การควบคุมชิบวนการชุบโลหะ

COMPUTER AIDED PLATING PROCESS CONTROL

นาย	ประเสริฐ	ตันตราภิรมย์	34162214
นาย	พงษ์ศักดิ์	เขียนด้วง	34162217
นาย	พนม	เพ็ญสว่าง	34162218
นาย	พิมล	วีรวัฒน์พงศ์	34162220
นาย	วิบูลย์	เลิศทรัพย์อนันต์	34162226
นาย	ศราวุธ	บุญดาว	34162229
นาย	สหรัฐ	นาคสกุล	34162235
นาย	สุรเชษฐ์	สุขเขตต์	34162238

อาจารย์ที่ปรึกษา

วิทยา ทิพย์สุวรรณพร

Advisor

VITAYA TIPSUWANPRON

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032678

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขา คอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การควบคุมขบวนการชุบโลหะ

โดย

นายประเสริฐ	ตันตราภิรมย์	34162214
นายพงษ์ศักดิ์	เขียวด้วง	34162217
นายพนม	เพ็ญสว่าง	34162218
นายพิมล	วีรวัฒน์พงศ์	34162220
นายวิบูลย์	เลิศทรัพย์อนันต์	34162226
นายศราวุธ	บุญดาว	34162229
นายสหรัฐ	นาคสกุล	34162235
นายสุรเชษฐ์	สุขเขตต์	34162238

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา

(วิทยา ทิพย์สุวรรณพร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032678

บทคัดย่อ

ปริญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานควบคุมขบวนการทางอุตสาหกรรมโดยได้นำเสนอการควบคุมขบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ชนิดอะโนไดซ์ (ANODISE) ทั้งนี้ตลอดขั้นตอนในขบวนการ ANODISE ได้มีการควบคุมเงื่อนไขและสภาวะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น แรงดัน, กระแส อุณหภูมิ, ระดับหรือ ตำแหน่ง ทั้งหมดนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์และประมวลผล เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง และเหมาะสมที่สุด ต่อ PROCESS นั้นหมายถึงคุณภาพต่อผลผลิต อนึ่งการควบคุมและการแสดงผลทางจอภาพจะเป็นไปในลักษณะ REAL TIME กราฟฟิกบนจอภาพจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของ PROCESS เช่นเดียวกับการควบคุมเงื่อนไขต่างๆ สามารถกระทำได้ทันที ณ. จุดใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This thesis is a fraction of Computer aided processing control of industrial. Present of metal plate process control by electrod (Anodise type). At over all of Anodise process has Control condition and every status eq. Voltage , Current, Temperature or Direction this all will bring to analyze and processing for the pure value and correctable by PROCESS , that are mean quality by product. Then controling and monitoring are real time, the graphic display will show that unstable of process and controling condition can do it everytime and everything.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

Adstract

บทนำ 1

บทที่ 1 การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (ELECTRO-PLANTING)

1.1 - หลักการเบื้องต้นในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า 2

1.2 - อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการชุบโลหะ 8

1.3 - การเตรียมผิวงานและการทำความสะอาดชิ้นงาน 25

1.4 - การทำความสะอาดชิ้นงานก่อนชุบด้วยไฟฟ้า..... 33

บทที่ 2 ปฏิบัติการอะโนไดซ์ (TECHONLOGY OF ANODISING)

2.1 - การอะโนไดซ์ 40

2.2 - อุปกรณ์การอะโนไดซ์ 41

2.3 - การเตรียมผิวงานก่อนอะโนไดซ์ 43

2.4 - ขั้นตอนการอะโนไดซ์ 52

2.5 - การย้อมสีชิ้นงานหลังการอะโนไดซ์ 53

2.6 - การซีลผิวอะโนไดซ์ 55

บทที่ 3 การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมการอะโนไดซ์

(COMPUTER AIDED ANODISING CONTROL)

3.1 - หลักพื้นฐานในการควบคุมการอะโนไดซ์ด้วยคอมพิวเตอร์ 65

3.2 - ส่วนประกอบของ MODEL 66

3.3 - ส่วนประกอบของ HARDWARE 70

3.3.1 - โครงสร้างของ PAL

3.3.2 - วิธีดูเบอร์ PAL เพื่อให้ตรงกับการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 - การประยุกต์ PAL เพื่อใช้กับโครงงาน

3.3.4 - การควบคุม STEPPING MOTOR

3.3.5 - การเปลี่ยนสัญญาณ ANALOG เป็น DIGITAL (A/D)

3.3.6 - การสร้างวงจร INSTRUMENT AMP

3.6 - การเชื่อมต่อส่วนของ MODEL HARDWARE และ SOFTWARE ในระบบการทำงาน..... 124

บทที่ 4 บทสรุป

4.1 - สรุปผลการทดลอง 130

4.2 - ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ 131

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก A โปรแกรมการควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมชุบโลหะได้มีความสำคัญเป็นอย่างมาก และถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมโลหะ เนื่องจากเมื่อได้ทำการขึ้นรูปโลหะแล้ว มักจะต้องนำไปชุบเคลือบผิวเมื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ เช่นความเงามัน ความคงทนต่อสภาพแวดล้อม หรือ สีผิว การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ชนิดอะโนไดซ์ เป็นการชุบผิวของอะลูมิเนียม (ALUMINUIM ANODISE) ให้ได้สีและคุณสมบัติตามต้องการ เช่นจะเห็นได้จาก สีดำ หรือ สีน้ำเงินของหน้าปัดเครื่องเสียง, นาฬิกา เครื่องประดับต่างๆ และอื่นๆ ปัจจุบันเครื่องชุบโลหะที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมที่ใช้การควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ จะต้องสั่งมาจากต่างประเทศและราคาสูงมากประกอบกับตัวเครื่องมีขนาดใหญ่ ดังนั้นอุตสาหกรรมขนาดเล็กจึงจำเป็นต้องควบคุมการชุบโลหะด้วยตนเอง นั่นหมายถึงว่า ผู้ควบคุมจะเสียเวลาทั้งหมด อยู่กับขบวนการชุบ กับคุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอ และที่สำคัญ อัตราเสี่ยงอันตรายต่อการถูกน้ำยาเคมีซึ่งมีสภาพเป็นกรดกัดกร่อนอย่างสูง (CRITRIC) หรือการสะสมสารเคมีภายในร่างกาย

ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้จัดทำปริญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เห็นถึงปัญหาของอุตสาหกรรมงานชุบโลหะขนาดเล็ก ประกอบกับเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ ที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว น่าจะนำมาใช้ในการพัฒนาอุตสาหกรรมงานชุบโลหะขนาดเล็กได้ ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมการชุบ การควบคุมคุณภาพ การบันทึกข้อมูลเงื่อนไขที่ทำให้ผลงานออกมาสมบูรณ์ที่สุด ความสะดวกสบาย เมื่อสามารถดูขั้นตอนการชุบได้จากจอภาพและควบคุมได้เพียงปลายนิ้ว

ทั้งหมดนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของโครงงานปริญานิพนธ์ที่ได้จัดทำขึ้น และยังมีรายละเอียดในส่วนต่างๆ ที่น่าสนใจอีกเป็นอันมาก ซึ่งทางคณะผู้จัดทำหวังอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ ไม่มากก็น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นแนวทางการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมงานอุตสาหกรรมต่างๆ ด้วยระบบลูปปิด(CLOSE LOOP CONTROL SYSTEM)และเพื่อเป็นต้นแบบ ในการนำไปใช้งานอุตสาหกรรมชุบโลหะ ประเภทอะโนไดซ์ (ANODISE) อนึ่งในงานชุบโลหะชนิดอื่นๆ สามารถกระทำได้ ทันที เมื่อได้เปลี่ยนน้ำยาที่ เหมาะสมแล้ว

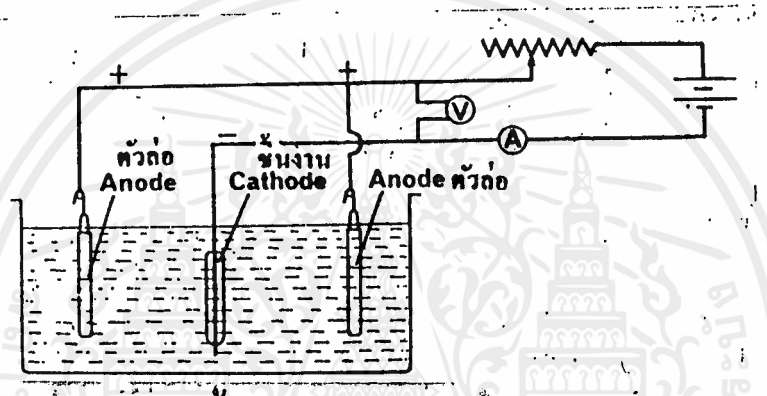
1.2 ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการนำเสนอ การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ใช้งานร่วมกับขบวนการทางอุตสาหกรรมโดยที่ได้ทำการวิจัยในเรื่องของการควบคุมอุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้า การควบคุมคุณภาพงานชุบโลหะตลอดจนการลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจะมีการกล่าวถึง หลักการของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า การทำอะโนไดซ์ ส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่เกียวข้อง เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในการชุบโลหะ อุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ ตลอดจนการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุม การแสดงผล และการบันทึกข้อมูล โดยใช้ภาษา C ในการแสดงผลและเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์ไปจนถึงขบวนการชุบโลหะ อันเป็นส่วนหนึ่งของระบบ CIM (COMPUTEER INTEGRATED MANUFACTORY) ที่มีใช้กันแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในต่างประเทศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการเบื้องต้น
ของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า คือการทำให้โลหะไปเคลือบเกาะบนโลหะอีกชนิดหนึ่งโดยกรรมวิธีเคมี - ไฟฟ้าโดยจุ่มชิ้นงานที่ทำการชุบลงในน้ำยาชุบ แล้วต่อเข้ากับขั้วลบของกระแสไฟฟ้าตรง (D.C.Current) คือกระแสไฟฟ้าผ่านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Rectifier) ซึ่งเรียกว่าขั้วลบ (Cathode) และมีตัวล่อหรือขั้วบวก (Anode) ต่อเข้ากับขั้วของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เมื่อไฟฟ้าครบวงจรก็จะเกิดการเกาะจับของโลหะที่ขั้วลบ (ชิ้นงาน)



รูปหลักการเบื้องต้นการชุบโลหะ

น้ำยาชุบโลหะ (Electrolytes)

จากการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ ได้พบว่าตัวนำไฟฟ้าแบ่งได้เป็นสองพวก คือ

พวกที่หนึ่ง เป็นตัวนำไฟฟ้าโดยตัวเองไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเป็นแต่เพียงสะพานเพื่อให้ไฟฟ้าผ่านได้เท่านั้น เช่นโลหะต่าง ๆ และแกรไฟต์ ผงบรอนซ์ เป็นต้น

พวกที่สอง เป็นตัวนำไฟฟ้าโดยตัวเองแยกสลายออกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ในขณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวของมันเช่น น้ำเจือกรด และสารละลายของเกลือต่าง ๆ เป็นต้น ตัวนำไฟฟ้าพวกหลังนี้ในทางวิทยาศาสตร์ใช้ชื่อว่าอิเลคโตรไลต์ (Electrolytes) ไมเคิลฟาราเดย์ นักวิทยาศาสตร์คนสำคัญ คนหนึ่งของโลกได้ตั้งชื่อนี้ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1832 - 1833 ตัวนำไฟฟ้าพวงที่สองนี้เองที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้าโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสารละลายของอิเลคโตรไลต์ที่ใช้แผ่นปาลาตินัมเป็นขั้วอิเลคโตรด อนุภาคเล็ก ๆ พวกหนึ่งของอีเลคโตรไลต์จะวิ่งไปยังแอโนด (Anode) หรือขั้วบวก อนุภาคเล็ก ๆ อีกพวกหนึ่งของอิเลคโตรไลต์จะวิ่งไปยังแคโทด (Cathode)หรือขั้วลบ อนุภาคเล็ก ๆ ของอิเลคโตรไลต์ที่วิ่งไปยังขั้วบวก หรือขั้วลบดังกล่าวแล้วนั้นเรียกว่า อิออน (Ions) แต่ละอิออนจะมีประจุไฟฟ้าประจำทุกตัวอิออนที่วิ่งไปยังขั้วบวกเรียกว่า แอนอิออน(Anions)จะมีประจุไฟฟ้าลบ (-) ประจำตัวอิออนที่วิ่งไปยังขั้วลบเรียกว่า แคทอิออน (Cathions)จะมีประจุไฟฟ้าบวก (+) ประจำตัว ในขณะที่เกิดการแยกสลายดังกล่าวในสารละลายนั้นเราจะมองไม่เห็นปฏิกิริยาใดๆเกิดขึ้นในสารละลายนั้นเลย แต่จะไปเห็นปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่ขั้วบวกหรือขั้วลบ ตัวอย่างเช่นในปฏิกิริยาของสารอิเลคโตรไลต์บางชนิด ที่ใช้แผ่นปลาตินัมเป็นขั้วบวกและขั้วลบ เมื่อต่อแผ่นขั้วทั้งสองให้เข้ากับแบตเตอรี่ให้ครบวงจรจะปรากฏว่ามีฟองแก๊สออกซิเจนเกิดขึ้นที่ขั้วบวก และมีฟองแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้นที่ขั้วลบเป็นต้น

ตัวอย่างการแยกสารละลายของน้ำยาสารละลายของคอปเปอร์ซัลเฟต

เมื่อเอาสารละลายของคอปเปอร์ซัลเฟตมาทำการแยกสลายด้วยไฟฟ้าใช้แผ่นปลาตินั่มเป็นขั้วลบ โดยต่อเข้ากับขั้วลบแบตเตอรี่ใช้แผ่นทองแดงบริสุทธิ์เป็นขั้วบวก โดยต่อเข้ากับขั้วบวกแบตเตอรี่จะเกิดปฏิกิริยาดังนี้ :-

-		+	
	<-- Cu^{++}	Cu^{++} <--	แผ่นทองแดง
	<-- H^{+}	So_4 -->	
(แก๊ส)	H_2	OH^{-} -->	
		O_2	(แก๊ส)
	ขั้วลบ (Carhode)	ขั้วบวก (Anode)	

คอปเปอร์ซัลเฟตที่มีอยู่ในน้ำยาจะแยกสลายออกเป็นอนุภาคเล็กๆ 2 ส่วนคือ อนุภาคคอปเปอร์ (Cu++) มีประจุไฟฟ้าบวก (+) ประจำตัว,และซัลเฟต (SO_4--) มีประจุไฟฟ้าลบ (-) ประจำตัวเมื่อต่อกระแสไฟฟ้าให้ครบวงจรอนุภาคเล็กๆ ทองแดงจะวิ่งไปหาปาลตินั่ม (ขั้วลบ) เกาะติดเป็นผงสีแดงอยู่บนแผ่นปลาตินั่ม ส่วนอนุภาคเล็กๆ ซัลเฟตจะวิ่งไปหาแผ่นทองแดง (ขั้วบวก) ทำปฏิกิริยากับทองแดงเป็นเหตุให้ทองแดงละลายเป็นคอปเปอร์ซัลเฟต แทนที่คอปเปอร์ซัลเฟตตัวก่อนที่หมดไป คอปเปอร์ซัลเฟตตัวหลังนี้จะแยก

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สลายออกเป็น 2 ส่วนอีก คืออนุภาคคอปเปอร์ (Cu++) และอนุภาคซัลเฟต (SO_{4--}) อนุภาคคอปเปอร์จะวิ่งไปขั้วลบเกาะติดอยู่ที่ขั้วลบ อนุภาคซัลเฟตวิ่งไปที่ขั้วบวกทำปฏิกิริยากับขั้วบวกกลายเป็นคอปเปอร์ซัลเฟตขึ้นมาแทนที่อีก ปฏิกิริยาจะเกิดหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดไปตราบที่ยังคงต่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จากการค้นพบกฎเกณฑ์อันนี้ เราจึงนำเอามาใช้ให้เป็นประโยชน์ในทางชุบเคลือบผิวโลหะ (Electro Plating) และการแยกโลหะให้บริสุทธิ (Refinery) เช่นถ้าเรามีทองแดงไม่บริสุทธิ์อยู่เราก็เอาทองแดงนี้ไปทำเป็นแผ่นขั้วบวกแล้วจุ่มในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSo_4.5H_2O$) เมื่อไฟฟ้าไหลผ่านครบวงจรทองแดงบริสุทธิ์จะไปเกาะติดบนแผ่นขั้วลบ ซึ่งเราก็จะได้ทองแดงบริสุทธิ์ตามต้องการ

กฎของฟาราเดย์

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายอิเลคโตรไลต์โดยทาง แคโทด และแอโนด โลหะจะละลายจากแอโนดหรือมีออกซิเจนเกิดขึ้นที่แอโนด และจะได้โลหะเกาะจับที่แคโทดหรือมีไฮโดรเจนเกิดขึ้นที่แคโทด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมากหรือน้อยมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลาย และระยะเวลาของการปล่อยให้กระแสผ่าน ไมเคิล ฟาราเดย์ ได้ตั้งกฎความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสอง, ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ และระยะเวลาที่ให้กระแสไหลผ่านไว้ดังนี้

กฎข้อที่หนึ่ง น้ำหนักของอิออนที่ถูกปล่อยให้เป็นอิสระโดยกระแสไฟฟ้าย่อมเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของไฟฟ้าที่ใช้

กฎข้อที่สอง น้ำหนักของอิออนชนิดต่าง ๆ ที่ถูกปล่อยให้เป็นอิสระโดยปริมาณไฟฟ้าเท่าๆ กันย่อมเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสมมูลย์เคมีของอิออนเหล่านั้น

จากกฎข้อที่หนึ่ง เราสามารถนำมาใช้ในการชุบโลหะได้คือถ้าเราต้องการให้โลหะมาเกาะจับมีความหนาจำนวนหนึ่ง เราอาจทำได้ 2 วิธีคือ ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยๆ แล้วใช้เวลานานๆ หรือเราอาจจะใช้กระแสไฟฟ้ามากๆ แต่ใช้เวลาสั้นๆ ก็จะได้โลหะไปจับเกาะที่แคโทดมีปริมาณเท่ากัน

จากกฎข้อที่สอง เราทราบได้ว่าโลหะแต่ละชนิดมีคุณสมบัติการแยกสลายไม่เหมือนกัน กล่าวคือในปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เท่าๆ กันโลหะแต่ละชนิดจะแยกสลายออกมามีปริมาณไม่เท่ากัน โลหะบางชนิดจะแยกสลายออกมาน้อย โลหะบางชนิดแยกสลายออกมามาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติประจำตัวของโลหะนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของขั้วลบและขั้วบวก

ตามกฎของฟาราเดย์ข้อที่หนึ่ง ในน้ำยาชุบโลหะนิเกิลถ้ากระแสไฟฟ้าจำนวน 1 ฟาราเดย์ (96,500 คูลอมบ์) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26.8 แอมแปร์ ไหลผ่านสารละลายนิเกิลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตามทฤษฎีควรจะได้โลหะนิเกิลเกาะที่แคโทดมีน้ำหนัก 29.35 กรัม

แต่จากการทดลองจริงๆ ผลปรากฏว่าได้โลหะนิเกิลเกาะที่แคโทดเพียง 27.9 กรัมเท่านั้น จากการทดสอบจึงพบว่า กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไปในน้ำยาชุบนิเกิลไม่ได้ใช้สิ้นเปลืองในการแยกสลายให้นิเกิลไปเกาะที่แคโทดแต่อย่างเดียว หากแต่ยังต้องสิ้นเปลืองไปกับการแยกสลายสิ่งอื่น ๆ ที่มีอยู่ในน้ำยาอีก เช่น แก๊สไฮโดรเจนเป็นต้น ถ้าเรานำเอาน้ำหนักของนิเกิลไปเกาะที่ขั้วลบอย่างแท้จริง มาเปรียบเทียบกับน้ำหนักของนิเกิลที่ควรจะไปเกาะที่ขั้วลบตามทฤษฎี ก็จะสามารถทราบ "ประสิทธิภาพของขั้วลบ" ได้

ตัวอย่าง

น้ำหนักของนิเกิลที่ไปเกาะที่ขั้วลบอย่างแท้จริง 27.9 กรัม
น้ำหนักของนิเกิลที่ควรจะไปเกาะที่ขั้วลบ 29.35 กรัม

$$\text{ประสิทธิภาพของขั้วลบ} \quad \frac{27.9}{29.35} \times 100 = 95\%$$

นั่นคือปริมาณของกระแสไฟฟ้า 26.8 แอมแปร์ที่ไหลผ่านชุบโลหะนิเกลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะมีกระแสเพียง 95% เท่านั้นที่ใช้สิ้นเปลืองไปในการแยกสลายให้โลหะไปเกาะที่ขั้วลบ ส่วนอีก 5% จะเป็นปริมาณกระแสที่สูญเสียไปกับการแยกสลายของก๊าซไฮโดรเจนเราจึงเรียกว่านิเกิลมีประสิทธิภาพของขั้วลบ 95%

ประสิทธิภาพของขั้วลบของน้ำยาชนิดต่างๆ จะแตกต่างกันออกไป เช่นน้ำยาชุบโครเมียมจะมีประสิทธิภาพต่ำมาก คือประมาณ 10-25% เท่านั้นเอง น้ำยาชุบเงินมีประสิทธิภาพขั้วลบสูงมากคือเกือบ 100% เต็มและในน้ำยาชุบดีบุก (Tin Plating) ประสิทธิภาพของขั้วลบจะประมาณ 50-75% ดังนี้เป็นต้น

ที่แอโนดกระแสไฟฟ้า ที่ไปช่วยให้แอโนดละลายก็ไม่ได้ใช้ให้หมดไปในการละลาย แอโนดแต่อย่างเดียว กระแสไฟฟ้าต้องสูญเสียไปกับสิ่งอื่นๆ อีก เช่น ต้องเอาชนะความต้านทานที่เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาเคมี มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ รอบๆ แท่งแอโนด,

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องสูญเสียไปกับการละลายสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่มีผลอยู่ในแอโนด ฯลฯ เป็นต้น จากการสูญเสียดังกล่าวจึงต้องคำนวณหาประสิทธิภาพของแอโนดด้วย แต่วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของแอโนดเขามักจะคำนวณโดยการเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของแคโทดหรือคำนวณโดยวิธีเดียวกันกับการหาประสิทธิภาพของขั้วลบ

ในการประกอบการชุบโลหะทั่วๆ ไปถ้าประสิทธิภาพของแคโทดและแอโนดต่างก็มีประสิทธิภาพดีเลิศคือ 100% เท่ากัน นั่นคือมีโลหะไปเกาะที่แคโทดเท่าใด ที่แอโนดก็ต้องมีโลหะละลายลงในน้ำยามีจำนวนเท่ากัน ถ้าน้ำยาชุบใด ๆ เป็นเช่นนี้ก็จะมีลักษณะดีเลิศ ไม่มีปัญหายุ่งยากใด ๆ จะต้องแก้ไขเลย แต่น้ำยาชุบโลหะทุกชนิดไม่มีลักษณะเช่นนั้น น้ำยาทุกชนิดมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมาก ประสิทธิภาพของขั้วบวกและขั้วลบหรือกล่าวโดยง่าย การละลายของขั้วบวกและการเกาะจับของโลหะที่ขั้วลบจะแตกต่างกันอยู่ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้เองน้ำยาชุบโลหะแต่ละชนิดจึงจำเป็นต้องประกอบด้วยตัวยาหลายๆ อย่าง เพื่อให้ตัวยาเหล่านั้นทำหน้าที่ต่างๆ กัน เช่นตัวที่ 1 มีหน้าที่ปล่อยโลหะออกมา ตัวที่ 2 มีหน้าที่ช่วยให้แอโนดละลายสม่ำเสมอ ช่วยเป็นสื่อไฟฟ้า ตัวที่ 3 มีหน้าที่ช่วยควบคุมไม่ให้น้ำยาเป็นกรดมากเกินไปหรือด่างมากเกินไป ฯลฯ ดังนี้เป็นต้น ทั้งนี้โดยมีจุดมุ่งหมายให้ขั้วบวกและขั้วลบมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้นั่นเอง

น้ำยาแต่ละชนิด ประกอบด้วยตัวยาแตกต่างกันออกไป ตัวยาชนิดใดมีหน้าที่อย่างไร เป็นเรื่องที่ผู้ประกอบการชุบโลหะควรศึกษาเอาไว้

ค่าของ พีเอช (pH valuse)

หนึ่งโมเลกุลของน้ำประกอบด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอม และอ๊อกซิเจน 1 อะตอม สูตรโมเลกุลของน้ำคือ H_2O น้ำบริสุทธิ์เมื่อมีการแตกแยกจะได้ไฮโดรเจนอิออน และไฮดรอกซิล อิออน ดังสมการ $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$

ในน้ำบริสุทธิ์ค่าของไฮโดรเจนอิออนและค่าของไฮดรอกซิลอิออน จะมีค่าเท่ากันในสภาพเช่นนี้น้ำนั้นจะมีสภาพเป็นกลาง คือไม่เป็นกรดหรือด่าง แต่ถ้าในน้ำใดมีไฮโดรเจนอิออนมากกว่าไฮดรอกซิลอิออน น้ำนั้นจะมีสภาพเป็นกรด และในทางตรงกันข้าม ถ้าน้ำใดมีไฮดรอกซิลอิออนมากกว่าไฮโดรเจนอิออน น้ำนั้นก็จะมีสภาพเป็นด่าง ในการวัดค่าพีเอช ของน้ำยาชุบ ถือค่าพีเอช 7 เป็นค่าที่น้ำยามีสภาพเป็นกลางค่าพีเอช 7 ลงมาถึง 1 เป็นค่าน้ำยาที่มีสภาพเป็นกรด ตั้งแต่ 7 ถึง 13 เป็นค่าที่น้ำยามีสภาพเป็นด่างค่า อี.เอช. วัดได้ด้วยกระดาษวัด พีเอช. หรือ พีเอช.มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของพีเอช มีอิทธิพลต่อน้ำยาชุบโลหะมาก กล่าวคือถ้าค่าของพีเอชน้อย แสดงว่าน้ำยานั้นมีสภาพเป็นกรดมากเกินไป จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของชิ้นงานลดต่ำลง ถ้าค่าของพีเอชมาก แสดงว่าน้ำยานั้นมีสภาพเป็นด่างมากเกินไปจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของตัวล่อลดต่ำลงเช่นเดียวกันด้วยเหตุนี้การควบคุมค่าของพีเอชจึงสำคัญมาก น้ำทุกชนิดจะมีค่าพีเอชที่เหมาะสมอยู่โดยเฉพาะที่ค่าหนึ่ง ฉะนั้นจึงควรพยายามควบคุมให้ค่าพีเอชอยู่ในขอบเขตตามที่กำหนดให้ได้ น้ำยาชนิดใดควรมีค่าพีเอชเท่าใดนั้น จะทราบได้จากคู่มือการใช้น้ำยาชนิดนั้นๆ

ความหนาแน่นของกระแสไฟ (Currnet Density)

ความหนาแน่นของกระแสของขั้วลบ คือกระแสที่ช่วยให้เกิดการเคลือบผิวที่ขั้วลบ ปกติมักจะใช้แอมแปร์ต่อตารางฟุต หรือแอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร การคำนวณหาพื้นที่ของชิ้นงานเป็นสิ่งสำคัญมาก เพื่อจะได้ทราบว่าชิ้นงานมีเนื้อที่เท่าใด จะต้องป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปเท่าใด เพราะน้ำยาชุบโลหะแต่ละชนิดใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าไม่เหมือนกันและชิ้นงานที่ใช้ชุบก็มีขนาดเนื้อที่ต่างกันด้วยเหตุนี้กระแสไฟฟ้าและเนื้อที่จึงควรพิจารณาเป็นอันดับแรกเสมอ ก่อนที่จะจุ่มชิ้นงานลงในถังเพื่อทำการชุบ

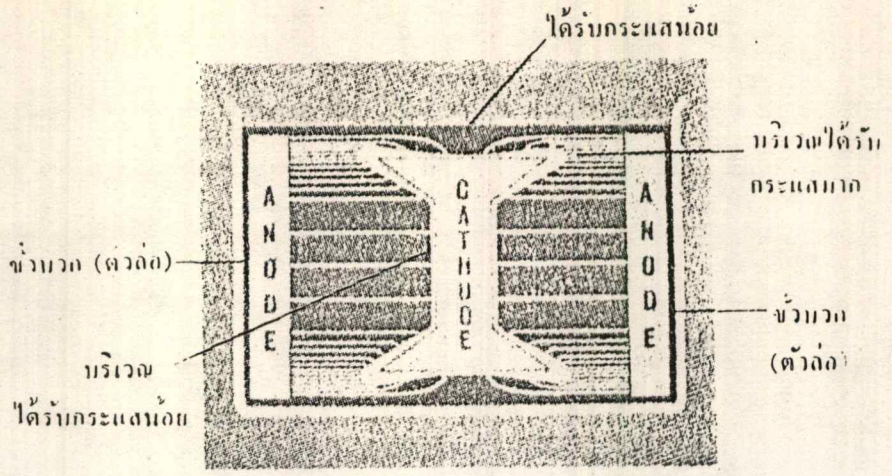
ในการชุบโลหะถ้ากวนน้ำยาโดยใช้เครื่องกวนหรือใช้ลมเป่า และเพิ่มอุณหภูมิของน้ำยาขึ้นตามคู่มือกำหนด จะช่วยให้สามารถใช้ความหนาแน่นของกระแสได้มากขึ้น ซึ่งอาจจะทำให้ระยะเวลาของการชุบลดสั้นลงได้โดยได้ความหนาของผิวชุบที่เท่ากัน

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของชิ้นงานและกำลังการเคลือบผิว

รูปร่างของชิ้นงานที่จะต้องทำการชุบเคลือบผิวนั้นมักมีรูปร่างต่าง ๆ กันออกไปเช่น กลมแบน โค้งงอ กลวง ฯลฯ รูปร่างต่าง ๆ เหล่านี้จะชุบให้มีการเกาะจับหนาเท่ากันโดยตลอดทั่วชิ้นงานย่อมยากมาก

จากการศึกษาถึงธรรมชาติการเดินทางของกระแส ในการชุบโลหะพบว่ากระแสเดินทางไปยังจุดที่ใกล้เคียงที่สุดอย่างหนาแน่น จุดที่ห่างออกไปจะมีกระแสเบาบางลงไป ด้วยเหตุที่การเดินทางของกระแสก็คือการเดินทางของแคทอิออนไปยังขั้วลบนั่นเอง ดังนั้นส่วนใดที่มีกระแสเดินไปหาอย่างหนาแน่น ย่อมมีการเกาะจับหนามาก ส่วนที่มีกระแสเดินไปหาเบาบาง ก็จะมีการเกาะจับบาง ดังในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงการเกาะจับเวลาชุบบนชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน

สาเหตุของการจับเกาะของเนื้อโลหะหนาบ้างบางบ้างนี้มีหลายประการ แต่ที่สำคัญได้แก่

1. เนื่องมาจากระยะห่างระหว่างชิ้นงาน(Cathode) กับตัวล่อ (Anode) และความต้านทานของน้ำยา

2. เนื่องมาจากการเคลือบ (Throwing Power) ของน้ำยาไม่ดีพอเช่น ชิ้นงานชุบที่มีลักษณะโค้ง งอ หรือ กลวง ถ้าน้ำยาชุบมีกำลังการเคลือบไม่ดีพอ ส่วนโค้งหรือลึกๆ ลงไปจะไม่มีการเกาะจับหรือจับบางๆ แต่ถ้าน้ำยาชุบมีกำลังการเคลือบดี จะเกาะจับได้อย่างทั่วถึงตลอดชิ้นงาน

การแก้ไขข้อบกพร่องของน้ำยาชุบดังกล่าวอาจทำได้ดังนี้

1. ถ้าหากชิ้นงานอยู่ใกล้กับตัวล่อมากเกินไปจะทำให้ส่วนที่ใกล้มากที่สุดจะชุบพอกหนาหรืออาจเกิดรอยไหม้ขึ้นได้ การแก้ไขเอาสิ่งที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้ามากั้นทางเดินของกระแสไฟฟ้าส่วนที่ใกล้ที่สุด จะช่วยให้ความหนาเท่ากันดีขึ้น

2. ถ้าการเคลือบไม่ทั่วถึงเนื่องจากกำลังการเคลือบของน้ำยาไม่ดีพอการใช้ตัวล่อช่วยอีกอันหนึ่งจะช่วยให้การเคลือบดีขึ้น เช่นในการชุบโครเมี่ยม ส่วนโค้งที่โครเมี่ยมเข้าไม่ถึง ถ้าเราได้ช่วยตัวล่อเข้าไปช่วยทำให้โครเมี่ยมเข้าถึง

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการชุบโลหะ

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Rectifier)

เป็นอุปกรณ์สำคัญมากเนื่องจากว่าการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าต้องใช้กระแสไฟฟ้าชนิดกระแสตรง(D.C)ฉะนั้น Rectifier จึงต้องใช้เพื่อการแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ

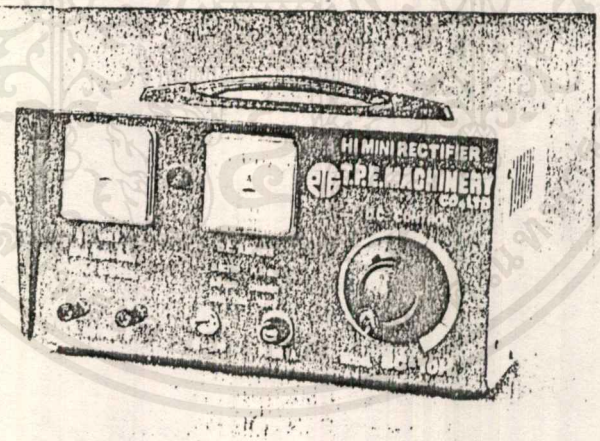
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

(A.C)มาเป็นกระแสไฟตรง ขนาดของ Rectifier ที่กำหนดในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านั้น ใช้ขนาดแรงเคลื่อนไม่เกิน 12 โวลท์ สำหรับกระแสไฟฟ้าจำนวนมากน้อยแค่ไหนก็ต้องขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนเนื้อที่ของชิ้นงานที่จะชุบแต่ละครั้งส่วนรายละเอียดของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้านั้นได้ระบุไว้ในเรื่องการชุบแต่ละประเภท ซึ่งน้ำยาชุบแต่ละชนิดใช้กระแสไฟฟ้าไม่เท่ากัน เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 12 โวลท์สามารถใช้กับถังชุบหลาย ๆ ถังก็ได้ ถ้าหากมีแอมแปร์สูงพอ แต่ถ้าหากว่า Reectifier 1 ตัวใช้กับถังชุบ 1 ถัง ก็จะสะดวกในการควบคุมกระแสไฟฟ้าแต่ละถัง แต่ถ้าหากว่าจำเป็นต้องใช้กันหลาย ๆ ถังก็จะต้องติดแผงควบคุมกระแสไฟฟ้าไว้แต่ละถัง เพื่อจะได้ควบคุมกระแสไฟฟ้าของแต่ละถัง

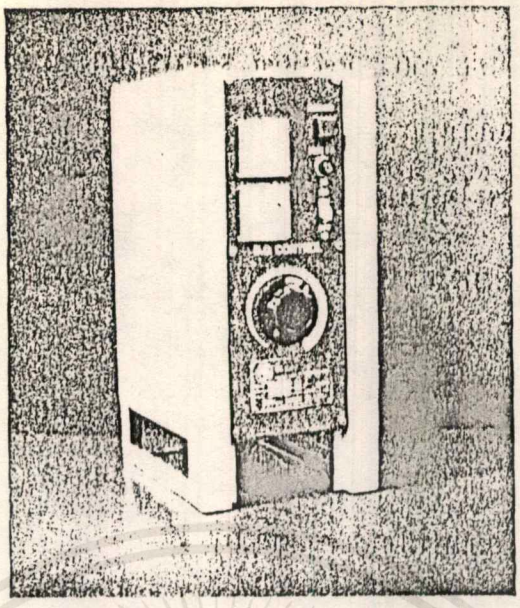
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ามีแบบระบายความร้อนด้วยลม (Air Cool)กับแบบระบายความร้อนด้วยน้ำมัน (Oil Cool) และมีระบบใช้กับไฟฟ้า 220 โวลท์ กับ 380 โวลท์ ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรม แต่ถ้าหากเป็นอุตสาหกรรมเล็ก ๆ เช่น ประเภทรับของชุบเล็กๆ น้อยๆ ก็ใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบ 220 โวลท์ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 10 แอมแปร์ จนถึงแอมแปร์มาก ๆ ตามต้องการ

เครื่องขนาด 10 แอมแปร์ ใช้ชุบของเล็กๆ เช่น ชุบเครื่องประดับต่าง ๆ ใช้ชุบทองชุบเงิน ชุบนิเกิลและชุบโครเมี่ยม

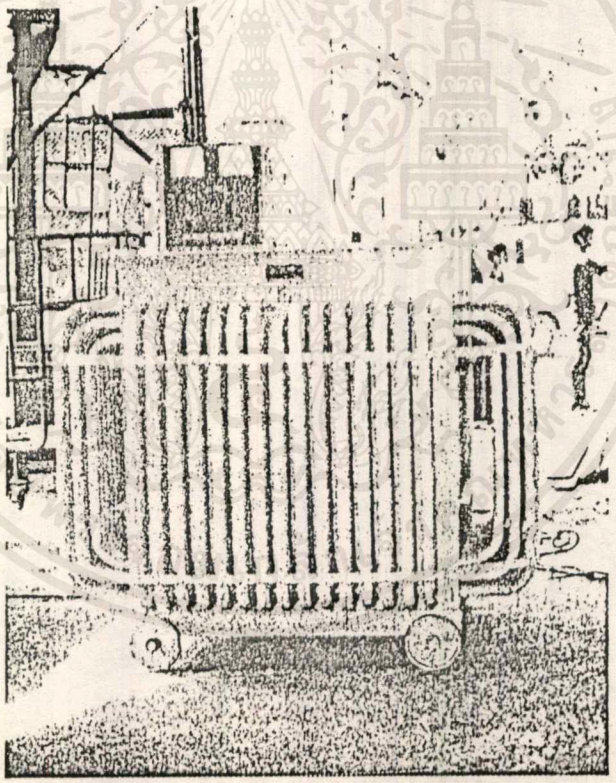


เครื่อง 12 โวลท์ 10 แอมแปร์ ใช้กับงานเล็กๆ เช่น ชุบทอง ชุบเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
032678



เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 12 โวลท์ 25 แอมแปร์



ขนาด 12 โวลท์ 1500 แอมแปร์

เครื่องขนาด 1500 แอมแปร์ ใช้กับโรงงานขนาดกลาง เช่น โรงงานชุบนิเกิลโครเมี่ยม เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้านี้มีทุกขนาดตั้งแต่ 10 แอมแปร์ขึ้นไปผู้ใช้ต้องเลือกให้เหมาะกับงานที่จะใช้ ถ้างานใหญ่จะต้องใช้เครื่องแปลงไฟฟ้าตัวใหญ่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถังบรรจุน้ำยาชุบ

โดยทั่วๆ ไปใช้ถังทำด้วยเหล็กแล้วบุภายในถังด้วยวัสดุที่ทนต่อสภาพน้ำยาชุบที่เป็นกรดด่างถังเหล็กธรรมดาที่ไม่ได้บุภายในจะต้องเชื่อมทั้งข้างในและข้างนอกถัง เหล็กธรรมดานี้ใช้บรรจุน้ำยาที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เช่นน้ำยาทำความสะอาด น้ำยาไซยาไนด์เจือจาง น้ำยาทองแดงไซยาไนด์

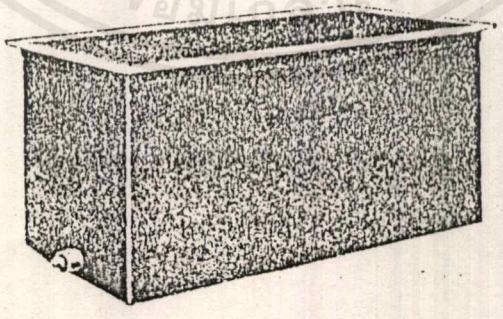
ถังโพลีน เหมาะในการใช้กับการกัดสนิมและน้ำยาชุบ

ถังไฟเบอร์กลาส ปัจจุบันมีการใช้กันอย่างกว้างขวาง เหมาะสำหรับน้ำล้างกรดเจือจางแต่ไม่ขอแนะนำให้ใช้กับสารเคมีที่มีฤทธิ์ด่าง

สแตนเลส (นิเกิล 18 เปอร์เซ็นต์และโครเมียม 8 เปอร์เซ็นต์) สามารถใช้บรรจุกรดดินประสิว (HNO_3) และกรดที่มีออกซิเจนผสมอยู่ เช่น กรดโครมิค (Cro_3) และกรดกำมะถัน (S_2SO_4) ถังสแตนเลสไม่เหมาะที่จะใช้กับกรดเกลือ

ถังเหล็ก บุภายในด้วย พี.วี.ซี. (polyvinyl chloride) สามารถบรรจุน้ำยาได้ทุกชนิดที่ทำงานในอุณหภูมิที่ไม่เกิน 70 องศาเซนเซียล ถังเหล็กบุภายในด้วยตะกั่ว เหมาะกับน้ำยาชุบโครเมียม

แต่ปัจจุบันมีวัสดุบุถังชนิดใหม่คุณภาพดีกว่า พี.วี.ซี คือไม่แตกง่ายและใช้งานได้ดีกว่า ลักษณะการใช้งานเหมือนกับ พี.วี.ซี คือใช้บุภายในถังชุบเหมือนกัน ชื่อว่า เอ.พี.เอ (Acrylic P.V.C. Alloy)



ถังชุบโลหะ

ถ้าหากเป็นการทดลองหรือชุบเครื่องประดับขนาดเล็กจำนวนน้อย สามารถใช้ถังพลาสติกทั่วๆ ไปก็ได้

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเดินของกระแสไฟฟ้า (BUSBARS)

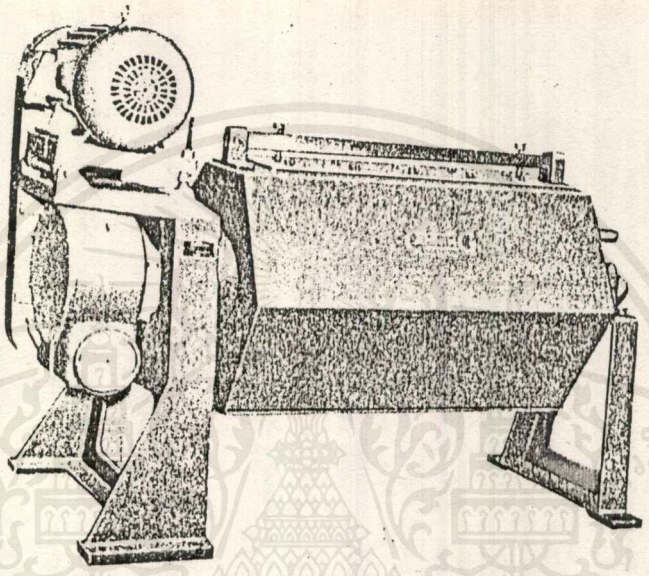
ทางเดินของกระแสไฟฟ้าในที่นี้หมายถึงทางเดินของไฟฟ้าจาก Rectifier ไปยังถังชุบต่างๆ โดยทั่วไปแล้วใช้ทองแดงเส้นแบน และอลูมิเนียมเป็น BUSBARS

ทองแดง		อลูมิเนียม		ความจุของกระแส แอมแปร์
นิ้ว	ม.ม.	นิ้ว	ม.ม.	
1 x1/4	25x6	5/4x1/4	32x6	350
3/2 x1/4	38x6	3/2x5/16	38x8	500
2 x1/4	51x6	2 x5/16	51x8	750
3 x1/4	76x6	3 x5/16	76x8	1,000
4 x1/4	102x6	4 x5/16	102x8	1,250-1,500

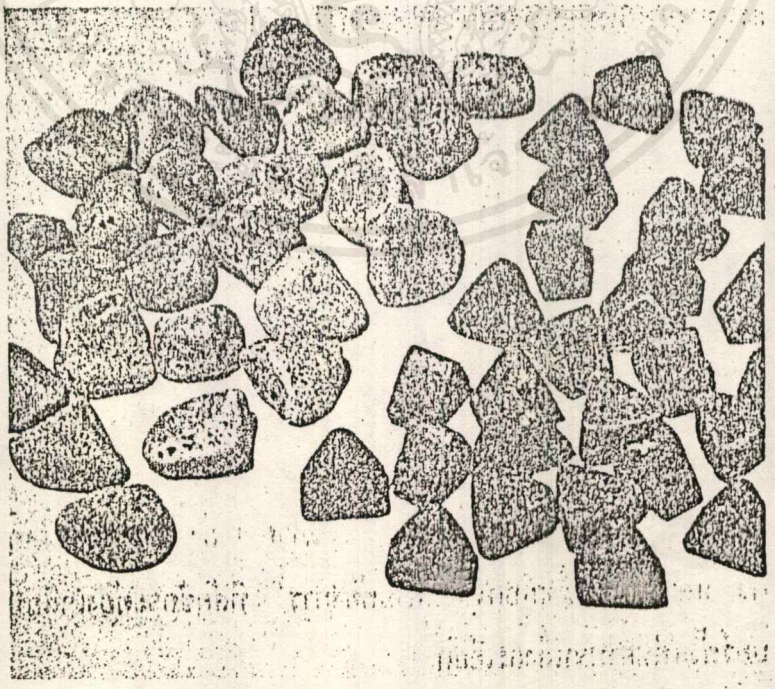
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องขัดถังหมุน

ใช้ขัดชิ้นงานขนาดเล็กๆ ครั้งละจำนวนมาก ๆ โดยใส่ชิ้นงานที่จะขัดลงไปในถังภายในถังบรรจุหินขัดและยาขัด การทำงานถังจะหมุนรอบตัวทำให้ชิ้นงานถูกขัดสีกับหินขัดทำให้ผิวชิ้นงานเรียบ

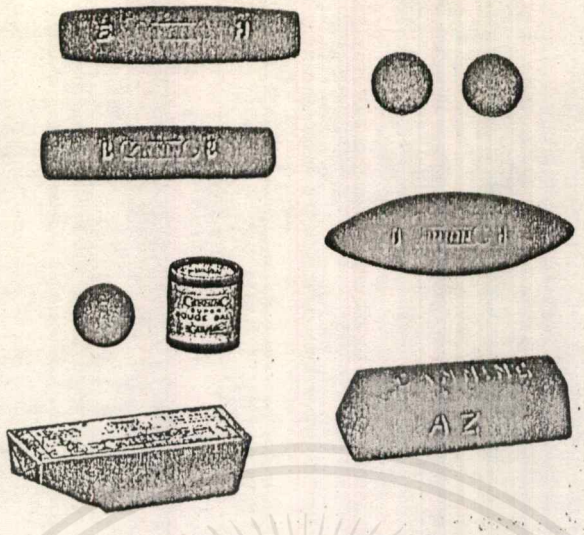


เครื่องขัดถังหมุน



หินขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

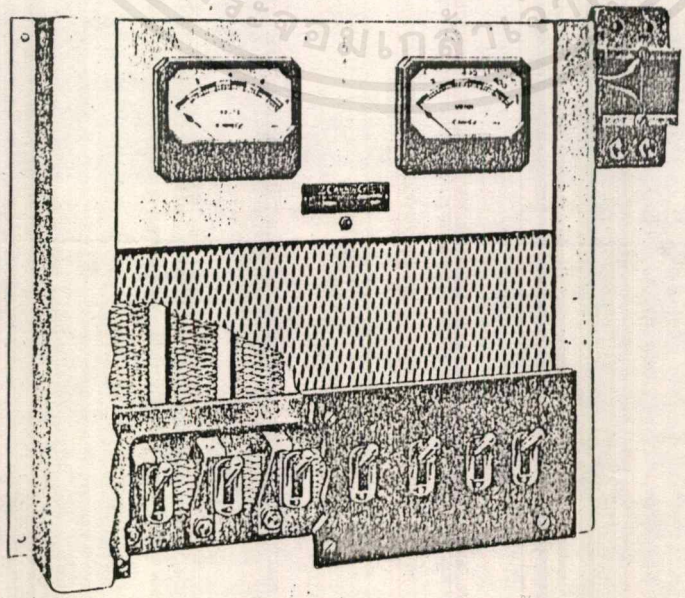


ยาขัด

แผงควบคุมกระแสไฟฟ้า

(Resistance Board)

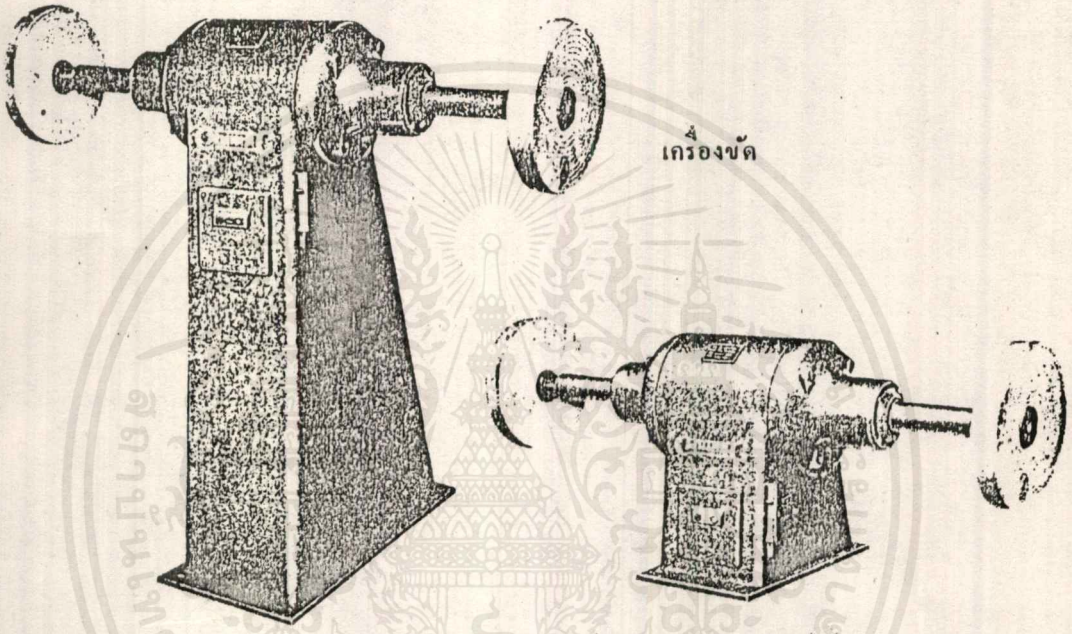
แผงควบคุมกระแสไฟฟ้า จะต้องติดตั้งไว้ในตรงถังชุบแต่ละถัง เพื่อจะได้ป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าถังชุบที่ต้องการได้ และสามารถลดกระแส หรือเพิ่มกระแสได้ตามความต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

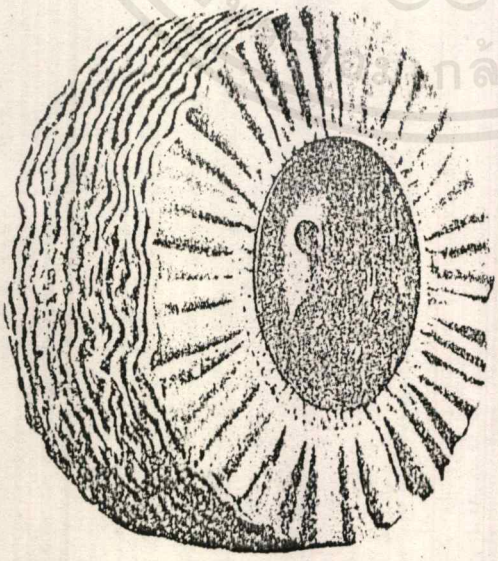
เครื่องขัด (pllishing Machine)

เครื่องขัดแบบนี้ใช้มอเตอร์ขนาด 1 ถึง 5 แรงม้า มีล้อสำหรับขัดติดไว้ตรงแกน 2 ข้าง และมีล้อขัดซึ่งเลือกใช้ได้ตามต้องการ ที่ล้อขัดจะต้องเคลือบด้วยผงทราย (Emery) ซึ่งมีเบอร์ตั้งแต่หยาบจนถึงละเอียด

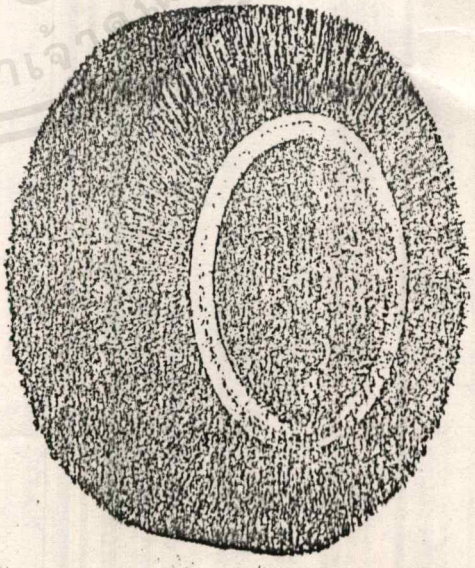


เครื่องขัด

ล้อขัด (Polishing Wheel)



ล้อผ้า



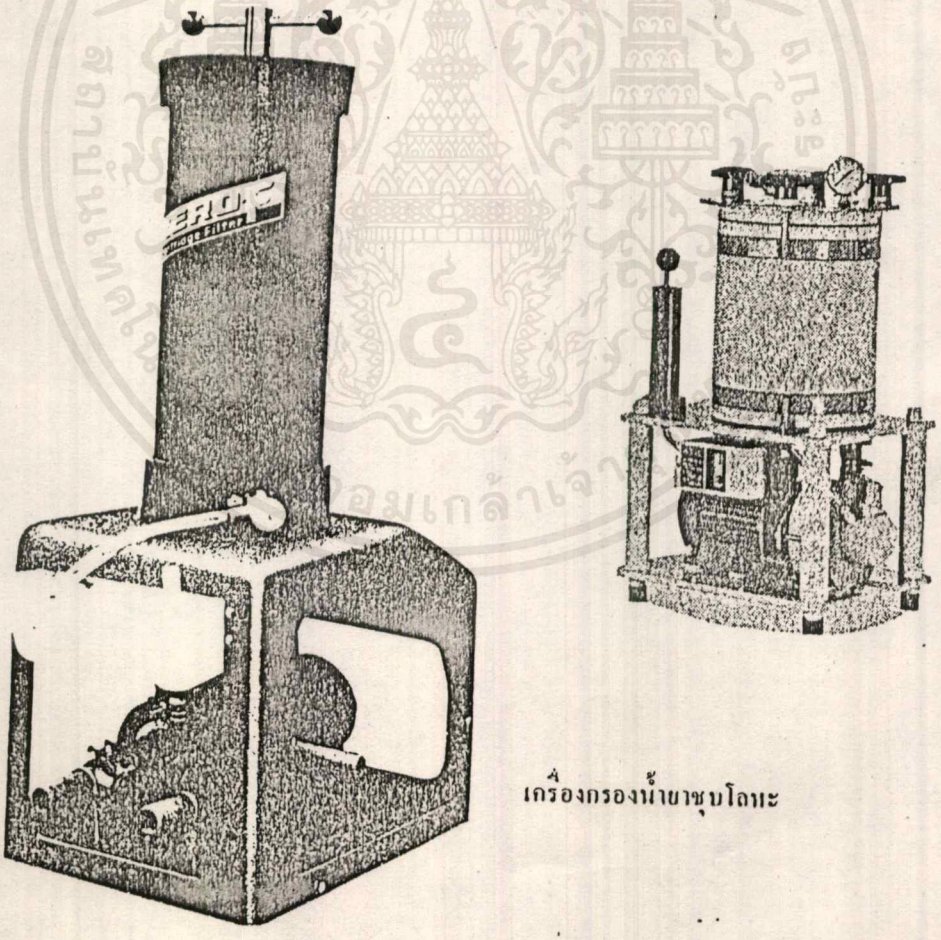
ล้อแปรงหางม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกรองน้ำยา (Fiiter)

เครื่องกรองน้ำยาชุบ น้ำยาที่เปาด้วยลมหรือทำงานี่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง สิ่งสกปรกที่อยู่ในถังนั้นจะลอยตัววนเวียนกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปแทนที่จะนอนอยู่ก้นถัง เพราะฉนั้นการกรองน้ำยาจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะถ้าหากว่าปล่อยให้สิ่งสกปรกที่ลอยวนเวียนอยู่ในน้ำยามาเกาะที่ชิ้นงาน ทำให้ผิดงานหยาบ อันเนื่องมาจากสิ่งสกปรกที่อยู่ในน้ำยานั้นเอง ปกติเครื่องกรองที่ใช้กรองน้ำยาชุบทุกชนิด เมื่อสั่งซื้อควรกำหนดด้วยว่าจะใช้กรองน้ำยาชนิดไหน และไม่ควรใช้เครื่องกรองเครื่องเดียวกันสำหรับกรองน้ำยาชุบทุกชนิด

ภายในเครื่องกรอง มีไส้กรองสำหรับดูดซับเก็บสิ่งสกปรกต่างๆ และสามารถถอดไส้กรองออกล้างทำความสะอาดได้



เครื่องกรองน้ำยาชุบโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (Heater)

เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้านี้หุ้มภายนอกด้วยโลหะ เช่นหุ้มด้วยสแตนเลส หุ้มด้วยติเตเนี่ยมและหุ้มด้วยซิลิก้า ปกติเวลาใช้จะแขวนไว้ในถังให้อยู่ในแนวดิ่ง การติดตั้งเครื่องทำความร้อนในถังชุบที่บุด้วยยางหรือพลาสติกต้องมีช่องว่างระหว่างข้างถังพอ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ผนังได้รับความร้อนมากเกินไป

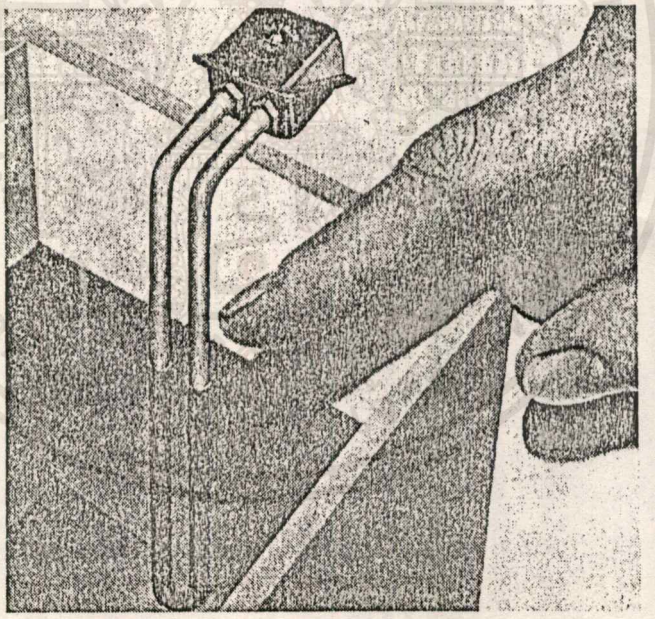
การที่จะทำให้เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า มีประสิทธิภาพในการใช้งานดีต้องหมั่นทำความสะอาดผิวให้สะอาดอยู่เสมอ

เครื่องทำความร้อนที่หุ้มด้วยโลหะ

เครื่องทำความร้อนที่หุ้มด้วยเหล็กกล้า ใช้กับน้ำยาไซยาไนด์และด่างทุกชนิด

เครื่องทำความร้อนที่หุ้มด้วนสแตนเลส ใช้กับถังน้ำรอ้นล้าง กรดฟอสฟอริคและกรดโครมิค

เครื่องทำความร้อนที่หุ้มด้วยติเตเนี่ยม ใช้กับน้ำยาชุบนิเกิลและโครเมี่ยม

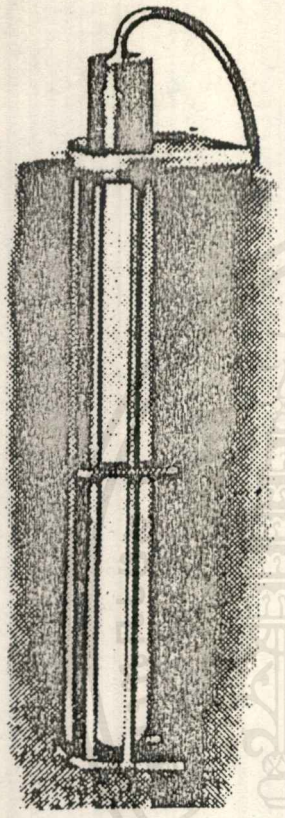


เครื่องทำความร้อนหุ้มด้วยโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทำความร้อนที่หุ้มด้วยซิลิก้า

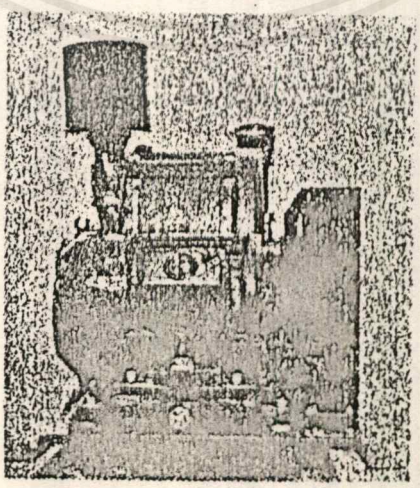
เครื่องทำความร้อนชนิดนี้เหมาะที่จะใช้กับน้ำยาชุบชนิดกรดทุกชนิด ยกเว้นกรดไฮโดรฟลูออริคและกรดฟอสฟอริคเข้มข้นและไม่เหมาะที่จะใช้กับน้ำยามีฤทธิ์เป็นด่าง



เครื่องทำความร้อนที่หุ้มด้วยซิลิก้า

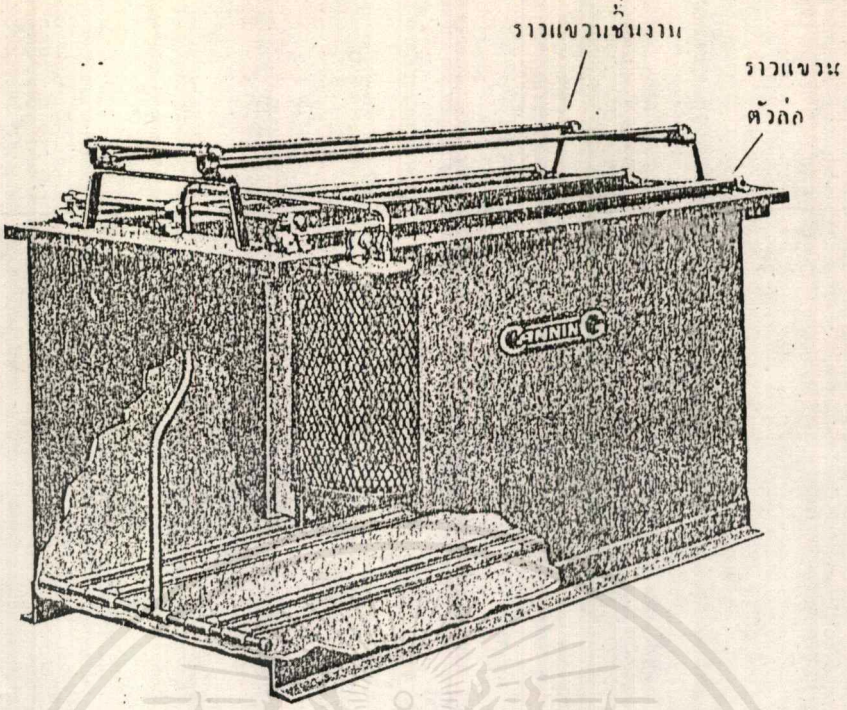
ปั๊มลม

การกวนน้ำยาชุบด้วยลม ปกติใช้เครื่องอัดลมที่มีความดันต่ำโดยน้ำท่อทางเดินของลมวางอยู่ก้นถัง ปกติวางอยู่ตรงกับราวที่แขวนชิ้นงานลม ที่นำไปใช้เป่ากวนน้ำยา จำเป็นต้องเป็นลมที่ปราศจากน้ำมันหรือเศษผงปฏิกูล ถ้าสิ่งสกปรกเหล่านี้ตกลงไปปนอยู่ในน้ำยาชุบ แล้วจะเป็นเหตุให้การชุบไม่ได้ผล เป็นที่น่าพอใจ ฉะนั้นจึงควรใช้เครื่องปั๊มลมที่ใช้น้ำหล่อลื่นเพราะเครื่องปั๊มลมชนิดนี้ ครึ่งล่างของท่อที่รับแรงอัดบรรจุด้วยน้ำ สิ่งสำคัญจะต้องทำการตรวจสอบระดับน้ำทุกวัน เพื่อรักษาระดับให้ถูกต้อง

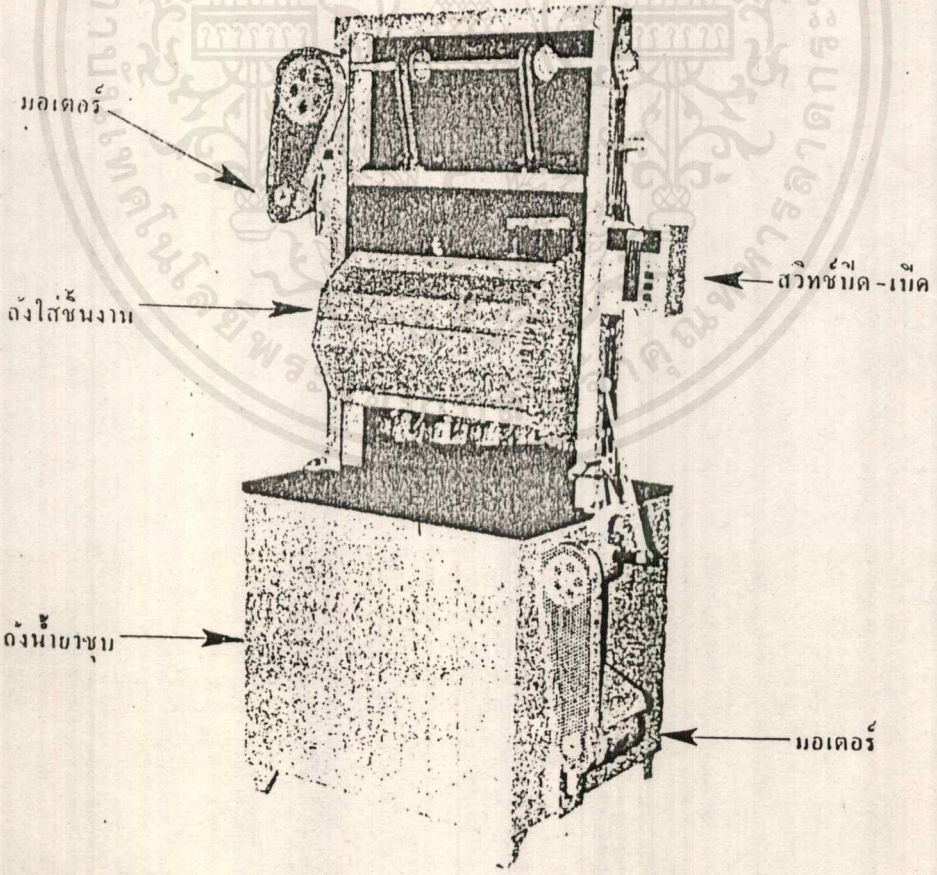


ปั๊มลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงท่อลมกวนน้ำยาชุบนิเกิล



ถังชุบแบบหมุน (Barrel)

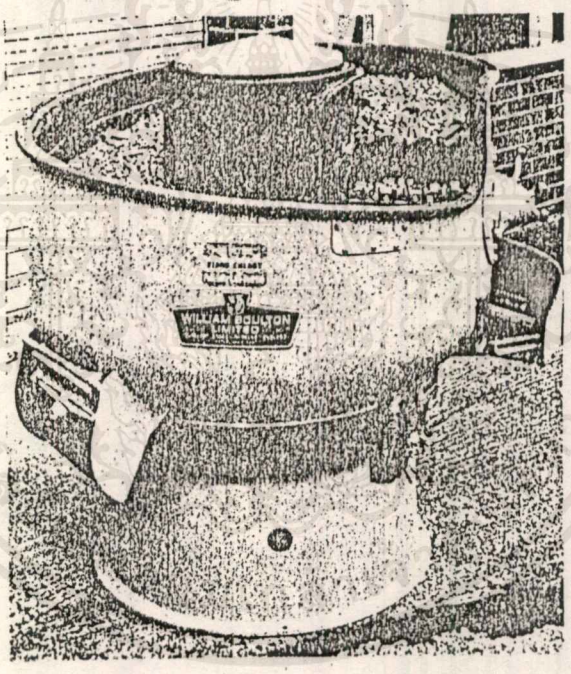
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถังชุบแบบหมุน (Barrel)

ถังชุบแบบหมุนหรือถังกลิ้ง ใช้ชุบชิ้นงานขนาดเล็กที่ผ่านการขัดมาจากถังหมุน ชิ้นงานที่ผ่านการขัดล้างและล้างมาแล้ว จะถูกใส่ลงไปในถังใส่ชิ้นงาน โดยยกถังใส่ชิ้นงานออกมาใส่ชิ้นงานก่อนแล้วจึงยกไปติดตั้งและนำลงแช่ในถังใส่น้ำยาโดยใช้มอเตอร์และขณะชุบ ถังใส่ชิ้นงานจะหมุนอยู่ในถังใส่น้ำยาชุบ ภายในถังหมุนจะมีขั้วลบต่อยู่ภายในชิ้นงานหมุนอยู่ในถังจะสัมผัสกับขั้วลบ ส่วนขั้วบวกจะแขวนอยู่ในถังใส่น้ำยาชุบ และขั้วไฟฟ้าก็ต่อมาจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

ถังชุบแบบหมุนนี้ใช้ชุบน็อต สกรูต่างๆ ลูกกุญแจโดยมากชุบสังกะสีกับชุบนิเกิลเงา ชิ้นส่วนของเครื่องอีเลคโทรนิค ใช้ชุบทองโดยใช้ถังหมุนนี้เช่นกันแต่เป็นถังขนาดเล็ก

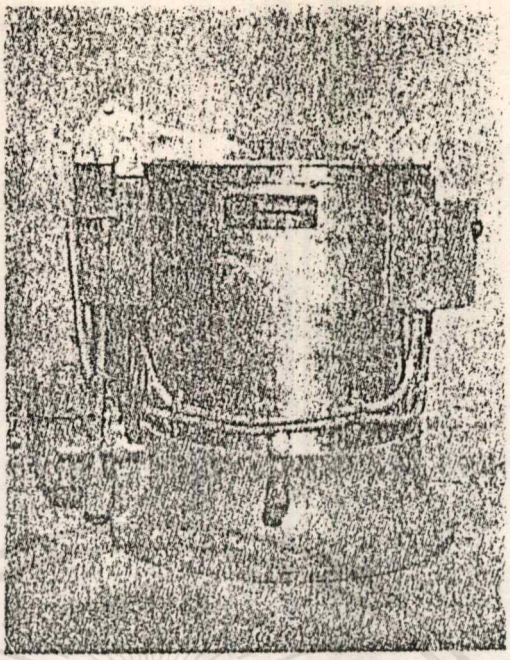
เครื่องขัดชิ้นงานแบบสั่น (Vibrater)



เครื่องขัดชิ้นงานแบบสั่น

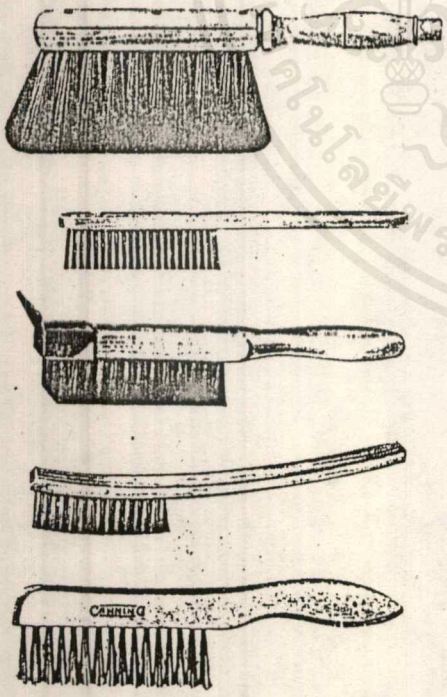
ชิ้นงานเล็กๆ ไม่สามารถขัดด้วยมือได้ จำเป็นต้องใช้เครื่องขัดแบบเขย่าหรือสั่นโดยใส่ชิ้นงานลงไปในเครื่องขัด เครื่องจะทำงานโดยเขย่าให้ชิ้นงานขัดสีกับหินขัดและยาขัดซึ่งใส่ไว้ในเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เครื่องอบเหวี่ยงสลัดน้ำ

แปรงต่าง ๆ

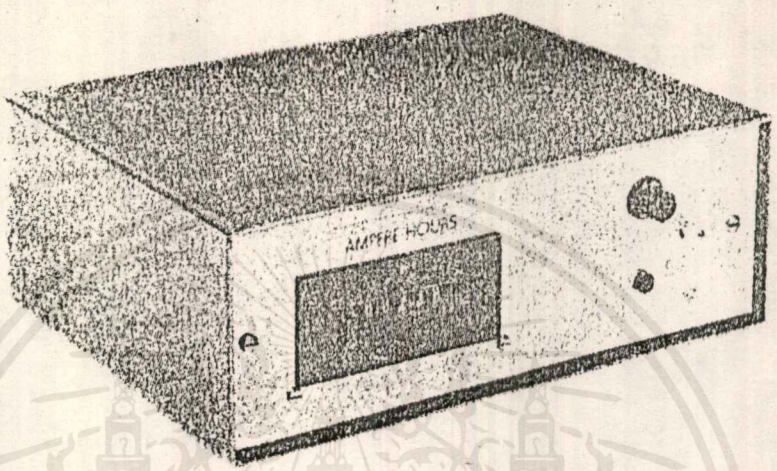


แปรง ส่วนมากใช้แปรงทองเหลือง แปรงเหล็กและแปรงที่ทำจากพืช ใช้ถูขัดชิ้นงานในการล้างทำความสะอาดชิ้นงาน

แอมแปร์ - ชั่งโมงมิเตอร์ (Ampere Hours) ในขบวน การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าจำนวนของกระแสไฟฟ้า ที่ไหลผ่านประกอบกับเวลานั้นเป็นสิ่งสำคัญยิ่งดังเช่นตัวอย่าง การเติมสารเคมีที่ช่วยในขบวนการชุบต่างๆ จำเป็นต้องคำนึงถึงหลักการใช้ แอมแปร์-ชั่วโมง หรือทราบจำนวนน้ำหนังทั้งหมดที่ใชในการชุบเคลือบผิวนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

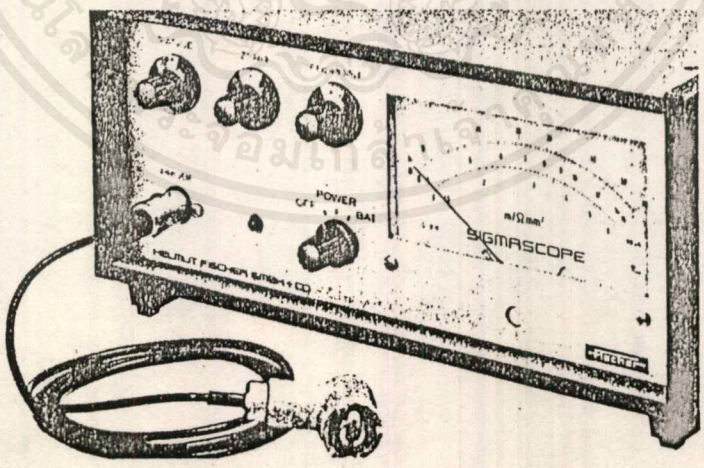
คุณสมบัติของความเงาในถังน้ำยาชุบนิเกิลเงา แคดเมี่ยม สังกะสี ทองแดง และน้ำยาชุบดีบุก ต้องทำการบำรุงรักษาด้วยการเติมน้ำยาเงาอย่างสม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับการทำงานของแอมแปร์-ชั่วโมงมิเตอร์นี้เป็นตัวควบคุมหรือแสดงการทำงานของน้ำยาชุบเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง ซึ่งสามารถทำให้เรารักษาค่าความเข้มข้นของน้ำยาเงาได้อย่างเต็มที่



แอมแปร์-ชั่วโมงมิเตอร์

เครื่องวัดความหนา (Thickness Tester)

ใช้วัดความหนาของชิ้นงานที่ผ่านการชุบแล้ว มีหน่วยความหนาเป็นไมครอน (Micron)



เครื่องวัดความหนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางเปรียบเทียบความหนาไมครอน = นิ้ว

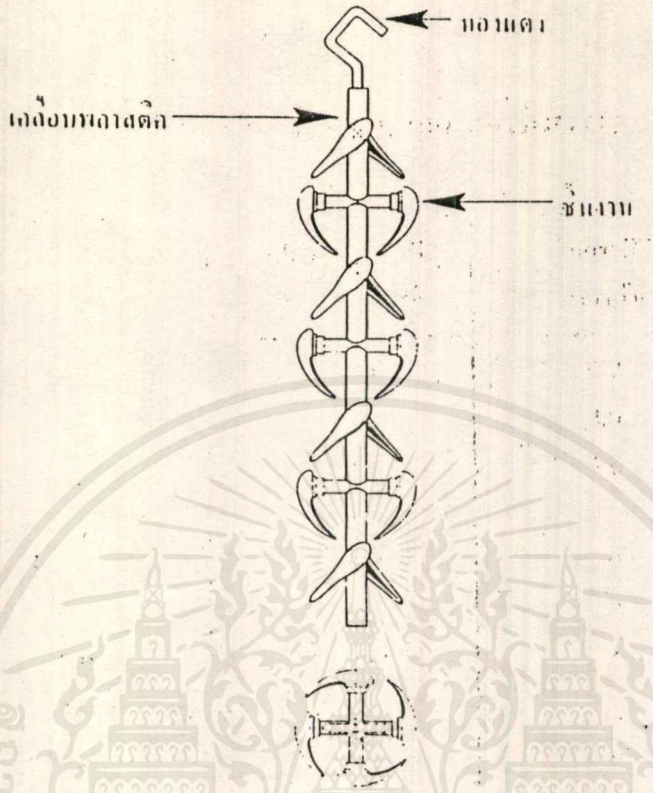
Microns ไมโครอน	Precisc Value ค่าแน่นอน (นิ้ว)	Norminal Value ค่าใกล้เคียง (นิ้ว)
0.3	0.000 012	
0.5	0.000 020	
0.8	0.000 032	
1	0.000 04	
2	0.000 08	
3	0.000 12	
4	0.000 16	0.000 15
5	0.000 20	0.000 20
6	0.000 24	0.000 25
8	0.000 32	0.000 30
10	0.000 39	0.000 4
12	0.000 47	0.000 5
16	0.000 63	0.000 6
20	0.000 79	0.000 8
25	0.000 98	0.001 0
30	0.001 18	0.001 2
35	0.001 38	0.001 4
40	0.001 57	0.001 5

Microns to mm x 0.001 to inches x 0.004 04

mm to microns x 1000 to inches x 0.03937

inches to mm to microns x x 25,400

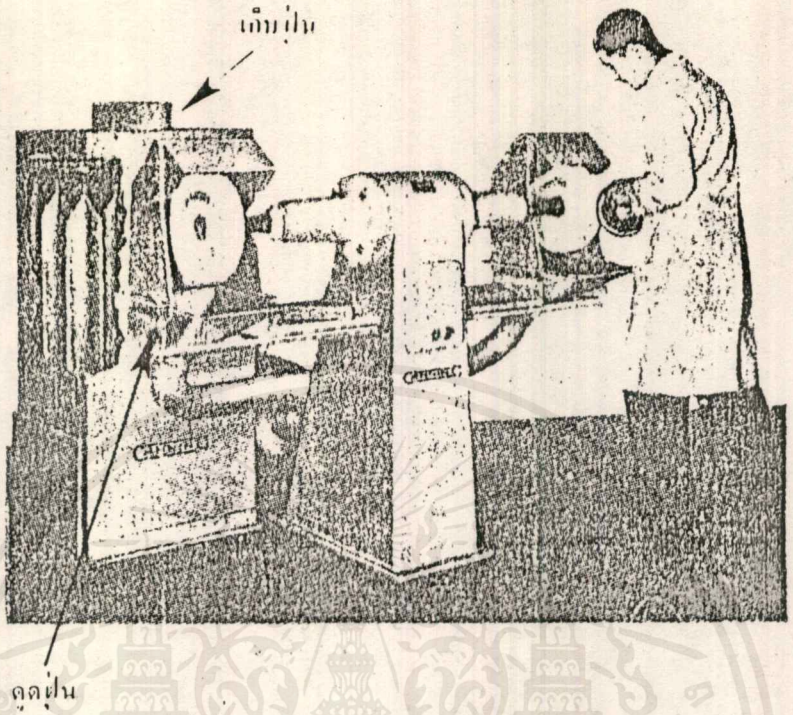
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตะขอ (Rack) จับชิ้นงานสำหรับชุบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมผิวงานก่อนชุบ



เครื่องขัดแบบมีเครื่องดูดฝุ่น

การขัดชิ้นงานก่อนชุบ

อุปกรณ์การขัด (Polishing Equipment)

อุปกรณ์การขัดประกอบด้วย มอเตอร์ขัด หรือเครื่องขัด ซึ่งมีกำลัง 2-3 แรงม้า และถ้าใช้ขัดงานหนาๆ และงานขนาดใหญ่ อาจจำเป็นต้องใช้ถึงขนาด 5 แรงม้า เช่น กันชนรถยนต์ ใช้ความเร็วของมอเตอร์ 1,400-2,900 รอบต่อนาที

ล้อขัด (Polishing Wheel)

ล้อขัดที่ใช้ในการขัดโลหะมีหลายอย่างเช่น ล้อหน้า ล้อชนิดนี้ใช้หนังมาเย็บเป็นล้อ ล้อผ้าอย่างแข็ง ล้อผ้าอย่างอ่อน ล้อแปรงลวดทองเหลือง ล้อแปรงลวดเหล็ก ล้อทำจากปอ ล้อสักหลาด และล้อแปรงหางม้า

ผงทราย (Emery)

ผงทรายที่ใช้ในการขัดโลหะที่มีขนาดเป็นนัมเบอร์ตั้งแต่หยาบประมาณเบอร์ 60 จนถึงเบอร์ 380 แต่ที่ใช้กันมากเบอร์ 70-280

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยาขัด (Polishing Compound)

ยาขัดโลหะนี้ทำจากไขมันสัตว์ และมีส่วนผสมที่เป็นตัวยึด ไขนี้ทำหน้าที่เป็นตัวยึดผงทรายให้รวมตัวเป็นก้อน และสามารถทำให้ผงทรายเกาะอยู่บนผิวของวงล้อและยังทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นในขณะทำการขัดอีกด้วย ยาขัดส่วนมากจะทำเป็นแท่ง ซึ่งง่ายและสะดวกต่อการใช้กับล้อขัด เพื่อให้ได้ทั้งประสิทธิภาพและประหยัด ยาขัดจะอ่อนตัวลงเมื่อถูกความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีของวงล้อ แต่จะต้องไม่อ่อนตัวมากเกินไปในขณะที่ทำการขัด เพราะจะเป็นการสิ้นเปลืองในการใช้ยาขัดมากเกินไป และควรหลีกเลี่ยงการใช้ยาขัดที่ราคาถูกๆ ที่มีส่วนผสมของทรายที่มีคุณภาพไม่ดีพอ ซึ่งจะทำให้การขัดผิวงานไม่เป็นเงาดีพอ ยาขัดผู้ผลิตจะทำเป็นสีต่างๆ กัน มีสีขาว สีน้ำตาล สีเขียว และระบุด้วยว่าใช้ขัดโลหะอะไร

ล้อขัดที่เคลือบด้วยผงทราย (Emery Wheel)

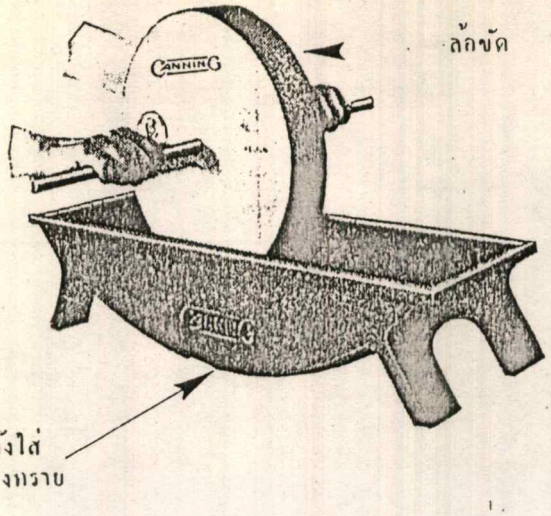
ล้อขัดชนิดนี้ส่วนมากทำด้วยหนัง หรือสักหลาดแล้วเคลือบผงทรายลงบนผิวของล้อในการเคลือบผงทรายนี้ ล้อขัดจะต้องแต่งผิวหน้าให้เรียบ แล้วทากาวหรือซีเมนต์ลงไปบนล้อ กาวที่ใช้ส่วนมากเป็นกาวหนัง เคี่ยวกับน้ำให้มีความเหนียว หรือจะใช้ซีเมนต์ซึ่งเป็นกาวสำเร็จรูปใช้ทาได้เลยไม่ต้องเคี่ยวเหมือนกาวหนัง แต่กาวหนังราคาถูกกว่าคุณภาพก็ดี ฉะนั้นจึงนิยมใช้กาวหนังกันมากเมื่อทากาวลงบนผิวล้อแล้วต่อมาใช้วงล้อที่ทาด้วยกาวนี้กลิ้งลงบนทรายไปรอบๆ ผงทรายจะถูกบรรจุอยู่ในภาชนะที่เหมาะสม แล้วกลิ้งล้อลงบนผงทรายนี้ ผงทรายก็จะติดกับล้อซึ่งมีกาวทาไว้ แล้วจึงนำไปผึ่งหรืออบให้แห้ง

การเคลือบผงทราย

ใช้กาวหนังเคี่ยวกับน้ำให้มีความเหนียว แล้วใช้แปรงจุ่มกาวแล้วทาผิวหน้าขอวงล้อปล่อยให้แห้งหมาดๆ เมื่อเคลือบกาวลงบนล้อแล้ว ก็นำล้อวางบนภาชนะที่บรรจุผงทรายโดยให้ผิวหน้าที่ทากาวไว้สัมผัสกับผงทราย แล้วกลิ้งล้อโดยรอบเพื่อให้ผงทรายติดกับผิวหน้าของล้ออย่างทั่วถึง แล้วนำล้อที่เคลือบแล้วไปตากแดดหรือเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซนเซียล

ก่อนจะนำล้อไปขัดชิ้นงาน ต้องเอาล้อขัดใส่เข้ากับแกนของมอเตอร์ขัด แล้วเอาเหล็กหนาพอประมาณขัดด้วยล้อนี้เพื่อให้ส่วนเกินของผงทรายที่เคลือบอยู่ออกไปก่อน แล้วจึงขัดงานจริง

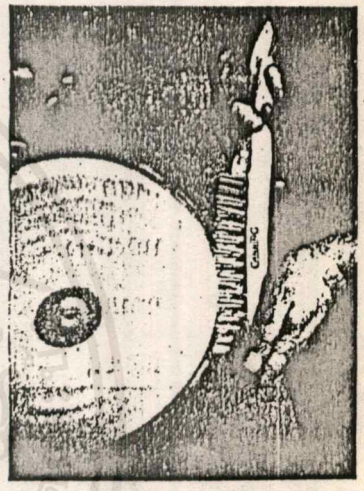
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงการเคลือบผงทรายบนล้อ

การเตรียมล้อขัดที่ยังใหม่

ล้อขัดใหม่ก่อนที่จะนำมาทำการเคลือบด้วยกาวและผงทราย ควรนำมาใส่เพลาของมอเตอร์ให้หมุน ใช้แปรงหรือที่แต่งล้อขัดกดลงบนผิวล้อขณะที่หมุน เพื่อทำให้ผิวของล้อเรียบสม่ำเสมอ ถ้าเป็นล้อผ้าจะทำให้ผิวของล้อนิ่มนวลยิ่งขึ้น เหมาะกับการใช้ขัด



การเตรียมล้อขัด

ตารางแสดงขนาดของผงทรายกับความเข้มข้นของกาวที่ใช้เคลือบ

ขนาดของผงทราย (Emery) (นัมเบอร์)	ความเข้มข้นของกาว (%)
30	50
36	45
40	40
60	35
80	33
100	30
150	25
200 หรือมากกว่า	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการขัดโลหะต่างชนิดกัน ความเร็วรอบของหน้าตัดของล้อต่างกันดังตารางนี้

ตารางแสดงการขัดโลหะต่างชนิดกัน

โลหะที่ขัด	ความเร็วรอบ ฟุต/นาที (เมตร/นาที)
เหล็ก	6000-8000 (1829-2435)
ทองแดง ทองเหลือง	6000-7500 (1829-2286)
อลูมิเนียม	6000-8000 (1829-2438)
สังกะสี	5000-7000 (1524-2438)

การเลือกใช้ขนาดของผงทรายในการขัดโลหะ เช่นตารางต่อไปนี้จะแสดงถึงการเลือกใช้ขนาดของผงทรายในการขัดเหล็ก

ตารางแสดงขนาดผงทรายในการขัดเหล็ก

ขนาดของผงทราย	ลักษณะการขัด
เบอร์ 60-90	ขัดพวกงานที่มีผิวหยายมากๆ เช่นงานหล่อหรืองานที่มีรอยขีดข่วนมากๆ
เบอร์ 100-150	ขัดเพื่อลบรอยขีดข่วนที่เกิดจากการขัดขั้นแรก
เบอร์ 180-200	ขัดเพื่อลบรอยทรายจาก 100-1500
เบอร์ 220-250	ขัดเพื่อให้ผิวงานเรียบยิ่งขึ้นและลบรอยทราย 180-200
เบอร์ 320	เพื่อขัดลบรอยทราย 180-200 ขั้นนี้ชิ้นงานจะเรียบมาก

ล้อผ้าหยาบ

ล้อชนิดนี้ใช้ผ้าชนิดหนาๆ มาเย็บให้เป็นลักษณะล้อ ใช้ขัดหลังจากขัดด้วยล้อทรายแล้ว ในการขัดด้วยล้อชนิดนี้ควรใช้ทาด้วยยาขัดชนิดหยาบ เพื่อช่วยลบรอยขีดข่วนที่มีอยู่บนผิวงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้อผ้าละเอียด

ล้อชนิดนี้ทำด้วยผ้าอย่างนิ่มๆ เย็บให้เป็นล้อขัดเหมือนกับล้อผ้าหยาบในการขัดด้วยล้อผ้าชนิดนี้ต้องใช้ยาขัดละเอียดทาด้วย ซึ่งเป็นการขัดขั้นสุดท้าย ชิ้นงานที่ถูกขัดจะเรียบและเป็นเงา

ล้อหางม้า

ทำจากเทมฟิโคไฟเบอร์ หรือบางอย่างทำจากปอ

ล้อแปรงลวด

ล้อชนิดนี้ทำด้วยโลหะ มีทั้งชนิดลวดเหล็กชนิดลวดทองเหลืองใช้ขัดผิวโลหะที่หยาบๆ มีสนิมมากๆ

วิธีขัด แบ่งเป็น

- การขัดหยาบ
- การขัดละเอียด
- การขัดเงา

การขัดหยาบ

เป็นการขัดขั้นแรก โดยขัดเอารอยชูดขีดลึกๆ หรือบริเวณที่ไม่สม่ำเสมอออก การขัดต้องใช้ล้อที่เคลือบด้วยทรายหยาบ

การขัดละเอียด

คือการขัดที่ต่อจากการขัดหยาบ การขัดละเอียดคือการที่ใช้ล้อที่เคลือบด้วยผงทรายที่ละเอียดกว่าการขัดหยาบเพื่อลบรอยทรายที่เกิดจากการขัดหยาบ ทำให้ผิวงานเรียบ มีริ้วรอยที่เล็กมาก ผงทรายที่ใช้ในการขัดละเอียดนี้ใช้เบอร์ 280 ขึ้นไป

การขัดเงา

ควรใช้วงล้อขัดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 หรือ 12 นิ้ว และความเร็วรอบของเพลา 2900 รอบต่อนาที สำหรับการขัดภายในส่วนที่เว้าลึกโค้ง จำเป็นต้องใช้วงล้อขนาดเล็ก มีเส้นผ้าศูนย์กลาง 4 นิ้ว 6 นิ้ว หรือ 8 นิ้ว โดยใช้กับเครื่องขัดมาตรฐาน ความเร็วรอบของเพลา 2900 รอบต่อนาที การขัดขั้นนี้นับว่าเป็นการขัดขั้นสุดท้ายที่ต้องการให้งานมีความเงาและเรียบ โดยทั่วๆ ไปใช้ล้อผ้าหยาบร่วมกับยาขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขัดเหล็กหล่อ

โดยทั่วๆ จะขัดด้วยล้อสักหลาดเคลือบด้วยทรายเบอร์ 60-90 แต่ก็ขึ้นอยู่กับสภาพของผิวงาน

การขัดสแตนเลส

การขัดสแตนเลสนี้ ขึ้นอยู่กับชนิดของงานและสภาพผิวเช่นกัน ปกติแล้วจะมียาขัดสำหรับสแตนเลสโดยเฉพาะ

การขัดทองเหลือง

การขัดทองเหลืองโดยทั่วๆ ไป จะต้องเริ่มต้นด้วยล้อเคลือบผงทราย ซึ่งอาจจะใช้ล้อสักหลาดหรือล้อผ้าเย็บที่เคลือบด้วยผงทราย ส่วนจะใช้ผงทรายเบอร์ไหนขึ้นอยู่กับสภาพของผิวงาน ปกติจะเริ่มด้วยเบอร์ 90 หรือ 120 และขั้นสุดท้ายด้วยเบอร์ 180 หลังจากขัดด้วยล้อทรายขั้นสุดท้ายแล้ว จะต้องทำการขัดกับยาขัดที่ทำให้ผิวมีเงา ประกายด้วยล้อผ้าฝ้ายเนื้อหยาบหรือล้อหนัง บางกรณียาขัดสีแดงหรือยาขัดรูจ อาจใช้ขัดแทนยาขัดสีขาวได้

ทองเหลืองที่ผ่านการอัดปั๊มแปรรูปต่างๆ จำเป็นจะต้องเริ่มต้นจากการขัดด้วยล้อทราย เพื่อขจัดมุมที่หยาบ ต่อมาจึงขัดด้วยล้อผ้าหยาบและใช้ยาขัดสีแดง ติดตามด้วยขัดขั้นสุดท้ายด้วยล้อผ้าเนื้อละเอียด และใช้ยาขัดสีขาว

การขัดสังกะสีผสม

สังกะสีผสมเป็นโลหะอ่อน การขัดต้องพยายามอย่าให้กัดผิวออกมากเกินไป จะทำให้ขนาดของงานผิดพลาด

การขัดด้วยถังหมุน (Barrel ploishing)

ชิ้นงานเล็กๆ เป็นจำนวนมากๆ ไม่สามารถที่จะจับขัดด้วยมอเตอร์ได้ จำเป็นต้องขัดด้วยถังหมุน เพื่อลบคมและรอยหยาบให้เป็นเงา โดยปฏิกิริยาที่เกิดจากการเสียดสีซึ่งกันและกันของงานภายในถังขณะที่กำลังจะหมุนอยู่ ชิ้นงานที่บรรจุอยู่ในถังได้ถูกหมุนไปรอบๆ เสียดสีกับหินขัด

การขัดด้วยถังเขย่า (Vibration polishing)

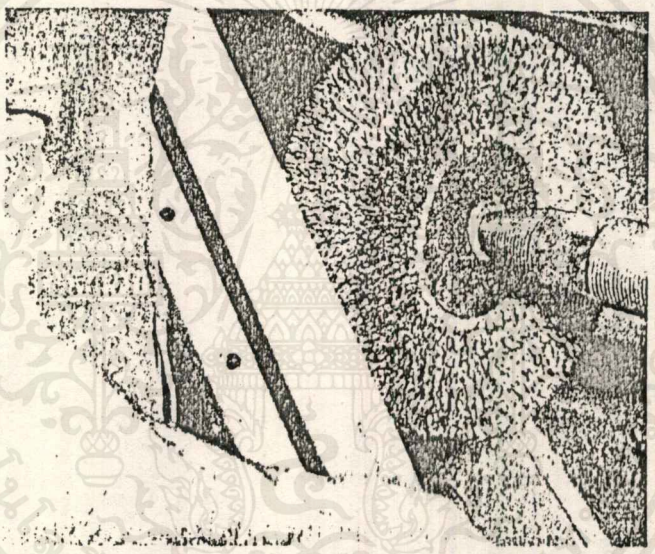
การขัดแบบนี้คล้ายคลึงกับการขัดแบบถังหมุน แต่เครื่อง Vibration จะถูกบรรจุด้วยหินขัด และใส่ชิ้นงานที่ต้องการขัดลงไป เขย่าโดยเครื่อง Vibration machine ทำให้ชิ้นงานเสียดสีกับหินขัดเรียบเป็นเงาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขัดด้วยล้อแปรงลวด (Wire Wheel Polishing)

แปรงล้อลวดมีใช้กันอยู่กว้างขวางในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับใช้ทำความสะอาดโลหะ โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้ล้อทราย การใช้แปรงล้อลวดก็เพื่อขจัดสิ่งอื่นๆ ดังเช่นทรายที่ติดอยู่ในแบบ หรือสะเก็ด โลหะเช่นใช้ขัดงานหล่อรวมทั้งการทำความสะอาดแบบหล่อ งานเหล็ก โลหะแผ่น รอยต่อเชื่อม และใช้ขัดอลูมิเนียมหล่อเพื่อเป็นการเปิดรูไม่ให้น้ำมันหรือของเหลวอื่นเข้าไปขังอยู่ได้ ท่อต่างๆ จะต้องทำความสะอาดด้วยแปรงล้อนี้ก่อนที่จะทำการเชื่อมติดกัน และโลหะอื่นที่จะทำการเชื่อม นอกจากนี้ยังใช้ขัดสี เหล็กเคลือบ สนิม สะเก็ด ฟล็ก รอยเชื่อม

การใช้แปรงลวดนี้ไม่มีขอบเขตในการใช้ อาจใช้ขัดผิวสินค้ายางให้หยาบ และขัดหนังสัตว์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมรองเท้าเป็นต้น



ขัดด้วยแปรง

การขัดอลูมิเนียม

อลูมิเนียมหล่อ ต้องขัดด้วยล้อหนังหรือล้อผ้าเย็บที่เคลือบด้วยผงทราย โดยทั่วไปเริ่มต้นด้วยผ้าทรายเบอร์ 90 ติดตามด้วยเบอร์ 120,180 และ 240 หลังจากขัดด้วยทรายละเอียดแล้ว ขัดด้วยล้อผ้าพร้อมกับใช้ยาขัดสีแดง ชั้นสุดท้ายใช้ล้อผ้านุ่มกับยาขัดสีขาว จะทำให้ผิวอลูมิเนียมเป็นเงา

ส่วนการขัดอลูมิเนียมแผ่นท่อที่รีดออกมาไม่จำเป็นต้องใช้ล้อทราย เพียงแต่ขัดด้วยล้อผ้าหยาบกับยาขัดสีแดง และตามด้วยล้อผ้าหยาบเนื้อนุ่มกับยาขัดสีขาว

การขัดโครเมี่ยม

ปกติแล้วโครเมี่ยมที่ชุบมาจะเงาอยู่แล้ว แต่ถ้าได้ขัดตกแต่งจะทำให้เงายิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้น หรือบริเวณที่เป็นขอบ มุมแหลม อาจมีรอยไหม้ ต้องขัดตกแต่งด้วยล้อผ้าและยาขัดสีขาว ถ้าหากมีรอยไหม้ต้องขัดด้วยล้อผ้าหยาบ ตามด้วยล้อผ้านุ่ม

การขัดเงิน

การขัดเงินเป็นการขัดที่ละเอียดมาก ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ไม่ควรใช้ล้อขัดปนกับการขัดอย่างอื่น เพื่อเลี่ยงผงทรายที่อาจติดอยู่กับล้อเหล่านั้น ฉะนั้นการขัดเงินจึงต้องใช้ล้อผ้าโดยไม้ขัดปะปนกับโบหะอื่น ๆ โดยใช้ยาขัดสีขาว และขั้นสุดท้ายขัดด้วยล้อผ้านุ่ม ยาขัดสีเงินสีแดง หรือผงยาแดงละเอียด บางทีจะเห็นรอยสีแดงปรากฏขึ้นบนผิวเงินหลังจากทิ้งไว้ 2 ถึง 3 วัน ปรากฏการณ์เกิดขึ้นเพราะการขัดแรงเกินไป ทำให้ผิวโลหะร้อน ยาขัดจึงซึมเข้าไปฝังอยู่ในผิวเงิน และจะซึมออกมาเมื่อได้รับความชื้นของบรรยากาศ รอยแตกนี้ทดสอบได้ด้วยการใช้ลมปากเป่าใส่บนผิวเงิน แล้วนำไปดูภายใต้แสงสว่าง

การกำจัด

ต้องนำชิ้นงานไปล้างในน้ำยาล้างโลหะเพื่อขจัดไขมันออกแล้วนำไปจุ่มในกรดเกลือเจือจาง (กรด 1 ส่วน + น้ำ 5 ส่วน) แล้วล้างน้ำสะอาดอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำความสะอาดชิ้นงานก่อนชุบด้วยไฟฟ้า

ความสะอาดของชิ้นงานเป็นสิ่งจำเป็นมากในการชุบ ถ้าหากชิ้นงานไม่ได้ผ่านการทำความสะอาดที่ถูกต้องแล้ว อาจทำให้ผลการชุบออกมาไม่ได้ผลเท่าที่ควร ดังนั้นการทำความสะอาดอย่างหมดจดจึงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้ไม่สามารถจะกล่าวย้ำให้มากกว่านี้ได้ เพราะประสิทธิภาพของงานชุบนั้นขึ้นอยู่กับการติดเกาะแน่นของเนื้อโลหะกับชิ้นงานที่ทำการชุบการทำความสะอาดชิ้นงานแต่ละกรรม วิธีที่ทำให้ผิวสะอาดเหมาะกับการชุบก็คือการกำจัดไขมัน น้ำมัน และรอยเปรอะเปื้อนอื่นๆ ที่ติดมาจากกรรมวิธีการผลิต เช่น การกลิ้ง ปั๊ม เครื่องอัด หรือเครื่องขัดผิวออก การชุบเคลือบบนผิวที่สกปรกหรือมีไขมันจะทำให้ผิวงานที่ผ่านการชุบนั้นลอกออกง่าย หรือพอง

การทำความสะอาดและกรรมวิธีของการเตรียมงานก่อนทำการชุบนั้นมีวิธีการหลายอย่างด้วยกัน เช่น

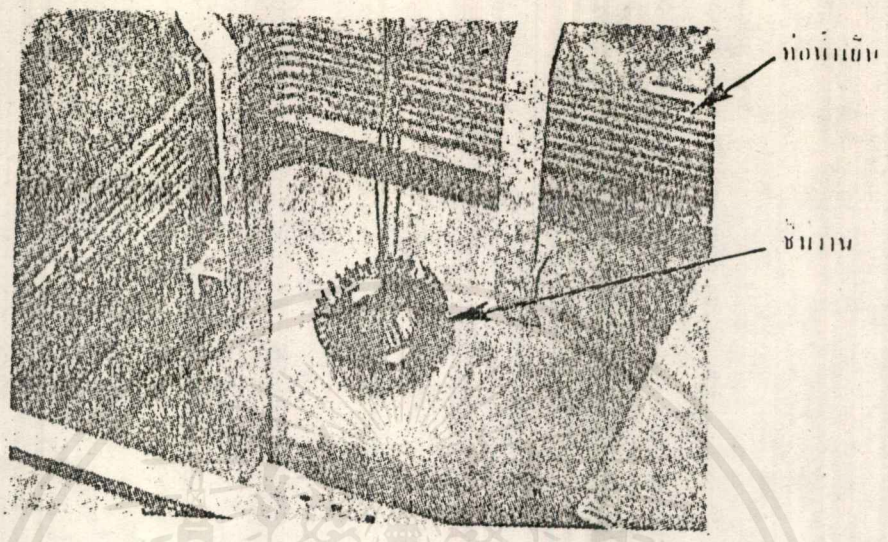
- การกำจัดไขมัน หรือการทำความสะอาดขั้นแรก (Degreasing)
- การทำความสะอาดด้วยกรด หรือจุ่มล้างชิ้นงานให้เป็นเงา (Pickling and Dipping)
- การล้างด้วยน้ำด่างร้อน (Soak clean)
- การล้างด้วยไฟฟ้า (Elector-clean)
- การทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค(Ultrasonic clean)

การกำจัดไขมันด้วยไอระเหยไตรคลอโรเอททีลีน (Vapour Degreasing)

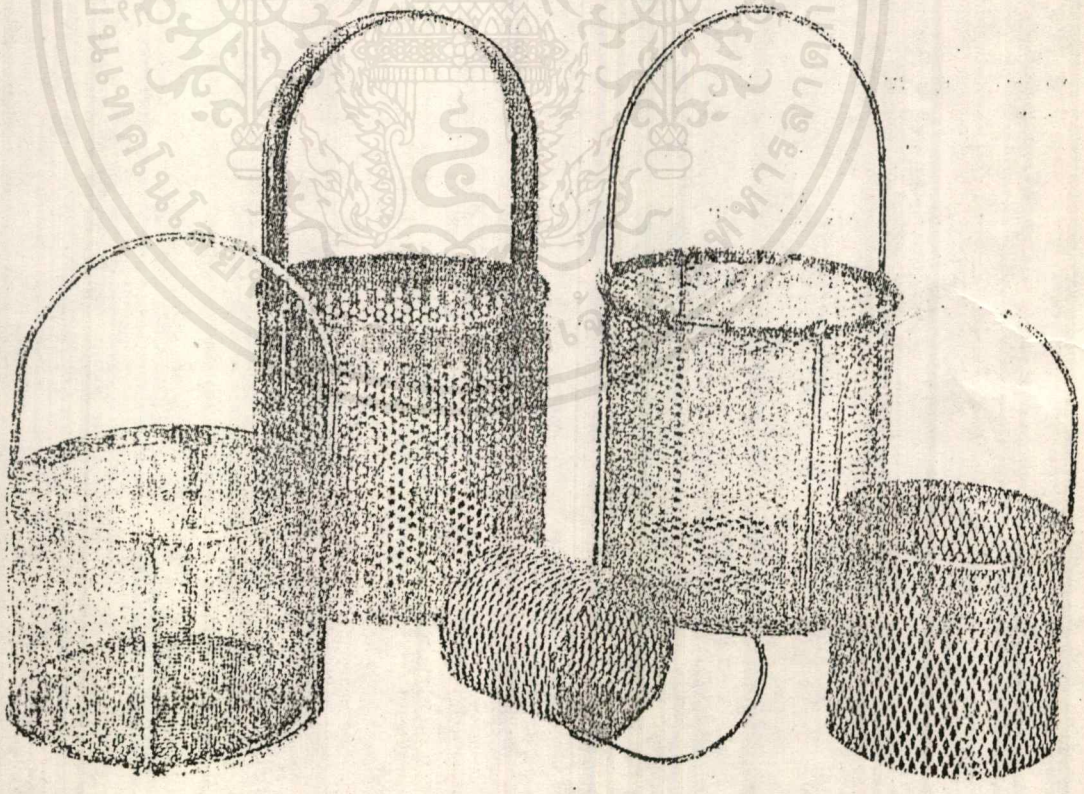
การเอาน้ำมันหรือไขมันออกจากผิวงานที่จะทำการชุบ ด้วยการนำชิ้นงานไปจุ่มแช่ลงในไตรคลอโรเอททีลีน (Tricholoroethylene) ซึ่งไตรคลอโรเอททีลีนนี้ต้องบรรจุอยู่ในถังพิเศษ ซึ่งมีเครื่องทำความร้อนอยู่ใต้ถังและมีท่อขดทำความเย็นอยู่บริเวณของปากถัง เวลาใช้งานไตรคลอโรเอททีลีนต้องให้ความร้อนซึ่งมีจุดเดือดที่ 86 องศาเซนเซียล เมื่อถึงจุดเดือดก็จะเป็นไอระเหยขึ้นมา กระทบกับความเย็นก็กลั่นตัวโดยท่อขดที่ทำความเย็นกลับสู่ในถังอีกเมื่อจุ่มชิ้นงานลงในไตรโรคลอเอททีลีน ไอระเหยจะถูกกลั่นตัวบนผิวงาน ทำการชำระล้างไขมันหรือน้ำมันลงสู่ถังสำหรับชิ้นงานที่มียาขัดติดแน่นอยู่ขอแนะนำให้จุ่มลงในน้ำมันระเหยนั้นก่อน เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกจำนวนมากออก ต่อมาจึงนำชิ้นงานขึ้นถูกับไอระเหย เป็นการล้างทำความสะอาดขั้นสุดท้าย และนำไปล้างในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าหากใช้กับงานเล็กๆ น้อยๆ ก็ต้องนำชิ้นงานลงแช่โดยใส่ภาชนะโลหะ แล้วนำชิ้นงานเช็ดด้วยผ้าสะอาด ชิ้นงานก็จะสะอาด ในการล้างนี้ถ้าชิ้นงานเล็กๆ จำนวนมากต้องใส่ตะกร้าแล้วนำลงแขวนแช่ในถัง



ภายในถังไตรคลอโรเอททีลีน



ตะกร้าสแตนเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การล้างด้วยน้ำด่างร้อน (Soak Clean)

วิธีนี้เป็นการล้างขั้นแรก โดยงานที่ผ่านจากการขัดเตรียมผิวมาแล้ว ควรที่จะล้างด้วยด่างร้อนเสียขั้นหนึ่งก่อน เพื่อทำให้ชิ้นงานสะอาดหมดจดในการล้างขั้นต่อไป ถังที่ใช้บรรจุนั้นทำด้วยเหล็กหรือสเตนเลส ภายในติดตั้งเครื่องให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า และมีบ่าสำหรับล้นออกของฟองและสิ่งสกปรก เวลาเอางานออกจากถังฟองสกปรกที่ลอยอยู่บนผิวของน้ำยาจะไม่เกาะผิวงาน น้ำยาชนิดนี้มีทั้งของสำเร็จโดยผสมกับน้ำใช้ได้ทันที แต่ถ้าหากจะผสมเองก็สามารถผสมได้ตามสูตรที่กำหนดไว้นี้หรืออาจใช้ตัวยาล้างโลหะแบบสำเร็จรูป ซึ่งมีจำหน่ายตามร้านค้าน้ำยาชุบโลหะทั่วๆ ไป

น้ำยาล้างโลหะ

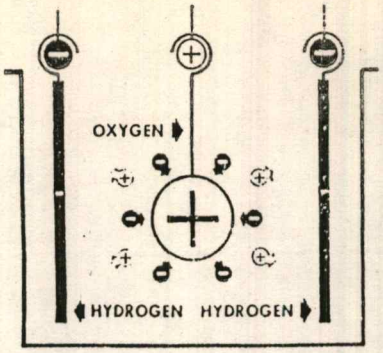
โซเดียมไฮดรอกไซด์	15	กรัม/ลิตร
ไตรโซเดียมฟอสเฟต	25	กรัม/ลิตร
ไซเดียมคาร์บอเนต	25	กรัม/ลิตร
โซเดียมเมตตาซิลิเกต	8	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	60-70	องศาเซนเซียล

การล้างด้วยไฟฟ้า (Electro Clean)

น้ำด่างที่ร้อนทุกชนิดจะมีปฏิกิริยากระทำความสะอาดต่อโลหะทุกชนิด เวลาที่ใช้ทำความสะอาดนั้นประกอบด้วยส่วนผสมของตัวยา และชนิดของน้ำมันที่จะล้างออกด้วย การทำความสะอาดด้วยไฟฟ้าทำได้รวดเร็วกว่าการจุ่มล้างบางชนิด การทำความสะอาดด้วยไฟฟ้าคือปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านลงไปในน้ำยาด่างที่ร้อนประมาณ 60-90องศาเซนเซียล พร้อมทั้งชิ้นงานนั้นล้างได้ทั้งขั้วบวกและขั้วลบ การทำความสะอาดด้วยไฟฟ้านี้ไม่เหมาะต่อการใช้ทำความสะอาดงานครั้งละจำนวนมากๆ ส่วนผสมของน้ำยาใช้สูตรตามวิธีล้างด้วยด่างร้อนหรือใช้ตัวยาสำเร็จรูปก็สะดวก การล้างด้วยไฟฟ้ายังมีแบ่งเป็น 2 วิธี คือ

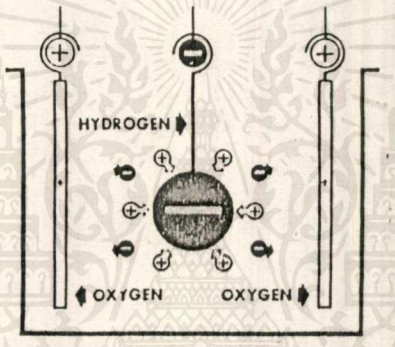
การล้างโดยให้ชิ้นงานเป็นขั้วบวก (Anodic Clean) ถ้าใช้ถังเหล็กอาจมีสวิทช์กลับขั้วติดไว้ด้วย ล้างโดยงานเป็นขั้วบวกใช้เฉพาะงานเป็นเหล็กเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ล้างด้วยไฟฟ้างานเป็นขั้วบวก

การล้างโดยใช้ชิ้นงานเป็นขั้วลบ (Cathodic Clean) ใช้ถังเหล็กแผ่นขั้วเป็นเหล็กใช้กับงานที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น ทองเหลือง สังกะสีหล่อ ทองแดง เป็นต้น

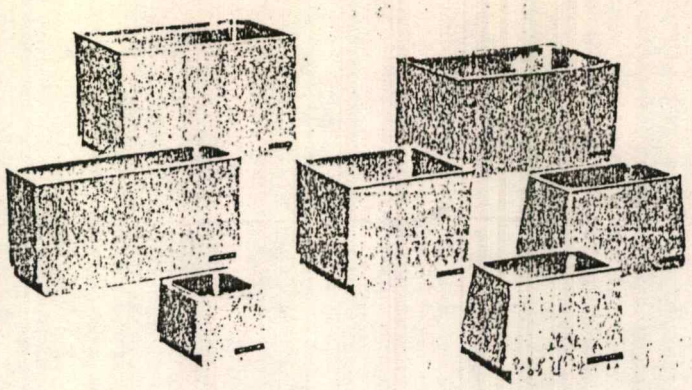


ล้างด้วยไฟฟ้างานเป็นขั้วลบ (Cathodic Clean)

ความหนาแน่นที่ใช้ในการล้างด้วยไฟฟ้านี้ สำหรับงานทั่วไปใช้ประมาณ 5 ถึง 10 แอมป์/คม^{2} เวลา 1-2 นาที ส่วนแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 4-6 โวลท์ การทำความสะอาดด้วยงานที่เป็นขั้วบวก ถ้าใช้แรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้าสูงเกินกว่ากำหนด จะทำให้ผิวงานเกิดการรวมตัวกับอ๊อกซิเจนหรือผิวจะเปลี่ยนสีไป ถ้าผิวเกิดการรวมตัวกับอ๊อกซิเจนขอแนะนำให้ลดความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าลง

การทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค เป็นการทำความสะอาดด้วยระบบความถี่สั่นแรงของคลื่นอย่างสูงประโยชน์ของการทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค ส่วนมากใช้กับงานที่เป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นเล็กๆเช่นชิ้นส่วนของนาฬิกา เครื่องประดับรูปพรรณ แว่นตาเพียงนำชิ้นงานแช่ในเครื่อง ชิ้นงานก็จะสะอาดดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เครื่องล้างชิ้นงานแบบอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic Cleaner)

การทำความสะอาดด้วยกรดหรือจุ่มเงา (Pickling and Dipping)

การกัดด้วยกรดกำมะถัน กรดกำมะถันจือจางใช้สำหรับกัดสนิมเหล็กบาง ๆ เหล็กกล้า ทองแดง ทองเหลือง นิเกิลเงา และทองแดงผสมอื่นๆ

การผสมน้ำยา ปกติใช้ความเข้มข้นของกรดกำมะถันประมาณ 5 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ส่วนผสมที่เหมาะในการใช้

กรดกำมะถัน (ถ.พ. 1.84)	55	ซี.ซี.
ปรับน้ำให้ได้	1	ลิตร

วิธีผสมน้ำ เทน้ำเย็นลงในภาชนะ 2/3 ของความจุของถังก่อนแล้วค่อยๆ เทน้ำกรดลงไปทีละน้อย ระวังน้ำกรดกระเซ็นถูกร่างกาย และควรกวนน้ำยาตลอดเวลาที่ผสมน้ำกรด ต่อมาจึงค่อยเติมน้ำลงไปปรับให้ได้ระดับ

ข้อควรระวัง ขณะผสมจะเกิดความร้อน สิ่งสำคัญที่สุดคือเวลาผสมจะต้องค่ายๆ เทน้ำกรดลงในน้ำเสมอ

หลังจากที่ได้กัดด้วยกรดกำมะถันเจือจางแล้ว ทองเหลืองนิเกิล เงิน ทองแดง และทองแดงผสม ปกติจะจุ่มในน้ำกรดกัดเงาเพื่อทำให้ผิวเงาสุกใส

ส่วนผสมของน้ำยา

น้ำ	350	ซี.ซี.
กรดกำมะถัน(ถ.พ.1.84)	500	ซี.ซี.
กรดดินประสิว(ถ.พ.1.38)	185	ซี.ซี.
เกลือแกง(โซเดียมคลอไรด์)	1.5	กรัม

การผสม ใส่น้ำลงในภาชนะก่อนแล้วเทกรดกำมะถันลงไปอย่างช้าๆ พร้อมกับกวนน้ำยาตลอดเวลา แล้วทิ้งไว้ให้น้ำยาเย็นถึงอุณหภูมิห้องจึงค่อยเทกรดดินประสิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นลงไปและติดตามด้วยเกลือแกง

ภาชนะที่เหมาะสำหรับใส่น้ำยานี้ แก้ว โบลีทีน และพี.วี.ซี. ในระหว่างที่ทำการกัดเงานั้นจะมีไอเกิดขึ้น ฉะนั้นสิ่งสำคัญคือจะต้องมีเครื่องดูดไอที่ใหญ่พอ ซึ่งสามารถดูดไอนี้ได้หมด การกัดเงาทองแดงผสมนอกจากใช้น้ำยาชนิดนี้แล้ว ยังมีน้ำยาอีกชนิดหนึ่งแต่ไม่ทำให้ผิวเงามากนัก น้ำยานี้อาจจะใช้สำหรับขจัดรอยคราบ ด่าง หรือรอยเปื้อนจากเครื่องจักรที่ใช้ทำงาน ส่วนผสมของน้ำยาประกอบด้วยกรดโครมิคกับกรดกำมะถัน ดังนี้

ส่วนผสมของน้ำยา

กรดกำมะถันเข้มข้น (ถ.พ. 1.84)	50 ซี.ซี.
กรดโครมิค	40 กรัม
ปรับน้ำให้ได้	1 ลิตร

อาจใช้โซเดียมไดโครเมตแทนกรดโครมิค โดยใช้โซเดียมไดโครเมต 60 กรัม/ลิตร จะเท่ากับกรดโครมิค 40 กรัม/ลิตร

วิธีผสมน้ำยาคือค่อยๆ เทกรดกำมะถันลงในน้ำเย็นตามปริมาตรที่ต้องการ พร้อมกับกวนน้ำยานั้นตลอกเวลา ต่อมาเติมกรอโครมิค หรือโซเดียมไดโครเมต ซึ่งละลายดีในกรดกำมะถันที่เจือจาง ปกติการจุ่มทั่วไปใช้เวลาประมาณ 2 - 3 นาที อุณภูมิปกติ

การกัดด้วยกรดเกลือ โดยปกติแล้วกรดเกลือใช้กัดสนิมได้ดีมาก

สำหรับใช้กับงานทั่วๆ ไป

กรดเกลือ (เข้มข้น)	1 ส่วน (โดยปริมาตร)
น้ำ	5 ส่วน (โดยปริมาตร)

การผสม ใส่น้ำลงในภาชนะก่อนประมาณ 2/3 ของความจุ แล้วค่อยๆ เทน้ำกรดลงไปจนหมดแล้วค่อยเติมน้ำปรับระดับอีกครั้งหนึ่ง

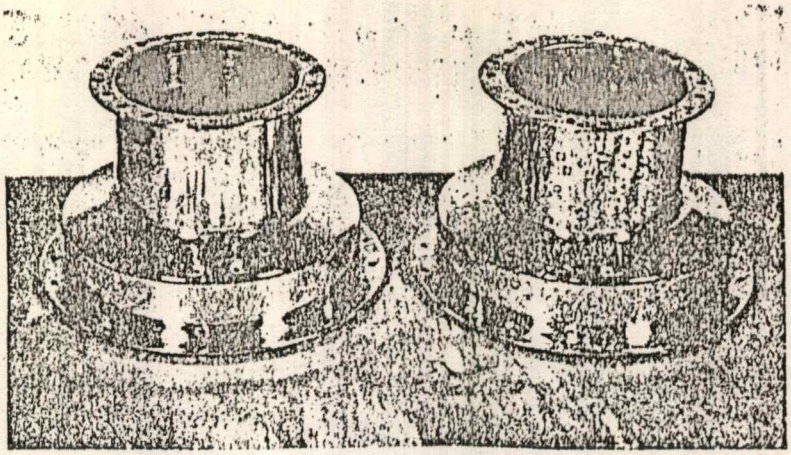
กรดกัดสำหรับเหล็กหล่อ

กรดเกลือ	1.5	ลิตร
กรดไฮโดรฟลูออริค	3	ลิตร
น้ำ	10	ลิตร

การเปรียบเทียบการทำความสะอาดชิ้นงาน

รูปที่แสดงไว้นี้เป็นผลจากการพ่นน้ำใส่ชิ้นงาน 2 ชิ้น ชิ้นงานทางซ้ายมือดูสะอาดหมด งานทางขวามือมีหยดน้ำเกาะ แสดงว่าล้างชิ้นงานยังไม่สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชิ้นงานที่ล้างสะอาด ชิ้นงานที่ล้างไม่สะอาด

วิธีทดสอบ ใช้น้ำสะอาดพ่นลงไปบนชิ้นงาน ถ้าหากชิ้นงานนั้นสะอาด ไม่มีไขมันติดอยู่ น้ำจะไม่เกาะเป็นหยด แต่ถ้ามีไขมันอยู่ที่ผิวงานจะเห็นน้ำเกาะอยู่เป็นหยดน้ำ แสดงว่าชิ้นงานยังล้างไขมันออกไม่หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอะโนไดซ์

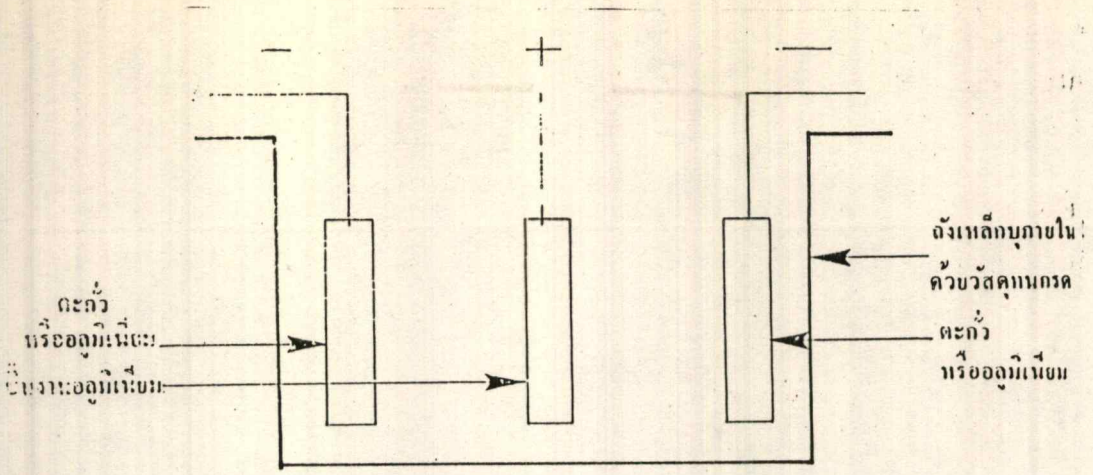
การอะโนไดซ์อลูมิเนียม คือการทำผิวของอลูมิเนียมให้เป็นอลูมิเนียมอ๊อกไซด์ใน ลักษณะฟิล์ม ($Al_2O_3.H_2O$) ซึ่งกรรมวิธีการทำก็คล้ายกับการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า แตกต่างกันเฉพาะข้อปลีกย่อย กล่าวคือการทำการอะโนไดซ์ชิ้นงานจะต้องเป็นขั้วบวก แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่า และไม่มีโลหะชนิดอื่นไปเกาะจับที่ผิวอลูมิเนียม ส่วนการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าชิ้นงานจะต้องเป็นขั้วลบใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำและจะมีโลหะชนิดหนึ่งไปเคลือบโลหะอีกชนิดหนึ่ง

กรรมวิธีการอะโนไดซ์จะต้องประกอบด้วยถัง ที่บรรจุน้ำยาสำหรับการอะโนไดซ์ขั้วบวกขั้วลบ เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านจะเกิดปฏิกิริยาทำให้มีแก๊สอ๊อกซิเจนที่ขั้วบวก และไฮโดรเจนที่ขั้วลบดังนั้นเมื่อใช้ชิ้นงานอลูมิเนียมแทนที่ขั้วบวกแก๊สอ๊อกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับอลูมิเนียมเป็นอลูมิเนียมอ๊อกไซด์

ฟิล์มที่เกิดจากการการอะโนไดซ์ทำให้อลูมิเนียมมีปริมาตรมากกว่าเดิม และถ้าลอกฟิล์มออก ความหนาของงานนั้นน้อยกว่าเมื่อก่อนเริ่มงาน ในกรณีที่ลอกผิวจากการชุบ จะเห็นว่าขนาดของงานนั้นยังคงเหลือเท่าเดิม บริเวณอลูมิเนียมที่เกิดการอะโนไดซ์ขึ้นจะมีอ๊อกไซด์ที่มีเนื้อแน่นที่เรียกว่า "เยื่อกั้น" ข้างบนฟิล์มนี้มีลักษณะเป็นรูพรุนหน่วยของเซลล์จะเรียงตัวกันในลักษณะเป็นรูปหกเหลี่ยมสม่ำเสมอ ตรงกลางเป็นรูพรุนลึกไปจากผิวของอ๊อกไซด์จนถึง "เยื่อกั้น"

ความหนาของเยื่อกั้น และผนังเซลล์เป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ขนาดของรูพรุนและเซลล์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำยา อุณหภูมิ และความหนาแน่นของการแสไฟฟ้าที่ใช้ ตัวอย่างเมื่อน้ำยากรดกำมะถันมีความเข้มข้นมาก และทำงานที่อุณหภูมิสูง จะทำให้โครงสร้างของเซลล์กว้างขึ้น แต่ถ้าใช้กรดกำมะถันเจือจางลงและอุณหภูมิต่ำลงด้วยจะทำให้ขนาดของรูพรุนเล็กและฟิล์มแข็งแรงขึ้น ความแข็งของฟิล์มปกติอยู่ในระหว่าง 100-200 วี.พี. เอ็นและสามารถเพิ่มขึ้นถึง 500 วี.พี. เอ็น ถ้าควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระหว่าง 15-20 องศาเซลเซียส และให้ความเข้มข้นของกรดกำมะถันเป็นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักโดยการใช้เทคนิคพิเศษบางอย่างจะสามารถอะโนไดซ์อย่างแข็งแรงบนชิ้นส่วนที่สึกหรอ หรือส่วนของเครื่องจักรที่มีขนาดเล็กเกินไปให้มีความหนา 0.001 นิ้วถึง 0.003 นิ้ว (25 และ 75 ไมครอน) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ถังอะโนไดซ์อลูมิเนียม

อุปกรณ์การอะโนไดซ์

1. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Rectifier) ในการทำอะโนไดซ์อลูมิเนียม เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้เครื่องชนิดโวลท์สูง คือต้องจ่ายโวลท์ได้ถึง 24 V และถ้าหากจะให้ได้ผลดี จะต้องใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ประเภทตั้งโวลท์คงที่ได้ (Constant Voltage Retifier) หรือประเภทตั้งกระแสหรือแอมแปร์คงที่ได้ (Constant Current)

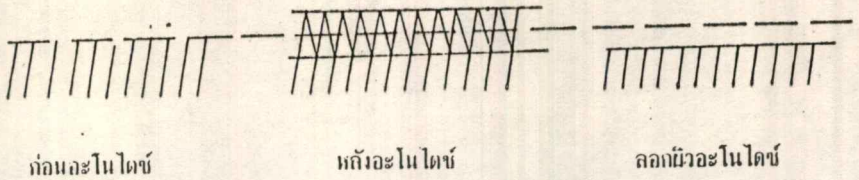
2. ถังน้ำยาอะโนไดซ์ ใช้ถังเหล็กบุภายในด้วยตะกั่ว หรือ เอ.พี.เอ. พี.วี.ซี. แต่ถ้าบุด้วยตะกั่วใช้ถังเป็นขัวลบได้เลย

3. ทางเดินกระแสไฟฟ้า (BUS Bars) ใช้อลูมิเนียมเส้นแบนต่อจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไปยังถังอะโนไดซ์

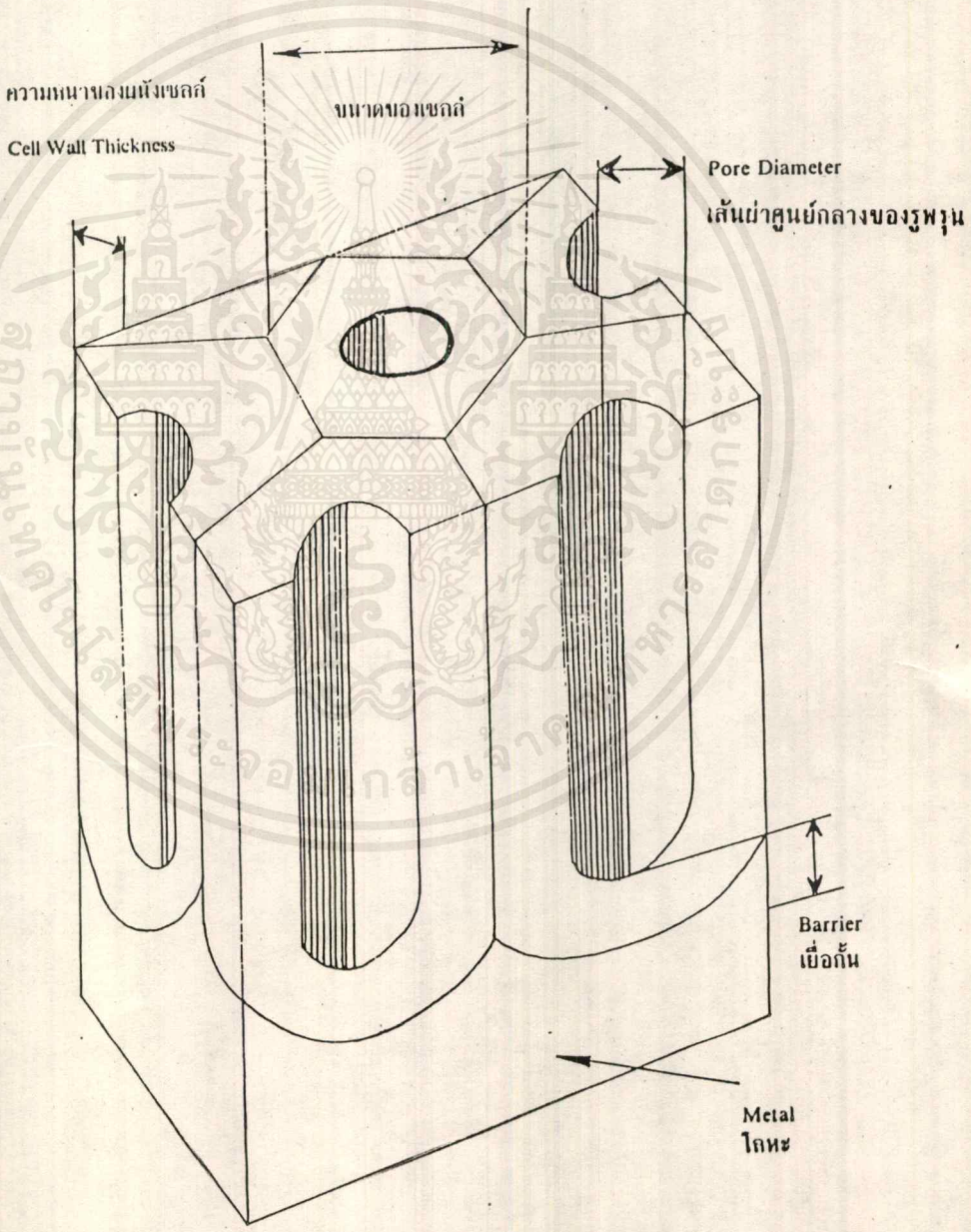
4. เครื่องทำความเย็น (Chiller) เนื่องจากการะอะโนไดซ์อลูมิเนียม อุณหภูมิของน้ำยาอะโนไดซ์จะต้องควบคุมให้อยู่ระหว่าง 18-22 องศาเซลเซียสจึงจะได้ผิวอะโนไดซ์ที่สวยงามฉะนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องทำความเย็นเข้าช่วยในการควบคุมอุณหภูมิ โดยปั๊มน้ำยาอะโนไดซ์ออกมาจากถังอะไหล่ผ่านเครื่องทำความเย็น และไหลกลับเข้าสู่ถัง หรือจะต่อท่อเย็นซึ่งเป็นท่อตะกั่วไว้ในถังอะโนไดซ์ และปล่อยความเย็นวิ่งไปในท่อซึ่งแช่อยู่ในถังอะโนไดซ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง

5. ปั๊มลม (Air Pump) ในขณะทำการอะโนไดซ์น้ำยาอะโนไดซ์จะค่อยๆ ร้อนขึ้นเรื่อยๆ ถ้ามีลมเป่าน้ำยาเล็กน้อยจะช่วยลดความร้อนในน้ำยาและช่วยไล่ฟองแก๊สที่เกิดขึ้นที่ชิ้นงานอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



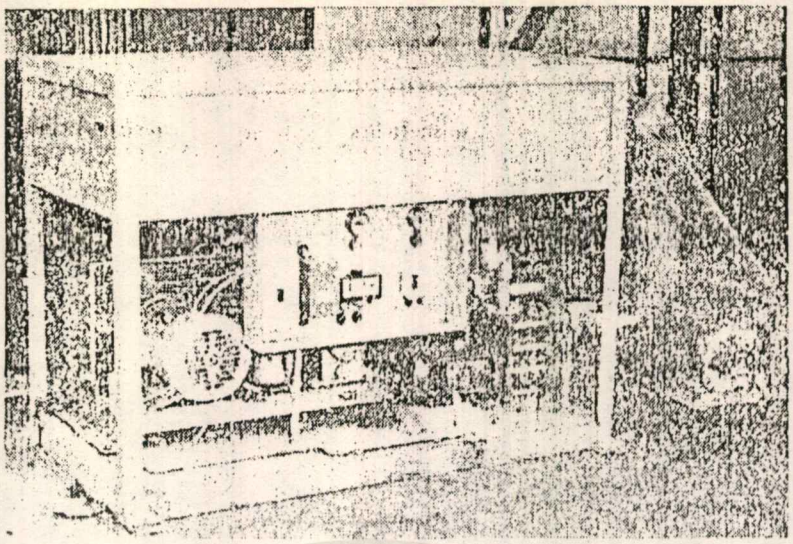
ก่อนอะโนไดซ์ หลังอะโนไดซ์ ลอกผิวอะโนไดซ์



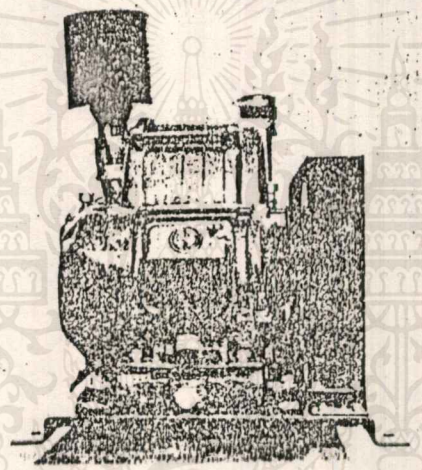
Microsection of an Anodic Film Showing Porous Cell Structure

รูปตัดขยายของฟิล์มอโนดิคแสดงถึงโครงสร้างของรูเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ะโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เครื่องทำความเย็น



ปั๊มลม

6. ขั้วลบ (Cathode) ใช้แผ่นอลูมิเนียม หรือแผ่นตะกั่ว

การเตรียมผิวอลูมิเนียมก่อนอะโนไดซ์

1. **การขัดผิว** งานชนิดที่ต้องขัดผิวนี้ส่วนมากเป็นงานผิวหน้าเรียบเป็นท่อเส้นแบนและผ่านการรีดมาแล้วแต่ผิวไม่เรียบจึงจำเป็นต้องขัดผิวโดยใช้มอเตอร์ และวงล้อขัดที่ทำด้วยผ้าหยาบๆ หรือวงล้อที่ทำด้วยเชือกปอ และใช้น้ำยาอลูมิเนียมเข้าช่วย จะได้ผิวอลูมิเนียมที่เรียบเป็นเงา

แต่ถ้าต้องการผิวหยาบเล็กน้อยแต่สม่ำเสมอ วิธีการนี้ต้องใช้เครื่องพ่นทรายช่วยใช้เครื่องพ่นทรายเล็กๆ ใส่ชิ้นงานเพื่อให้ได้ผิวอลูมิเนียมที่ด้านสม่ำเสมอ ถ้าต้องการผิวเป็นลายเส้นต้องใช้เครื่องขัดแบบกระดาษทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **ล้างชิ้นงาน** อลูมิเนียมที่ผ่านจากการขัดด้วยวิธีกลหรือผ่านจากโรงงานรีดอลูมิเนียมมาแล้ว ขั้นแรกจะต้องเอาไขมัน, คราบน้ำมันออกจากผิวอลูมิเนียมก่อน เป็นต้นว่าล้างด้วยไตรคลอโรเอททีลีนหรือกำจัดไขมันด้วยน้ำยาล้างอลูมิเนียมแบบสำเร็จรูป หรือล้างด้วยด่าง อย่างอ่อน

สูตร	ไตรโซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4 $12H_2O$)	5	กรัม/ลิตร
	โซเดียมเมตาซิลิเกต (Na_2SiO_3 $5H_2O$)	1.5	กรัม/ลิตร
	อุณหภูมิ	95	องศาเซลเซียส
	เวลา	3	นาที

เมื่ออลูมิเนียมล้างไขมันออกแล้วก็ล้างน้ำสะอาดเพื่อล้างให้คราบน้ำยาออกให้หมดถ้าต้องการให้ผิวอลูมิเนียมไม่มีความเงา หรือต้องการผิวด้านก็นำไปจุ่มในน้ำยาต่อไปนี้

2.1 การกัดผิว (Etching)

ก. กัดผิวอย่างหนา คือต้องการกัดผิวให้มีความด้านมากๆ แต่เรียบ

สูตรน้ำยา	โซเดียมไฮดรอกไซด์	100	กรัม
	น้ำจนครบ	1	ลิตร

ข. กัดผิวอย่างบ้าง คือการกัดผิวเพียงเล็กน้อยเพื่อให้ผิวเรียบ

สูตรน้ำยา	โซเดียมไฮดรอกไซด์	25	กรัม
	น้ำจนครบ	1	ลิตร

เวลาในการกัดผิวนั้นขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติงานว่าต้องการกัดมากน้อยแค่ไหน ยิ่งแช่นานยิ่งกัดมาก เมื่ออลูมิเนียมผ่านการกัดผิวมาแล้ว ก็นำมาล้างน้ำ แต่คราบดำที่ถูกกัดโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์จะไม่หลุดออก จะต้องนำชิ้นงานจุ่มลงในกรดดินประสิว ซึ่งเรียกว่า Desmudge

ส่วนผสมน้ำยา Desmudge

กรดดินประสิว	500	ม.ล.
น้ำ	500	ม.ล.

เมื่อชิ้นงานจุ่มในน้ำยานี้ประมาณ 1-2 นาที คราบดำก็จะออกหมด เหลือแต่ผิวอลูมิเนียมสะอาด พร้อมที่จะนำไปอะโนไดซ์หากการอะโนไดซ์ต้องการผิวเป็นเงาก็ไม่ต้องไปกัดผิวอลูมิเนียมให้ด้าน แต่ต้องนำอลูมิเนียมที่ล้างไขมันแล้วนั้นไปขัดเงาด้วยสารเคมีซึ่งจะทำให้ผิวอลูมิเนียมเงาเป็นมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำยาขัดเงาอลูมิเนียมด้วยสารเคมีแบบใช้สารเคมีผสมได้เอง

ส่วนผสมที่ 1	กรดฟอสฟอริค	800 ม.ล.
	กรดดินประสิว	120 ม.ล.
	กรดกำมะถัน	80 ม.ล.
	คอปเปอร์ไนเตรท	5 กรัม
	กรดบอริค	5 กรัม
	อุณหภูมิ	95-115 องศาเซลเซียส
	เวลาจุ่ม	20-60 วินาที
	ถัง สแตนเลส	

เมื่อจุ่มขัดเงาด้วยสารเคมีแล้วต้องล้างน้ำสะอาด ทางที่ดีควรล้างน้ำอุ่นเสร็จแล้วตามด้วยจุ่มในกรดดินประสิว 50 % แล้วล้างน้ำสะอาดอีกครั้ง ชิ้นงานจะเป็นเงาพร้อมที่จะทำการอะโนไดซ์

ส่วนผสมที่ 2	กรดฟอสฟอริค	75 ม.ล.
	กรดดินประสิว	100 ม.ล.
	กรดกำมะถัน	150 ม.ล.
	อุณหภูมิ	95 องศาเซลเซียส
	เวลาจุ่ม	1-3 นาที
	ถัง สแตนเลส	

ส่วนผสมที่ 3	กรดฟอสฟอริค	800 ม.ล.
	กรดดินประสิว	10 ม.ล.
	กรดกำมะถัน	200 ม.ล.
	อุณหภูมิ	115-120 องศาเซลเซียส

ส่วนผสมที่ 4	กรดฟอสฟอริค (H_3PO_4)	80-90% โดยปริมาตร
	กรดดินประสิว (HNO_3)	3-5% โดยปริมาตร
	น้ำ	5% โดยปริมาตร
	อุณหภูมิ	80-90 องศาเซลเซียส
	สแตนเลส	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำยาขัดเงาอลูมิเนียมเป็นกรดเข้มข้นเวลาทำงานต้องให้ความร้อน ขณะปฏิบัติงานจะมีควันพิษเกิดขึ้น ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีสิ่งปกปิดใบหน้าและจมูก และใส่ถุงมือยาง ห้องขัดเงาอลูมิเนียมจะต้องมีพัดลมดูดอย่างแรงเพื่อดูดควันไปทิ้งในบ่อน้ำเสีย โดยใช้น้ำพ่น เมื่อชิ้นงานขัดเงาแล้วต้องล้างน้ำและจุ่มกรดดินประสิว 50% เพื่อกำจัดคราบดำก่อนนำไปอะโนไดซ์

ฟอสไบรท์ 159 (Phosbrite 159)

ฟอสไบรท์ 159 เป็นน้ำยาขัดเงาอลูมิเนียม ซึ่งใช้ขัดเงาก่อนจะนำไปอะโนไดซ์ เช่น ส่วนประกอบรถยนต์, ส่วนประกอบของเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องใช้ประจำบ้านที่เป็นอลูมิเนียม น้ำยานี้เป็นส่วนผสมของน้ำกรดเข้มข้น เวลาใช้งานไม่ต้องผสมน้ำเพียงแต่ให้ความร้อน 95-105 องศาเซลเซียส ก็ใช้ได้เลย แต่ผู้ใช้จะต้องสวมแว่นและถุงมือยางเพื่อป้องกันอันตราย ถ้าหากไม่สวมแว่นตาอาจทำให้น้ำยาฟอสไบรท์กระเด็นเข้าตาได้

ขั้นตอนการขัดเงาอลูมิเนียมด้วยฟอสไบรท์ 159

1. ล้างไขมันที่ผิวด้วยไตรคลอโรเอททีลีนหรือด้วยด่างที่ไม่กัดผิวอลูมิเนียม แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด

2. จุ่มชิ้นงานลงในฟอสไบรท์ 159 ที่อุณหภูมิ 92-105 องศา C เวลาจุ่มประมาณ 0.5-3 นาที เขย่าชิ้นงานเบา ๆ

3. ล้างด้วยน้ำสะอาด

4. กำจัดคราบสกปรก (Desmudge) โดยจุ่มลงไปในกรดดินประสิว 5% โดยปริมาตร (50 ม.ล./ลิตร) เวลา 0.5 นาที อุณหภูมิปกติ หรือจุ่มลงใน กรดกำมะถัน 50 ม.ล. รวมกับกรดโครมิค 25 กรัมในน้ำ 1 ลิตร

5. ล้างด้วยน้ำสะอาด ชิ้นงานก็พร้อมที่จะนำไปอะโนไดซ์ได้

อุปกรณ์ใส่น้ำยาฟอสไบรท์เวลาใช้งาน

ถังจะต้องเป็นถังสแตนเลส และให้ความร้อนด้วยแก๊สหรือถ้าให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าจะต้องใช้เครื่องให้ความร้อนที่หุ้มด้วยซิลิก้า ถ้ากำจัดคราบสกปรกหลังจากขัดเงาด้วยฟอสไบรท์ 159 แล้วใช้ถังเหล็กบุ PVC

ระบบดูดควันพิษ

ห้องขัดเงาด้วยฟอสไบรท์ ควรจะมีพัดลมดูดไอพิษด้วย

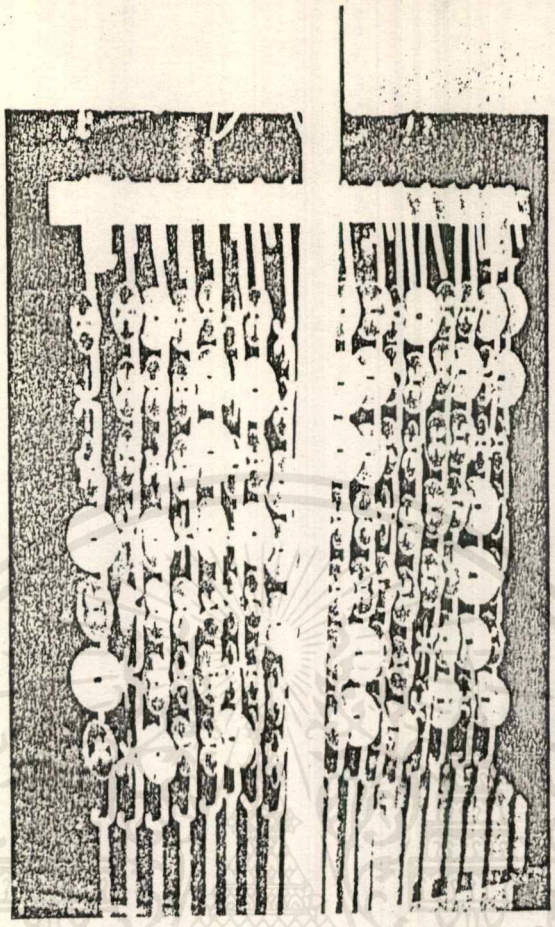
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจับชิ้นงานเพื่ออะโนไดซ์

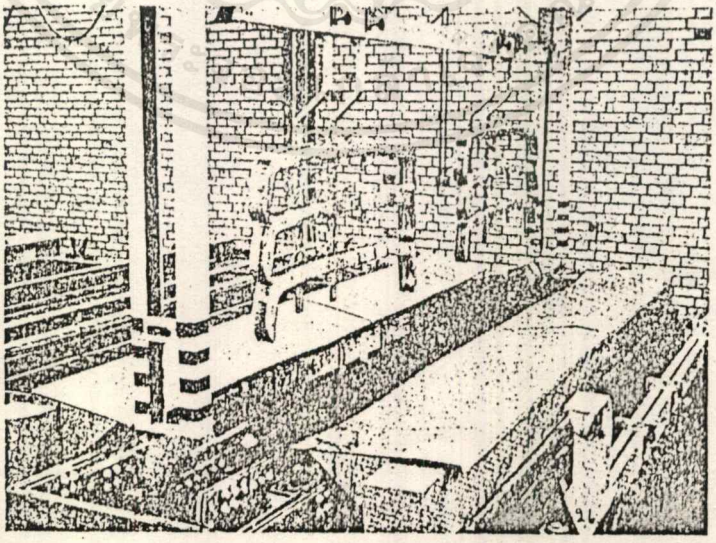
วัสดุจับชิ้นงานอลูมิเนียมเพื่อทำการอะโนไดซ์นั้นใช้อลูมิเนียมกับติเตเนียมอย่างใดอย่างหนึ่ง ส่วนมากจะใช้อลูมิเนียมเพราะหาได้ง่าย ถ้าเป็นชิ้นงานขนาดใหญ่ก็ใช้อลูมิเนียมเส้นแบน แต่ถ้าเป็นชิ้นงานเล็กๆ ก็ใช้ผูกชิ้นงานด้วยอลูมิเนียม มีข้อเสียอยู่อย่างหนึ่งคือขณะที่ทำการอะโนไดซ์ชิ้นงานอยู่นั้นถ้าหากจับชิ้นอยู่นั้นถ้าหากจับชิ้นงานด้วยอลูมิเนียมวัสดุจับชิ้นงานจะถูกอะโนไดซ์ไปด้วย ซึ่งหลังการจากอะโนไดซ์ไปแล้ว 1 ครั้งจะต้องลอกฟิล์มออกก่อนจึงจะนำไปใช้จับชิ้นงานเพื่ออะโนไดซ์ใหม่อีกได้

ติเตเนียม เป็นโลหะที่ทนต่อกรดได้ซึ่งเหมาะที่จะใช้เป็นวัสดุจับชิ้นงาน (Jig or Rack) แต่หายากราคาแพง แต่ว่าใช้งานสะดวกเหมาะกับงานที่เหมือน ๆ กันจำนวนมากๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

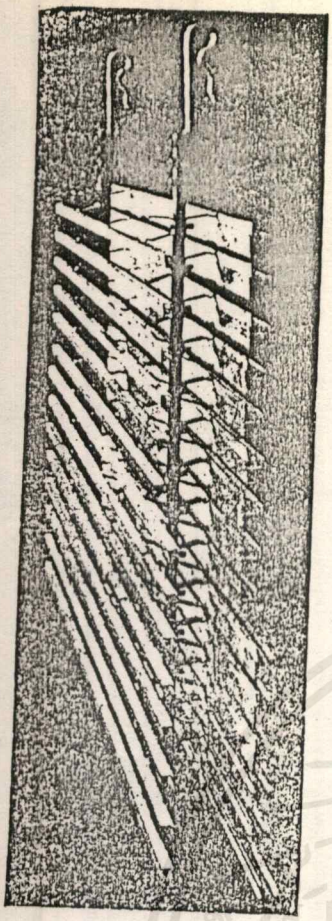


จับชิ้นงานด้วยอลูมิเนียม



อะโนไดซ์กันชนทำด้วยอลูมิเนียม

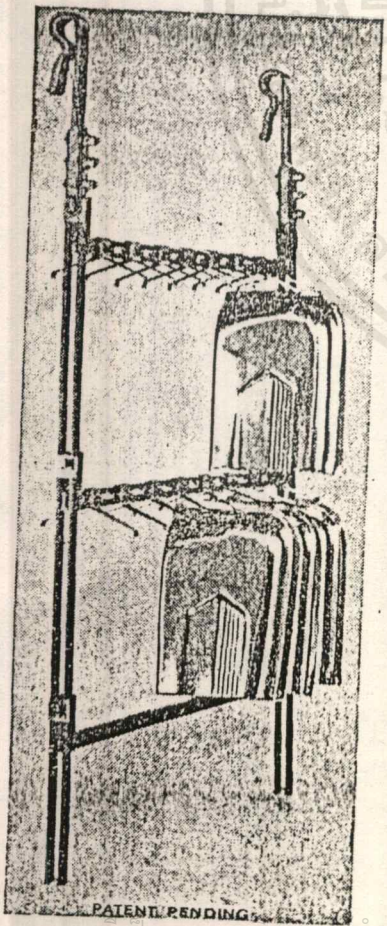
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

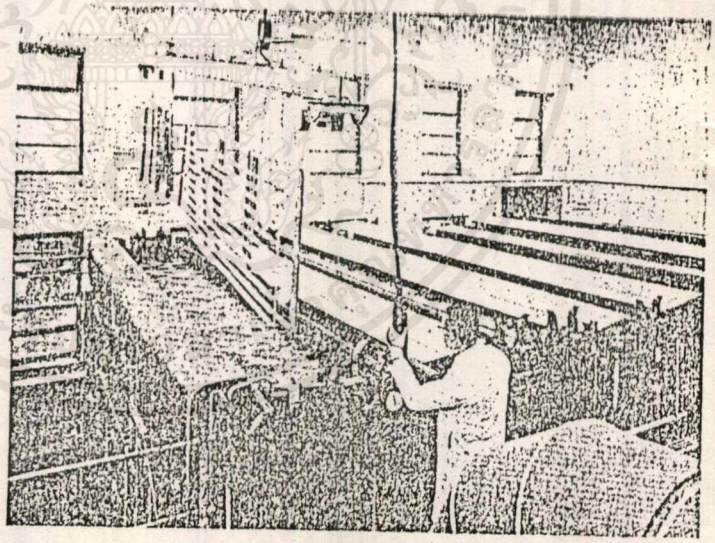


การจับชิ้นงานอลูมิเนียมด้วย jig ติเตเนียม

จับชิ้นงานด้วย jig ติเตเนียม

จับชิ้นงานด้วย jig อลูมิเนียม





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำยาอะโนไดซ์

น้ำยาที่ใช้ในการอะโนไดซ์อลูมูเนียมแบ่งได้ดังนี้คือ

1. น้ำยาชนิดกรดก่ามะถัน 10% โดยปริมาตร

ส่วนผสมของน้ำยา

กรดก่ามะถันเข้มข้น (ถ.พ. 1.84) 100 ม.ล./ลิตร

2. น้ำยากรดก่ามะถัน 15% โดยปริมาตร

ส่วนผสมของน้ำยา

กรดก่ามะถันเข้มข้น (ถ.พ. 1.84) 150 ม.ล./ลิตร

น้ำที่ใช้ผสมน้ำยาอะโนไดซ์ต้องเป็นน้ำกลั่นหรือน้ำที่ปราศจากคลอไรด์

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำสะอาดลงไปในถังประมาณ 2/3 ของถัง
2. เติมกรดก่ามะถันลงไปอย่างช้าๆ พร้อมกับกวนน้ำยาตลอดเวลา และถ้ามีเครื่องทำความเย็นด้วย
3. เติมน้ำกลั่นให้ถึงระดับที่กำหนดไว้ เติมยาแก้ไอกรด 0.2 ถึง 0.3 กรัม/ลิตร

สภาพการทำงาน

สำหรับน้ำยาอะโนไดซ์ชนิดกรดก่ามะถัน 10% และ 15%

ใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 10 ถึง 15 แอมแปร์/ตารางฟุต

แรงเคลื่อนไฟฟ้า	12 ถึง 22 โวลท์
อุณหภูมิ	20 ถึง 25 องศาเซลเซียส
ถ้าชุบ Hard Anodizing	-5 ถึง 5 องศาเซลเซียส
เวลา	ขึ้นอยู่กับความหนาที่ต้องการ

อัตราความหนา

สำหรับน้ำยาประเภทนี้ปรกติใช้กระแส 15 แอมแปร์/ตารางฟุต เวลาอะโนไดซ์ 2.4 นาทีจะได้ความหนา 1 ไมครอน (0.00004 นิ้ว)

การบำรุงรักษาน้ำยา

ต้องรักษาจำนวนของกรดก่ามะถันในน้ำยาให้อยู่ในอัตราที่กำหนดไว้เสมอ โดยการวิเคราะห์ ขณะทำการอะโนไดซ์ น้ำยาจะกัดอลูมิเนียมทำให้อลูมิเนียมตกลงไปในน้ำยาทำให้เกิดอลูมิเนียมซัลเฟต ในการอะโนไดซ์แบบเงาถ้าหากอลูมิเนียมตกลงไปในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยามากกว่า 12 กรัมต่อลิตรความเงาของชิ้นงานจะลดลง และในการอะโนไดซ์แบบเงาจะต้องกำหนดไม่ให้ค่าของอลูมิเนียมที่ตกลงไปมากกว่า 20 กรัมต่อลิตร และค่าของคลอไรด์ต้องไม่เกิน 0.02% (200 P.P.M.)

3. น้ำยาชนิดกรดกำมะถัน + กรดออกซาลิค

ใช้กรดกำมะถัน 10 % โดยปริมาตร

กรดออกซาลิค 5 % โดยน้ำหนัก

ส่วนผสมของน้ำยา

กรดกำมะถันเข้มข้น (ถ.พ. 1.84)	100 ม.ล./ลิตร
กรดออกซาลิค	50 กรัม/ลิตร

น้ำที่ใช้ผสมน้ำยาต้องไม่มีคลอไรด์

ใส่ยาแก้ไอกรด Minimist 0.2 ถึง 0.3 กรัม/ลิตร

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำกลั่นลงไปในถัง 2/3 ของถัง
2. เติมกรดกำมะถันลงไปอย่างช้าๆ พร้อมกวนน้ำยาตลอดเวลา
3. เติมกรดออกซาลิค พร้อมกวนน้ำยาให้กรดออกซาลิคละลายจนหมด
4. เติมน้ำกลั่นจนครบตามปริมาตรที่กำหนด

สภาวะการทำงาน

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	10 ถึง 15 แอมแปร์/ตารางฟุต
แรงเคลื่อนไฟฟ้า จนถึง	16 โวลท์
อุณหภูมิ	30 องศาเซลเซียส
สำหรับ Hard Anodizing	7 ถึง 10 องศาเซลเซียส
อัตราความหนา ใช้กระแสไฟฟ้า	15 แอมแปร์/ตารางฟุต
เวลา	1 ชั่วโมง
ได้ความหนา	30 ไมครอน (0.0012 นิ้ว)

การบำรุงรักษาน้ำยา

ต้องรักษาส่วนผสมของกรดกำมะถัน และ กรดออกซาลิคให้อยู่ในอัตราที่กำหนด ถ้าทำการอะโนไดซ์ไปแล้ว 1,000 แอมแปร์ชั่วโมง ต้องเติมกรดออกซาลิค 200 กรัมและอลูมิเนียมในน้ำยาต้องไม่เกิน 20 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำยาชนิดกรดโครมิค 5 % โดยน้ำหนัก

ส่วนผสมของน้ำยา

กรดโครมิค 50 กรัม/ลิตร

ขั้วลบใช้สแตนเลส

กระแสไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับชนิดของอลูมิเนียม

ปกติใช้ 3 แอมแปร์ ต่อตารางฟุตสำหรับอลูมิเนียมบริสุทธิ์

ถ้าอลูมิเนียมไม่บริสุทธิ์ใช้ 6-20 แอมแปร์/ตารางฟุต

แรงเคลื่อนไฟฟ้า 0-40 โวลท์

อุณหภูมิ 38-42 องศาเซลเซียส

4. น้ำยาชนิด กรดโครมิค 10%

ส่วนผสมน้ำยากรดโครมิค 100 กรัม/ลิตร

ขั้วลบ ใช้สแตนเลส

กระแสไฟฟ้า 12 แอมป์/ตารางฟุต (1.2 แอมป์/ตารางเดซิเมตร)

อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

เวลาอะโนไดซ์ขึ้นอยู่กับความหนาที่ต้องการ

อัตราความหนา ใช้กระแสไฟฟ้า 12 แอมป์/ตารางฟุต

เวลา 20 นาที

ได้ความหนา 5 ไมครอน (0.0002 นิ้ว)

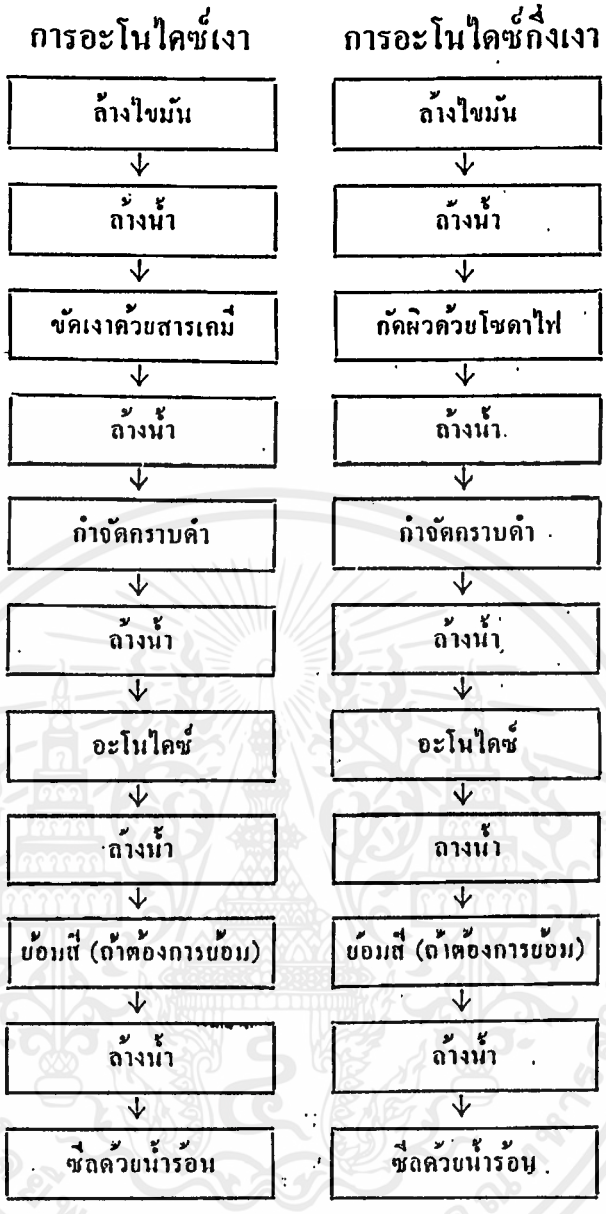
ขั้นตอนการอะโนไดซ์

การอะโนไดซ์อลูมิเนียม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด โดยทั่วๆ มีชนิดกึ่งเงากับชนิดเงา

การอะโนไดซ์กึ่งเงา เช่น อลูมิเนียมที่ผ่านจากโรงงานรีดมาเป็นเส้นยาวๆใช้ในการตกแต่งสำนักงาน เช่น ขอบประตูของอาคารต่างๆ

การอะโนไดซ์เงา ได้แก่ ภาชนะอลูมิเนียมต่างๆเช่น ขัน, ปิ่นโต, ช้อน, หม้อหุงข้าว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การย้อมสีอลูมิเนียมหลังจากการอะโนไดซ์

ผิวบางๆ ของอลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดขึ้นบนแผ่นอลูมิเนียมหลังจากได้ผ่านกรรมวิธีอะโนไดซ์สามารถนำไปย้อมสีต่างๆ ได้ตามความประสงค์ ทั้งนี้การย้อมจะต้องใช้สีที่เหมาะสมและผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในการย้อมโดยเฉพาะ การย้อมเช่นที่ว่านี้จะช่วยเพิ่มอำนาจต้านทานการผุกร่อนได้เป็นอย่างดีสีที่ได้จากการย้อมจะทนแดดทนฝนดีมาก ประโยชน์ของการย้อมสีอลูมิเนียมใช้ได้อย่างกว้างขวางเช่นใช้ทำเครื่องประดับ ป้าย โคมไฟฟ้า ที่เขี่ยบุหรี่ กระดุม เครื่องหมาย ต่างๆเป็นต้น รายละเอียดการย้อมสีมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมของสีย้อมอลูมิเนียม

โดยทั่วไปที่ใช้กันอยู่ สีที่มาจากอินทรีย์สารเป็นสีที่ใช้กันแพร่หลายมาก สีที่ทำจากอนินทรีย์สารก็มีการทำขึ้นมาใช้เหมือนกัน สำหรับงานโครงสร้างที่ใช้อลูมิเนียมย้อมสีเป็นส่วนสำคัญที่มีความต้องการการสะท้อนแสงมากๆ สีที่ทำมาจากอนินทรีย์สารจะสามารถใช้ได้ผลดีกว่าสีที่ทำมาจากอินทรีย์สาร

ความเข้มข้นของสีที่จะใช้ย้อมย่อมแตกต่างกันไปแล้วแต่สีที่ต้องการว่าจะใช้เข้มข้นมากน้อยเพียงใด ปรกติแล้วบริษัทผู้ผลิตจะแนบตารางสีตัวอย่างมาให้ด้วย พร้อมกับอธิบายวิธีผสมผงสีเพื่อให้ได้สีตามตัวอย่างนั้นๆ

สีสำหรับย้อมโดยปรกติแล้วมักจะผสมได้ง่าย โดยวิธีละลายในน้ำธรรมดาเท่านั้น การเติมกรดอาซิติคเจือจาง (Dilute Acetic Acid) หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซค์ (Ammonium Hydroxide)เพื่อให้ได้ค่าพีเอชตามต้องการ ซึ่งรายละเอียดจะมีอยู่ในคู่มือการใช้สีแต่ละชนิด

ผิวอะโนไดซ์ที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสี

เพื่อที่จะให้ได้สีที่ย้อมมีคุณลักษณะตามที่ต้องการ กรรมวิธีที่จะก่อให้เกิดผิวอะโนไดซ์บนแผ่นอลูมิเนียมมักจะมีส่วนเกี่ยวข้องเสมอ ซึ่งทั้งนี้จะเกี่ยวทั้งการทำงานที่อุณหภูมิที่แน่นอน เวลาและความหนาแน่น
ของกระแสไฟฟ้าก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่ง ผิวอะโนไดซ์ที่เหมาะสมที่จะนำมาย้อมสีคือ :

1.ผิวอะโนไดซ์ที่มีความหนาเท่ากันตลอดทั้งแผ่นเพราะความหนาของผิวจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการดูดซับของปริมาณของสี ผิวอะโนไดซ์ที่หนาจะดูดซับสีไว้ได้มากทำให้ได้สีที่มีความเข้มหรือมีความทึบ
มากดังนี้เป็นต้น

2. ผิวอะโนไดซ์ที่มีจำนวนรูพรุนมากพอ และสามารถดูดซับได้ดี

3. สีของผิวอะโนไดซ์มีสีที่เหมาะสมกับสีที่จะย้อม

4. ผิวที่ปราศจากการขีดข่วน เป็นหลุม บ่อ

การเลือกใช้กรรมวิธีการอะโนไดซ์ จะมีผลเกี่ยวข้องโดยตรงกับการย้อมสี กรรมวิธีที่เหมาะที่จะนำผิวอะโนไดซ์มาย้อมสีมากที่สุดคือกรรมวิธีใช้กรดกำมะถัน เพราะให้ผิวอะโนไดซ์ที่ไม่มีสีและโปร่งแสง ที่ใช้กรดกำมะถันและอ๊อกซาลิคจะได้สีค่อนข้างเหลืองเล็กน้อย กรรมวิธีที่ใช้กรดโครมิคเข้มข้น 5% เป็นกรรมวิธีที่ได้ผิวอะโนไดซ์ที่ค่อนข้างบางและมีสีค่อนข้างเทาจึงไม่เหมาะสำหรับการย้อมสีมากนัก นอกจากจะย้อมสีทึบๆ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สำหรับการย้อมสี

ภาชนะที่ใช้สำหรับใส่น้ำยาย้อมสีที่เหมาะสมที่สุดคือ สแตนเลสหรือภาชนะเหล็กเคลือบ ระยะเวลาของการย้อมสีควรจะเป็นระยะเวลาแน่นอนและเท่าๆกันทุกครั้ง เพื่อว่าผลของการย้อมสีจะได้ความหนาบางของสีเท่าๆ กัน ผิวที่ได้รับการอะโนไดซ์แล้วถ้ายังไม่ได้ย้อมสีทันทีทันใดสามารถเก็บไว้ในน้ำที่สะอาดนานประมาณ 1 ชั่วโมง ถ้าต้องการเก็บชิ้นงานที่ผ่านการอะโนไดซ์แล้วไว้ได้นานกว่านี้ ควรจะเปาชิ้นงานให้แห้งด้วยลมแล้วเก็บแยกไว้ต่างหาก เมื่อต้องการย้อมสีให้นำชิ้นส่วนเหล่านี้มาจุ่มในกรดไนตริคความเข้มข้น 10 % เป็นเวลา 5 นาทีเสียก่อนแล้วล้างด้วยน้ำสะอาด ต่อจากนั้นจึงจุ่มลงในน้ำย้อมสี

ข้อควรทราบ ก่อนจะทำการย้อมสีทุกครั้งชิ้นงานจะต้องอยู่ในลักษณะเปียกโดยทั่วตลอดทั้งแผ่น

การชีลผิวอะโนไดซ์

จุดมุ่งหมายของการชีล

ผิวอะโนไดซ์อลูมิเนียมคือชั้นของอลูมิเนียมอ๊อกไซด์ที่เกิดขึ้น และติดแน่นอยู่บนแผ่นอลูมิเนียม ในขณะที่แผ่นอลูมิเนียมชิ้นนั้นผ่านกรรมวิธีอะโนไดซ์ อ๊อกไซด์ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นรูพรุนเต็มไปหมด และกรรมวิธีของการชีลก็มีจุดประสงค์เพื่อทำให้รูพรุนเหล่านั้นปิด-ตัน ซึ่งจะทำให้มีผลดังต่อไปนี้

1. เพื่อทำให้ผิวอะโนไดซ์มีความเหนียว สามารถยืดตัวได้
2. เพื่อเพิ่มอำนาจต้านทานการผุกร่อน
3. เพื่อทำให้ผิวที่ผ่านการอะโนไดซ์ไม่มีรอยคราบนิ้วมือติดเมื่อมีการจับถือ
4. เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้สีที่ย้อมไว้ละลายหลุดออกมาจากผิวอะโนไดซ์

วิธีชีลผิวอะโนไดซ์

กรรมวิธี "ชีล" มักจะหลีกเลี่ยงไม่ได้เมื่อกระทำการอะโนไดซ์ การชีลกระทำได้หลายวิธีดังนี้

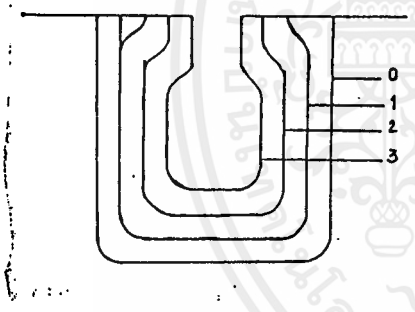
1. การชีลด้วยน้ำร้อน
2. การชีลด้วยไอน้ำ
3. การชีลโดยน้ำยาไดโครเมท
4. ชีลด้วยนิเกิล-โคบอลอาซีเตท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การซีลด้วยน้ำร้อน (Hot Water Sealing)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและใช้ได้ผลมากที่สุด น้ำที่ใช้ควรจะเป็นน้ำที่สะอาด น้ำกลั่นหรือน้ำที่ผ่านกรรมวิธีดีไอออนไนส์ (Deionised Water) มาแล้วเป็นน้ำที่เหมาะที่จะใช้ในการซีล พีเอชของน้ำต้องควบคุมให้อยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 6.0 โดยการคอยเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือกรดอาซีติดเพื่อปรับพี.เอช. ให้อยู่ในพิกัด

ถังบุด้วยตะกั่ว, ถังเหล็กสแตนเลส หรืออ่างเคลือบเป็นภาชนะที่เหมาะสำหรับใช้ในการซีล อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ไม่ควรน้อยกว่า 98 องศาเซลเซียส (208 องศาฟาเรนไฮต์) ระยะเวลาของการซีลปกติ
แล้วมักจะเท่าๆ กับระยะเวลาที่ทำการอะโนไดซ์ ในขณะที่จุ่มชิ้นงานอยู่ในถังซีลผิวของงานที่ผ่านการอะโนไดซ์มาแล้วจะทำปฏิกิริยากับน้ำร้อน เป็นเหตุทำให้เกิดชั้นต่างๆ ขึ้นภายในรูพรุน และเมื่อจุ่มชิ้นงานอยู่ในถังซีลชั่วระยะเวลาหนึ่ง ชั้นต่างๆ จะเกิดขึ้นทีละชั้นๆ รูพรุนเหล่านั้นก็จะเต็มและปิดตันในที่สุด ดังภาพ



ภาพแสดงการเกิดชั้นต่างๆในขณะที่ทำการซีล
ชั้น 0 คือชั้นที่แสดงรูพรุนขณะยังไม่ได้ทำการซีล
ชั้น 1-2-3 คือชั้นที่เกิดขึ้นที่ละชั้นๆ ตามลำดับ
ในขณะทำการซีลชิ้นงานที่ผ่านการซีลมาแล้ว
หากยังไม่ได้ผลเป็นที่พอใจ ก็สามารถนำมาซีล
จนกว่าจะเป็นที่พอใจ

2. การซีลด้วยไอน้ำ (Steam Sealing)

กรรมวิธีอันนี้ได้ค้นคิดขึ้นมาใช้เป็นครั้งแรกในประเทศเยอรมัน เป็นกรรมวิธีซีลที่ได้ผลดีมากวิธีหนึ่ง ไอน้ำที่ใช้เป็นไอน้ำที่เปียกและมีความดันต่ำ ข้อดีกรรมวิธีนี้คือ

สามารถป้องกันสีที่ย้งอยู่ในรูพรุนและผิวอะโนไดซ์ไม่ให้เยิ้มออกมาภายนอกได้ ส่วนข้อเสียคือเป็นกรรมวิธีที่ค่อนข้างแพงกว่าวิธีอื่นๆ

3. การซีลโดยวิธีใช้น้ำยาไดโครเมท (Dichromate Sealing)

กรรมวิธีนี้เหมาะสำหรับชิ้นงานที่ไม่มีจุดมุ่งหมายจะนำไปใช้ทางด้านเพื่อความสวยงาม ภายหลังจากการซีลแล้วผิวอะโนไดซ์จะมีสีเป็นสีค่อนข้างเหลือง น้ำยามีส่วนผสมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 น้ำยาสำหรับกรณีที่ต้องการให้ผิวอะโนไดซ์มีความคงทนต่อการผุกร่อนมากที่สุด

โปแตสเซี่ยมไดโครเมท (Potassium Dichromate)	100 กรัม
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide)	12.5 กรัม
น้ำ	1 ลิตร
พีเอชของน้ำยา (pH)	6 ถึง 7
ระยะเวลาของการซีลอาจนานถึง	10 นาที
อุณหภูมิของน้ำยา	90-95 องศาเซลเซียส

3.2 น้ำยาในข้อ 3.1 เป็นชนิดเข้มข้น ถ้าจำเป็นต้องใช้เจือจาง ให้ใช้ส่วนผสมดังนี้

โปแตสเซี่ยมไดโครเมท (Potassium Dichromate)	15 กรัม
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide)	3 กรัม
น้ำ	1 ลิตร
พีเอชของน้ำยา (pH)	6.5 ถึง 7.5

การทำงานอื่นๆ เหมือนข้อ 3.1

การซีลด้วยน้ำยาไดโครเมทเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นผสมกัน 2 ปฏิกิริยา คือ

ก. การดูดซับโครเมทเข้าไปเก็บไว้ภายในรูพรุนของผิวอะโนไดซ์

ข.การเกิดการปิดตันของรูพรุนโดยความร้อนของน้ำยาขณะ เดียวกันก็ขังเอาโครเมทไอ ออนไว้ภายในรูพรุนนั้นด้วย การซีลด้วยน้ำยาโครเมท น้ำยาจะต้องเป็นชนิดที่ปราศจากสารคลอรีนและซัลเฟต

4. ซีลด้วยนิเกิล-โคบอลอาซิเตท

ส่วนผสมน้ำยา

นิเกิลอาซีเตท	5.6 กรัม/ลิตร
โคบอลอาซีเตท	1 กรัม/ลิตร
กรดบอริด	8.4 กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	80 องศาเซลเซียส

เวลา 5 นาที และซีลในน้ำเดือดอีกครั้งหนึ่ง

การลอกผิวอะโนไดซ์ที่เสียหายใช้ไม่ได้

ผิวอะโนไดซ์ที่มีส่วนบกพร่อง ต้องการจะลอกออก เพื่อจะได้นำชิ้นส่วนนั้นๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ได้อีก ในกรณีเช่นนี้สามารถลอกออกได้โดยใช้น้ำยาชนิดใดชนิดหนึ่งตามสูตรส่วนผสมข้างล่างต่อไปนี้

1.	กรดกำมะถัน (ถ.พ. 1.84)	150 ซีซี.
	กรดโครมิค	50 กรัม
	น้ำ	1 ลิตร
2.	กรดกำมะถัน (ถ.พ. 1.84)	100 ซีซี.
	โปตัสเซี่ยมฟลูออไรด์	40 กรัม
	น้ำ	1 ลิตร
3.	กรดโครมิค	20 กรัม
	กรดฟอสฟอริค (ถ.พ. 1.75	35 ซีซี.
	น้ำ	1 ลิตร
4.	โซดาไฟ	100 กรัม
	น้ำ	1 ลิตร

สูตรส่วนผสมที่ 1 และ 2 อาจจะใช้ทำงานที่อุณหภูมิของห้องในถังที่บุพีวีซีสูตร ที่ 3 จะต้องใช้ทำงานที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และสูตรนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง สำหรับน้ำยาที่ 4 เป็นน้ำยาที่มีอำนาจกัดกร่อนอลูมิเนียมมากกว่าน้ำยาชนิดอื่นๆ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับชิ้นงานโดยทั่วๆ ไปที่สามารถกัดกร่อนผิวของอะโนไดซ์ และ เนื้ออลูมิเนียมได้โดยไม่มีขอบเขตจำกัด ถังที่ใช้สำหรับใส่น้ำยาชนิดนี้ควรเป็นถังเหล็กธรรมดา น้ำยาชนิดนี้ไม่เหมาะอย่างยิ่งสำหรับชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปมาแล้ว และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเช่นชิ้นส่วนของเครื่องบินเป็นต้น คราบด่างๆที่ติดอยู่บนชิ้นงานหลังจากจุ่มในน้ำยาชนิดที่ 4 สามารถละลายออกได้ในน้ำกรดไนตริค 50 % หลังจากล้างน้ำสะอาดแล้ว

การลอกสี

สีบางประเภทอาจลอกได้ไม่ทำให้ผิวอะโนไดซ์เสีย ซึ่งจะทำได้โดยการจุ่มลงในสารละลายของกรดไนตริกหรือกรดกำมะถันอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือจะใช้น้ำยาสารละลายซึ่งมีโปแตสเซี่ยมเปอร์แมงกาเนต 50 กรัม และกรดไนตริค 100 มิลลิลิตร ผสมในน้ำ 1 ลิตร อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 2-20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทดสอบผิวอะโนไดซ์

1. วิธีทดสอบว่าชิ้นงานมีผิวอะโนไดซ์เคลือบอยู่หรือไม่

1.1 ขีดข่วนด้วยของมีคมเช่นมีด ถ้ามีผิวอะโนไดซ์เคลือบอยู่จะมีเสียงต่างไปจากผิวอลูมิเนียมธรรมดา

1.2ทดลองหักชิ้นงานที่ผ่าน การอะโนไดซ์ถ้าชิ้นงานนั้นกรอบหักง่ายแสดงว่ามีผิวอะโนไดซ์เคลือบอยู่แล้ว

1.3 ทดลสอบความเป็นสื่อไฟฟ้า ถ้ามีผิวอะโนไดซ์เคลือบ ผิวนั้นจะไม่เป็นสื่อไฟฟ้า แต่ถ้าเป็นผิวอลูมิเนียมธรรมดา จะเป็นสื่อไฟฟ้าได้ดี

2. วิธีทดสอบหาความหนาของผิวอะโนไดซ์

2.1 ความหนาโดยเฉลี่ยของผิวอะโนไดซ์ หาได้โดยการชั่งชิ้นส่วนงานโดยตาชั่งละเอียดจด น้ำหนักไว้ นำชิ้นงานชิ้นนั้นไปลอกเอาผิวอะโนไดซ์ออกในน้ำยาที่มีส่วนผสมดังนี้ กรดโครมิค (เกรดแลป) 20 กรัมต่อลิตร, กรดฟอสฟอลิค(ถ.พ. 1.75) 35 กรัมต่อลิตร ใช้เวลาจุ่ม 10 นาที, ล้างให้สะอาด, ทำให้แห้งสนิทแล้วนำไปชั่งอีกครั้งหนึ่ง นำเอาผลของการชั่งครั้งแรกและครั้งหลังมาเปรียบเทียบหาน้ำหนักที่แตกต่างกันแล้วใช้สูตรดังต่อไปนี้ หาความหนาของผิวอะโนไดซ์

$$T = (10 \times W)/(a \times d)$$

ในการลอกผิวอะโนไดซ์นี้ใช้อุณหภูมิ 98-100 องศาเซลเซียส

โดย T. คือความหนาของผิวอะโนไดซ์หน่วยเป็นไมคร่อน

W น้ำหนักที่แตกต่างกันได้จากการชั่งครั้งแรกเป็นครั้งหลังหน่วยเป็นมิลลิกรัม

a เนื้อที่ผิวของชิ้นงาน หน่วยเป็นตารางเซ็นติเมตร

d ความหนาแน่นของผิวอะโนไดซ์ที่เคลือบอยู่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.5 ถ้าชิ้นงานนั้นไม่ได้ซีล และ 2.7 ถ้าชิ้นงานนั้นผ่านการซีลมาแล้ว หน่วยของ d เป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร

2.2 โดยวิธีไมโครเซ็คชั่น (Microsectioning) วิธีนี้เป็นการทดสอบที่ทำได้ยาก แม้ว่าจะสามารถหาความหนาที่แท้จริงได้ไม่ว่าที่จุดใดๆ ก็ตาม แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้ฟิล์มที่มีความหนาแน่น 3 ไมครอน หรือน้อยกว่านี้ไม่ได้ กล่าวโดยย่อกรรมวิธี คือ ตัดส่วนที่ต้องการจะวัดออกมา แล้วตั้งอลูมิเนียมบนแผ่นเรซิน (resin) และดูความหนาจากกล้องจุลทรรศน์ความหนาของฟิล์มจะเห็นได้ง่ายขึ้นถ้าใช้แผ่นอลูมิเนียมบางๆ หุ้มชิ้นงานอย่างหนาแน่นก่อนที่จะตั้งชิ้นงานบนแผ่นเรซิน

2.3 โดยเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าเอ็ดดี้ (Eddy Current instrument) สำหรับใช้ในงานวิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้ได้ผลดีที่สุดโดยที่จะไม่ทำให้แผ่นอลูมิเนียมเสียหาย เครื่องวัดที่ใช้นี้มีขดลวดเล็กๆที่หัว ซึ่งทำงานโดยได้พลังงานจากเครื่องออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ที่มีความถี่สูงการแกว่งในลวดเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟเอ็ดดี้ในแผ่นอลูมิเนียมและปฏิกิริยา ที่เกิดต่อลวดนี้เองที่จะแสดงว่าชั้วของเครื่องมืออยู่ห่างจากอลูมิเนียมเท่าไร นั้นก็คือความหนาของฟิล์มที่ต้องการทราบ

2.4 โดยการใช้ไมโครมิเตอร์เมื่อมีฟิล์มหนาเคลือบอยู่ จะวัดความหนาโดยประมาณได้จากการวัดชิ้นงานก่อนและหลังจากการลอกฟิล์มออก

2.5 โดยใช้เครื่องมือวัดความหนา (Thickness Tester)

3. วิธีทดสอบหาคุณภาพของผิวอะโนไดซ์

คุณภาพของผิวอะโนไดซ์ทดสอบได้โดยใช้น้ำยาที่มีส่วนผสมดังนี้

โซเดียมซัลไฟท์ (Sodium Sulphite)	10	กรัม
น้ำ	1	ลิตร

เติมกรดอาซีติดจนกระทั่งน้ำยาพีเอชอยู่ระหว่าง 3.6-3.8 แล้วเติมกรดก่ามะถันจนกระทั่งน้ำยามีค่าพีเอช 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทดสอบ : ต้มน้ำยาให้ร้อน 90 องศาเซลเซียส จุ่มชิ้นงานลงในน้ำยา ประมาณ 20 นาทียกชิ้นงานตรวจดูทุกๆ 5 นาที ถ้าชิ้นงานนั้นได้รับการซีลไม่ดีพอจะถูกน้ำยากัดเป็นฟองขาวปรากฏให้เห็นที่ผิว

การทดสอบอีกวิธีหนึ่ง ทำได้โดยใช้เครื่องทดสอบการกัดกร่อนของผิวโดยเฉพาะเรียกว่า คาสเทส (Cass Test) โดยใช้สารละลายของโซเดี่ยมคลอไรด์ (เกลือแกง) ฉีดเป็นฝอยภายใต้บรรยากาศที่เหมาะแล้วเปรียบเทียบระยะเวลาของการกัดกร่อนที่ผิวดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาและการแก้ไขในการอะโนไดซ์

ความเสียหาย	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
1. ผิวอะโนไดซ์มีจุดเล็กๆ เกิดขึ้น	เพราะการเดินของกระแสไฟเดินไม่สะดวกระหว่างชิ้นงานกับลวดที่ผูกชิ้นงาน	ตรวจสอบแก้ไขข้อต่อไฟฟ้าของชิ้นงาน
2. เกิดฟิล์มบางมากบนชิ้นบางชิ้นใน Jig เดียวกัน	เพราะการจับชิ้นงานไม่แน่นกระแสไฟฟ้าเดินไม่สะดวก	แก้ไขจับชิ้นงานให้แน่นลอกผิวเก่าทิ้ง และ ทำอะโนไดซ์
3. ผิวอะโนไดซ์ด่างเป็นรอย	มีไขมันอยู่บนชิ้นงานที่ไปอะโนไดซ์	ล้างชิ้นงานเพื่อกำจัดไขมันใหม่
4. ผิวอะโนไดซ์ขรุขระ	1. ทำอะโนไดซ์ใหม่โดยไม่ได้เอาผิวเก่าออก 2. ชิ้นงานเป็นโลหะผสมซึ่งไม่เหมาะกับการอะโนไดซ์ 3. มีคลอไรด์อยู่ในน้ำยาอะโนไดซ์	1. การอะโนไดซ์ต้องทำตามขั้น ตอนอย่างถูกต้อง 2. ถ้าอะโนไดซ์โดยใช้กรดโครมิคไม่ได้ผล ควรเปลี่ยนเป็นอะโนไดซ์ ด้วยกรดกำมะถัน 3. แก้ไขน้ำยาอะโนไดซ์ใหม่ , โดยต้องใช้น้ำที่เหมาะสมและตรวจสอบน้ำยาให้ได้ตามมาตรฐานโดยมีคลอไรด์ ไม่เกิน 0.2 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาและการแก้ไขในการอะโนไดซ์

ความเสียหาย	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
5. ผิวอะโนไดซ์เป็นผุ่นแป้งอะโนไดซ์ด้วยวิธีใช้กรดกำมะถัน	1. อุณหภูมิของน้ำยาสูงเกินไปหรือความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ามากเกินไป 2. ความร้อนมากเกินไปเฉพาะแห่งจากไม่มีการกวนน้ำยา	1. ลดอุณหภูมิของน้ำยาลงหรือลดโวลท์ 2. แก้ไขระบบกวนน้ำยา
6. ผิวอะโนไดซ์ (ของวิธีใช้กรดโครมิค) มีสีเหลืองสกปรกบนผิว	น้ำยามีไตรวาเลนโครเมียมมาก (ลดกรดโครมิค)	ผสมน้ำยาใหม่
7. ฟิล์มอะโนไดซ์ย้อมสีไม่ติด	1. ไม่มีฟิล์มอะโนไดซ์ 2. ฟิล์มถูกซีลก่อนย้อมสี	1. ตรวจขั้นตอนอะโนไดซ์ 2. อย่างล้างชิ้นงานที่อะโนไดซ์ แล้วด้วยน้ำร้อนล้างชิ้นงานด้วยน้ำเย็นเท่านั้นแล้วจุ่มในสีทันที
8. สีไม่สม่ำเสมอ	1. โครงสร้างของเนื้ออลูมิเนียมแตกต่างกัน 2. ผิวอะโนไดซ์ไม่เท่ากันเพราะการจับชิ้นงานบางชิ้นแน่นไม่เท่ากันทั้งหมด	1. ถ้าอลูมิเนียมไม่บริสุทธิ์การย้อยสี ก็จะได้สีที่ไม่สม่ำเสมอ 2. จับชิ้นงานให้แน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาและการแก้ไขในการอะโนไดซ์

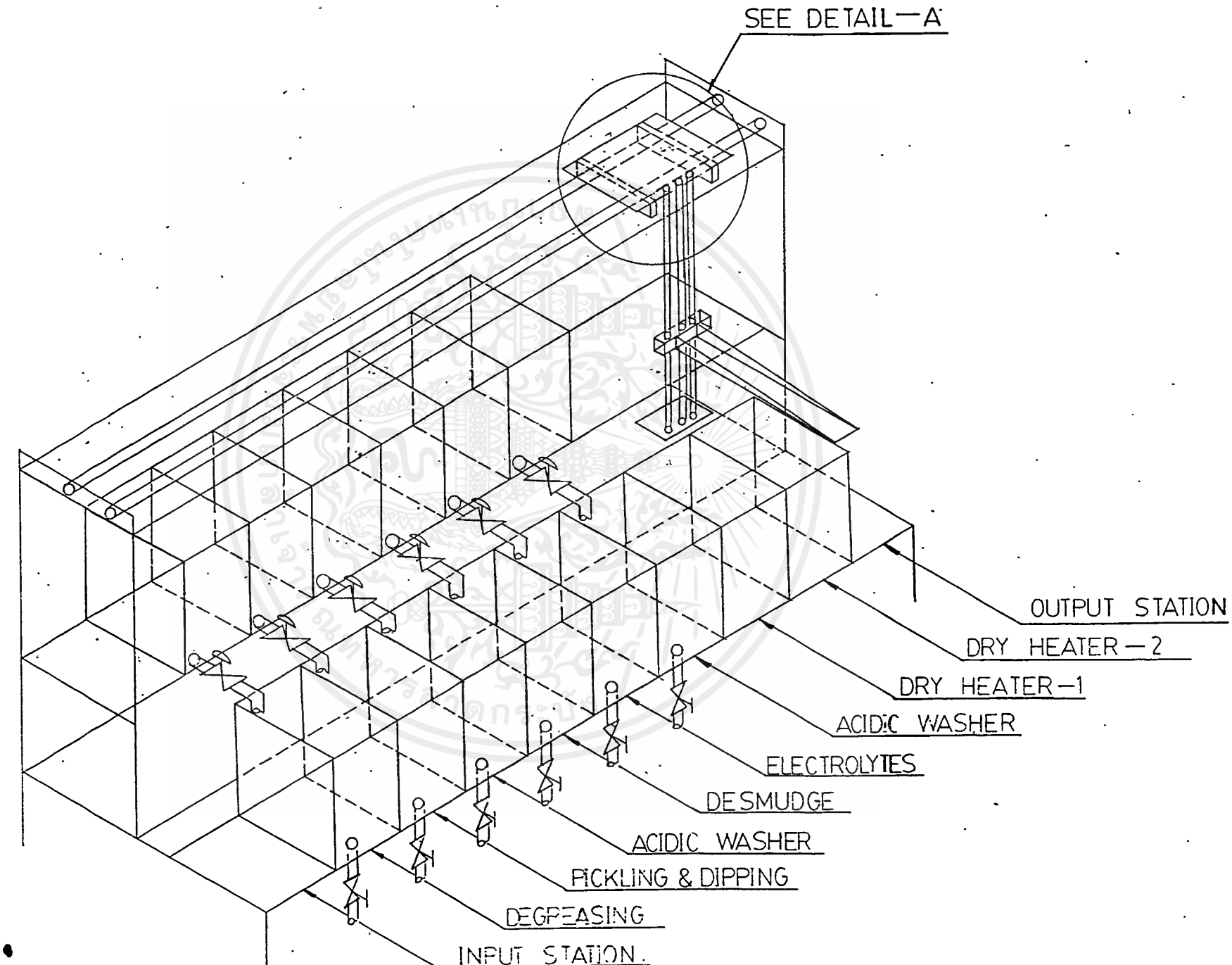
ความเสียหาย	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
9. มีจุดดำบนผิวอะโนไดซ์ที่ย้อมสี	การละลายสีไม่ดีพอ คือยังมีเม็ดสีที่ยังไม่ละลาย	ละลายสีให้ละลายจนหมดก่อนจะย้อมสี ถ้าจำเป็นต้องกรองก็ควรกรอง ให้แน่ใจว่าสีละลายดีแล้ว
10. ชิ้นงานไม่มีฟิล์มอะโนไดซ์	เพราะมีแก๊สติดอยู่บนบนผิวงานมาก	แขวนชิ้นงานโดยหลีกเลี่ยงไม่ให้มีแก๊สเกาะที่ผิวชิ้นงาน โดยใช้ลมเป่าน้ำยาเบา ๆ
11. ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้ามากเกินไป	อุณหภูมิของน้ำยาสูงสูงเกินไป	ทำน้ำยาให้เย็น ลงตามอุณหภูมิที่กำหนด

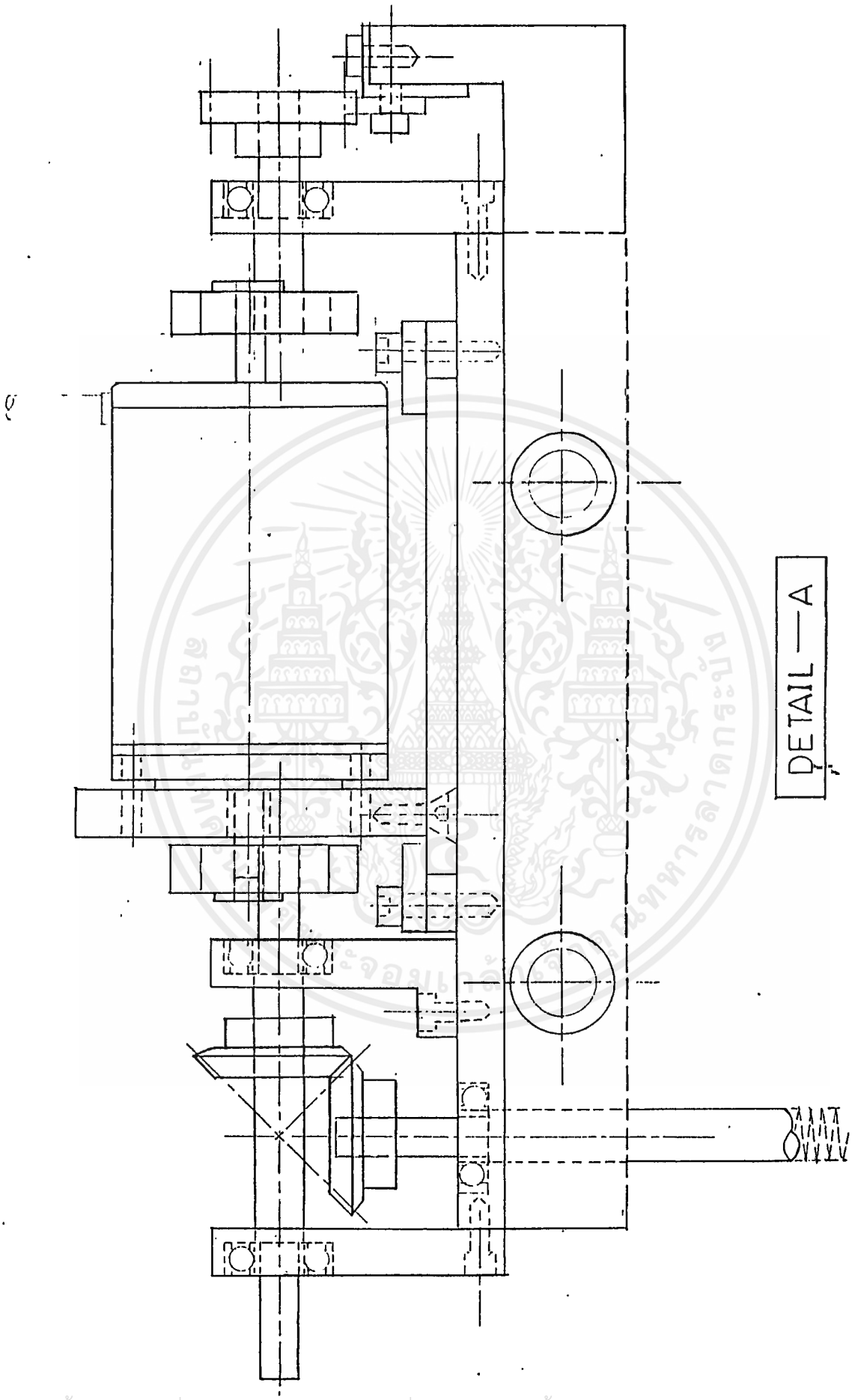
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักพื้นฐานในการควบคุมการ ANODISE ด้วยคอมพิวเตอร์

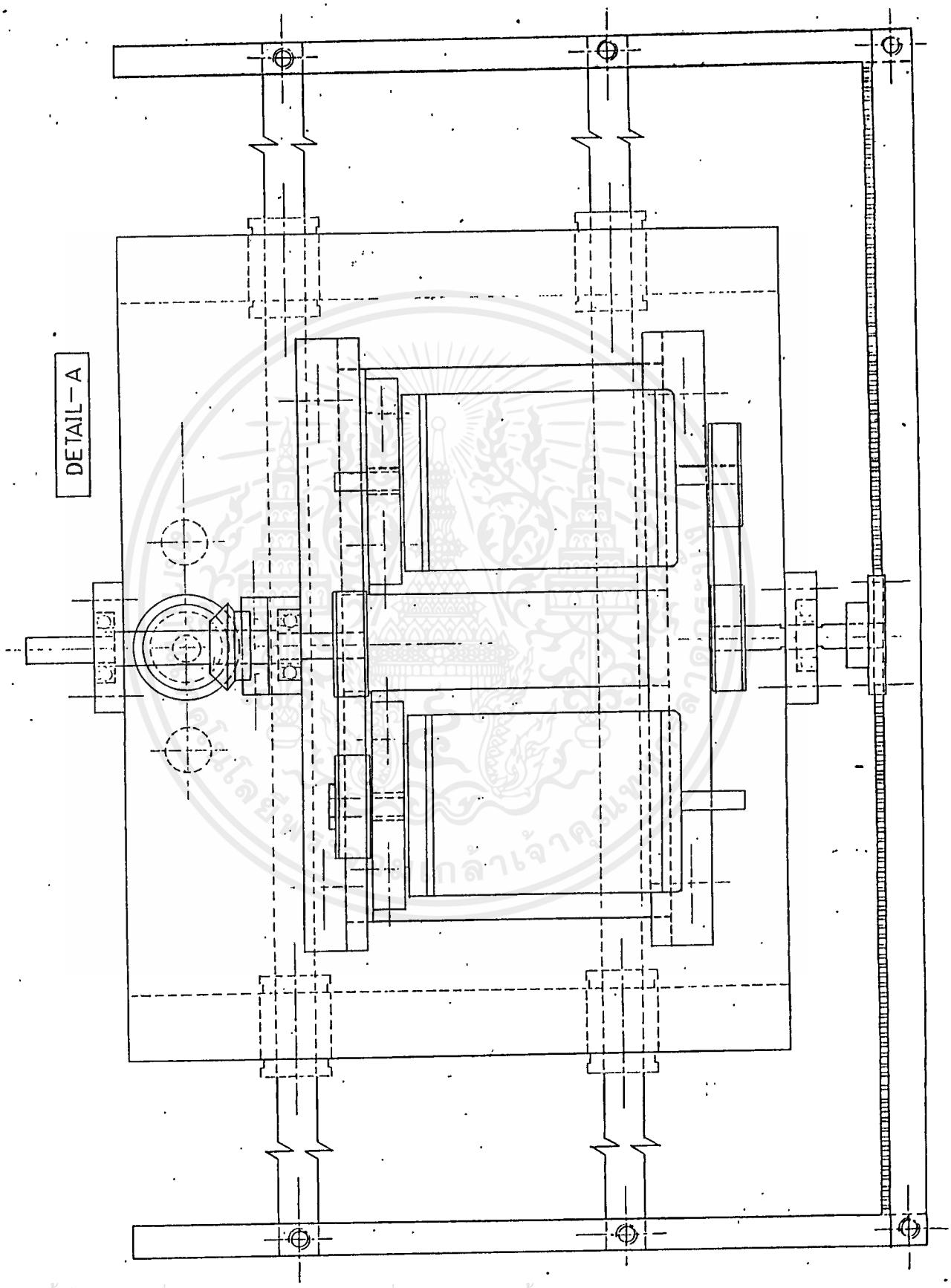
การควบคุมการ ANNODISE ด้วยคอมพิวเตอร์ เริ่มด้วยการใช้พื้นฐานในการใช้งานอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ การแปลงสัญญาณที่ได้รับให้อยู่ในรูปของข้อมูลที่สามารถตรวจสอบและประมวลผลได้ หลังจากนั้นนำสัญญาณ ANALOG ที่ได้เปลี่ยนเป็นสัญญาณ DIGITAL เพื่อส่งเข้าทาง PORT ขนานของคอมพิวเตอร์ เมื่อโปรแกรมที่ได้สร้างไว้ทำการตรวจสอบพบว่ามีข้อมูลถูกส่งเข้ามาก็จะนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผล และส่งผลที่ได้ออกแสดงทางจอภาพ ในส่วนหนึ่งผลลัพท์ที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่า PARAMETER ที่ได้ SET ไว้ ผลต่างของข้อมูลจะถูกนำไปประมวลผลอีกครั้งหนึ่ง และข้อมูลที่เหมาะสมจะถูกส่งกลับไปทาง OUTPUT PORT เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก ให้ทำงานได้ถูกต้องและเหมาะสมต่อ PROCESS.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


SEE DETAIL—A
OUTPUT STATION
DRY HEATER—2
DRY HEATER—1
ACIDIC WASHER
ELECTROLYTES
DESMUDGE
ACIDIC WASHER
PICKLING & DIPPING
DEGREASING
INPUT STATION



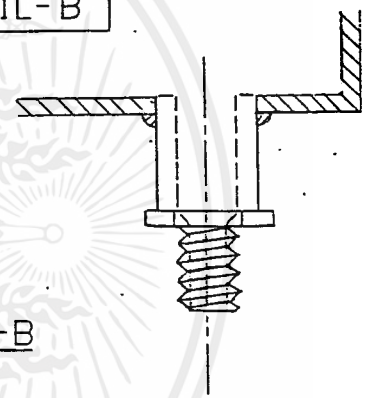
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

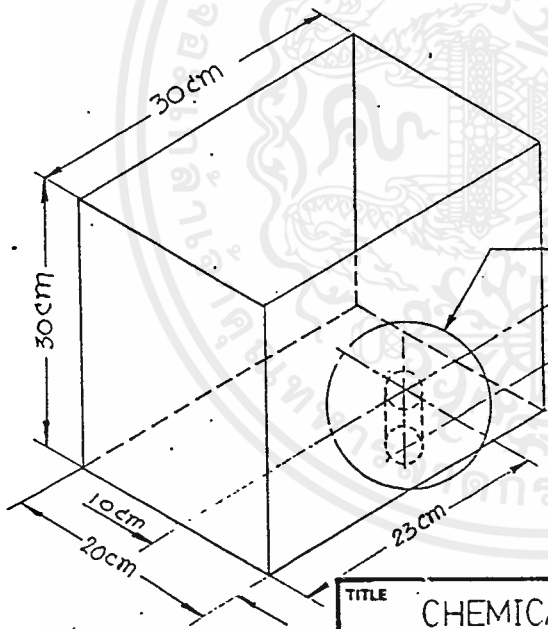


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REVISIONS				
ZONE	ISSUE	DESCRIPTIONS	DATE	APPROVAL

DETAIL-B





QTY	PART NO.	DESCRIPTION	ITEM

LIST OF MATERIALS

TITLE	CHEMICAL TANK
MATERIAL	PVC – 5 mm
FINISH	
QTY	7 EA
SCALE	5 : 1
DWG. NO.	
DRAWN	
DESIGNER	
CHECKED	
APPROVED	

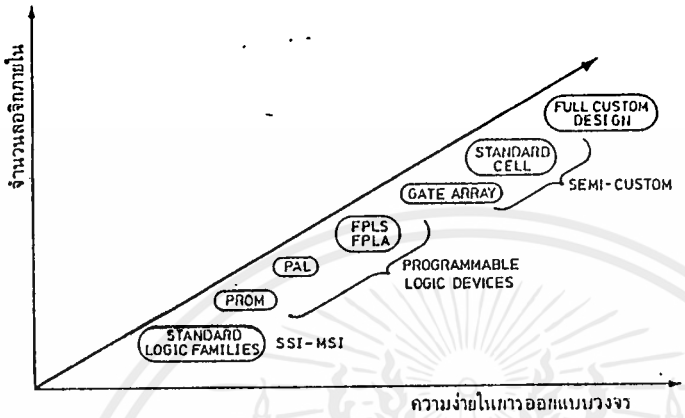
TOLERANCES
UNLESS STATED OTHERWISE
ANGULAR TOLERANCES: 30
DECIMAL TOLERANCES
.XX ±.01
.XXX ±.005
.XXXX ±.0005

DWG. NO.

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงสร้างและวิธีการนำ PAL มาใช้งาน

ในการที่จะเลือกใช้ไอซีลอจิกต่างๆในปัจจุบัน มีหนทางเลือกอยู่มากดังแสดงประเภทของไอซีลอจิกไว้ในรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่ายิ่งจำนวนลอจิกเกตภายในตัวไอซีมากขึ้นเท่าใด ก็จะทำให้การออกแบบวงจรทำได้ง่ายขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 1 แนวทางการเลือกไอซีประเภทต่างๆ ในการออกแบบวงจร

ในยุคเริ่มต้นของไอซีที่ผลิตออกมาในลักษณะการค้าเป็นประเภท SSI (Small Scale Integrated) เช่น ไอซี TTL ตระกูล 7400 หรือ CMOS ตระกูล 4000 ซึ่งเป็นลอจิกเกตง่ายๆ ต่อมาเทคโนโลยีการผลิตสูงขึ้นสามารถเพิ่มจำนวนลอจิกเกตลงในชิพได้มากขึ้น เลยผลิตออกมาเป็น MSI (Medium Scale Integrated) เช่น เคาน์เตอร์หรือไอซีทำหน้าที่คำนวณ ซึ่งไอซีทั้ง 2 ชนิดนี้มีราคาถูกมากและนักอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปมีโอกาสได้ใช้มาเป็นเวลานานแล้ว

สำหรับประเภท Full Custom เป็นไอซีประเภทที่ผลิตตามความประสงค์ของลูกค้าโดยเฉพาะซึ่งเป็นไอซีเฉพาะงานไม่สามารถนำไปประยุกต์ให้กับงานทั่วไปได้จะมีก็แต่บริษัทยักษ์ใหญ่ระดับโลกเท่านั้นที่มีโอกาสจะนำไปใช้กับงานของตนเองได้และ การออกแบบชิพประเภทนี้ต้องใช้เครื่องมือที่ทันสมัยอีกทั้งราคาจะแพงจนไม่กล้าซื้อ และการสั่งทำจากโรงงานต้องสั่งครั้งละจำนวนมากหรือมีใช้กับงานทางทหารเท่านั้น

ไอซีดิจิตอลประเภท Semi-Custom แบ่งออกได้เป็น 2 แบบตามการออกแบบและผลิต

แบบแรก เป็นการออกแบบได้เองด้วยคอมพิวเตอร์ประเภท workstation ซึ่งเป็นเครื่องมืออันทันสมัย มีใช้เฉพาะในประเทศที่มีเทคโนโลยีก้าวหน้าเท่านั้น โดยผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบสามารถเรียกไอซีหรือเกตชนิดที่ถูกแบบมาก่อนแล้ว แล้วนำมาต่อรวมกันบนจอคอมพิวเตอร์ เสร็จแล้วก็ส่งให้โรงงานผลิตออกมาเป็นชิดสำเร็จรูปแบบนี้ไม่จำเป็นต้องสั่งทีละมากๆ ก็ได้เพราะขบวนการผลิตทำได้ง่ายกว่าและต้นทุนไม่สูงมากนัก

แบบที่สองของประเภท Semi-Custom ทางโรงงานผู้ผลิตจะผลิตชิพออกมาในลักษณะกึ่งสำเร็จที่เรียกว่า ULA โดยบนชิพจะมีเกตต่าง ๆ จัดเรียงกันมากมาย ผู้ออกแบบเพียงแต่ระบุหน้าที่ของเกตต่าง ๆ และการต่อเกตเข้าด้วยกัน หลังจากนั้นโรงงานที่ผลิตจะรวบรวมการสั่งผลิตจากลูกค้าหลายๆ รายแล้วผลิตพร้อมกันทีเดียวด้วยขั้นตอนสุดท้ายอีกขั้นตอนเดียว

PLD (Programmable Logic Devices) คือ ไอซีที่เรามีโอกาสจะได้สัมผัสได้ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น PROM, PAL, PLA, EPLS ซึ่งปัจจุบันได้มีการผลิตออกมาจำหน่ายกันอย่างแพร่หลาย และผู้ใช้สามารถนำไปโปรแกรมได้เองด้วยขบวนการทางไฟฟ้าซึ่งไม่ยุ่งยาก ผู้ใช้สามารถออกแบบและกำหนดเลือกชนิดของเกต และการต่อเกตได้ตามความต้องการแต่ก็มีขีดจำกัดที่จำนวนเกตและความซับซ้อนของการต่อวงจร

ลักษณะทั่ว ๆไปของ PLD

ข้อดีของการใช้ PLD แทนไอซีดิจิตอลประเภทเกตธรรมดามีอยู่หลายข้อด้วยกัน ยกเว้นในเรื่องของราคาและต้นทุนการผลิตเนื่องจากว่าราคาของมันยังสูงอยู่ เผลอ ๆ อาจจะสูงกว่าการใช้ไอซีธรรมดาหลาย ๆ ตัวมาต่อกันด้วยซ้ำไป

อย่างไรก็ตาม ด้วยต้นทุนการออกแบบที่ลดลงซึ่งสามารถลดเวลาและขั้นตอนการออกแบบได้มาก รวมกับขนาดของแผ่นวงจรพิมพ์ที่เล็กลง รวมไปถึงขั้นตอนการผลิตที่จะลดทุนลงได้ จึงทำให้ PLD มีโอกาสที่จะเข้ามาแทนไอซีธรรมดาได้

ในเรื่องของคุณภาพ PLD จะได้เปรียบกว่ามากในแง่ของความเชื่อถือได้ของวงจรเพราะจำนวนไอซีและจุดบัดกรีจะน้อยลงเป็นการลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นภายหลัง และการสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าก็จะน้อยกว่าด้วย ทำให้ระบบระบายความร้อนมีขนาดเล็กลงตามไปด้วย

ข้อดีอีกประการหนึ่งซึ่งอาจจะมองไม่เห็นได้ในขณะนี้ ก็คือจำนวนสต็อคหรือเบอร์ไอซีสำหรับร้านค้าจะลดน้อยลงไปด้วยเพียง PLD แค่ 20-30 เบอร์สามารถที่จะแทนหน้าที่เดียวกันของไอซี SSI หรือ LSI ได้ถึงหลายร้อยเบอร์ในอนาคตร้านค้าอาจจะใช้วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมหน้าที่การทำงานของ PLD ให้ลูกค้าได้เลยโดยเพียงแต่เสียบแผ่นดิสค์เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วกดคีย์เลือกเท่านั้น

ในเรื่องของการรักษาความลับ หรือป้องกันการก๊อบปี้ก็เป็นส่วนดีประการหนึ่งสำหรับผู้ออกแบบและผู้ผลิต เพราะไม่สามารถตรวจหาข้อมูลที่โปรแกรมเอาไว้ได้ถ้าขาดรายละเอียดในการออกแบบการก๊อบปี้วงจรกันจึงไม่สามารถทำได้ง่าย ยังมี PALบางเบอร์ที่ไม่สามารถตรวจหาข้อมูลได้เลยหลังจากที่โปรแกรมลงไปแล้ว

แม้ว่าการรักษาความลับจะเป็นข้อดีแต่ก็มีข้อเสียแอบแฝงอยู่ สำหรับช่างที่ทำการตรวจซ่อมไม่อาจตรวจสอบการทำงานได้ด้วยลอจิกโพรบหรือเครื่องลอจิกอะนาไลเซอร์ร่วมมกับข้อมูลของไอซีเบอร์นั้น ๆ เหมือนกับไอซีดิจิตอลทั่ว ๆ ไปเมื่อวงจรเกิดปัญหาขึ้นมาและไม่ทราบหน้าที่ของ PLD แล้ว จึงเป็นสิ่งลึกลับซ่อนเร้นที่น่ากลัวทีเดียว

PAL, PLA, PLS, PROM ความคล้ายคลึงที่แตกต่าง

จุดเริ่มต้นของ PLD เริ่มขึ้นด้วย PROM ก่อนแล้วจึงมีบริษัท Monolithic Memories ซึ่งเป็นผู้คิดค้น PAL (Programmable Array Logic) และเรียกชื่อว่า PAL ในทางการค้า อีกบริษัทหนึ่งคือ Signetics/Mullard ซึ่งเป็นผู้คิดค้น FPLA (Field Programmable Logic Arrays)หรือเรียกกันสั้น ๆ ว่า PLA ทั้งหมดนี้ไม่ใช่ของใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่ง PROM เราก็ได้รู้จักมันเป็นอย่างดีแล้ว

หน้าที่โดยหลักของ PAL, PLA, PLS และ PROM เหมือนกัน แต่โครงสร้างภายในเท่านั้นที่แตกต่างกันพิจารณากันที่ PROM ก่อนในรูปที่ 2 ซึ่งเรารู้จักมันดีในรูปแบบของตัวถอดรหัสโดยรูปที่ 2 ก.คือโครงสร้างภายในก่อนถูกโปรแกรม สังเกตว่า PROM นี้เป็นการจัดเรียงลอจิกเกตในลักษณะแมทริกซ์โดยที่อินพุตของ AND จะถูกป้อนด้วยลอจิกคงที่จากสัญญาณอินพุต (I_0-I_3) ส่วนอินพุตของ OR จะถูกโปรแกรมได้ ตัวอย่างในรูปที่ 2ข. คือ PROM ที่ถูกโปรแกรมแล้ว สังเกตว่าจำนวนขาอินพุตของ OR แต่ละตัวจะเท่ากับจำนวนขาเอาต์พุตของ AND คือ 16 ขา การเลือกว่าจะให้ต่อกันจะแทนด้วยสัญลักษณ์เครื่องหมายกากบาท

PAL มีลักษณะโครงสร้างภายในตรงกันข้ามกับ PROM คืออินพุตของ AND เป็นแบบโปรแกรมได้ ส่วนอินพุตของ OR จะคงที่ดังตัวอย่างในรูปที่ 3 ก. ซึ่งแสดงโครง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

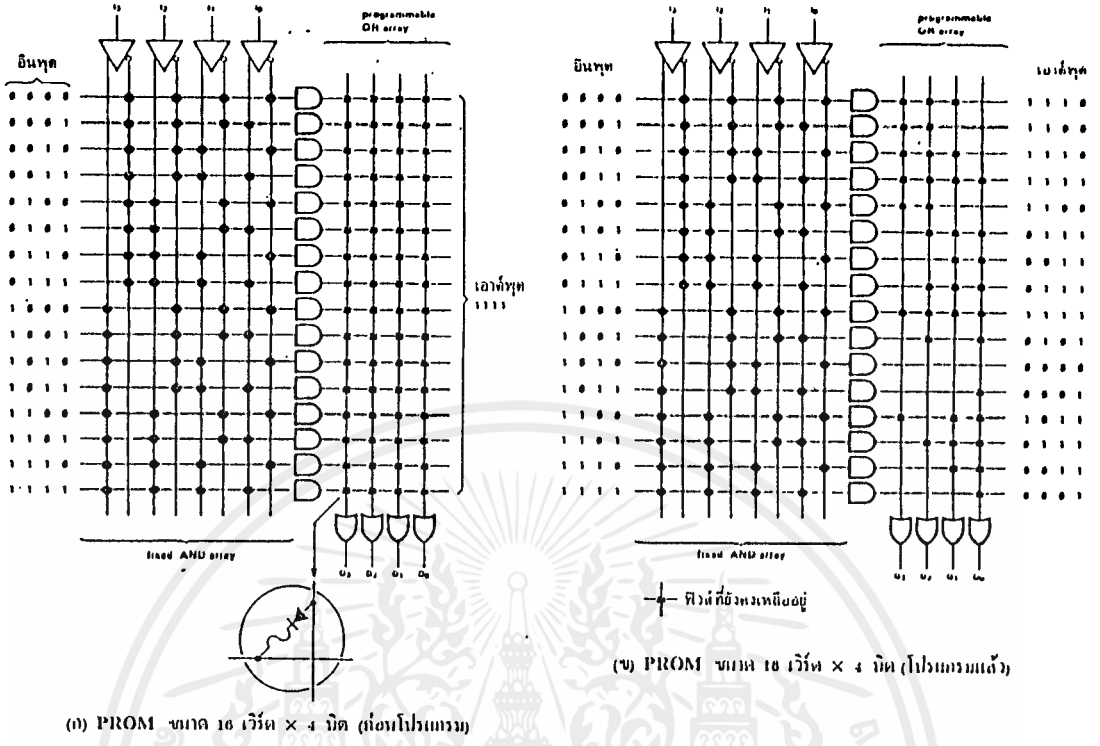
สร้างภายในของ PAL ขนาด 4 อินพุต 4 เอาต์พุต จากตัวอย่างนี้สังเกตว่าสัญญาณอินพุต $I_0 - I_3$ จะส่งผ่านบัฟเฟอร์ และ อินเวอร์เตอร์ ออกมาเป็นสัญญาณ 8 เส้น ($I_0 - I_3$, $\overline{I_0} - \overline{I_3}$) ป้อนเข้า AND ทุกตัวจะต้องมีอินพุตอยู่ 8 ขา โดยที่สามารถโปรแกรมได้ว่าจะต่อเข้ากับ $I_0 - I_3$, $\overline{I_0} - \overline{I_3}$ เส้นใด ส่วนเอาต์พุตของ AND จะถูกจัดแบ่งเป็น 4 ชุด ป้อนเข้า OR อย่างตายตัว คือเอาต์พุต 4 ตัวบนจะป้อนเข้า OR ตัวแรกถัดลงมา 4 ตัวจะป้อนเข้า OR ตัวที่สอง เป็นเช่นนี้ลงมาเรื่อย ๆ ในกรณีนี้หมายถึงว่า OR จะต้องมีอินพุตอยู่ 4 ขาเท่านั้น

PLA จะมีโครงสร้างที่พิเศษกว่า PROM และ PAL คืออินพุตของทั้ง AND และ OR สามารถโปรแกรมได้ แสดงว่าโครงสร้างภายในของ PLA จะยุ่งยากซับซ้อนกว่าและมีความสามารถสูงกว่า อีกทั้งยังช่วยให้การคำนวณทางลอจิกเพื่อกำหนดหน้าที่ของมันทำได้หลายรูปแบบมากกว่าเนื่องจากว่าสามารถโปรแกรมได้ทั้ง 2 ทาง แต่ก็ใช่ว่าจะดีกว่าไปเสียหมด เพราะราคาของมันย่อมแพงกว่ารวมทั้งการทำความเข้าใจก็ทำได้ยากกว่าและเครื่องมือที่ใช้โปรแกรมก็ต้องพิเศษมากกว่า ตัวอย่างโครงสร้างภายในของ PLA แสดงไว้ในรูปที่ 3ข.

PLS (Programmable Logic Sequencer) มีโครงสร้างที่ยุ่งยากซับซ้อนกว่า PLA ขึ้นไปอีก คือนอกจากจะโปรแกรมได้ทั้งทาง AND และ OR แล้วยังมีฟลิป-ฟลอปซึ่งทำหน้าที่เป็นรีจิสเตอร์ทั้งทางอินพุตและเอาต์พุตอีกด้วย ดังนั้นจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้กับวงจรดิจิตอล ที่ต้องการให้ทำงานตามลำดับเวลาที่มีสัญญาณนาฬิกามาเกี่ยวข้องด้วยเช่น ตัวนับขึ้น/ลงแบบซิงโครนัส,ตัวควบคุมระบบตัวเข้ารหัสสำหรับตรวจสอบ และอื่นๆ อีกมากไม่มีขีดจำกัด

แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะเรื่องของ PAL กันอย่างละเอียดเนื่องจากว่าในปัจจุบันได้มีการผลิตกันอย่างแพร่หลาย, การโปรแกรมก็ทำได้ง่าย,ราคายังอยู่ในระดับที่พอจะซื้อมาใช้กันได้ และมีขนาดให้เลือกหลายขนาด บางแบบมีฟลิป-ฟลอปให้ด้วยทางเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) PROM ขนาด 16 เวิร์ด × 4 บิต (ก่อนโปรแกรม)

(ข) PROM ขนาด 16 เวิร์ด × 4 บิต (โปรแกรมแล้ว)

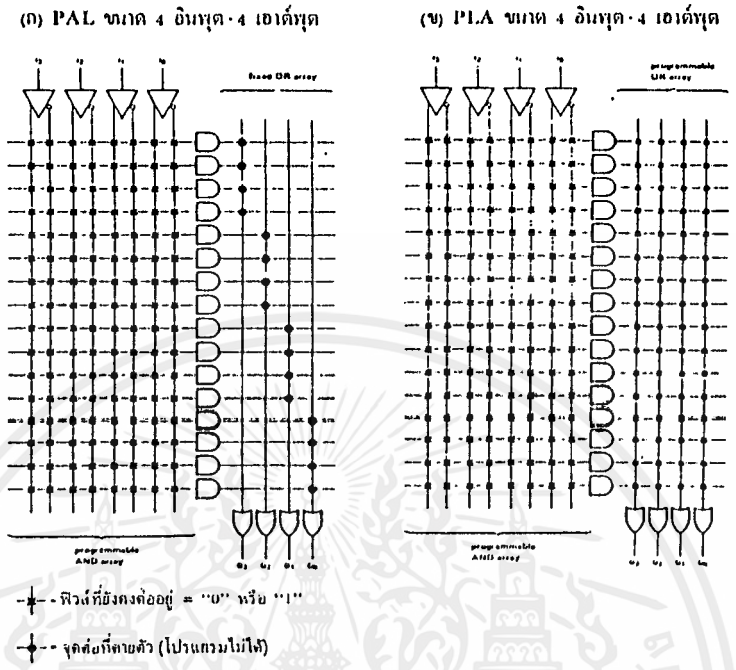
รูปที่ 2 โครงสร้างภายในของ PROM ขนาด 4 อินพุต 4 เอาท์พุต ก่อนถูกโปรแกรมและหลังโปรแกรม

โปรแกรมด้วยการระเบิดฟิวส์!

PALตัวใหม่ ๆ ที่เพิ่งจะผลิตออกมาจากโรงงานหรือยังไม่เคยถูกโปรแกรมมาก่อนเลยขาสัญญาณทางอินพุตทุกขาจะต่อเข้ากับขาสัญญาแของ AND โดยผ่านบัฟเฟอร์และอินเวอร์เตอร์โดยแทนด้วยเครื่องหมายกากบาท จุดที่เป็นกากบาทก็คือสัญญาณทางแนวตั้งและแนวนอนจะต่อเข้าด้วยกันโดยผ่านตัวไดโอดและฟิวส์ (ดูรูปที่ 2ก.) หมายถึงการจัดเรียงขาทางอินพุตของ AND จะอยู่ในลักษณะแมทริกซ์โดยมีไดโอดและฟิวส์ต่อคั่นอยู่

ฟิวส์ที่ต่อคั่นอยู่นี้ สามารถที่จะถูกทำลายทิ้งไปได้โดยการป้อนแรงดันสูง ๆ ชั่วขณะเพื่อให้กระแสไหลผ่านตัวมันสูงเกินอัตราจนเกิดความร้อนสูงจนขาดวงจรเหมือนกับ ว่าฟิวส์ถูกระเบิด ดังนั้นการโปรแกรม PAL ก็คือการเลือกตำแหน่งที่ต้องการทำลายฟิวส์ภายในส่วนอินพุตของ ANDหลังจากที่ฟิวส์ถูกทำลายไปแล้วจะไม่สามารถทำให้มันฟื้นหรือต่อวงจรได้ตามเดิมคือขาดแล้วขาดเลย แต่สำหรับตำแหน่งที่ยังไม่ถูกทำลายสามารถนำมาโปรแกรมซ้ำให้ขาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 โครงสร้างภายในของ PAL และ PLA เมื่อยังไม่ได้โปรแกรม

สรุปแล้วการโปรแกรม PAL ก็คือการเลือกลอจิกทางอินพุตของ AND ให้ขึ้นอยู่กับสัญญาณอินพุตขาใด ๆ อย่างไรโดยฟิวส์ที่ยังคงอยู่ (เครื่องหมายกากบาท) อาจจะแทนลอจิก "0" หรือ "1" ก็ได้แต่ตำแหน่งที่ฟิวส์ถูกทำลายไปแล้ว (ไม่มีเครื่องหมายกากบาท) จะแทนลอจิกตรงกันข้าม

วิธีดูเบอร์ของ PAL

PAL ที่ได้ผลิตออกมาจำหน่ายแล้วมีอยู่มากมายหลายชนิดโดยจะกำหนดเป็นเบอร์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับโครงสร้างภายในของมัน คุณสมบัติของ PAL ที่พอจะพบเห็นได้มีดังนี้

PAL 12 L 6

บอกว่าคือ PAL —— จำนวนเอาต์พุต

จำนวน อินพุท —— ชนิดของเอาต์พุต

รูปที่ 4 การอ่านความหมายจากเบอร์ของ PAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* จำนวนอินพุต - 8, 10, 12, 14, 16, 18 หรือ 20 ขา

* จำนวนเอาต์พุต - 2, 4, 6, 8 หรือ 10 ขา

* บัฟเฟอร์ทางเอาต์พุต - สามารถจะป้อนกลับเข้ามาเป็นอินพุตได้

* โปรแกรมได้ทั้งทางอินพุตและเอาต์พุต

* ทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์ได้

การกำหนดเบอร์ของ PAL จะแสดงให้ถึงจำนวนอินพุต, เอาต์พุต และชนิดของเอาต์พุตดังแสดงความหมายของเบอร์เอาไว้ในรูปที่4 ตัวอักษรซึ่งบอกชนิดของเอาต์พุตมีรายละเอียดดังนี้

* H - แอคทีฟที่ "1"

* L - แอคทีฟที่ "0"

* C - มีให้เลือกทั้งแอคทีฟที่ "1" และ "0"

* R - เป็นรีจิสเตอร์ หมายถึงรักษาสถานนะเอาต์พุตไห้ค้างเอาไว้ได้ด้วยฟลิป-ฟลอปและเอาต์พุตยังป้อนย้อนกลับมาที่อินพุตของ AND ได้ (โปรแกรมได้ด้วย)

* X - เป็นรีจิสเตอร์แบบ EX-OR

* A -เป็นรีจิสเตอร์คำนวณทางคณิตศาสตร์ได้

นอกจากนี้ยังจะมีตัวอักษรตามท้ายตัวเลขซึ่งบอกจำนวนเอาต์พุต โดยจะแสดงถึงความเร็วหรือกระแสไช้งาน, ช่วงอุณหภูมิและลักษณะรูปร่าง

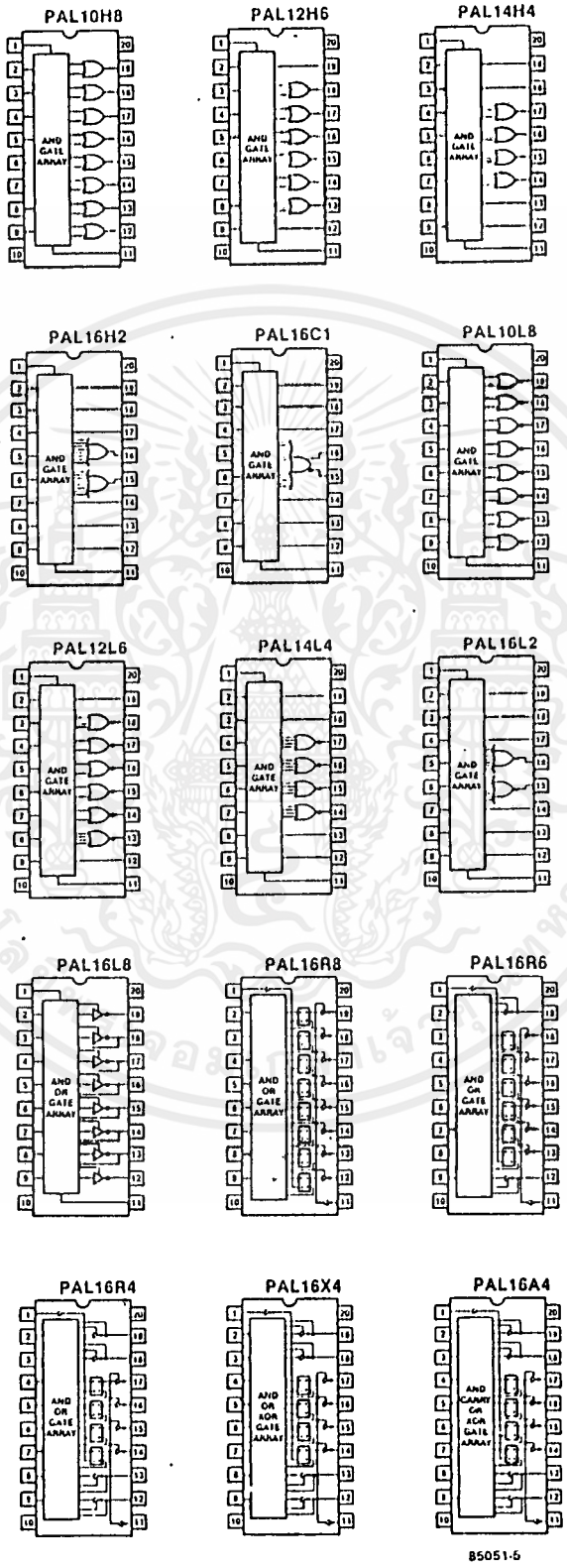
เบอร์ PAL	จำนวนอินพุต (I)	จำนวนเอาต์พุต (O)	จำนวนขา I/O ที่โปรแกรมได้	จำนวนรีจิสเตอร์	หน้าที่
10H8	10	8			AND-OR
12H6	12	6			AND-OR
14H4	14	4			AND-OR
16H2	16	2			AND-OR
10L8	10	8			AND-OR-INVERT
12L6	12	6			AND-OR-INVERT
14L4	14	4			AND-OR-INVERT
16L2	16	2			AND-OR-INVERT
16C1	16	1			AND-OR/AND-OR-INVERT
16L8	10	8	6		AND-OR-INVERT
16R8	8	8			AND-OR-INVERT-REGISTER
16R6	8	8	2	6	AND-OR-INVERT-REGISTER
16R4	8	8	4	4	AND-OR-INVERT-REGISTER
16X4	8	8	4	4	AND-OR-INVERT-XOR-REGISTER
16A4	8	8	4	4	AND-CARRY-OR-XOR-INVERT-REGISTER

ตารางที่ 1 รายละเอียดแสดงคุณสมบัติของ PAL เบอร์ต่างๆ

ตัวอย่างของ PAL

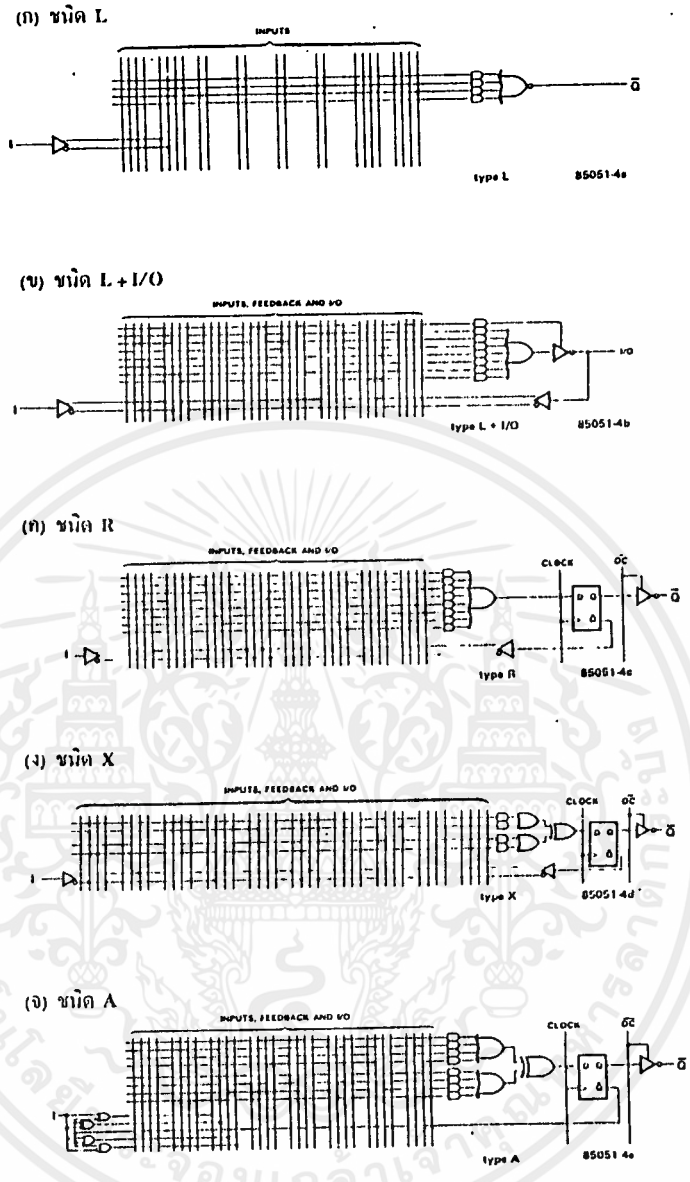
ตารางที่1 เป็นตัวอย่างของเบอร์ต่าง ๆ และคุณสมบัติของ PAL ซึ่งสัญลักษณ์แสดงโครงสร้างภายในจะแสดงไว้ในรูปที่ 5 สำหรับวงจรทางเอาต์พุตของชนิดต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 วงจรภายใน PAL แบบคร่าวๆ ที่ช่วยให้ตัดสินใจเลือกใช้เบอร์ต่างได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 วงจรภายใน PAL ชนิดต่างๆ โดยละเอียดของอินพุตและเอาต์พุตเดียว

ในรูปที่ 6ก. เป็นวงจรง่าย ๆเพียงอินพุตเดียวและเอาต์พุตเดียวของชนิด L ส่วนรูปที่ 6ข. เป็นชนิด L เช่นกันแต่ที่เอาต์พุตจะสามารถป้อนกลับเข้าไปยังอินพุตได้ คุณสมบัติข้อนี้ให้ประโยชน์มากในการออกแบบเป็นตัวเลื่อนข้อมูล (shift register) หรือให้เกิดการวนของข้อมูล (data loop) และเมื่อควบคุมให้เอาต์พุตหยุดทำงาน หรือเป็นอิมพีแดนซ์สูง จะสามารถใช้เป็นขาอินพุตได้อีกด้วย

เอาต์พุตชนิด R ในรูปที่ 6ค. จะเห็นว่ามีฟลิป-ฟลอปต่อคั่นอยู่กับเอาต์พุตและฟลิป-ฟลอปยังป้อนสัญญาณกลับไปที่อินพุตอีกด้วยซึ่งจะช่วยให้ PAL จำสถานะเดิมของมันได้ และยังช่วยให้มันเปลี่ยนสถานะกลับไปมาได้อีกด้วยทางเอาต์พุต Q ของฟลิป-ฟลอปยังถูกคั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยอินเวอร์เตอร์ซึ่งสามารถควบคุมการผ่านสัญญาณออกมาที่เอาต์พุตได้โดยที่อินเวอร์เตอร์ตัวนี้จะเป็นอิมพีแดนซ์สูงเมื่อขา $\overline{OC}$ หยุดการอีนาเบิ้ล

เอาต์พุตชนิด X ในรูปที่ 6ง. จะมี EX-OR อยู่ที่อินพุตของฟลิป-ฟลอป เพื่อรวมผลของ OR ทั้งสองตัวอันเป็นประโยชน์สำหรับการหยุดการทำงานชั่วขณะของ เคาน์เตอร์ (hold)

เอาต์พุตชนิด A จะซับซ้อนกว่าชนิด X ขึ้นไปอีกดังรูปที่ 6จ. ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณได้โดยมีชุดเกตอยู่หลายตัวทางอินพุตซึ่งรับสัญญาณจาก ฟลิป-ฟลอป ด้วยการจัดวงจรเช่นนี้ถึงสามารถ บวกอินพุตเข้ากับเอาต์พุตได้ เช่น I+Q , $I+\overline{Q}$, $\overline{I}+Q$ และ $\overline{I}+\overline{Q}$ ซึ่งผลการบวกจะป้อนเข้าอินพุตอีกครั้งหนึ่ง

การออกแบบและคำนวณ

เมื่อต้องการนำ PAL ไปใช้แทนวงจรลอจิกซึ่งต้องใช้เกตหลายชนิดหลายตัว จะต้องรู้ว่าวงจรและคุณสมบัติที่ต้องการเป็นอย่างไร แล้วจึงนำมาเลือกชนิดของ PAL พร้อมกับออกแบบและคำนวณแล้วจึงโปรแกรม

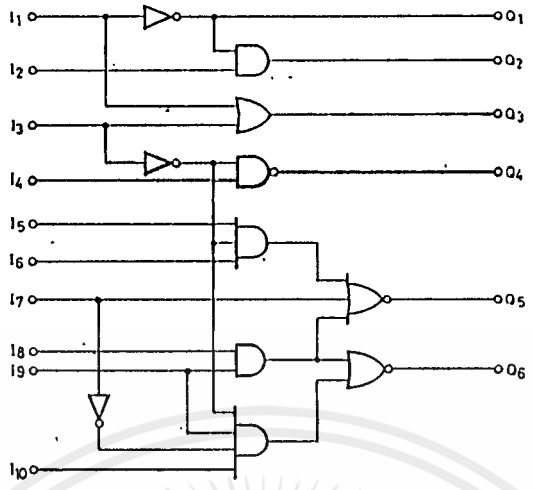
จะยกตัวอย่างวงจรลอจิกในรูปที่ 7 ซึ่งถ้าใช้ไอซีเกตธรรมดามาต่อกันต้องใช้จำนวนไม่น้อยกว่า 5 ตัว แต่เราจะออกแบบและใช้ PAL ขนาด 20 ขา มาทำงานแทนเพียงตัวเดียว

เริ่มต้นต้องเลือกเบอร์หรือชนิดของ PAL กันก่อน พิจารณาดูที่เอาต์พุตของรูปที่ 7 จะเห็นว่าเอาต์พุต (Q_1-Q_0) มากกว่าครึ่งถูกอินเวอร์ หรือ แอคทีฟที่ลอจิก "0" แสดงว่าถ้าใช้ชนิด L จะสะดวกกว่า จากนั้นมาดูที่จำนวนอินพุตเอาต์พุต จะเห็นว่าต้อง 10 อินพุต กับ 6 เอาต์พุต ดังนั้นจึงน่าจะใช้ PAL เบอร์ 10L8 ได้

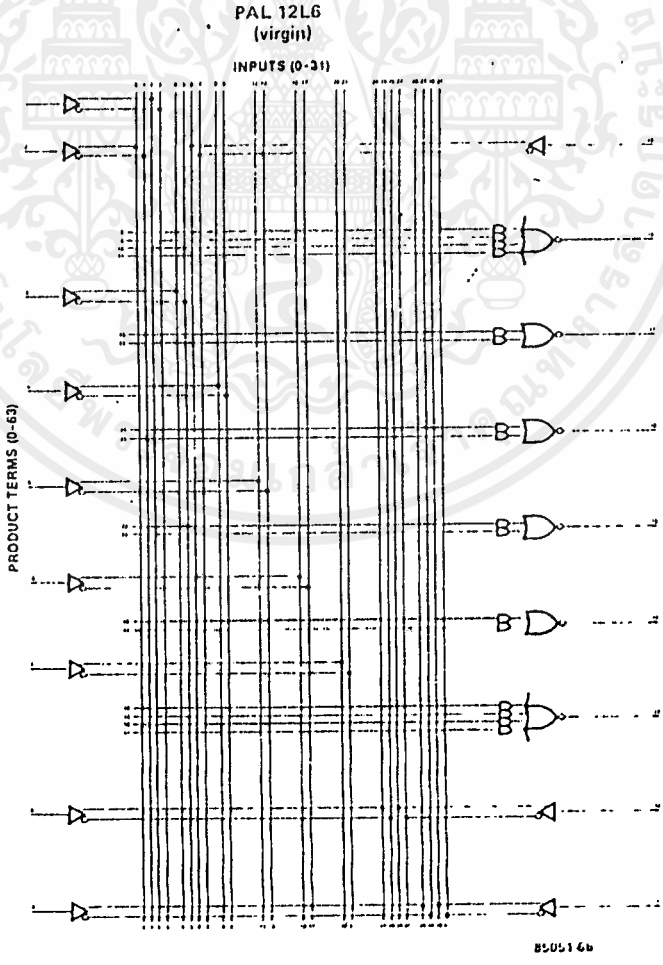
แต่เมื่อพลิกกลับมาดูโครงสร้างของ PAL 10L8 ในรูปที่ 5 จะเห็นว่าเอาต์พุตซึ่งเป็น NORทั้ง 8 ตัวไม่มีตัวใดเป็นแบบ 3 อินพุตเลย (แต่ Q_3 ต้องการ) จึงต้องเปลี่ยนไปใช้เบอร์อื่น

เมื่อดูที่เบอร์ 12L6 ซึ่งมี NOR อยู่ 2 ตัวซึ่งมี 4 อินพุต เนื่องจากเอาต์พุต Q_3 ในรูปที่ 7 เป็น NOR เพียง 3 อินพุต PAL เบอร์ 12L6 จึงน่ามาใช้ได้ โครงสร้างภายในของ PAL 12L6 ก่อนถูกโปรแกรมเป็นดังรูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 ตัวอย่างวงจรลอจิกซึ่งต้องการใช้ PAL เพียงตัวเดียวมาทำงานแทน



รูปที่ 8 วงจรลอจิกภายในของ PAL 12L6 ก่อนถูกโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่เลือกเบอร์ได้ตามต้องการแล้ว ต่อมาจึงค่านวณความสัมพันธ์ของอินพุต-เอาต์พุตด้วยทฤษฎีของดีมอร์แกน ตามนี้

$Q_1 = \overline{I_1}$ หรือ $\overline{Q_1} = I_1$

$Q_2 = \overline{I_1}.I_2$ หรือ $\overline{Q_2} = I_1 + \overline{I_2}$

$Q_3 = I_1+I_3$ หรือ $\overline{Q_3} = \overline{I_1}.\overline{I_3}$

$Q_4 = \overline{\overline{I_3}.I_4}$ หรือ $\overline{Q_4} = \overline{I_3}.I_4$

$Q_5 = \overline{\overline{I_5}.I_6.I_9 + I_7+I_8.I_9}$ หรือ $\overline{Q_5} = \overline{I_5}.I_6.I_9 + I_7+I_8.I_9$

$Q_6 = \overline{I_8.I_9 + \overline{I_5}.\overline{I_7}.I_9.I_{10}}$ หรือ $\overline{Q_6} = I_8.I_9 + \overline{I_5}.\overline{I_7}.I_9.I_{10}$

เมื่อน่าเอาที่คำนวณได้มากำหนดการโปรแกรม โครงสร้างภายในตามรูปที่ 8 จะเปลี่ยนเป็นดังรูปที่ 9 จะเห็นว่าเครื่องหมายกากบาทคือฟิวส์ที่ยังคงเหลืออยู่และเป็นจุดต่อระหว่างอินพุตกับ NOR

จากความต้อการให้ $Q_1 = \overline{I_1}$ หรือ $\overline{Q_1} = I_1$ ในรูปที่ 9 ใช้ NOR ตัวที่ 1 ซึ่งมี 4 อินพุตดังนั้นอีก 3 อินพุตของ NOR ที่ไม่ได้ใช้จึงต้องให้เป็นลอจิก "0"ด้วยวิธีนี้ฟิวส์ที่สายสัญญาณเส้นที่ 9, 10, 11 ตามแนวนอน จะยังต้องคงอยู่ โดยเขียนแทนด้วยเครื่องหมายกากบาที่หน้าอินพุตของ NOR ตัวที่ 1 ก็พอ เพื่อลดจำนวนเครื่องหมายกากบาท แต่สัญญาณเส้นที่ 8 แนวนอน จะต่อเข้ากับสัญญาณเส้นที่ 2 แนวตั้ง (I_1)จึงมีฟิวส์ที่ตำแหน่งนี้เพียงตัวเดียว นอกนั้นถูกระเบิดหมด

ที่เอาต์พุต Q_2 เป็นการรวมกันของ I_1 กับ I_2 แต่เนื่องจากว่าเป็น NOR ซึ่งจะกลับสัญญาณด้วยจึงใช้เป็น $\overline{Q_2} = I_1+ \overline{I_2}$ จึงใช้สัญญาณตามแนวตั้ง เส้นที่ 1 ($\overline{I_2}$) และเส้นที่ 2 (I_1) ต่อเข้ากับอินพุตของ NOR ตัวที่ 2

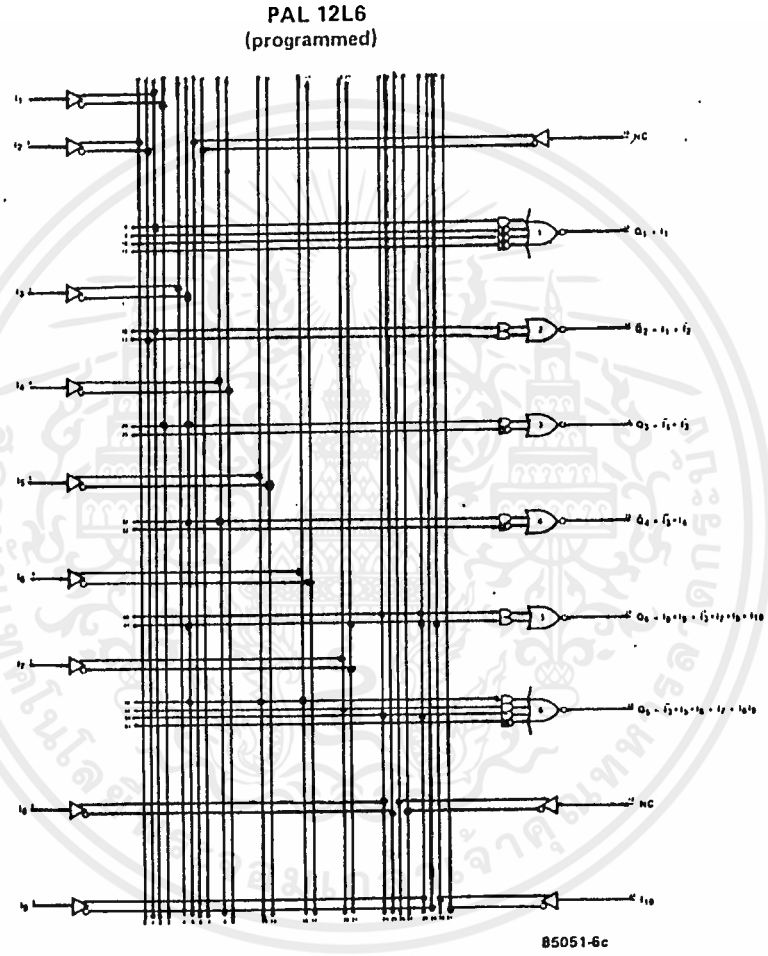
สำหรับ Q_3 ต้องการต่อในลักษณะ AND กันคือ $\overline{Q_3} = \overline{I_1}.\overline{I_3}$ ซึ่งก็คือจับเอา $\overline{I_1}$ กับ $\overline{I_3}$มาทำการ AND กัน แล้วผ่านอินเวอร์เตอร์ด้วย NOR กันแล้วผ่านอินเวอร์เตอร์ด้วย NOR ตัวที่ 3 เท่านั้นเท่านั้น ดังนั้นสัญญาณเส้นที่ 3 ($\overline{I_1}$) กับเส้นที่ 5 (I_5) จึงต้องมีฟิวส์ต่ออยู่กับสัญญาณเส้นที่ 24 โดยที่ NOR ตัวที่ 3 ทำหน้าที่เป็นอินเวอร์เตอร์เหมือนกับ NOR ตัวที่ 1

จะกล่าวได้ง่ายว่าเครื่องหมายกากบาทที่อยู่ในแนวนอนเส้นเดียวกันจะหมาย

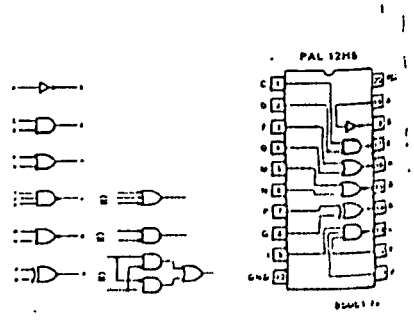
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงการ AND กันถ้าอินพุตของ NOR เส้นใดที่ถูกใช้จะหมายถึงการ OR กัน (แต่ผ่านอินเวอร์เตอร์เพื่อให้เป็น NOR) แต่ถ้าไม่ได้ใช้จะมีเครื่องหมายกากบาทอยู่ที่อินพุตของ NOR ซึ่งหมายถึงไม่มีการระเบิดฟิวส์ตลอดแนว และที่อินพุตนี้จะเป็นลอจิก "0"

เมื่อเป็นเช่นนี้ Q_4, Q_5, Q_6 ก็ใช้วิธีการคิดได้เหมือนกันลองฝึกหัดตรวจสอบดูจะเห็นว่าเป็นเรื่องที่เข้าใจได้ง่ายมาก



รูปที่ 9 ตำแหน่งของฟิวส์ที่ถูกระเบิดทิ้งไปภายใน PAL 12L6 เพื่อใช้เป็นวงจรแทนรูปที่ 7



รูปที่ 10 อีกตัวอย่างหนึ่งของการแก้ไข PAL 12H6 แทนเกตชนิดต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีอีกตัวอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการนำเอา PAL มาแทนลอจิกเกตธรรมดา ดังใน รูปที่ 10 พิจารณาดูจะเห็นว่ามีทั้ง AND, OR, NOR, XOR, และ NAND แบบ 3 อินพุต จากตัวอย่างนี้ต้องการอินพุตจำนวน 12 เส้นและเอาต์พุตจำนวน 6 เส้นย้อนกลับมาดูโครงสร้างคร่าว ๆ ในรูปที่ 5 จะเห็นได้ง่าย ๆ ว่าควรใช้เบอร์ PAL12H6 เมื่อนำมาคำนวณด้วยทฤษฎีของดีมอร์แกนจะได้โครงสร้างภายในที่ถูกโปรแกรมแล้ว ดังรูปที่ 11

การโปรแกรม

กรรมวิธีโปรแกรม PAL ค่อนข้างจะยุ่งยากและซับซ้อนต้องอาศัยคู่มือของ PAL นำมาศึกษาโดยละเอียด ด้วยขั้นตอนการโปรแกรมที่ยุ่งยากนี้จึงมีการผลิตเครื่องมือสำหรับโปรแกรมที่ยุ่งยากนี้ จึงมีการผลิตเครื่องมือสำหรับโปรแกรมโดยเฉพาะออกมาจำหน่าย บางบริษัทผลิตเป็นซอฟต์แวร์ออกมาเพื่อใช้ร่วมกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยมีแผ่นการ์ดอินเตอร์เฟสเข้ามาช่วย และการโปรแกรมจะเขียนด้วยภาษที่ง่ายขึ้นเช่นเพียงแต่บอกความสัมพันธ์ของอินพุต-เอาต์พุต ในรูปแบบของทฤษฎีดีมอร์แกนเท่านั้น

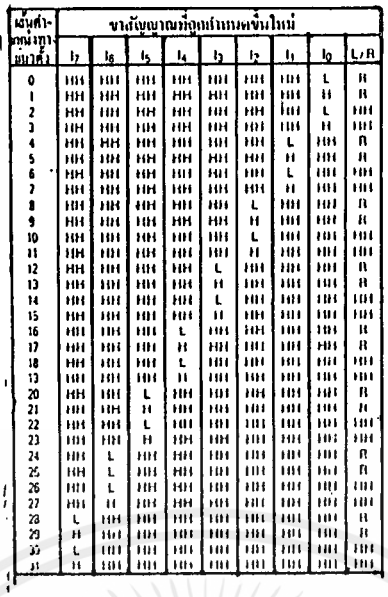
แต่ก็ใช่ว่า เราจะไม่สามารถโปรแกรมได้ด้วยตนเอง ความจริงแล้วเราสามารถออกแบบเครื่องมือสำหรับ PAL ได้โดยการป้อนแรงดันที่เหมาะสมซึ่งมีหลายระดับ (0, 5, 6 และ 11.5 V สำหรับโปรแกรม) เข้าไปยังขาต่างๆ ของ PAL ให้ถูกต้องและเป็นไปตามลำดับเวลา เพื่อเลือกตำแหน่งที่ต้องการระเบิดฟิวส์ แล้วเปลี่ยนตำแหน่งไปเรื่อย ๆ จนครบตามที่ได้ออกแบบและคำนวณไว้

ในที่นี้จึงจะกล่าวถึงวิธีการโปรแกรม PAL โดยย่อให้เป็นที่พอเข้าใจเพื่อการออกแบบเครื่องมือหรือเพื่อการทดลองโปรแกรม

กรรมวิธีที่ซับซ้อน

แรงดันในขณะโปรแกรมจะมีค่าสูงถึง 11.5 V ผิดพลาดได้ในช่วง $\pm$ 0.5 V แต่พัลส์สำหรับป้อนเข้าเพื่อโปรแกรมทางแนวตั้งแคบมากเพียง 10-50 us เท่านั้น เนื่องจากการจัดเรียงตำแหน่งของฟิวส์จะเป็นแบบแมทริกซ์ ดังนั้นการเลือกตำแหน่งฟิวส์ ที่ต้องการระเบิดจึงแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือทางแนวตั้งและแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



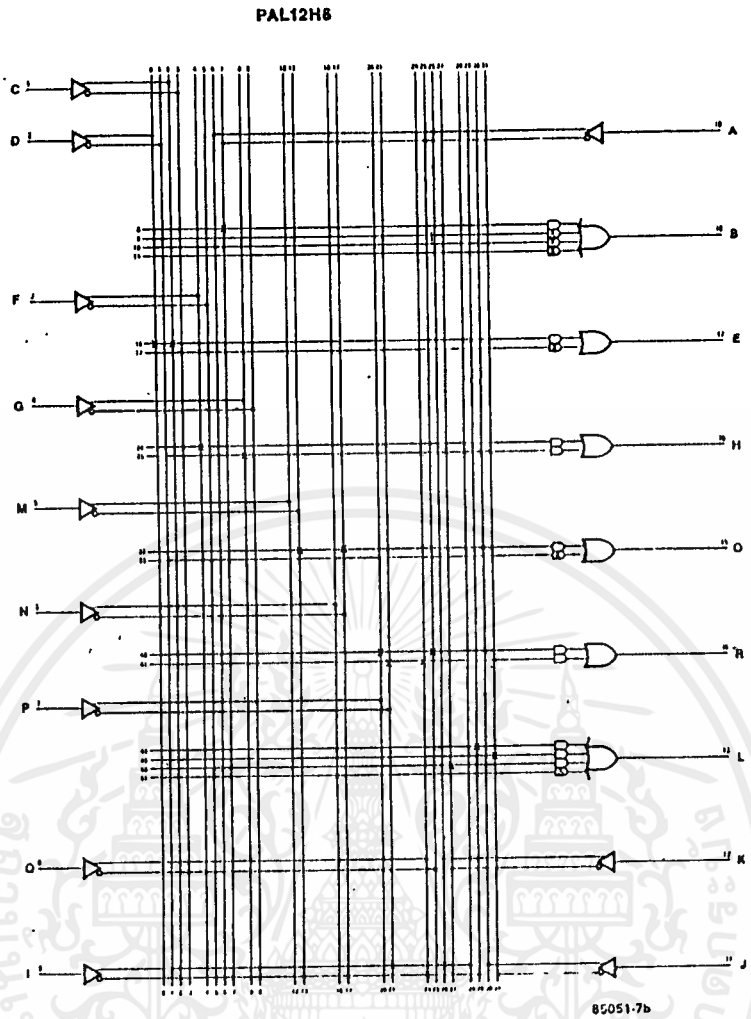
ตารางที่ 2 การป้องกันสัญญาณลอจิกต่างๆ เข้าที่ขา PAL ในการเลือกตำแหน่งที่ต้องการโปรแกรมทางแนวตั้ง

ในการเลือกตำแหน่งทางแนวตั้งมีวิธีการทำได้ง่ายกว่าทางแนวนอน คือ มีตำแหน่งให้เลือกตั้งแต่ 0-31 ตัวเลขนี้สังเกตได้ว่ามีให้เลือกได้ทั้งสิ้น 32 ตำแหน่ง แต่สำหรับ PAL ขนาด 12 อินพุตจะเลือกได้เพียง 24 ตำแหน่ง (ดูรูปที่ 8 และ 11) ซึ่งจะใช้วิธีข้ามตัวเลขไปบางช่วง เช่นจากตัวอย่างในรูปที่ 8 และ 11 ตัวเลขที่ขาดหายไปคือ 10, 11, 14, 15, 18, 19, 22 และ 23

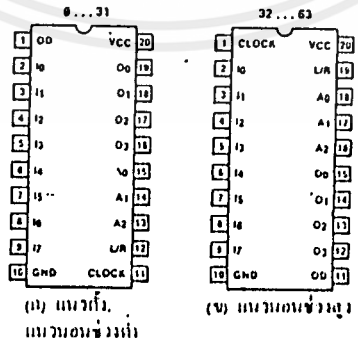
การเลือกตำแหน่งทางแนวตั้ง (input line number) จะถูกกำหนดด้วยขาสัญญาณ I_0 - I_7 และ L/R โดยต้องป้อนแรงดันให้กับขาเหล่านี้ตามตารางที่2 ซึ่งมีทั้งลอจิก "ต่ำ"(L),"สูง"(H),11.5V (HH) และแรงดัน 5 V ที่ผ่านตัวต้านทานพูลอัพ (R)

ขาสัญญาณ I_0-I_7 และ L/R จะถูกกำหนดขึ้นใหม่ตามรูปที่ 12 ก. ซึ่งจะใกล้เคียงกับการใช้งานในขณะปกติหลังจากที่โปรแกรมไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 การโปรแกรมภายใน PAL 12H6 เพื่อต้องการให้เป็นเกตชนิดต่าง ๆ ตามรูปที่ 10



รูปที่ 12 เมื่อ PAL อยู่ในช่วงการโปรแกรม ขาสัญญาณต่างๆจะถูกเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับการเลือกตำแหน่งทางแนวตั้งและแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกตำแหน่งทางแนวนอน (productline number) มีวิธีการที่ซับซ้อนขึ้นไปอีกเนื่องจากมีตำแหน่งให้เลือกตั้งแต่ 0-63 หรือเลือกได้ทั้งสิ้น 64 ตำแหน่ง แต่มีขาสัญญาณให้เลือกเพียง 7 ขาเท่านั้นคือ A_0-A_2 และ O_2-O_3 น้อยกว่าขาสัญญาณที่เลือกทางแนวนอนเสียอีก ตัวเลข 0-63 นี้ อาจมีตัวเลขบางช่วงที่ถูกข้ามไปบ้างเช่นเดียวกัน ต้องเปิดดูโครงสร้างภายในของ PAL แต่ละเบอร์

เนื่องจากมีขาสัญญาณเพียง 7 ขา แต่ต้องเลือกถึง 64 ตำแหน่ง ผู้ออกแบบ PAL จึงต้องใช้วิธีแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงต่ำ (0-31) และช่วงสูง (32-63) การแบ่งวิธีนี้จึงต้องกำหนดขาสัญญาณ A_0-A_2 และ O_0-O_3 ให้แตกต่างกันในแต่ละช่วงดังรูปที่ 12 นอกจากนี้ขาสัญญาณที่ใช้ควบคุมการโปรแกรม (OD,CLOCK, L/R) จะถูกเปลี่ยนตามไปด้วย

ในรูปที่ 12 ก. เป็นการจัดขาในช่วงต่ำและรูปที่ 12 ข. เป็นการจัดขาในช่วงสูง ส่วนการเลือกตำแหน่งทางแนวนอนในแต่ละช่วงจะเป็นดังตารางที่ 3 ซึ่งต้องป้อนพัลส์ 11.5 V เป็นช่วงเวลา 10-50 us (V_{PH}) ด้วย

ตำแหน่งที่ถูกเลือกทางแนวตั้งและแนวนอนแล้วจะไปกำหนดตำแหน่งที่ต้องการระเบิดฟิวส์โดยจะต้องป้อนแรงดันที่ขาสัญญาณต่าง ๆ ให้เป็นไปตามแผนผังเวลาในรูปที่ 13 ซึ่งแสดงการตรวจสอบ (verify) เอาไว้ให้ด้วย อันเป็นประโยชน์ในการโปรแกรมซ้ำเข้าไปอีกถ้าหากการโปรแกรมในครั้งแรกไม่สำเร็จ

จากขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อน เช่นนี้ เครื่องมือที่ใช้ในการโปรแกรมจะต้องสามารถจ่ายแรงดันให้แต่ละขาสัญญาณได้หลายระดับ และควบคุมจังหวะเวลาให้เหมาะสม กรรมวิธีเช่นนี้มี ระบบควบคุมที่ทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์เท่านั้นที่จะช่วยให้การโปรแกรมทำได้ง่ายขึ้นและยังสามารถเก็บรูปแบบการโปรแกรมเอาไว้ให้ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นต่ำแหน่งทางแนวนอน	ขาสัญญาณที่ถูกกำหนดขึ้นใหม่						
	O_3	O_2	O_1	O_0	A_2	A_1	A_0
0,32	R	R	R	VPH	R	R	R
1,33	R	R	R	VPH	R	R	HH
2,34	R	R	R	VPH	R	HH	R
3,35	R	R	R	VPH	R	HH	HH
4,36	R	R	R	VPH	HH	R	R
5,37	R	R	R	VPH	HH	R	HH
6,38	R	R	R	VPH	HH	HH	R
7,39	R	R	R	VPH	HH	HH	HH
8,40	R	R	VPH	R	R	R	R
9,41	R	R	VPH	R	R	R	HH
10,42	R	R	VPH	R	R	HH	R
11,43	R	R	VPH	R	R	HH	HH
12,44	R	R	VPH	R	HH	R	R
13,45	R	R	VPH	R	HH	R	HH
14,46	R	R	VPH	R	HH	HH	R
15,47	R	R	VPH	R	HH	HH	HH
16,48	R	VPH	R	R	R	R	R
17,49	R	VPH	R	R	R	R	HH
18,50	R	VPH	R	R	R	HH	R
19,51	R	VPH	R	R	R	HH	HH
20,52	R	VPH	R	R	HH	R	R
21,53	R	VPH	R	R	HH	R	HH
22,54	R	VPH	R	R	HH	HH	R
23,55	R	VPH	R	R	HH	HH	HH
24,56	VPH	R	R	R	R	R	R
25,57	VPH	R	R	R	R	R	HH
26,58	VPH	R	R	R	R	HH	R
27,59	VPH	R	R	R	R	HH	HH
28,60	VPH	R	R	R	HH	R	R
29,61	VPH	R	R	R	HH	R	HH
30,62	VPH	R	R	R	HH	HH	R
31,63	VPH	R	R	R	HH	HH	HH

L = สัญญาณอินพุตลอจิก "ต่ำ" (V_{IL})

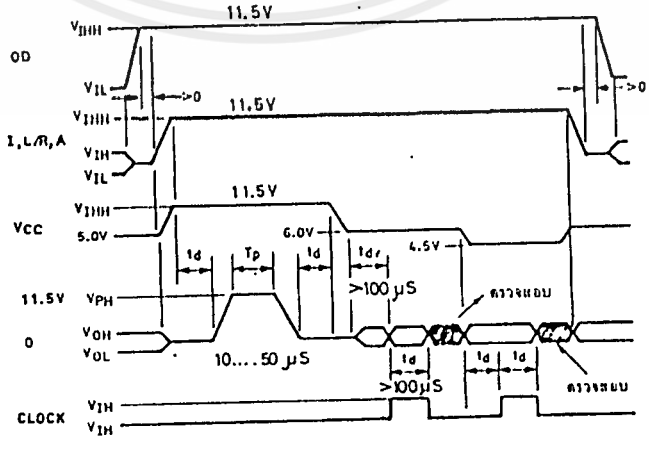
H = สัญญาณอินพุตลอจิก "สูง" (V_{IH})

HH = แรงดันอินพุตสูงสำหรับการโปรแกรม (V_{IHH})

R = ต่อผ่านตัวต้านทาน 10 KOhm ไปที่ +5

V_{PH} = พัลส์สำหรับการโปรแกรม

ตารางที่ 3 การป้องกันสัญญาณลอจิกและพัลส์โปรแกรมกำหนดตำแหน่งทางแนวนอนทั้งช่วงต่ำและช่วงสูง



รูปที่ 13 แผนผังเวลาในการโปรแกรมและตรวจสอบ PAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLD ชนิดใหม่ในปัจจุบัน

อุปกรณ์PLD ประเภท PAL ที่กล่าวถึงนี้ อาจจะเป็นของใหม่สำหรับบ้านเรา ถึงแม้ว่าจะได้มีผลิตออกมาจำหน่ายเป็นเวลานานเกือบสิบปีแล้ว แต่ด้วยเทคโนโลยีที่ไม่เคยหยุดอยู่กับที่ จึงมีการคิดค้นพัฒนา PLD ใหม่ ๆ ออกมาอยู่เรื่อย ๆ

เทคโนโลยีในการผลิตที่ได้ทำการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องทำให้ราคาของ PLD มีราคาถูกลงในขณะที่ความเร็วในการทำงานจะสูงขึ้น กินกำลังงานน้อยลง และใช้เทคโนโลยีของการผลิตหน่วยความจำเข้ามาเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในดังที่มีการเรียกชื่อตามแต่ละชนิดดังนี้

*TTL-PLD โครงสร้างภายในและสัญญาณลอจิกเป็น TTL แต่มีให้เลือกความเร็วถึง 4 ระดับ คือ ความเร็วมาตรฐาน A, B และ D และยังมีรุ่นให้เลือกขนาดกินกำลังงาน 1/2 เท่า และ 1/4 เท่าอีกด้วยสำหรับรุ่นที่มีความเร็วสูงจะมีชื่อเรียกทางการค้าว่า FPAL, FPLA, FPLS และ FPLD เป็นต้น

* CMOS-PLD โครงสร้างภายในและสัญญาณลอจิกเป็น CMOS จึงกินกำลังงานต่ำมาก ๆ และยังมีรุ่นที่เมื่ออยู่ในโหมดรอการทำงานจะไม่กินกระแสไฟเลย (Zero-Standby - Current CMOS)

* ECL-PLD โครงสร้างภายในเป็น ECL ใช้สำหรับงานความถี่สูงมาก ๆ

ทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมานี้ยังคงใช้การระเบิดฟิวส์ ซึ่งเมื่อโปรแกรมไปแล้วจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้อีกคือโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียวแล้วจะอยู่เช่นนั้นตลอดไป แต่ PLD รุ่นใหม่ ๆ จะใช้เทคโนโลยีของการผลิตหน่วยความจำเข้ามาช่วย ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมได้ หรือเรียกกันง่าย ๆ ว่า PLD ที่ลบได้เช่นเดียวกับ EPROM , EEPROM หรือ RAM โดยโครงสร้างภายในจะไม่ใช้ฟิวส์

* EPROM links-PLD สามารถลบได้ด้วยการฉายแสงอัลตราไวโอเลต เช่นเดียวกับ EPROM และ PLD ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเป็น CMOS อีกด้วย

* EEPROM links-PLD สามารถลงได้ด้วยสัญญาณไฟฟ้าโดยตรงเช่นเดียวกับ EEPROM และ PLD ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเป็น CMOS เช่นเดียวกัน

* SRAM links-PLD สามารถลบได้ด้วยการหยุดการป้อนแรงดันไฟเลี้ยง เช่นเดียวกับ Static Ram แต่ทุกครั้งที่ตัวมันเริ่มทำงานต้องป้อนข้อมูลเข้าไปโปรแกรมใหม่ทุกครั้ง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจจะอ่านมาจาก ROM หรือแผ่นดิสค์ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

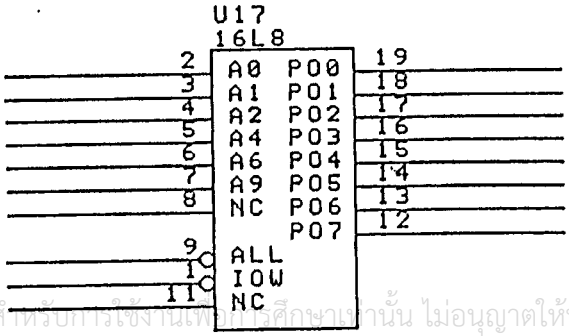
การประยุกต์และใช้งาน PAL ในปริญญานิพนธ์

จากที่กล่าวเบื้องต้นมาตั้งแต่แรกเราจะเริ่มต้นสร้าง INTEGRATE CIRCUIT ใน PAL ในตัว PAL โดยจะใช้ PAL เบอร์ 16L8 มาสร้างวงจร DECODER PORT ซึ่งจะแยกออกเป็น PORT OUTPUT และ PORT INPUT

PORT OUTPUT

ขั้นตอนนี้จะกำหนด PORT OUTPUT ที่ตำแหน่ง PORT ตั้งแต่ 250-257 โดยการสร้างสมการ BOOLEAN ดังนี้

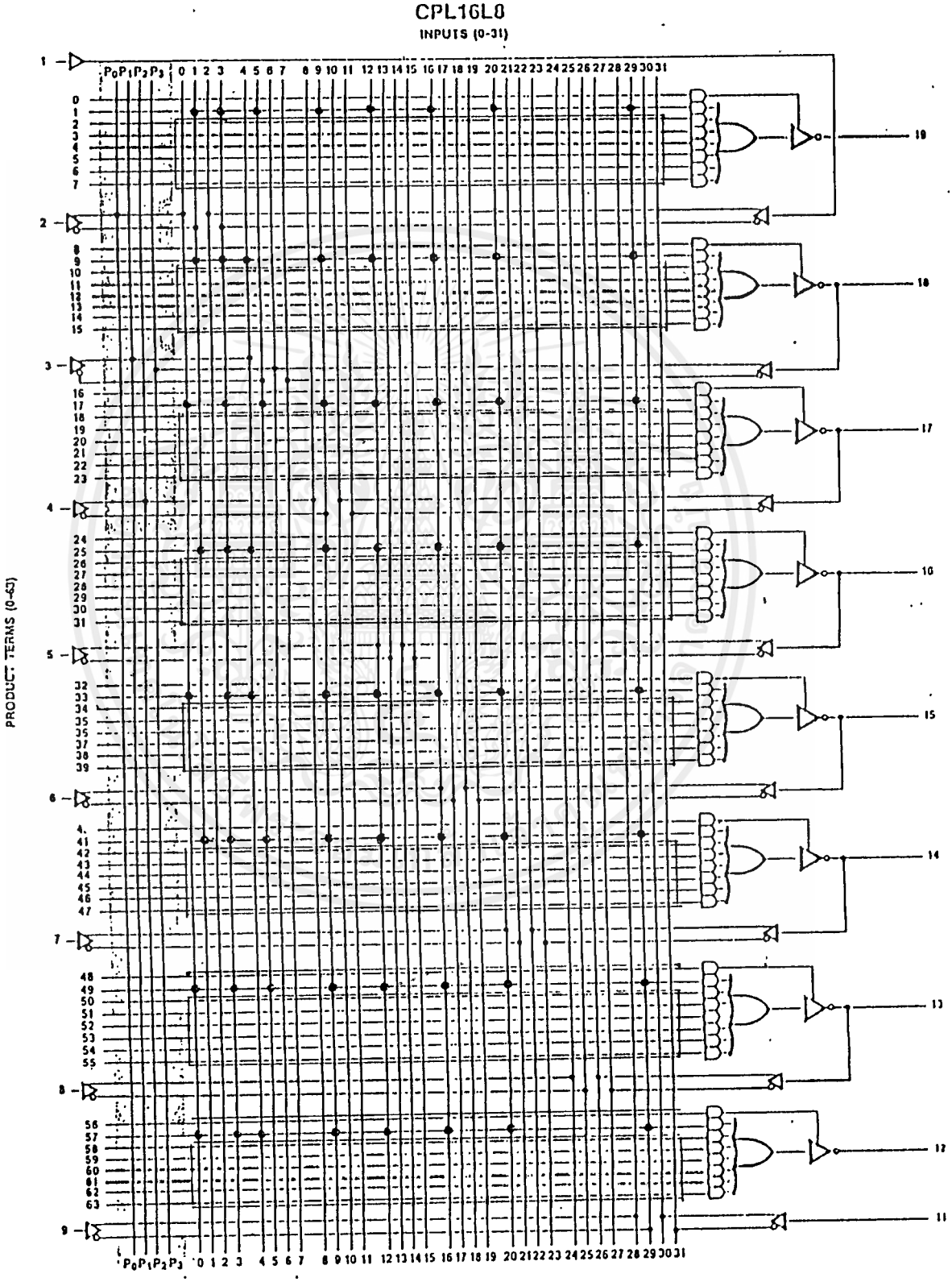
```
# PORT OUTPUT

PORT 250 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOW
PORT 251 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOW
PORT 252 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOW
PORT 253 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOW
PORT 254 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOW
PORT 255 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOW
PORT 256 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOW
PORT 257 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOW
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPL20 FUNCTIONAL LOGIC DIAGRAMS

CPL16L8

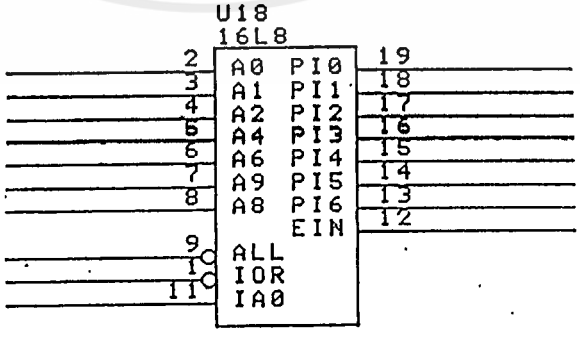


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORT INPUT

ขั้นตอนนี้จะกำหนด PORT INPUT ที่ตำแหน่ง PORT ตั้งแต่ 350-356 และ PORT INPUT ENABLE โดยสร้างสมการสร้างสมการ BOOLEAN ดังนี้

```
# PORT INPUT

PORT 350 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOR
PORT 351 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOR
PORT 352 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOR
PORT 353 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOR
PORT 354 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOR
PORT 355 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOR
PORT 356 = /A0./A1./A2./A3./A4./A5./A6./A7./A8./A9./IOR

PORT IEN = 350+351+352+353+354+355+356
```

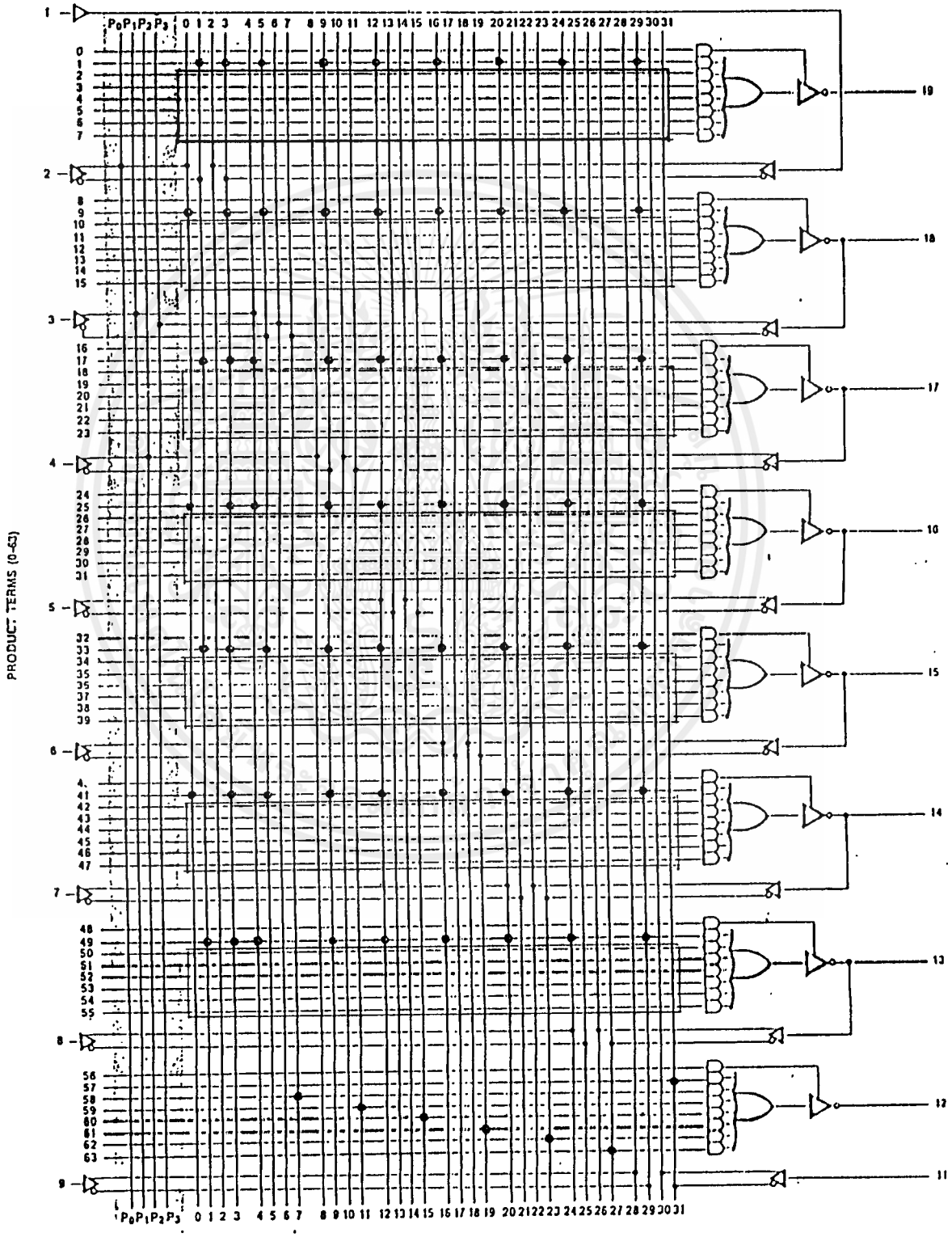


จากการสร้าง สมการ BOOLEAN ต่างๆ ที่ออกแบบไว้แล้ว จากนั้นก็นำไปโปรแกรมก็จะได้วงจร DECODER PORT OUTPUT และ PORT INPUT ที่สมบูรณ์แบบ และสามารถนำไปใช้งานได้เลย

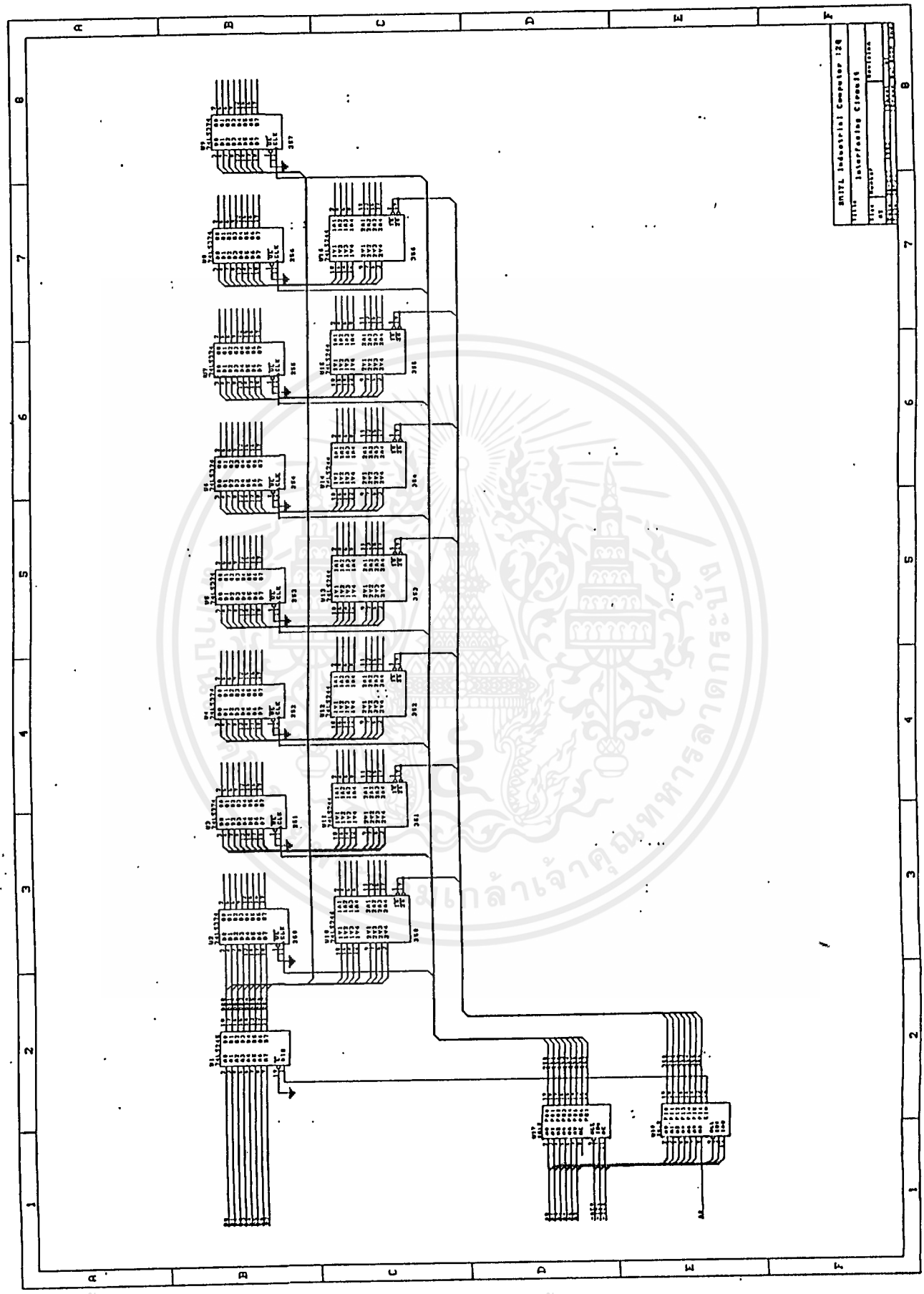
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPL20 FUNCTIONAL LOGIC DIAGRAMS

CPL16L8



ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HARDWARE BLOCK DIAGRAM

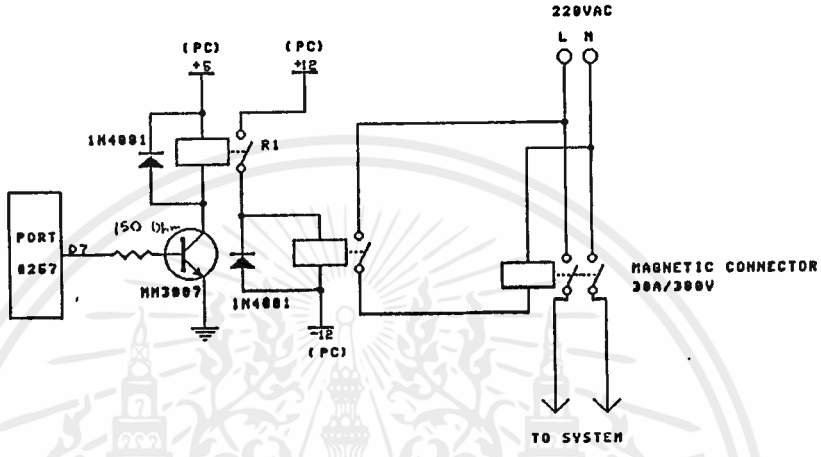
Hardware Block diagram เป็นส่วนที่แสดง Block Diagram ของ Hardware ทั้งหมดที่ใช้ควบคุมการทำงานของโครงงานนี้ ควบคุม และสั่งงานโดย Computer ทั้งหมด ประกอบไปด้วย Block ต่างๆ ดังนี้

- Interfacing ทำหน้าเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่าง Computer และวงจร Hardware ทั้งหมด
- I/O Port ทำหน้าที่แยกการควบคุมให้ Computer เพื่อให้ Computer รู้ว่ากำลังสั่งติดต่อกับ Block ใด
- Power ON-OFF ทำหน้าที่ ON และ OFF Breaker เพื่อให้แรงดัน 220 Vac ป้อนเข้าระบบทั้งหมด
- Stepping Motor Driver ทำหน้าที่ขับ Stepping Motor จากการสั่งงานด้วย Computer
- Position Motor Driver ทำหน้าที่ Check ตำแหน่งของ Stepping Motor
- D/A ทำหน้าที่ แปลงสัญญาณ Digital เป็นสัญญาณ Analog
- Current Regulator 0-50 A 34 Vmax ทำหน้าที่จ่ายกระแสคงที่ 0 ถึง 50 Amp แรงดันสูงสุด 34 Vmax
- A/D ทำหน้าที่ แปลงสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital
- Instrument Amp ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์ Sensor คือ Temp Sensor Level Sensor เป็นต้น
- Trigger ทำหน้าที่ Trig gate ให้ Triac เพื่อ ON-OFF Blower Coolding, Headter, Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POWER ON -OFF

เป็นภาคที่ทำหน้าที่ Switch ไฟ 220Vac ให้ระบบ โดยจะสามารถจ่ายกระแสได้ 30 Amp หรือ จ่าย Power สูงสุดได้ 6,600 Watts

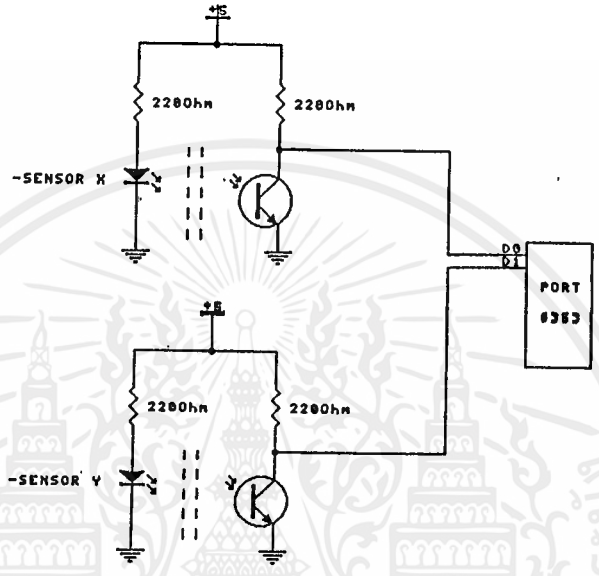


คอมพิวเตอร์จะควบคุมการ ON-OFF โดยการส่ง Data ทาง Output Port เบอร์ 257H Bit 7 คือถ้า Bit 7 เป็น "1" ก็จะ ON และถ้าเป็น "0" ก็จะ OFF จากวงจร Transistor จะทำหน้าที่ขับ Relay R_{y1} ซึ่งมี Coil ขนาด 5 V Contactor ของ Relay จะต่อไฟขนาด 24 V ทำให้ Relay R_{y2} ต่อไฟขนาด 220 Vac ให้กับ Coil ของ Mangnetic Contactor ซึ่ง Contactor จะทนกระแสได้สูงมาก การที่ใช้ Relay ต่อหลายตัวก็เพราะว่าไม่สามรถจะขับ Mangnetic Contactor ซึ่งกระแสและแรงดัน Coil สูงได้ด้วย Relay ขนาดเล็กเพียงตัวเดียวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POSITION SENSOR

เป็นภาค Check ตำแหน่งเริ่มต้นของ Stepping Motor ให้ Computer ควบคุมให้ Motor มาอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น เพื่อการควบคุมตำแหน่งจะได้ไม่ผิดพลาด



จากวงจรรูปบนจะเป็นวงจร Sensor ตำแหน่งของ Motor ของแกน X และรูปล่าง Sensor ตำแหน่งทางแกน Y ถ้า Motor เลื่อนตำแหน่งบังแสงจาก LED ถึง Photo Transistor ก็จะทำให้ขา C ของ Photo Transistor เป็น High และถ้าไม่อยู่ที่ตำแหน่งนี้ก็จะให้ขา C ของ Photo Transistor เป็ Low Computer จะรับข้อมูลทาง INPTU PORT เบอร์ 353 Bit 0 และ Bit 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

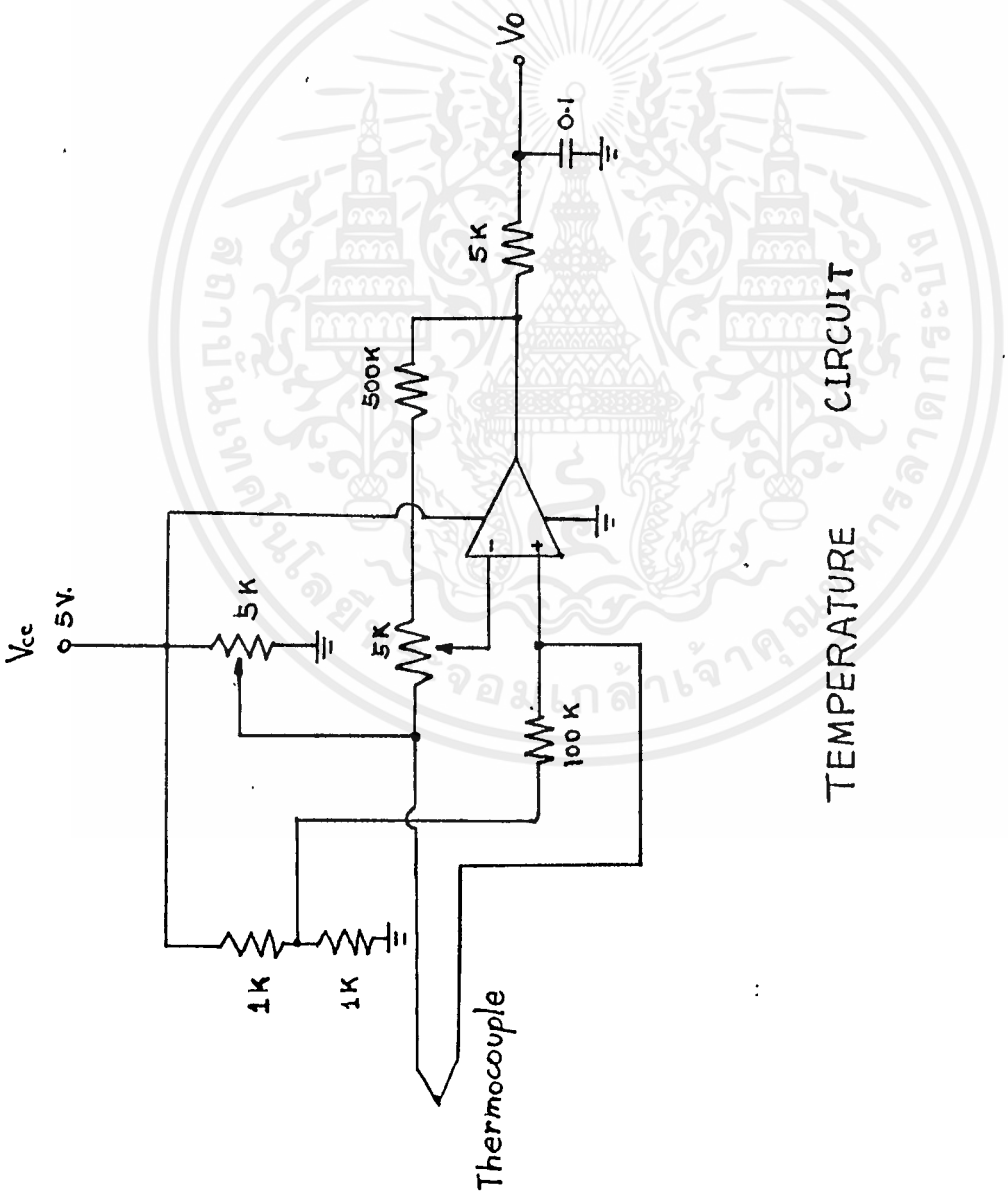
Instrument Amplifier

เป็นภาคที่ขยายสัญญาณจาก อุปรกณ์ Sensor คือ Temp Sensor และ Level sensor

จากวงจร จะต่ออุปกรณ์ Sensor แบบ Bridge เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงของ Voltage มีค่าสูง เช่น ค่าความต้านทานของ อุปกรณ์ Sensor 1 และ Sensor2 สูง จะทำให้ V_1 มีค่าต่ำ และ V_2 มีค่าสูงเป็นผลให้ แรงดันระหว่าง V_1 และ V_2 มีค่าสูงมากแล้วนำไปขยายด้วยวงจร Op-Amp ที่ต่อแบบ Differential Amplifier จากนั้นจึงส่งค่าไปยัง Analog to Digital เพื่อให้ Computer สามารถรับรู้ข้อมูลได้

จากวงจร Op-Amp ทั้ง 4 ตัวจะทำหน้าที่ Comparator โดยมี Resistor ขนาด 10 K.Ohm ต่อที่ขา (+) และ (-) ของ Op-Amp ในการ Check ระดับ ถ้าระดับของเหลวถึงระดับใด คือ L_1 ถึง L_4 จะทำให้ แรงดันขา (-) ของ Op-Amp เป็น Low เพราะของเหลวต่อกับ Ground เป็นผลให้ Output ของ Op-Amp เป็น High ดังนั้น Computer จึงสามารถรับรู้ได้ว่าระดับของเหลวอยู่ที่ตำแหน่งใดโดยรับข้อมูลทาง Input Port แล้ว Check Bit ต่างๆ ที่ต่อกับ Level ต่างๆ ได้ ซึ่งรูปวงจร Temp Sensor และ Level Sensor อยู่ในส่วน Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TEMPERATURE CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

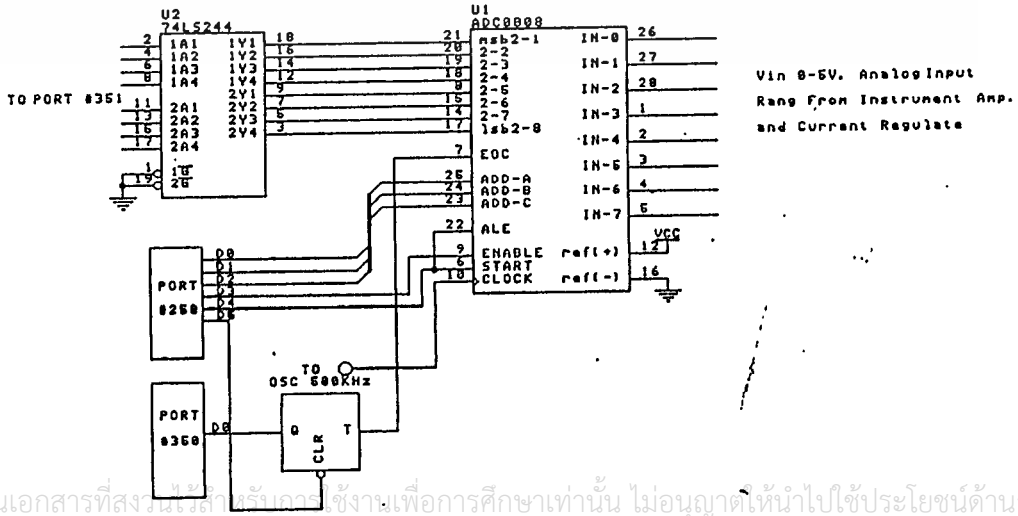
Trigger

เป็นภาคที่ Trig gate ให้ Triac เมื่อ ON-OFF Coolding, Heating และ Valve ด้วย Computer โดยการ Trig gate จะต้องแยก Ground ระหว่างวงจร Trig กับ 220 Vac ด้วย Op-To Transistor ในโครงงานนี้ Computer ON -OFF โดยการ Data มา Control ทาง Output Port เบอร์ #257H และ เบอร์ #256H ดังวงจรข้างล่าง

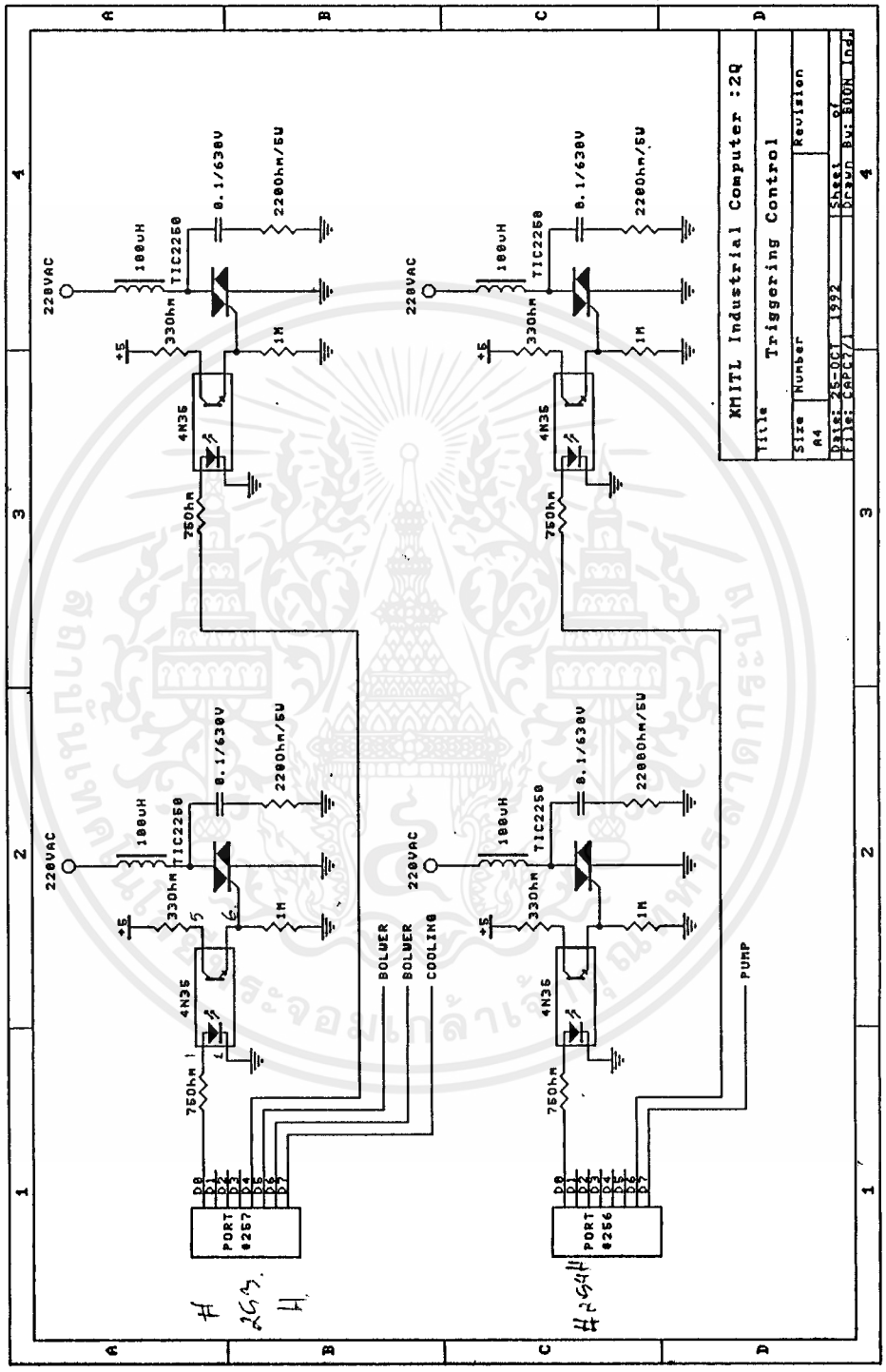
Analog To Digital

ภาค Analog To Digital เป็นภาคที่แปลงสัญญาณ Analog ให้เป็นสัญญาณ Digitalในโครงงานนี้ใช้สัญญาณ Analog จากภาค Instrument Amplifier และ Current Regulator โดยจะใส่ IC ADC0808 และ Control ด้วย I/O Port เพื่อเก็บ Data สำหรับ Check และ Control ระบบต่างๆ ในโครงงานนี้

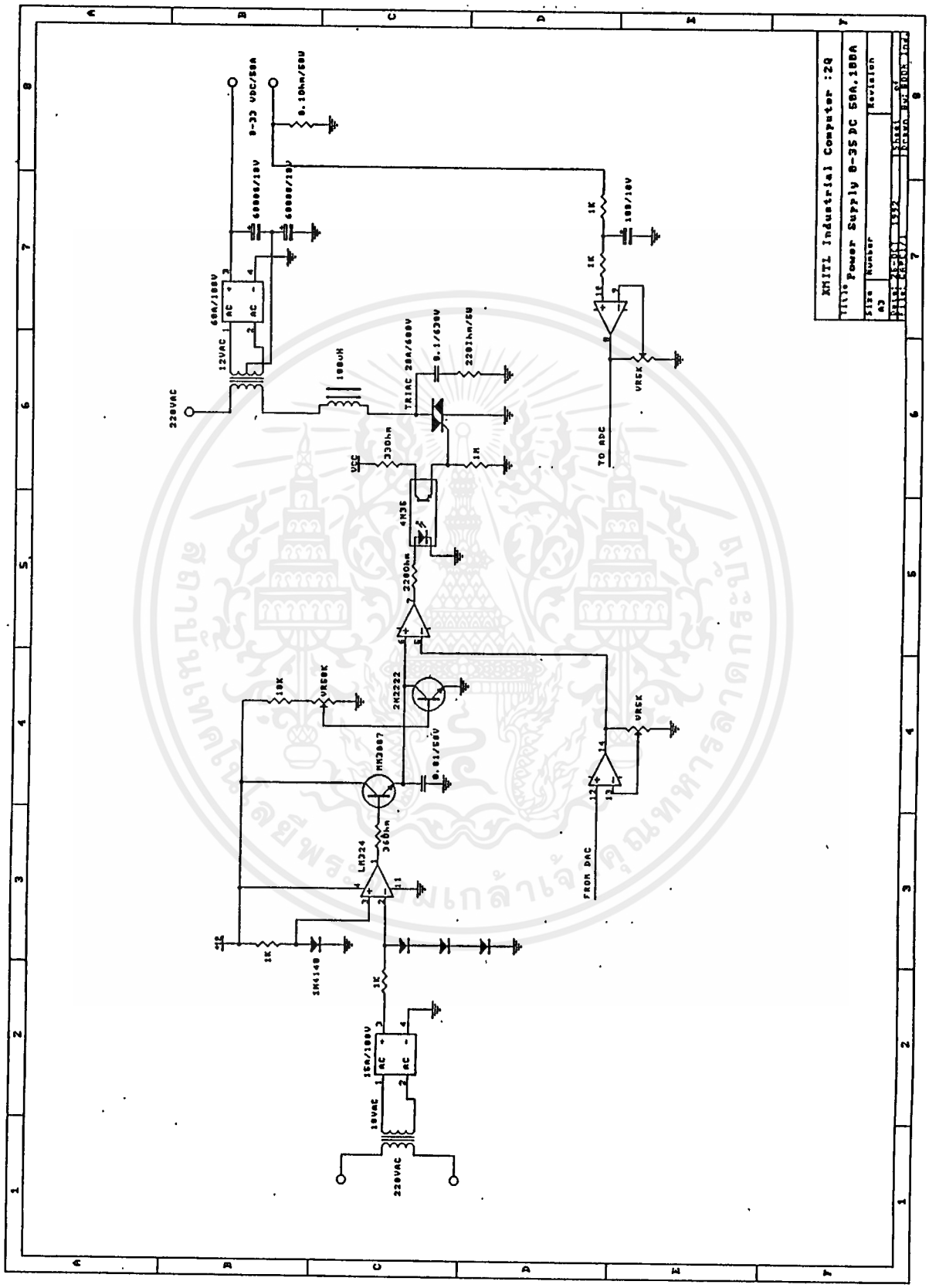
จาก Timming Diagram อธิบายการทำงานได้ดังนี้ ในช่วงแรกจะต้องกำหนดว่าจะเลือก สัญญาณ Analog ที่ ADD A ADD B ADD C แล้วให้ Pulse ที่ ALE (Address Load Enable)(เริ่มการ Process) 1 Pulse ADC 0808 ก็จะเริ่ม Process เมื่อ Process เสร็จก็จะให้ Pluse ออกมา 1 ลูกที่ขา EOC (End Off Conversion) จากนั้นจึงให้ขา Output Enable เป็น High Data Process เสร็จก็จะส่งออกมาที่ขา Data 2^{-1} ถึง 2^{-8}



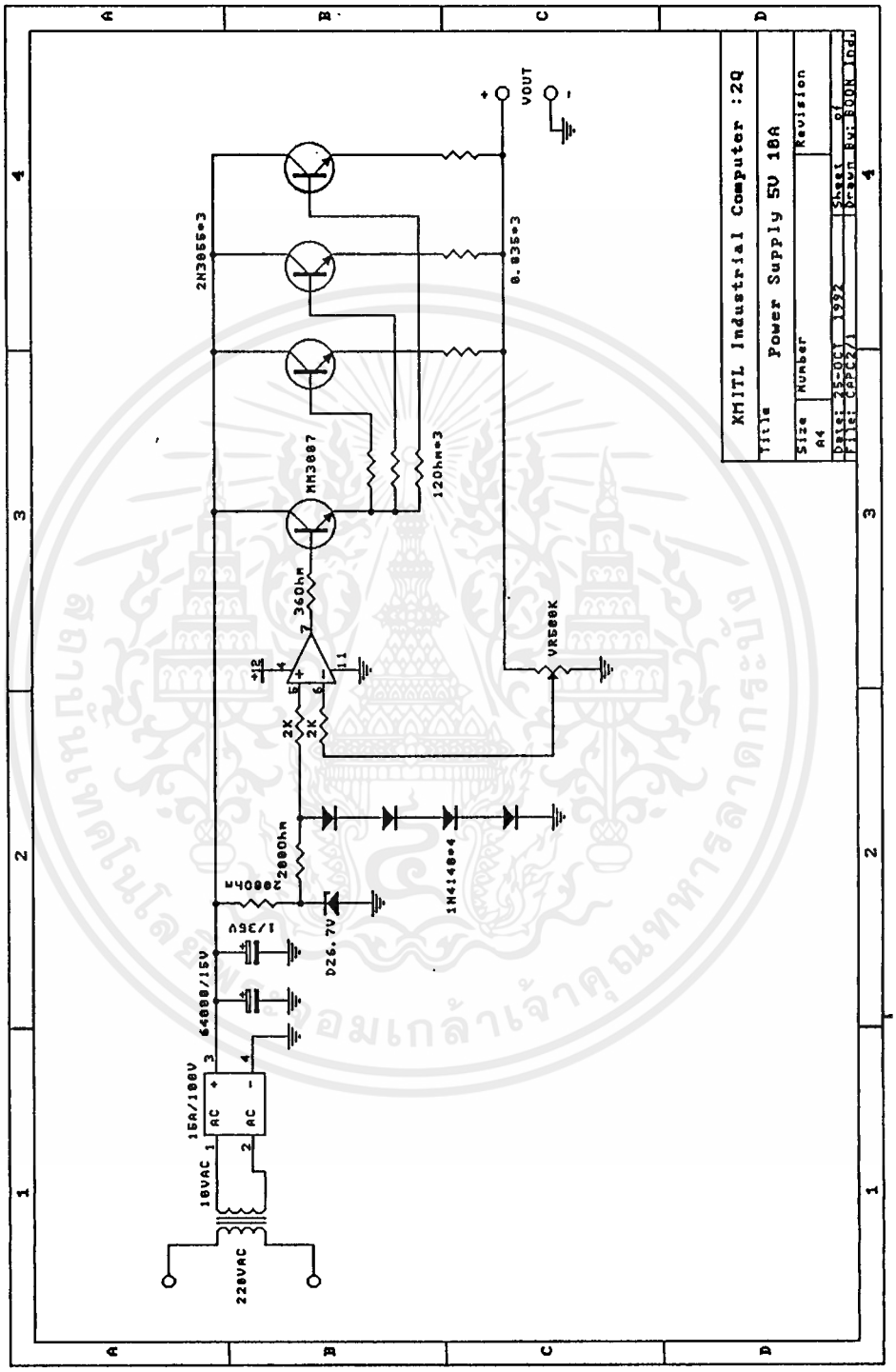
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



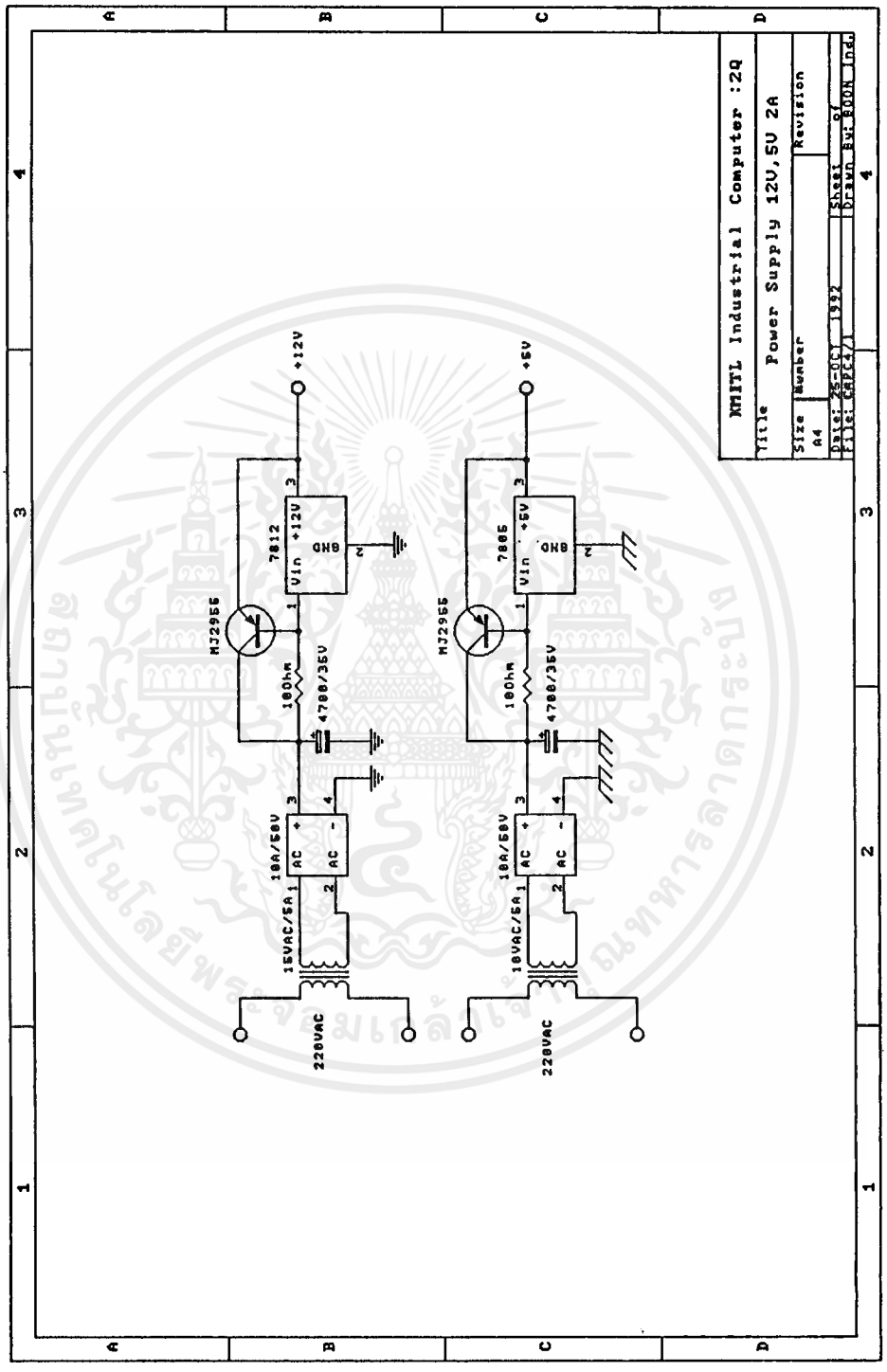
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



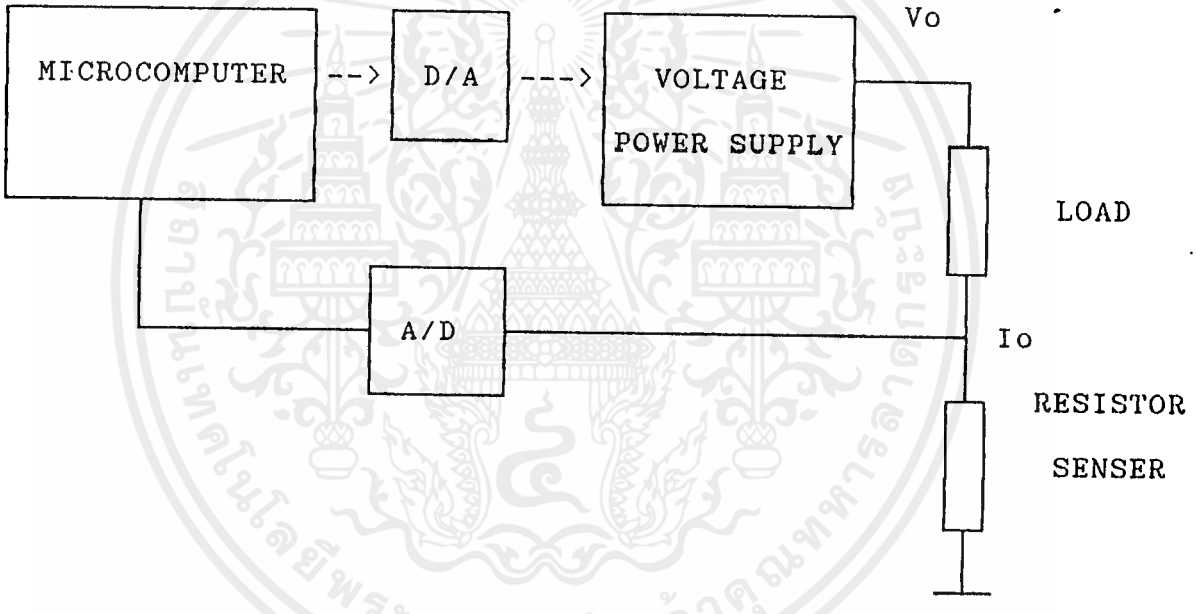
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CURRENT REGULATER 0-50 A 34 Vmax

Power Supply ชุดนี้จะเป็นแบบ Current Regulater ปรับกระแสโดยการลดหรือเพิ่มแรงดันทาง output การลดหรือเพิ่มแรงดันทาง output จะควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ การปรับให้กระแสคงที่จะทำโดย Sensor กระแสทาง output ให้กลับไปยังคอมพิวเตอร์ Check และควบคุมแรงดันทาง outputให้กระแสคงที่ เช่น ถ้ากระแสผ่าน Load ลดลง Computer ก็จะส่งแรงดันทาง output ให้สูงขึ้น ทำให้กระแสสูงตามไปด้วย และถ้ากระแสผ่าน Load มากเกินไปก็จะลดแรงดันทาง output ดังนั้นกระแสที่ผ่าน Load จะคงที่ตามค่าที่เราตั้งโปรแกรมไว้ในคอมพิวเตอร์ แสดงดัง Block Diagram ข้างล่าง



- Block Diagram of Current Regulater ควบคุมด้วย Computer

Specfication ของ Power Supply ที่ใช้ในโครงการมีดังนี้

- Output current 0-50 A
- Output Voltage (max) 34 v
- ควบคุมกระแสด้วย Micro computer Port เบอร์ # 255 H
- ปรับกระแส output ได้ละเอียด Step ละ 195 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับแรงดันด้วย Micro Computer เพื่อควบคุมกระแส output

ในโครงงานนี้จะใช้ Data ในการ Control ทั้งหมด 8 เส้น ทาง Port # 255 H_ฉะนั้นจะได้ความละเอียดในการปรับคือ

ความละเอียดในการปรับ 2^8

= 256 Level

แรงดันสูงที่ปรับได้ = 34 V

ฉนั้นแรงดันแต่ละ Level = 34/256

= 132 mV

การเทียบค่าแรงดัน (Analog) กับ Data(digital)

แรงดัน 0 ถึง 34 V

Data 00H ถึง FFH หรือ 0 - 256 (D)

V = Level x Data (D) V

Data(D) = V/0.132

V = แรงดัน (Voltage)

Data (D) = เลขฐาน 10

Data(D) ที่ได้จะเป็นเลขฐานสิบ ในการใช้งานกับคอมพิวเตอร์ ต้องแปลงเป็นเลขฐานสิบหก

ในการปฏิบัติจริงๆ จะส่งค่า Data 00H ถึง FF H ทาง Port 250 H ผ่านภาค Digital to Analog ไป Control output Voltage เพื่อควบคุมกระแสให้คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ Sensor กระแสเมื่อปรับแรงดันให้กระแสคงที่ตามที่ตั้งไว้

ในโครงงานนี้จะ Sensor กระแสโดยการ Check แรงดันที่ตกคร่อม Resistor Sensor ที่ต่ออนุกรมกับ Load ผ่ายภาค Alalog to Digital ได้สัญญาณ Digital ขนาด 8 Bits คือ 00H ถึง FF H คำนวณได้ดังนี้

ความละเอียดในการ Sensor = 2^8

= 256 Level

ฉะนั้นกระแสที่ Sensor แต่ละ Level = 50/256

= 195 mA

การเทียบค่ากระแส (Analog) กับ Data (Digital)

กระแส 0 ถึง 50 A

Data 00H-FF H หรือ 0 ถึง 256 D

I = Level x Data(D)

เพราะฉนั้น I = 0.195 x Data(D) A

และ Data(D) = I/0.195

โดยที่ I = กระแส (amp)

Data(D) = เลขฐาน 10

Data(D) ที่ได้จะเป็นเลขฐาน10ในการใช้งานกับคอมพิวเตอร์ต้องแปลงเป็นเลขฐาน16(H)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ

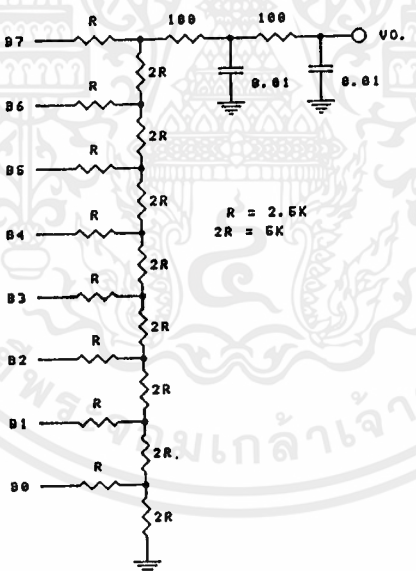
_ ภาค Digital to Analog

ใช้สัญญาณ Digital ขนาด 8 Bits หาค่า output Voltage ของภาค D/A ได้จาก

$$VO = V_s \times \frac{(2^0 B_0 + 2^1 B_1 + 2^2 B_2 + 2^3 B_3 + 2^4 B_4 + 2^5 B_5 + 2^6 B_6 + 2^7 B_7)}{2^8}$$

$$= Vs \times \frac{(B_0 + 2B_1 + 4B_2 + 8B_3 + 16B_4 + 32B_5 + 64B_6 + 128B_7)}{256}$$

โดย $B_0 - B_7$ จะเป็นค่า "0" หรือ "1" วงจรที่ใช้จะเป็นวงจร Ladder ดังรูปข้างล่าง

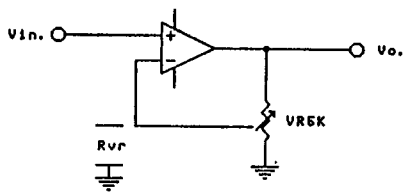


โดยให้ R = 2.5 K

2R = 5 K

นำสัญญาณoutput จาก D/A มาผ่านวงจรขยาย OP-Amp เพื่อให้มีแรงดันในย่านที่สามารถควบคุม Io ได้ ฉนั้น Gain การขยายจะไม่ Fix เพื่อจะให้ผู้ใช้สามารถปรับขณะติดตั้งได้

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

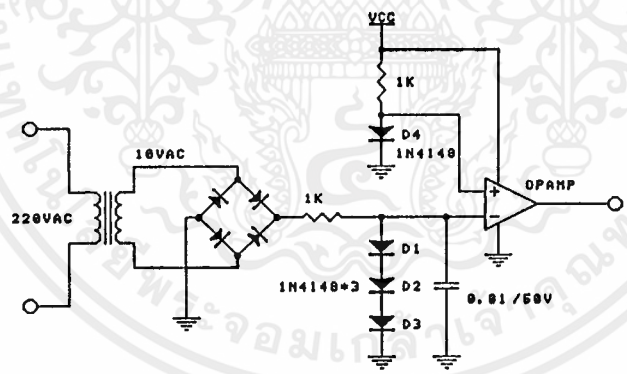


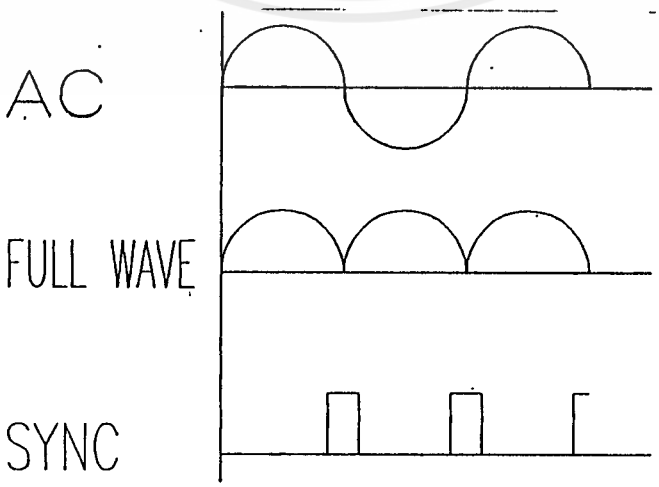
$$Vo = \frac{Vin\ (VR)}{Rrr}$$

<u>การปรับ</u> ทำโดย out Data ออกมาที่ D/A ให้ทุก ๆ Bit เป็น Hight แล้วปรับค่า VR ให้ output ของ Power Supply มีค่าเป็น 34 V

- การสร้างสัญญาณ Sink จาก Line 220V AC

สร้างโดยใช้แรงไฟจากขด Secondary ของ Transfarmer ที่ Primary ติดกับ Line, 220 VAC แล้วทำการ Rectifier แบบ Full wave นำไปขยายโดย ออฟแอมป์ที่ต่อแบบ Diferentiator โดยตั้ง Vreferent ไว้ที่ 0.7 Vdc สัญญาณ Full wave ต่ำกว่า 0.7 V output ของ Op-Amp ก็จะเป็น Hight หรือประมาณ tVcc เพราะ op-Amp ต่อแบบ Open-Loop มี Gain การขยายตัวสูงมาก และถ้าสัญญาณ Full wave ต่ำกว่า 0.7 output ก็จะเป็น Low ประมาณ 0 V.





Timming Diagram ของการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vpeak ที่ออกจาก Bridge หาได้จาก

$$Vpeak = 2 \times Vrms$$

$$= 1.414 \times 10$$

$$= 14.14 \ V$$

กำหนดให้กระแสสูงสุดผ่าน D_1, D_2 และ D_3 ขณะ Vpeak = 12 mA เพื่อเป็น Voltage check line 220 VAC ให้ op-Amp โดย D_1, D_2 และ D_3 ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ Vin ของ op-Amp มีค่าสูงมากเกินไปแต่ให้มากว่า Uroferent จากวงจรจะมากกว่า 1.4 Vdc

คำนวณ R_1

$$R_1 = \frac{Vpeak - VD_1,D_2,D_3}{I}$$

$$= \frac{14.12^{-2}.1}{12 \times 10^{-3}}$$

$$= 1003.3'$$

เลือกใช้ค่า 1 K

และกำหนดให้กระแสผ่าน D_4 = 12 mA เช่นกัน

$$R_2 = \frac{Vcc - VD_4}{I}$$

$$= \frac{12 - 0.7}{12x10^{-3}}$$

$$= 941.7$$

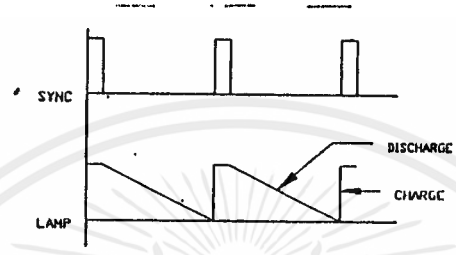
เลือกใช้ค่า 1 K

C 0.01 ทำหน้าที่ Filter ความถี่สูงที่จะผ่านเข้ามาในวงจร

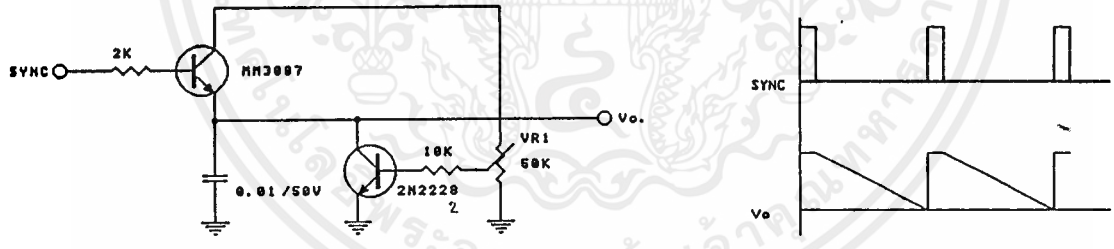
$D_1 - D_4$ ใช้เบอร์ 1N4148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- น่าสัญญาณ Sink ที่สร้างได้มาทำเป็นสัญญาณ Lamp (Saw tooth) โดยนำสัญญาณ Sink แต่ละ Pulse มา Charge C ให้ Vc มีค่าเท่ากับ Vmax ของสัญญาณ Sink และ Discharge โดยให้กระแส Discharge มีการไหลอย่าสม่ำเสมอทำได้โดยใช้ Transistor แสดง Timming Diagram ดังรูป



Timming แสดงการ Charge และ Discharge

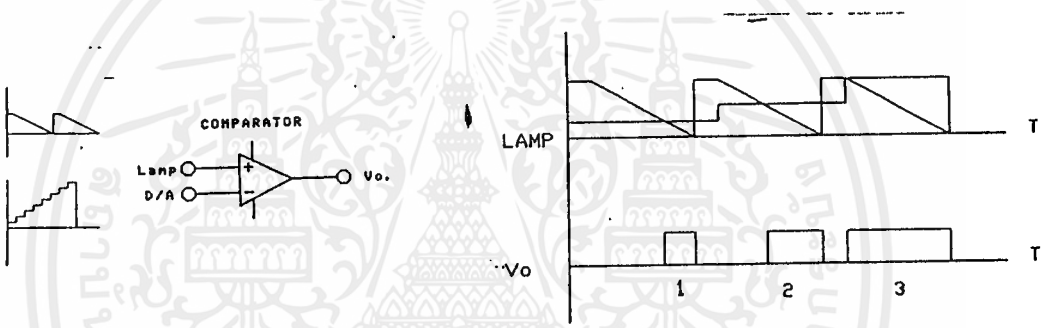


วงจรที่ได้จากการทดลองสร้าง Lamp จาก Sink

จากวงจร VR_1 จะทำหน้าที่ในการเสริมให้ ช่วงการ Dischage มีเวลาตกถึง "0" Voltage ที่ตำแหน่ง Pulse ใหม่จะเกิดขึ้น ดังรูปข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำสัญญาณ Lamp มาเป็น Vreffent เพื่อเปรียบเทียบกับ output ของภาค D/A ดังวงจร

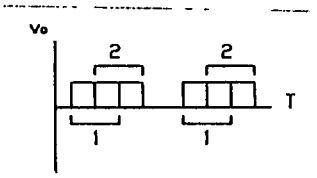


จากวงจร Lamp จะต่อที่ขั้ว (-) ของ op-Amp และแรงไฟจาก D/A จะต่อที่ขั้ว (+) ผลคือถ้าแรงดันที่ของ D/A ช่วงใดที่สูงกว่าสัญญาณ Lamp out-put ของ Comparator ก็จะเป็น Hight เท่ากับ+Vcc จากกราฟจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงแรงไฟของ D/A จะทำให้ความกว้างของ Puls ที่ out-put มีการเปลี่ยนแปลง ถ้าแรงไฟสูงความกว้างของ Pluse ก็จะกว้างมาก และถ้าแรงไฟสูงความกว้างของ Pulse ก็จะกว้างมาก และถ้าแรงไฟต่ำความกว้างของ Pulse ก็จะแคบลงจาก Timming Diagram ข้างต้น

1. คือ ความกว้างของ Pulse แคบ เมื่อแรงไฟ D/A ต่ำ
2. คือ ความกว้างของ Pulse ปานกลาง เมื่อแรงไฟ D/A ปานกลาง
3. คือ ความกว้างของ Pulse กว้าง เมื่อแรงไฟ D/A สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

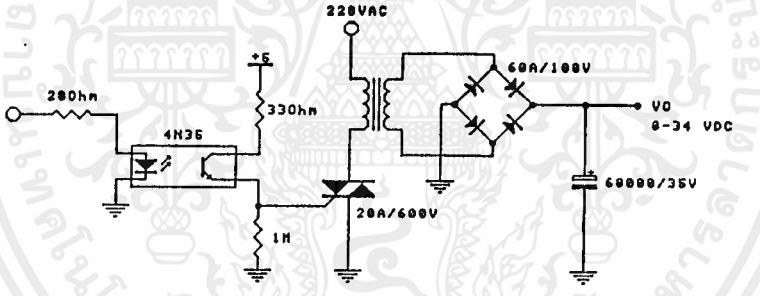
ข้อสังเกตุ การเปลี่ยนแปลงความกว้างของ Pulse จะเปลี่ยนแปลง เฉพาะขอบขาขึ้น เท่านั้น ดังรูป



1. ช่วงการเปลี่ยนแปลง

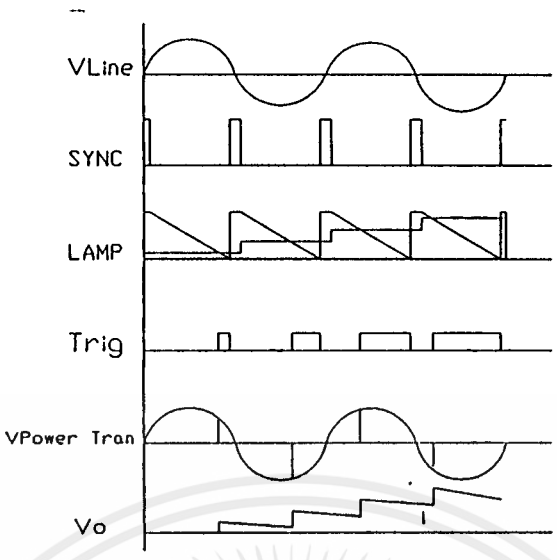
2. จุด Referent จะคงที่

นำ output จากการเปรียบเทียบของสัญญาณ Lamp และ D/A มา Trig ให้ Triacทำงานโดยนำ Triac มาต่อกับ Power Tranforwer โดยการเชื่อมต่อจะต้องผ่าน OPTO COUDLE ซึ่งเป็น OPTO Transistor



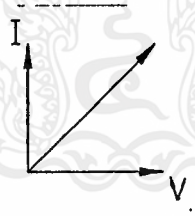
เพื่อแยก Ground ระหว่างไฟสูงและวงจร Control การเพิ่มและลดของความกว้าง Pulse ที่ Trig Triac จะเป็นผลให้มีการแบ่งรูปคลื่น ของ 220 VAC Line ผ่าน Power Transistor นั่นคือ ความกว้าง Pulse กว้างมาก Triac ก็จะถูก Trig ที่มุมต่ำๆ และถ้า Pulse แคบ Triac ก็จะถูก Trig ที่มุมสูงๆ นั่นคือจะ Trig ตั้งแต่ 0-180 องศา และ 180องศา - 360 องศา ดังกราฟข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จาก Timming Diagram จะเห็นว่าสัญญาณ Vo จะมีการเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณ D/A แต่มีขนาดแรงไฟสูงกว่า นั่นคือ Vo ของวงจรจะควบคุมด้วแรงไฟจากภาค D/A

- ชุดการป้อนกลับจะต่อ Resistor Sensor อนุกรมกับ Load เมื่อ Check กระแสทำโดยวัดแรงดันแทนเพราะกระแสและแรงดันจะแปรผันตามกัน ตามกราฟข้างล่าง



Resistor จะใช้ Resistor ที่มีค่าน้อย ๆ เพื่อให้เกิดกำลังสูญเสียใน Resistor น้อยที่สุด ในโครงงานนี้จะใส่ค่า 0.01 หาแรงดันที่สำพันธ์กับกระแสได้คือ

$$V = IR$$

เมื่อ I สูงสุด $= 50\ A$

$= 0.01$

เพราะฉนั้น $V_{max} = 50 \times 0.01$

$= 0.5V$

คำนวณ กำลังสูญไน Resistor

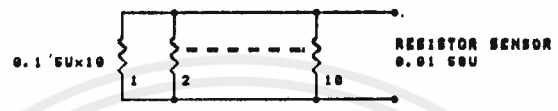
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉนั้น $P = \frac{V^2}{R}$

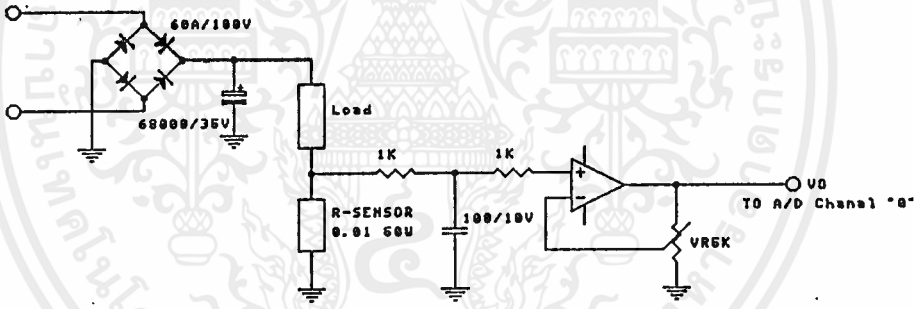
$= \frac{0.5 \times 0.5}{0.01}$

$= 25$ watts

ใช้ค่า Resistor ค่า 0.1 ohm 5 watts ต่อขนานกัน 10 ตัว

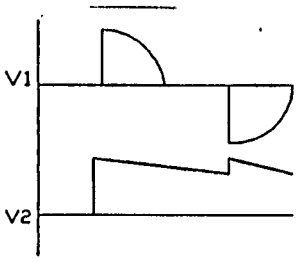


วงจรการป้อนกลับ



จากวงจรเมื่อค่ากระแสสูงสุดคือ 50 Amp. จะได้แรงดันที่ R-Sensor 0.5V นำแรงไฟนี้ ไปป้อนให้กับวงจร Filter คือ R_1 R_2 และ C_1 เพื่อกรองให้แรงดันเรียบ แล้วขยายด้วย Op-Amp ให้ได้ Vo สูงสุดประมาณ 5 V สามารถปรับค่า VR ได้ เพื่อความสะดวกในการปรับแต่ง แล้วจึงส่งไปภาค Analog to Digital เพื่อให้ คอมพิวเตอร์ ตรวจสอบกระแสจริงที่ไหลผ่าน Load การที่ต่องผ่านวงจร Filter computer ทำงานที่ความถี่สูง ถ้าไฟไม่เรียบจริงๆ คอมพิวเตอร์จะตรวจจับสัญญาณรบกวนหรือช่วงต่อของ Pulse ทำให้การควบคุมกระแสผิดพลาดมาก การใส่วงจร Filter จะเป็นการวัดกระแสแบบ Peak สูงสุดของ Pulse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาค Analog to Digital ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว

<u>ข้อดี</u> ของการออกแบบวงจร Power Supply แบบนี้คือ สามารถจ่ายกำลังได้มากๆ โดยมีการสูญเสียกำลังน้อย ถ้าใช้วงจร Regulate ที่มี Transistor ต่ออนุกรมจ่ายกระแสให้จะเกิดกำลังสูญเสียในตัว Transistor มาก และถ้าใช้แบบ Switching ก็ไม่สามารถจ่ายกำลังได้มาก

<u>ข้อเสีย</u> คือ ค่ากระแสที่ output จะไม่เรียบมากนักเพราะใช้การแบ่งลูกคลื่นแล้วหากระแสเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ ที่ทำงานโดยเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าแบบสวิทชิ่งที่ป้อนให้กับขดลวดสเตเตอร์ให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงมุมบนแกนโรเตอร์ในลักษณะการหมุนที่ละสเตปตามสัญญาณอินพุทของเฟสต่างๆ การเคลื่อนที่และหยุดในแต่ละสเตปมีความแม่นยำทางตำแหน่งสูงมาก แต่มีข้อจำกัดบ้างตรงที่ขนาดของแรงบิดน้อย ไม่สามารถใช้งานหนักมากๆได้ สเตปปิ้งมอเตอร์มีหลายแบบแตกต่างกันที่โครงสร้างและจำนวนเฟสแบบที่พบมากเป็นแบบไฮบริดโรเตอร์ทำจากแม่เหล็กถาวร และเป็นชนิดขดลวดสเตเตอร์ 4 เฟส กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับสเตเตอร์แต่ละเฟสจะมีผลทำให้เกิดสนามแม่เหล็กวางตัวตามแนวที่เกิดสนามแม่เหล็ก การสั่งให้โรเตอร์หมุนจึงทำได้โดยเปลี่ยนตำแหน่งจ่ายกระแสไฟฟ้าแก่สเตเตอร์เฟสต่างๆได้แก่ ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 และ ϕ_4 ดูรูปที่ 1 และที่ 2 ประกอบ

จากรูปที่ 2 จะเห็นว่า ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนโดยจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ให้กับสเตเตอร์เฟสต่างๆ สามารถกระทำได้เป็น 3 แบบ
ดังนี้ดูตารางที่ 1 ประกอบ

1. One-excitation หรือ halfdrive เป็นการจ่ายกระแสให้กับสเตเตอร์ครั้งละหนึ่งเฟสคือ ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 และ ϕ_4 หมุนเวียนกันไป แบบนี้แรงบิดจะน้อย

2. Two-excitation หรือ fullstep เป็นการจ่ายกระแสให้กับสเตเตอร์ครั้งละ 2 เฟสได้ $\phi_1\phi_2, \phi_2\phi_3, \phi_3\phi_4, \phi_4\phi_1$ หมุนเวียนกันไปแบบนี้แรงบิดจะมากกว่าแบบแรก

3. One-Two excitation หรือ halfstep เป็นการจ่ายกระแสให้กับสเตเตอร์ครั้ง 1 เฟสและ 2 เฟสสลับกันแบบนี้จำนวนสเตปจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของสองแบบแรก แต่แรงบิดเฉลี่ยจะน้อยกว่าสองแบบแรก

No	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

1. One-excitation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

2. two-excitation

No	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

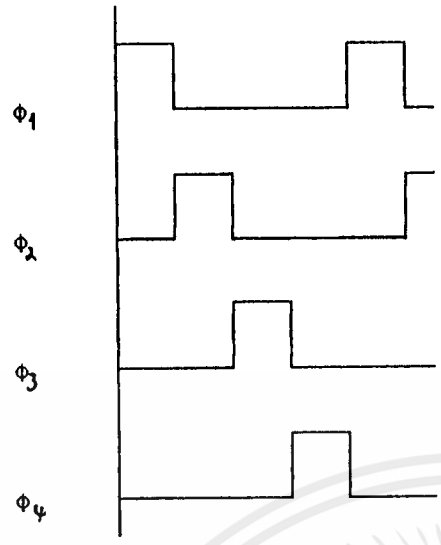
3. one-two excitation

"1" จ่ายกระแส

"0" ไม่จ่ายกระแส

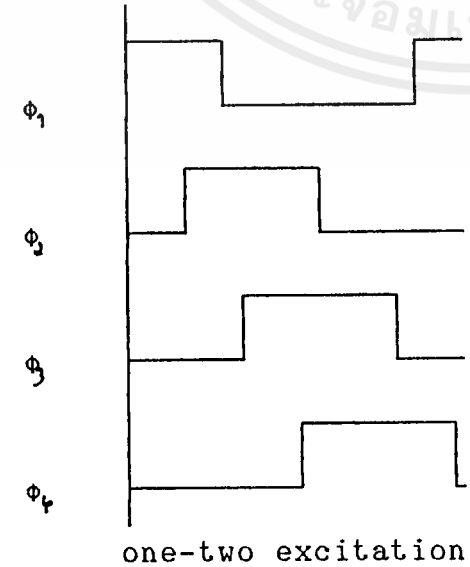
ตารางที่ 1 แสดงการจ่ายกระแสในขดลวดสเตปปิ้งมอเตอร์สำหรับการหมุนทั้ง 3 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



one-excitation

two-excitation



one-two excitation

TIMMING DIAGRAM การจ่ายกระแสให้ สเตปปิ้งมอเตอร์ ทั้ง 3 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STEPPING MOTOR

ในการใช้งานจริงของโครงงานจะใช้แรงบิดค่อนข้างสูงจึงเลือกใช้ แบบที่ 2 คือ two-excitation

คุณสมบัติ (SPECIFICATION) ของ STEPPING MOTOR ที่ใช้ในโครงงานนี้

- แรงดันแต่ละขด = 4.7 V
- กระแสแต่ละขด = 1.8 A
- องศาแต่ละสเตป = 1.8 องศา/สเตป

การออกแบบชุดขับ Stepping Motor

กระแสที่ใช้ในแต่ละขด 1.8 A เลือก Power Transistor ที่มี $I_{c(max)}$ มากกว่า 1.8A ในโครงงานนี้ใช้เบอร์ C1061 มี Specification ดังนี้

NPN	$I_{c(max)}$	7 Amps
	V_{ceo}	60 volts
	Power (max)	50 watts
	Current Gain(hfe)	60

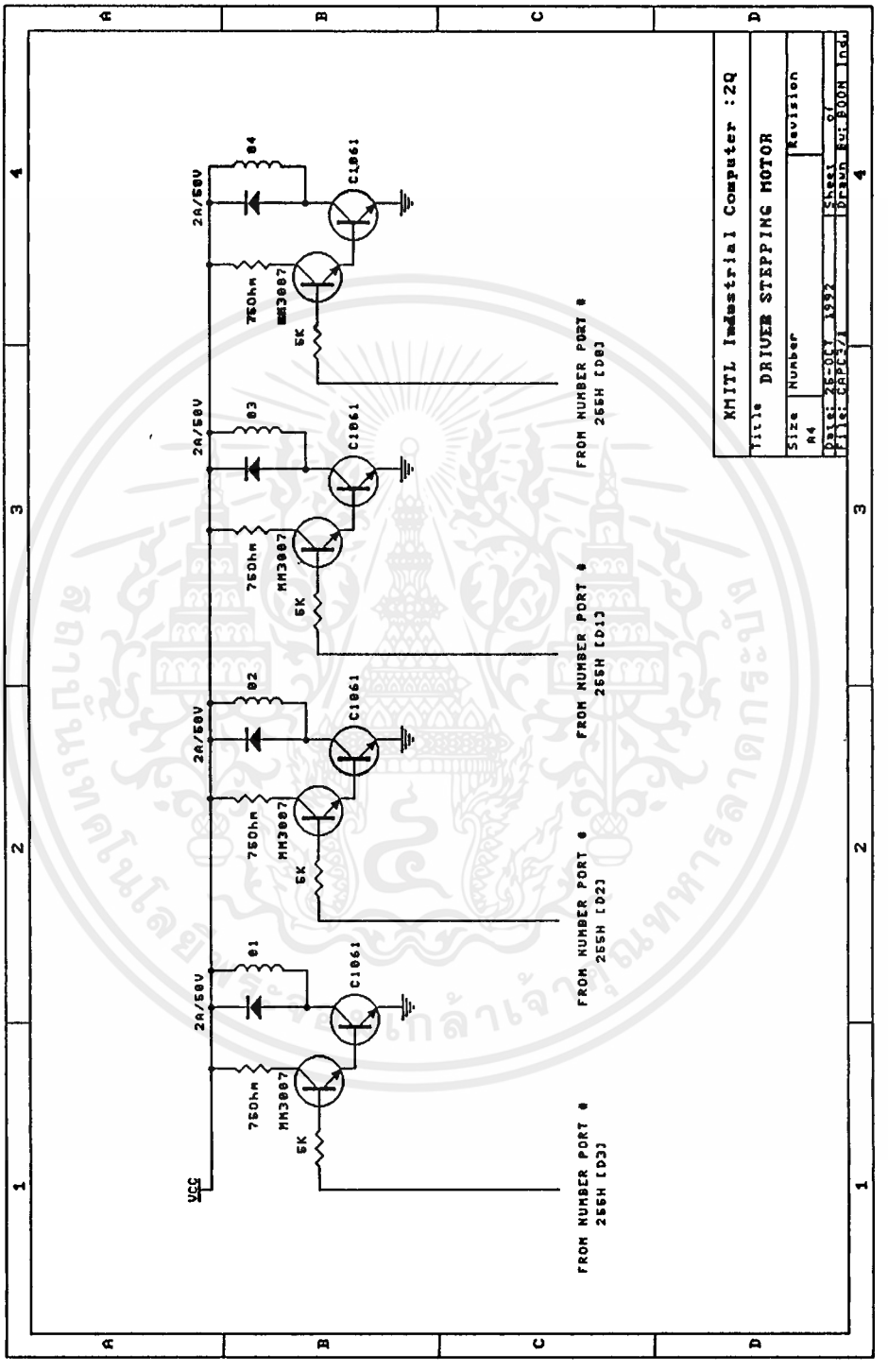
เลือก Transistor Driver เบอร์ MM 3007 เพื่อ Drive Power Transistor C1061 specification ของ MM3007 มีดังนี้

NPN	$I_{c(max)}$	4 Amps
	V_{ceo}	100 volts
	Power (max)	10 watts
	Current Gain(hfe)	85

STEPPING MOTOR

รูป วงจร Drive Stepping motor 1 phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการ Drive Stepping Motor แต่ละขดจะให้ Power Transistor ทำงานในลักษณะ Saturation คือ กระแสอิ่มตัว เมื่อต้องการให้ ON และ Cutoff เมื่อต้องการให้ off ในการออกแบบ จะให้กระแสไหลผ่าน Power Transistor สูงกว่าที่ขดลวดต้องการซึ่งกำหนดไว้ที่ 3 A และชุด Drive Power Tansistor ก็ให้ทำงานในลักษณะ Saturation เหมือนกันโดยการจะให้ RC เป็นตัวจำกัด (Limit)กระแส Drive ให้ C1061 และ Cutoff เมื่อต้องการให้ Off

คำนวณหาค่า RC จากวงจร

จาก I_B.Gain = I_c

กำหนดให้ I_c ของ C1061 = 3A

Gain = 60

ดังนั้น I_B = I_c/Gain A

= 3/60

= 0.05 A

ซึ่ง I_B ของ C1061 = I_E ของ MM3007 ด้วยและ V_{ce} ของ MM3007 = 0 เพราะทำงานในลักษณะ Saturation

$$Rc = \frac{\text{Vcc-Vcc ของ C1061}}{I_B \text{ ของ C1061}}$$

$$= \frac{5 - 0.7}{0.05 \text{ A}} \text{ OHM}$$

= 86 OHM

คำนวณหา R_B จากวงจร

$$R_B = \frac{VR_B}{I_B \text{ ของ MM3007}} \quad \text{-------(1)}$$

จากข้างต้นกระแส I_E ของ MM3007เท่ากับ I_B ของ C1061 ซึ่งจะประมาณให้เท่ากับ I_c = 0.06A Gain ของ MM3007 = 85

จาก I_B.Gain = I_c

ดังนั้น I_B = I_c/Gain A

= 0.06/85

= 0.7 A -------(2)

จากวงจรจะใช้ TTL Drive ซึ่งจะต้องใช้ระดับแรงดัน "0" และ "5" Drive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_{RB} = 5 - (V_{BE} ของ MM3007 + V_{BE} ของ C1061)

= 5 - (0.7+0.7)

= 3.6 V -------(3)

แทนค่า (2) และ (3) ใน (1)

ดังนั้น R_B = $3.6/(0.7*10^{-3})$ Ohm

= 5142.857 Ohm

เลือกใส่ค่าใกล้เคียง = 5 K.ohm

วงจรที่ใช้งานจริงทั้งหมดจะใช้วงจรที่ได้คำนวณไว้ข้างต้น 4 วงจร ต่อ Stepping Motor 1 ตัว ซึ่งในโครงงานนี้ใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ 2 ตัว ก็จะใช้วงจรนี้ทั้งหมด 8 วงจร ซึ่งได้แสดงไว้เพียง 4 วงจรคือ สเตปปิ้งมอเตอร์ 1 ตัว

การทำงาน

ในการควบคุมให้ Stepping Motor ทำงานตาม Timming Diagram ข้างต้นควบคุมด้วย COMPUTER คือต่อ Phase ต่างๆ ของ Stepping Motor เข้ากับ Bits ต่างๆ ของ Output Port จาก Computor โดยมีชุด Drive เป็นตัวเชื่อมต่อ ในโครงงานนี้จะใช้ Port เบอร์ #255H ควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ ทั้ง 2 ตัว โดยมีการเชื่อมต่อดังนี้

Port# 255H

Bit 0	ต่อกับ	ϕ_1	Motor	1
Bit 1	ต่อกับ	ϕ_2	Motor	1
Bit 2	ต่อกับ	ϕ_3	Motor	1
Bit 3	ต่อกับ	ϕ_4	Motor	1
Bit 4	ต่อกับ	ϕ_1	Motor	2
Bit 5	ต่อกับ	ϕ_2	Motor	2
Bit 6	ต่อกับ	ϕ_3	Motor	2
Bit 7	ต่อกับ	ϕ_4	Motor	2

ถ้าจะให้ Phase ใดทำงานก็ให้ Bit นี้ต่อกับ Phase นั้นเป็น "1" ถ้าให้หยุดทำงานก็ให้ Bit ที่ต่อกับ Phase นั้นเป็น "0" แต่ในการเปลี่ยนจาก Step หนึ่งไปอีก Step หนึ่งจะต้องหน่วยเวลาเพราะ Computer จะทำงานด้วยความถี่สูงมาก Stepping Motor จะตอบสนองไม่ทัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตัวอย่าง</u> การ Control Motor 1 ด้วย Data จาก Output Port โดยให้ Motor 2 ไม่ทำงาน

Port#255H	Data 00000011 B	หรือ	03H
	Data 00000110 B	หรือ	06H
	Data 00001100 B	หรือ	0CH
	Data 00001111 B	หรือ	0FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

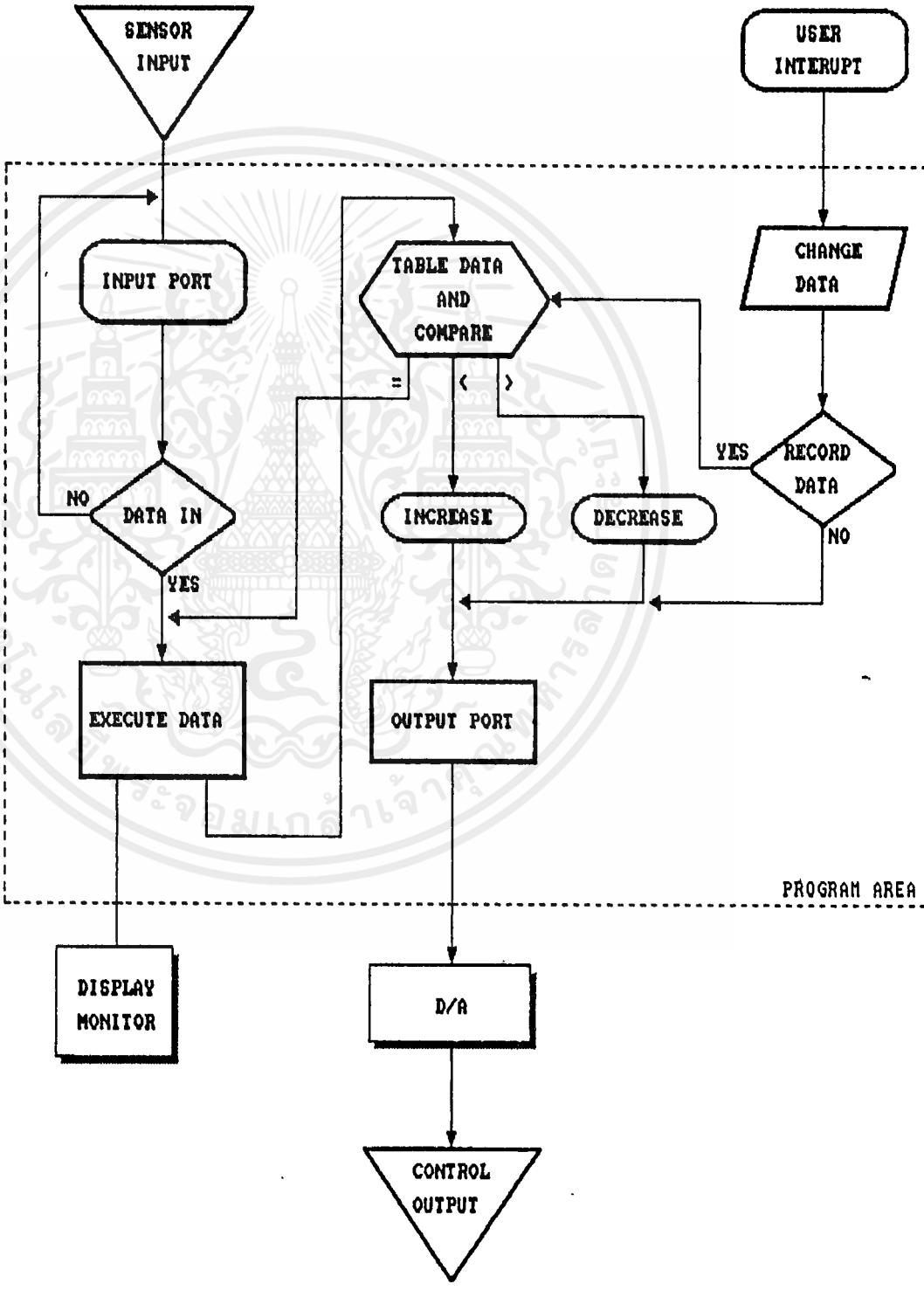
PROGRAM CONTROL PROCESSING CHART

SENSOR INPUT

- TEMPERATURE SENSOR
- LAVEL SENSOR
- DIRECTION SENSOR
- CONTROL VOLTAGE SIGNAL
- CONTROL CURRENT SIGNAL

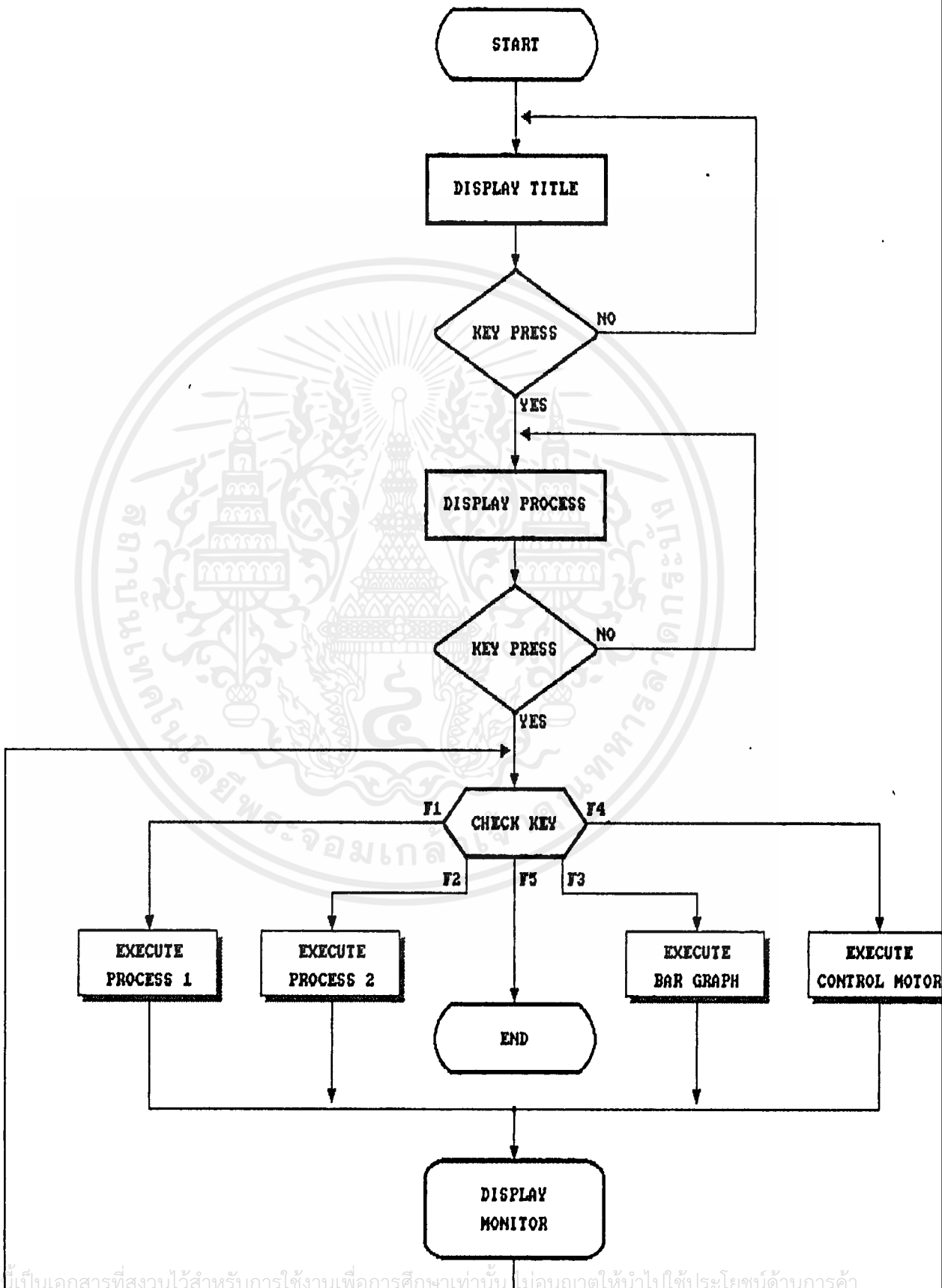
OUTPUT CONTROL

- HEATER
- AC MOTOR
- STEPING MOTOR
- SOLINOIL VALVE
- AIR COMPRESSOR
- MOTOR PUMP
- ALARM BUZZER
- CURRENT SOURCE
- VOLTAGE SOURCE



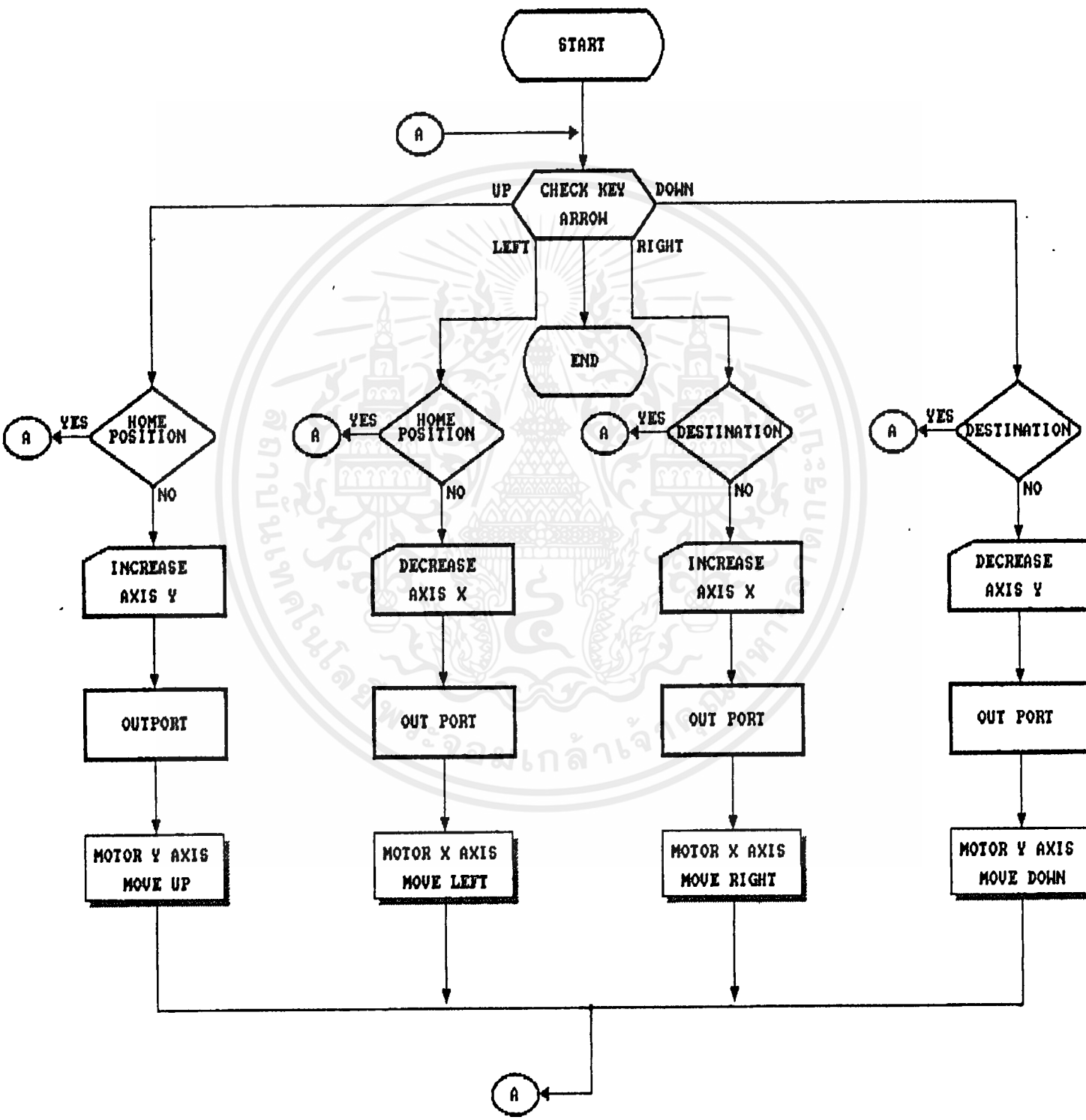
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAIN PROGRAM CHART



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONTROL STEPING MOTOR CHART



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุม

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมสร้างขึ้นโดยใช้ภาษา C โดยเขียนอยู่ใน mode Graphics โปรมแกรมสามารถท่างานได้ใน mode EGA และ VGA การเชื่อมต่อกับระบบภายนอกผ่านทาง PARALLEL PORT โปรมแกรมทั้งหมดจะประกอบด้วย FILE ดังนี้

- CIM.EXE
- EGAVGA.BGI
- GOTH.CHR
- LITT.CHR
- SANS.CHR
- TRIP.CHR

SPECIFICATION ทั้งหมดของโปรแกรมมีรายละเอียดดังนี้

1. สามารถแสดง PROCESS ของการชุบโลหะได้เป็น REAL TIME
2. สามารถควบคุมการท่างานของ PROCESS ได้ในทุกช่วงเวลา
3. การปิดเปิดอุปกรณ์ต่างๆในระบบ เช่น VALVE , HEATER , MOTOR สามารถท่าได้ที่ COMPUTER
4. สามารถ TREND DATA ได้ในช่วง 1 ชม.และ 1 วัน ย้อนหลัง
5. สามารถ แสดงค่าของ อุณหภูมิ,ระดับน้ำยาเคมี เป็น BAR GRAPH
6. สามารถ เก็บ DATA ที่ต้องการไว้ได้ และน่าออกมาใช้ใน PROCESS ที่เหมาะสม
7. ใน MODE AUTOMATIC โปรแกรมสามารถควบคุมขบวนการชุบให้เป็นไปอย่างเหมาะสมและถูกต้อง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าของ PARAMETER และ DATA ที่ต้องถูกป้อนอย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดในการทำงานของโปรมแกรมสามารถแยกออกเป็น FUNCTION และมีรายละเอียดดังนี้

INITIALIZE

- ใช้ในการ SET TEXT MODE ให้เป็น GRAPHIC MODE

RND_STAR

- ใช้สุ่มค่าตัวเลขเพื่อนำไปแสดงผลเป็น star ใน TITLE PAGE

DRAW_STAR

- ใช้ในการ PLOT ดาวใน TITLE PAGE

TANK1,TANK2

- ใช้ในการวาดรูป TANK น้ำยาเคมี

DRAW_WAVE

- ใช้วาดรูปน้ำยาเคมีใน TANK

VALVE_HOR,VALVE_VER

- ใช้วาดรูป VALVE ในแกนนอนและแนวตั้ง

PUMP

- ใช้วาดรูป PUMP น้ำยาเคมี

COOLER

- ใช้วาดรูประบบความเย็น

STANDER

- ใช้วาด STAND ของถังน้ำยา

KEY_F1 ถึง KEY_F5

- แสดงรูปและการเปลี่ยนแปลงของ KEY เมื่อมีการกด KEY F1 ถึง F5

GRAPH_LEVEL

- ใช้แสดงและสุ่มค่าเพื่อนำไป PLOT GRAPH

BAR_GRAPH

- ใช้ค่าที่ได้จากการสุ่มและเปลี่ยนให้เป็นค่าตัวเลขที่เหมาะสมแล้วนำไปสร้าง BAR GRAPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RND_BUBLE

- สุ่มค่าตัวเลขเพื่อนำไปสร้าง BUBLE

DRAW_BUBLE

- นำค่าที่ได้ไปเปลี่ยนให้เป็นค่าที่เหมาะสมแล้วนำออกแสดง

PROCESS_PAGE1

- เป็น FUNCTION ที่รวบรวมการทำงานใน PAGE1

KEY_FRAM,KEY_UP,KEY_DOWN,KEY_LEFT,KEY_RIGHT

- สร้างรูป KEY เพื่อนำไปใช้ใน MODE การทำงานของการควบคุม STEPING MOTOR

SELECT_F3,SELECT_F4

- เป็น FUNCTION ที่รับค่ามาเพื่อเลือกในการทำงานใน MODE F4 หรือ F4

DISPLAY_PAGE1

- เป็น FUNCTION ที่ตรวจสอบการกด KEY ต่างๆแล้วนำ SCAN CODE ที่ได้ไปเลือก FUNCTION อื่นๆที่เหมาะสม

STEPING_CTRL

- ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของ STEPING MOTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสร้างในส่วนของวงจรควบคุมอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ ส่วนของการควบคุม STEPPING MOTOR และการใช้งาน PAL ทำให้สามารถรู้ถึงวิธีและการใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้ได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมให้อุปกรณ์ตรวจสอบ อุณหภูมิ สามารถทำงานในย่านที่ใช้งานได้ถูกต้องและ LINEAR เพื่อให้ได้ผลออกมาตามความต้องการ ในส่วนของ MODEL การสร้างถังน้ำยาเคมี ทำให้ทราบถึงชนิดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ PVC ที่ไม่สามารถนำไปใช้ร่วม หรือทดแทนกันได้ในลักษณะงานต่างๆ การควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ใน PROCESS โดยใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องมีโปรแกรมควบคุม ในที่นี้ได้สร้างโปรแกรมควบคุมขึ้นโดยใช้ภาษา C โดยมีการติดต่อทาง PORT ขนาน ทำให้สามารถควบคุมและแสดงผลได้ทันทีในเวลานั้น การแสดงผลออกทางจอภาพ ทำให้เห็นขั้นตอนในการทำงานของการ ANODISE ได้เป็นอย่างดี จากการมองในภาพส่วนรวมของโครงงานนี้แล้ว ทำให้เห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงงานนี้ทั้งในด้านของผู้ทำโครงงาน ที่ทำให้มีประสบการณ์และความรู้นอกเหนือจากที่ได้รับโดยปกติแล้ว ในส่วนของผลประโยชน์จากผู้ที่ใช้โครงงานนี้ในด้านอุตสาหกรรม ทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพเพิ่มยิ่งขึ้นและสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ในระยะยาว.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงงานทำให้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นที่พอจะแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ในส่วนของ MODEL

การสร้างรางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของ STEPPING MOTOR ทั้งในแกน X และแกน Y ทำให้เกิดปัญหาในการเคลื่อนที่ของ STEPPING MOTOR เนื่องจาก รางที่ใช้เป็นลักษณะของแกนเกลียวซึ่งมีความละเอียดต่อเกลียวมากประกอบกับตัว STEPPING MOTOR มีความละเอียดในการหมุนถึง 1.8 องศาต่อ STEP ทำให้การเคลื่อนที่ของตัว MOTOR เป็นไปได้ช้ามาก ในการแก้ไขสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. เปลี่ยนแกนเกลียวที่ใช้ทำรางให้เป็นลักษณะของเกลียวตัวหนอน
2. เปลี่ยนตัว STEPPING MOTOR ให้มีความละเอียดในการหมุนน้อยกว่านี้ โดยประมาณ 5-6 องศาต่อ STEP

2. ในส่วนของ HARDWARE

เนื่องจากใน PROCESS ของการทำงานจำเป็นต้องใช้กระแสสูงถึง 50 AMP ที่ 24 โวลท์ ทำให้เกิดการรับภาระอย่างสูงกับอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น LOAD ดังนั้นจึงทำให้เกิดความร้อนสูง ในการแก้ไขทำได้โดยออกแบบระบบระบายความร้อนให้เหมาะสมและใช้อุปกรณ์ที่สามารถ ทนต่อกระแสได้สูงทำหน้าที่เป็น switch ในการตัดต่อของระบบ

3. ในส่วนของ SOFTWARE

การรับข้อมูลเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ มีการเบี่ยงเบนทำให้ไม่สามารถควบคุมได้ถูกต้องตามต้องการ สามารถแก้ไขได้ 2 วิธีคือ

1. แก้ทางวงจร INSTRUMENT AMP โดยทำให้มีความเที่ยงตรงในการรับค่าจากตัววัดอุณหภูมิ และขยาย , ชดเชยเพื่อให้ค่าที่เหมาะสมก่อนส่งออกไปเข้า A/D Converter

2.แก้ในส่วนของโปรแกรมให้มีการชดเชยค่าที่ผิดผลาด โดยส่งข้อมูลออกไปเพื่อรับผลตอบสนองกลับมาทำการเปรียบเทียบและส่งค่าที่เหมาะสมออกไปอีกจนกว่าจะได้ค่าที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่าน อาจารย์ วิทยา ทิพย์สุวรรณพร ไว้เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและข้อแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อปริญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างมาก อีกทั้งเป็นแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงให้ปริญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- ARTIFICIAL INTELLIBENCE USING C HERBER SCHILDJ
- ภาษาและการโปรแกรม C เรียบเรียงโดย ดร. วิทยา วัชระวิทยากุล
- MICROPROCESSORS AND INTERFACING
- PROGRAMMING AND HARDWARE DOUELAS V. HALL
- ชุบโครเมี่ยม-ชุบทอง เรียบเรียงโดย อนันต์ ทองมอญ
- SEMICONDUCTOR ELECTRONICS JUNRNAL (ฉบับที่ 83/ธันวาคม/2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก A

โปรแกรมการควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOFTWARE

```
# include <stdio.h>
# include <conio.h>
# include <dos.h>
# include <math.h>
# include <stdlib.h>
# include <graphics.h>
# include <time.h>

int    GraphDriver;/* The Graphics device driver*/
int    GraphMode;/* The Graphics mode value*/
double AspectRatio;/* Aspect ratio of a pixel on the screen*/
int    MaxColors;/* The maximum # of colors available*/
int    ErrorCode;/* Reports any graphics errors*/

#ifdef __TINY__
#error BGIDEMO will not run in the tiny model.
#endif

void Initialize(void);

/**/
/*Begin main function*/
/**/

void Initialize(void)
{
  GraphDriver = EGA; /* Request auto-detection*/
  GraphMode = EGAHI;
  initgraph( &GraphDriver,&GraphMode, "" );
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  ErrorCode = graphresult();/* Read result of initialization*/
  if( ErrorCode != grOk ){/* Error occured during init*/
  printf(" Graphics System Error: %s\n", grapherrormsg
  ( ErrorCode ) );
    exit( 1 );
  }

  MaxColors = getmaxcolor()+1;/* Read maximum number of colors*/

}

union inkey{
char keystb[2];
int  key;  } Readkey;



#define MaxY  getmaxy()
#define MaxX  getmaxx()

int x1[20],x2[20],x3[20],x4[20],x5[20];
int z1[20],z2[20],z3[20],z4[20],z5[20];
int y[20],xx[1000],yy[1000];
int job,n,xh;
int redix =10;
char *ch1,*ch2,*ch3,*ch4;

static int Input1(p1)
{ p1=random(95)+3;
    return(p1);}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
static int Input2(p2)
{ p2=random(95)+3;
    return(p2);}
static int Input3(p3)
{ p3=random(95)+3;
    return(p3);}
static int Input4(p4)
{ p4=random(95)+3;
    return(p4);}
static int Input5(p5)
{ p5=random(95)+3;
    return(p5);}

static int flag_F3,flag_F4,stat;
static int key_no,flag_Fkey,code_F3,code_F4;

/*****************************/


Rnd_star()
 {
   int  c;

  for (c=0;c<1001;c++)
     {
 xx[c]=random(getmaxx()-5);
 yy[c]=random(getmaxy()-5);
  if(xx[c]<0) xx[c]=1;
  if(yy[c]<0) yy[c]=1;
     }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        }

Draw_star()
{  int co[1000],c;

      for(c=0;c<1000;c++)
      {
        co[c]=random(15);
        putpixel(xx[c],yy[c],co[c]);
        getpixel(xx[c],yy[c]);
      }
}

Tank1(x,y)
   {
       int rad;
   setfillstyle(SOLID_FILL,14);
   bar(x,y,x+2,y+50);
   bar(x+2,y+47,x+55,y+50);
   bar(x+55,y,x+57,y+50);
   setcolor(14);
for(rad=9;rad>5;rad--)
   arc(x+10,y,90,180,rad);
for(rad=9;rad>5;rad--)
   arc(x+48,y,0,90,rad);
   bar(x+10,y-6,x+50,y-4);

   }

Tank2(x,y)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
      setfillstyle(SOLID_FILL,15);
      bar(x,y-1,x+3,y-1+50);
      bar(x,y+50,x+63,y+54);
      bar(x+60,y,x+63,y+53);
      setfillstyle(SOLID_FILL,10);
      bar(x+4,y+56,x+60,y+66);
      setcolor(5);
      settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
      outtextxy(x+9,y+57,"Heater");
}
 /*** Draw wave ****/

 Draw_wave(x,y)
 { int i,c;

    for(i=0;i<5;i++,x+=65)
    {
      setfillstyle(SOLID_FILL,0);
      bar(x+4,y,x+59,y+20);
 if(i==3)c=7;
 else
 {if(i==4)c=10;
 else
 c=9;}
      setfillstyle(SOLID_FILL,c);
      sector(x+9,y+20,0,180,6,3);
      sector(x+33,y+20,0,180,6,3);
      sector(x+52,y+20,0,180,6,3);
      bar(x+4,y+20,x+59,y+50);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      setfillstyle(SOLID_FILL,c);
      sector(x+21,y+20,180,360,6,3);
      sector(x+45,y+20,180,360,6,3);
    }

 }

 SerialTank1(loc_X,EY)      /* Mix tank1 */
{
  int num;

 loc_X = loc_X-65;
   for(num=0;num<7;num++)
   {loc_X=loc_X+65;
     Tank1(loc_X,EY);}
}

 SerialTank2(loc_X,lY)      /* Mix tank2 */
{
  int num;

    loc_X = loc_X-65;
   for(num=0;num<7;num++)
   {loc_X=loc_X+65;
     Tank2(loc_X,lY);}
 }


Valve_hor(linX,linY,Color)      /* Draw Horrizontal Valve */
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    int  radius =  10;

    setfillstyle(SOLID_FILL,Color);
    setcolor(Color);
    bar(linX-2,linY-11,linX+2,linY);
    pieslice(linX,linY,325,360,radius);
    pieslice(linX,linY,0,35,radius);
    pieslice(linX,linY,145,180,radius);
    pieslice(linX,linY,180,215,radius);
    setfillstyle(SOLID_FILL,10);
    sector(linX,linY-9,0,360,10,3);
}

Valve_ver(linX,linY,Color)      /* Draw Vertical Valve */
{
 int  radius =  7;

    setcolor(10);
    setfillstyle(SOLID_FILL,2);
    bar(linX-2,linY-15,linX+2,linY+25);
    rectangle(linX-2,linY-15,linX+2,linY+25);
    setfillstyle(SOLID_FILL,Color);
    setcolor(Color);
    bar(linX-13,linY-1,linX+2,linY+1);
    pieslice(linX,linY,30,140,radius);
    pieslice(linX,linY,220,330,radius);
    setfillstyle(SOLID_FILL,10);
    sector(linX-13,linY,0,360,3,7);
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Pump(x,y,colr)     /* Draw Pump */
{

       setfillstyle(SOLID_FILL,colr);
       pieslice(x,y,225,315,15);
       pieslice(x,y,0,360,10);
       bar(x,y-6,x+15,y-3);
}

 Stline_hor(x1,x2,y,Colr)     /*  Draw straight line horizontal */
{
      int x;
      setcolor(Colr);
      for(x=x1;x!=x2;x++)
{line(x,y,x,y+5);
 delay(10);}
}

 Stline_ver(y1,y2,x,Colr)     /*  Draw straight line vertical */
{
      int y;
      setcolor(Colr);
      for(y=y1;y!=y2;y++)
{line(x,y,x+5,y);
 delay(10);}
}

 Cooler(linX,linY,Colr)       /* Draw back box cooling system */
{
    setfillstyle(SOLID_FILL,Colr);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    settextstyle(0,0,0);
    /* font(0..4),direction(0..1),charsize(0..2) */
    setusercharsize(1,2,1,1);
    bar(linX,linY,linX+100,linY+50);
    setcolor(15);
    rectangle(linX-1,linY-1,linX+101,linY+51);
    outtextxy(linX+20,linY+15,"COOLING");
    outtextxy(linX+24,linY+30,"SYSTEM");
}
/* ------------------------------------------------ */

 Stander(x,y)        /* Draw stand of steping motor */
{
    setcolor(10);
    rectangle(x,y,x+20,y+130);
    rectangle(x+580,y,x+600,y+130);
    rectangle(x+20,y,x+580,y+20);
    setfillstyle(BKSLASH_FILL,13);
    bar(x+1,y+1,x+19,y+129);
    bar(x+581,y+1,x+599,y+129);
    bar(x+21,y+1,x+579,y+19);
}

control1(xl1,yl1,xl2,yl2,c)
{
  int c1,c2,c3,c4;

  if(c==0)
  {c1=0;c2=0;c3=0;c4=0;}
  else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {c1=12;c2=7;c3=14;c4=10;}
    setcolor(c4);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c1);
    bar(xl2,yl2,xl2+10,yl2+80);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(xl2+4,yl2+75,xl2+6,yl2+85);
    arc(xl2+5,yl2+87,90,230,5);
    arc(xl2+5,yl2+87,310,90,5);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c3);
    bar(xl1,yl1,xl1+50,yl1+28);

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/************ Graphic for function key ************/

Key_F1(HorL,VerL,sel)
 { int c1,c2,c3;
    if(sel==1)
       { c1=15;c2=7;c3=0;}
    else
       { c1=0;c2=15;c3=8;}
    setcolor(c1);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL+46,VerL,HorL,VerL+26);
    setcolor(c3);
    rectangle(HorL+5,VerL+3,HorL+41,VerL+23);
    bar(HorL+6,VerL+4,HorL+40,VerL+22);
    outtextxy(HorL+16,VerL+10,"F1");
 }

Key_F2(HorL,VerL,sel)
 { int c1,c2,c3;
    if(sel==1)
       { c1=15;c2=7;c3=0;}
    else
       { c1=0;c2=15;c3=8;}
    setcolor(c1);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL+46,VerL,HorL,VerL+26);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    setcolor(c3);
    rectangle(HorL+5,VerL+3,HorL+41,VerL+23);
    bar(HorL+6,VerL+4,HorL+40,VerL+22);
    outtextxy(HorL+16,VerL+10,"F2");
 }

Key_F3(HorL,VerL,sel)
 { int c1,c2,c3;
    if(sel==1)
       { c1=15;c2=7;c3=0;}
    else
       { c1=0;c2=15;c3=8;}
    setcolor(c1);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL+46,VerL,HorL,VerL+26);
    setcolor(c3);
    rectangle(HorL+5,VerL+3,HorL+41,VerL+23);
    bar(HorL+6,VerL+4,HorL+40,VerL+22);
    outtextxy(HorL+16,VerL+10,"F3");
 }

Key_F4(HorL,VerL,sel)
 { int c1,c2,c3;
    if(sel==1)
       { c1=15;c2=7;c3=0;}
    else
       { c1=0;c2=15;c3=8;}
    setcolor(c1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL+46,VerL,HorL,VerL+26);
    setcolor(c3);
    rectangle(HorL+5,VerL+3,HorL+41,VerL+23);
    bar(HorL+6,VerL+4,HorL+40,VerL+22);
    outtextxy(HorL+16,VerL+10,"F4");
 }

Key_F5(HorL,VerL,sel)
 { int c1,c2,c3;
    if(sel==1)
       { c1=15;c2=7;c3=0;}
    else
       { c1=0;c2=15;c3=8;}
    setcolor(c1);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL+46,VerL,HorL,VerL+26);
    setcolor(c3);
    rectangle(HorL+5,VerL+3,HorL+41,VerL+23);
    bar(HorL+6,VerL+4,HorL+40,VerL+22);
    outtextxy(HorL+16,VerL+10,"F5");
 }

Key_F10(HorL,VerL,sel)
 { int c1,c2,c3;
    if(sel==1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        { c1=15;c2=7;c3=0;}
    else
        { c1=0;c2=15;c3=8;}
    setcolor(c1);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL+46,VerL,HorL,VerL+26);
    setcolor(c3);
    rectangle(HorL+5,VerL+3,HorL+41,VerL+23);
    bar(HorL+6,VerL+4,HorL+40,VerL+22);
    outtextxy(HorL+13,VerL+10,"F10");
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* Graphics for Level graph */

/******************* GRAPH OF TANK **********************/


/* -------- Draw Graph for level ---------- */

 Graph_Level(x,ys,color)
 {
    int c1,c2,c3;
    if(color==1)
      {c1=11;c2=15;c3=11; }
    else
      { c1=0;c2=0;c3=0;
setfillstyle(SOLID_FILL,0);
bar(450,301,620,MaxY); }
    setfillstyle(SOLID_FILL,c1);
    bar(x,ys-1,x+105,ys+101);
    setcolor(c2);
    rectangle(x,ys-1,x+105,ys+20);
    rectangle(x,ys+20,x+105,ys+40);
    rectangle(x,ys+40,x+105,ys+60);
    rectangle(x,ys+60,x+105,ys+80);
    rectangle(x,ys+80,x+105,ys+101);
    setcolor(c3);
    settextstyle(SMALL_FONT,HORIZ_DIR,1);
    outtextxy(x-15,ys-1,"100");
    outtextxy(x-15,ys+20,"80");
    outtextxy(x-15,ys+40,"60");
    outtextxy(x-15,ys+60,"40");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    outtextxy(x-15,ys+80,"20");
    outtextxy(x-15,ys+101,"0");
    outtextxy(x+6,ys+103,"  1      2      3      4      5");
    settextstyle(DEFAULT_FONT,VERT_DIR,1);
    outtextxy(x-20,ys+30,"LEVEL");
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
    outtextxy(x+36,ys+112,"TANK");
 }

Bar_graph(r1,r2,r3,r4,r5,color)
{
     int x  =  530;
     int ys =  227;
     int z2 = ys+98;
     int c[5];

    if(color==1)
      { c[1]=9;c[2]=10;c[3]=12;c[4]=15;c[5]=13; }
    else
      { c[1]=0;c[2]=0;c[3]=0;c[4]=0;c[5]=0;
        setfillstyle(SOLID_FILL,0);
bar(450,301,620,MaxY);}
       setfillstyle(SOLID_FILL,c[1]);
       bar(x+5,r1,x+20,z2);
       setfillstyle(SOLID_FILL,c[2]);
       bar(x+25,r2,x+40,z2);
       setfillstyle(SOLID_FILL,c[3]);
       bar(x+45,r3,x+60,z2);
       setfillstyle(SOLID_FILL,c[4]);
       bar(x+65,r4,x+80,z2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        setfillstyle(SOLID_FILL,c[5]);
        bar(x+85,r5,x+100,z2);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/********** DRAW FONG IN TANK1 ***********/
Rnd_fong()
{
  int i;
  for(i=0;i<20;i++)
  {  x1[i]=random(55)+99;
     x2[i]=random(55)+164;
     x3[i]=random(55)+230;
     x4[i]=random(55)+294;
     x5[i]=random(55)+359;
     y[i]=random(30)+160;
     z1[i]=random(3);
     z2[i]=random(3);
     z3[i]=random(3);
     z4[i]=random(3);
     z5[i]=random(3);
       }
}


Draw_fong()
{
     int i;

     setcolor(15);
     for(i=0;i<20;i++)  /* how much fong in tank */
     { y[i]=y[i]-job;
       circle(x1[i],y[i],z1[i]);
       circle(x2[i],y[i],z2[i]);
       circle(x3[i],y[i],z3[i]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        circle(x4[i],y[i],z4[i]);
        circle(x5[i],y[i],z5[i]);
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/********** SELECT CONDITION IN FUNCTION KEY ****************/


Key_fram(x1,y1,color)

{  int c1,c2,c3;
    if(color==1)
      { c1=1;c2=15;c3=6; }
    else
      { c1=0;c2=0;c3=0; }
    setcolor(c1);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(x1-6,y1-50,x1+163,y1+100);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c3);
    bar(x1-5,y1-49,x1+162,y1-38);
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
    outtextxy(x1+25,y1-47,"Control Host");
 }

Key_auto(sel)
{
   int HorF= 340;
   int VerF= 322;

   int c1,c2,c3,c4;

    if(sel==0)
       { c1=0;c2=0;c3=0;c4=0;}
    if(sel==1)
       { c1=15;c2=7;c3=0;c4=10;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(sel==2)
       { c1=0;c2=15;c3=7;c4=10;}

    setcolor(c1);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(HorF,VerF,HorF+46,VerF+26);
    line(HorF,VerF,HorF+46,VerF+26);
    line(HorF+46,VerF,HorF,VerF+26);
    setcolor(c3);
    rectangle(HorF+5,VerF+3,HorF+41,VerF+23);
    bar(HorF+6,VerF+4,HorF+40,VerF+22);
    setcolor(c4);
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
    outtextxy(HorF+8,VerF+8,"AUTO");
 }

Key_up(sel)
{
   int HorF= 475;
   int VerF= 257;

   int c1,c2,c3,c4;
   int arrow_up[] = {493,268,498,263,503,268};

    if(sel==0)
       { c1=0;c2=0;c3=0;c4=0;}
    if(sel==1)
       { c1=15;c2=7;c3=0;c4=9;}
    if(sel==2)
       { c1=0;c2=15;c3=7;c4=8;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     setcolor(c1);
     setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
     bar(HorF,VerF,HorF+46,VerF+26);
     line(HorF,VerF,HorF+46,VerF+26);
     line(HorF+46,VerF,HorF,VerF+26);
     setcolor(c3);
     rectangle(HorF+5,VerF+3,HorF+41,VerF+23);
     bar(HorF+6,VerF+4,HorF+40,VerF+22);

    setfillstyle(SOLID_FILL,c4);
    fillpoly(sizeof(arrow_up)/(2*sizeof(int)),arrow_up);
    bar(497,268,499,273);

}

Key_down(sel)
{
    int HorF= 475;
    int VerF= 317;

    int arrow_down[] = {493,333,497,337,501,333};
    int c1,c2,c3,c4,i;

     if(sel==0)
        { c1=0;c2=0;c3=0;c4=0;}
     if(sel==1)
        { c1=15;c2=7;c3=0;c4=9;}
     if(sel==2)
        { c1=0;c2=15;c3=7;c4=8;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    setcolor(c1);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(HorF,VerF,HorF+46,VerF+26);
    line(HorF,VerF,HorF+46,VerF+26);
    line(HorF+46,VerF,HorF,VerF+26);
    setcolor(c3);
    rectangle(HorF+5,VerF+3,HorF+41,VerF+23);
    bar(HorF+6,VerF+4,HorF+40,VerF+22);

   setfillstyle(SOLID_FILL,c4);
   fillpoly(sizeof(arrow_down)/(2*sizeof(int)),arrow_down);
   putpixel(497,337,c4);
   bar(496,333,498,328);
}

Key_left(sel)
{
   int HorF= 420;
   int VerF= 287;

   int arrow_left[] = {430,300,434,296,434,304};

   int c1,c2,c3,c4;

    if(sel==0)
       { c1=0;c2=0;c3=0;c4=0;}
    if(sel==1)
       { c1=15;c2=7;c3=0;c4=9;}
    if(sel==2)
       { c1=0;c2=15;c3=7;c4=8;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    setcolor(c1);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(HorF,VerF,HorF+46,VerF+26);
    line(HorF,VerF,HorF+46,VerF+26);
    line(HorF+46,VerF,HorF,VerF+26);
    setcolor(c3);
    rectangle(HorF+5,VerF+3,HorF+41,VerF+23);
    bar(HorF+6,VerF+4,HorF+40,VerF+22);

   setfillstyle(SOLID_FILL,c4);
   fillpoly(sizeof(arrow_left)/(2*sizeof(int)),arrow_left);
   putpixel(434,304,c4);
   bar(435,299,445,301);
}

Key_right(sel)
{
   int HorF= 530;
   int VerF= 287;

   int arrow_right[] = {560,296,564,304,560,304};
   int c1,c2,c3,c4,i;

    if(sel==0)
       { c1=0;c2=0;c3=0;c4=0;}
    if(sel==1)
       { c1=15;c2=7;c3=0;c4=9;}
    if(sel==2)
       { c1=0;c2=15;c3=7;c4=8;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    setcolor(c1);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(HorF,VerF,HorF+46,VerF+26);
    line(HorF,VerF,HorF+46,VerF+26);
    line(HorF+46,VerF,HorF,VerF+26);
    setcolor(c3);
    rectangle(HorF+5,VerF+3,HorF+41,VerF+23);
    bar(HorF+6,VerF+4,HorF+40,VerF+22);

   setfillstyle(SOLID_FILL,c4);
   fillpoly(sizeof(arrow_right)/(2*sizeof(int)),arrow_right);
   putpixel(560,304,c4);
   bar(560,299,550,301);

}

Menu()
{
      setcolor(15);
      rectangle(0,0,MaxX,MaxY);
      setcolor(12);
      settextstyle(1,0,2);
      /* font(0..4),direction(0..1),charsize(0..2) */
      setusercharsize(1,1,3,2);
      outtextxy(70,60,"  COMPUTER AIDED PLATING    ");
      setcolor(13);
      settextstyle(1,0,2);
      outtextxy(150,120,"       PROCESS CONTROL      ");
      setcolor(7);
      settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      /*settextstyle(1,0,1);*/
      outtextxy(230,170,"Copyright (C) 1992");
      outtextxy(230,190,"  VTY 13 Group.   ");
      outtextxy(230,210,"All Right Reserved");
      outtextxy(230,230,"  Release 1.00    ");

}

POWER_key(HorL,VerL,sel)

 { int c1,c2,c3;
    if(sel==1)
       { c1=15;c2=7;c3=0;}
    else
       { c1=0;c2=15;c3=8;}
    setcolor(c1);
    setfillstyle(SOLID_FILL,c2);
    bar(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL,VerL,HorL+46,VerL+26);
    line(HorL+46,VerL,HorL,VerL+26);
    setcolor(c3);
    rectangle(HorL+5,VerL+3,HorL+41,VerL+23);
    bar(HorL+6,VerL+4,HorL+40,VerL+22);

    setcolor(0);
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
    /*setusercharsize(1,1,1,1);*/
    outtextxy(HorL+16,VerL+10,"F1");
    setcolor(12);
    outtextxy(565,290,"STAND BY");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 }
POWER_on(ver)
{ int hor = 600;
 setcolor(6);
 setfillstyle(SOLID_FILL,6);
 sector(hor,ver,0,180,15,20);
 bar(hor-15,ver,hor+15,ver+40);
 setfillstyle(SOLID_FILL,15);
 sector(hor,ver,0,180,13,18);
 setcolor(15);
 setfillstyle(SOLID_FILL,6);
 sector(hor,ver+15,0,180,14,2);
 sector(hor,ver+16,180,360,14,2);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* ********************** POWER GRAPH ************************** */

POWER_graph1(xlin,ylin)
{ int n,y1;
 setcolor(9);
 setfillstyle(SOLID_FILL,15);
 bar(xlin,ylin,xlin+30,ylin+175);
 y1=ylin;
  for(n=0;n<7;n++)
 { y1+=25;
   rectangle(xlin,ylin,xlin+31,y1);
   rectangle(xlin+1,ylin+1,xlin+31,y1-1); }
 settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
 setcolor(7);
 outtextxy(xlin-20,ylin,"35");
 outtextxy(xlin-20,ylin+25,"30");
 outtextxy(xlin-20,ylin+50,"25");
 outtextxy(xlin-20,ylin+75,"20");
 outtextxy(xlin-20,ylin+100,"15");
 outtextxy(xlin-20,ylin+125,"10");
 outtextxy(xlin-20,ylin+150," 5");
 outtextxy(xlin-20,ylin+175," 0");
 setcolor(13);
 outtextxy(xlin-5,ylin+190,"POWER");
 settextstyle(DEFAULT_FONT,VERT_DIR,1);
 outtextxy(xlin-30,ylin+75,"POWER");
}

POWER_graph2(xlin,ylin,pow)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   int count;
   int up = ylin+173;

   setcolor(4);
   up+=5;
   for(count=0;count!=pow;count++)
    { up-=5;
      line(xlin+5,up,xlin+25,up);
      line(xlin+5,up-1,xlin+25,up-1);
      line(xlin+5,up-2,xlin+25,up-2);
      line(xlin+5,up-3,xlin+25,up-3);
      line(xlin+5,up-4,xlin+25,up-4);delay(50);}
}

POWER_ACTIVE(int x,int y,int value)
{

   POWER_graph1(x,y);
   POWER_graph2(x,y,value);

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/************************** TRAND DATA **********************/


char str[10],str1[10],str2[10],str3[10],str4[10],str5[10];
int th,tm,ts;
int s1,s2,nn=0;
int dg1[540]= {0},tim1[540] ={0},
    dg2[540]= {0},tim2[540] ={0},
    dg3[540]= {0},tim3[540] ={0},
    dg4[540]= {0},tim4[540] ={0},
    dg5[540]= {0},tim5[540] ={0};

   struct time now;


int next_time(int n)
{
  gettime(&now);
    th=now.ti_hour;
    tm=now.ti_min;
    tm+=n;
    if(tm>59)
      { tm-=60;th+=1; }
     if(tm<10)
      sprintf(str,"%d:0%d",th,tm);
     else
      sprintf(str,"%d:%d",th,tm);

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
scale_temp(int loc_temp)
{
   loc_temp=240-(loc_temp*2);
   return(loc_temp);
}

us_random(int rndo)
{  int rn;
     rn=random(3);
    if(rn==0)
      rndo-=1;
    if(rn==1)
      rndo+=1;
    return(rndo);
}


Plot_temp1(int tp1,int tp2,int tp3,int tp4,int tp5)
{ int m,i;
    s2=s1;
  gettime(&now);
   s1=now.ti_sec;
   if(s1!=s2)
   { for(m=539;m>0;m--) {
dg1[m]=dg1[m-1];
dg2[m]=dg2[m-1];
dg3[m]=dg3[m-1];
dg4[m]=dg4[m-1];
dg5[m]=dg5[m-1];  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      dg1[0]=scale_temp(tp1);
      dg2[0]=scale_temp(tp2);
      dg3[0]=scale_temp(tp3);
      dg4[0]=scale_temp(tp4);
      dg5[0]=scale_temp(tp5);

      tim1[nn]=nn+41;
      tim2[nn]=nn+41;
      tim3[nn]=nn+41;
      tim4[nn]=nn+41;
      tim5[nn]=nn+41;

      if(nn>543)
nn=0;
      else
nn++;     }

   for(i=0;i<540;i++) {
      putpixel(tim1[i],dg1[i],15);
      putpixel(tim2[i],dg2[i],9);
      putpixel(tim3[i],dg3[i],13);
      putpixel(tim4[i],dg4[i],12);
      putpixel(tim5[i],dg5[i],14); }

}


fram()
{     int deg,cc,vv=255;
      int redix=10;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    char *ch;

    setcolor(15);
    rectangle(0,0,639,270);
    setfillstyle(SOLID_FILL,8);
    bar(40,40,580,240);
    setcolor(10);
    outtextxy(25,25,"ºC");
    outtextxy(590,235,"Time");
    settextstyle(SMALL_FONT,0,4);

    for(deg=0;deg<100;deg+=10)
      { vv-=20;
itoa(deg,ch,redix);
outtextxy(37,vv,"-");
outtextxy(15,vv,ch); }
outtextxy(10,vv-20,"100");
    for(cc=40;cc<580;cc+=60)
outtextxy(cc,237,"|");
    settextstyle(TRIPLEX_FONT,0,1);
    setusercharsize(6,10,4,10);
    setcolor(11);
    outtextxy(180,10,"TEMPERATURE MONITORING ");
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
      setcolor(15);
      outtextxy(50,290,"Tank1:     ºC");
      setcolor(9);
      outtextxy(50,300,"Tank2:     ºC");
      setcolor(13);
      outtextxy(200,290,"Tank3:     ºC");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        setcolor(12);
        outtextxy(200,300,"Tank4:     ºC");
        setcolor(14);
        outtextxy(350,290,"Tank5:     ºC");
}

Temp_tank(int r1,int r2,int r3,int r4,int r5)
{
        sprintf(str1,"%d",r1);
        sprintf(str2,"%d",r2);
        sprintf(str3,"%d",r3);
        sprintf(str4,"%d",r4);
        sprintf(str5,"%d",r5);
        settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
        setcolor(15);
        outtextxy(100,290,str1);
        setcolor(9);
        outtextxy(100,300,str2);
        setcolor(13);
        outtextxy(250,290,str3);
        setcolor(12);
        outtextxy(250,300,str4);
        setcolor(14);
        outtextxy(400,290,str5);
}

bank_page()
{
   setfillstyle(SOLID_FILL,8);
   bar(41,41,579,239);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
    bar(20,245,570,255);
    bar(100,290,120,310);
    bar(250,290,270,310);
    bar(400,290,420,310);
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void *buffer;
int size;

/* ---------------------- CONTROL MOTOR ---------------------- */

 POWER_ONOFF(state)
int state;
{ outp(0x251,state);}

/* Function motor driver */

motor(axis,direction)

#define port_motor 0x250
#define port_check 0x244
#define time  4
char axis,direction;

  {
    static int data_y[] = {0x03,0x06,0x0c,0x09};
    static int data_x[] = {0x30,0x60,0xc0,0x90};
    int count;

    if ((axis == 'y') || (axis == 'Y'))
       { if ((direction == 'd') || (direction == 'D'))
    { for (count = 0;count <= 3;count++)
{
  outp(port_motor,data_y[count]);
  delay(time);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
  if ((direction == 'u') || (direction == 'U'))
    { for (count = 3;count >= 0;count--)
{
  outp(port_motor,data_y[count]);
  delay(time);
}
    }
      }
    if ((axis == 'x') || (axis == 'X'))
      { if ((direction == 'f') || (direction == 'F'))
    { for (count = 0;count <= 3;count++)
{
  outp(port_motor,data_x[count]);
  delay(time);
}
    }
  if ((direction == 'r') || (direction == 'R'))
    { for (count = 3;count >= 0;count--)
{
  outp(port_motor,data_x[count]);
  delay(time);
}
    }
      }
  }

/* Function off motor */

motor_off()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#define motor_port 0x250

  {
    outp(motor_port,0);
  }

/*motor('x','r');
motor('x','f');
motor('y','d');
motor('y','u');
motor_off();    */

/*************************************************/

Motor_X(axis,mov)
{
  int i,loc;

   if((axis=='x')&&(mov=='r')) loc=1;
   if((axis=='x')&&(mov=='f')) loc=2;
   if((axis=='y')&&(mov=='u')) loc=3;
   if((axis=='y')&&(mov=='d')) loc=4;

   switch(loc)
   { case 1: for(i=0;i<50;i++) motor('x','r');break;
     case 2: for(i=0;i<50;i++) motor('x','f');break;
     case 3: for(i=0;i<50;i++) motor('y','u');break;
     case 4: for(i=0;i<50;i++) motor('y','d');break;
   }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* ------------------------------------------------ */
Motor_auto()
{
   int x1 = 50;
   int y1 = 74;
   int x2 = 70;
   int y2 = 50;
   int i,j,k,c,m;

    i=0;j=1;m=0;
    while(!kbhit())
    {
 setactivepage(j);
   setfillstyle(SOLID_FILL,0);
   bar(41,20,599,79);
   bar(41,101,599,140);
 setvisualpage(j);
 setactivepage(i);
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
    bar(41,29,599,79);
    bar(41,101,599,140);
 setvisualpage(i);

    /* ---------------------------------- */
 for(m=0;m<500;m++) motor('y','d');
 for(m=0;m<500;m++) motor('y','u');
    /* ---------------------------------- */
       setactivepage(i);
       Stander(20,80);
       putimage(95,140,buffer,COPY_PUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        control1(x1,y1,x2,y2,c);
        setvisualpage(i);
        k=i;i=j;j=k;

    }
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
# include <stdio.h>
# include <conio.h>
# include <stdlib.h>
# include <graphics.h>
# include <proj_1.h>
# include <proj_2.h>

int i,j,k,color;

void Mainmenu(void)
 {
      int k,i,j;

      setactivepage(0);
      Menu();
      Rnd_star();
      Draw_star();
      POWER_key(580,300,1);
      setactivepage(1);
      Menu();
      Rnd_star();
      Draw_star();
      POWER_key(580,300,1);

/*************************************/

   i=0;j=1;
   while(Readkey.keystb[1]!=1)
    {
      setactivepage(i);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Menu();
      Draw_star();
      POWER_key(580,300,1);
      setvisualpage(i);
      k=i;i=j;j=k;
      if(bioskey(1))
       { Readkey.key=bioskey(0);
  if(Readkey.keystb[1]==59)
    { POWER_on(330);delay(150);POWER_ONOFF(1);break;
    }
      }
    }
}



Graph_active1(color)
{
 int rang =100;
 int  ys =  227;

 static float rnd1,rnd2,rnd3,rnd4,rnd5;
 static int r1,r2,r3,r4,r5;
 static int p1,p2,p3,p4,p5;
int y1 = ys;
int z2 = y1+98;

rnd1= Input1(p1);
rnd2= Input2(p2);
rnd3= Input3(p3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rnd4= Input4(p4);
rnd5= Input5(p5);

        r1= z2 - ((z2-y1)/(rang/rnd1));
        r2= z2 - ((z2-y1)/(rang/rnd2));
        r3= z2 - ((z2-y1)/(rang/rnd3));
        r4= z2 - ((z2-y1)/(rang/rnd4));
        r5= z2 - ((z2-y1)/(rang/rnd5));
        Graph_Level(530,227,color);
        Bar_graph(r1,r2,r3,r4,r5,color);

}

Key_name()
{
    setcolor(14);
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
    setusercharsize(1,1,1,1);
    outtextxy(4,305,"Process");
    outtextxy(71,305,"Point");
    outtextxy(128,305,"Status");
    outtextxy(186,305,"Trand");
    outtextxy(249,305,"Report");
    outtextxy(319,305,"Exit");

}
/****************** POTOCAL OF PROCESS PAGE 1 **************/

Process_Page1()
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    setcolor(15);
    rectangle(0,0,MaxX,MaxY);
    setbkcolor(1);
    settextstyle(TRIPLEX_FONT,0,1);
    /* font(0..4),direction(0..1),charsize(0..2) */
    setusercharsize(6,10,4,10);
    setcolor(13);
    outtextxy(120,0,"MONITORING AND AUTOMATIC CONTROLLER");
    SerialTank1(97,50);
    SerialTank2(95,140);
    Draw_wave(95,140);
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
    bar(95,101,600,140);
  for(n=0,xh=125;n<5;n++,xh+=65)
    Valve_ver(xh,115,12);
    Key_F1(5,318,1);
    Key_F2(66,318,1);
    Key_F3(127,318,1);
    Key_F4(188,318,1);
    Key_F5(249,318,1);
    Key_F10(310,318,1);

    Key_name();
}


Step1()
{
int xl1= 50;
int yl1= 76;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int yl2= 50;

    int step = 1;
    int i,j,k,c,mov_X,mov_Y;
    /* char *ch1,*ch2,*us2; */
    char xy,frud,*us2;

void *buffer1,*buffer2;
int size1,size2;

        setactivepage(0);
        Control_step(1);
        setvisualpage(0);
        setactivepage(1);
        Control_step(1);
        setvisualpage(1);

  setfillstyle(SOLID_FILL,14);
  bar(xl1,yl1,xl1+50,yl1+28);
  size1 = imagesize(xl1,yl1,xl1+50,yl1+28);
  buffer1 = malloc(size1);
  getimage(xl1,yl1,xl1+50,yl1+28,buffer1);
  putimage(xl1,yl1,buffer1,XOR_PUT);

  setcolor(10);
  setfillstyle(SOLID_FILL,12);
  bar(xl1+20,yl2,xl1+30,yl2+75);
  setfillstyle(SOLID_FILL,9);
  bar(xl1+24,yl2+75,xl1+26,yl2+85);
  arc(xl1+25,yl2+87,90,230,5);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 arc(xl1+25,yl2+87,310,90,5);
 size2 = imagesize(xl1+20,yl2,xl1+32,yl2+90);
 buffer2 = malloc(size2);
 getimage(xl1+20,yl2,xl1+32,yl2+90,buffer2);
 putimage(xl1+20,yl2,buffer2,XOR_PUT);

 Stander(20,80);
 putimage(xl1+20,yl2,buffer2,XOR_PUT);
 putimage(xl1,yl1,buffer1,XOR_PUT);

 /*test2(xl1,yl1,xl2,yl2);*/
   while(Readkey.keystb[1]!=1)
   {
      if(bioskey(1))
      {
putimage(xl1+20,yl2,buffer2,XOR_PUT);
putimage(xl1,yl1,buffer1,XOR_PUT);
   /* ------------------------------------ */
 Readkey.key=bioskey(0);
 switch(Readkey.keystb[1]) {
     case 72:Key_up(2);delay(10); /* key up */
     Key_up(1);yl2-=step;
     xy='y';frud='d';
     motor('y','u');
     motor_off();

    /* Motor_X('y','u');*/break;
     case 80:Key_down(2);delay(10); /* key down */
     Key_down(1);yl2+=step;
     motor('y','d');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    motor_off();
    /* Motor_X('y','d');*/break;
     case 75:Key_left(2);delay(10); /* key left */
     Key_left(1);xl1-=step;
     motor('x','f');
                    motor_off();
    /* Motor_X('x','r');*/break;
     case 77:Key_right(2);delay(10);  /* key right */
     Key_right(1);xl1+=step;
     motor('x','r');
                    motor_off();
    /* Motor_X('x','f');*/break;
     case 28:Key_auto(2);delay(10);  /* ENTER */
     Key_auto(1);Motor_auto();
                    motor_off();
    /*Motor_auto();*/break;
     case 79:color=0;key_no=0;
     flag_F4=0;
    if(flag_F3==1) key_no=3;break;
     }
             putimage(xl1+20,yl2,buffer2,XOR_PUT);
     putimage(xl1,yl1,buffer1,XOR_PUT);

}
         setfillstyle(SOLID_FILL,0);
 bar(300,240,400,300);
 itoa(xl1,ch1,redix);
 outtextxy(300,240,ch1);
 itoa(yl2,ch2,redix);
 outtextxy(300,240,ch2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(Readkey.keystb[1]==28)
 {
/* ---------------------------------------- */
   xl1= 50;yl2= 50;
   while(!kbhit())
     {  yl2++;
                setfillstyle(SOLID_FILL,0);
bar(10,10,30,15);
setcolor(15);
itoa(yl2,us2,redix);
outtextxy(10,10,us2);
putimage(xl1+20,yl2,buffer2,XOR_PUT);
putimage(xl1,yl1,buffer1,XOR_PUT);
     }
/* ---------------------------------------- */
  }
if(Readkey.keystb[1]==79)
 { i=0;j=1;
    setactivepage(i);
    Control_step(0);
    control1(50,76,70,50,0);
            Stander(20,80);
    control1(xl1,yl1,xl1+20,yl2,1);
    setvisualpage(i);
    setactivepage(j);
    Control_step(0);
    control1(50,76,70,50,0);
            Stander(20,80);
    control1(xl1,yl1,xl1+20,yl2,1);
    setvisualpage(j);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      break;    }

/*************************************************************************
  }
}

Control_step(color_code)
{
  int x1l= 420;
  int y1l= 290;

   Key_fram(x1l,y1l,color_code);
    Key_up(color_code);
    Key_down(color_code);
    Key_left(color_code);
    Key_right(color_code);
    Key_auto(color_code);
}

Select_F3()
{
 if(flag_F3==1)
   Graph_active1(1);
 else
 { Graph_active1(0);
   setactivepage(j);
   Graph_active1(0);
   key_no=0;
     if(flag_F3||flag_F4==1)
{ Control_step(1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   Step1();}
  }
 }

/*  Key_F1(1,323,1);
    Key_F2(62,323,1);
    Key_F3(123,323,1);
    Key_F4(184,323,1);
    Key_F5(245,323,1);
    Key_F10(306,323,1); */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/******************** Show process first page ********************/

F1A_press()
{
        Key_F1(5,318,0);
        key_no=1;
        delay(200);
        Key_F1(5,318,1);
        setactivepage(0);
        setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(19,49,40,210);
        bar(600,49,620,210);
        bar(40,20,600,140);
        SerialTank1(97,50);
        POWER_ACTIVE(590,165,24);
for(n=0,xh=125;n<5;n++,xh+=65)
Valve_ver(xh,115,12);
        setactivepage(1);
        setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(19,49,40,210);
        bar(600,49,620,210);
        bar(40,20,600,140);
        SerialTank1(97,50);
        POWER_ACTIVE(590,165,24);
                        settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
for(n=0,xh=125;n<5;n++,xh+=65)
Valve_ver(xh,115,12);

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
F1B_press()
{
      Key_F1(5,318,0);
      delay(200);
      Key_F1(5,318,1);
      setactivepage(0);
      setfillstyle(SOLID_FILL,0);
                     bar(94,40,552,140);
      Stander(20,80);
      control1(50,76,70,50,1);

      setactivepage(1);
                     setfillstyle(SOLID_FILL,0);
                     bar(94,40,552,140);
      Stander(20,80);
      control1(50,76,70,50,1);
}

F2_press()
{
  Key_F2(66,318,0);
  delay(200);
  Key_E2(66,318,1);

}

F4_press()
{
    float loc[10] ={568,508,448,388,328,268,208,148,88,28};
    int i,j,pgA,pgB,pgC;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  int rnd1=30,rnd2=60,rnd3=80,rnd4=20,rnd5=45;
 char a;


Key_F4(188,318,0);
delay(200);
Key_F4(188,318,1);

j=0;pgA=0;pgB=1;
setactivepage(0);
setfillstyle(SOLID_FILL,0);
bar(0,0,MaxX,MaxY);
fram();
setactivepage(1);
setfillstyle(SOLID_FILL,0);
bar(0,0,MaxX,MaxY);
fram();

while(!kbhit()) {
   setactivepage(pgA);
   bank_page();
   setcolor(10);
   settextstyle(SMALL_FONT,0,4);
   for(i=0;i<10;i++) {
     next_time(i);
     outtextxy(loc[i],245,str); }
  if(s1!=s2){
       rnd1=us_random(rnd1);
       rnd2=us_random(rnd2);
       rnd3=us_random(rnd3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        rnd4=us_random(rnd4);
        rnd5=us_random(rnd5);
        }
         Temp_tank(rnd1,rnd2,rnd3,rnd4,rnd5);
      Plot_temp1(rnd1,rnd2,rnd3,rnd4,rnd5);
      setvisualpage(pgA);
      pgC=pgA;pgA=pgB;pgB=pgC;

 }
 setactivepage(0);
 setfillstyle(SOLID_FILL,0);
 bar(0,0,MaxX,MaxY);
 setactivepage(1);
 setfillstyle(SOLID_FILL,0);
 bar(0,0,MaxX,MaxY);
 Display_Page1();
}


Display_Page1()
{
     int flg=1;

     i=0;j=1;job=0;flag_Fkey=0,key_no=0;stat=0;
     flag_F3=0;flag_F4=0;

     setactivepage(0);
/*     setfillstyle(SOLID_FILL,15);
     bar(0,0,MaxX,15);    */
     Process_Page1();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    setactivepage(1);
/*    setfillstyle(SOLID_FILL,15);
    bar(0,0,MaxX,13);  */
    Process_Page1();

    while(Readkey.keystb[1]!=1)
    {
       if(bioskey(1))
       { Readkey.key=bioskey(0);
  switch(Readkey.keystb[1]) {
     case 59:
  if(flg==1)
    { F1A_press();flg=2;}
  else
    { F1B_press();flg=1;}
   break;
     case 60:
    F2_press();
   break;
     case 61:Key_F3(127,318,0);delay(400);
     key_no=3;
     Key_F3(127,318,1);
     if(flag_F3==1)
      flag_F3=0;
     else
      flag_F3=1;
     break;

     case 62:F4_press();
     break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        case 63: break;

        case 68:Key_F10(310,318,0);delay(200);
        key_no=10;
        Key_F10(310,318,0);
        setgraphmode(0);POWER_ONOFF(0);closegraph();
        exit(1); }
}
         setactivepage(i);

     Draw_wave(95,140);
if(job<9)
    job++;
 else
    Rnd_fong();
Draw_fong();
         setvisualpage(i);
         k=i;i=j;j=k;
    }
 }


main()
{
 int mode;
  Initialize();/* Set system into Graphics mode*/
  Mainmenu();
  setactivepage(0);
  setfillstyle(SOLID_FILL,0);
  bar(0,0,MaxX,MaxY);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  setactivepage(1);
  setfillstyle(SOLID_FILL,0);
  bar(0,0,MaxX,MaxY);
  Display_Page1(500,250);
  getch();
  closegraph();
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้