาย 3. กรรมวิธีการผลิตยุ่งยาก 4. จุดสัมผัส 3 จุดทำให้ลมมาย 5. ทำความสะอาดชอกมูกยาก

สรุปการวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยม

1. การขนส่งหรือจัดวางไขว้วิธีเรียงสลับกันสามารถทำให้ประหยัดเนื้อที่ได้
2. กรรมวิธีการผลิตยุ่งยากและเสียเศษวัสดุ
3. สะดวกในการไหลสอยพอสสมควร
4. มีเงามุมมากเกินไป ทำให้เกิดชอกมูกมเล็กทำความสะอาดยาก

3. ลักษณะรูปทรงกลม



ข้อดี	ข้อเสีย
1. มีความสมดุลรอบตัว	1. การบังคับความสูงในการผลิตนั้นทำได้ยาก
2. ฐานมั่นคงไม่ล้มง่าย	2. การจัดวางตอเนื่องกันมีน้อย
3. ปลอดภัยในการใช้งาน	3. เสีย ในการจัด เนื่องจากจุดสมมาตร จุดเดียว
4. รับแรงอัดกระแทกได้ดีกว่า	

สรุปการวิเคราะห์รูปทรงกลม

1. มีความสมดุลรอบตัวไม่ล้มง่าย
2. สะดวกในการใช้สอยพอสมควร
3. ไม่มีแง่มุมให้เกิดอันตราย
4. เปลืองเนื้อที่ในการจัดวาง เพราะไม่ตอเนื่องกัน

ตารางที่ 12. การวิเคราะห์รูปทรงของโครงสร้างส่วนฐาน

คุณสมบัติ	รูปทรงสี่เหลี่ยม	รูปทรงสามเหลี่ยม	รูปทรงกลม
ฐานมีความมั่นคง	4	4	3
ประหยัดเนื้อที่	4	3	2
กรรมวิธีการผลิตง่าย	4	2	2
สะดวกในการใช้สอย	4	3	2
ความสมดุลย์รอบตัว	4	4	3
รวม	20	16	12

หมายเหตุ

4 สี่มาก

3 สี่

2 พอใจ

1 เลว

จากการวิเคราะห์รูปทรงของโครงสร้างส่วนฐานที่เหมาะสมที่สุด คือ รูปทรง

สี่เหลี่ยม

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างส่วนฐาน

คุณสมบัติ	ไวเนล	โพลีโอสตีล	พี. วี. ซี.
ฉนวนไฟฟ้า	3	4	3
ผลิตง่าย	3	4	4
การตกแต่ง	3	4	3
การประกอบ	3	4	3
ความทนทาน	2	3	4
การยืดหดตัว	3	4	3
รับน้ำหนัก	3	4	3
ราคา	4	4	3

4

ดีมาก

3

ดี

2

พอใช้

1

เลว

สรุปการวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างส่วนฐานที่เหมาะสมที่สุด คือ
พลาสติกจำพวกโพลีโอสตีล

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์กรรมวิธีการผลิตโครงสร้างส่วนฐาน

คุณสมบัติ	การผลิตแบบฉีด	การผลิตแบบอัด	การผลิตแบบขึ้นรูป ควยควมรอน
ผลิตง่าย	4	3	2
ราคาถูก	4	3	2
ความทนทาน	4	4	3
สวยงาม	4	3	4
ตกแต่งง่าย	4	3	4
รวม	20	16	15

4 คีมาก
3 คี
2 พอใช้
1 เลว

สรุปการวิเคราะห์กรรมวิธีการผลิตโครงสร้างส่วนฐานที่เหมาะสมที่สุด คือ
กรรมวิธีการผลิตแบบฉีด เซวแมพิมพ์

4.4.2 โครงสร้างแรงแทคสอบบกระแสไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่เหมือนโครงสร้างส่วนฐานค้ำที่กลาวมาแล้วข้างต้น แต่โครงสร้างแรงแทคสอบบกระแสไฟฟ้าใช้เป็นฐานยึดอุปกรณ์ทดสอบกระแสไฟฟ้าในลักษณะต่าง ๆ ใหรวมเป็นชุดเดียวกันทั้งชุด เพราะฉะนั้นก็ต้องมีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักโคคี่ เช่นเดียวกับโครงสร้างส่วนฐาน ดังนั้นรูปทรงและวัสดุที่ใช้ทำก็ต้องให้สอดคล้องซึ่งกันและกันด้วย

- วัสดุที่ช่วยพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก ชื่อว่า โพลีสไตลีน
- กรรมวิธีการผลิตแบบระบบฉีด (IMJECTION)

4.4.3 การส่งกำลัง คือ การชักนำ การถ่ายกำลังจากต้นกำลังจากแกนหนึ่งไปสู่อีกแกนหนึ่ง ซึ่งการส่งกำลังที่กระทำนี้มีทิศทางการทำงานทั้งที่ทิศทางเดียวกันและทิศทางสวนกัน เป็นการช่วยเพิ่มความเร็วรอบ ๆ ของต้นกำลังให้มากขึ้นหรือลดลง จากการวิเคราะห์วิธีการส่งกำลังที่นิยมใช้กันมากคือ

- การส่งกำลังด้วยสายพาน (BELT)
- การส่งกำลังด้วยโซ่ (CHAIN)
- การส่งกำลังด้วยเฟือง (GEAR)

การส่งกำลังด้วยสายพาน (BELT) การส่งกำลังโดยการใส่สาย

พานมีลักษณะการขับเคลื่อนหลายลักษณะ คือ

- ก. โอฟีนไครว์
- ข. ครอสไครว์
- ค. ควอเตอร์เทอนไครว์
- ง. มิวส์ไครว์
- จ. การขับเคลื่อนโซลลอสช่วย
- ฉ. วิเวอสไครว์

วัสดุที่ใช้ทำสายพานก็มีด้วยกันหลายชนิด ดังนี้ คือ สายพานหนัง สายพานยาง สายพานผ้าดัก สายพานบาลลาตา ซึ่งแต่ละชนิดก็มีลักษณะการใช้งาน และคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป และในขณะเดียวกันนี้ สายพานก็แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ความลักษณะหน้าตัดของสายพาน

- ก. สายพานแบน (FLAT BELTS)
- ข. สายพานลิ้ม (V - BELTS)
- ค. สายพานกลม (ROPES)
- ง. สายพานไทมมิง เบิลท์ (TIMING BELTS)

การส่งกำลังด้วยโซ่ (CHAIN)

การส่งกำลังด้วยโซ่นี้ใช้

มากในงานเครื่องจักรกล เครื่องยนต์ เรือ เครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องจักรกลงานไม้ เครื่องพิมพ์ การส่งกำลังชนิดนี้สามารถขับได้ในระยะไกล ๆ กว่าสายพาน และขับได้พร้อม ๆ กันหลาย ๆ เพลา

ข้อดีของการส่งกำลังด้วยโซ่

1. ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรง เท่ากับ เฟือง
2. ติดตั้งง่ายกว่าสายพาน เพราะ เฟืองออกตลอด เขาค้น เฟืองโซ่แล้วสอดสลักเข้าไปเท่านั้น
3. ใช้งานใต้ออกหมีสง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง
4. ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขึ้นคนในโซ่คานตั้ง เหมือนสายพาน
5. ความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าสายพานถ้าอง การส่งกำลัง เท่ากัน

ข้อเสียของการส่งกำลังด้วยโซ่

1. มีเสียงดัง
2. มีอันตรายมาก
3. ไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง
4. ราคาแพง
5. ต้องมีการหล่อลื่น

การส่งกำลังด้วยเฟือง (GEAR)

เฟืองที่ใช้งานนั้นมีหลาย

ชนิดด้วยกัน เช่น เฟืองตรง เฟืองสะพาน เฟืองหนอน เฟืองคอกจอก เฟืองบายศรี เป็นต้น

หน้าที่ของ เฟืองที่สำคัญมีดังนี้ คือ

1. รับงานได้มากกว่า
2. ไซ้ทดสอบความเร็วของ เพลา
3. ไซ้ เปลี่ยนทิศทางการหมุนของแกนเพลา
4. เพิ่มกำลังในการทำงาน
5. ทนความร้อนได้ดี

การวิเคราะห์ระบบการส่งกำลังที่จะนำมาใช้กับชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์พบว่าระบบการส่งกำลังที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิดด้วยกัน คือ การส่งกำลังด้วยสายพาน การส่งกำลังด้วยโซ่และการส่งกำลังด้วยเฟือง ซึ่งที่กล่าวมาแล้วข้างคน



ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ระบบส่งกำลังที่จะนำมาใช้กับชุดอุปกรณ์เครื่อง
กำเนิดไฟฟ้า

คุณสมบัติ	การส่งกำลังด้วยสายพาน	การส่งกำลังด้วยโซ่	การส่งกำลังด้วยเฟือง
เปลี่ยนทิศทางการหมุนของแกนเพลลา	4	1	4
ไม่มีเสียงดัง	4	2	3
ทนความร้อน	3	4	4
ใช้งานใ้คงาย	4	2	3
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ	4	3	3
ประหยัด	4	2	4
อายุการใช้งาน	3	4	4
น้ำหนักเบา	4	1	3
การผลิตง่าย	4	2	3
รวม	34	21	31

หมายเหตุ 4 คือมากที่สุด
3 คือ
2 คือพอใช้
1 คือเลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ระบบการส่งกำลังที่เหมาะสมจะนำมาใช้กับชุดอุปกรณ์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากที่สุด คือ ระบบการส่งกำลังควายสายพาน และรองลงมา คือการส่งกำลังควายเฟือง

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์ลักษณะของสายพานให้นำมาใช้กับชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

คุณสมบัติ	สายพานแบน	สายพานลิ่ม	สายพานกลม	สายพานโทมมิ่ง เบิลท์
ทนต่อแรงดึง	2	4	4	4
ไม่มีเสียงดัง	3	3	4	2
อายุการใช้งาน	3	4	3	4
การผลิตง่าย	4	2	3	2
ทนต่อแรงสั่นสะเทือนได้ดี	2	3	4	3
ใช้งานใต้ง่าย	4	2	4	2
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ	4	1	3	1
รวม	22	19	25	18

หมายเหตุ

4 ดีมาก
3 ดี
2 พอใช้
1 เลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์สายพานที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ คือสายพานกลม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ทำสายพาน

คุณสมบัติ	สายพานหนัง	สายพานยาง	สายพานผ้าดก	สายพานเบาลดราคา
ทนต่อการเคมี	2	4	3	4
มีความยืดหยุ่น	3	3	4	4
ความเหนียว	4	3	3	2
ทนต่อแรงดึง	4	4	3	3
อายุการใช้งาน	4	3	4	2
การปลิวถ่าย	2	4	1	3
ราคาถูก	2	4	3	2
น้ำหนักเบา	3	4	1	2
รวม	24	29	22	22

หมายเหตุ	4	ดีมาก
	3	ดี
	2	พอใช้
	1	เลว

จากการวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำสายพานที่เหมาะสมที่สุด คือ สายพานยาง

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์เฟืองที่นำมาใช้กับชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

คุณสมบัติ	ชนิดของเฟือง				
	ตรง	สะพาน	หนอน	คอกจอก	บายฟรี
เปลี่ยนทิศทางการหมุนของแกนเพลา	2	3	1	4	4
ทดสอบความเร็ว	4	3	2	4	4
เพิ่มกำลังในการทำงาน	3	3	3	4	3
ประหยัดพื้นที่	4	2	2	4	3
รวม	13	11	8	16	14

หมายเหตุ

4

ดีมาก

3

ดี

2

พอใช้

1

เลว

จากการวิเคราะห์เฟืองที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ เฟือง คอกจอก

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์หัตถ์สกุที่นำมาใช้ท่าแข่ง กับชุดอุปกรณ์ เครื่อง
กำเนิดไฟฟ้า

คุณสมบัติ	ทองเหลือง	เหล็ก	พลาสติก
ฉนวนไฟฟ้า	2	3	4
ทนความร้อน	4	4	3
น้ำหนักเบา	3	2	4
การผลิตง่าย	3	3	3
ทนต่อการเคี้ยว	3	2	4
ราคาประหยัด	3	3	4
ไม่มีเสียงดัง	4	3	4
รวม	22	20	26

หมายเหตุ 4 ดีมาก
3 ดี
2 พอใช้
1 เลว

จากการวิเคราะห์หัตถ์สกุที่เหมาะสมที่จะนำมาทำแข่ง ไขกับชุดอุปกรณ์ เครื่อง
กำเนิดไฟฟ้ามากที่สุด คือ พลาสติก

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ชนิดของพลาสติกที่ใช้ทำเฟือง

คุณสมบัติ	เอ.บี.เอส. (A.B.S.)	อะครีลิก (ACRYLIC)	โพลีสไตรีน (POLYSTYRENE)	โพลีโพรพิลีน (POLYPROPYLENE)
ฉนวนไฟฟ้า	4	4	4	4
ทนความร้อน	4	3	3	3
ทนต่อการเคมี	4	2	4	3
การผลิตง่าย	2	4	4	4
ราคาประหยัด	3	4	4	2
แข็งแรง	4	4	4	3
รวม	21	21	23	19

หมายเหตุ

4 ดีมาก
3 ดี
2 พอใช้
1 เลว

จากการวิเคราะห์พลาสติกที่เหมาะสมที่จะนำมาทำเฟืองมากที่สุด คือ พลาสติกชนิด โพลีสไตรีน (POLYSTYRENE)

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์กรรมวิธีการผลิตเสียง

คุณสมบัติ	การผลิตแบบดีด	การผลิตแบบอัด	การขึ้นรูปด้วยความร้อน
ความทนทาน	4	3	3
การผลิตง่าย	4	4	2
ตกแต่งง่าย	4	3	4
สวยงาม	4	3	4
ราคาถูก	4	3	2
รวม	20	16	15

หมายเหตุ

4 ดีมาก
3 ดี
2 พอใช้
1 เลว

จากการวิเคราะห์กรรมวิธีการผลิตเสียงที่เหมาะสมที่สุด คือ การผลิตแบบ

ดีด

4.4.4 ลอสายพาน (PULLEY CROWN) ทำหน้าที่เป็นตัวรับแรงขับเคลื่อนจากสายพาน เพื่อที่จะนำแรงขับเคลื่อนไปใช้งานหรือขับเคลื่อนไปใช้งานหรือขับเคลื่อนเพลาอีกต่อหนึ่ง ซึ่งลอสายพานก็จะเป็นตัว ทกรอบหรือห่อกำลัง ของแรงขับเคลื่อน ลอสายพานนี้มีอยู่หลายขนาด และหลายชนิดด้วยกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิตและการนำไปใช้งาน สำหรับลอสายพานที่จะนำมาใช้กับชุดอุปกรณ์การสอนเรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ ต้องมีคุณสมบัติดังนี้ คือ มีน้ำหนักเบา ราคาประหยัด มีความแข็งแรง ทนทาน วัสดุที่ใช้ทำงานหาได้ง่าย และการผลิตไม่ยุ่งยากด้วย จากการวิเคราะห์พบว่าวัสดุที่ใช้ทำลอสายพานมีดังนี้ คือ

1. เหล็กหล่อสีเทา
2. โลหะเบา
3. พลาสติก
4. ไม้
5. กระดาษอัด
6. เหล็กกล้า

สำหรับขนาดของลอสายพาน ซึ่งเป็นมาตรฐานจะศึกษาได้จากตารางที่...

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ทำลอสายพาน

คุณสมบัติ	เหล็กหล่อสีเทา	โลหะเบา	พลาสติก	เหล็กกล้า	ไม้
ฉนวนไฟฟ้า	2	2	4	1	4
ทนความร้อน	4	2	4	4	1
ความทนทาน	3	3	3	4	1
ผลิตง่าย	2	2	4	2	3
น้ำหนักเบา	3	3	4	2	4
ราคาถูก	3	3	3	2	4
ทนต่อการเคมี	2	2	4	3	1
วัสดุหาง่าย	3	3	3	1	4
รวม	49	20	29	19	22

หมายเหตุ

4 คีมาก

3 คี

2 พอใช้

1 เลว

จากการวิเคราะห์วัสดุที่เหมาะสมที่ใช้ทำลอสายพาน คือ พลาสติก

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์หัตถนิคมลาคติที่ใช้ผลิตภัณฑ์สายพาน

คุณสมบัติ	ไว النيل	โพลีสไคลีน	พ. ว. ช.
ฉนวนไฟฟ้า	3	4	3
ผลิตง่าย	3	4	4
การตกแต่ง	3	4	3
การประกอบ	3	4	3
ความทนทาน	2	3	4
การยืดหดตัว	3	4	3
รับน้ำหนัก	3	4	3
ราคา	4	4	3
รวม	24	31	26

หมายเหตุ 4 ดีมาก
3 ดี
2 พอใช้
1 เลว

สรุปการวิเคราะห์หัตถนิคมลาคติที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำลอสายพาน คือ โพลีสไคลีน

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์กรรมวิธีการผลิตล้อยางพาราสดัก

คุณสมบัติ	การผลิตแบบฉีด	การผลิตแบบอัด	การปรับปรุงความรวดเร็ว
ผลิตง่าย	4	3	2
ราคาถูก	4	3	2
ความทนทาน	4	4	3
สวยงาม	4	3	4
ตกแตงง่าย	4	3	4
รวม	20	16	15

หมายเหตุ

4

3

2

1

ดีมาก

ดี

พอใช้

เลว

สรุปการวิเคราะห์กรรมวิธีการผลิตล้อยางพาราที่เหมาะสมที่สุด คือ การผลิตแบบฉีด เข้ามะพิมพ์

3.4.5 แกนเพลลา ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนในทิศทางเดียวกับของการหมุนของคนที่กำเนิดแรงหมุน หรือ เปรื่องที่ขี้นกับแกนเพลลา นี้ ๆ แกนเพลลาที่ต้องทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน ไม่ยืดหรือหดตัวง่ายสามารถทนต่อภาวะอากาศ และอุณหภูมิสูงได้ ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำแกน เพลลาอีกทีหนึ่ง จากกรวิเคราะห์พบว่าวัสดุที่ใช้ทำแกน เพลลา มีดังนี้ คือ

1. ไม้
2. เหล็กธรรมดา
3. เหล็กกล้า

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ทำแกน เพลลา

คุณสมบัติ	ไม้	เหล็กธรรมดา	เหล็กกล้า
ความทนทาน	1	3	4
ท่าความร้อน	1	3	4
การยืดหดตัว	3	4	3
ฉนวนไฟฟ้า	4	2	2
ราคา	4	3	3
การผลิต	3	4	4
รวม	16	19	20

<u>หมายเหตุ</u>	4	ดีมาก
	3	ดี
	2	พอใช้
	1	เลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปการวิเคราะห์วัสดุที่เหมาะสมใช้ทำแกนเหน็ดมากที่สุด คือ เหล็กกล้า

4.4.6 แม่เหล็ก (MAGNETS)

แม่เหล็กเป็นสารชนิดหนึ่งที่สามารถดูดสารบางอย่าง เช่น เหล็ก เหล็กกล้า นิกเกิล หรือโคบอลต์ จากการวิเคราะห์แม่เหล็กแบ่งได้เป็น 3 พวก คือ

1. แม่เหล็กธรรมชาติ (NATURAL MAGNETS)

พบในธรรมชาติในรูปของแร่ เรียกว่า แมกนีไทต์ มีพลังสามารถดูดเหล็กชิ้นเล็ก ๆ ได้ พบมากใกล้ แมกนีเซีย ในเอเชีย ชาวจีนโบราณใช้ทำเข็มทิศในการเดินเรือในทะเล และเรียกว่า หินนำทาง

2. แม่เหล็กถาวร (PERMENT MAGNETS) เป็นแม่เหล็กที่

ประดิษฐ์ขึ้น เพื่อความสะดวกในการนำมาใช้งาน ทำจากเหล็กกล้าพิเศษ และโลหะผสม เช่น อัลนิโก ทำให้เป็นแท่งแม่เหล็กได้โดยการสอดแท่งโลหะเข้าไปในขดลวดที่หุ้มฉนวน แล้วผ่านกระแสอย่างแรงโดยตรงผ่านขดลวด ดังรูปที่ และแท่งโลหะชนิดเดียวกันทำให้เป็นแม่เหล็กได้โดยการดูดยแท่งแม่เหล็ก ดังรูปที่ จะกลายเป็นแม่เหล็ก แม่เหล็กชนิดนี้ใช้ทำลำโพงแม่เหล็ก เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

3. แม่เหล็กไฟฟ้า (ELECTRO MAGNETS) ประกอบด้วย

แกนเหล็กอ่อนซึ่งเป็นขดลวดที่หุ้มฉนวน เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด แกนจะกลายเป็นแม่เหล็ก เมื่อกระแสหยุดไหล แกนเหล็กจะสูญเสียพลังงานแม่เหล็กไปหมด

รูปร่างของแม่เหล็ก (MAGNETIC SHAPES)

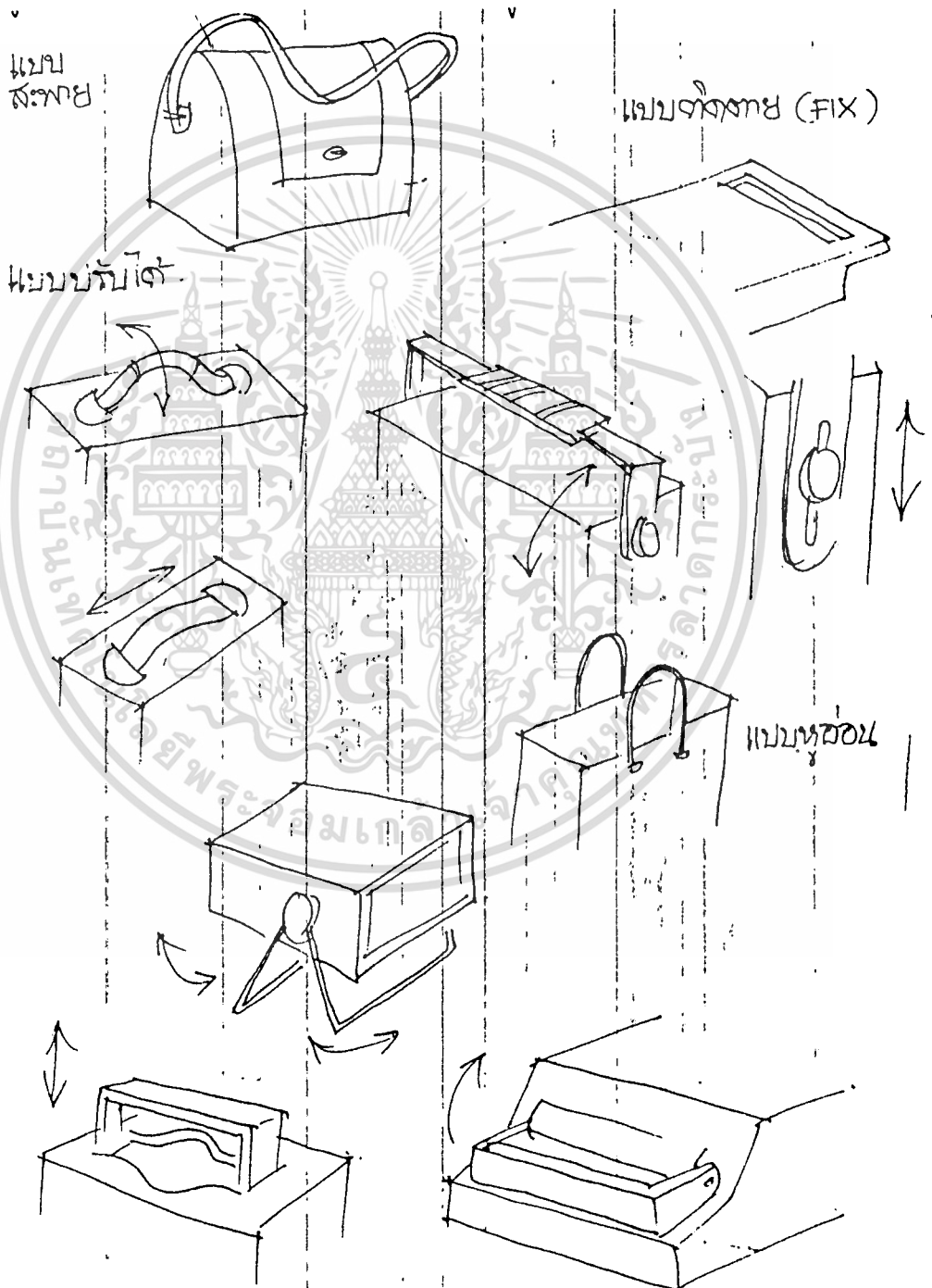
เนื่องจากการใช้แม่เหล็กเป็นประโยชน์หลายอย่าง จึงได้ทำขนาดรูปร่างต่างกัน จากการวิเคราะห์พบว่ารูปร่างของแม่เหล็กแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. แม่เหล็กแท่ง ใช้กันมากในโรงเรียน หอจดกลอง เพื่อการศึกษา คุณสมบัติ และผลทางแม่เหล็ก ซึ่งแม่เหล็กแท่ง จะช่วยใดมากในการแสดงผลต่าง ๆ ทางแม่เหล็ก

2. แม่เหล็กชนิดวงแหวน ใช้สำหรับทำคอมพิวเตอร์ การใช้ที่พบได้บ่อยสำหรับแม่เหล็กชนิดวงแหวน จะป้องกันเครื่องมือไฟฟ้าทั้งไกลดลามาแล้ว

แม่เหล็กรูปเกือกม้า มีลักษณะโค้ง เหมือนเกือกม้า และจะได้กำลังแม่เหล็กที่แรงกว่าแม่เหล็กขนาดเดียวกัน เครื่องวัดทางไฟฟ้าจึงมักใช้แม่เหล็กรูปเกือกม้ากัน เป็นส่วนใหญ่

4.4.7 หูหัว หูหัวมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด สัก เกอๆ ใ้จากรูปที่แสดง



วิเคราะห์หัว

เลือกใช้หัวที่มีลักษณะที่บีบได้ เพื่อสะดวกต่อการเก็บ และให้ง่ายต่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

วิเคราะห์สายไฟ

เลือกใช้สายชนิด วี ซี ที เป็นสายอเนกประสงค์ไปทั่วเส้นลวดทองแดงจำนวนที่หุ้มด้วยพลาสติก พี วี ซี

วิเคราะห์สัญลักษณ์

ใช้เป็นตัวหนังสือภาษาอังกฤษ เป็นคำย่อต่าง ๆ ซึ่งทางวิศวกรที่เกี่ยวข้องจะเข้าใจไม่สับสน เป็นตัวหนังสือที่มีแบบเรียบง่าย

4.4.8 แจ็ค (JACK OR PLUG)

เป็นการเชื่อมโยงวงจรเข้าด้วยกันโดยเป็นขั้วต่อชนิดเสียบเข้าออก สามารถทำได้อย่างรวดเร็วในการใช้งาน จะมีทั้งตัวผู้และตัวเมียเข้าด้วยกันได้ จากการวิเคราะห์สามารถแยกประเภทชนิดได้ดังนี้ คือ

— EARPHONE JACK เป็น JACK ชนิดเสียบหูฟังลักษณะเป็นแกนเดี่ยว แต่มี 2 ขั้ว ขั้วในจะสอดอยู่กับอีกขั้วหนึ่งที่เป็นขั้วออก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 – 3.5 มม. ใช้มากในไมโครโฟนชนิดเล็ก หูฟังสำหรับวิทยุทรานซิสเตอร์

— D.C. JACK ใช้เสียบต่อจากภาคจ่ายไฟ ADAPTER สู่อุปกรณ์ใช้ไฟ เช่น เครื่องคิดเลขขนาดเล็ก วิทยุกระเป๋าทัวร์ มีรูตรงกลาง และมี 2 ชั้น คล้าย JACK หูฟัง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 มม.

— ANTENNA JACK เป็น JACK เสียบสายอากาศโทรทัศน์ มีขั้วเดี่ยวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 มม.

— MICROPHONE JACK ลักษณะเหมือน EARPHONE JACK แต่มีขนาดใหญ่กว่า คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 มม. ใช้งานกับไมโครโฟนขนาดใหญ่มาตรฐาน และปลั๊กเสียบหูฟังสเตอริโอ

- ส่วนมากมักจะใช้งานสำหรับอุปกรณ์เครื่องเสียง เช่น คอจากเครื่อง เทปไปสู่เครื่องขยายเสียง
- RCA JACK เรียกชื่อตามเครื่องหมายการค้าของบริษัท
 - DIN JACK ลักษณะ เป็นปลั๊ก 5 ขา ใช้งานด้านเครื่องเสียง เช่นเดียวกับ RAC JACK แต่เป็นมาตรฐานสำหรับประเทศแถบยุโรป คือขั้วต่อชนิดเสียบขันเข้าด้วยกัน โดยที่การใช้งานไม่จำเป็นต้องคู่กัน เหมือนกับ JACK มีอยู่หลายประเภท
 - CONNECTOR ขั้วต่อลูกเต๋า เป็นพลาสติกสีขาวที่เสียบมีสกรูสำหรับขันสายไฟที่จะต่อเข้าด้วยกัน ส่วนมากจะเป็นการใช้งานด้านการต่อไฟฟ้าในอาคาร เป็นส่วนใหญ่
 - CUBECONNECTOR
 - EDGE BOARD CONNECTOR ขั้วเสียบที่ทำไว้สำหรับแผ่นวงจรพิมพ์ PRINTED CIRCUIT BOARD โดยเฉพาะมีลักษณะเป็นรางสำหรับเสียบริมของ PCB ที่มีลวดทองแดงอยู่ตรงริมบอร์ด เพื่อให้เข้ากับขั้วของ CONNECTOR พอดีบอร์ดนี้มีขนาดความยาวต่างกันตั้งแต่ 5 - 72 ขั้ว การใช้งานส่วนมากในเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์ เพราะสะดวกในการซ่อมบำรุง
 - TERMINAL ขั้วต่อสำหรับเสียบหรือขันสกรูใส่ต่อสายที่ไม่ต้องการถอดเข้าออกบ่อย เช่น สายลำโพง สายอากาศ เป็นต้น
 - SOCKET ใช้เสียบอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ IC แทนการบัดกรีที่ขาโดยตรง เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดจากการบัดกรี
- ลักษณะของ JACK AND CONNECTOR ที่กล่าวมานี้ เป็นส่วนหนึ่งที่นิยมใช้เป็นมาตรฐานในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง

4.4.9 สายไฟ

จากการวิเคราะห์สามารถแยกประเภทชนิดของสายไฟขนาด และการนำไปใช้งานได้ดังนี้

แบบสาย	โครงสร้าง	การนำไปใช้งาน
VFF VTF	ง ข	การเดินเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า มีแรงดันไม่เกิน 250 โวลต์
AV	ง ข	ใช้เดินสายแรงต่ำในรถยนต์
VCT	ง ข	เป็นสายอ่อนใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มักจะเคลื่อนที่ไปมาเช่น พัดลมไฟฟ้า
NYY	ก ข ค	ใช้ฝังดินโดยตรง สำหรับการใช้งานที่มีแรงดันไม่เกิน 750 โวลต์ โดยไม่ต้องใส่ในท่อ เหล็กหุ้มอยู่ภายในเป็นเกราะอีกชั้นหนึ่งสำหรับการตีฟ้า
NYCY	ก ข ค จ	ลักษณะการนำไปใช้งาน เช่นเดียวกับ
AAC	ด ฉ	ใช้สำหรับเดินสายแรงสูงที่มีแรงดันได้มากกว่า 30 กิโลโวลต์ เพราะมีความเค้นแรงดึงสูงกว่า
ACSR	ช ช หรือ ฎ	ใช้เดินสายแรงต่ำเพื่อจ่ายไฟฟ้าภายนอกอาคาร แรงดัน 750 โวลต์
AW	ช ช ค	ใช้ฝังดินโดยตรงโดยไม่ต้องใส่ท่อโลหะ ใช้กับแรงดันไม่เกิน 750 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของสายใยชนิดต่าง ๆ

ชนิด	พื้นที่ หน้าตัด ตร.มม.	จำนวนเส้น / ผ่าศูนย์กลาง มม.	(1)	(2)	(3)	(4)
IV VAF TW THW A	0.5	1/0.80	0.6	0.8	0.073	0.087
IV VAF ↑ TW THW A B NYY	1	1/1.13	0.6	0.8	0.057	0.070
IV VAF ↑ B	1.5	1/1.38	0.6	0.8	0.050	0.061
IV VAF ↑ B	2.5	1/1.78	0.7	0.8	0.046	0.051
IV VAF ↑ B	4	1/2.25	0.8	0.9	0.043	0.047
IV VAF ↑ B	6	1/2.76	0.8	0.9	0.036	0.040
IV VAF ↑ B	6	7/1.04	0.8	0.9	0.033	0.036
IV VAF ↓ NYY	10	1/3.57	1.0*	1.1	0.035	0.038
IV VAF ↑ TW THW A B	10	7/1.35	1.0*	1.1	0.032	0.034
IV VAF ↑ B	16	7/1.70	1.0	1.1	0.026	0.028
IV VAF ↑ B	25	7/2.14	1.2	1.3	0.025	0.027
IV VAF ↑ B	35	7/2.52	1.2	1.3	0.022	0.023
IV VAF ↓ NYY	35	19/1.53	1.2	1.3	0.021	0.023
IV ↓ NYY	50	19/1.83	1.4	1.5	0.021	0.023
IV ↓ TW THW A	70	19/2.14	1.4	1.5	0.018	0.020
IV ↓ TW THW A	95	19/2.52	1.6	1.7	0.018	0.019
IV ↓ TW THW A	120	37/2.03	1.6	1.7	0.016	0.017
IV ↓ TW THW A	150	37/2.25	1.8	1.9	0.016	0.017
IV ↓ TW THW A	185	37/2.52		2.1		0.017
IV ↓ TW THW A	240	61/2.25		2.3		0.016
IV ↓ TW THW A	300	61/2.52		2.5		0.016
IV ↓ TW THW A	400	61/2.85		2.7		0.015
IV ↓ TW THW A	500	61/3.25		3.1		0.015

- (1) ความหนาเฉลี่ยของฉนวน (มม.)
- (2) ความหนาเฉลี่ยของฉนวนเฉพาะชนิด TW, TW, THW, A, B, NYY (มม.)
- (3) ค่าค่าสถิติของความต้านฉนวนที่ 60 องศา เซลเซียส (แมกโอห์ม กม.)
- (4) ค่าค่าสถิติของความต้านฉนวนที่ 60 องศา เซลเซียส (มอ. กม.)

เฉพาะชนิด TW, THW, A, B, NYY

หมายเหตุ เฉพาะ IV VFA ไซท์กับแรงดัน 250

* VFA = 0.9

นอกนี้ไซท์กับแรงดัน 750 V

** VAF = 0.32

ชนิด NYY ในตารางนี้เป็นแบบ

*** VAF = 0.29

แกนคู่ขึ้นไป

ตารางที่ 26 จำนวนกระแสสูงสุดที่ยอมให้ใช้กับสายใยขนาดต่าง ๆ

ขนาดเนื้อที่หน้าตัด (ตารางมิลลิเมตร)	กระแสสูงสุดสำหรับสายหุ้ม เดินในอากาศและนอกอาคาร (แอมแปร์)	กระแสสูงสุดสำหรับสายหุ้ม เดินในท่อหรือภายในอาคาร (แอมแปร์)
0.5	—	3
1	10	6
1.5	13	8
2.5	19	12
4	27	16
6	36	22
10	51	30
16	78	50
25	96	54
35	119	79
50	150	102
70	188	121
95	231	150
120	268	170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การวิเคราะห์การใช้สื่อกับอุปกรณ์ฯ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การวิเคราะห์การใช้สื่อนั้น จุดมุ่งหมาย เพื่อต้องการที่จะตกแก่ภายนอกใหม่มีความสวยงาม เกิดอิทธิพลด้านจิตใจ เหมาะกับการนำมาใช้งาน และประโยชน์ทางการมอง และการทำความเข้าใจ เราสามารถนำหลักการมาพิจารณาเพื่อวิเคราะห์การใช้สื่ที่เหมาะสมได้ดังนี้

- การใช้สีเพื่อดึงดูดความสนใจ และเพิ่มความสวยงาม
- การใช้สีให้ถูกต้องกับภาพยูเอช และสถานที่นำไปใช้
- การใช้สีเพื่อ เป็นตัวป้องกันให้กับวัสดุที่โซ่ทำอุปกรณ์ฯ
- การใช้สีโดยคำนึงถึงความประหยัด หรือหลีกเลี่ยงการใช้สีมาเคลือบผิว โดยการใช้สีของวัสดุที่นำมาผลิตให้เป็นประโยชน์

การใช้สื่อกับอุปกรณ์ฯ เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ สามารถแบ่งออกเป็นส่วนประกอบใหญ่ ๆ ออกเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้ คือ

1. การใช้สีกับตัวโครงสร้างส่วนฐาน
2. การใช้สีกับโครงสร้างแผงทดสอบกระแสไฟฟ้า
3. การใช้สีกับกานหนาแผงทดสอบกระแสไฟฟ้า
4. การใช้สีกับส่วนประกอบ และอุปกรณ์ทดสอบต่าง ๆ
5. การใช้สีเพื่อ เน้นการระบุชื่อของอุปกรณ์

วิเคราะห์การใช้สี

แบ่งเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้คือ

- 1.
2. โครงสร้างภายใน

ตารางที่ 27 การวิเคราะห์การใช้สีกับโครงสร้างส่วนฐาน

คุณสมบัติ	สีในเนื้อวัสดุ	ขอบ เคื่องอบผิวควยโลหะ	สีที่ขอบเคื่องอบผิว
จำนวนไฟฟ้า	4	1	4
ความทนทาน	4	3	2
ความสวยงาม	3	4	4
ความประหยัด	4	2	3
ลดขั้นตอนการผลิต	4	2	2
รวม	19	12	15

หมายเหตุ

4

สีมาก

3

สี

2

พอใช้

1

เลว

สรุป การวิเคราะห์การใช้สีกับโครงสร้างส่วนฐานที่เหมาะสม คือ การใช้สีในเนื้อวัสดุเลย

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์การใช้สีกับโครงสร้างएंทอสอม

คุณสมบัติ	สีในเนื้อวัสดุ	ชมพู เค็ดือบผิวควายโลหะ	สีพื้น เค็ดือบผิว
ฉนวนไฟฟ้า	4	1	4
ความทนทาน	4	3	2
ความสวยงาม	3	4	4
ความประหยัด	4	2	3
ลดขั้นตอนการผลิต	4	2	2
รวม	19	12	15

หมายเหตุ

4

ดีมาก

3

ดี

2

พอใช้

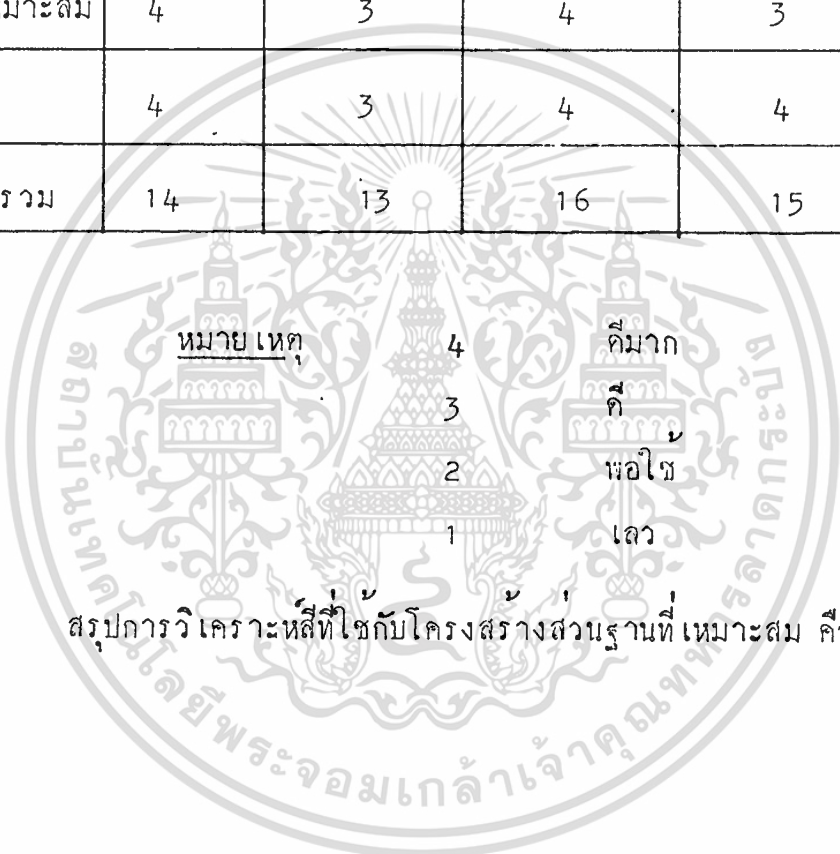
1

เฉย

สรุป การวิเคราะห์การใช้สีกับโครงสร้างएंทอสอมที่เหมาะสม คือ การใช้สีในเนื้อวัสดุเลย

ตารางที่ 29 การวิเคราะห์สัที่ที่ใช้กับโครงสร้างส่วนฐาน

คุณสมบัติ	สี่ค่า	สี่เทา	สี่เทาอมค่า	สี่น้ำเงิน	สี่น้ำเงินเทา
ความสวยงาม	3	4	4	4	3
ความสง่างาม	3	3	4	4	4
ความเหมาะสม	4	3	4	3	4
หนักแน่น	4	3	4	4	4
รวม	14	13	16	15	15



สรุปการวิเคราะห์สัที่ที่ใช้กับโครงสร้างส่วนฐานที่เหมาะสม คือ สี่เทาอมค่า

ตารางที่ 30 การวิเคราะห์ผู้ใช้กับโครงสร้างแผงทดสอบกระแสไฟฟ้า

คุณสมบัติ	สีขา	สีครีม	สีครีมขาว	สีเทา	สีเทา
ความสวยงาม	3	4	4	2	2
ความเหมาะสม	3	3	4	2	3
ความแข็งแรง	2	2	3	4	3
ความน่าสนใจ	3	3	4	2	3
รวม	11	12	15	10	11

หมายเหตุ

4

ดีมาก

3

ดี

2

พอใช้

1

เลว

จากการวิเคราะห์การใช้สีกับโครงสร้างแผงทดสอบกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม

คือสีขาครีม

ตารางที่ 51 การวิเคราะห์การใช้สีค้ำหน้าแผงทดสอบกระแสไฟฟ้า

คุณสมบัติ	สีในเนื้อวัสดุ	รูปเคลือบผิวด้วยโลหะ	สีพื้นเคลือบผิว
สะดวกในการใช้งาน	1	1	4
ความทนทาน	4	3	2
ความสวยงาม	3	3	4
ความประหยัด	2	1	4
ผลิตง่าย	3	2	4
รวม	13	10	18

หมายเหตุ

4

ดีมาก

3

ดี

2

พอใช้

1

เลว

สรุปการวิเคราะห์การใช้สีค้ำหน้าแผงทดสอบกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด คือ สีพื้นเคลือบผิว

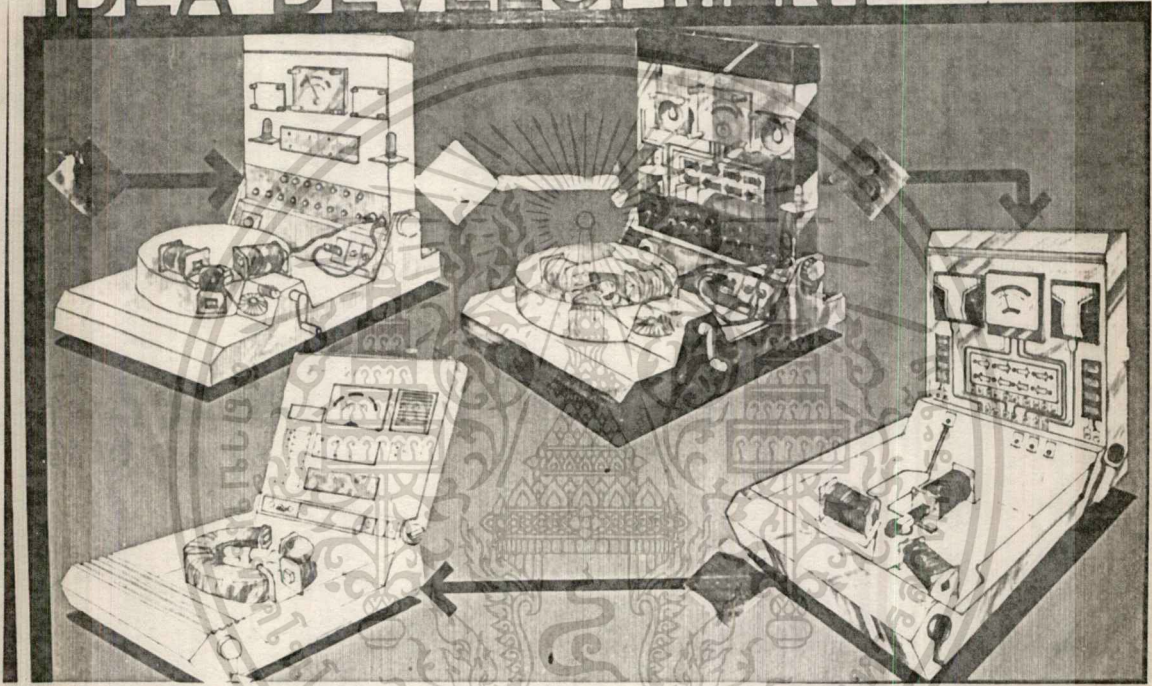
บทที่ 5

การออกแบบ

5.1 แนวทางในการออกแบบ

1. โครงสร้างส่วนใหญ่ของอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้วัสดุพลาสติกโพลีเอทิลีน ผลิตโดยวิธีฉีด เขาแม่พิมพ์ฉีด โดยการให้สิ่งไปในเนื้อพลาสติก โครงสร้างส่วนบนให้เป็นสี่เหลี่ยมทอมนขาว โครงสร้างส่วนฐานให้เป็นสี่เหลี่ยม และแบ่งอุปกรณ์ทดสอบต่าง ๆ ก็ให้สีเหมือนกับโครงสร้างส่วนบน คือสีทอมนขาว และสามารถพิมพ์ขึ้นลงได้เพื่อความสะดวกในการเก็บรักษาและการนำพาเคลื่อนย้าย ความสูงของชุดอุปกรณ์เมื่อใช้งาน เซนติเมตร ความสูงเมื่อพับเก็บ เซนติเมตร และความกว้าง เซนติเมตร ความยาว เซนติเมตร
2. ฝาครอบชุดอาเมเจอร์ ใช้พลาสติกใส เพื่อให้สามารถสังเกตเห็นลักษณะการหมุนตัวของแม่เหล็กและชดลวดได้เป็นอย่างดี
3. สายไฟที่เป็นสีน้ำตาลไฟฟ้าใช้ เป็นสัญลักษณ์สีแทนอาเมเจอร์ แต่ละชุดโดยให้ชุดที่ 1 เป็นสีแดง ชุดที่ 2 เป็นสีเหลือง ชุดที่ 3 เป็นสีเขียว และที่เป็นกลางให้เป็นสีเทาหรือดำ
4. ตัวอาเมเจอร์ หรือชดลวดซึ่งพันรอบแกนโลหะก็ใช้การพันและรูปลักษณะเป็นวงกลมตามรูปของการหมุนของแม่เหล็ก โดยเปลี่ยนแปลงปรับปรุงจาก ชุดอุปกรณ์เดิมที่มีปัญหาให้หมดไป
5. การส่งกำลัง ที่จะต่อแรง เข้าไปหมุนให้แม่เหล็กหมุนตัวชดลวด ด้วยการเลือก ใช้ ระบบการส่งกำลัง 2 วิธี คือโดยการไข เฟือง และสายพาน
6. สายพาน ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง เซนติเมตร ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิตคือ ยางสีน้ำตาล

IDEA DEVELOPMENT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAIL. SCALE 1:1

รายละเอียด	ขนาด	วัสดุ	ผิว	หมายเหตุ
1. วัสดุ	2. ขนาด	3. ผิว	4. หมายเหตุ	5. วัสดุ
6. วัสดุ	7. ขนาด	8. ผิว	9. หมายเหตุ	10. วัสดุ
11. วัสดุ	12. ขนาด	13. ผิว	14. หมายเหตุ	15. วัสดุ

PRESENTATION

DETAIL N. NO.1 ฐานรอง

รูปตัด
รูปหน้า
รูปข้าง
รูปบน

ISOMETRIC SCALE 1:1

DETAIL L. ฐานรอง

รูปตัด
รูปหน้า
รูปข้าง
รูปบน

ISOMETRIC SCALE 1:1

DETAIL M. ฐานรอง

รูปตัด
รูปหน้า
รูปข้าง
รูปบน

ISOMETRIC SCALE 1:1

DETAIL N. NO.2 ฐานรอง

รูปตัด
รูปหน้า
รูปข้าง
รูปบน

ISOMETRIC SCALE 1:1

DETAIL O. NO. 30 ฐานรอง

รูปตัด
รูปหน้า
รูปข้าง
รูปบน

ISOMETRIC SCALE 1:1

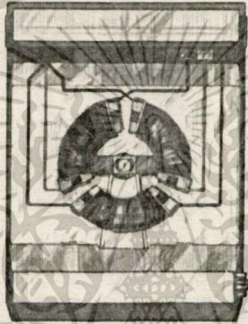
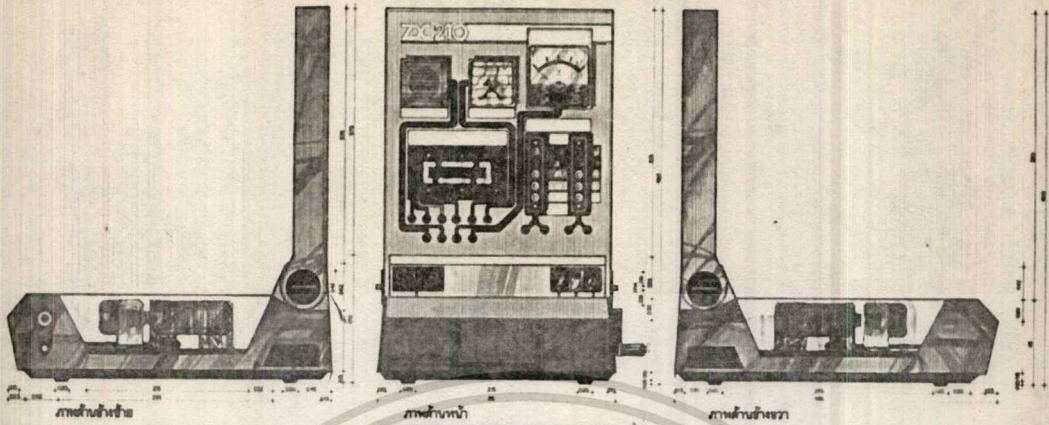
DETAIL P. NO. 5 ฐานรอง

รูปตัด
รูปหน้า
รูปข้าง
รูปบน

ISOMETRIC SCALE 1:1

ชื่อผู้จัดทำ	ชื่ออาจารย์	ชื่อสถาบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



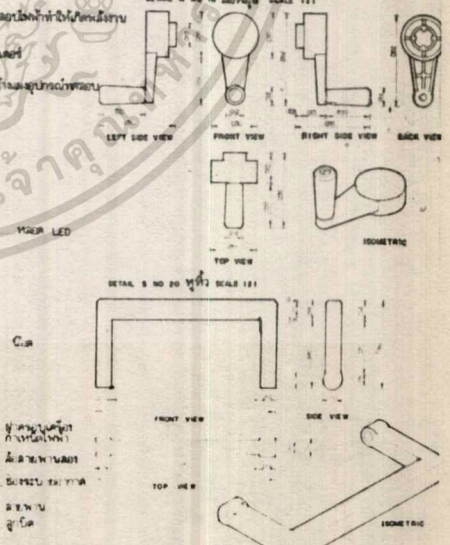
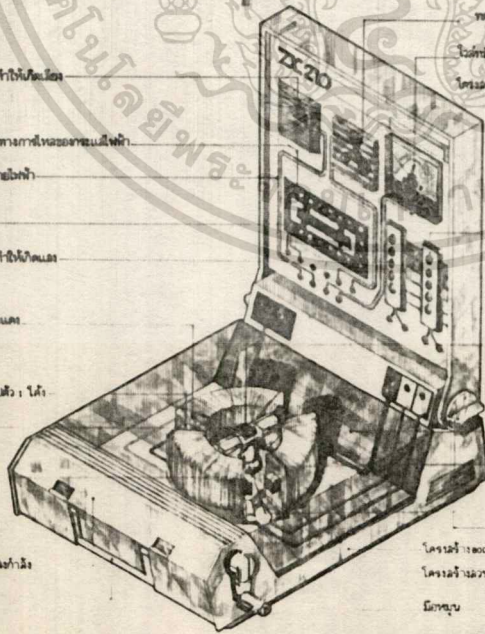
DIMENSION

ชุดอุปกรณ์ภาคสนามวิทยุเทเลวิชั่น มอริอิมิฮารุ มอริอิมิฮารุ จำกัด ประเทศไทย

ขนาดกระดาษ:	ขนาด ๒๑๐x๒๙๗ มม. (A๓)	อัตราขยาย:	๑:๑
วันที่พิมพ์:	๒๕๒๓	ชื่อผู้พิมพ์:	มอริอิมิฮารุ จำกัด
เลขที่พิมพ์:	๒๕๒๓	ชื่อผู้พิมพ์:	มอริอิมิฮารุ จำกัด

สงวนลิขสิทธิ์ในสิทธิบัตรของ มอริอิมิฮารุ จำกัด ประเทศไทย

- ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์
- อุปกรณ์ตรวจสอบทิศทางการไหลของแสงแม่เหล็ก
- แผงควบคุมในภายหลัง
- แผงตัวรับ
- ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์
- FRAME BODY
- แผ่นเหล็กชุบสังกะสี
- แม่เหล็กไฟฟ้า
- ชุดควบคุมแม่เหล็ก
- ฝาครอบชุดเครื่องกำเนิด
- ตู้หิว

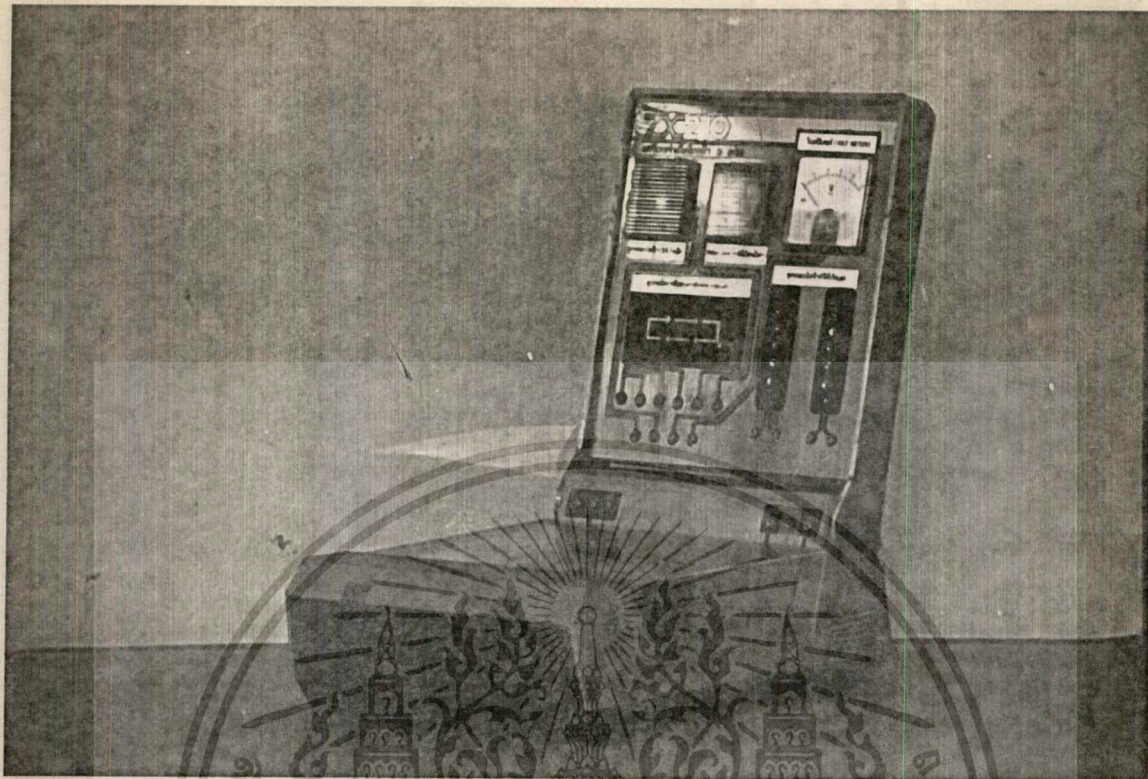


ชุดอุปกรณ์ภาคสนามวิทยุเทเลวิชั่น มอริอิมิฮารุ มอริอิมิฮารุ จำกัด ประเทศไทย

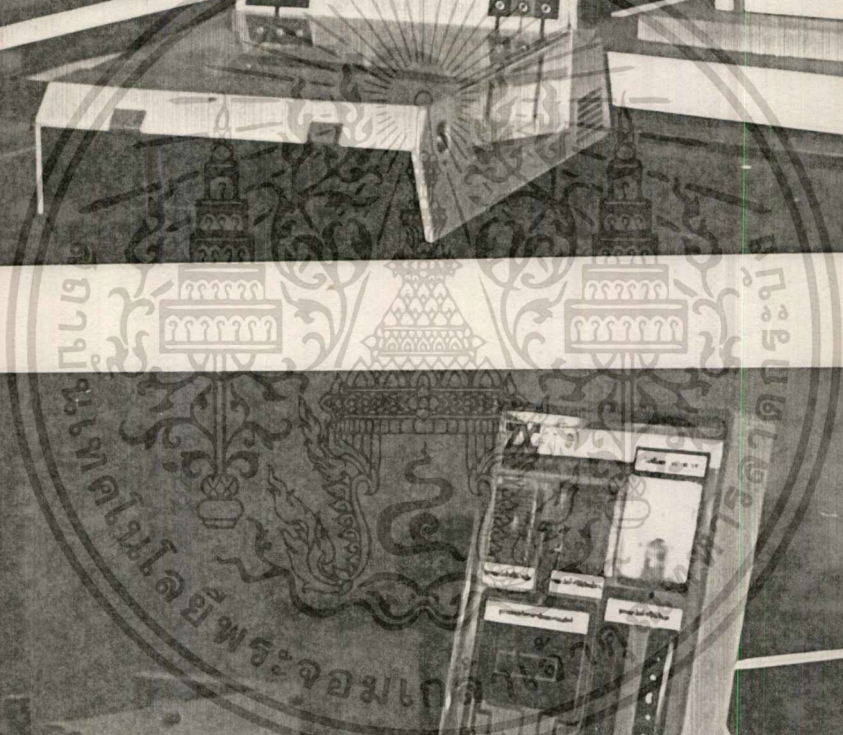
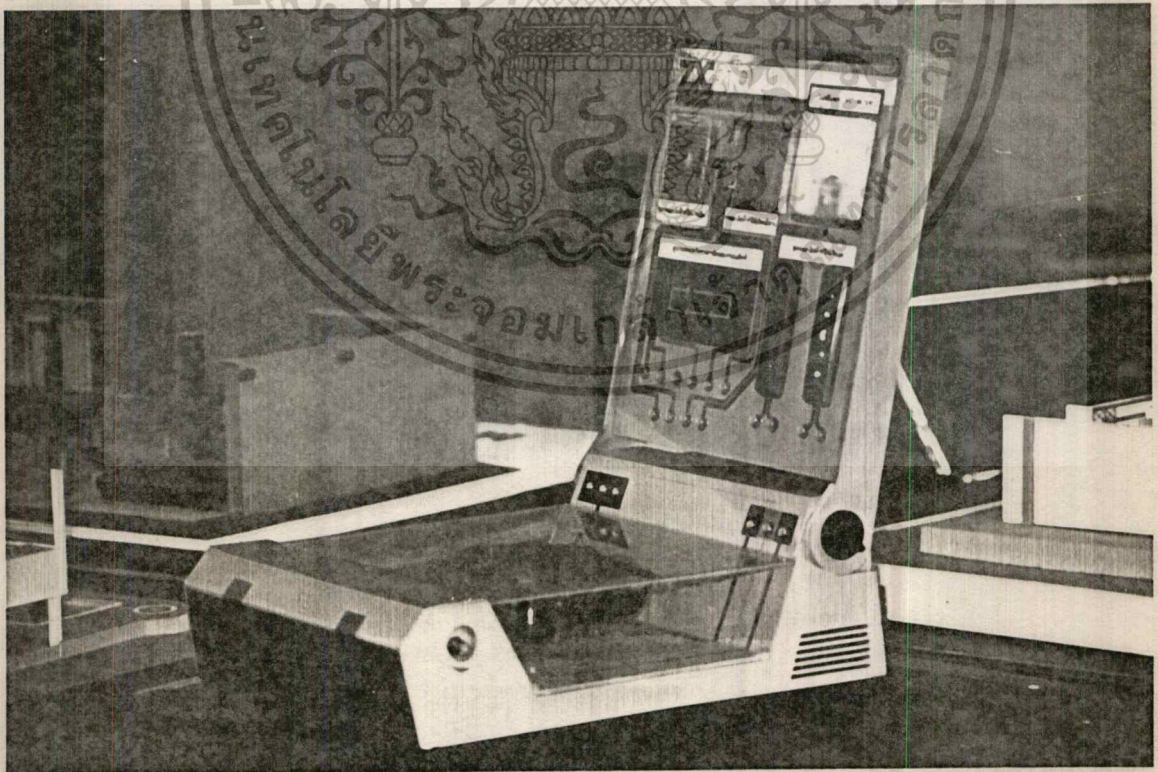
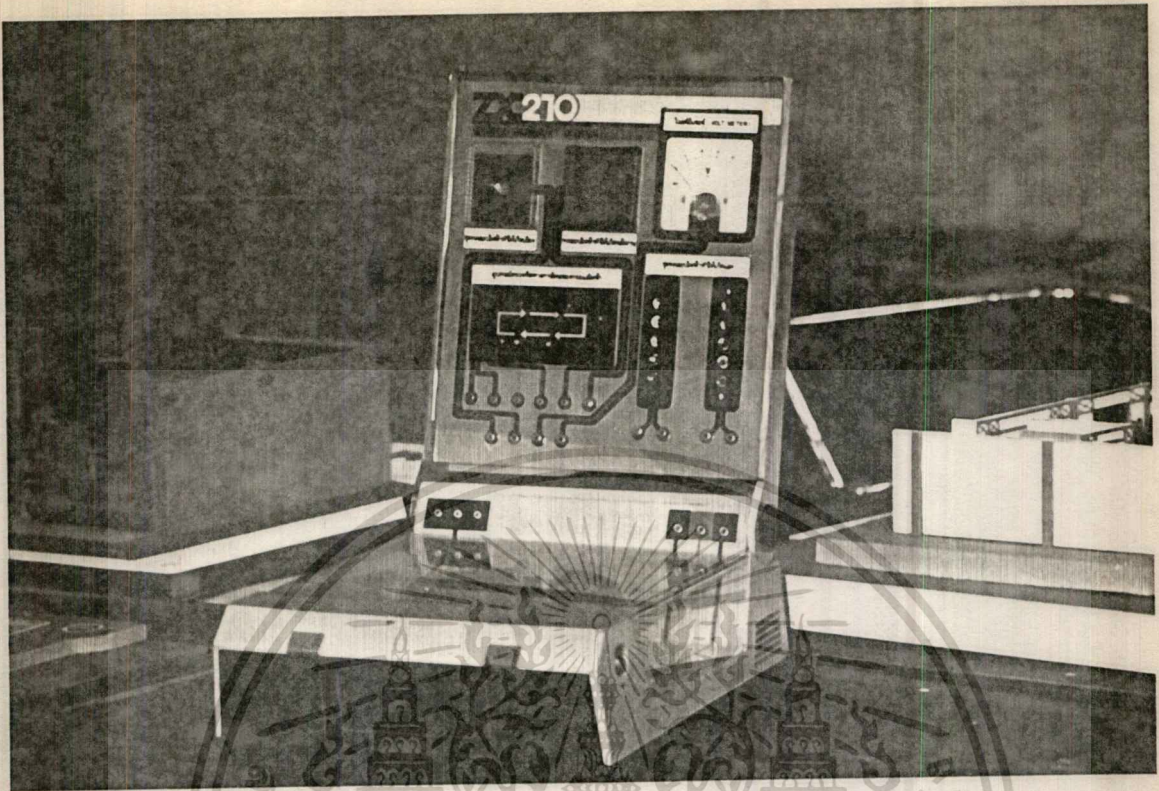
ขนาดกระดาษ:	ขนาด ๒๑๐x๒๙๗ มม. (A๓)	อัตราขยาย:	๑:๑
วันที่พิมพ์:	๒๕๒๓	ชื่อผู้พิมพ์:	มอริอิมิฮารุ จำกัด
เลขที่พิมพ์:	๒๕๒๓	ชื่อผู้พิมพ์:	มอริอิมิฮารุ จำกัด

สงวนลิขสิทธิ์ในสิทธิบัตรของ มอริอิมิฮารุ จำกัด ประเทศไทย

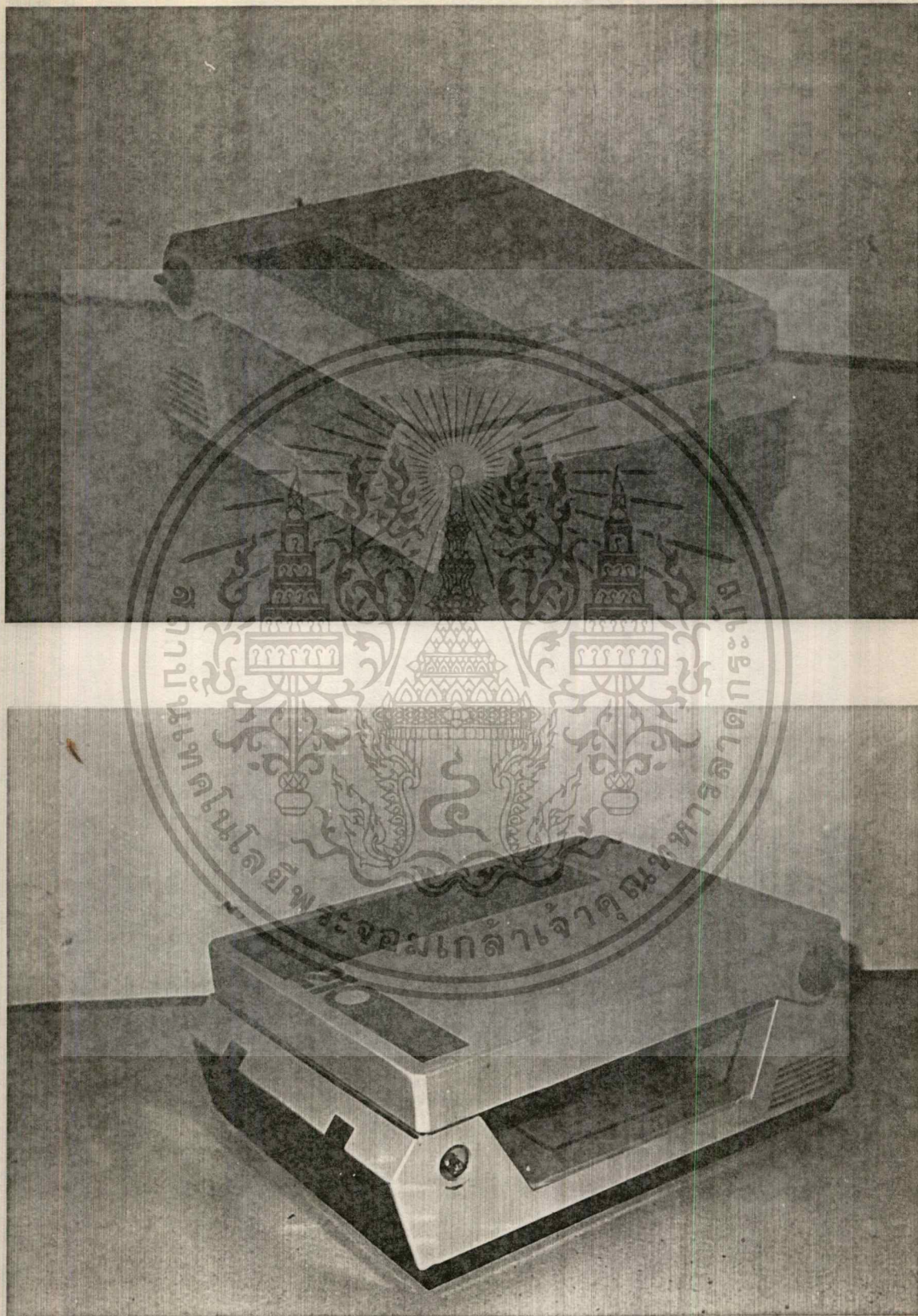
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCEPT OF DESIGN

การศึกษาหลักสูตรการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้น ม.๓

ในหลักสูตรการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ของกระทรวงศึกษาธิการซึ่งได้มีการปรับปรุงหลักสูตรทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขา เมื่อปี พ.ศ. 2520 เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการพัฒนาของเทคโนโลยีในทุกๆ ด้าน ได้วางหลักการหรือจุดมุ่งหมายของหลักสูตรการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ขั้นพื้นฐานไว้ดังนี้คือ

1. ให้นักเรียนได้เรียนรู้หลักของวิชาฟิสิกส์ อย่างเป็นระบบที่สัมพันธ์ และต่อเนื่องกัน
2. ให้นักเรียนมีความเข้าใจในหลักวิชามากกว่าการท่องจำหรือ การคำนวณโดยเริ่มจากสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสค้นหาเหตุผล และหลักความจริงด้วยตัวเอง
3. เพื่อให้นักเรียนได้คุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล
4. เพื่อให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตัวเองจากอุปกรณ์การทดลอง
5. เพื่อให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผลใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
6. เพื่อให้นักเรียนเป็นคนมีเจตคติดี และบากบั่นต่อการทำงาน

CONCEPT OF DESIGN



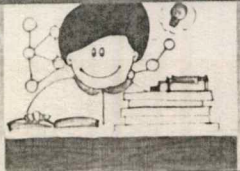
เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้หลักของวิชาฟิสิกส์ อย่างเป็นระบบที่สัมพันธ์ และต่อเนื่องกันมากที่สุด ในทุกกรณีทั้ง การคำนวณ และการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสค้นหาเหตุผล และหลักความจริงด้วยตัวเอง



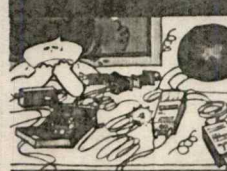
เพื่อให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตัวเองจากอุปกรณ์การทดลอง



เพื่อให้ผู้เรียนได้คุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล



เพื่อให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตัวเองจากอุปกรณ์การทดลอง



เพื่อให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตัวเองจากอุปกรณ์การทดลอง



เพื่อให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตัวเองจากอุปกรณ์การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRESENTATION

DETAIL

แสดงภาพด้านนอกของกล่องพลาสติกใสและกล่องกระดาษแข็งที่พับขึ้น ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบสำคัญ ของกล่องพลาสติกใสและกล่องกระดาษแข็ง

DETAIL 3

แสดงภาพด้านนอกของกล่องพลาสติกใสที่พับขึ้น ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบสำคัญของกล่องพลาสติกใสและกล่องกระดาษแข็ง

DETAIL 4

แสดงภาพด้านในของกล่องพลาสติกใสที่พับขึ้น ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบสำคัญของกล่องพลาสติกใสและกล่องกระดาษแข็ง

DETAIL 2

แสดงภาพด้านในของกล่องพลาสติกใสที่พับขึ้น ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบสำคัญของกล่องพลาสติกใสและกล่องกระดาษแข็ง

ข้อมูลการดำเนินการวิจัย ทดสอบชิ้นงาน เรื่อง การขึ้นรูปพลาสติกใส			
ชื่อผู้จัดทำ	ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	ชื่อวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
ชื่อผู้ช่วย	ชื่อผู้ช่วยที่ปรึกษา	ชื่อวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
ชื่อผู้จัดทำ	ชื่อผู้ช่วยที่ปรึกษา	ชื่อวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา

PRESENTATION

DETAIL

แสดงภาพด้านนอกของกล่องพลาสติกใสที่พับขึ้น ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบสำคัญของกล่องพลาสติกใสและกล่องกระดาษแข็ง

DETAIL

แสดงภาพด้านนอกของกล่องพลาสติกใสที่พับขึ้น ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบสำคัญของกล่องพลาสติกใสและกล่องกระดาษแข็ง

DETAIL

แสดงภาพด้านนอกของกล่องพลาสติกใสที่พับขึ้น ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบสำคัญของกล่องพลาสติกใสและกล่องกระดาษแข็ง

DETAIL

แสดงภาพด้านนอกของกล่องพลาสติกใสที่พับขึ้น ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบสำคัญของกล่องพลาสติกใสและกล่องกระดาษแข็ง

DETAIL

แสดงภาพด้านนอกของกล่องพลาสติกใสที่พับขึ้น ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบสำคัญของกล่องพลาสติกใสและกล่องกระดาษแข็ง

ข้อมูลการดำเนินการวิจัย ทดสอบชิ้นงาน เรื่อง การขึ้นรูปพลาสติกใส			
ชื่อผู้จัดทำ	ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	ชื่อวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
ชื่อผู้ช่วย	ชื่อผู้ช่วยที่ปรึกษา	ชื่อวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
ชื่อผู้จัดทำ	ชื่อผู้ช่วยที่ปรึกษา	ชื่อวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา

PRESENTATION

DETAL 10
แสดงถึงวิธีการใช้สายควบคุมภายใน
และสายควบคุมที่เชื่อมกับสายควบคุม
ภายนอก มีลักษณะเป็นสายควบคุมที่มี
หัวขั้วเป็น สายควบคุมที่มีลักษณะเป็นสาย

DETAL 11
แสดงถึงหัวขั้วที่นำมาเชื่อมกับสายควบคุม
ที่มีลักษณะเป็นสายควบคุมที่มีลักษณะ
เป็นสาย

DETAL 12
การนำสายหัวขั้วมาเชื่อมกับสายควบคุม
ที่มีลักษณะเป็นสายควบคุมที่มีลักษณะ
เป็นสาย

DETAL 13
การนำสายหัวขั้วมาเชื่อมกับสายควบคุม
ที่มีลักษณะเป็นสายควบคุมที่มีลักษณะ
เป็นสาย

รูปควบคุมภายใน	รูปหัวขั้ว	รูปสายควบคุม
รูปสายควบคุม	รูปหัวขั้ว	รูปสายควบคุม
รูปสายควบคุม	รูปหัวขั้ว	รูปสายควบคุม
รูปสายควบคุม	รูปหัวขั้ว	รูปสายควบคุม

PRESENTATION

DETAL 15
แสดงลักษณะการรับสายไฟที่ขั้ว
ซึ่งมีสายไฟใช้สำหรับการเชื่อมต่อ
ทางภายนอก และไฟที่ติด

DETAL 16
แสดงการพิมพ์ที่หน้าหรือด้านหลัง
ซึ่งสามารถพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์
สีหรือสีเทา

DETAL 17
แสดงการพิมพ์
บนกระดาษที่พิมพ์ที่หน้าหรือด้านหลัง
ซึ่งสามารถพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์
สีหรือสีเทา

รูปควบคุมภายใน	รูปหัวขั้ว	รูปสายควบคุม
รูปสายควบคุม	รูปหัวขั้ว	รูปสายควบคุม
รูปสายควบคุม	รูปหัวขั้ว	รูปสายควบคุม
รูปสายควบคุม	รูปหัวขั้ว	รูปสายควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRESENTATION

DETAIL 18

สายเคเบิลพ่วงจากตู้ควบคุม
ที่โรงงานแห่งหนึ่งขาดขาด
ที่ปลายสาย โดยมีการใช้ขา
คีมตัดสายที่รุ่น RODY
ที่ใหม่ และหมวกป้องกัน
ลวด

DETAIL 19

ไฟผ่ากรนที่ติดตั้งที่ตู้
ควบคุมที่โรงงานแห่งหนึ่ง
ที่รัฐสวิตเซอร์แลนด์
ที่เก่า

DETAIL 20

แสงไฟที่ตู้ไฟฟ้าส่องสว่าง เมื่อ
ตู้ถูกระงับเปิด ไฟจะยังทำงาน
สลับขั้วที่ตู้ จากแหล่งพลังงาน
ที่วางไว้

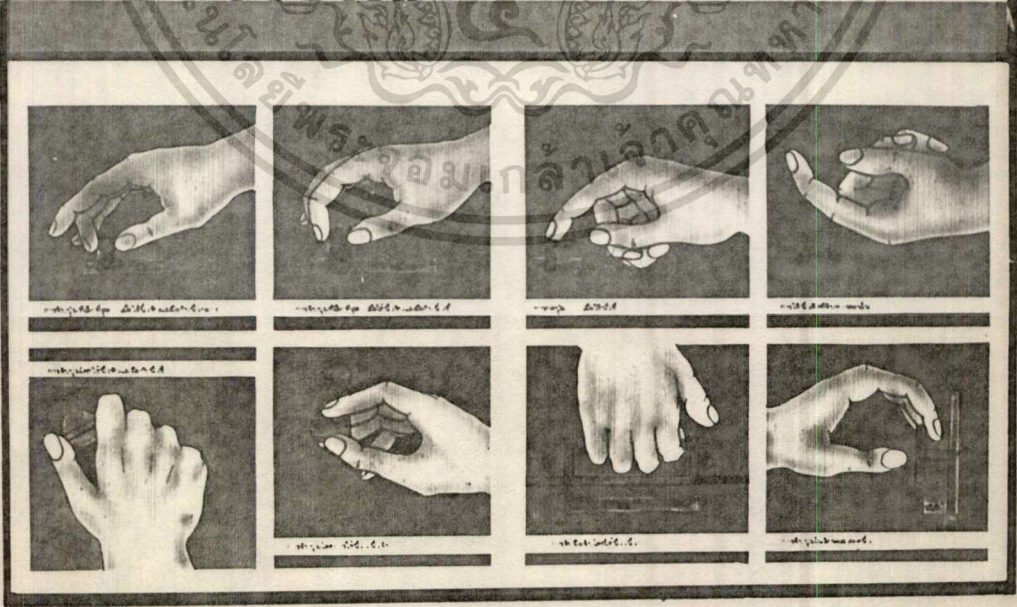
DETAIL 21

แสงไฟที่ตู้ควบคุมที่ตู้ไฟฟ้าโดยที่ตู้จะ
ดับแสงไฟ โดยที่ตู้จะทำงานที่ตู้ไฟฟ้า
ซึ่งไม่ทำงานที่ตู้ไฟฟ้าที่ตู้ไฟฟ้า

ข้อมูลทางเทคนิค พจนานุกรมวิศวกรรม และเครื่องมือช่างไฟฟ้า

ผู้จัดทำ:	บริษัท สยาม...	ปีที่พิมพ์:	พ.ศ. 2525
ผู้เรียบเรียง:	...	จำนวนหน้า:	...
ผู้พิมพ์:	...	ราคา:	...
ที่พิมพ์:	...	เลขที่พิมพ์:	...

ERGONOMIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางวิเคราะห์ความสูงเฉลี่ยอายุ 17-23 ปี

		ค่าเฉลี่ยต่ำสุด ซ.ม	ค่าเฉลี่ยสูงสุด ซ.ม
1	ระยะทรงมองในเชิงเท	30°-40°	45°-55°
2	ความสูงท่ายืน	150	170
3	ความสูงครึ่งนั่งครึ่งยืน	140	165
4	ความสูงครึ่งนั่ง	75	78-80
5	ระยะเอวถึงเข่า	125	132
6	ระยะเอวถึงเข่าไม่อิงเท้า	147	157

หมายเหตุ ได้มาตรฐานในห้องปฏิบัติการทดลอง
ความสูงเฉลี่ยประมาณ 72-75 ซ.ม.

ตารางวิเคราะห์รูปทรง

		รูปร่างสามเหลี่ยม	ประหลาดรูปสี่เหลี่ยม	ทรงกลม	ความยาวเส้นเอว	ความยาวเส้นเอว	ความยาวเส้นเอว	ความยาวเส้นเอว	ความยาวเส้นเอว
<input type="checkbox"/>	รูปทรงสามเหลี่ยม	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	20
<input type="checkbox"/>	รูปทรงสามเหลี่ยม	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	16
<input type="checkbox"/>	รูปทรงกลม	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	12

●● สามเหลี่ยม ●● สี่เหลี่ยม ●● วงกลม ●● เส้นเอว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางวิเคราะห์ระบบส่งกำลัง

	คุณสมบัติ	ประสิทธิภาพการหมุนของเพลา	ไม่สั่นสะเทือน	ทนความร้อน	ใช้ทาน้ำมันง่าย	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ	ประหยัด	อายุการใช้งาน	น้ำหนักเบา	กะทัดรัด	ความแข็งแรงสูง	ราคา
1	การส่งกำลังด้วยสายพาน		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35
2	การส่งกำลังด้วยโซ่		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24
3	การส่งกำลังด้วยเฟือง		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	33

จากการวิเคราะห์ พบว่าระบบการส่งกำลังด้วยสายพาน และด้วยเฟือง เหมาะสมที่จะนำมาใช้มากที่สุด

- 4
 - 3
 - 2
 - 1

ตารางวิเคราะห์ดี

ตารางวิเคราะห์ดีที่ใช้กับโครงขางส่วนแยกของกระเบื้องหัว

ความสวยงาม	<input type="checkbox"/>
ความแข็งแรง	<input type="checkbox"/>
ความแข็งแรง	<input type="checkbox"/>
ความทนทาน	<input type="checkbox"/>

หมายเหตุ 4 - ดีมาก
3 - ดี
2 - พอใช้
1 - แย่

จากการวิเคราะห์กับโครงขางแยกของกระเบื้องหัวที่เหมาะสมคือ **ธิดาธรรม**





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย และขอเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่า และการทดสอบซุกอุปกรณ์ที่ออกแบบปรับปรุงขึ้นมาใหม่ ตลอดจนถึงหลักสูตรที่ใช้ในการศึกษา ความต้องการจำนวนของซุกอุปกรณ์และการใช้งาน ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัย และให้ขอเสนอแนะได้ดังนี้คือ

1. การวิจัยเกี่ยวกับหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ของระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนี้จำนวนนักเรียนในแต่ละชั้นประมาณ 30 - 40 คน และในการปฏิบัติการทดลองแต่ละครั้งต้องใช้ นักเรียน 3 - 5 คน แบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ซุกอุปกรณ์ 1 ชุด
2. ในการออกแบบปรับปรุงซุกอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ชั้น ม. 6 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ จำเป็นต้องลดหรือเพิ่มขนาดส่วนประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญหรือบางสิ่งต้องเปลี่ยนแปลงไปเลย ทั้งนี้เพื่อให้การนำซุกอุปกรณ์ไปใช้ในการปฏิบัติ การทดลองมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น กว่าอุปกรณ์เดิมและปลอดภัย การทดลองที่ถี่กว่า
3. ในการออกแบบปรับปรุง เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายต่อผู้ใช้และความน่าสนใจ ผู้วิจัยไคนำระบบกลไกและการส่งกำลังอย่างง่าย ๆ มาใช้กับอุปกรณ์ เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งาน
4. อุปกรณ์ชุดดังกล่าวนี้สามารถใช้ปฏิบัติการทดลองในอุณหภูมิของห้องได้เลย คือ 37 องศาเซลเซียส
5. ในคานลักษณะการทำงาน ไคนำมาตรฐานของคนไทยอายุ 17 - 23 ปี มาเป็นหลักในการออกแบบขนาดสัดส่วนต่าง ๆ ของซุกอุปกรณ์ เพื่อให้เหมาะสมกับหลักสรีระของมนุษย์ และการใช้งานที่สะดวกสบาย
6. ในคานการออกแบบรูปทรงและสีสรร ของซุกอุปกรณ์นี้ จากผลการวิเคราะห์ ข้อมูลต่าง ๆ แลวนำมาออกแบบส่วนประกอบที่สำคัญบางส่วนจำเป็นต้องออกแบบให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ แต่ก็มี การออกแบบปรับปรุงให้ดีขึ้นหลายอย่างควบคู่กัน ซึ่งให้มีลักษณะที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และสัมพันธ์ เกี่ยวเนื่องกับความงาม ให้ดีกว่าอุปกรณ์เดิมอย่างมากที่ เกี่ยวส่วนในคานการใช้สีนั้น เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในห้องทดลองวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปส่วนมาก

กำลัง ที่จะนำเข้าไปหมุนแม่เหล็กให้ตัดแกนขลวด ควรแสดงให้เห็นตั้งแต่คนกำลังจากที่ใช้
มือหมุนจนถึงการสิ้นสุดการทำงาน ต้องสามารถเฝ้ามอง เห็นโคธั้ เจน ทั้งนี้ เพื่อ เป็นการง่าย
ต่อการทำความเข้าใจของผู้ใช้อุปกรณ์

2. ควรสร้างอุปกรณ์ที่สามารถใช้อุปกรณ์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดนี้คือ เนื่องไปในการ
การเรียนการสอนในชั้นต่อไปได้ เช่น ควรสร้างกังหันน้ำหรือลมที่สามารถต่อเข้ากับเครื่อง
กำเนิดไฟฟ้าตรงจุดมือหมุน คือ เป็นการ เปลี่ยนพลังงานจากที่ใช้มือหมุนมา เป็นการหมุนโดยใช้
แรงน้ำหรือแรงลมแทน จะเพิ่มความเข้าใจของเด็กนักเรียนได้ เป็นอย่างดี โดยที่ไม่จำเป็นต้อง
ไปซื้ออุปกรณ์การสอนในเรื่องนี้ โดยเฉพาะอีก เป็นการประหยัดอีกวิธีหนึ่ง

3. ในการสร้างอุปกรณ์เพื่อใช้ในการ เรียนการสอนต่างๆ ควรจะมีการกำหนด
ชื่อคู่มือการใช้อุปกรณ์ประกอบควย เพื่อง่ายแก่การใช้อุปกรณ์ และการปฏิบัติการทดลองของ
ผู้ใช้อุปกรณ์

4. จากทฤษฎีการกำเนิดของไฟฟ้าโดยแม่เหล็กหมุนตัดแกนขลวดนั้น แรง
เคลื่อนไฟฟ้าจะเกิดขึ้นมากไคจากการ เพิ่มจำนวนขลวดที่ห่อรอบแกนโลหะ และขนาดขล
ลวดให้โตขึ้น พร้อมกับขนาดแม่เหล็กที่มีกำลังสูง

5. ในการสร้างอุปกรณ์จะต้องบริการ แกะไข เป็นอันดับแรก ในคานประโยชน์
การใช้งานโดยตรงกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ และความสะดวกสบายในการใช้
งานในลักษณะต่าง ๆ เป็นการหมุนการ เสียบแจค มุมมองของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถ
มองเห็นโคธั้ทุกคานของโคธั้ปฏิบัติการทดลอง

6. ชุดส่งกำลังของอุปกรณ์ที่ออกแบบไปนี้ ไซ เพื่อ เป็นตัวส่งกำลัง และต่อโดย
สายพานไคหมุนแม่เหล็ก ในระบบการส่งกำลังแบบที่โคธั้เปิดหรือมีฝาครอบทรงส่วนนี้ไว้ เพื่อ
มิให้ฝุ่นละอองตกลงไปในวัน เื่อถึงโคธั้เปิดไว้จึงขอเสนอให้ เห็นว่าควรที่จะทำไคหมุน เห็น
โคธั้โดยการ เปลี่ยน เป็นฝาครอบพลาสติกใสจะโคธั้ดีกว่า และนักเรียนเข้าใจไคง่ายกว่า

การใช้ไฟฟ้ามาตรฐานจะไต่แก่อี้อีกเท่าอนำเงิน, สีดำ, สีเทา, สีน้ำเงิน เป็นต้น ส่วนสีที่ใช้ในการเตือนอันตรายนั้นจะใช้สีแดง หรือสีเขียว เข้าไปช่วยในบางจุด เช่น สายไฟ บุ่มปรับ บุ่ม สวิตซ์ ต่าง ๆ เป็นต้น

7. ในด้านราคาของอุปกรณ์ที่ออกแบบใหม่นี้ จากการประมาณราคาวัสดุและกรรมวิธีการผลิตเฉลี่ยแล้วราคาประมาณเครื่องละ 1,200 - 1,500 บาท (ในกรณีที่ผลิตเป็นจำนวนมาก) ในการออกแบบนี้ จะเห็นได้ว่าผู้วิจัยได้พยายามนำเอาวิชาการ และเทคโนโลยีรวมทั้งวัสดุที่ใช้ในการผลิตใหม่ ๆ เขามาใช้ และที่กำลังเป็นที่นิยมในระบบอุตสาหกรรม เพื่อให้ทันต่อความเจริญก้าวหน้าต่อไป

8. ด้านความสะดวกสบายของผู้ใช้ อุปกรณ์ ผู้วิจัยได้ออกแบบปรับปรุงในรูปแบบที่ทันสมัยและเหมาะสมต่อการใช้งาน และเพิ่มความสะดวกสบายในด้านต่าง ๆ ลงไป เช่น ระบบการส่งกำลังมือหมุน การเก็บรักษาและการนำพา เป็นต้น

9. ในด้านการสนับสนุนทางจิตวิทยาของ เด็กก็เช่นกัน นอกจากมีรูปทรงที่ทันสมัยและน่าสนใจแล้ว ในส่วนที่เป็นพวกปุ่มสายไฟและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกรวดลองในชุดอุปกรณ์นั้นก็ได้เพิ่มสีที่ทำให้เกิดความเข้าใจ และจัดวางได้อย่าง เป็นระเบียบ เพื่อให้เกิดความสนใจและต้องการที่จะเรียนรู้ จากชุดอุปกรณ์ดังกล่าว

10. ในด้านการศึกษาอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้นมาใหม่นี้ เป็นที่ต้องการมากในสถานศึกษาในระดับมัธยมศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานศึกษาต่าง ๆ ที่อยู่ในที่เจริญทางด้านวัตถุมาก เช่น กรุงเทพฯ เป็นต้น ต้องการจัดสรรอุปกรณ์ที่สามารถช่วยให้เด็กสนใจการเรียน และต้องการเรียนรู่มาก เพราะจากการวิจัย ผู้วิจัยได้สอบถามและสัมภาษณ์ครูผู้ทรงคุณวุฒิมีความรู้และผู้บริหารในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาต่าง ๆ ทุกท่านให้ความร่วมมือสนับสนุนส่งเสริมให้ออกแบบชุดใหม่นี้ขึ้น เป็นอย่างดี ซึ่งผู้วิจัยหวัง เป็นอย่างยิ่งว่าจะ เป็นอุปกรณ์การศึกษาที่มีประโยชน์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาต่อไป

ขอเสนอแนะในการสร้างชุดอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้น ม. 6 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. ในการสร้างชุดอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้น ม. 6 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ควรรออย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นการทำงานของทุกส่วนอย่างชัดเจน เป็นแนวทางการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ฉัตรชัย เก่งคุณ และ ดร. โสภณ สุทธิโน. เครื่องวัดการวัดทางไฟฟ้า. :
หน้า 1 - 9, 201 - 202.
- ฉวีณ เป้าอารีย์. ไฟฟ้าเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ปรึกษาการพิมพ์, 2525.
หน้า 25 - 41 , 48 - 53, 175 - 200.
- เอก ไชยสวัสดิ์. การวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : บริษัท เอเชียเทรด, 2527
หน้า 17 - 19
- ศาสตราจารย์ ดร. คัมภีร์. กรรมวิธีการผลิต. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเคียนเนโตร์, 2528.
หน้า 131 - 156
- คมศั รัตนทัศน์. ขบวนการออกแบบทางศิลปอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528
- ศึกษาธิการ, กระทรวง. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 5. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา
ลาดพร้าว, 2526 หน้า 66 - 71
- ศรีศรัทธา นิธิพิพัฒน์. แมคคาเมค. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์โอเคียนเนโตร์, 2520. หน้า 64-
67
- นภกมล เฉลิมโรจน์. ของเล่นอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ ปริญญาตรีสถาปัตยกรรมศาสตร
ศิลปอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2522

เครื่องวัดทางไฟฟ้า

เนื่องจากเราจะไม่สามารถทราบถึงปริมาณของกระแส แรงดัน และปริมาณอื่น ๆ ทางไฟฟ้าได้เพียงแต่จากประสาทสัมผัสโดยตรงของเรา เราจึงจำต้องอาศัยปรากฏการณ์ทางกายภาพ เพื่อเปลี่ยนปริมาณทางไฟฟ้าเหล่านั้นให้เป็นปริมาณที่เราสามารถรับทราบได้โดยประสาทสัมผัส เช่น เปลี่ยนให้แสงออกเป็นขนาดของมุม หรือ จำนวนรอบที่วัตถุหมุนไปเป็นต้น ซึ่งเป็นบางแบบของวิธีการที่ใช้ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้า เครื่องมือที่ใช้เพื่อจุดประสงค์นี้เราเรียกว่า เครื่องวัดทางไฟฟ้า เช่น แอมมิเตอร์แบบธรรมดา ก็เป็นเครื่องวัดปริมาณของกระแสไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนปริมาณนั้นให้ปรากฏออกมาเป็นขนาดของมุมที่เข็มชี้บ้ายเบนไป เป็นต้น

กระแสไฟฟ้าที่เราจะวัดนั้นมีใช้เพียงทราบว่า เป็นกระแสตรง (DC) หรือ กระแสสลับ (AC) เท่านั้น หากแต่ต้องการทราบถึงปริมาณและคุณสมบัติอื่น ๆ ของมันอีกด้วย นอกจากกระแสไฟฟ้าแล้วเรายังต้องการวัดปริมาณทางไฟฟ้าอย่างอื่น ๆ อีก เช่น แรงดัน (voltage) กำลัง (power) และพลังงาน (energy) ฯลฯ ในพื้นที่นี้จะกล่าวถึงว่า เครื่องวัดชนิดใด เราควรรู้อย่างไรในการวัดค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าให้ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และอย่างมีประสิทธิภาพโดยเน้นถึง เครื่องวัดประเภทที่เปลี่ยนปริมาณทางไฟฟ้ามาเป็นการเคลื่อนที่ของ เข็มชี้ไปบนสเกล (scale) โดยไม่ต้องอาศัย เครื่องช่วย เช่น เครื่องขยาย (amplifier) เป็นต้น และ เครื่องวัดประเภทวัดปริมาณรวม (integrating instruments) ซึ่งวัดค่าผลรวมของปริมาณทางไฟฟ้าที่ปรากฏภายในช่วง เวลาที่กำหนด

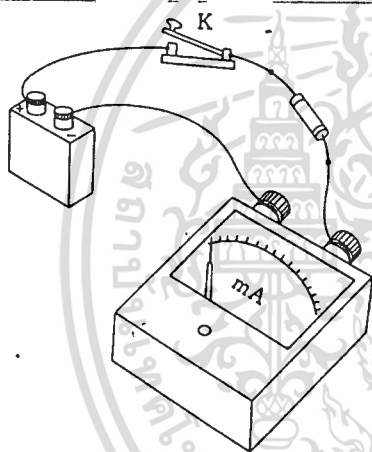
เครื่องวัดชนิดคอยล์หมุน (Moving-Coil Type Instruments)

เครื่องวัดทางไฟฟ้าที่อาศัยหลักการ การหมุนตัวของคอยล์ (coil) ที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรในขณะที่มีไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านคอยล์นั้น เราเรียกว่า เครื่องวัดชนิดคอยล์หมุน เครื่องวัดชนิดนี้เป็นชนิดที่มีความสำคัญมาก โดยสามารถใช้ร่วมกับ เครื่องเปลี่ยนกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง เพื่อวัดค่ากระแส แรงดัน และค่าอื่น ๆ ของไฟฟ้า

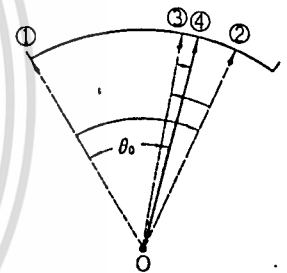
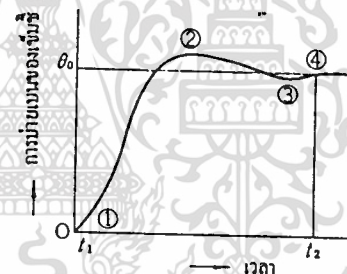
กระแสสลับได้ ซึ่งนอกเหนือไปจากการวัดค่าของกระแสและแรงดันไฟฟ้าตรง เราจะพบ เครื่องวัดชนิดคอยล์หมุนนี้ติดตั้งใช้งานอยู่ทั่วไป เช่นในโรงจักร ในสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อย ใน เครื่องวัดต่าง ๆ หลายชนิดและแม้แต่ในเครื่องวัดแสงขนาดเล็กที่ใช้กับกล้องถ่ายรูป

หลักการ

เมื่อเราสับสวิตช์ K ในรูป 1.1 เพื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านแอมมิเตอร์ กระแสตรง ที่แสดงในรูปโดยปกติเข็มชี้ของแอมมิเตอร์จะย้ายเบนจากตำแหน่งที่ (1) ไปยัง (2) แกว่งกลับไปที่ (3) และไปหยุดอยู่ที่ตำแหน่งที่ (4) ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในรูป 1.2 ในตอนนี้เราจะเวเนการศึกษาถึงความหมายของอาการกวัดแกว่งของ เข็มชี้

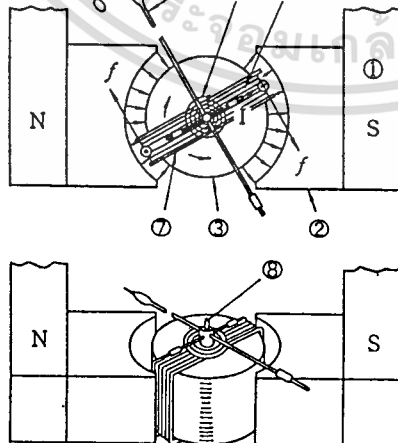


รูป 1.1 เครื่องวัดชนิดคอยล์หมุน

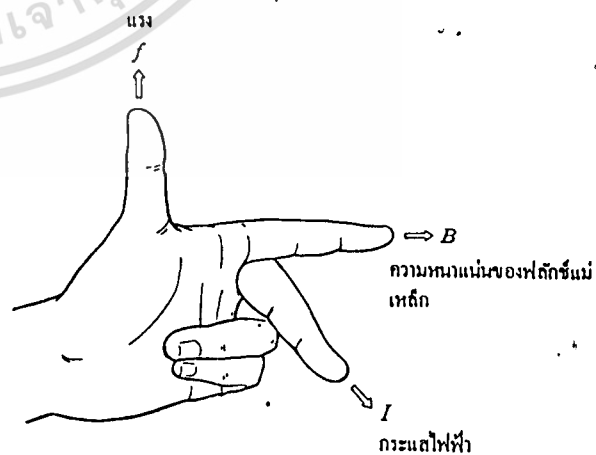


รูป 1.2 การย้ายเบนของเข็มชี้

- ① แม่เหล็กถาวร
- ② ขั้วแม่เหล็ก
- ③ แกนเหล็กอ่อน
- ④ คอยล์หมุน
- ⑤ สปริงแบบก้นหอย
- ⑥ เข็มชี้
- ⑦ กรอบของคอยล์หมุน
- ⑧ แกนหมุน



รูป 1.3 หลักการของเครื่องวัดชนิดคอยล์หมุน



รูป 1.4 กฎมือซ้ายของเฟลมมิง

นั้นไวก่อน แต่จะไถ่กล่าวถึงความหมายของมุม θ_0 ที่เพิ่มขึ้นนี้บายเบนไปอยู่ในตำแหน่งสุดท้าย เป็นอันดับแรก

รูป 1.3 ซึ่งแสดงไว้ให้เห็น (1) แม่เหล็กถาวร (2) ขั้วแม่เหล็ก และ (3) แกนเหล็ก ออรรูปทรงกระบอก ซึ่งติดตั้งอยู่ในระหว่างขั้ว N และ S ของแม่เหล็กถาวร โดยให้ มีฟลักซ์แม่เหล็กกระจายอยู่ในช่องอากาศระหว่างขั้วแม่เหล็กกับแกนเหล็กทั้งสองข้างอย่าง สม่ำเสมอตามแนวรัศมี ดังแสดงด้วยหัวลูกศร ในรูป และในช่องอากาศนี้มีคอยล์หมุน (4) ซึ่งประกอบติดอยู่กับแกนหมุน (e)

เมื่อมีกระแสตรง I ไหลผ่านคอยล์หมุน แรงแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic Force) ซึ่งมีทิศทาง เป็นไปตามกฎมือซ้ายของแอมป์ (ดัง แสดงในรูป 1.4) อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างกระแสกับสนามแม่เหล็กก็จะ เกิดขึ้นบนคอยล์ หมุนนั้น ดังนั้นจึง เกิดแรงบิด (torque) T_D ขึ้นบนแกนหมุน (8) อันเนื่องมา จากแรง F จึงทำให้คอยล์นั้นหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา กำหนดให้ความหนาแน่น ของฟลักซ์แม่เหล็กในสนามมีค่าเป็น B ความยาวของคอยล์เป็น a ความกว้างของคอยล์ เป็น b และจำนวนรอบของคอยล์เป็น n $T_D = n B a b I$ จะมีสมการดังนี้

$$T_D = n B a b I \quad (1.1)$$

ปลายแต่ละด้านของแกนหมุน (8) จะยึดติดอยู่กับปลายคานในของสปริงแบบกนหอย (spiral spring) (5) สปริงแต่ละตัวจะคลายออกเป็นปฏิกิริยากับมุมที่แกน หมุน (8) หมุนไป และคอยล์ก็อาจการหมุนนั้นไว้ หรืออาจกล่าวได้ว่า สปริงกนหอยนั้นให้แรง บิด T_c แก่แกนหมุน (e) ในทิศทางตรงกันข้ามกับ T_D ถ้าแทนความยากในการคลาย ตัวของสปริงด้วยตัวคงที่ T_c จะมีสมการเขียนได้เป็น

$$T_c = \theta$$

(1.2)

ถ้าหากแกนหมุน (8) และคอยล์หมุน (4) หมุนไปหยุดอยู่ที่มุม θ / ที่ตำแหน่งนี้ T_D และ T_C จะมีค่าเท่ากันและหักล้างกันหมดไปพอดี เราจึงได้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} & \theta \quad B_{nab} \quad I \\ \text{หรือ} & \quad \theta \quad \underline{B_{nab}} \quad I \end{aligned} \quad (1.3)$$

มุม θ ซึ่งเป็นมุกลสุดท้ายที่แกนหมุน (8) และ เข็มชี้ (6) ไปหยุดอยู่ จึงแสดง โดควายสมการ (1.3) บางที่เราเรียกค่าของ B_{nab}/I นี้ว่า ค่าคงที่ของ เครื่อง วัต

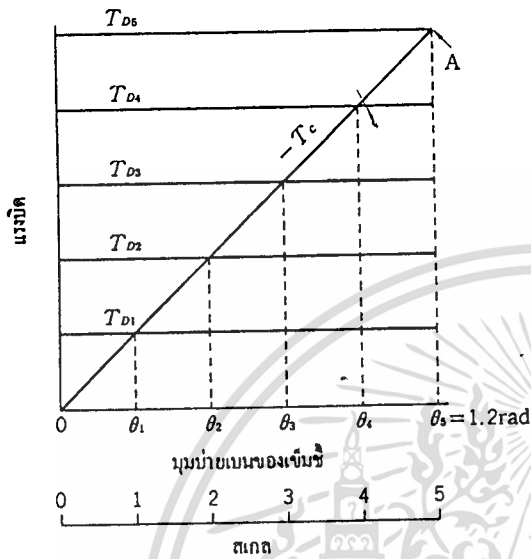
โดยทั่วไปแล้วเราเรียก T_C ว่าแรงบิดขับ (driving torque) และ อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแรงบิดนี้ว่า เครื่องขับ (driving device) ส่วน T_D เรียกว่า แรงบิดควบคุม (controlling torque) และอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดว่า เครื่อง ควบคุม (controlling device) ตามคำจำกัดความดังกล่าวนี้ เราอาจ กล่าวได้ว่า มุกลสุดท้ายของการขาย เบนของ เข็มชี้และคอยล์ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง แรง บิดขับกับแรงบิดควบคุม และเป็นไปตามสมการ (1.3)

วิธีการกำหนดคส เกล

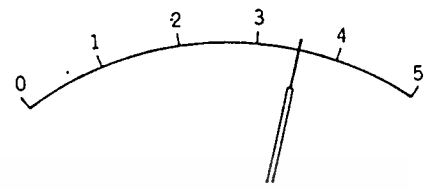
จะอธิบายถึงวิธีการกำหนดคส เกลในรูปชออลกราฟซึ่งมีมุมขาย เบน θ ของ เข็มชี้ อยู่ตามอคนนินอละแรงบิด T ที่กระทำคคอยล์และแกนหมุนอยู่ตามแกนตั้ง ดังแสดงในรูป 1.5

สมมุติว่า เมื่อมีกระแสตรง 5 มิลลิแอมแปร์ ไหลผ่าน เครื่องวัตชนิดคคอยล์หมุนตัว หนึ่ง ทำให้ เข็มชี้ขาย เบนไปเป็นมุม 1.2 เรเดียน ถ้าหากแทนค่าของแรงบิดขับที่เกิดขึ้นเนื่อง จากกระแสที่ไหลผ่าน 1, 2, 3, 4, และ 5 มิลลิแอมแปร์ด้วย $T_{D1}, T_{D2}, T_{D3}, T_{D4}$ และ T_{D5} ตามลำดับ ค่าของแรงบิดเหล่านี้จะเขียนได้เป็น เส้นตรงขนานกับแกนนอน โดยมี ระยะห่างระหว่างเส้นเท่ากัน ดังแสดงในรูป ทั้งนี้เพราะค่าของ มินลคกำหนดด้วยกระแสมี โดควายมุมขาย เบน θ ของ เข็มชี้ ส่วนแรงบิดควบคุมเขียนแทนโดควายเส้นตรง T_C ซึ่ง

เป็นเส้นโค้งระหว่างจุด 0 กับจุด A ถ้าหากมุมขยับเบนของ เข็มชี้ขณะที แรงบิดควบคุมมีขนาด เท่ากับแรงบิดขั้วมีคัว เป็น $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ และ θ_5

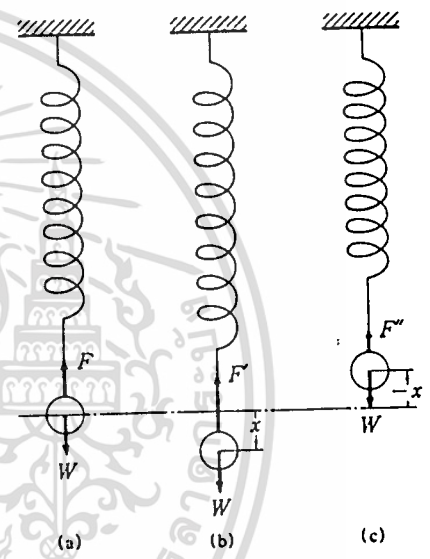


รูป 1.5 การกำหนดสเกลของเครื่องวัดชนิดคอยล์หมุน



รูป 1.6 สเกลของเครื่องวัดชนิดคอยล์หมุน

รูป 1.7 การเคลื่อนที่แบบฮอสซิลเลขหนึ่งของมวลสารที่ถูกแขวนไว้โดยขดลวดสปริง



ตามลำดับแล้ว เราจะพบว่า $\theta_2 = 2\theta_1, \theta_3 = 3\theta_1, \theta_4 = 4\theta_1$ และ $\theta_5 = 5\theta_1$

ดังนั้น ถ้าหากเรากำหนดสเกลโดยการแบ่งส่วนโค้งของวงกลมซึ่งรัศมีมุม 1.2 เรเดียนที่ศูนย์กลางออกเป็น 5 ส่วนเท่า ๆ กัน แล้วเขียนตัวเลขกำกับลงไปบนจุดที่แบ่งส่วน ทั้ง 5 นั้น เป็น 0, 1, 2, 3, 4, และ 5 ตามลำดับดังแสดงในรูป 1.6 เราก็สามารถอ่านค่าของกระแสที่ไหลผ่านเครื่องวัดได้โดยตรงตามคาบสมสเกลที่เข็มของ เครื่องวัดนั้นชี้ ตัวอย่างเช่น ในกรณีทีแสดงไว้ในรูป 1.6 แสดงว่ากระแสที่ไหลผ่านเครื่องวัดมีค่า 3.5 มิลลิแอมแปร์ เป็นต้น

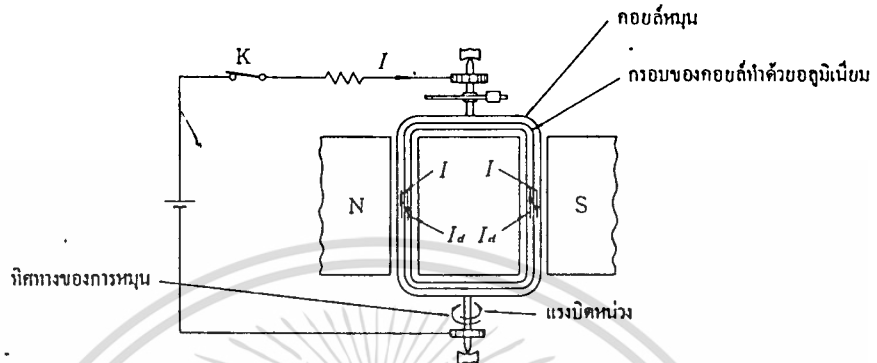
การ เคลื่อนไหวและการหน่วงแรง

ต่อไปจะอธิบายถึงการขยายเบนของเข็มชี้ ซึ่งแกว่งอยู่ในระหว่างตำแหน่งที่ (1) กับตำแหน่งที่ (4) ในรูป 1.2

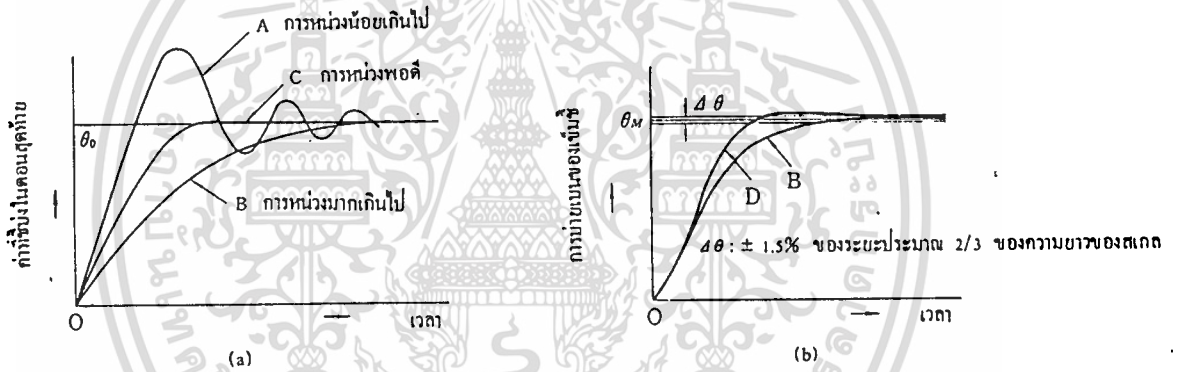
เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ขอให้เรามาพิจารณาถึงพฤติกรรมของการหน่วงแรง (damping) เสียก่อน เป็นอันดับแรก สมมุติมีชดลวดสปริงรูปทรงกระบอกอันหนึ่ง ปลายคานบนยึดอยู่กับที่ ส่วนปลายคานล่างมีกอนนำหนักแขวนอยู่ กอนนำหนักจะหยุดอยู่กับที่ตรงตำแหน่งที่แรงโน้มถ่วง ซึ่งกระทำต่อกอนนำหนักนั้น เท่ากับแรงดึงขึ้นของสปริงพอดี ดังในรูป 1.7 (a) ถ้าเราดึงกอนนำหนักนั้นลงมาถึงจุดหนึ่ง เช่น ในรูป 1.7 (b) แล้วปล่อยมือกอนนำหนักจะวิ่งขึ้นและลงอยู่ในระหว่างตำแหน่งที่แสดงในรูป (b) และ (c) ซึ่งครอบคลุมตำแหน่งที่โคสมคูลย์ในคอนแรก และถ้าหากว่าไม่มีแรงอื่นใดมากระทำต่อกอนนำหนัก เพื่อต้านการเคลื่อนที่นั้นแล้ว กอนนำหนักนั้นก็วิ่งขึ้นลงอยู่เช่นนั้นตลอดไปไม่มีที่สิ้นสุด

แรงบิดขับและแรงบิดควบคุมที่เกิดขึ้นในแอมมิเตอร์ก็มีพฤติกรรมคล้ายกันกับแรงโน้มถ่วง ที่กระทำต่อกอนนำหนัก และแรงดึงขึ้นของสปริงในตัวอย่างข้างต้น ส่วนที่เคลื่อนไหวของแอมมิเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยคอยล์หมุน, แกนหมุน, เข็มชี้, ฯลฯ จะกวัดแกว่งไปคร่อมมุมอัน เป็นมุมที่แรงบิดทั้งสองนั้นโคสมคูลย์กัน นอกเสียจากจะได้มีการป้องกันอาการกวัดแกว่งนั้นเอาไว้ ในกรณีของแอมมิเตอร์นี้อาการกวัดแกว่งจะถูกต้านเอาไว้บ้างเล็กน้อย เนื่องจากแรงต้านของอากาศ และความฝืดของที่รองรับแกนหมุน มุมของการกวัดแกว่งจึงค่อย ๆ ลดแคบลง แต่กินเวลานานกว่าจะหยุด จึงทำให้แอมมิเตอร์ นี้ไม่สะดวกในการใช้ และใช้งานไม่ได้ผล

ดังนั้นเราจึงใส่แรงบิดเพื่อต้านอาการเคลื่อนไหวให้แก่ส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องวัด นอกเหนือไปจากแรงบิดทั้งสองซึ่งได้แก่ แรงบิดขับและแรงบิดควบคุม เพื่อให้การกวัดแกว่งของ เข็มชี้หยุดอยู่กับที่ในระยะ เวลาอันสั้นอาการ เช่นนี้ เรียกว่าอาการหน่วงแรง อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดอาการหน่วงแรง เราเรียกว่า อุปกรณ์หน่วงแรง และเรียกแรงบิดที่เกิดขึ้นว่า แรงบิด-หน่วง



รูป 1.8 การห้วงแรงในเครื่องวัดชนิดคอบล์หมุน



รูปที่ 66 ลักษณะการขยายเบของ เข็มชี้ของ เครื่องวัด

การหน่วงแรงใน เครื่อง วัคชนิกคอยล์หมุน

ตามปกติรอบของคอยล์ใน เครื่อง วัคชนิกคอยล์หมุนมักทำขึ้นด้วยอลูมิเนียม ในทางไฟฟ้าแล้วกรอบของคอยล์นี้จะทำหน้าที่เป็นขดลวดลัดวงจร เพื่อทำให้เกิดแรงบิดหน่วงขึ้นแก่คอยล์หมุน ดังรูป 1.8 กรอบของคอยล์จะหมุนไปควย และตัดกับฟลักซ์แม่เหล็กในของอากาศทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในกรอบเป็นแรงแก้ภาคกับความเร็วเชิงมุม (angular velocity) ของส่วนที่เคลื่อนไหวยโคโดยมีทิศทางหาใจจากกฎมือขวาของเฟลมมิงจึงทำให้เกิดกระแส I_d ไหลอยู่ในกรอบนั้น I_d ที่เกิดขึ้นนี้จะตัดกับฟลักซ์แม่เหล็กในของอากาศขณะที่ส่วนที่เคลื่อนไหวยหมุนไป จึงเกิดแรงบิดขึ้นในส่วนที่เคลื่อนไหวย เป็นปฏิกิริยากับความเร็วเชิงมุมของมัน แคอยู่ในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับอาการหมุน แรงบิดนี้คือแรงบิดหน่วงซึ่งทำหน้าที่ต่อต้านอาการหมุนของส่วนที่เคลื่อนไหวย

ในกรณีเช่นนี้ ถ้าหากกรอบนั้นมีพื้นที่หน้าตัดน้อยจะมีความต้านทานสำหรับกระแส I_d สูง I_d จึงมีค่าน้อยทำให้การหน่วงแรงมีกำลังอ่อน เข็มชี้จึงยังคงกวัดแกว่งคร่อมมุม θ_0 แลวคอย ๆ ลดลงจนหยุดอยู่ที่มุม θ_0 ดังแสดงโดยเส้นโค้ง (curve) ในรูป 1.9 (a) ถ้าหากความต้านทานของกรอบมีค่าค่า I_d ก็จะมีค่ามากและมีอาการหน่วงแรงมาก ส่วนเคลื่อนไหวยจะถูกต้านทานทางไม่ให้เคลื่อนไหวยโคอย่างอิสระ เข็มชี้จึงเคลื่อนเข้าหามุม θ_0 อย่างช้า ๆ ดังแสดงโดยเส้นโค้ง B การหน่วงแรงที่อาศัยอาการทางแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างนี้เรียกว่า การหน่วงแรงโดยแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic damping)

สภาพการที่มีลักษณะดัง เส้นโค้ง A เรียกว่า การหน่วงน้อยเกินไป (Underdamping) และสภาพการดัง เส้นโค้ง B เรียกว่า การหน่วงมากเกินไป (Overdamping) ทั้งสองกรณีนี้จะทำให้เข็มชี้ไปหยุดอยู่ที่ค่าสุดท้ายโดยใช้เวลาค่อนข้างนาน ยังมีสภาพการซึ่งอยู่ในระหว่างสองสภาพการดังกล่าวข้างต้นที่ทำให้เข็มชี้ไปหยุดอยู่ที่มุม θ_0 ในระยะเวลาอันสั้น ดังแสดงโดยเส้นโค้ง C สภาพการนี้เรียกว่า การหน่วงพอดี (critical damping) ในกรณีของการหน่วงน้อยเกินไป ช่วงเวลา T ที่ใช้ไปในการกวัดแกว่งครบหนึ่งรอบเรียกว่า period of oscillation

เข็มนาฬิกาของ เครื่องวัดที่เราใช้ขึ้นอยู่กับความถี่ของแรงกระทำที่เพิ่มขึ้นไปอยู่ในขอบเขต ที่ใกล้เคียงกับค่า ω_0 โดยเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้จึงจะสามารถวัดค่าที่ถูกต้องได้โดยเร็ว ความจุประสงค้อนนี้ เครื่องวัดแบบธรรมดาจึงมักถูกสร้างใหม่การหน่วงแรงน้อยกว่าพอดีเล็กน้อย ถึงแม้แสดงโดยเส้นโค้ง D ในรูป 1.9 (b) การเคลื่อนที่ของ เข็มนาฬิกา จากตำแหน่ง (1) ถึง (4) ในรูป 1.2 ก็เป็นไปตามสภาพการดังกล่าวนี

ผลตอบคองระแผลลดับ

เมื่อมีกระแสลดับ ซึ่งมีคลื่นรูปไซน์ (sine wave) และมีคววมถี่ ไหล ผ่าน เครื่องวัดชนิดคองลดับแบบธรรมดา อัตราการ เปลี่ยนค่าของกระแสลดับ จะเป็นไปตามการ เปลี่ยนค่าคววมถี่ ถ้าคววมถี่มีค่าต่ำมากพอ เข็มนาฬิกาของ เครื่องวัดก็จะแกว่งไปมารอบ ๆ ค่าศูนย์ตามการ เปลี่ยนค่าของกระแส แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากส่วนที่เคลื่อนไหวของ เครื่องวัดมีความเฉื่อย (inertia) อยู่ เมื่อคววมถี่มีค่าสูงขึ้นถึงประมาณ 1 Hz เข็มนาฬิกาจะไม่สามารถแกว่งตามค่าของแรงบิดขับได้ทัน แต่ยังคงแกว่งอยู่รอบ ๆ ค่าศูนย์ ช่วงของการแกว่งจะถูกหน่วงให้แคบลงอย่างรวดเร็วตามค่าคววมถี่ที่เพิ่มขึ้น จนเมื่อค่าคววมถี่เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 10 Hz เข็มนาฬิกาจะไม่สามารถแกว่งได้เลย

คววมถี่ของ ไฟฟ้ากระแสลดับที่เราคองการวัดนั้น ส่วนมากมีค่าสูงกว่าคววมถี่ที่ใช้สำหรับ เครื่องไฟฟ้ากำลัง และสูงกว่า 10 Hz มาก เครื่องวัดชนิดคองลดับจึงไม่มีผลตอบคองกระแสลดับที่มีคววมถี่สูงขนาดนั้นได้เลย ด้วยเหตุนี เครื่องวัดชนิดนี้จึงไม่ใช่สำหรับวัดไฟฟ้ากระแสลดับ คงใช้แต่ในกรณีที่ใช้วัดไฟฟ้ากระแสตรงอย่างเดียวเท่านั้น สำหรับการวัดไฟฟ้ากระแสลดับก็ไคมีการประดิษฐ์ เครื่องวัดแบบอื่น ๆ ขึ้นใช้ ซึ่งจะไคอธิบายในตอนต่อ ๆ ไป

การสรวาง

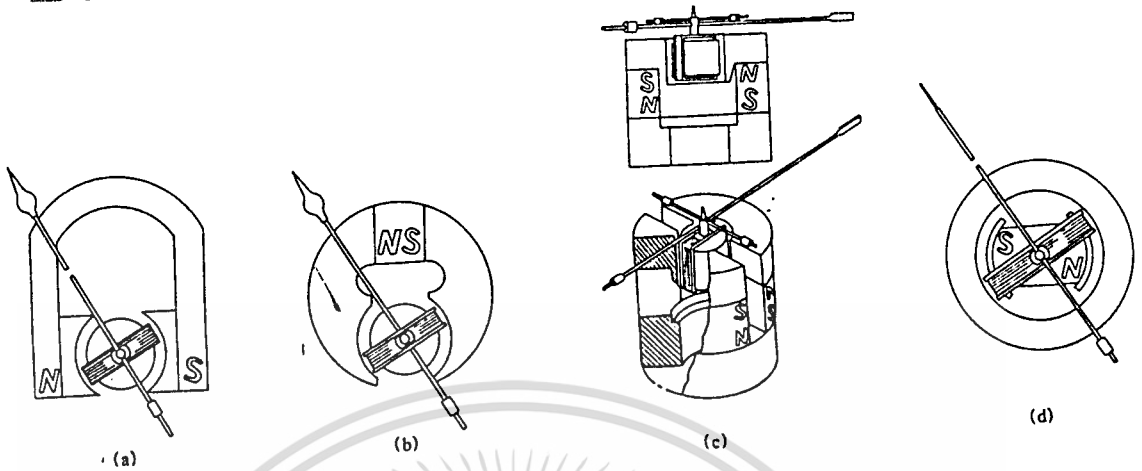
โดยหลักการแล้ว เครื่องวัดชนิดคองลดับประกอบด้วยหน่วยขับ (driving unit) หน่วยควบคุม (controlling unit) และหน่วยหน่วงแรง (damping unit) แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อความสะดวกแก่การพิจารณาถึง การสรวาง ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิธีการในการประกอบส่วนต่าง ๆ ของ เครื่องวัด เราจะแบ่งส่วนต่าง ๆ ของ เครื่องวัดออก

เป็นส่วนวงจรแม่เหล็ก ส่วนเคลื่อนไหวและสเกล และส่วนที่อยู่กับที่

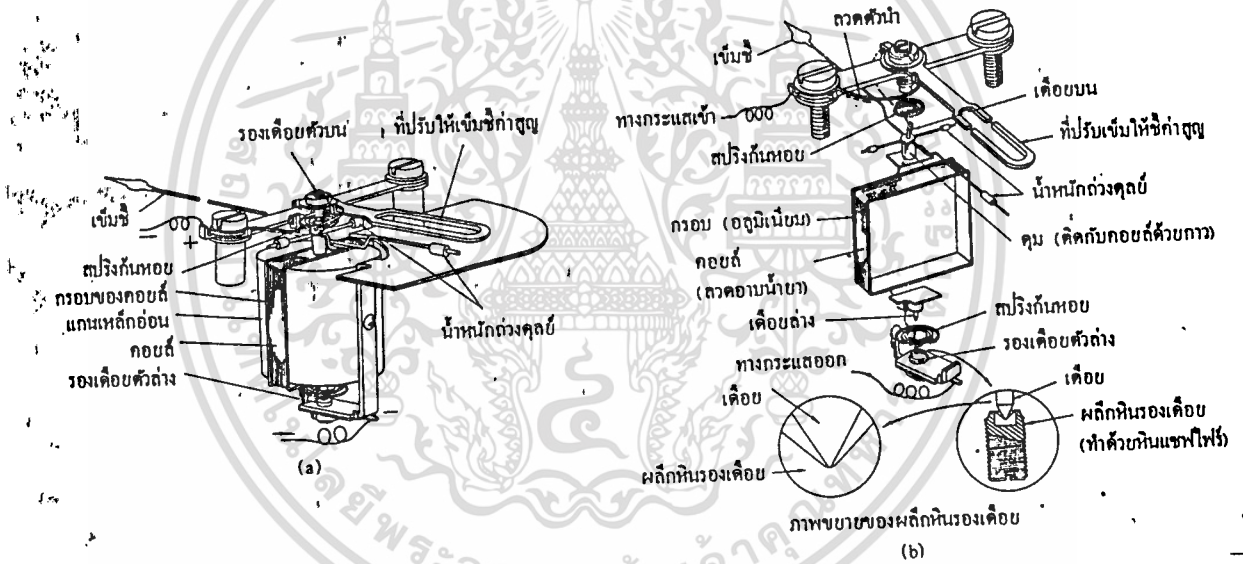
เครื่องวัดชนิดคอยล์หมุนนี้มีประวัติมานานแล้ว และได้ถูกปรับปรุงแก้ไขตลอดมาหลายประการ ในระยะไม่กี่ปีหลังนี้ก็ได้มีความพยายามซึ่งได้รับผลอย่างน่าพอใจในการนำวัสดุและเทคนิคการสร้างที่เข้ามาใช้กันอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในการผลิตเครื่องวัดใหม่คุณสมบัติในการใช้งาน รูปร่าง และขนาดเหมาะสมตามจุดประสงค์โดยวิธีที่ง่ายที่สุด และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

วงจรแม่เหล็ก

ในสมัยก่อนเราใช้เหล็กโครเมียม (chrome steel) หรือ เหล็กทังสเตน (tungsten steel) สำหรับทำแม่เหล็กถาวร ซึ่งนำมาประกอบเป็นวงจรแม่เหล็ก แต่ในสมัยนี้แม่เหล็กถาวรทำขึ้นด้วยโลหะผสมตระกูลอัลนิโค (alnico) (เช่น 8% Ni 14%, Co 24%, Cu 3%, ส่วนที่เหลือเป็น Fe) ทำให้ได้คุณสมบัติสูงโดยมีขนาดเล็ก ดังนั้นวงจรแม่เหล็กจึงเปลี่ยนไปจากแบบที่เคยใช้ คือแม่เหล็กถาวรมีขนาดใหญ่และยาวถึงรูป 1.10 (a) มาเป็นขนาดเล็กและเบา กิ่งในรูปตั้งแต่ (b) ถึง (d) วงจรในรูป (a), (b) หรือ (c) เรียกว่า แบบแม่เหล็กภายนอก (external magnet type) ส่วนวงจรในรูป () เรียกว่า แบบแม่เหล็กภายใน (internal magnet type)



รูป 1.10 วงจรแม่เหล็กของเครื่องวัดชนิดคอบล์หมุน



รูปที่ 70 โครงสร้างของส่วนเคลื่อนที่ของ เครื่องวัดชนิดคอบล์หมุน

ส่วนเคลื่อนไหวย

รูป 1.11 แสดงถึงตัวอย่างของส่วนที่เคลื่อนไหวยของ เครื่องวัดชนิดคอยล์หมุน คอยล์หมุนประกอบด้วยลวดตัวนำขนาดเล็กมากหุ้มฉนวนพันอยู่รอบกรอบอลูมิเนียม ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เหนี่ยวนำแรง คานบนและคานกลาง ของคอยล์หมุนติดอยู่กับแกนหมุน และที่ปลายของแกนหมุนแต่ละอันมีเก็ย (pivot) วางอยู่บนรอง เก็ย (bearing)

ถ้าความเสียดทาน (friction) ระหว่างเก็ยและรอง เก็ยมีมาก ส่วนที่เคลื่อนไหวยจะหมุนได้ไม่เรียบทำให้เครื่องวัดซึ่งไม่เที่ยงตรง เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ จึงควรเลือกรูปร่างของ เก็ยและรอง เก็ยให้มีลักษณะเหมาะสมดังแสดงในรูป และชักตัวให้เรียบโดยทั่วไปแล้ว เก็ยทำด้วยเหล็กกล้า ซึ่งมีความแข็งแรงทางกล (mechanical strength) สูงและสึกยาก ส่วนรอง เก็ยมักทำด้วยพลาสติก เคราะห์หรือแก้วแข็ง และมีรูเว้าเข้าไปเพื่อรับกับ เก็ยดังในรูป

สำหรับสปริงกนหอย (spiral spring) ของอุปกรณ์ควบคุมส่วนมากทำด้วยฟอส เฟอร์โรน (Sn 6 ถึง 7%, P 0.5%, Cu จนครบ) สปริงกนหอยนี้ใช้เป็นทางนำกระแส เข้าสู่ออยล์หมุนด้วย

ที่กล่าวมาแคว้นั้น เป็นส่วนที่เคลื่อนไหวยของ เครื่องวัดแบบมีเก็ย และรอง เก็ยซึ่งใช้สับตักกัน เรื่อยมา ในระยะหลังนี้ เครื่องวัดที่ใช้การห้อยแขวน (suspension) ด้วยแถบคึง (taut - band) ซึ่งสร้างขึ้นภายหลัง กำลังเป็นที่นิยมกันโดยแพร่หลาย

ใน เครื่องวัดที่ใช้การห้อยแขวนด้วยแถบคึงมีแถบบาง ๆ ที่ใช้ในการห้อยแขวนทำด้วยวัสดุซึ่งเป็นโลหะยืดหยุ่น (elastic metal) มีหน้าตัดของแถบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าใช้ห้อยแขวนส่วนที่เคลื่อนไหวยในลักษณะที่ชดเชยน้ำหนักของส่วนนั้นดังแสดงในรูป 1.12 เพื่อที่จะป้องกันมิใช่แถบห้อยแขวนเบนโค้งออกไปจากแนว เพราะน้ำหนักของส่วนที่เคลื่อนไหวย แถบห้อยแขวนจะวางอยู่ในแนวระดับหรือแนว เอียงก็ตำม จึงต้องใช้สปริงซึ่งที่ปลายและกลางของแถบให้คึงมาก ๆ ดังในรูป นอกจากนี้ยังมีคึง (boss) และที่

บังคับหยุด (stopper) ประคองส่วนที่เคลื่อนไหว เอาไว้ให้มี เรื่อยขึ้นลง ได้แต่เพียง เล็กน้อย เพื่อในกรณีที่ เครื่องวัด หล่นลง ไปโดยไม่ตั้งใจ ซึ่งจะทำให้มีแรงกระทำที่ส่วนที่เคลื่อนไหว เครื่องวัดจะโคจรไม่ผิดพลาดไปมาก ในขณะที่เคลื่อนที่และหยุดแฉวนยังทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมและทางนำกระแส เขาสู่ออกยดหมุนควย

เนื่องจากแถบหอยแฉวนจะคงมีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของส่วนที่เคลื่อนไหว นอกเหนือไปจากต้องมีคุณลักษณะในการทำหน้าที่ เป็นสปริงควบคุมควย วัสดุที่ใช้กัน เป็นส่วนมาก จึง เป็นประเภทโลหะผสมแพลตตินัม นิกเกิล (platinum - nickel alloy) หรือ ทองแดง เบอริลเลียม (beryllium copper) เป็นแทน

ส่วนที่เคลื่อนไหวของระบบหอยแฉวนควยแถบคั้ง ซึ่งไม่มีส่วนที่ เกิดความเสียหาย เหมือนกับของระบบ เคี้ยวและรอง เคี้ยว สามารถนำไปใช้ได้กับ เครื่องวัดชนิดความเที่ยงตรงสูง หรือความไวสูง นอกจากนั้น เพราะข้อดีของมันที่ว่า เมื่อมีแรงกระทำหรือการสั่นสะเทือนเกิดขึ้น การขยับไม่คอยผิดพลาด เครื่องวัดที่คั้งบนแผงสวิทช์ หรือบนแผงหน้าปัดของ เครื่องใช้ชนิดนำคั้งตัวไปคั้ง จึงใช้การหอยแฉวนระบบที่เกือบทั้งหมด ระบบหอยแฉวนควยแถบคั้งนี้ยังนำไปใช้ใน เครื่องวัดชนิดอื่น ๆ นอกเหนือไปจากชนิดคอยดหมุนอีกควย แต่ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับ เครื่องวัดที่ส่วนเคลื่อนไหวมีน้ำหนักมาก

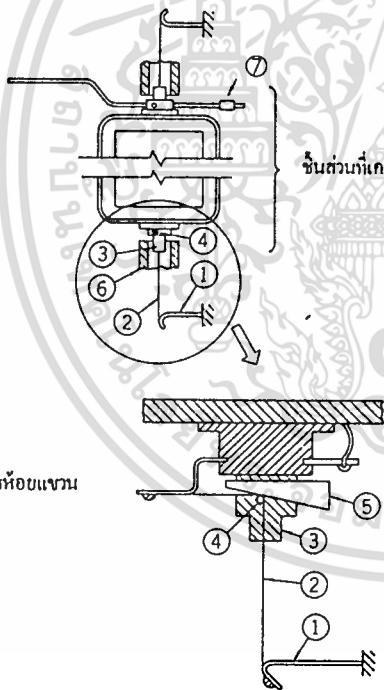
เข็มชี้มีหลายแบบขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้ รูป 1.15 (a) แสดงตัวอย่าง ของ เข็มชี้ สำหรับ เครื่องวัดชนิดละเอียด ปลายของ เข็มชี้ทำควยทอหนึ่งบางบีบให้แบน เป็นแผ่นในแนวคั้งกับแผ่นสเกล เข็มชี้กับชี้ค้หมายบนสเกลถูกจกัให้อยู่ในแนว เคียวกับในท่าที่เมื่อมองในแนววงควยตาขวาง เคียวแล้ว จะไม่สามารถเห็นทั้งผอง ขางของแผ่นปลายของ เข็มชี้พร้อมกันได้เลย ถ้าเราอ่านสเกลในตำแหน่งนี้ ความผิดพลาดในการอ่านสเกลอย่าง ที่เรียกว่า ผิดพลาดเนื่องจากพาราดแลกซ์ (parallax reading error) จะถูกขจัดออกไปได้ สำหรับ เครื่องวัดที่คั้งอยู่บนแผงสวิทช์หรือบนแผงหน้าปัด มักใช้ เข็มชี้รูปแบบคั้งแสดง ในรูป 1.13 (b) โดยค้ำึงถึงความสามารถในการมองเห็นได้ในระยะไกลมากกว่าความเที่ยงตรง

น้ำหนักดวงคู่ (balancing weight) ที่ติดอยู่กับเข็มชี้ตั้งแสดงในภาพ 1.12 ใช้สำหรับปรับให้ศูนย์ถ่วงของส่วนที่เคลื่อนไหวทั้งหมดอยู่บนแกนหมุนพอดี

นอกจากนี้ยังมีเครื่องวัดชนิดใช้แสง ซึ่งแทนที่จะใช้เข็มชี้ที่ไขว้ของดวงซึ่งเคลื่อนที่ไปตามการหมุนตัวของกระจกเงาที่ติดอยู่กับส่วนที่เคลื่อนไหวส่องลงไปบนสเกลตั้งในรูป 1.14 โดยวิธีนี้ ความผิดพลาดเนื่องจากพาราลแลกซ์ก็จะหมดไป

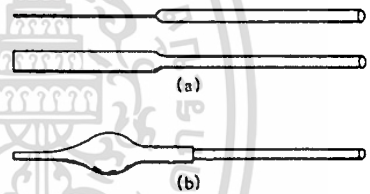
สเกล

สเกลของ เครื่องวัดชนิดคอยล์หมุนแบบที่เรียกว่า สเกลแบบสม่ำเสมอ (uniform scale) ถูกสร้างขึ้นโดยกำหนดความยาวของช่วงแบ่งสเกลเท่า ๆ กัน ทั้งที่โคจรขยายไว้ในตอน 1.1.2 สเกลแบบสม่ำเสมอที่เราสามารถอ่านได้ถึง เกือบส่วนของช่วงแบ่งที่เล็กที่สุดโดยเพียงการใช้สายตาเท่านั้น ในความการวัดสเกล เมื่อใดที่กำหนดจุดที่เป็นหลัก

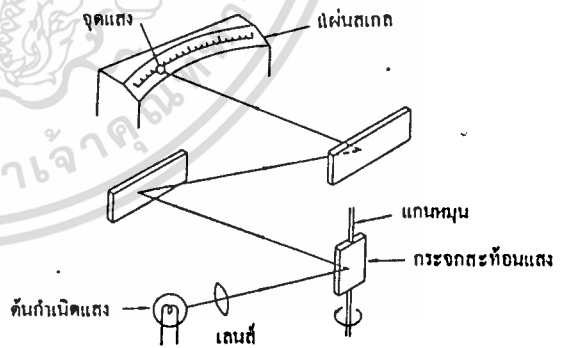


- ① สปริงขึงแถบ
- ② แถบคิ่งที่ใช้ในการห้อยแขวน
- ③ ขุม
- ④ หมุด
- ⑤ ลิ่ม
- ⑥ ที่บังคับหยุด
- ⑦ น้ำหนักถ่วงคู่

รูป 1.12 โครงสร้างของระบบห้อยแขวนชนิดใช้แถบคิ่ง



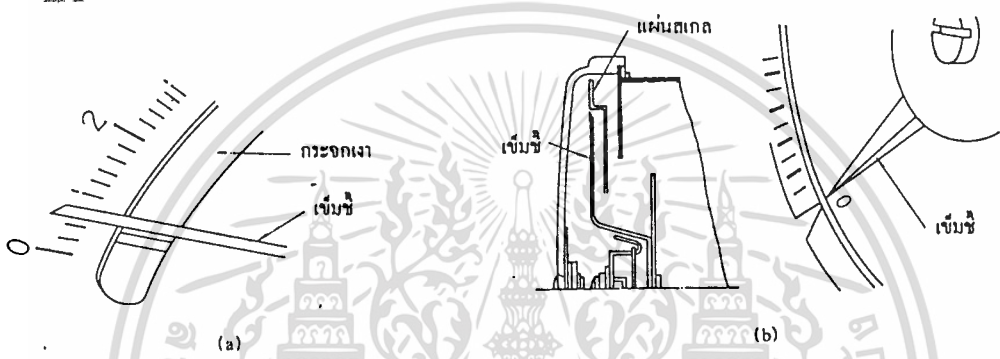
รูป 1.13 ตัวอย่างของเข็มชี้แบบต่าง ๆ



รูป 1.14 เครื่องวัดชนิดใช้แสง

ทั้งหมดไว้บนสเกลแล้วจุดอื่น ๆ ก็สามารถกำหนดค่าได้ง่ายโดยการแทรกจุดเหล่านี้ลงไประหว่างจุดหลัก

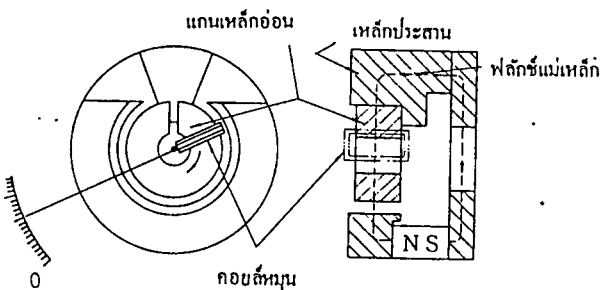
เพื่อที่จะชักความผิดปกติในการอ่าน เนื่องจากรวดแลงซ์ เครื่องวัดที่อ่านค่าได้ช้อย
 อย่างละเอียดจะมีกระจกเงาติดทาบไปตามแกนสเกล ดังแสดงในรูป 1.15 (a) ในการ
 อ่านสเกลตาจะมองอยู่ในตำแหน่งที่มองเห็นเข็มชี้และเงาของเข็มชี้กับกระจก ในเครื่องวัดบาง
 แบบที่ติดตั้งอยู่บนแผงสวิทช์ เขาใช้วิธีลดความผิดปกติในการอ่าน เนื่องจากรวดแลงซ์ โดย
 การจัดให้แกนสเกลและเข็มชี้อยู่ในระบบ (plane) เดียวกัน ดังรูป 1.15 (b)



รูป 1.15 สเกลและแวนส์ สเกลของ เครื่องวัด

เครื่องวัดแบบมุมกว้าง

เพื่อที่จะลดขนาดของแผงสวิทช์ให้เล็กที่สุด เครื่องวัดที่จะติดตั้งบนแผงสวิทช์จึง
 ควรกินเนื้อที่น้อย อย่างไรก็ตามถ้าหากลดความยาวของสเกลให้สั้นลง การอ่านค่าก็จะทำ
 ได้โดยยาก ดังนั้นมีการสร้าง เครื่องวัดที่วงจรมะเหิดและส่วนเคลื่อนไหวยังมีรูปร่าง เป็นพิเศษ
 โดยเฉพาะและมีสเกลยาว เป็นรูปส่วนโค้ง ของวงกลมซึ่งรัศมีอยู่ที่จุดศูนย์กลางกว้างถึง 270°
 ดังตัวอย่างในรูป 1.16



รูป 1.16 เครื่องวัดแบบมุมกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังแม่เหล็ก (Magnetism)

สารที่จะเป็นแม่เหล็กได้ จะต้องมีคุณสมบัติในการเป็นแม่เหล็ก นั่นคือมีความสามารถที่จะดูดสารบางอย่าง เช่น เหล็ก นิกเกิล หรือโคบอลต์ ซึ่งรู้จักกันดีว่าเป็น สารแม่เหล็ก (Magnetic materials) เข็มเย็บผ้าที่เป็นเหล็กกล้าเอามาทำเป็นแม่เหล็กโดยวิธีที่จะโคธบายในบทต่อไป จะให้จุด 2 จุดที่มีการดูดสูงสุด (คือที่ปลายทั้งสองข้าง) ส่วนตรงกลางไม่มีการดูด จุดที่มีการดูดอย่างมากระยะนี้ เรียกว่าขั้วแม่เหล็ก (Magnetic poles) แม่เหล็กทุกชนิดมีขั้วอย่างน้อย 2 ขั้ว ถ้าเอาเข็มมาแขวนที่จุดกึ่งกลางจนกระทั่งสามารถหมุนไต่รอบตัวในทางระคนับ เข็มนั้นจะหยุดหมอบในแนวทิศทางประมาณเหนือ-ใต้ ขั้วหนึ่งจะชี้ไปทางเหนือเสมอ และอีกขั้วหนึ่งจะชี้ไปทางใต้เสมอเช่นกัน ขั้วแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศเหนือ เรียกว่าขั้วเหนือ (North Pole) และขั้วอีกขั้วหนึ่ง เป็น ขั้วใต้ (South pole)

สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) จะออกมารอบ ๆ แท่งแม่เหล็ก สนามประกอบควย เส้นไปตามแรงแม่เหล็กที่ทำ เส้นเหล่านี้จะพุ่งออกมาจากขั้วเหนือของแม่เหล็กและวกเขามาทางขั้วใต้ กลับไปยังขั้วเหนือ ผ่านตัวแม่เหล็ก ทำให้เกิดเป็นวงจรปิด

วงจรแม่เหล็ก (Magnetic Circuit) คือทางที่สมบูรณ์ผ่านเส้นแรงแม่เหล็กคล้ายกับวงจรไฟฟ้าซึ่งมีทางเดินผ่านที่สมบูรณ์ ซึ่งกระแสจะไหลไปโดยอิทธิพลของแรงเคลื่อนไฟฟ้า วงจรแม่เหล็กประกอบด้วยวัตถุที่เป็นแม่เหล็กเพื่อที่จะให้มีการดูดทางแม่เหล็ก

แม่เหล็กอาจแบ่งออกได้เป็น 3 พวก

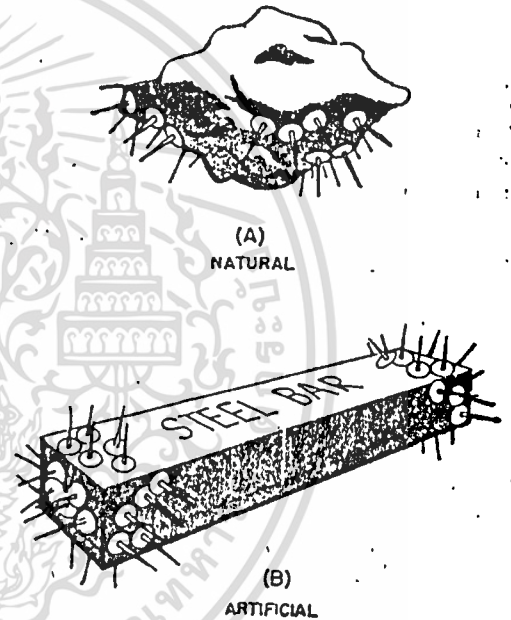
1. แม่เหล็กธรรมชาติ (Natural Magnets) พบในธรรมชาติในรูปของแร่ เรียกว่า แมกนีไทต์
2. แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnets) แท่งเหล็กกล้า โลหะผสมเช่น อัลนิโก (Alnico) ซึ่งจะเป็นแม่เหล็กถาวร
3. แม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnets) ประกอบด้วยแกนเหล็กอ่อนซึ่งพันควยขดลวดที่หุ้มฉนวน เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด แกนจะกลายเป็นแม่เหล็กเมื่อ

กระแสดยุคไหล แกนเหล็กก็จะสูญเสียพลังแม่เหล็กไปหมด

แม่เหล็กถาวรและแม่เหล็กไฟฟ้า บางทีเรียกว่า แม่เหล็กประดิษฐ์ (Artificial Magnets) แม่เหล็กธรรมชาติ (Natural Magnets)

เป็นเวลาหลายศตวรรษที่รู้จักกันว่า หินแร่ (แมกนีไตท์ (Fe_3O_4)) มีพลังที่จะดูดเหล็กขึ้นเล็ก ๆ เนื่องจากหินแร่ เหล่านี้ พบมากใกล้ แมกนีเซีย ในเอเชีย ไมเนอร์ ชาวกรีกจึง เรียกสารนี้ว่าแมกนีไตท์ หรือแมกนีตีก

ก่อนหน้านี้ชาวจีนโบราณสังเกตว่าเมื่อแขวนหินแร่นี้ให้หมุนอย่างอิสระ หรือวางบนสารที่เบาลอยในภาชนะใส่น้ำ จะชี้ไปยังตำแหน่ง เกือบเหนือ - และใต้ ทักเคินเรือทะเลชาวจีนจึงใช้หินแร่ แมกนีไตท์ลอยบนแผ่นไม้ภาชนะที่ใส่น้ำเป็นเข็มทิศ และเวลานั้นจึงรู้จักกันทั่วว่าตัวของโลกเองทำปฏิกิริยาเสมือนแม่เหล็ก และเพราะว่าหินของหินแม่เหล็กนี้ไค่นำมาใช้ เป็น เข็มทิศจึง เรียกว่า "หินนำทาง" (Load Stone) ซึ่งหมายถึง "หินที่ชี้ทาง"



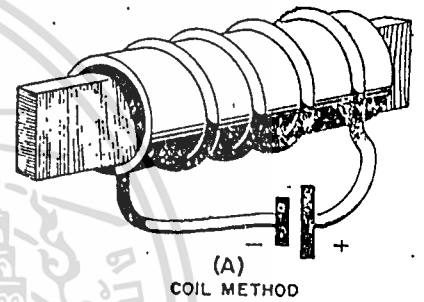
แม่เหล็กธรรมชาติในสหรัฐ, นอร์เวย์ รูป 2-7 A. แม่เหล็กธรรมชาติ และสวีเดนควย แม่เหล็กธรรมชาติแสดงแรงดึงดูดที่ รูป 2-7 B. แม่เหล็กประดิษฐ์ ชั่วคังรูป 2 - 7 A.

แม่เหล็กประดิษฐ์ (Artificial Magnets)

แม่เหล็กธรรมชาติไม่มีคุณค่าในทางปฏิบัติในเวลาต่อมา เนื่องจากเราสามารถทำแม่เหล็กประดิษฐ์ขึ้นให้มีกำลังมากกว่า และมีรูปทรงที่ใช้ได้สะดวกขึ้น

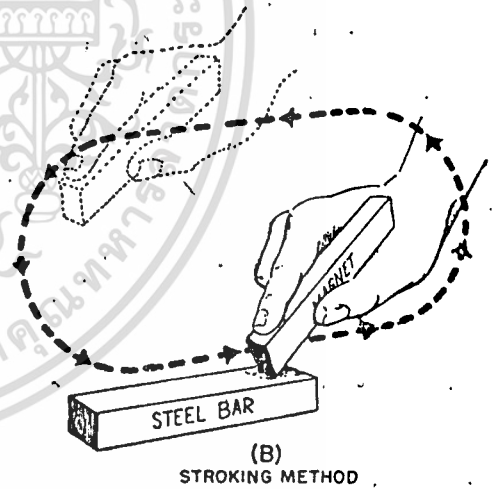
แม่เหล็กทางการค้า ทำจากเหล็กกล้าพิเศษและโลหะผสม เช่น อัลนิโก ซึ่งเป็น ส่วนผสมของอลูมิเนียม นิกเกิลและโคบอลต์ ซึ่งนี้จึงมาจากตัวอักษรหน้า 2 ตัวของธาตุ 3 มารวมกัน แม่เหล็กประดิษฐ์แสดงไว้ในรูป 2 - 7 B.

เหล็ก เหล็กกล้า หรือแท่งโลหะผสม สามารถจะทำให้เป็นแม่เหล็ก โดยการสอด แท่งโลหะเข้าไปในขดลวดที่หุ้มฉนวน แล้วผ่านกระแสอย่างแรงโดยตรงผ่านขดลวดดังรูป 2 - 8 A และแท่งโลหะชนิดเดียวกันทำให้ เป็นแม่เหล็กได้โดยการถูด้วยแท่งแม่เหล็กดังรูป 2 - 8 B จะกลายเป็นแม่เหล็กที่มีแรงดูด 2 ขั้ว ที่ปลายแท่งเหล็ก กระบวนการที่ผลิตแม่เหล็กถาวร เช่นนี้ เรียกว่า การชักนำ นั่นคือ การ เป็นแม่เหล็กจะถูกชักนำเข้าไปในแท่งโลหะโดยอิทธิพลของการไหลแม่เหล็ก



แม่เหล็กประดิษฐ์อาจแบ่งออกได้เป็น

1. แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet)
2. แม่เหล็กชั่วคราว (Temporary Magnet)



ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถที่จะรักษา กำลังแม่เหล็กให้อยู่ในตัวหลังจากที่เอาแรงแม่เหล็ก ออกไปแล้ว. ถ้าเป็นเหล็กกล้าแข็งและโลหะผสมก็ ยากที่จะเป็นแม่เหล็ก ถาวรคือ มีการซึมเข้าไปได้ ค่า เนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กซึมผ่านเข้าไปไม่ได้ ง่าย. (การซึมผ่านเข้าไปได้ใช้วัดความสามารถสัมพัทธ์ของสารที่จะนำเส้นแรงแม่เหล็ก โดย เปรียบเทียบกับอากาศ) อย่างไรก็ตาม วัตถุเหล่านี้ยังคงไว้ซึ่งกำลังแม่เหล็กส่วนใหญ่ จึง เรียกว่า แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnets) แม่เหล็กถาวรนำมาใช้อย่างกว้าง ขวางในเครื่องมือ เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องวัด เครื่องรับโทรทัศน์ ลำโพงแม่เหล็กถาวร และ

รูป 2-8 วิธีทำแม่เหล็กประดิษฐ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนี้โคในทางกลับกันสารซึ่งทำให้เป็นแม่เหล็กใต้ง่าย เช่น เหล็กอ่อน และ เหล็กกล้าชนิดอ่อน กล่าวว่ามี การซึมผ่านเข้าไปใต้ง่าย สารเหล่านี้จะคงไว้ซึ่งกำลังแม่เหล็กโคเพียงเล็กน้อย หลังจากที่แรงแม่เหล็กออกไป เรียกว่า แม่เหล็กชั่วคราว (Temporary Magnets) เหล็กกล้าชนิดแข็งและวัสดุที่คล้ายกันนี้ ใช้ในทรานสฟอเมอร์ ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และ มอเตอร์ ซึ่งกำลังของสนามสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้

ความเป็นแม่เหล็กที่คงอยู่ในแม่เหล็กถาวร หลังจากที่เอาแรงแม่เหล็กออกไปแล้ว เช่นนี้ เรียกว่า พลังแม่เหล็กตกค้าง (Residual Magnetism) ความจริงที่ว่า แม่เหล็กชั่วคราวยังคงเหลือพลังแม่เหล็กเพียงจำนวนน้อยนี้ เป็นแฟกเตอร์สำคัญในการสร้าง โวลเตจในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตรงที่ทะลุขึ้นด้วยตัวเอง

ธรรมชาติของพลังแม่เหล็ก (Nature of Magnetism)

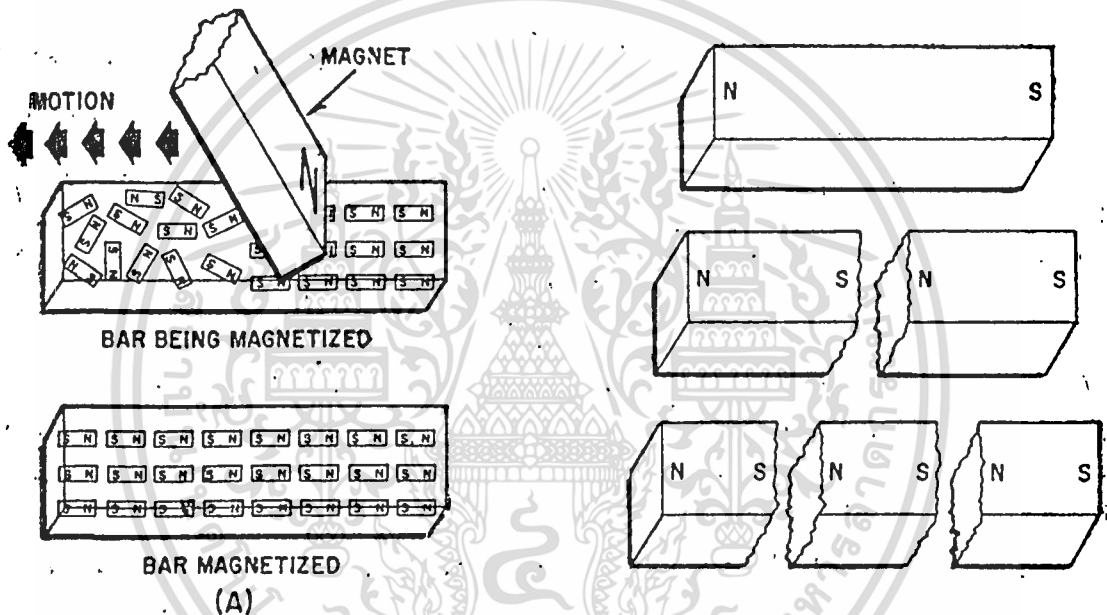
ทฤษฎีของการเป็นแม่เหล็ก พิจารณาถึงการจัดเรียงตัวของโมเลกุลของวัตถุที่รู้จัก กันก็คือ ทฤษฎีของวีเบอร์ (Weber's Theory) ทฤษฎีนี้กล่าวว่า สารแม่เหล็กทั้งหลายประกอบด้วยแม่เหล็กโมเลกุลเล็ก ๆ วัตถุที่เป็นแม่เหล็กส่วนใหญ่เรียงตัวกันจนชั่วเนื้อ ของแต่ละโมเลกุลชี้ไปในทิศทางเดียว และชี้ไปที่ทิศตรงข้าม วัตถุซึ่งมีโมเลกุลเรียงตัว เช่นนี้จะมีชั่วเนื้อและชั่วผิวที่สมบูรณ์อย่างละ 1 ชั่ว

ภาพแสดงทฤษฎีของวีเบอร์ แสดงไว้ในรูป 2 - 9 A. ซึ่งแท่งเหล็กกล้าจะถูกทำให้เป็นแม่เหล็กโดยการถู เมื่อถูหลาย ๆ ครั้งไปในทางเดียวกันด้วยแม่เหล็ก แรงแม่เหล็ก จากชั่วเนื้อของแม่เหล็ก จะทำให้โมเลกุลเรียงตัวเอง การเป็นชั่วแม่เหล็กจะเกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับทิศทางของแม่เหล็ก ขณะที่นำไปวางเหนือโมเลกุลแม่เหล็กที่เรียกตัวกันอย่างกระจัด-กระจาย

การอ้างเหตุผลสนับสนุนทฤษฎีของวีเบอร์ เกิดขึ้นเมื่อ ทักแม่เหล็กออกครึ่งหนึ่งจะ พบว่าแต่ละครึ่งจะมีทั้งชั่วเนื้อและชั่วผิว ดังแสดงในรูปที่ 2 - 9 B. การชี้แนวของชั่วผิว อยู่ในทิศทางเดียวกับชั่วแม่เหล็กเดิม ถ้าแม่เหล็กถูกแบ่งต่อไปเป็นส่วสเล็ก ๆ ก็จะมีพบว่าแต่ละส่วนก็ยังมี การชี้แนวของชั่วเนื้อและชั่วผิวที่คล้ายกัน แต่ละส่วนจะแสดงออกถึงคุณสมบัติทาง

แม่เหล็กในตัวเอง

ข้อสนับสนุนทฤษฎีของวี เบอร์อันต่อไป มาจากความจริงที่ว่า เมื่อแท่งแม่เหล็กไม่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กโลก นำมาเคาะหรือกระแทกหรือเผาให้ร้อน การจัดเรียงตัวของโมเลกุลจะไม่เป็นระเบียบและวัตถุชิ้นนั้นจะสูญเสียความเป็นแม่เหล็ก ตัวอย่างเช่น กบที่ เป็นเครื่องวัดต่าง ๆ ซึ่งใช้เป็นแม่เหล็กถาวรจะไม่เที่ยงตรง เมื่อมีอะไรมากระแทกหรืออยู่ในสนามแม่เหล็ก

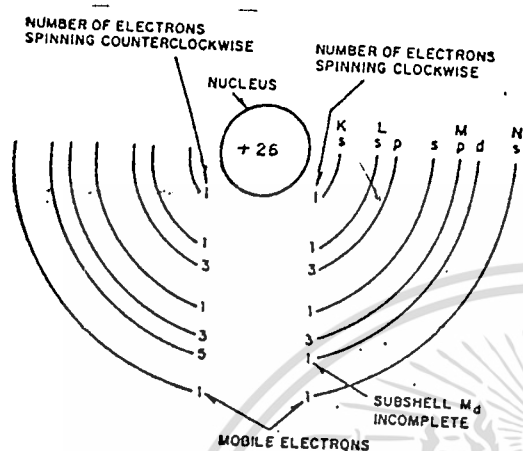


รูป 2 - 9 A. การเรียงตัวของโมเลกุลในแม่เหล็ก บนแม่เหล็กที่หัก.

ทฤษฎีโดเมน (Domain Theory)

ทฤษฎีใหม่ ๆ ของแม่เหล็กอีกอันหนึ่ง มีรากฐานเกี่ยวกับหลักการหมุนของอิเล็กตรอน จากการศึกษาคโครงสร้างของอะตอม ทำให้รู้จักกันดีว่า สสารทั้งหลายประกอบด้วยอะตอมในปริมาณมากมาย อิเล็กตรอนเหล่านี้อยู่ในวงรอบหลายชั้น และแต่ละชั้นขึ้นอยู่กับระยะทางของตัวเองจากนิวเคลียส โครงสร้างของอะตอมซึ่งเมื่อแรกเปรียบเทียบเทียบว่าเป็นระบอบสุริยจักรวาล มีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบนอกนิวเคลียส เหมือนดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์

ระหว่างที่เคลื่อนรอบดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์จะหมุนตัว เองรอบแกนของมันเอง จึงเชื่อกันว่า อิเล็กตรอนคงจะหมุนรอบแกนของตัวเอง ขณะที่หมุนรอบนิวเคลียสของอะตอม



รูป 2 - 10 อะตอมของเหล็ก

วงรอบนิวเคลียส 26 ตัว ถ้า 13 ตัวหมุนตามเข็มนาฬิกา และอีก 13 ตัวหมุนทวนเข็มนาฬิกา สนามแม่เหล็กจะเป็นกลาง เมื่อใดที่อิเล็กตรอนมากกว่า 13 ตัว หมุนในทิศทางทั้ง 2 อย่าง อะตอมก็จะเป็นแม่เหล็ก ตัวอย่างอะตอมแม่เหล็กของเหล็ก แสดงในรูป 2 - 10.

จงสังเกตว่าในภาพนี้ สนามแม่เหล็กอิเล็กตรอนในทั้งหมด นอกจากชั้น จะเป็นกลางซึ่งกันและกัน มีอิเล็กตรอนออกมาหมุนในทิศทางหนึ่ง 15 ตัว และหมุนในทิศทางตรงข้ามเพียง 11 ตัว ฉะนั้น สนามแม่เหล็กที่ไม่คอยโคของอิเล็กตรอน 4 ตัว จะเป็นเหตุให้อะตอมของเหล็กนี้กลายเป็นแม่เหล็กเล็กอย่างไม่สิ้นสุด

เมื่อจำนวนอะตอมจัดหมักกัน เพื่อทำให้เป็นแท่งเหล็ก จะมีปฏิกิริยาต่อกันระหว่างแรงแม่เหล็กของอะตอมต่าง ๆ แรงแม่เหล็กเล็ก ๆ ของสนามรอบอะตอมจะมีผลกระทบกระเทือนอะตอมที่อยู่ใกล้ซิด ดังนั้น จะเกิดอะตอมกลุ่มเล็ก ๆ ซึ่งมีสนามแม่เหล็กขนานกันกลุ่มนี้จะมีอะตอมที่เป็นแม่เหล็ก $10^{14} - 10^{15}$ อะตอม มีขั้วแม่เหล็กหันไปในทางทิศทางเดียวกัน เรียกว่า โดเมน ตลอดทั้งโดเมนจะมีสนามแม่เหล็กอย่างแรงอันหนึ่งที่ไม่อยู่ในอิทธิพลของแม่เหล็กภายนอก เพราะว่าอาณาจักรโดเมนเล็ก ๆ ประมาณ 10 ล้านโดเมนสามารถจะรวมกันเป็น 1 ตารางมิลลิเมตร เท่านั้น ปรากฏว่าทุก ๆ วัตถุที่เป็นแม่เหล็กทำขึ้นจากโดเมนต่าง ๆ

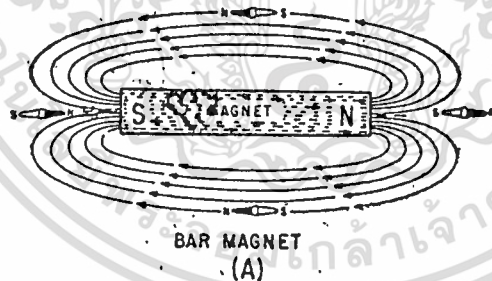
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนมาก โคมะในแต่ละสารจะมีพลังแม่เหล็กอิมิตัวเสมอ แต่เรียงตัวอยู่กระจัดกระจายตลอดทั่ววัตถุ ดังนั้นสนามแม่เหล็กอย่างแรงของแต่ละโคเมนจะเป็นกลาง โดยแรงแม่เหล็กที่มาปะทะของโคเมนอื่น เมื่อให้สนามภายนอกกับสารแม่เหล็ก โคมะจะเรียงตัวเป็นเส้นตรงกับสนามภายนอก ดังนั้นโคเมนเหล่านี้จะเป็นแม่เหล็กอิมิตัวตามธรรมชาติ ความแรงของแม่เหล็ก ของวัตถุที่เป็นแม่เหล็ก จะหาได้โดยจำนวนโคเมนที่เรียงตัวด้วยแรงแม่เหล็ก

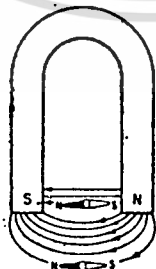
สนามแม่เหล็กและเส้นแรง (Magnetic Fields and Lines of Force)

ถ้าจุ่มแท่งแม่เหล็กลงในเศษเหล็กเล็ก ๆ เศษเหล็กก็จะถูกที่ปลายของแม่เหล็ก แต่จะไม่มีที่บริเวณตรงกลางแม่เหล็ก ตามที่โลกสาวมาแถวตอนต้น ๆ ว่าปลายของแม่เหล็กที่มีแรงกัมากที่สุดเรียกว่า ขั้ว (Poles) ของแม่เหล็ก

โดยการใส่เข็มทิศ แนวทิศทางของแรงแม่เหล็กที่จุดต่าง ๆ ใกล้แม่เหล็กอาจจะสังเกตเห็นได้ เข็มของเข็มทิศเป็นแม่เหล็กในตัวเอง ปลายเหนือของเข็มทิศจะชี้ไปยังขั้วใต้เสมอ ดังแสดงในรูป 2 - 11 A. ดังนั้นความรู้สึกต่อทิศทางจึงชี้แสดงได้ที่ตรงกลาง เข็มของเข็มทิศจะชี้ในทิศทางซึ่งขนานกับแท่งแม่เหล็ก



BAR MAGNET
(A)



HORSESHOE MAGNET
(B)

รูป 2 - 11 เส้นแรงแม่เหล็ก

เมื่อวาง เข็มทิศหลาย ๆ จุดใกล้ ๆ กับแท่งแม่เหล็ก เข็มทิศจะ เรียง ตัวของมันเอง กับสนามในแต่ละตำแหน่ง ทิศทางของสนามแสดงด้วยลูกศร และชี้แทนทิศทางซึ่งชี้ว่า เนื้อของ เข็มทิศจะชี้ เมื่อวาง เข็มทิศในสนาม

เส้นที่ลากไปตามเข็มทิศ เรียงตัวเอง เรียกว่า เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic-line of force) ตามที่โคกดูมาแล้วว่า เส้นแรงแม่เหล็กจะถูกสมมติว่าพุ่งจากขั้วเหนือของแม่เหล็กผ่าน เป็นวงรอบแล้ววกมาถึงขั้วใต้ เส้นแรงจะผ่านจากขั้วใต้ไปยังขั้วเหนือภายในแม่เหล็กเพื่อทำให้เป็นวงปิด แต่ละเส้นของแรงจะเป็นวงปิดไม่ขึ้นแก่กันและไม่รวมกันหรือข้ามเส้นแรงอื่น ๆ เส้นแรงระหว่างขั้วของแม่เหล็กเกือบมา แสดงไว้ในรูป 2 - 11 B:

แม้ว่า เส้นแรงแม่เหล็กจะเป็น เสียงภาพคิดขึ้น คำบอกเล่าที่ใหญ่ของปรากฏการณ์ทางแม่เหล็กหลายอัน สามารถอธิบายได้ โดยสมมุติเส้นแรงแม่เหล็กใหม่คุณสมบัติจริง ๆ เส้นแรงแม่เหล็กสามารถเปรียบได้กับวงยางซึ่งยืดออกมา เมื่อมีแรง เกิดขึ้นในตัวและจะหดเมื่อแรงถูกเอาออกไป ลักษณะของ เส้นแรงแม่เหล็ก สามารถที่จะบรรยายได้ดังต่อไปนี้

1. เส้นแรงแม่เหล็กมีทิศทางไป และจะ เป็นวงปิดอยู่เสมอ
2. เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ทับเส้นอื่น ๆ
3. เส้นแรงแม่เหล็กเดินทางขนาน ในทิศทาง เดียวกันจะผลักกัน เส้นแรงแม่เหล็กที่เดินทางในทิศทางตรงกันข้ามจะรวมกันเข้าด้วยกันเป็นเส้นเดียว เดินทางในทิศทางที่วัดได้โดยขั้วแม่เหล็กที่ทำให้เกิดเส้นแรง
4. เส้นแรงแม่เหล็กทำให้สั้นโคก ฉะนั้น เส้นแรงแม่เหล็กที่ออกมาระหว่างขั้วที่ไม่เหมือนกัน 2 ขั้ว ทำให้ขั้วทั้งสองคดเข้าหากัน
5. เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งผ่านวัตถุใดทั้งที่เป็นแม่เหล็กและไม่เป็นแม่เหล็ก

ช่องว่างล้อมรอบแม่เหล็กซึ่งแรงแม่เหล็กกระทำ เรียกว่า สนามแม่เหล็ก (Magnetic field) ไมเคิลฟาราเดย์ (Michael Faraday) เป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ทำให้สนามแม่เหล็กแลเห็นได้ในสภาพบังคับ ประกอบด้วยเส้นแรงที่จะกระจายอย่างสม่ำเสมอ ปริมาณทั้งหมดของเส้นแม่เหล็ก เรียกว่า เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Flux)

เส้นแรงในวงจรมแม่เหล็กก็เหมือนกับกระแสไฟฟ้าในวงจรีไฟฟ้า

จำนวนของ เส้นแรงต่อ 1 หน่วยพื้นที่ เรียกว่า ความหนาแน่นของ เส้นแรง (Flux Density) และวัดได้เป็นเส้นต่อตารางนิ้ว หรือเส้นต่อตาราง เซ็นติ-เมตร ความหนาแน่นของ เส้นแรง จะมีค่าตามสมการ

$$B = \frac{\phi}{A}$$

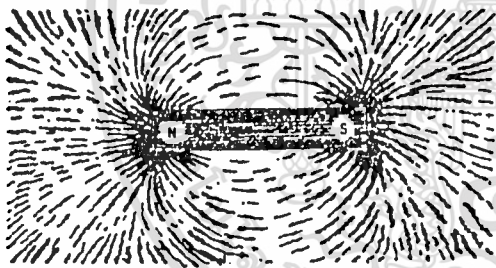
B เป็นความหนาแน่นของ เส้นแรงแม่เหล็ก

ϕ (ไฟเป็นอักษรกรีก) เป็นจำนวนของ เส้นแรงทั้งหมด

A เป็นพื้นที่หน้าตัดของวงจรมแม่เหล็ก

ถ้า A เป็นตาราง ซม. , ϕ เป็นเส้น/ ซม. ² หรือเกาส์ (Gauss)

อย่างไรก็ตามความเป็นอมแม่เหล็กในตัวเอง ไม่ใช่อนุภาคที่ไหลเคลื่อนที่ได้ แต่เป็นสนามของแรงที่ออกมาในช่องว่าง



สนามแม่เหล็กรอบ ๆ แม่เหล็กสามารถ จะทำให้เห็นโคควยตา โดยการวาง แผ่นกระจกเหนือแท่งแม่เหล็ก แล้ว โปรยเศษเหล็กลงไปบนกระจก เศษ เหล็กจะเรียงตัวมันเอง เป็นทางเดิน ที่กำหนดขึ้นระหว่างขั้ว การ เรียงตัว

รูป 2 - 12 ทางเดินสนามแม่เหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

ของ เศษเหล็ก แสดงให้เห็นทางเดินของสนามแม่เหล็กรอบ ๆ แม่เหล็ก ดังในรูป 2 - 12

สนามแม่เหล็กที่ล้อมรอบแม่เหล็กซึ่งมีรูปร่าง เหมือนกันทั้งสองข้าง มีคุณสมบัติดังนี้

1.. สนามจะแผ่ออกเหมือนกันทั้งสองข้าง นอกจากจะถูกรบกวนโดยสารแม่เหล็ก

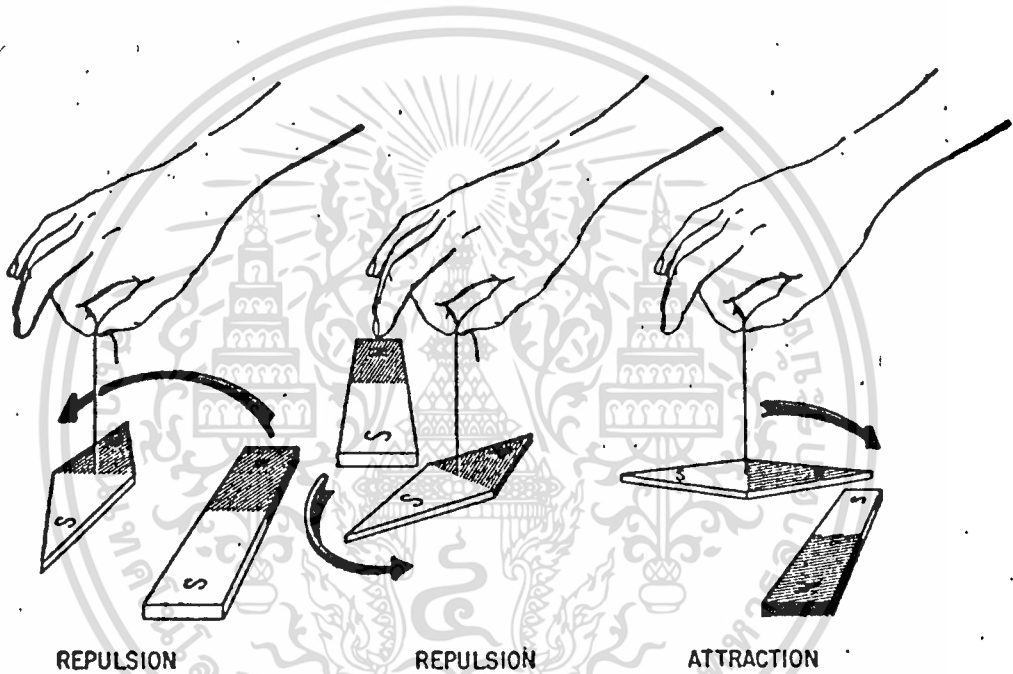
อื่น

2. เส้นแรงมีทิศทางและแพร่กระจายจากขั้วเหนือมายังขั้วใต้

กฎการดูดและการผลัก (Law of Attraction and Repulsion)

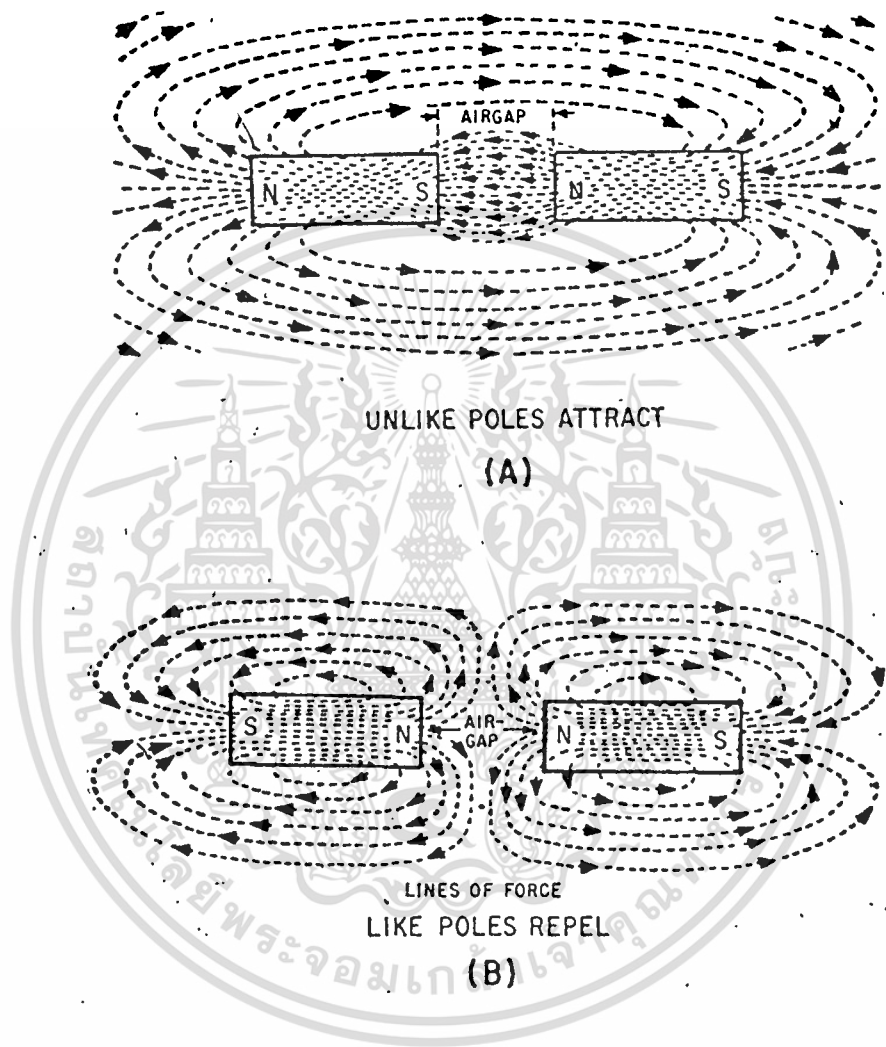
ถ้าใช้เข็มที่ทำให้เป็นแม่เหล็ก มาแขวนไว้ใกล้แท่งแม่เหล็ก ดังรูป 2 - 13 จะเห็นขั้วเหนือผลักกับขั้วเหนือ และขั้วใต้ดูดกับขั้วใต้ ขั้วตรงกันข้ามจะดูดซึ่งกันและกันดังนี้ กฎของการดูดและการผลัก 2 กฎแรก ก็คือ

1. ขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกัน จะผลัก ซึ่งกันและกัน
2. ขั้วแม่เหล็กที่ต่างกัน จะดูด ซึ่งกันและกัน



รูป 2 - 13 กฎการดูดและการผลัก

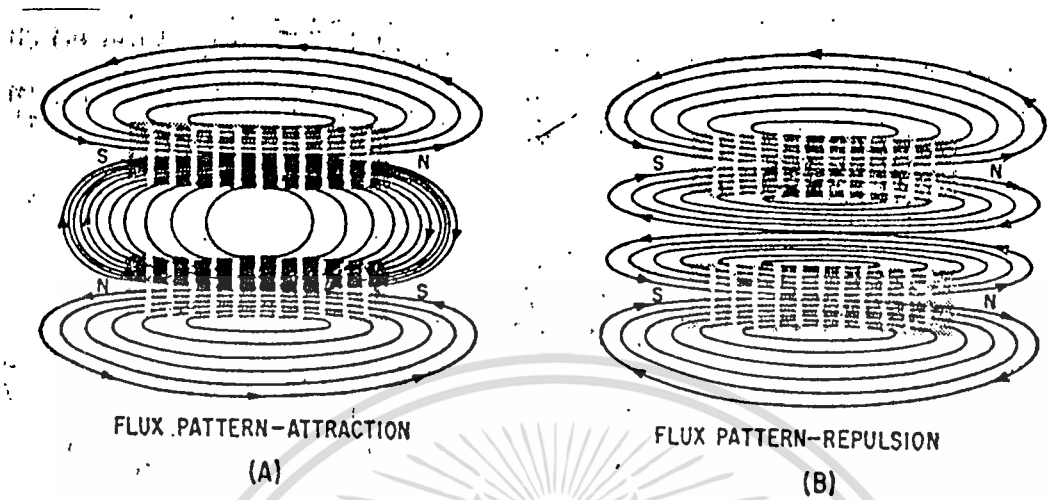
ทางเดินของเส้นแรงแหว่างขั้วที่ไม่เหมือนกันของแม่เหล็กที่วางอยู่ใกล้กันแสดงให้เห็นในรูป 2 - 14 A. ทางเดินในท่านองเดียวกันสำหรับขั้วเหมือนกันอยู่ใกล้กัน แสดงในรูป 2 - 14 B. เส้นจะไม่คร่อมกันที่จุดใด ๆ และจะกระทำเหมือนกับขั้วที่ผลักซึ่งกันและกัน



A. ขั้วต่าง กันดึงดูดกัน

B. ขั้วเหมือนกันเบียดกัน

รูป 2 - 14 เส้นแรงแหว่างขั้วที่ต่าง กันและเหมือนกัน



A. ทางเดินของ เส้นแรง - การดูดกัน

B. ทางเดินเส้นแรง - การผลักกัน

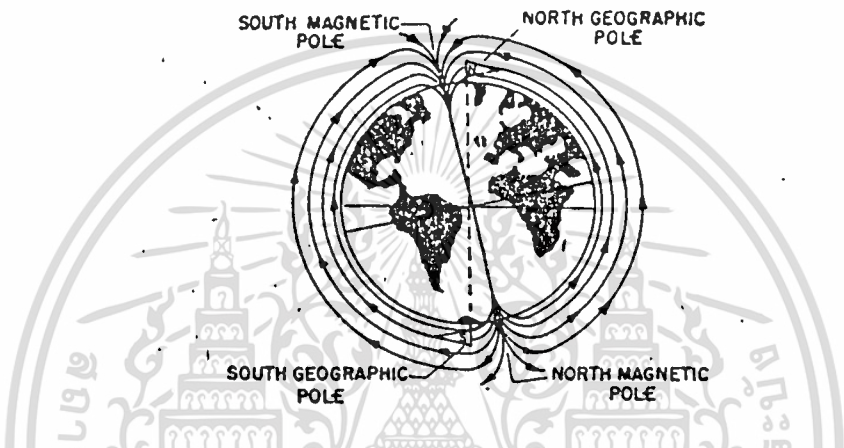
รูป 2 - 15 ทางเดินของ เส้นแรง ของแท่งแม่เหล็กที่วางขนานใกล้กัน

รูป 2 - 15 แสดงทางเดินของเส้นแรงรอบแท่งแม่เหล็ก 2 อัน ซึ่งวางอยู่ใกล้กันและขนานซึ่งกันและกัน รูป 2 - 15 A. แสดงทางเดินเส้นแรง เมื่อขั้วตรงข้ามกันอยู่ใกล้กันและรูป 2 - 15 B. แสดงทางเดินเส้นแรงของขั้วเหมือนกันอยู่ใกล้กัน

กฎที่ 3 ของการดูดและการผลักกล่าวว่า ผลของแรงดูดหรือแรงผลักที่ออกมาระหว่างขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้วจะลดลงอย่างรวดเร็วขณะที่แยกขั้วออกจากกัน ที่จริงแล้วแรงดูดหรือแรงผลักจะแปรไปโดยตรงตามผลคูณของความแรงของขั้วที่แยกกันและ เป็นส่วนกลับกับระยะทางของขั้วที่แยกกันยกกำลังสอง จะให้ขั้วมีขนาดเล็กเพื่อที่จะพิจารณาให้เป็นจุด ตัวอย่างเช่น ถ้าระยะทางระหว่างขั้วเหมือน 2 ขั้ว เพื่อขึ้นจาก 2 ฟุต เป็น 4 ฟุต แรงผลักระหว่างมันจะลดลง 1/4 ของค่าเดิม ถ้าความแรงของขั้วทั้งสอง เป็นสอง เท่า ระยะทางยังคงเดิมแรงระหว่างขั้วจะเป็นสอง เท่า

ความเป็นแม่เหล็กของโลก (The Earth's Magnetism)

ไต่ถามมาแล้วว่า โลกเป็นแม่เหล็กขนาดมหึมา และรอบ ๆ โลกเป็นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นโดยความเป็นแม่เหล็กของโลก ขั้วแม่เหล็กของโลกแสดงในรูป 2 - 16 ขั้วทางภูมิศาสตร์แสดงที่แต่ละปลาย แกนของการหมุนข้างที่เียงของโลก แกนแม่เหล็กจะไม่ตรงกับแกนทางภูมิศาสตร์ เพราะฉะนั้นขั้วแม่เหล็กและขั้วทางภูมิศาสตร์จะไม่อยู่ที่เดียวกันบนผิวของโลก



รูป 2 - 16 ขั้วแม่เหล็กของโลก

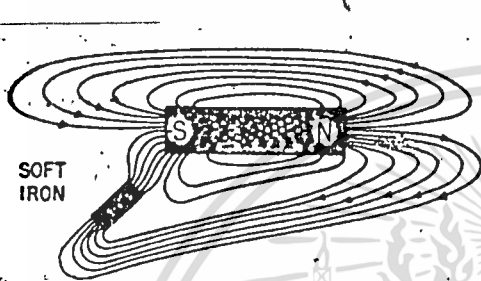
เมื่อเราเรียนรู้ว่า โลกเป็นแม่เหล็กและขั้วตรงกันข้ามจะดึงดูดกัน จึงจำเป็นที่จะเรียกขั้วแม่เหล็กที่ตั้งอยู่ในซีกโลกทางเหนือว่า ขั้วแม่เหล็กใต้ (South Magnetic Pole) และขั้วแม่เหล็กที่ตั้งอยู่ในซีกโลกใตว่า ขั้วแม่เหล็กเหนือ (North Magnetic Pole) การตั้งชื่อขั้ว เป็นไปโดยไม่มีหลักเกณฑ์ เพราะฉะนั้นขั้วของ เข็มใน เข็มทิศที่ชี้ไปยังขั้วเหนือจะตรงกันข้ามกับความ เป็นขั้วของขั้วแม่เหล็กโลกที่ตั้งอยู่ที่นั่น

ถ้าไต่ถามมาแล้วว่า เส้นแรงแม่เหล็กเราถือว่าแผ่กระจายจากขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กและเข้ามายังขั้วใต้เป็นห่วงปิด เนื่องจากโลกเป็นแท่งแม่เหล็ก เส้นแรงจึงแผ่จากขั้วแม่เหล็กเหนือเข้ามายังขั้วแม่เหล็กใต้เป็นห่วงปิด เข็มของ เข็มทิศจะอยู่ในแนวเส้นแรงของโลกที่เข้ามายังขั้วใต้และออกไปที่ขั้วเหนือ เนื่องจากขั้วเหนือของ เข็มก็คือปลายที่ชี้ทิศทางทางเหนือตามขั้วแม่เหล็กในบริเวณของขั้วเหนือทางภูมิศาสตร์ ซึ่งความจริงจะเป็นขั้วแม่เหล็กใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากขั้วแม่เหล็กและขั้วทางภูมิศาสตร์ไม่ตรงกัน เข็มทิศ (ยกเว้นตำแหน่งที่แน่นอนบนโลก) จะไม่ชี้ในทิศทางเหนือ (ทางภูมิศาสตร์) จริง มันจะไม่ชี้ในแนวทิศทางการผ่านขั้วเหนือและใต้ทางภูมิศาสตร์ แต่จะอยู่ในแนวทิศทางการทำมุมกับมัน มุมนี้เราเรียกว่ามุมแปรหรือมุมเอียง (The Angle of Variation or Declination)

การกันแม่เหล็ก (Magnetic Shielding)



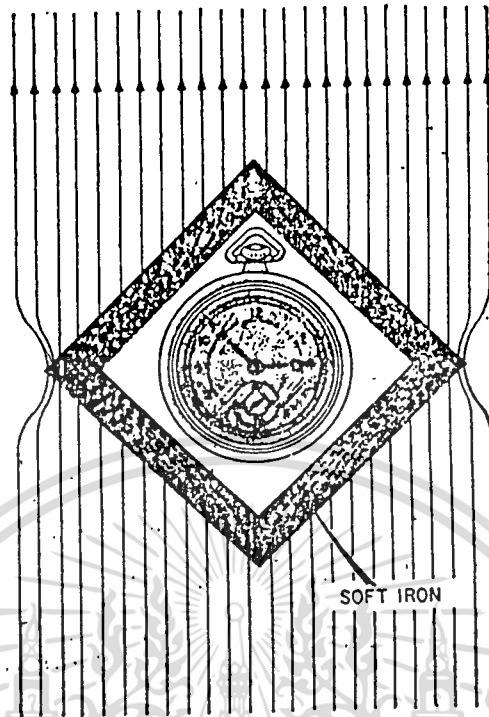
ไม่มี ฉนวน (Insulator) คือสำหรับเส้นแรงแม่เหล็ก ถ้าเอาวัตถุที่ไม่ใช่แม่เหล็กวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงเห็นโคจรที่ นั่นคือเส้นแรงจะไหลทะลุวัตถุที่ไม่เป็นแม่เหล็ก

รูปที่ 2 - 7 ผลของสารที่เป็นแม่เหล็กในสนามแม่เหล็ก

ตัวอย่าง เช่น เมื่อเอาแผ่นกระดาษวางระหว่างขั้วของแม่เหล็กรูปเกือกม้า จะไม่มีผลที่เห็นได้ ชักบนสนาม แมวกระดาษจะตัวเองจะเป็นฉนวนที่ดีในวงจรไฟฟ้า ถ้าเอาวัตถุที่เป็นแม่เหล็ก (เช่น เหล็กอ่อน) วางในสนามแม่เหล็ก เส้นแรงก็จะมีการขี้นผ่านโดยตรงอย่างมากในวัตถุที่เป็นแม่เหล็ก ดังแสดงในรูป 2 - 17 ความขี้นผ่านได้ก็คือคุณภาพของสารที่สามารถจะเป็นแม่เหล็กโคจร

กลไกความไว ของเครื่องมือไฟฟ้าและมีเตอร์ เครื่องวัด จะมีอิทธิพลจากสนามแม่เหล็กซึ่งจะทำให้เกิดความคลาดในการอ่านค่า เนื่องจากกลไกของเครื่องมือไม่สามารถจะหุ้มฉนวนป้องกัน เส้นแรงแม่เหล็ก จึงจำเป็นต้องใช้ตัววางบางอย่างกัน เส้นแรงรอบ ๆ เครื่องมือทำได้โดยการวางกล่องเหล็กอ่อน เรียกว่า ฉากแม่เหล็กหรือเครื่องกันแม่เหล็ก (Magnetic-Screen or Shield) รอบ ๆ เครื่องมือ เนื่องจากเส้นแรงที่สร้างขึ้นจะผ่านเหล็กอ่อนไค่มาก (แม้วางทางเดินจะยาวกว่า) กว่าที่จะผ่านอากาศภายในกล่อง เครื่องมือนี้จึงถูกหุ้มหรือกันแม่เหล็กอย่างไค่ผลดังแสดงโดยโซนาฬิกาและ เครื่องกันที่เป็นเหล็กอ่อน ในรูป 2 -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2 - 18 เครื่องกันแม่เหล็ก

วัตถุแม่เหล็ก (Magnetic Materials)

จากการศึกษาเกี่ยวกับแม่เหล็กในสมัยก่อน ๆ จะแบ่งวัตถุออกได้เพียงวัตถุที่เป็นแม่เหล็กและวัตถุที่ไม่เป็นแม่เหล็ก แต่จากการศึกษาในปัจจุบันได้จำแนกวัตถุออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มพาราแมกเนติก, กลุ่มไดอะแมกเนติก และกลุ่มเฟอร์โรแมกเนติก

กลุ่มพาราแมกเนติก (Paramagnetic) คือ วัตถุที่ทำให้เป็นแม่เหล็กได้เพียงเล็กน้อยจะอยู่ในสนามแม่เหล็กที่แรง การเป็นแม่เหล็กเพียงเล็กน้อยอยู่ในทิศทางเดียวกันกับสนามที่ทำให้เป็นแม่เหล็ก วัตถุในกลุ่มนี้ คือ อลูมิเนียม โครเมียม, แพลตินัม และอากาศ

กลุ่มไดอะแมกเนติก (Diamagnetic) คือ วัตถุที่ทำให้เป็นแม่เหล็กได้เพียงเล็กน้อย ก็จะเป็นแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามกับสนามภายนอก วัตถุในกลุ่มนี้ เช่น ทองแดง เงิน ทอง พรอท

ทั้งพาราแมกเนติกและไดอะแมกเนติกมีการซึมผ่านได้น้อยมาก แต่ชนิดพาราแมกเนติกมีการซึมผ่านได้น้อยกว่าเล็กน้อย เนื่องจากเป็นการยากที่จะรับสภาพแม่เหล็กของวัตถุพาราแมกเนติก วัตถุเหล่านี้จึงพิจารณาในทางปฏิบัติว่าเป็นวัตถุที่ไม่เป็นแม่เหล็ก

กลุ่มวัตถุที่สำคัญที่สุด สำหรับการใช้งานทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ก็คือกลุ่มเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic Materials) เป็นวัตถุที่ง่ายต่อการเป็นแม่เหล็ก เช่น เหล็ก เหล็กกล้า โคบอลต์ อัดนิโค และ เฟอร์ไรต์ลอสก์ ทั้งสองชนิดหลังเป็นโลหะผสม อัดนิโคประกอบด้วย อลูมิเนียม นิกเกิล และโคบอลต์ โลหะผสมใหม่เหล่านี้ มีความสามารถที่จะเป็นแม่เหล็กแรงกลามาก ซึ่งอัดนิโคสามารถที่จะมีกำลังแม่เหล็กมากพอที่จะยกน้ำหนักได้มากกว่าตัวเองถึง 500 เท่า

วัตถุเฟอร์โรแมกเนติกจะมีความซึมผ่านได้นสูง ใ้ยงไรก็ตาม วัตถุเช่นเหล็กกล้าจะถูกใช้ทำแม่เหล็กถาวร เพราะเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุเฟอร์โรแมกเนติกอื่นแล้ว มักจะมีความซึมผ่านได้นต่ำ

รูปร่างของแม่เหล็ก (Magnetic Shapes)

เนื่องจากการใช้แม่เหล็กเป็นประโยชน์หลายอย่าง จึงได้หารูปร่างและขนาดต่าง ๆ กัน ใ้ยงไรก็ตามโดยทั่วไปแล้ว จะแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ แม่เหล็กชนิดแท่ง แม่เหล็กเกือกม้า และแม่เหล็กวงแหวน

แม่เหล็กแท่งใช้กันมากในโรงเรียน ห้องทดลอง เพื่อศึกษาคณะสมบัติและผลทางแม่เหล็ก ซึ่งแม่เหล็กแท่งจะช่วยได้มากในการแสดงขั้วต่าง ๆ ทางแม่เหล็ก

แม่เหล็กชนิดวงแหวนใช้สำหรับในการทำคอมพิวเตอร์ การใช้ที่พบได้บ่อยสำหรับแม่เหล็กวงแหวนจะป้องกัน เครื่องมือไฟฟ้า ดังใดกลาวมาแล้ว

รูปร่างแม่เหล็กที่ใช้กันมากที่สุดในเครื่องมือไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ก็คือที่เรียกว่าแม่เหล็กรูปเกือกม้า ซึ่งก็คล้ายกับแม่เหล็กแท่ง เพียงแต่โค้ง เป็นรูปเกือกม้าแม่เหล็กเกือกม้าจะให้กำลังแม่เหล็กแรงกว่าแม่เหล็กแท่งที่มีขนาดเดียวกัน เนื่องจากการมีขั้วที่ใกล้ชิดกัน

กำลังแม่เหล็กจากขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งจะเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กในพื้นที่ที่เล็กกว่า เครื่องวัดทางไฟฟ้าจึงมักใช้ชนิดเกือบมากัน เป็นส่วนใหญ่

การดูแลรักษาแม่เหล็ก / (Care of Magnets)

ชิ้นของเหล็กกล้าที่ทำให้เป็นแม่เหล็กแล้ว สามารถที่จะสูญเสียความเป็นแม่เหล็กไปได้ถ้ามีการกระทบกระแทกหรือเผา จะมีการเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบของโคแมกเนต เป็นผลให้เสียประสิทธิภาพของการเป็นแม่เหล็ก ฉะนั้นจึงจำต้องมีการดูแลเครื่องมือเครื่องใช้ที่เป็นแม่เหล็ก การกระทบกระเทือนอย่างแรงหรือการนำเครื่องมือไปถูกความร้อนสูง จะทำให้เครื่องมือเสียหายได้

แม่เหล็กอาจจะอ่อนลงจากการสูญเสียเส้นแรง ดังนั้นเมื่อจะเก็บแม่เหล็ก ควรจะหลีกเลี่ยงการรั่วอย่างมากของเส้นแรงแม่เหล็ก การเก็บแม่เหล็กรูปเกือบมากจึงต้องนำเหล็กอ่อนเป็นแท่งนำมารวม เชื่อมขั้วของแม่เหล็ก จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กยังคงไหลเวียนผ่านแม่เหล็ก เพื่อให้แม่เหล็กไหลอยู่ในวงจร